



Andreia Isabel Nunes Salvador

O Ensino e a Aprendizagem dos Circuitos Elétricos: utilização de Analogias e da Resolução de Problemas

Tese de Doutoramento em Ensino das Ciências, ramo de Ensino da Física, orientada pela Professora Doutora Maria José Barata Marques de Almeida, co-orientada pela Professora Doutora Maria Margarida Ramalho R. da Costa e apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

outubro, 2016



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Universidade de Coimbra
Departamento de Física da Universidade de Coimbra

O Ensino e a Aprendizagem dos Circuitos Eléctricos: utilização de Analogias e da Resolução de Problemas.

Andreia Isabel Nunes Salvador

Tese de Doutoramento em Ensino das Ciências, ramo de Ensino da Física, orientada pela Professora Doutora Maria José Barata Marques de Almeida, co-orientada pela Professora Doutora Maria Margarida Ramalho R. da Costa e apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Coimbra, 2016

“Para mudarmos o Mundo é preciso fazer o bem a quem não tem
possibilidade de retribuir.” (Papa Francisco)

Agradecimentos

À Orientadora, Doutora Maria José Barata M. de Almeida, pela sua disponibilidade e empenho. Pelo acompanhamento constante, pelo apoio e colaboração ativa neste trabalho, mas sobretudo por nunca ter desistido de mim!

À co-Orientadora, Doutora Margarida Ramalho, pela simpatia, ajuda em todas as dificuldades, pela atenção e constante disponibilidade. Sem nunca esquecer a sua contribuição científica essencial ao longo deste trabalho.

Aos professores e alunos que participaram nesta investigação, pelo tempo e paciência consagrados à mesma.

Às pessoas que Coimbra me deu! À Márcia, à Rita A, à Rita B e à Cláudia, pelas gargalhadas e companheirismo que faziam encarar o estudo com outros olhos. Aos meus amigos do CST, colegas e alunos, por me desafiarem todos os dias a ser cada vez melhor, quer a nível pessoal quer profissional.

Ao Mário pela disponibilidade e tradução e ao César por me lembrar dos prazos, dos formulários e da burocracia.

À Cila e à Cátia a amizade de sempre. À Lúcia pelo carinho, motivação e força.

À Kátia, amiga e companhia dos almoços, por me incentivar a fazer bem e melhor e pela sua disponibilidade em ajudar.

À Tíxa e à Bia, pela presença constante! Pelo facto de fazerem do longe perto, pelas palavras sábias, paciência, loucura e amizade incondicional. Mas sobretudo, pela amizade transformada em irmandade!

Ao Rui, por me dar o que o dinheiro não pode comprar: o Amor.

Mas, principalmente aos meus pais e à minha irmã. Sem eles não seria quem sou. Aos meus pais, que me transmitiram a paixão por ensinar e à minha irmã (o meu tesouro) pelo apoio incondicional. A eles, por me mostrarem que com esforço, humildade e honestidade, conseguimos alcançar sempre os nossos objetivos.

Índice

Resumo.....	i
Abstract.....	iii
Acrónimos / Siglas.....	v
Lista de Figuras.....	v
Lista de Tabelas.....	vii
Capítulo I – Contextualização e apresentação do estudo	1
1. Introdução.....	3
2. Contexto da investigação.....	5
3. Questões, hipóteses e objetivos.....	7
Capítulo II – Revisão da literatura.....	11
1. As Aprendizagens Significativas dos alunos segundo Ausubel.....	14
2. A Taxonomia de Bloom no processo cognitivo do ensino-aprendizagem.....	16
2.1. Classificação dos Objetivos Educacionais.....	17
2.2. A Taxonomia de Bloom e as Orientações Curriculares para o Ensino Básico e Secundário.....	19
3. Resolução de Problemas vs Resolução de exercícios.....	21
4. A Importância da Motivação na Aprendizagem.....	25
5. O espaço da analogia no ensino.....	29
6. O desafio da formação continuada de professores.....	32
Capítulo III – Desenvolvimento da investigação educacional.....	37
1. Síntese da investigação.....	40
2. Definição do Problema e formulação das questões da investigação.....	41
3. Metodologias de investigação educacional.....	44
3.1. Metodologia Quantitativa.....	46
3.2. Metodologia Qualitativa.....	47
4. Técnicas pedagógicas utilizadas nas atividades docentes.....	49
4.1. Utilização de analogias para o estudo do comportamento dos circuitos elétricos.....	49
4.1.1. Analogias disponíveis na literatura.....	50
4.1.2. A analogia “Crianças no pátio de uma escola”.....	52
4.2. A resolução de problemas e a aprendizagem significativa do comportamento dos circuitos elétricos.....	67
5. Desenvolvimento do Estudo Piloto.....	69
5.1. Amostra.....	69
5.2. Tratamento dos grupos experimentais e do grupo de controlo.....	70
5.2.1. Aplicação do tratamento nos grupos experimentais e desenvolvimento das aulas no grupo de controlo.....	71
5.3. Instrumentos de recolha de dados.....	80

5.3.1. Pré - e Pós-testes.....	80
5.3.2. Enunciados dos problemas	87
6. O estudo alargado.....	88
6.1. Introdução.....	88
6.2. Amostra.....	90
6.3. Textos de apoio fornecidos aos professores	93
6.4. Textos dos inquéritos respondidos pelos professores intervenientes	94
Capítulo IV – Apresentação e análise dos resultados.....	95
1. Pré- e pós-teste: análise dos resultados quantitativos	97
2. Inquéritos: análise dos resultados.....	180
3. Episódios da professora investigadora com os alunos envolvidos no estudo piloto	184
Capítulo V – Conclusões e perspetivas futuras	185
1. Conclusões.....	187
2. Considerações finais.....	193
Anexos.....	197
Bibliografia	247
CD	contra capa

Resumo

Cada vez mais o modo como a nossa sociedade evolui exige respostas rápidas por parte das escolas e do sistema educativo. Este facto, aliado às dificuldades reveladas pelos alunos dos Ensinos Básico e Secundário, sentidas essencialmente nas transições entre diferentes ciclos de ensino, e aos avanços e recuos nas reformas educativas e nos programas, aumentam o nível de insucesso e de conseqüente abandono escolar. A necessidade de compreensão de conceitos abstratos, bem como os conteúdos matemáticos que exige fazem com que a Física se revele como a disciplina onde muitos alunos apresentam sérias dificuldades. Tentar aprender os conceitos e modelos da Física por intuição é impossível. Muitas vezes, as relações causa-efeito que traduzem concretizam-se através de expressões matemáticas entre conceitos abstratos (uns de aprendizagem direta outros bastante mais complicados) que envolvem, frequentemente, variáveis que não se detetam através de uma análise ingénuo do dia-a-dia. No que concerne ao tema circuitos elétricos, a sua compreensão requer dominar e relacionar conceitos todos significativamente abstratos, não palpáveis e dificilmente perceptíveis para a maioria dos nossos alunos.

Este trabalho de investigação teve início com três turmas, num estudo piloto, realizado num colégio em Coimbra, tendo sido posteriormente alargado a mais quatro escolas do país. O seu objetivo geral é melhorar o ensino e a aprendizagem desta disciplina, nomeadamente do tema circuitos elétricos, focalizado no recurso a analogias e à resolução de problemas de modo a tornar as aprendizagens mais significativas.

Estas técnicas pretendem induzir nos discentes um espírito científico baseado na aquisição de conteúdos, de desenvolvimento de competências, de busca de causas e argumentos – espírito “inquiry” – que lhes possibilite resolver problemas diversificados através dos seus conhecimentos, ou que lhes mostre a necessidade de procurar soluções, levando-os a proceder como futuros cidadãos ativos, cientes dos seus conhecimentos e dúvidas bem como dos seus direitos e deveres.

Palavras-chave: Analogias, Aprendizagem da Física, Desenvolvimento Cognitivo, Ensino da Física, Resolução de Problemas.

Abstract

The way our society is evolving requires, more and more, quick answers from schools and from the Educational System. This fact, together with the difficulties felt by the primary and secondary school students, revealed mainly in the transaction of different teaching cycles, the advances and the retreats concerning the Educational System and the Curricula reforms, increase the failure level and consequently lead students to quit school. The difficulty in understanding abstract concepts along with the mathematical contents that are required turn Physics into a subject in which a lot of students demonstrate serious difficulties. Within this subject it is impossible to learn concepts and models by intuition. The cause-effect relationships that they indicate are frequently conveyed through mathematical expressions (among abstract concepts, some of them of more direct learning, others much more complicated) often involving variables which are undetectable by means of a naive daily analyses. In what concerns the topic electrical circuits, its understanding requires to dominate and to relate concepts, all significantly abstract, non-palpable and hardly perceptible for most of our students.

The present investigation started with three classes within a pilot study, carried out in a private school in Coimbra, being afterwards extended to four more schools in the country. Its main objective is to improve the teaching within this subject, regarding namely the topic electrical circuits, by focusing on the usage of analogies and problem solving.

By using these teaching techniques it is intended to induce in students a scientific spirit of content acquisition, the development of skills and the search for causes and arguments - an "inquiry" spirit - that enhances the possibility of the students to solve any kind of problems using the knowledge they already have, or making them realize that they have to research, leading them to behave as future active citizens aware of their knowledge and their doubts, of their rights and their duties.

Key-words: Analogies, Cognitive Development, Physics Learning, Physics Teaching, Problem Solving.

Acrónimos / Siglas

ABRP	Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas
CNEB	Currículo Nacional do Ensino Básico
DEB	Departamento da Educação Básica
EB	Ensino Básico
ES	Ensino Secundário
GAVE	Gabinete de Avaliação Educacional
M.E.	Ministério da Educação
NEE	Necessidades Educativas Especiais
N.R.	Não respondeu
OC	Orientações Curriculares
OCCFN	Orientações Curriculares para as Ciências Físicas e Naturais
PBL	Problem Based Learning
p.e.	Por exemplo

Lista de Figuras

Figura 1: Pátio da escola com forma circular (pág. 54)

Figura 2: Pátio da escola circular e árvores dispostas de forma regular (pág. 54)

Figura 3: Pátio da escola com forma circular e árvores dispostas de forma regular onde se movem alunos com movimentos aleatórios (pág. 55)

Figura 4: Pátio da escola onde há alguém que distribui gelados (pág. 56)

Figura 5: Pátio da escola com fosso (pág. 57)

Figura 6: Pátio da escola onde as crianças se movem com movimento orientado (pág. 58)

Figura 7: Pequena porção do circuito elétrico fechado, com gerador, com duas pontes paralelas (pág. 62)

Figura 8: Circuito com Lâmpadas associadas em paralelo (pág. 63)

Figura 9: Obras numa das duas pontes colocadas paralelamente na estrada (pág. 64)

Figura 10: Circuito com lâmpadas associadas em paralelo estando uma delas fundida (pág. 64)

Figura 11: Pequena porção do circuito elétrico com duas pontes colocadas uma a seguir à outra (pág. 65)

Figura 12: Circuito com lâmpadas associadas em série (pág. 65)

Figura 13: Obras numa das pontes colocadas em série na estrada (pág. 66)

Figura 14: Circuito com lâmpadas associadas em série estando uma delas fundida (pág. 66)

Figura 15: Figura da questão Q4 de pré- e pós-teste do estudo piloto e do estudo alargado (pág. 112)

Figura 16: Figura da questão Q5 de pré- e pós-teste do estudo piloto (pág. 116)

Figura 17: Figura da questão Q5 de pré- e pós-teste do estudo alargado (pág. 118)

Figura 18: Figuras da questão Q6 de pré- e pós-teste do estudo piloto e do estudo alargado (pág. 121)

Figura 19: Figura da questão Q8 de pré- e pós-teste do estudo piloto e do estudo alargado (pág. 130)

Figura 20: Figura da questão Q9 de pré- e pós-teste do estudo piloto e do estudo alargado (pág. 134)

Figura 21: Figura da questão Q10 de pré- e pós-teste do estudo piloto e do estudo alargado (pág. 138)

Figura 22: Figura da questão Q11 de pré- e pós-teste do estudo piloto e do estudo alargado (pág. 146)

Figura 23: Figura da questão Q12 de pré- e pós-teste do estudo piloto e pré-teste do estudo alargado (pág. 154)

Figura 24: Figura da questão Q12 do pós-teste do estudo alargado (pág. 164)

Figura 25: Figura da questão Q13. do pós-teste do estudo alargado (pág. 171)

Lista de Tabelas

Tabela 1: Resumo referente ao estudo piloto (pág. 69)

Tabela 2: Resumo dos tratamentos nas diferentes turmas do estudo piloto (pág. 79)

Tabela 3: Símbolos convencionais dos componentes elétricos usados no pré-teste (pág. 81)

Tabela 4: Exemplos de níveis de conhecimento de Bloom presentes nas questões de pré e pós-teste (pág. 83)

Tabela 5: Diferentes tipologias de questões e a sua frequência nos testes (pág. 84)

Tabela 6: Distribuição do tipo de tratamentos por estabelecimento de ensino, turma e professor (pág. 90)

Tabela 7: Resumo referente às escolas envolvidas no estudo alargado (pág. 92)

Tabela 8: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q1 no pré- e no pós-teste (pág. 100)

Tabela 9: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q1 no pré- e no pós-teste (pág. 101)

Tabela 10: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q1 no pré- e no pós-teste (pág. 101)

Tabela 11: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q1 no pré- e no pós-teste (pág. 102)

Tabela 12: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q1 no pré- e no pós-teste (pág. 102)

Tabela 13: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q2 no pré- e no pós-teste (pág. 104)

Tabela 14: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q2 no pré- e no pós-teste (pág. 105)

Tabela 15: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q2 no pré- e no pós-teste (pág. 105)

Tabela 16: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q2 no pré- e no pós-teste (pág. 106)

Tabela 17: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q2 no pré- e no pós-teste (pág. 106)

Tabela 18: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q3 no pré- e no pós-teste (pág. 108)

Tabela 19: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q3 no pré- e no pós-teste (pág. 109)

Tabela 20: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q3 no pré- e no pós-teste (pág. 109)

Tabela 21: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q3 no pré- e no pós-teste (pág. 110)

Tabela 22: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q3 no pré- e no pós-teste (pág. 110)

- Tabela 23:** Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q4 no pré- e no pós-teste (pág. 112)
- Tabela 24:** Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q4 no pré- e no pós-teste (pág. 113)
- Tabela 25:** Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q4 no pré- e no pós-teste (pág. 114)
- Tabela 26:** Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q4 no pré- e no pós-teste (pág. 114)
- Tabela 27:** Resposta dos alunos do Colégio 2 na questão Q4 no pré- e no pós-teste (pág. 114)
- Tabela 28:** Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q5 no pré- e no pós-teste (pág. 117)
- Tabela 29:** Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q5 no pré- e no pós-teste (pág. 118)
- Tabela 30:** Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q5 no pré- e no pós-teste (pág. 119)
- Tabela 31:** Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q5 no pré- e no pós-teste (pág. 119)
- Tabela 32:** Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q5 no pré- e no pós-teste (pág. 119)
- Tabela 33:** Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q6 no pré- e no pós-teste (pág. 121)
- Tabela 34:** Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q6 no pré- e no pós-teste (pág. 122)
- Tabela 35:** Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q6 no pré- e no pós-teste (pág. 123)
- Tabela 36:** Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q6 no pré- e no pós-teste (pág. 123)
- Tabela 37:** Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q6 no pré- e no pós-teste (pág. 123)
- Tabela 38:** Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q7 no pré- e no pós-teste (pág. 125)
- Tabela 39:** Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q7 no pré- e no pós-teste (pág. 126)
- Tabela 40:** Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q7 no pré- e no pós-teste (pág. 127)
- Tabela 41:** Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q7 no pré- e no pós-teste (pág. 127)

- Tabela 42:** Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q7 no pré- e no pós-teste (pág. 128)
- Tabela 43:** Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q8 no pré- e no pós-teste (pág. 130)
- Tabela 44:** Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q8 no pré- e no pós-teste (pág. 131)
- Tabela 45:** Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q8 no pré- e no pós-teste (pág. 131)
- Tabela 46:** Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q8 no pré- e no pós-teste (pág. 132)
- Tabela 47:** Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q8 no pré- e no pós-teste (pág. 132)
- Tabela 48:** Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q9 no pré- e no pós-teste (pág. 134)
- Tabela 49:** Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q9 no pré- e no pós-teste (pág. 135)
- Tabela 50:** Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q9 no pré- e no pós-teste (pág. 135)
- Tabela 51:** Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q9 no pré- e no pós-teste (pág. 136)
- Tabela 52:** Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q9 no pré- e no pós-teste (pág. 136)
- Tabela 53:** Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q10.1 no pré- e no pós-teste (pág. 138)
- Tabela 54:** Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q10.1 no pré- e no pós-teste (pág. 139)
- Tabela 55:** Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q10.1 no pré- e no pós-teste (pág. 140)
- Tabela 56:** Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q10.1 no pré- e no pós-teste (pág. 140)
- Tabela 57:** Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q10.1 no pré- e no pós-teste (pág. 140)
- Tabela 58:** Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q10.2 no pré- e no pós-teste (pág. 142)
- Tabela 59:** Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q10.2 no pré- e no pós-teste (pág. 143)

Tabela 60: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q10.2 no pré- e no pós-teste (pág. 143)

Tabela 61: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q10.2 no pré- e no pós-teste (pág. 144)

Tabela 62: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q10.2 no pré- e no pós-teste (pág. 144)

Tabela 63: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q11.1 no pré- e no pós-teste (pág. 146)

Tabela 64: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q11.1 no pré- e no pós-teste (pág. 147)

Tabela 65: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q11.1 no pré- e no pós-teste (pág. 148)

Tabela 66: Respostas dos alunos da escola da Guarda na questão Q11.1 no pré- e no pós-teste (pág. 148)

Tabela 67: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q11.1 no pré- e no pós-teste (pág. 149)

Tabela 68: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q11.2 no pré- e no pós-teste (pág. 150)

Tabela 69: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q11.2 no pré- e no pós-teste (pág. 151)

Tabela 70: Respostas dos alunos da escola de Viseu na questão Q11.2 no pré- e no pós-teste (pág. 152)

Tabela 71: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q11.2 no pré- e no pós-teste (pág. 152)

Tabela 72: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q11.2 no pré- e no pós-teste (pág. 153)

Tabela 73: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q12.1 no pré- e no pós-teste (pág. 155)

Tabela 74: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.1 no pré-teste (pág. 156)

Tabela 75: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q12.1 no pré-teste (pág. 156)

Tabela 76: Respostas dos alunos da Escola de Guarda na questão Q12.1 no pré-teste (pág. 156)

Tabela 77: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q12.1 no pré-teste (pág. 157)

Tabela 78: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q12.2 no pré-teste e no pós-teste (pág. 158)

Tabela 79: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.2 no pré-teste (pág. 159)

Tabela 80: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q12.2 no pré-teste (pág. 159)

Tabela 81: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q12.2 no pré-teste (pág. 159)

Tabela 82: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q12.2 no pré-teste (pág. 160)

Tabela 83: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q12.3 no pré- e no pós-teste (pág. 161)

Tabela 84: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.3 no pré-teste (pág. 162)

Tabela 85: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q12.3 no pré-teste (pág. 162)

Tabela 86: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q12.3 no pré-teste (pág. 162)

Tabela 87: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q12.3 no pré-teste (pág. 163)

Tabela 88: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.1 no pós-teste (pág. 164)

Tabela 89: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q12.1 no pós-teste (pág. 165)

Tabela 90: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q12.1 no pós-teste (pág. 165)

Tabela 91: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q12.1 no pós-teste (pág. 165)

Tabela 92: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.2 no pós-teste (pág. 166)

Tabela 93: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.2 no pós-teste (pág. 167)

Tabela 94: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q12.2 no pós-teste (pág. 167)

Tabela 95: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q12.2 no pós-teste (pág. 167)

Tabela 96: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.3 no pós-teste (pág. 169)

Tabela 97: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q12.3 no pós-teste (pág. 169)

Tabela 98: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q12.3 no pós-teste (pág. 169)

Tabela 99: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q12.3 no pós-teste (pág. 170)

Tabela 100: Respostas dos alunos do estudo alargado na questão Q13.1 no pós-teste (pág. 172)

Tabela 101: Respostas dos alunos do estudo alargado na questão Q13.2 no pós-teste (pág. 174)

Tabela 102: Ganhos das turmas envolvidas no estudo piloto (pág. 177)

Tabela 103: Ganhos das turmas de controlo envolvidas no estudo alargado (pág. 178)

Tabela 104: Ganhos das turmas experimentais envolvidas no estudo alargado: analogias e a resolução de problemas (pág. 178)

Tabela 105: Ganhos das turmas experimentais envolvidas no estudo alargado: analogias (pág. 178)

Tabela 106: Ganhos das turmas experimentais envolvidas no estudo alargado: resolução de problemas (pág. 179)

Tabela 107: Média do ganho normalizado para turmas experimentais com aplicação da técnica pedagógica das analogias VS turmas de controlo (pág. 188)

Tabela 108: Percentagem de respostas corretas, incorretas, incompletas e em branco para turmas experimentais com aplicação da técnica pedagógica da resolução de problemas VS turmas de controlo (pág. 190)

Capítulo I

Capítulo I – Contextualização e apresentação do estudo

Neste capítulo apresenta-se uma introdução relativa ao tema desenvolvido na investigação efetuada. Contextualiza-se o estudo realizado, definem-se as questões inerentes ao mesmo, bem como as hipóteses pensadas e os objetivos traçados.

1. Introdução

O ensino das Ciências e o modo como este tem vindo a desenvolver-se não se tem mostrado suficiente para que todos os indivíduos possam compreender e participar em questões científicas (Millar & Osborne, 1998).

Ano após ano, as instituições educativas vêem-se diante de um novo desafio: acompanhar as transformações da nossa sociedade, tão complexa e diversa. É pois normal, que as escolas e os próprios educadores encontrem dificuldades em adaptar as suas práticas educativas aos interesses dos seus educandos. Assim, torna-se cada vez mais necessário desenvolver nos alunos capacidades e competências que à posteriori lhes possibilitem, de forma autónoma, uma resolução eficiente de problemas do seu dia-a-dia.

Neste contexto, a resolução de problemas é um aspeto muito valorizado pela educação em ciências especialmente enquanto meio facilitador da aprendizagem.

A disciplina de Ciências Físico-Químicas apresenta uma longa tradição de recurso a problemas, muito embora nem todos os enunciados classificados como tal, por professores e manuais, mereçam tal designação por nem sempre apresentarem um obstáculo a quem resolve e desconhece à partida forma de o resolver (Corrêa, 1996).

A presente investigação focou-se no primeiro contacto dos alunos do 9º ano do Ensino Básico com o estudo dos circuitos elétricos e a resolução de problemas a este tema inerentes.

Dado o grau de abstração exigido pelos conteúdos relativos aos fenómenos físicos inerentes ao tema dos circuitos elétricos, propõe-se com este estudo uma abordagem alternativa àquela que é mencionada nas orientações curriculares desta disciplina. Recorrendo a analogia, associada às atividades experimentais propostas no programa, pretende-se investigar se estas conduzem a uma melhor e mais eficaz aprendizagem dos conceitos, o que facilita a resolução de problemas relativos aos mesmos.

Assim, foram propostas duas técnicas de ensino complementares a referir: as analogias e os passos considerados fundamentais para a correta resolução de um problema em física.

Nesta investigação, que se iniciou com um estudo-piloto (num só estabelecimento de ensino) e, posteriormente, um estudo alargado (que abrangue quatro escolas), o procedimento aplicado foi o característico de uma investigação *quasi-experimental*. O estudo piloto foi efetuado com três turmas (duas experimentais-leccionadas pela doutoranda e uma de controlo), as quais foram sujeitas a tratamentos diferentes: uma das turmas experimentais foi exposta à analogia “crianças no pátio de uma escola” e orientada e apoiada na resolução de problemas especificamente criados para esta investigação, sendo solicitado aos alunos que justificassem adequadamente as suas opções e respostas. A outra turma experimental não foi exposta à analogia, tendo sido apenas orientada e apoiada na resolução dos mesmos problemas. Já a turma de controlo foi submetida ao tradicional ensino dos circuitos elétricos, isto é: seguindo apenas as indicações propostas no manual adotado (Dias & Rodrigues, 2010); com aulas mais expositivas, nos quais a matéria foi apresentada e analisada pelo docente; apela-se mais à memorização que à própria compreensão de conceitos e fórmulas (não negando nunca a importância da primeira) e resolvendo questões constantes no manual mencionado. Deste modo, e como característico das investigações quasi-experimentais, os alunos das três turmas responderam aos mesmos pré- e pós-testes sendo analisados, nesta investigação, os seus resultados.

No estudo alargado criaram-se condições semelhantes às do estudo piloto, com turmas experimentais onde os alunos, de quatro escolas diferentes, foram familiarizados com a referida analogia e/ou orientados para resolver problemas especificamente criados para promover o ajustamento cognitivo dos alunos, aos quais era pedido que apresentassem as razões justificativas das conclusões expostas. Em cada escola foi sempre utilizada uma turma de controlo.

Assim, no desenho desta investigação educacional, constou a metodologia quantitativa, através da análise de pré- e pós-testes realizados pelos alunos e qualitativa, através da análise dos conteúdos das respostas dos alunos e dos questionários respondidos pelos professores participantes.

2. Contexto da investigação

A presente investigação surge associada à necessidade de melhorar o ensino nas escolas portuguesas criando meios e métodos adequados, adaptados à realidade e às crianças e jovens dos nossos tempos que os ajudem a melhorar as suas capacidades cognitivas, principalmente no que à resolução de problemas diz respeito.

É inquestionável que a evolução tecnológica influencia o modo e a maneira de ser e viver dos nossos alunos. A estes, ao contrário de outrora, já não basta o “ouvir e aceitar” o que o professor lhes transmite. Hoje, com o acesso às tecnologias de informação amplamente difundidas, não é possível conter a curiosidade e a frenética sede de aprender dos nossos alunos. O facto da sua disponibilidade ser hoje em dia reduzida, quer para ouvir e preocupar-se em entender as explicações de determinados fenómenos por parte dos professores, ou até dos próprios colegas de classe explica as dificuldades sentidas por muitos quando são chamados a justificar uma determinada escolha. Torna-se assim cada vez mais necessário conseguir captar a sua atenção e o seu interesse, tarefa muitas vezes árdua, mas fundamental para compreender as situações focadas nas aulas de modo a serem capazes de aplicar as suas compreensões a futuras explicações de problemas de certo modo diferentes.

Atualmente, o conhecimento da Ciência pela população – Ciência para Todos – é um objetivo de muitos países, expresso através dos seus currículos de ciências e de inúmeras iniciativas como por exemplo: a revitalização dos museus, a realização de colóquios e debates, o alargamento de espaços destinados à ciência nos meios de comunicação social ou a organização de grandes exposições e feiras de ciências (Reis, 2006).

O ensino não deve ser apenas visto como o transmitir de informação de professor para aluno, mas sobretudo como uma preparação para a vida, demonstrando a aplicabilidade de cada matéria lecionada nas questões e problemáticas do dia-a-dia, e na vida prática de cada aluno, tornando-os capazes de vir a aplicar as suas compreensões em situações diferenciadas - transferência de conhecimentos.

De acordo com vários autores, como Wellington 2002, os argumentos mais referidos pela literatura das últimas décadas para justificar uma educação científica alargada a todos os alunos, são de natureza utilitária cultural e democrática.

O argumento utilitário defende que a educação científica deve proporcionar conhecimentos e desenvolver capacidades e atitudes indispensáveis à vida diária dos cidadãos. Segundo o argumento cultural, a ciência constitui um aspeto marcante da nossa cultura que todos os cidadãos devem ter oportunidade e capacidade de perceber e aplicar no seu dia-a-dia e, como tal, merece um espaço no currículo. O argumento democrático propõe uma educação científica para todos como forma de assegurar a construção de uma sociedade mais democrática, onde todos os cidadãos se sintam capacitados para participar de forma criativa e reflexiva em discussões, debates e processos decisivos sobre assuntos de natureza sócio científica (Reis, 2006).

Assim, aulas de Físico-Química, com a sua complexidade e marcada diferença das demais disciplinas, devem ser apelativas e os seus professores deverão ser capazes de transmitir e fazer-se ouvir, dada a importância das matérias para a compreensão do funcionamento do mundo que nos rodeia.

Uma das matérias que mais preocupa os docentes, dado o grau de abstração exigido aos discentes, é o tema referente aos circuitos elétricos. Foi com base na complexidade desta matéria, e na necessidade de criar um método capaz de apelar à participação e interesse dos estudantes que a doutoranda, em conjunto com a

orientadora e coorientadora, desenvolveram e aplicaram na prática a analogia “crianças no pátio de uma escola”. Com ela pretende-se incentivar e estimular os alunos - que com facilidade se imaginam no lugar daquelas crianças - a perceber como funciona um circuito elétrico, pois crê-se que é possível que os alunos não se limitem apenas a decorar a informação transmitida, mas antes a compreendam e a interiorizem. Só assim poderão usar o conhecimento adquirido na interpretação de fenômenos do seu dia-a-dia e na resolução de problemas quando estes lhes forem colocados.

Apesar de o estudo da Física, enquanto componente da disciplina de Ciências Físico-Químicas, se iniciar no 7º ano, é no 9º ano de escolaridade e com o tema *Viver Melhor na Terra* que os alunos estudam a eletricidade e o eletromagnetismo na unidade *Sistemas Elétricos e Eletrônicos*.

Com esta unidade espera-se que os alunos reconheçam que a eletricidade está presente em toda a nossa vida diária, que saibam quais são os seus princípios básicos, as suas aplicações e como é produzida e distribuída. Devem ainda conhecer regras de segurança na utilização de materiais e dispositivos eletrônicos e também os componentes básicos de circuitos eletrônicos e as suas aplicações (Orientações Curriculares para as Ciências Físicas e Naturais- OCCCFN, 2001).

Como todos os outros temas inerentes à disciplina de Física ou Química também este tema deve iniciar-se pelos seus conceitos mais básicos, pois sem a sua necessária compreensão poderá estar comprometida toda a restante aprendizagem. É assim de forma gradual, mas interligada, que se pretende que a analogia sugerida acarrete resultados positivos.

3. Questões, hipóteses e objetivos

Os programas de Ciências Físico-Químicas defendem que o ensino das ciências desenvolva competências nos alunos que os tornem cidadãos intervenientes, capazes de colaborar na resolução de situações problemáticas do dia-a-dia. Isto é, aprender Ciência

não é apenas decorar leis e alguns conceitos, mas sim aprender a colocá-los em prática, sendo este último, o ponto onde a maioria dos discentes apresenta mais dificuldades.

Nos documentos emanados pelo Ministério da Educação, como sendo o Currículo Nacional do Ensino Básico (CNEB) (DEB, 2001 a) ou as OCCFN (DEB, 2001 b), observa-se uma constante preocupação em “*promover o pensamento de uma forma criativa e crítica*” (DEB 2001 a, p.133) utilizando para isso “*situações de aprendizagem centradas na resolução de problemas, com interpretação de dados (...)*” (DEB, 2001 b, p.7).

No final do EB, os alunos deverão ter adquirido competências que lhes permitam, por exemplo:

- “*mobilizar saberes culturais, científicos e tecnológicos, de modo a compreender a realidade e a resolver os problemas do quotidiano;*
- *adaptar estratégias adequadas à resolução de problemas e à tomada de decisão;*
- *realizar atividades de forma autónoma e criativa* (DEB,2001 a., p. 15) ”.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é caracterizar o ensino dos Circuitos Elétricos focalizado na observação experimental mas também na resolução de problemas, numa perspetiva sequencial de aprendizagens e de desenvolvimento de competências, discutindo formas de o implementar nas Escolas dos Ensinos Básico recorrendo para isso ao uso de uma analogia criada para o efeito.

As questões que sustentaram e conduziram a investigação da doutoranda foram as seguintes:

- 1) É possível desenvolver uma analogia adequada à compreensão dos alunos dos diferentes conceitos abstratos para descrever o comportamento de circuitos elétricos simples?
- 2) É o uso desta analogia eficiente para corrigir as ideias pré-concebidas dos alunos, em geral incorretas, acerca do comportamento dos circuitos elétricos?
- 3) Irá o uso desta analogia, em conjunto com a obrigação de produzir justificações para as respostas às questões colocadas, incentivar a capacidade dos alunos para resolver problemas sobre circuitos elétricos?

- 4) Os passos estabelecidos para a resolução de problemas mostram-se eficazes quando colocados em prática pelos alunos ao resolverem problemas relativos aos circuitos elétricos?
- 5) Os resultados obtidos por alunos em turmas do estudo alargado são semelhantes aos alcançados no estudo piloto?

Formularam-se também as seguintes hipóteses de investigação:

H1: Os alunos aos quais se lecionou a matéria dos circuitos elétricos recorrendo à analogia proposta neste trabalho revelam uma melhor e mais profunda aprendizagem da matéria (sendo eliminadas preconcepções erradas), quando comparados com os alunos da turma de controlo.

H2: A analogia proposta permite captar a atenção e portanto motivar os alunos ajudando-os na assimilação e compreensão da matéria sobre circuitos elétricos.

H3: Os alunos que praticaram os passos estabelecidos para a resolução de problemas revelam resultados mais corretos na resolução dos mesmos quando comparados com os alunos das turmas de controlo ou alunos das turmas onde se aplicou apenas o desenvolvimento da analogia

H4: Os alunos com melhores resultados são os pertencentes a turmas experimentais onde se aplicou a analogia simultaneamente como desenvolvimento da técnica da resolução de problemas.

H5: O desempenho dos alunos do estudo alargado e estudo piloto, quando sujeitos aos mesmos tratamentos, deverá ser idêntico.

Ao pretender testar as hipóteses referidas, a presente investigação visa contribuir para uma melhoria do ensino do tema circuitos elétricos no 9º ano de escolaridade, mais concretamente para o desenvolvimento de métodos pedagógicos eficazes. Pelo que os objetivos desta investigação foram:

- apurar uma forma diferente de captar a atenção dos alunos para a aprendizagem deste tema em concreto;

- corrigir, ensinar e consolidar conhecimento acerca dos conceitos básicos referentes aos circuitos elétricos;
- produzir e introduzir novos métodos e materiais pedagógicos adequados às técnicas propostas (analogia e passos inerentes à resolução de problemas);
- apreciar a receptividade dos alunos face a novos métodos de ensino e avaliar as respectivas aprendizagens;
- avaliar a capacidade de aplicação prática das aprendizagens dos alunos na resolução de problemas sobre circuitos elétricos;
- avaliar os resultados e eficácia das compreensões promovidas pela analogia proposta.

Capítulo II

Capítulo II – Revisão da literatura

De acordo com o planejamento elaborado para a execução desta investigação realizou-se a revisão literária que se julgou necessária.

Ao longo deste capítulo apresenta-se um estado da arte focalizado nas principais temáticas desenvolvidas no decurso desta tese.

Este capítulo inicia-se com a importância que as aprendizagens significativas (de acordo com a Teoria de Ausubel) devem ter no ensino. Apresenta-se a taxonomia de Bloom e o seu interesse para o processo cognitivo do ensino-aprendizagem, dando-se principal ênfase ao domínio cognitivo, de entre os três existentes para a classificação dos objetivos educacionais; apresentam-se também as considerações da doutoranda acerca da Taxonomia de Bloom e as O.C. (Orientações Curriculares) para o EB e Ensino Secundário (ES). Distinguem-se problemas de exercícios e destaca-se a importância dos primeiros na educação, nomeadamente na educação em ciências. Refere-se a importância da motivação como fator fundamental no sucesso escolar em geral, e na resolução de problemas em particular, bem como o valor que lhe é atribuído por psicólogos e investigadores, que levam a que cada vez mais este conceito faça parte de diversas teorias de aprendizagem. Destaca-se a importância do recurso a analogias como ferramenta importante no ensino de conceitos científicos de grau de dificuldade superior e, por fim, atendendo a que um dos objetivos finais desta investigação passa pelo desafio da formação continuada de professores como forma de melhorar as aprendizagens de Física e possibilitar um desenvolvimento mais significativo de competências gerais e específicas dos docentes, faz-se também uma breve referência a aspetos relacionados com a formação de professores em exercício.

1. As Aprendizagens Significativas dos alunos segundo Ausubel

Foi na década de 1960 que David Ausubel propôs a Teoria da Aprendizagem Significativa, considerando-a como a mais importante para os seres humanos (Tavares, 2004).

O principal objetivo desta Teoria é entender o modo como o ser humano constrói significados e assim poderem ser definidas determinadas estratégias de ensino que tornem a aprendizagem significativa mais facilitada (Tavares, 2008).

Osborne e Wittrock (1985) constataram que as crianças possuem conhecimentos prévios resultantes do seu cotidiano e do senso comum (diferentes das concepções dos cientistas), dos quais podem resultar preconceções erradas que interferem e dificultam a aquisição de conceitos novos e corretos. Nas décadas de 70 e 80, foram desenvolvidas muitas pesquisas acerca do fenómeno das preconceções erradas dos alunos, bem como da melhor forma de as ultrapassar. Estas investigações foram fortemente marcadas pelos trabalhos de autores como Ausubel e a sua Teoria da Aprendizagem Significativa.

Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa, a aprendizagem ocorre a partir dos conhecimentos que os alunos já possuem, isto é, resulta da interação entre conhecimentos prévios e os novos, sendo tanto mais significativa a aprendizagem quantas mais relações entre eles forem estabelecidas. Isto é, *“a essência do processo da aprendizagem significativa é a de que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas com as informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal)”* (Ausubel et. al., 1980, p. 34).

Segundo Ausubel, et al., (1980), citados por Pelizzari, et. al., (2002), para que uma aprendizagem se diga significativa é necessário satisfazer duas condições: *“em primeiro lugar o aluno precisa ter uma disposição para aprender - se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrária e literalmente, então a aprendizagem será mecânica; e em segundo lugar, o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógico e psicologicamente significativo - o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem dos conteúdos que têm significado ou não para si próprio.”* (Pelizzari, et. al., 2002, p. 38).

Para Ausubel (2003) o conhecimento diz-se significativo quando *“(...) envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos”* (Ausubel, 2003, folha de rosto). As aprendizagens serão tanto mais mecânicas quanto menos destas relações forem estabelecidas.

No caso das aprendizagens mecânicas o aluno apenas consegue usar os conhecimentos de modo semelhante àquele como lhe foram transmitidos, não conseguindo assim *“transferir as aprendizagens (...) para a solução de problemas equivalentes em outros contextos”* (Tavares, 2008).

O exposto é visível, por exemplo envolvendo a lei de Ohm e foi proposto por Ausubel e apresentado por Moreira (1999): *“Um estudante pode aprender a lei de Ohm, a qual indica que, num circuito, a corrente é diretamente proporcional à diferença de potencial. Entretanto, essa proposição não será aprendida de maneira significativa a menos que o estudante já tenha adquirido, previamente, os significados dos conceitos de corrente, diferença de potencial, resistência, proporcionalidade direta e inversa (satisfeitas estas condições, a proposição é potencialmente significativa, pois seu significado lógico é evidente), e a menos que tente relacionar estes significados como estão indicados na lei de Ohm.”* (Moreira, 1999, p. 23).

Segundo Gravina e Buchweitz (1994) para que a nova informação faça sentido, é necessário que a *“pessoa faça uma representação correta”* da mesma e não se limite a uma *“memorização mecânica”*. Ou seja, *“para haver incorporação de uma nova informação ou conceção na estrutura cognitiva de um estudante, ela deve mostrar as suas vantagens em relação a outras existentes, (...) facilitar ou proporcionar uma melhor compreensão, e mostrar a sua utilidade na explicação e solução de questões e problemas novos ou não resolvidos pelas conceções existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Essas ideias podem servir para preparar o material educativo potencialmente significativo e um método de ensino adequado para a ocorrência da aprendizagem de conceitos científicos”*(Gravina & Buchweitz, 1994, p. 112).

2. A Taxonomia de Bloom no processo cognitivo do ensino-aprendizagem

No processo de ensino definir objetivos de aprendizagem é fundamental. Porém, muitas vezes e de forma não desejável, esses objetivos apenas são reconhecidos pelo próprio docente. Contudo, é sabido que quando os objetivos são claros e apreendidos pelos alunos torna-se mais fácil estes atingirem o nível de desenvolvimento cognitivo desejado.

Na opinião de Alves (2013) *“O estabelecimento de objetivos numa sala de aula é importante e essencial tanto para alunos como para professores. Aos alunos permite identificar o que deverão saber no final da aula/unidade e ao professor saber quais os pontos que deverão ser alvo de avaliação.”* (Alves, 2013, p.6).

Em sentido geral, uma taxonomia designa a ciência dos princípios e métodos de classificação dos diversos elementos de uma área científica. A sua etimologia provém do grego *táxis* (ordem) e *nómos* (lei). É, assim, o estudo da classificação das coisas, o ato de dar nomes, classificar e identificar. Constitui, como tal, uma designação transversal a diversas áreas do conhecimento humano tais como a computação, a antropologia, a biologia – de onde partiu, inicialmente, na classificação dos organismos vivos (Damião, 2010).

Alves (2013) realça deste modo o uso das taxonomias: *“As taxonomias de objetivos educacionais consistem num conjunto de categorias gerais e específicas que incluem todas as possíveis metas de aprendizagem que se podem atingir no processo de ensino-aprendizagem, facilitando a formulação de objetivos pelo facto de se basearem num sistema onde as metas de aprendizagem podem ser descritas por mudanças comportamentais nos alunos (Domingos et al., 1987).”* (Alves, 2013, p.6 e 7).

A Taxonomia de Bloom, criada por Benjamin Bloom et al., em 1956, constitui um instrumento cuja finalidade é a de sistematizar e classificar objetivos educacionais, de forma a permitir analisar os objetivos e as situações em que o conhecimento é utilizado (Bloom et al., 1972). De acordo com os mesmos autores a Taxonomia pretende ser uma ferramenta de auxílio na especificação dos objetivos educacionais, no planeamento da aprendizagem e na preparação da avaliação nela se vislumbrando, desde cedo, a

potencialidade de facilitar a partilha de ideias e materiais entre estudiosos da área da educação contribuindo, assim, para o desenvolvimento dos quadros curriculares.

Desse modo, desde a primeira vez que foi publicada a Taxonomia de Bloom tem fornecido uma base sólida no desenvolvimento de currículos em Escolas do mundo inteiro (Anderson & Krathwohl, 2001), o que evidencia a sua inegável relevância na área da educação.

2.1. Classificação dos Objetivos Educacionais

A Taxonomia de Bloom estabelece três domínios para a classificação dos objetivos educacionais (Guskey, 2001; Bloom et al., 1956; Bloom, 1972; Clark, 2015):

- o domínio afetivo (o qual compreende objetivos atinentes a atitudes e valores, encontrando-se assim ligado ao desenvolvimento de áreas emocionais e afetivas, as quais incluem comportamentos, responsabilidade, respeito, etc. As categorias inclusas neste domínio são a receptividade, a resposta, a valorização, organização e caracterização);
- o domínio psicomotor (relacionado com habilidades físicas, inclui as categorias de imitação, articulação e manipulação);
- o domínio cognitivo (que se prende com a aquisição de novos conhecimentos e no qual são incluídos os objetivos inerentes à memorização e ao desenvolvimento intelectual. A estrutura original foi constituída de modo a incluir seis categorias, sendo elas: o conhecimento, a compreensão, a aplicação, a análise, a síntese e a avaliação).

Dentro do domínio cognitivo - que se destaca por ter sido o mais estudado e desenvolvido - a Taxonomia de Bloom importa a supra citada hierarquia de níveis cognitivos e favorece a categorização dos diversos objetivos educacionais. A construção de classes, ou níveis, foi definida de modo a que os objetivos categorizáveis numa determinada espécie compreendessem e se baseassem em comportamentos incluídos nas categorias precedentes e que cada classe possuísse subclasses (Bloom et al., 1972)

O nível base – o Conhecimento – classifica os objetivos educacionais que apenas requerem que o aluno seja capaz de recordar a informação previamente apreendida, nele

se classificando objetivos relacionados com a memorização de ideias. Assim sendo, representa o mais baixo nível de objetivos educacionais no domínio cognitivo (Bloom, 1956).

O nível da Compreensão localiza-se já num patamar superior ao da pura memorização e recordação de conteúdos, incluindo-se nele os objetivos educacionais que se prendem com a capacidade do aluno entender o significado da informação transmitida.

O nível seguinte, denominado Aplicação, classifica os objetivos educacionais referentes à capacidade de utilizar o material aprendido em novas situações incluindo a aplicação de métodos, conceitos, princípios, leis e teorias.

Já o nível da Análise classifica os objetivos educacionais que pressupõem a capacidade de identificar as partes de um conteúdo ou material e compreender as relações que se estabelecem entre elas e o reconhecimento dos princípios de organização que levam a que resultem num todo (Bloom, 1956).

O nível de Síntese inclui já os objetivos educacionais que visam desenvolver no aluno a capacidade de aglutinar os conhecimentos já adquiridos de forma a criar um conteúdo inovador, dirigindo-se já ao comportamento criativo.

No último nível, o domínio Cognitivo da Taxonomia de Bloom, a Avaliação, são classificados os objetivos educacionais de maior exigência cognitiva, uma vez que se requer a capacidade de avaliar material criado com um objetivo definido, implicando, além de elementos contidos em todas as outras categorias, um ajuizamento consciente baseado em critérios de definição clara.

A Taxonomia de Bloom influenciou também a construção do Quadro Nacional de Qualificações (criado pelo Decreto-Lei n.º 396/2007, de 31 de Dezembro, e regulado pela Portaria n.º 782/2009, de 23 de Julho) – um quadro de referência único para classificar todas as qualificações do âmbito educativo e formativo que se baseia nos resultados da aprendizagem em função do conhecimento, aptidões e atitudes – demonstrando assim a sua importância e aplicabilidade prática. É quanto ao conhecimento e o processo cognitivo que a Taxonomia de Bloom tem maior influência e permite distinguir entre os diversos níveis de qualificação.

2.2. A Taxonomia de Bloom e as Orientações Curriculares para o Ensino Básico e Secundário

Com base no anteriormente exposto e começando por analisar as OCCFN, 2001, para o Ensino Básico, mais concretamente para o 9ºano de Escolaridade, na unidade Sistemas Elétricos e Eletrónicos verificamos que nada mais é exigido aos alunos que o simples “conhecer”: conhecer “os princípios básicos da eletricidade”, conhecer “as regras de segurança (...)”, conhecer os “conceitos básicos de circuitos elétricos (...)”, etc.. Portanto, e segundo o M.E. (Ministério da Educação), neste nível de ensino e para esta unidade basta apenas que os alunos consigam conhecer e mais tarde recordar a informação armazenada na memória a longo prazo. Tal demonstra que ao contrário do que seria desejável, o sistema de ensino, neste nível, tende a centrar-se mais na recuperação de informação tal como foi fornecida do que propriamente na sua compreensão, aplicação, análise, síntese ou avaliação: valoriza-se mais a memória, que o raciocínio.

Analisando também a segunda unidade do programa de Física e Química A do 11º ano, intitulada Comunicações, e em particular a subunidade Comunicação de Informação a Curtas Distâncias, para a qual os conceitos focados nesta tese servem de base depreende-se que pouco mais é exigido aos alunos que reconhecer ou identificar. Por exemplo: “Identificar o campo elétrico como a grandeza que se manifesta através da ação que exerce sobre cargas elétricas” ou “reconhecer que um campo magnético tem a sua origem em ímanes naturais e em correntes elétricas”. Mais uma vez, e à semelhança do que acontecia no 9º ano de escolaridade, o nível de desenvolvimento cognitivo imposto aos alunos é muito baixo, correspondendo ao primeiro patamar de desenvolvimento cognitivo de Bloom - o conhecimento.

Considerando agora o programa de Física do 12º ano, mais concretamente sobre a unidade II – Eletricidade e Magnetismo, verificamos que os níveis de desenvolvimento cognitivo impostos aos alunos são bastante mais elevados que nos anos escolares anteriores. Ao aluno ainda se pede para “reconhecer”, “definir”, “enunciar”, “identificar” ou “descrever”, formas verbais que apontam para o primeiro nível de desenvolvimento cognitivo de Bloom, o conhecimento; mas, espera-se também que com esta unidade o aluno seja capaz de “distinguir”, “explicar”, “interpretar”, “prever” ou “caracterizar”

(Programa de Física 12º ano, 2004). Neste caso o nível imposto ao aluno é superior e corresponde ao segundo nível de Bloom - a compreensão. Neste nível espera-se que o aluno compreenda e dê mais significado aos seus conhecimentos. No 12º ano é também esperado que os alunos consigam atingir o terceiro nível de Bloom - a aplicação, quando se deseja que consigam usar informações, métodos e conteúdos antes aprendidos em novas situações. Por exemplo *“aplicar a expressão do potencial elétrico criado por uma carga pontual”*. O quarto nível - a análise, onde é necessário que os alunos tenham compreendido não só o conteúdo, mas também a estrutura do objeto de estudo, é igualmente solicitado quando por exemplo se pretende que os alunos sejam capazes de *“determinar o campo elétrico resultante da combinação de várias cargas pontuais”*. Por fim, o nível mais elevado que é suposto que os alunos do 12º ano de Física atinjam é o quinto nível de desenvolvimento cognitivo de Bloom - a síntese, ao esperar-se por exemplo que sejam capazes de *“associar” ou “relacionar”* conteúdos.

Da análise anterior depreende-se que o ensino atual nas escolas portuguesas não obedece a um faseamento progressivo de dificuldades. Verifica-se que para o tema eletricidade e magnetismo, o exigido aos alunos no Ensino Básico, mais concretamente no 9º ano de escolaridade é muito semelhante ao que se espera que por eles seja atingido no 11º ano. Em contrapartida, se compararmos a exigência entre o 11º ano e o 12º ano de escolaridade a diferença é abismal, sendo o nível que se pretende que os alunos atinjam no 12º ano muito próximo de um nível universitário.

A partir deste ano letivo 2015-2016, as mudanças curriculares exigidas pelo Ministério da Educação, que constam no Programa de Física e Química A do 10º e 11º anos, do curso Científico-Humanístico de Ciência e Tecnologias, introduzem na componente de Física do 10º ano na unidade Energia e a sua Conservação o tema energia e fenómenos elétricos; justificando-se a sua introdução no currículo do seguinte modo: *“o estudo de sistemas elétricos permite consolidar aprendizagens anteriores e é um pré-requisito para trabalhos laboratoriais posteriores e para o estudo da indução eletromagnética no 11.º ano”* (Programa de Física e Química A do 10º e 11º anos, 2014, p. 16). Pensamos que a referida alteração poderá ser benéfica para os discentes se a finalidade que se procura atingir com a sua introdução for efetivamente alcançada, pois

assim poderá reduzir-se a enorme diferença de exigência que ocorria entre um nível de ensino e o seguinte.

3. Resolução de Problemas vs Resolução de exercícios

Um problema é definido como um enunciado que se apresenta como um obstáculo aos sujeitos que, desconhecendo inicialmente a forma de o ultrapassar, tentam alcançar a sua solução. Um problema pode ter mais do que uma solução, ou até não ter qualquer solução possível (Dumas-Carré & Goffard, 1997).

Perales (1993) define-o, de forma genérica, como uma situação que produz um certo grau de incerteza, sendo tal situação prevista ou não. Tal apela tanto à reflexão do sujeito sobre a situação que se lhe apresenta como à reflexão sobre a sua resolução.

Um problema é definido como uma questão cuja resolução ou explicação se apresenta difícil, causando, por essa mesma razão, perplexidade, e cuja solução deve ser alcançada com recurso a métodos lógicos e racionais, podendo como tal ser encarado como um obstáculo intransponível inversamente, como uma possibilidade de, ao resolvê-lo e ultrapassá-lo, inovar.

Segundo Lester (1980), as disparidades existentes ao nível do conhecimento, da experiência, das competências, entre outros fatores justificam que um enunciado que configura um problema para certa pessoa possa não o constituir para outra.

Já segundo Hayes (1980), estaremos perante um problema quando se verificar uma descontinuidade entre um dado estado cognitivo e um outro que se visa alcançar, não sendo conhecida do sujeito, num momento inicial, a forma de superar tal descontinuidade.

Existirá um problema quando estivermos perante uma situação cuja resolução não é possível através do recurso a procedimentos já padronizados, antes exigindo a utilização de novas estratégias para alcançar uma solução. Quando, pelo contrário, a situação puder ser solucionada com recurso a processos já conhecidos, repetitivos ou mecanizados, e que conduzem diretamente à solução, estamos perante um exercício.

Há já alguns anos que as investigações feitas, principalmente por psicólogos e especialistas em didática, sobre a resolução de problemas a reconhecem como um aspecto cada vez mais importante na educação, nomeadamente na educação em ciências.

Nas investigações desenvolvidas, nomeadamente por Dumas-Carré et al., 1989, Prawat, 1989, Barba, 1990, entre outros, procede-se à comparação das resoluções de principiantes (normalmente alunos) e peritos (professores ou investigadores), bem como se analisam os processos e estratégias utilizados por cada um.

À semelhança de Valente et al. 1987, consideramos que a resolução de problemas é sem dúvida uma visão metacognitiva, isto é, a resolução de problemas não envolve apenas processos complexos de pensamentos como também permite treinar a metacognição, que aplicada à resolução de um problema pode aumentar as capacidades cognitivas de quem resolve.

Quanto aos exercícios, estes não apresentam obstáculos uma vez que o sujeito que se propõe a resolvê-los sabe, à partida, o que tem de fazer para encontrar a sua solução, que é uma solução única (Esteves & Leite, 2005).

Por seu lado, os problemas implicam diversidade, e como tal, a sua resolução leva ao desenvolvimento de competências de alto nível cognitivo (Losada et al., 1999).

Resumindo o que foi exposto sobre a distinção entre problema e exercício, pode citar-se Pozo et al (1994): *“(...) um problema distingue-se de um exercício na medida em que, neste último caso, dispomos e utilizamos mecanismos que nos levam, de forma imediata, à solução. Por isso, é possível que uma mesma situação represente um problema para uma pessoa, enquanto que, para outra esse problema não existe, quer porque ela não se interessa pela situação, quer porque ela possui mecanismos para resolvê-la com um investimento mínimo de recursos cognitivos reduzindo-a a um simples exercício (...). Na medida em que sejam situações mais abertas ou novas, a resolução de problemas representa para o aluno um conflito cognitivo e motivacional maior do que a execução de exercícios, pelo que, muitas vezes, os alunos não habituados a resolver problemas se mostram inicialmente reticentes e procuram reduzi-los a exercícios rotineiros.”* (Pozo, et al., 1994, p.16 e 17).

Esteves & Leite (2005) consideram que os problemas podem desempenhar três tipos de funções no contexto dos processos de ensino e aprendizagem. Nesse sentido,

podem servir como ponto de partida para a aprendizagem dos alunos constituindo o início dos processos de ensino e aprendizagem; para o aprofundamento das aprendizagens dos alunos (sendo, neste caso, utilizados durante os processos de ensino e aprendizagem); e para avaliar aprendizagem dos alunos (para tal, utilizados após os processos de ensino e aprendizagem). Os últimos dois tipos são os considerados durante o processo investigativo utilizado neste trabalho de investigação educacional.

Já Ross (1997) considera que existem diferentes formas de integrar os problemas no ensino e, de acordo com o modo como tal integração é efetuada, podem originar três tipos de currículos:

- currículo com resolução de problemas – neste tipo de currículo os alunos aprendem um conjunto de estratégias adequadas à resolução de problemas e procedem à sua resolução de modo a aprofundar a aprendizagem de conteúdos já anteriormente aprendidos;
- o currículo orientado por problemas – neste tipo de currículo Ross destaca o facto de cada problema ser utilizado durante um longo período de tempo, como critério de escolha dos conteúdos cuja inclusão no currículo deve ser prevista e dos métodos que devem ser adotados.
- currículo baseado em problemas – os problemas constituem a base de todo o trabalho desenvolvido pelos alunos e estes, por si próprios, identificam os conhecimentos que são necessários para os resolver.

Neste último tipo de currículo o conhecimento surge do trabalho realizado pelos próprios alunos, tendente à resolução dos problemas e é usado para trabalhar grandes subunidades temáticas. Esta metodologia tem a designação de Problem Based Learning (PBL), ou, em português, Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (ABRP); surgiu por volta de meados dos anos sessenta do séc. XX, na Faculdade de medicina de MCMaster no Canadá (Camp, 1996). Este movimento emergiu essencialmente como consequência da insatisfação sentida com o ensino tradicional da medicina, provocada pela explosão da informação e das novas tecnologias e pelas crescentes e sempre diferentes exigências colocadas pelas práticas futuras de terapêutica e de diagnóstico (Boud & Feletti, 1997). Apesar da sua origem universitária e de continuar a ser implementada nesse nível de ensino (em Portugal na Universidade do Minho e mais

recentemente na Universidade da Beira Interior), esta metodologia já foi também adotada na disciplina de Ciências Físico-Químicas, no Ensino Básico (9º ano de escolaridade) por Gandra, em 2001, e no Ensino Secundário (10º ano de escolaridade), por Esteves et al., em 2006.

Há quem, porém, situe a origem deste tipo de aprendizagem no início do século XX. Assim, Melo Vaz (2011), citando alguns autores, escreve que: *“Propor que a aprendizagem se baseia na resolução de problemas não é recente, segundo vários autores remonta a 1920. David e seus colaboradores (1999), citados por Carvalho (2009) atribuem a sua origem a Célestin Freinet, professor francês que combateu na I Guerra Mundial da qual regressou com feridas que lhe dificultavam a comunicação. Resolveu o seu problema encorajando os alunos a responsabilizar-se pela própria aprendizagem, incentivando-os a serem cooperativos em vez de competitivos, a avaliarem as suas aprendizagens e a adaptarem-se a viver em sociedade.”* (Melo Vaz, 2011, p.26).

Seja qual for a abordagem utilizada, a resolução de problemas é um processo fundamental cuja inclusão no currículo escolar é imprescindível, uma vez que logra envolver os alunos ativamente no processo de aprendizagem e está relacionado, de forma intrínseca, com o desenvolvimento de competências e experiências cognitivas e metacognitivas relevantes (Esteves & Leite, 2005).

Acreditamos que não é possível aprender física memorizando apenas a informação transmitida pelo professor, os alunos têm de construir a sua própria aprendizagem, o que significa processar a informação ou os resultados observados em conjugação com o conhecimento previamente adquirido. Não esquecemos também que existem condições mais favoráveis que outras à aquisição destas capacidades, dependendo: das necessidades individuais, da motivação e da exploração pessoal de forma autónoma ou guiada pelo professor. Assim, o contributo do professor é fundamental no processo de aprendizagem para promover o desenvolvimento cognitivo dos alunos, introduzindo os conceitos e modelos científicos, desafiando e ajudando os alunos a resolver problemas que surjam na construção e desenvolvimento dos seus próprios modelos mentais, pois *“aprender a resolver problemas é como aprender a jogar baseball. Assim, como não se espera vir a ser um bom jogador se nunca se jogou, um aluno não pode esperar ser um bom solucionador de problemas sem tentar resolver*

problemas. Também a maior parte dos jogadores desenvolve as suas capacidades com a orientação de treinadores” (Lester, 1980).

A resolução de problemas em física, um meio reconhecidamente importante para a aprendizagem, potencia o desenvolvimento de competências gerais, fundamentais para a vida de cada jovem. A perspectiva da resolução de problemas usada nesta investigação, coincide também como a de Esteves e Leite (2005), quando se potenciam os problemas no contexto do processo de ensino, como forma de consolidar e analisar conhecimentos. E das diferentes formas de integrar os problemas no ensino apresentadas por Ross (1997), defendemos que cada vez mais o ensino da Física deverá ter um currículo com resolução de problemas de modo a aprofundar a aprendizagem.

As escolas devem contribuir para o adequado comportamento dos cidadãos, isto inclui muito mais do que aprender informação sobre conceitos e leis de física. O contributo mais importante que um professor poderá dar às gerações futuras reside na forma de processar a informação produzindo novo conhecimento. Aprender física como forma de desenvolver competências para enfrentar e resolver problemas é certamente útil para o indivíduo e para a sociedade na qual ele está inserido.

4. A Importância da Motivação na Aprendizagem

O vocábulo motivação é um neologismo relacionado com motivo, proveniente do latim *motus* ou movimento, sendo o motivo aquilo que nos move, que nos impulsiona a agir e a realizar qualquer coisa. Quando nos referimos à motivação, enquanto processo, podemos referir que é a nossa motivação que suscita ou incita a uma conduta, que suporta uma atividade, levando-a para um determinado sentido.

Podemos assim, designar por motivação tudo o que desperta, dirige e condiciona uma conduta. Cremos que através da motivação se consegue que o aluno encontre razões para aprender, para se aperfeiçoar e para descobrir e rentabilizar capacidades (Balancho & Coelho, 2001).

“No processo ensino e aprendizagem é pertinente ter consciência de que cada vez mais, se tem que fazer uso dos contextos problemáticos (West, 1992), como

estimuladores da motivação intrínseca dos alunos, que é reconhecida, por autores como Ausubel (Ausubel et al., 1980), como condição essencial para que estes se envolvam e realizem aprendizagens significativas”. (Loureiro, 2008, p.31).

A motivação dos alunos é sem dúvida um fator crucial para o sucesso na educação em ciências (Palmer, 2007), no geral, e na resolução de problemas, em particular, uma vez que os alunos se empenham mais nas tarefas propostas quando estão entusiasmados e as sentem relevantes (Brophy, 1998; Wellington, 2002; Pintrich, 2003 e Palmer, 2007).

Na opinião de Martins (2011), a questão da motivação dos alunos deve ser tida para os docentes como uma tarefa constante na medida em que esta afeta o processo ensino e aprendizagem. Por outro lado, é importante manter presente que a motivação em contexto de sala de aula é diferente da motivação em outras áreas, dado que na grande maioria das vezes esta está vinculada a atividades obrigatórias e por vezes sujeitas a avaliação.

A mesma autora deixa claro qual o papel da motivação no sucesso escolar dos alunos: *“o sucesso estimula os alunos, bem como o fracasso inibe os mesmos, sendo que é função dos professores desenvolverem atividades com os seus alunos, de modo a que o sucesso domine os fracassos, como nos dizem Balancho e Coelho (1996:20) «nada produz tanto êxito como o próprio êxito».*” (Martins, 2011, p.21).

A motivação dos alunos é um importante contributo para a autoaprendizagem. *“A maioria dos nossos jovens sente-se recompensada por poder jogar um jogo e poder fazê-lo bem à medida que o nível de dificuldades aumenta. Para fazê-lo eles aceitam que têm de conhecer as regras do jogo e praticar alguns dos seus passos mais difíceis. Ser capaz de resolver problemas ou compreender física – presente na maioria das ações ou problemas do dia-a-dia – pode ser uma atividade compensadora. Mas para fazê-lo, os alunos devem compreender corretamente os conceitos usados e as leis da física que podem ser aplicadas.”* (de Almeida et al., 2013).

Zusho et al. (2003) realizaram um estudo no qual procuraram avaliar, por um lado a forma como as componentes cognitiva e motivacional poderiam fazer prever a evolução dos alunos do 1.º ano do curso de Química da Universidade de Michigan, na disciplina de Química Geral, ao longo do tempo e, por outro lado, as alterações ao nível

motivacional e a utilização de estratégias cognitivas e autorreguladoras. Ao longo de um semestre foram realizadas três avaliações sendo utilizados como instrumentos os relatórios preenchidos pelos próprios alunos. Os resultados deste estudo demonstram o decréscimo generalizado dos níveis de motivação e das estratégias cognitivas dos alunos ao longo do tempo. O mesmo estudo revelou que a componente de motivação foi o melhor indicador de uma boa aprendizagem.

Outro estudo, desenvolvido por Hidi et al. (2004), revelou que o interesse baseado na motivação para aprender opera efeitos positivos quer nos processos de estudo quer na quantidade e qualidade dos resultados dos estudos.

Assim, a motivação tem vindo a desempenhar um papel muito importante nas teorias psicológicas dos últimos anos, tendo os conceitos e hipóteses motivacionais constituído uma parte integrante de diversas teorias da aprendizagem.

Os estudos científicos que versam sobre a motivação foram sendo dominados por duas grandes correntes: as teorias psicanalíticas de Freud e as teorias associacionistas de Thorndike e Skinner.

Contudo, no que à motivação para a aprendizagem concerne, o foco dos investigadores localizou-se na compreensão de escolhas da criança sobre a atividade que quer realizar, no grau de persistência nessa atividade e na quantidade de esforço despendido na sua realização (Barata, 2005).

A motivação pode ter duas origens:

- intrínseca: relacionada com a propensão natural que os indivíduos apresentam na procura de novos desafios e novidade, sendo que os indivíduos efetuam uma determinada atividade apenas por a considerarem interessante, atrativa ou geradora de satisfação.
- extrínseca: relacionada com a vontade de trabalhar em resposta a algo externo à tarefa, incluindo fatores como recompensas ou incentivos (Brophy, 1998; Stipek, 2002).

Brophy (1991) define a motivação para a aprendizagem como a resposta cognitiva que surge da tentativa de compreensão, pelo indivíduo, das atividades propostas, relacionando-as com conhecimentos previamente adquiridos.

Aprender pode ser divertido e excitante quando o currículo encontra o interesse do aluno e o professor aborda os conteúdos de uma forma adequada (condições que potenciam a motivação intrínseca nos alunos). Contudo, os alunos, por si só, não se apercebem do interesse real de muitos dos conteúdos que o currículo prescreve e que é suposto que aprendam.

O gosto do professor pelo ensino tem efeitos ao nível da motivação dos alunos, sendo benéfico que os mesmos apresentem um nível de entusiasmo pelo trabalho que realizam (Brophy, 1998).

Motivar os alunos é uma tarefa constante de quem ensina, contudo, a motivação, pelo seu carácter pessoal e subjetivo, não é passível de ser treinada nem ensinada, como se de conhecimento factual se tratasse. Pode todavia ser objeto de socialização, uma vez que os professores se deparam com fatores que se revelam como condicionantes do comportamento e produtividade dos alunos e consequentemente, como potenciadores da sua motivação.

Assim, existem estratégias de ensino que visam incrementar, orientar e consolidar a motivação dos estudantes e que os professores devem ser capazes de utilizar de forma criativa e flexível (Brophy, 1998; Palmer, 2007).

As diferentes técnicas para motivar os alunos podem atuar de forma interdependente, ou seja, os efeitos de uma podem interferir com os efeitos de outra ou de várias delas. Uma das estratégias que pode ser adotada com vista a fomentar a motivação dos alunos prende-se com o questionamento, uma vez que quando os professores questionam os alunos suscitam a sua curiosidade e oferecem-lhes a oportunidade de experimentar o sucesso através da elaboração de uma resposta correta (Palmer, 2007), o que pode reverter em motivação intrínseca (Brophy, 1998).

Também as estratégias que permitem aos alunos fazer escolhas de tarefas contribuem para a motivação intrínseca – embora alunos que não sabem ainda avaliar as suas competências ou trabalhar de forma independente precisem de desenvolver essas capacidades (Stipek, 2002) de forma a poderem fazer escolhas adequadas, e com probabilidade de conduzirem a realizações bem sucedidas.

O domínio afetivo está intrinsecamente relacionado com o domínio cognitivo - por um lado, sem motivação, interesse e envolvimento os alunos aprendem

consideravelmente menos (Wellington, 2002); por outro lado o entusiasmo dos estudantes com determinada tarefa permite que o conhecimento adquirido permaneça na sua memória por muito mais tempo.

São vários os autores – Boud & Feletti, 1997 e Dutch, 1996; – que argumentam que os conhecimentos adquiridos de forma isolada tendem a tornar-se inativos, daí que as ciências sejam uma área de difícil compreensão pelo facto de, muitas vezes, serem ensinadas de modo descontextualizado, sendo que tal descontextualização dificulta o progresso da literacia científica (Gandra, 2001). Ao invés, os estudantes que adquirem conhecimento científico que é relacionado com os contextos a que vai ser aplicado são capazes de reter melhor os conceitos que aprendem e aplicar esse conhecimento de forma adequada (Boud & Feletti, 1997; Dutch, 1996).

5. O espaço da analogia no ensino

No caso da Física o elevado número de reprovações nesta disciplina, nos vários níveis de ensino e em diferentes países, demonstra que os alunos encontram dificuldades na sua aprendizagem (Fiolhais & Trindade, 2003).

Apontam-se o insuficiente desenvolvimento cognitivo, a sua deficiente preparação matemática e a pré existência de concepções relacionadas com o senso comum e não com lógica científica (Champagne et al., 1980), entre outras razões, para o insucesso dos alunos.

Outra característica da Física que a torna de aprendizagem particularmente difícil para os alunos é o facto de lidar com conceitos abstratos e, em certa medida, contra intuitivos (Fiolhais & Trindade 2003).

Face ao exposto, impõe-se a operação de uma transformação de práticas incorretas de ensino meramente expositivo, baseado na “transmissão-receção de informação” para um ensino que incorpore, sempre que necessário e possível, estratégias didáticas, como as analogias, de modo a facilitar as aprendizagens e tornando-as significativas (Farias & Bandeira, 2009).

Ponte (2009) caracteriza o ensino expositivo como aquele em que o processo se inicia com a explicação, pelo professor, dos novos conceitos científicos e de procedimentos e subsequentemente propõe a resolução de exercícios nos quais os alunos aplicam, em poucos casos demasiado simples, os conhecimentos que lhes foram previamente apresentados.

Nesta tese propõe-se uma abordagem diferente: começar por ancorar a correta aprendizagem das bases para entender o funcionamento dos circuitos elétricos pelos alunos do 9º ano no uso de analogias aliadas à realização de atividades experimentais e à resolução de problemas.

Ao referir que há analogias entre dois objetos, conceitos ou realidades, tal afirmação pressupõe que entre os seus comportamentos pode ser feita uma comparação, sendo a analogia baseada no que há de comum entre esses comportamentos.

Analogias, assim como as metáforas e os modelos, são instrumentos linguísticos de uso corrente, os quais têm a utilidade de familiarizar o sujeito com conceitos que ele inicialmente ignora, mediante o estabelecimento de uma comparação e da transferência de informação relacional (Duit, 1991).

Da mesma forma, um modelo analógico estabelece uma correspondência entre dois sistemas distintos. O primeiro, conhecido, denomina-se a fonte da analogia, sendo o sistema desconhecido o seu alvo e cujo comportamento se vai tentar compreender através das relações de comparação estabelecidas.

Várias foram as definições de analogia apontadas ao longo do tempo (Guerra-Ramos, 2011). Harré (1972) salientou a relação entre entidades ou processos, a qual permite ao sujeito fazer inferências sobre o que menos conhece através do conhecimento que tem sobre o outro. Já Glynn (1991) definiu-a como a identificação de semelhanças entre conceitos diferentes. Segundo Duit (1991), a analogia visa uma comparação explícita das estruturas de dois domínios de forma a indicar a identidade entre ambas, distinguindo-se nessa dimensão da metáfora, que opera tal comparação de modo implícito.

O recurso à analogia pode nem sempre consubstanciar-se em resultados efetivos. Não obstante a relevância atribuída e as vantagens supra apontadas, as analogias

acabam, fatalmente, por se esgotar uma vez que, por mais relevantes que sejam as similitudes, sempre se encontram dissonâncias cruciais, o que pode resultar na incompreensão (Glynn, 1991).

Duit (1991), adotou assim, uma posição de equilíbrio. Segundo este autor as inegáveis vantagens do recurso a analogias provêm das novas perspectivas por estas abertas, facilitando a compreensão de realidades abstratas por via da identificação de semelhanças. O seu uso pode servir de estímulo aos alunos e motivá-los, podendo ainda encorajar os professores a considerar as ideias iniciais dos alunos. Porém, as desvantagens que podem advir do facto das analogias nunca serem baseadas numa coincidência entre a fonte e o alvo não podem ser negligenciadas, sendo requerida uma cuidadosa examinação da analogia por parte do professor, de forma a identificar erros de compreensão dos alunos no domínio análogo para que estes não sejam transferidos para o domínio alvo.

Atento o exposto, e dada a relevância que lhes é atribuída enquanto instrumentos de construção e transmissão de conhecimento, as analogias figuram entre os instrumentos pedagógicos aos quais os professores mais recorrem na apresentação de conceitos científicos, designadamente no âmbito do ensino da Física (Treagust et al, 1989; 1992). Estas logram operar nos alunos verdadeiras mudanças conceptuais (Duit & Treagust, 2003), importando a correção de concepções preexistentes e erróneas (Chiu & Lin, 2005), de elevada resistência, fazendo com que estes alcancem diferentes e novos entendimentos consonantes com os modelos científicos vigentes (Lawson, 1993; Brown, 1993).

O recurso a analogias e modelos analógicos no ensino é de particular utilidade quando em causa estão conceitos altamente abstratos (Duit, 1991; Brown, 1993) ou sistemas cujo funcionamento é somente explicável e compreensível por referência a outras realidades com as quais os alunos têm alguma familiaridade, guiando-os, muitas das vezes, a graus elevados de motivação e estádios aprofundados de compreensão. As analogias são frequentemente usadas por parte dos professores como uma ferramenta pedagógica para ajudar os alunos a compreender os modelos da física e aparecem em alguns livros de texto. Duarte (2005) refere vários autores que defendem o uso de analogias nos manuais escolares, assegurando que as analogias podem tornar

mais compreensível e facilitadora a aprendizagem ao mudarem a linguagem do manual. Por outro lado, e segundo o mesmo autor, o recurso a analogias potencia a criatividade e imaginação do aluno, promove a formação de imagens mentais acerca dos conceitos, o que facilita a criação de novas estruturas conceptuais.

6. O desafio da formação continuada de professores

Ensinar é uma atividade complexa e multifacetada, envolvendo relações interpessoais e contextos diferenciados, dinâmicos, por vezes com situações imprevisíveis que requerem ponderação e tomadas de decisão por parte dos professores, em alguns casos imediatas, relativamente às ações a desenvolver (Rebelo, 2004).

Nas palavras de Idália Sá-Chaves (1997), a docência, *“(...) tem uma praxis que lhe é própria e que se concretiza no ato pedagógico e tem subjacente um saber próprio que configura na sua matriz dimensões múltiplas, umas de carácter mais aberto e genérico, outras, porém, de absoluta especificidade e que, habitualmente, se designa como conhecimento profissional.”* (Sá-Chaves, 1997, p.46).

Tendo em conta o carácter evolutivo dos sistemas educativos atuais a utilização de teorias, regras e competências aprendidas durante a formação inicial mostram-se insuficientes quando os professores enfrentam desafios profissionais crescentes e renovados (Bloomer & Jolly, 1994; Canário, 2001).

Nas palavras de Gama (2013) *“A Formação Contínua Docente assume-me hoje como peça chave para o desenvolvimento de qualquer sistema educativo. As próprias características da sociedade têm criado novas exigências ao «saber», «saber fazer» e, sobretudo «saber como fazer» aos profissionais da educação.”* (Gama, 2013, p. v).

A formação contínua de professores, que começou a ser implementada a nível internacional desde 1960 e em Portugal, especialmente desde 1980, tende a ser considerada, atualmente, como fundamental para a inovação e evolução dos sistemas educativos. Posterior à profissionalização visa *“complementar e atualizar a formação inicial numa perspetiva de educação permanente”* (Lei nº 49/2005 da LBSE).

Para Libâneo (2004), o conceito de formação continuada *“vem acompanhado de outro, a formação inicial. A formação inicial refere-se ao ensino de conhecimentos teóricos e práticos destinados à formação profissional, completados por estágios. A formação continuada é o prolongamento da formação inicial, visando o aperfeiçoamento profissional teórico e prático no próprio contexto de trabalho e o desenvolvimento de uma cultura geral mais ampla, para além do exercício profissional.”* (Libâneo, 2004, p.227).

Também na perspectiva de Ribeiro (1990) é acrescentado que a formação contínua de professores tem por objetivo o aperfeiçoamento dos conhecimentos e aptidões profissionais de modo a melhorar a qualidade da educação.

Já para Rodrigues & Esteves, 1993: *“aquela que tem lugar ao longo da carreira profissional após a aquisição da certificação profissional inicial (a qual só tem lugar após a conclusão da formação em serviço), privilegiando a ideia de que a sua inserção na carreira docente é qualitativamente diferenciada em relação à formação inicial, independentemente do momento e do tempo de serviço docente que o professor já possui quando faz a sua profissionalização, a qual consideramos ainda como uma etapa de formação inicial”* (Rodrigues & Esteves, 1993, p.44 e 45).

Em Portugal a publicação do Ordenamento Jurídico da Formação de Educadores de Infância e Professores do Ensino Básico e Secundário (Decreto- Lei nº234/89, de 11 de outubro) define a formação de educadores e professores como *“um dos vetores fundamentais da nova educação que se quer para Portugal. Importa que tal formação seja adaptada à nova orgânica do sistema de ensino, aos objetivos gerais prosseguidos globalmente por esse sistema e aos objetivos de cada nível de escolaridade”* (Decreto- Lei nº234/89, de 11 de outubro, p. 4426). Também o Artigo 4, do Capítulo II do Estatuto da Carreira de Educadores e Professores dos EB e ES (Decreto- Lei nº139-A/90, de 28 de abril), a formação continuada é definida como um *“direito”* para o *“exercício da função educativa”*.

Este aspeto constitui uma preocupação legal há já largos anos, nomeadamente através da instituição do regime jurídico da formação contínua de professores e definição do respetivo funcionamento aprovado pelo Decreto-Lei n.º 22/2014, de 11 de Fevereiro. Como se pode ler na página 1286 estabelece-se *“um novo paradigma para o sistema de formação contínua, orientado para a melhoria da qualidade de desempenho dos*

professores, com vista a centrar o sistema de formação nas prioridades identificadas nas escolas e no desenvolvimento profissional dos docentes, de modo a que a formação contínua possibilite a melhoria da qualidade do ensino e se articule com os objetivos de política educativa local e nacional. Nesta perspetiva, a análise das necessidades de formação, visando a identificação das prioridades de curto prazo, constitui -se como eixo central da conceção dos planos anuais ou plurianuais de formação, e tem por base os resultados da avaliação das escolas e as necessidades de desenvolvimento profissional dos seus docentes.”

Destacam-se como objetivos da formação contínua enunciados no artigo 4.º do referido diploma legal:

- “a) A satisfação das prioridades formativas dos docentes dos agrupamentos de escolas e escolas não agrupadas, tendo em vista a concretização dos seus projetos educativos e curriculares e a melhoria da sua qualidade e da eficácia;*
- b) A melhoria da qualidade do ensino e dos resultados da aprendizagem escolar dos alunos;*
- c) O desenvolvimento profissional dos docentes, na perspetiva do seu desempenho, do contínuo aperfeiçoamento e do seu contributo para a melhoria dos resultados escolares;*
- d) A difusão de conhecimentos e capacidades orientadas para o reforço dos projetos educativos e curriculares como forma de consolidar a organização e autonomia dos agrupamentos de escolas ou das escolas não agrupadas;*
- e) A partilha de conhecimentos e capacidades orientada para o desenvolvimento profissional dos docentes.”*

Em análise ao referido diploma legal, Casanova (2015) refere que o *“processo de aprendizagem está em íntima consonância com a motivação para aprender mais e melhor. Os professores terão que sentir e estar no centro da sua própria formação por desejo, por vontade ou por necessidade. Os agrupamentos de escolas e as escolas não agrupadas (doravante designados por escolas) poderão potenciar os seus próprios recursos humanos na produção de respostas formativas de qualidade de modo a colmatar as necessidades formativas identificadas em contexto.”* (Casanova, 2015, p.12).

À semelhança de Patrício (1990), Nogueira et al., (1990) e de outros acima mencionados, consideramos a formação continuada um processo imprescindível e de reconhecida importância na atividade profissional dos docentes pois só assim será possível atingir os objetivos definidos pelas novas reformas educativas e inovações curriculares na nossa sala de aula.

Gama (2013) conclui que o processo da formação continua quando centrado na prática escolar traz contributos pessoais, profissionais e organizacionais. Contudo, ainda que disposto em diplomas legislativos e defendido por vários autores este projeto encontra-se muito longe do objetivo pretendido.

A formação continuada parece assim, estar ainda longe de alcançar o seu objetivo primordial, existindo, portanto, a necessidade de uma maior intervenção para a sua firme implementação.

Capítulo III

Capítulo III – Desenvolvimento da investigação educacional

Neste capítulo apresenta-se o desenvolvimento de todo o processo de investigação levado a cabo neste trabalho de doutoramento. Inicia-se o mesmo com uma descrição sumária da investigação desenvolvida, seguido da definição do problema. Relativamente ao conteúdo constante nas secções um, dois e quatro deste capítulo, importa referir que o mesmo pertence ao artigo “Uma analogia para o estudo dos circuitos elétricos no Ensino Básico, usando o modelo de elétrões livres nos metais”, dos autores de Almeida et al., 2013, que constitui a versão em português, não publicada, do artigo “Analogy for Drude’s free electron model to promote students’ understanding of electric circuits in lower secondary school”, publicado na revista *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* (de Almeida, et al., 2014). Sempre que isso acontecer o texto aparecerá em itálico e com aspas, seguido da referida referência. Tendo em conta os objetivos da investigação, mostra-se a possibilidade de utilizar em simultâneo metodologias qualitativas e quantitativas, descrevendo de modo concreto as opções metodológicas tomadas. Seguidamente mostram-se as técnicas pedagógicas utilizadas nas atividades docentes para o estudo de comportamentos dos circuitos elétricos: a utilização de analogias e a resolução de problemas. Caracteriza-se o estudo piloto e o estudo alargado fazendo-se em cada um deles a apresentação das amostras envolvidas, das técnicas e instrumentos de recolha de dados, bem como dos procedimentos usados na recolha dos mesmos; não esquecendo nunca a importância que o primeiro teve ao longo do trabalho desenvolvido.

1. Síntese da investigação

Em regra, para a realização de um estudo de investigação educacional devem seguir-se alguns passos. O primeiro passo é a definição do problema e o segundo a formulação do mesmo, seja em termos de hipóteses a verificar, seja em termos de perguntas a responder após a análise dos resultados finais.

A problemática em causa, como já se referiu, baseou-se na dificuldade encontrada pelos professores em ensinar de modo adequado e eficaz a matéria referente aos circuitos elétricos lecionada nas aulas de Ciências Físico-Químicas no 9.º ano de escolaridade.

De acordo com de Almeida et al., (2013), *“sendo os destinatários jovens alunos em plena formação da sua personalidade, e com uma ávida curiosidade acerca do funcionamento das coisas e do mundo, necessário se torna, não só transmitir o conhecimento, mas fazê-lo de tal modo claro e perceptível que os alunos assimilem os conceitos mais básicos logo a priori, e sejam depois capazes de os aplicar em problemas práticos do dia-a-dia.*

Para investigar eventuais soluções de ensino que pudessem conduzir a uma maior eficácia da aprendizagem dos alunos, utilizou-se fundamentalmente um desenho de investigação educacional quantitativa quási-experimental, usando turmas de alunos como amostras experimentais e de controlo e desenhando diferentes tratamentos para as turmas experimentais. Para uma melhor comparação de aprendizagens conseguidas, criaram-se instrumentos de avaliação: pré- e pós-testes a serem utilizados pelos alunos antes e após os tratamentos pedagógicos diferenciados.”

Antes de avançar com as hipóteses de tratamento das amostras experimentais que pareciam ser as mais adequadas (desenvolver uma analogia eficaz e/ou estruturar passos sequenciais e orientadores na resolução de problemas), foi necessário analisar e avaliar cada um dos métodos de ensino já existentes para aquela matéria, bem como algumas analogias já anteriormente descritas para serem usadas neste contexto. Relativamente às quais, contudo, foram sendo apontados alguns elementos menos funcionais ou eficazes no alcance do objetivo pretendido.

Após essa reflexão *“entendeu-se que o recurso a uma analogia, mediante a qual os próprios alunos se conseguissem inserir e posicionar num cenário semelhante à vida*

real (como se verá melhor no ponto deste capítulo dedicado à explanação da analogia), seria a melhor forma de alcançar aquele objetivo.” (de Almeida et al., 2013).

Para verificar a aplicabilidade, a eficácia e o caráter replicativo das soluções propostas realizou-se primeiro um estudo piloto e, mais tarde, um estudo alargado, sendo os métodos aplicados às turmas experimentais semelhantes entre si.

No estudo alargado recorreu-se ainda a um inquérito no qual se pediu aos professores que aplicaram, nas suas salas de aula, as metodologias propostas, que fizessem uma avaliação crítica dos resultados das mesmas, produzindo respostas cujo conteúdo será objeto de avaliação (análise qualitativa). Este vertente autoavaliativa feita por quem a aplica com os seus alunos prende-se com a constante adaptação que as soluções propostas podem sofrer para se obter um melhor resultado em termos da avaliação final da sua eficácia.

A apresentação dos resultados e a análise dos dados recolhidos com pré- e pós-testes (análise quantitativa), bem como os resultados da análise de conteúdo das respostas dos professores ao inquérito (análise qualitativa), fazem parte do Capítulo IV.

2. Definição do Problema e formulação das questões da investigação

Citando, mais uma vez, de Almeida et al., (2013), *“para que os alunos aprendam a utilizar os modelos da física, explicativos do comportamento da natureza, estes têm de lhes ser ensinados (Barnes, 2008). É impossível aprendê-los por intuição. As relações causa-efeito que traduzem são muitas vezes explicitadas através de expressões matemáticas entre conceitos abstratos, uns de aprendizagem mais direta, outros bastante mais complicados, envolvendo frequentemente variáveis não detetadas através de uma análise ingénuo do dia-a-dia.*

Por isso, é pouco provável que se aprenda Física observando resultados de montagens experimentais, tentando descobrir (Alfieri et al., 2011) os modelos científicos que a comunidade dos físicos já estruturou há muito tempo e cuja compreensão foi sendo refinada ao longo de séculos, vindo a possibilitar explicações bastante gerais de muitos

comportamentos da Natureza, e consequentes aplicações tecnológicas que permitem hoje aos cidadãos ter um nível de vida muito diferente do dos seus antepassados.

Mesmo os modelos científicos que classificamos como mais simples, e que são apenas aplicáveis em determinadas situações físicas, têm de ser explicados pelos professores aos seus alunos, e devem focar não apenas os conceitos e leis envolvidos, mas também as limitações à sua aplicação.

Não se pode pensar que explicado qualquer tema de física a um aluno, e resolvidos um ou dois problemas de aplicação, este “ponto do programa fica cumprido”. O professor tem de estar muito atento às compreensões dos alunos, desenhando situações que possibilitem a deteção dos esquemas conceptuais em formação, eventualmente não consentâneos com os modelos científicos. Durante os primeiros anos do ensino da física (em Portugal no 3º ciclo do Ensino Básico, idades entre os 12 e os 14 anos) os alunos estão a iniciar a construção dos seus primeiros modelos abstratos para compreender o mundo (Piaget, 2000), sendo muito importante que não se permita que se criem – ou desenvolvam mais profundamente, porque não são detetados (Dagher, 1995) – os conhecidos esquemas conceptuais incorretos (Lawson, 1993) que a maioria dos alunos demonstra em níveis mais avançados de conhecimento da física.

As escolas devem usar todas as ferramentas que contribuam para fundamentar os comportamentos que se deseja que os jovens cidadãos venham a ter no futuro. O processo educativo a ser desenvolvido nas escolas deve almejar muito mais que a aprendizagem das Ciências, e da física em particular. Mas estas aprendizagens também são fundamentais – e por isso fazem parte do ensino nas escolas – pelo seu envolvimento na vida do dia-a-dia. Além disso, a aprendizagem da física na escola, e a utilização dos seus conhecimentos, podem ser usadas para o desenvolvimento de competências genéricas tão importantes como a criação de representações diversas para um problema (Hubber et al, 2010) e a capacidade de empregar compreensões anteriores na resolução de situações problemáticas que possam surgir. Nas aulas de física deve aprender-se: a encarar qualquer desafio que surja e a analisar cuidadosamente, sozinho ou com os colegas, a situação proposta e o fim almejado; a ser capaz de encontrar o caminho (eventualmente em trabalho de grupo) para a resolução dessa situação com os conhecimentos antes adquiridos; a pensar sobre eventuais novos conhecimentos ou

instrumentos necessários à resolução do problema em causa, e a tentar obtê-los; a conseguir escolher, entre as diversas abordagens possíveis, qual a que melhor e mais rapidamente conduz aos objetivos pretendidos. Deverá ainda aprender-se a explicar, a apresentar argumentos, a colocar dúvidas e a fundamentá-las, a ouvir o professor e os colegas e a argumentar sobre razões e evidências, etc.

Para o caso particular dos circuitos elétricos, as Orientações Curriculares do sistema de ensino português propõem uma primeira análise dos fenómenos elétricos na disciplina de Ciências Físico-Químicas, no 9º ano de escolaridade (alunos com 14 a 15 anos) em linha com as orientações propostas por Chiu & Lin, 2005. Mencionam estes autores que os discentes podem começar por montar circuitos elétricos simples, identificar os seus componentes, medir a intensidade de corrente, a diferença de potencial entre dois pontos, analisar as transferências de energia.... Sugere que os alunos calculem a resistência elétrica de vários condutores (usando a lei de Ohm e limites da sua aplicabilidade) ..., indicando ser fundamental a montagem de circuitos elétricos em série e em paralelo... (Chiu & Lin, 2005).

Pode dizer-se que estas orientações parecem pretender influenciar os professores no sentido de um ensino dos circuitos elétricos com início em atividades “hands-on”, aparentemente fomentando verificações de comportamentos e aprendizagens por descoberta, sem grande preocupação em promover, e muito menos verificar, compreensões mais profundas dos alunos sobre os fenómenos que se passam nos circuitos de corrente elétrica, ou mesmo sobre o significado dos conceitos envolvidos no estudo que estão a fazer. Esta opção pode ser justificada pela “invisibilidade” dos comportamentos a observar e pelo elevado grau de abstração dos conceitos envolvidos. Contudo, os resultados de investigação educacional não são muito favoráveis a esta metodologia de aprendizagem por descoberta, principalmente nos níveis letivos iniciais (Alfieri et al, 2011).”

O GAVE, no seu Relatório de 2010, conclui que os alunos dos Ensinos Básico e Secundário revelam grandes dificuldades “quando em presença da descrição de raciocínios desenvolvidos e da explicitação das estratégias de resolução adotadas...” (GAVE, 2010, p. 41). Também os elevados níveis de insucesso e de consequente

abandono escolar são potenciados pelas dificuldades sentidas nas transições entre diferentes ciclos de ensino.

Assim, *“com este estudo propõe-se uma abordagem alternativa, através do desenvolvimento de uma analogia que fomenta a compreensão do comportamento dos circuitos elétricos, ainda que de modo simples, pelos alunos do 9º ano. Esta abordagem permite que os alunos: sejam capazes de atribuir significado aos conceitos utilizados; consigam raciocinar com base nas percepções alcançadas; e desenvolvam as compreensões adequadas para poder prever, fundamentadamente, o comportamento de circuitos diferentes – o qual depois devem verificar concretamente, discutindo os resultados. Com a abordagem proposta, os alunos poderão praticar, simultaneamente, uma aprendizagem dos circuitos elétricos “hands on” e “minds on” (com as mãos e a mente ativas).*

No desenvolvimento da analogia proposta, serão abordados os seguintes conceitos: circuito elétrico (fechado e aberto), gerador, força eletromotriz, diferença de potencial, corrente elétrica, intensidade de corrente elétrica, resistência elétrica e papel dos fios de ligação; serão considerados circuitos elétricos simples e circuitos elétricos com recetores (no caso concreto lâmpadas) associados em série e paralelo.” (de Almeida et al., 2013).

Neste estudo pretende-se então testar a utilização da analogia e dos passos orientadores a usar na resolução de problemas. Deseja-se verificar a sua eficácia na promoção de aprendizagens mais significativas dos alunos acerca dos conceitos fundamentais envolvidos no tema circuitos elétricos; pois para se raciocinar e explicitar estratégias de resolução de problemas, é necessário “perceber” os conteúdos envolvidos.

3. Metodologias de investigação educacional

Uma investigação, seja ela educacional ou não, apresenta-se como a melhor forma de alcançar soluções viáveis para um dado problema e conseqüentemente difundir o progresso científico.

Como Bell (1997) crê-se que *“uma investigação é conduzida para resolver problemas e para alargar conhecimentos sendo, portanto, um processo que tem por objetivo enriquecer o conhecimento já existente”* (Bell, 1997, p.14).

No caso específico das investigações educacionais a sua realidade é bem complexa, envolvendo não só aspetos cognitivos como crenças e valores, a aspetos morais e éticos.

Uma vez que no estudo não se procedeu à escolha aleatória das amostras (principalmente no que concerne ao caso do estudo piloto), característica principal das investigações experimentais, seguiu-se o desenho de uma investigação *quasi-experimental*. Sendo uma condição essencial para a implementação deste tipo de investigação a necessidade de assegurar que grupos experimentais e de controlo são sujeitos às mesmas condições, exceto no que ao tipo tratamento diz respeito.

Esta investigação contemplou também uma metodologia de investigação-ação, durante a realização do estudo alargado, onde os professores se tornaram investigadores.

Como refere Arends, 1995, este processo investigativo é *“um excelente guia para orientar as práticas educativas com o objetivo de melhorar o ensino e os ambientes de aprendizagem na sala de aula”* (Arends, 1995, p.525). Já Kemmis & McTaggart (1988) classificam a investigação em ação como uma forma de reflexão crítica sobre determinadas situações, sociais ou educativas, das quais os investigadores são participantes, com o objetivo de as melhorar. Por outro lado, ao permitir a participação dos intervenientes, desenvolve todo um processo cíclico de planificação, ação, observação e reflexão... (Hernandes, et al. 2006).

Neste ponto apresentam-se ainda duas das opções metodológicas delineadas para esta investigação, que surgem no seguimento dos dois tipos de investigação mencionados. Assim, apontam-se as principais vantagens e/ou limitações da perspetiva quantitativa e qualitativa quando utilizadas no campo da investigação educacional.

3.1. Metodologia Quantitativa

Com o processo de investigação quantitativa os dados obtidos são de natureza numérica e com eles pretendemos essencialmente estabelecer a relação entre variáveis. Segundo Vilelas, 2009, os estudos de carácter quantitativo “(...) *admitem que tudo pode ser quantificável, isto é, que é possível traduzir em números as opiniões e as informações para, em seguida, poderem ser classificadas e analisadas*” (Vilelas, 2009, p. 103). Ainda segundo o mesmo autor estes estudos “*visam a apresentação e a manipulação numérica de observações com vista à descrição e à explicação do fenómeno sobre o qual recaem as observações.*” (Vilelas, 2009, p. 103).

Este processo que pretende testar hipóteses através da colheita de dados e analisá-los estatisticamente de forma a estabelecer padrões de comportamento (Hernández, et al. 2006), visa atingir a generalização do conhecimento o que lhe confere uma forte validade externa (Serapioni, 2000).

Como refere Fortin, 2003, “*o método de investigação quantitativo tem por finalidade contribuir para o desenvolvimento e validação dos conhecimentos; oferece também a possibilidade de generalizar os resultados, de predizer e de controlar os acontecimentos.*” (Fortin, 2003, p.145).

Nos processos quantitativos, desde que se inicia até terminar o ciclo de investigação, o investigador terá de limitar a sua interpretação pessoal até analisar matematicamente os dados recolhidos (Stake, 1999).

Serapioni (2000) citando Reichardt & Cook (1979), descreve as características dos métodos quantitativos do seguinte modo: “*são orientados à busca da magnitude e das causas dos fenómenos sociais, sem interesse pela dimensão subjetiva e utilizam procedimentos controlados; são objetivos e distantes dos dados (perspetiva externa, outsider), orientados à verificação e são hipotético-dedutivos; assumem uma realidade estática; são orientados aos resultados, são replicáveis e generalizáveis*” (Serapioni, 2000, p. 191).

Para procedermos à análise quantitativa, a técnica de recolha de dados por nós adotada foram os pré- e pós-testes.

No nosso caso o objetivo da análise quantitativa, testada com recurso a pré- e pós-teste, foi averiguar o grau de conhecimento de grupos experimentais e de controlo

antes e após a aplicação da metodologia ou simplesmente lecionação da matéria e verificar se os ganhos eram equivalentes ou superiores em turmas experimentais quando comparadas com turmas de controlo, optámos por não seleccionar sujeitos.

3.2. Metodologia Qualitativa

No caso da investigação qualitativa, aplicada ao campo da educação, esta terá surgido no final do século XIX, quando os investigadores sociais se interrogavam acerca do método de investigação das ciências físicas e naturais (Bogdan & Biklen, 1994; André, 1995).

Apesar de nos anos cinquenta, em Harvard, na escola de gestão e administração ter começado a definir-se o estudo de caso, foi a partir dos anos setenta que este estudo começou a ser mais usado como meio de tratamento de dados (Adelman & Kemp, 1995).

Serapioni (2000), citando Reichardt & Cook (1979), lista as características dos métodos qualitativos do seguinte modo: *“analisam o comportamento humano, do ponto de vista do ator, utilizando a observação naturalista e não controlada; são subjetivos e estão perto dos dados (perspetiva de dentro, insider), orientados para a descoberta; são exploratórios, descritivos e indutivos; são orientados para o processo e assumem uma realidade dinâmica; são holísticos e não generalizáveis”* (Serapioni, 2000, p. 191).

A utilização de uma metodologia qualitativa pressupõe que os dados sejam enquadrados e interpretados em contextos naturais especificamente significativos para as pessoas envolvidas (Fidalgo, 2003), onde o principal instrumento de recolha de dados é o investigador (Bogdan & Biklen, 1994); contrariamente ao que acontece aos dados de cariz quantitativo (Merriam, 1998).

O facto de com esta metodologia acedermos à realidade do estudo e ao significado que os sujeitos atribuem aos dados, confere a esta metodologia uma elevada validade interna (Minayo & Sanches, 1993).

Contudo este tipo de abordagem não permite uma generalização das conclusões obtidas, uma vez que os dados que permite recolher são pouco precisos. No que à generalização das conclusões diz respeito deve referir-se que o principal objetivo desta metodologia não é a generalização dos resultados mas sim, a análise aprofunda de um caso concreto (Yin, 1994).

O presente estudo inclui-se numa perspetiva de cariz qualitativo visto que decorreu no ambiente natural, o escolar, com um número reduzido de sujeitos - nove professores.

São vários os instrumentos passíveis de ser usados neste tipo de investigação, a referir: questionários, entrevistas e observação direta. Marconi & Lakatos (1999) definem-nos do seguinte modo:

- questionários: *“instrumento de coleta de dados constituído por uma série de perguntas, que devem ser respondidas por escrito”*;
- entrevistas: *“encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de um determinado assunto”*;
- observação direta: *“...utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspetos da realidade. Consiste em ver, ouvir e examinar factos ou fenómenos”*.

Segundo Tuckman (2000) as entrevistas e os inquéritos permitem transformar dados em informação transmitida pelo sujeito, ou seja, são instrumentos de auto registo contrariamente à observação direta.

Sendo nesta investigação impossível optar pelo instrumento de observação direta dado o número de turmas experimentais participantes, optou-se pela aplicação de questionários de opinião aos professores envolvidos. Fortin (1999) destaca como principal vantagem do instrumento utilizado a maior liberdade de resposta devido ao anonimato dos intervenientes. Contudo, para Hill & Hill (2000) a vantagem elencada por Fortin (1999) é tida como fraqueza deste instrumento uma vez que não permite a adequação das questões ao sujeito e ao seu discurso.

Reconhece-se que a eficiência da proposta aqui apresentada poderia também ter beneficiado de uma recolha da opinião dos alunos intervenientes (através de questionários ou entrevistas); contudo, fatores como elevado número de participantes e o tempo disponível para a análise dos resultados tornaram essa recolha inviável.

4. Técnicas pedagógicas utilizadas nas atividades docentes

4.1. Utilização de analogias para o estudo do comportamento dos circuitos elétricos

“A Física, como outras ciências experimentais, desenvolveu durante o seu processo de construção uma linguagem científica própria, para explicar modelos de comportamento da Natureza. Conhecer e utilizar adequadamente esses modelos e esta linguagem, regidos por leis, símbolos, fórmulas, e conceitos usados com um significado diferente dos do nosso dia-a-dia, tornam a aprendizagem em Física difícil para alguns alunos. Esta realidade aponta para a necessidade de desenvolver estratégias que facilitem aos alunos a percepção de conceitos e definições relacionados com o tema circuitos elétricos. Uma possibilidade já experimentada e descrita é a utilização de representações simbólicas adequadas, neste caso as analogias.

As analogias utilizadas pedagogicamente servem para estabelecer um paralelo entre os comportamentos concretos e bem visíveis de sistemas, conhecidos ou facilmente compreendidos pelos alunos, perante determinados estímulos que lhes são familiares e os comportamentos de sistemas físicos, aparentemente herméticos, sujeitos a estímulos estranhos cujas características, ou mesmo ações, não são completamente detetáveis pelos nossos olhos, e que apresentam respostas a esses estímulos cujo significado não é fácil de perceber.

Todos os seres humanos são predispostos a pensar analogicamente. Para Duit & Glynn (1996), a aprendizagem em Ciências pode ser vista como uma cadeia de processos de construção analógicos que vão de modelos mentais iniciais dos alunos (as chamadas preconcepções, tantas vezes incorretas, quando comparadas com as científicas), a modelos intermédios (criados através de analogias) em direção aos modelos consensuais da própria Ciência.

As analogias são utilizadas com alguma frequência, pelos professores, como ferramenta pedagógica para facilitar a compreensão de alguns modelos físicos pelos alunos. Mostram-se mais úteis quando se têm de analisar fenómenos que não são facilmente perceptíveis, e cuja compreensão só pode ser feita em termos de conceitos com um significado bastante abstrato (Shipstone, 1991; Chiu & Lin, 2005; Treagust, 1989; Duit & Treagust, 2003). Estão neste caso as correntes elétricas, cujo comportamento levanta

dificuldades de compreensão pelos alunos (Shipstone, 1991; Chiu & Lin, 2005; Paatz et al., 2004), mas também pelos professores (Webb, 1992).

As analogias podem ser utilizadas numa perspetiva de alteração de sistemas conceptuais dos alunos (Shipstone, 1991; Duit, 1991; Brow, 1993; Chiu e Lin, 2005; Treagust, 1992; Duit & Treagust, 2003), numa fase em que estes já se encontram bastante sedimentados, eventualmente devido a uma sucessão de aprendizagens científicas mal conseguidas (Phillips & Soltis, 2009); mas também podem ter como objetivo principal, apenas um aumento de conhecimento dos alunos, e o alargamento de compreensões (Shipstone, 1991; Duit, 1991; Paatz et al, 2004). Muitas vezes é esta a finalidade principal das analogias que se usam nos níveis de escolaridade mais baixos, nas fases de primeiro contacto com os novos conceitos e modelos científicos” (de Almeida et. al., 2013).

4.1.1. Analogias disponíveis na literatura

São diversas as referências que encontramos acerca da utilização de analogias em contexto de sala de aula, algumas delas referentes ao caso particular dos circuitos elétricos, usando para isso sistemas base, mais ou menos diversificados (Dupin & Johnsua, 1989; Treagust et al., 1989; Duit, 1991; Shipstone, 1991; Treagust et al, 1992; Brown, 1993; Dagher, 1995; Paatz et al., 2004 e Silva & Martins, 2010).

De conversas informais com professores de Físico-Química, pesquisas na internet ou em revistas científicas é possível verificar que a analogia mais utilizada para explicar alguns dos conceitos inerentes a este tema é a que estabelece uma analogia entre o circuito elétrico e um circuito com água.

Gentner & Gentner (1983), por exemplo, estudaram o rendimento escolar dos alunos no tema dos circuitos elétricos quando sujeitos à analogia do *fluido em movimento*. Na analogia por eles apresentada “*o fluido em movimento corresponde à corrente elétrica, os canos aos fios, os estreitamentos dos canos às resistências, os reservatórios às baterias e a diferença de pressão (função da altura da água no reservatório) à diferença de potencial*” (Lagreca, 1997). Segundo Lagreca (1997), um ponto fraco desta analogia ocorre porque nos “*circuitos com resistências em série ou*

paralelo os sujeitos poderiam tender a considerar que, independente de como estão ligados, quanto mais resistências maior a resistência do circuito e menor a corrente”.

Uma outra analogia muito usada não para explicar todo o circuito elétrico mas apenas um dos seus componentes é baseada no fluxo de água entre um sistema de dois vasos comunicantes. No seu artigo, Otero (1997), cita a analogia apresentada num manual escolar espanhol intitulado Físicoquímica 3 de José Maria Mautino, Ed Stella (Mautino, 2004), onde se explica o funcionamento da pilha de Volta recorrendo ao sistema supra citado. Neste manual, o funcionamento deste componente é comparado à circulação dos líquidos através de um tubo que une os dois vasos. Isto é, se a quantidade de água tiver níveis diferentes em ambos, a água circula do vaso com maior quantidade de água para o de menor. Otero (1997) apresenta duas principais desvantagens para esta analogia; primeiro, parece que a corrente elétrica só pode circular num troço do circuito e segundo, num circuito elétrico a pilha mantém uma diferença de potencial constante entre os seus terminais; no entanto, o desnível de água nestes vasos é variável.

Lagreca (1997) no seu artigo refere outra analogia de Gentner & Gentner (1983), a analogia da *multidão em movimento*. Segundo Lagreca esta pode resumir-se do seguinte modo: *“a quantidade de pessoas que passa por um “portão” por unidade de tempo corresponde à corrente elétrica, o portão (passagem, saída) à resistência elétrica e a “força com que as pessoas se empurram” à diferença de potencial (...)”*. Nesta analogia não se explica a função da bateria, o que a torna mais frágil pois a bateria é um componente fundamental à imposição do movimento orientado dos eletrões num circuito elétrico.

Dupin & Johsua (1989) também citados por Brown (1993) preocuparam-se com a conceção errada, apresentada pelos seus estudantes, de que a intensidade de corrente se alterava à medida que atravessava os vários componentes do circuito. Assim, criaram a analogia do comboio em carris, movido por trabalhadores, para ilustrar o valor constante da intensidade de corrente num circuito em série. Joshua e Dupin descreveram como utilizar uma analogia para desmitificar o conceito, fortemente enraizado, que a corrente elétrica deve ser menor depois de atravessar o filamento de uma lâmpada instalada num circuito elétrico. Os alunos estavam tão convencidos que o conceito de igualdade de corrente era tão ridículo que os professores eram obrigados a realizar

experiências, utilizando amperímetros, para demonstrar esta igualdade. Mesmo depois destas demonstrações muitos alunos continuavam a questionar os resultados, ignorando por completo ou argumentando que os amperímetros não tinham resolução suficiente para captar alterações na corrente. A partir daqui os autores introduzem a analogia de uma pista de comboio oval. O comboio desloca-se num circuito fechado, trabalhadores estacionários mantêm os vagões a circular, compensando assim efeitos de resistências provocadas por fricção. Os agentes iniciadores e que mantêm o movimento são os trabalhadores e os vagões têm o seu movimento limitado pela pista. Depois de apresentar esta analogia é feita uma correspondência com os circuitos elétricos, onde a bateria corresponde aos trabalhadores, as cargas elétricas a circular pelos fios corresponde à carga dos vagões, o obstáculo fricção é a resistência da lâmpada elétrica e os carris representam os fios elétricos.

Os autores atribuem a eficiência desta analogia na aprendizagem dos alunos à “(...) *capacidade de usar analogias com modelos formais e abstratos (...)*” (Dupin & Johsua, 1989 p.1287), verificando que é eficiente porque ajuda os alunos a compreender o conceito de fios elétricos, evitando a conceção errada de que “*a corrente elétrica nasce na bateria e é disparada para fios vazios sem resistências*” (Dupin & Johsua, 1989 p.1287). Assim pode discutir-se, de forma clara, a mobilidade de cargas nos fios elétricos introduzida por um elemento iniciador – os trabalhadores – e transportada pelos vagões. Desta forma os alunos percebem que a corrente é a mesma antes e depois de atravessar a lâmpada, uma vez que os vagões do comboio não são consumidos pelas resistências oferecidas aos movimentos, o que é consumido na analogia é a energia dos trabalhadores.

4.1.2. A analogia “Crianças no pátio de uma escola”

Como se sabe pode utilizar-se o modelo científico dos eletrões livres de Drude para se compreenderem muitos aspetos fundamentais do funcionamento dos circuitos elétricos simples, de corrente contínua. Resumidamente, segundo este modelo “*quando os átomos dos elementos metálicos se unem para formar o metal, os eletrões de valência, fracamente ligados aos átomos, passam a movimentar-se livremente através do metal, enquanto que os iões positivos mantêm-se relativamente fixos, formando uma rede*

crystalina” (Pérez, 2000, p. 348). Usando uma analogia adequada ao modelo dos elétrons livres, poderá conseguir-se que os alunos entendam (e não decorem apenas) o significado e a importância dos conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica, gerador, diferença de potencial, intensidade de corrente, interruptores, fios de ligação, etc. Percebendo-os, poderá ser possível levar os alunos a aplicar inteligentemente esta compreensão para a resolução correta de problemas que envolvam diferentes circuitos elétricos.

A analogia que agora se apresenta foi desenvolvida para ser utilizada em sala de aula nos primeiros contactos dos alunos com o comportamento dos circuitos elétricos simples.

Para introduzir o modelo dos elétrons livres propõe-se a utilização de uma analogia envolvendo o movimento de crianças durante o recreio, no pátio de uma escola, com forma de anel e com diversas árvores distribuídas por todo o pátio. O movimento orientado das crianças é provocado por uma motivação que surge numa zona do recreio; há, no entanto, determinadas regras a que o movimento dos alunos tem de obedecer. Assim, o estudo dos circuitos elétricos, neste nível de ensino, pode ser encarado como um jogo, associado a um conjunto de regras simples que determinam a correspondência correta com os conceitos científicos que a analogia pretende ajudar a aprender. Cada passo da analogia é acompanhado da correspondência com a situação real. Pretende-se que, para além de resolver os problemas que lhe serão propostos, os alunos consigam interpretar determinadas situações experimentais com maior facilidade, potenciando a construção adequada de futuras aprendizagens sobre uma primeira estrutura racional o mais correta possível. Com este procedimento procura-se evitar, ou pelo menos diminuir, as hipóteses de potenciar as tão conhecidas preconcepções cientificamente incorretas dos alunos sobre circuitos elétricos.

Descreve-se de seguida, com pormenor, a analogia “Crianças no pátio de uma escola” que foi utilizada com os alunos das turmas experimentais que foram alvo deste tratamento.

A: circuitos elétricos mais simples

Conceitos abordados: circuito elétrico, gerador, força eletromotriz, diferença de potencial, circuitos abertos e fechados, corrente elétrica, intensidade de corrente, resistência dos fios metálicos.

Circuito Elétrico Fechado, sem Gerador

O primeiro conceito a ser abordado nesta metodologia é o de corrente elétrica. Para se introduzir o conceito deve pedir-se aos alunos que pensem num pátio de uma escola de 1º ciclo, circular, fechado; por exemplo em forma de anel, como o que mostra a figura 1. Todas as salas de aula comunicam com este pátio.

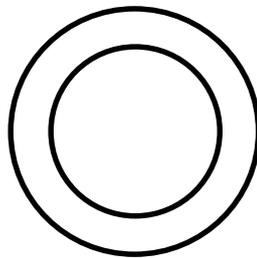


Figura 1: Pátio da escola com forma circular

Sugere-se também aos alunos que imaginem que nesse pátio fechado há árvores dispostas de forma regular, como observado na figura seguinte.

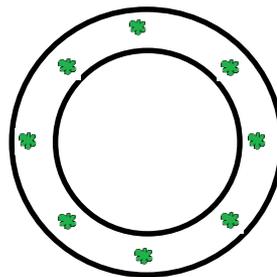


Figura 2: Pátio da escola circular e árvores dispostas de forma regular

Suponha-se agora que a campainha toca para o recreio. Todas as crianças saem das salas e dirigem-se para este pátio. Ai, sem qualquer estímulo especial, todas se movem de forma completamente aleatória, como pretendem mostrar as setas da figura 3.

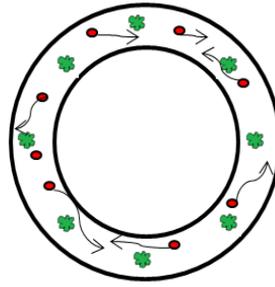


Figura 3: Pátio da escola com forma circular e árvores dispostas de forma regular onde se movem alunos com movimentos aleatórios

O professor deve referir que, no esquema, as crianças são representados pelas bolas vermelhas e os seus movimentos pelas setas. As árvores estão representadas a verde.

Deve explicar-se aos alunos que:

1. o pátio em forma de anel corresponde a um fio metálico dobrado em forma de anel fechado.
2. as árvores simbolizam os iões positivos (com posições médias fixas e numa distribuição ordenada) que perderam alguns eletrões, os quais passam a constituir o chamado “mar de eletrões” ou “eletrões livres” do metal;
3. as crianças representam os eletrões que os átomos perderam (muitos milhões por cm^3 de metal) e que, na ausência de estímulos específicos, se movem desordenadamente;
4. embora todas as crianças (eletrões) se movam, os seus movimentos são “ao acaso” e não há movimento global do conjunto de crianças, nem num sentido (por exemplo, o dos ponteiros do relógio) nem no oposto. Como uma corrente elétrica é um movimento orientado de eletrões, neste caso não há corrente elétrica e diz-se que a intensidade da corrente elétrica é nula.

Para que num circuito elétrico fechado haja corrente elétrica é necessário incluir nele um gerador.

Circuito Elétrico Fechado, com Gerador. Corrente Elétrica

Imagine-se agora que numa determinada zona do pátio há alguém que distribui gelados, representado na figura por x.

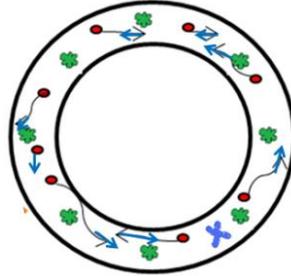


Figura 4: Pátio da escola onde há alguém que distribui gelados

Contudo, para as crianças receberem um gelado há um conjunto de regras a que têm de obedecer.

As regras ditam que:

1. os gelados são distribuídos a um ritmo constante, e nunca pode haver acumulação de alunos em qualquer ponto do recreio;
2. só recebe gelado quem passar pelo vendedor no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio;
3. cada aluno só pode receber um gelado de cada vez;
4. os alunos recebem um gelado, seguem o caminho em torno de todo o recreio, e só depois de uma volta completa, podem receber outro gelado.

Concluindo, a existência do distribuidor de gelados e as regras do jogo impõem um movimento global orientado das crianças, que tentam correr para apanhar o gelado, mas, como as árvores estão no caminho e as crianças não se podem acumular, têm frequentemente que voltar para trás, podendo apenas a pouco e pouco seguir no sentido certo. A influência do distribuidor de gelados sobre o movimento dos alunos aparece representada na figura pelas pequenas setas a azul.

No circuito real, esta pequena contribuição para o movimento orientado dos eletrões é imposta quando se intercala no circuito um gerador (equivalente ao

distribuidor de gelados); o efeito do gerador não anula o movimento desordenado dos eletrões, mas impõe sobre esse movimento uma pequena velocidade média orientada.

Com um gerador inserido num circuito fechado, o conjunto dos eletrões livres passa a deslocar-se preferencialmente num determinado sentido, o que se consegue quando se lhes aplicam “forças”; como se trata de partículas com carga elétrica é fácil concluir que as forças que agem sobre os eletrões, para orientar o seu movimento, deverão ser “forças” de origem elétrica. Esta é a função do gerador, caracterizado por uma grandeza que se designa por “força eletromotriz”, embora não seja de facto uma força, mas uma “diferença de potencial elétrico” nos seus terminais.

Por curiosidade, se considerarmos a divisão da palavra em eletro/motriz, pode notar-se que *eletro* provem da palavra eletrões, *motriz* da palavra movimento. Na realidade, a origem da “força” que faz mover, de forma orientada, os eletrões num circuito fechado com gerador, é a diferença de potencial nos extremos do gerador (que se pode medir com um voltímetro).

Ao movimento orientado de portadores de carga elétrica chamamos corrente elétrica. Pode verificar-se, com um amperímetro ou com uma lâmpada, que num circuito elétrico fechado, com gerador, existe uma corrente elétrica.

Circuito Elétrico com Gerador, mas Aberto (interrompido)

Pede-se aos alunos que idealizem agora o pátio anterior, com as árvores e as crianças, mas onde, por qualquer motivo, uma parte do caminho foi interrompida, passando a haver, por exemplo, um fosso.

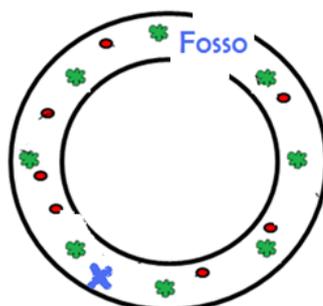


Figura 5: Pátio da escola com fosso

Se existir esta interrupção, apesar de termos no pátio as crianças e o distribuidor de gelados estar presente, não é possível haver movimento orientado, uma vez que as regras dizem que não pode haver acumulações de alunos. Ou seja, apesar de continuarem a existir nos fios metálicos e terem movimentos desordenados, os eletrões livres dos fios condutores num circuito aberto não podem ter movimento orientado e portanto não há corrente elétrica a percorrer este circuito interrompido; logo, mesmo havendo gerador, a intensidade da corrente, em qualquer ponto do circuito, anula-se. Pode ver-se experimentalmente (usando um amperímetro ou uma lâmpada, por exemplo) que isto acontece num circuito aberto, mesmo que tenha um gerador inserido.

Intensidade de Corrente Elétrica

Para se introduzir o conceito de intensidade de corrente elétrica deve começar-se por perguntar aos alunos se eles já ouviram frases como: *“hoje o tráfego automóvel está muito intenso!”*. É fácil levá-los a reconhecer que esta afirmação significa que num determinado intervalo de tempo, num determinado ponto de uma qualquer estrada do nosso país, passa um elevado número de carros (por exemplo, o número de carros que passam por hora numa portagem de uma autoestrada).

Assim, e recorrendo mais uma vez à analogia do pátio – onde, por ação do vendedor dos gelados as crianças adquirem movimento orientado num determinado sentido – é fácil para os alunos entenderem que a intensidade de corrente elétrica depende do número de crianças que, por unidade de tempo, passa, no sentido definido como correto no jogo, numa determinada secção reta do pátio (representada na figura pela linha a tracejado).

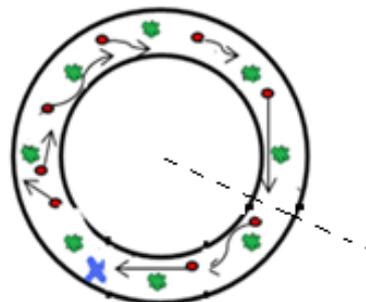


Figura 6: Pátio da escola onde as crianças se movem com movimento orientado

No circuito real, a intensidade da corrente, dependerá do número de eletrões que, por unidade de tempo, passam numa qualquer secção reta do circuito. Como é fácil perceber, esse número – e portanto a intensidade da corrente no circuito – depende de dois fatores:

1. força eletromotriz do gerador (no pátio, do poder de atração que os gelados exercem sobre as crianças...; se os gelados forem pequenos e pouco doces, o movimento das crianças não é tão rápido como no caso dos gelados serem bem grandes, coloridos e muito doces. Neste caso, passam mais crianças por unidade de tempo numa qualquer secção do pátio);
2. da maior ou menor dificuldade sentida pelas crianças para passarem por entre as árvores do pátio... ou seja, no caso do circuito real, da resistências apresentada pelos fios da rede metálica, ao movimento orientado dos eletrões. Se a resistência for muito elevada (muitas árvores com grandes ramadas baixas), o movimento orientado das crianças é mais lento e a intensidade de corrente é menor.

Resistência Elétrica, Fios de Ligação

Podemos então dizer que as árvores e a dificuldade que representam para o movimento das crianças em torno do pátio, na analogia apresentada, equivalem à resistência que os fios da rede metálica dos fios condutores apresentam ao movimento orientado dos eletrões livres dentro do metal.

As resistências elétricas são constituídas, em geral, por fios metálicos enrolados e, são um tipo de componentes dos circuitos que oferecem uma maior ou menor dificuldade ao movimento orientado dos eletrões livres nos circuitos elétricos.

A resistência de um fio condutor depende do seu comprimento, da espessura e do material de que este é feito.

Experimentalmente verifica-se que, para fios metálicos:

1. Para o mesmo material e a mesma secção reta, A , do condutor (a mesma espessura), quanto maior for o seu comprimento, L , maior é a sua resistência R ;
2. Para o mesmo material e o mesmo comprimento L , quanto mais fino (menor A) é um condutor, maior é a resistência R que oferece à passagem de corrente;

3. A resistência de um condutor depende do material de que ele é feito. Isto é, alguns materiais conduzem melhor a corrente elétrica que outros. Essa propriedade é chamada condutividade elétrica do material. O inverso da condutividade é a resistividade elétrica do material, representada por ρ . Para a mesma secção reta A e o mesmo comprimento L , quanto maior for a resistividade ρ , do material, maior a resistência R do condutor.

As relações acima podem ser expressas matematicamente como (escrever no quadro):

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

As lâmpadas de filamento incandescente são constituídas por fios compridos e finos que têm uma determinada resistência a qual influencia muito a intensidade da corrente do circuito.

Nos circuitos elétricos reais utilizam-se os chamados fios de ligação para fechar os circuitos formados por geradores e por resistências (por exemplo, lâmpadas). Os fios de ligação são fios metálicos de um material de elevada condutividade, em geral curtos e espessos. Assim, a sua resistência é muito menor (mais que 1000 vezes menor) que a resistência das lâmpadas que em geral se utilizam. Verifica-se, portanto, que podemos, em geral, ignorar o efeito dos fios de ligação, comparado com o das outras resistências – muitas vezes usaremos lâmpadas – sobre a intensidade de corrente no circuito.

Pode aproveitar-se este ponto da aula para introduzir a lei de Ohm, mostrando aos alunos que esta expressão matemática permite relacionar a intensidade de corrente, I , que percorre um circuito simples apenas com uma resistência R , com a diferença de potencial, U , nos extremos da resistência (que, neste caso, é a força eletromotriz do gerador ideal) e com a resistência R .

Utilizando o quadro deve escrever-se:

$$R = \frac{U}{I}$$

Assim, será fácil que os alunos percebam que se considerarmos um circuito sempre com o mesmo gerador ideal e apenas uma resistência R , ou seja, mantendo constante a diferença de potencial U nos extremos da resistência R e, uma vez que a expressão anterior se pode escrever:

$$I = \frac{U}{R}$$

1. quanto maior for a resistência total do circuito, menor será a intensidade de corrente que o percorre;
2. quanto menor for a resistência total do circuito, maior será a intensidade de corrente que o percorre.

Resumindo, nesta analogia temos o pátio fechado que representa um circuito elétrico fechado: é o caminho constituído por fios metálicos (tem de haver eletrões livres, para poder haver corrente elétrica) que, se for fechado e tiver inserido um gerador, será percorrido pela corrente elétrica; as árvores no recreio representam os iões positivos que resultam dos átomos do metal que perderam os seus eletrões mais exteriores, e que criam uma maior ou menor dificuldade (maior ou menor resistência) ao movimento orientado dos eletrões livres; as crianças no recreio representam os eletrões livres que agora fazem parte do chamado “mar de eletrões” (e que têm elevada mobilidade). O vendedor de gelados simboliza o gerador, uma vez que a sua função é fornecer energia ao circuito elétrico (gelados às crianças) e manter o movimento global das cargas orientado num determinado sentido. A partir do momento em que há um movimento orientado dos eletrões passa a haver uma corrente elétrica e a intensidade de corrente elétrica passa a ser diferente de zero. A resistência de um circuito é associada à dificuldade criada ao movimento das crianças, ao longo de um caminho estreito, eventualmente longo, e cheio de árvores. Para um mesmo gerador, quanto maior a resistência do circuito, menor a intensidade de corrente que o percorre.

B: circuitos elétricos mais complicados

Antes de se iniciar o estudo de circuitos elétricos com associações de resistências, deve dizer-se aos alunos e, reforçar várias vezes a ideia, que qualquer alteração no circuito provoca mudanças na intensidade de corrente que percorre todas as partes do circuito. Isto é uma consequência de não ser possível haver acumulações nem rarefações de eletrões em qualquer parte do circuito. Lembrar o que acontece num circuito simples, com gerador, se aberto: se houver qualquer interrupção do circuito, seja em que ponto for, a corrente cessa imediatamente em todos os pontos do circuito.

Associação de resistências (lâmpadas) em paralelo (dois percursos possíveis à passagem da corrente elétrica no circuito)

Para que os alunos compreendam a noção de recetores associados em série e em paralelo deve ser-lhes mostrada a figura 7 e dizer-lhes que o que se vê na figura representa apenas uma pequena porção de um circuito fechado, com gerador.

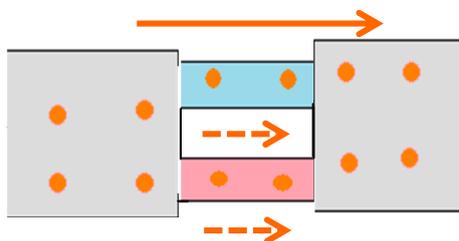


Figura 7: Pequena porção do circuito elétrico fechado, com gerador, com duas pontes paralelas

Os retângulos a cinzento representam uma parte dos fios de ligação e não qualquer acréscimo de resistência (global) ao circuito. É como se os fios de ligação fossem caminho livres, onde é muito fácil as crianças passarem. Numa boa aproximação, pode considerar-se que estes fios são constituídos por metais que oferecem uma resistência desprezável à passagem dos eletrões. Assim, quando se calcula a intensidade de corrente num circuito apenas nos preocupamos com os componentes do circuito, como por exemplo o gerador e as lâmpadas que provocam elevada resistência ao movimento das cargas elétricas.

Nesta figura os retângulos a azul e a rosa representam resistências, no caso concreto lâmpadas, associadas em paralelo.

Pede-se então aos alunos que imaginem uma estrada de sentido único (representada na figura pelos dois retângulos a cinzento e pela seta sobre a figura), com uma parte substituída por duas pontes iguais (representadas na figura pelos retângulos a azul e rosa, colocados lado a lado). Os carros (identificados na figura pelas bolas laranja) apenas se podem deslocar da esquerda para a direita e, mais uma vez se faz notar que os carros em movimento, à semelhança dos meninos no recreio e dos elétrões nos metais, não se podem acumular.

É importante fazer os alunos pensar que se num certo intervalo de tempo apenas podem passar 2 carros por cada uma das pontes, então na estrada, tanto antes como depois da passagem das pontes, apenas podem estar 4 carros, num intervalo de tempo igual (os carros não se podem acumular...). Podemos assim pensar que a quantidade de carros que se aproxima das pontes tem de ser sempre a mesma, que se divide igualmente pelas duas pontes (consideramos as pontes iguais) e depois segue o seu caminho, havendo sempre 4 carros logo a seguir às pontes.

Se passarmos agora para um circuito de corrente elétrica com duas lâmpadas (iguais) associadas em paralelo, figura 8, e depois de os alunos terem percebido a analogia com os carros é fácil entenderem que a intensidade de corrente que percorre todo o circuito é o dobro da intensidade de corrente (representada pelas setas menores e a tracejado, da figura anterior), que percorre cada um dos dois ramos do circuito, em paralelo, apenas com uma lâmpada (representados pelos retângulos a azul e rosa, da figura anterior). Ou seja, as intensidades de corrente que percorrem as lâmpadas iguais, L_1 e L_2 , têm um valor igual a metade da intensidade de corrente que percorre o circuito principal.

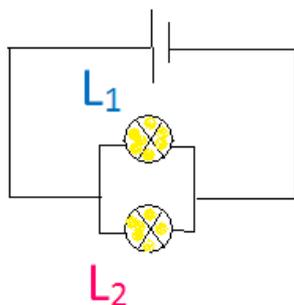


Figura 8: Circuito com Lâmpadas associadas em paralelo

Mantendo a analogia da estrada, se numa das duas pontes (retângulos a azul e rosa) houver obras (na figura, no retângulo azul), todo o trânsito terá de passar pela zona rosa. Como nesta ponte não podem passar mais de 2 carros num determinado intervalo de tempo, a intensidade de corrente no circuito principal terá de diminuir (figura 9). A resistência total ao movimento dos automóveis aumentou fazendo com que diminua a intensidade do tráfego em todo o trajeto, uma vez que não pode haver acumulações.

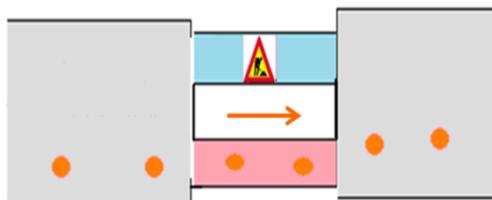


Figura 9: Obras numa das duas pontes colocadas paralelamente na estrada

Pensando agora num circuito elétrico com duas lâmpadas associadas em paralelo, é fácil perceber que se uma fundir nenhuma carga poderá passar por ela, passando todas pela única lâmpada não fundida que continua a funcionar.

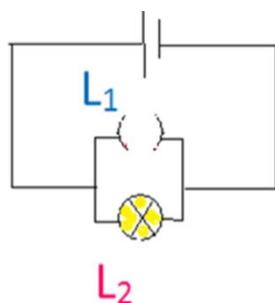


Figura 10: Circuito com lâmpadas associadas em paralelo estando uma delas fundida

Contudo, como a resistência total do circuito aumentou (agora só há um caminho possível, o que é equivalente a haver uma passagem mais fina) a intensidade que percorre todo o circuito tem de ser menor e, caso as lâmpadas sejam iguais, será igual à intensidade que percorria cada lâmpada quando ambas funcionavam. Assim, com um gerador ideal, se uma lâmpada de uma associação em paralelo funde, não se altera a intensidade de corrente que antes passava pela outra lâmpada. Mas diminui a intensidade de corrente no circuito principal, ou seja, a que passa através do gerador.

Associação de resistências (lâmpadas) em série (um só percurso para a passagem da corrente elétrica)

Solicita-se aos alunos que imaginem agora uma estrada de sentido único (representada na figura pelos dois retângulos a cinzento e pela seta a laranja), com uma parte substituída por duas pontes (representadas na figura pelos retângulos a azul e rosa). Notar que agora, e contrariamente à situação anterior, as duas pontes estão colocadas uma a seguir à outra, como se observa na figura 11. Diz-se que estão em série. Vê-se facilmente que são equivalentes a uma ponte mais comprida.

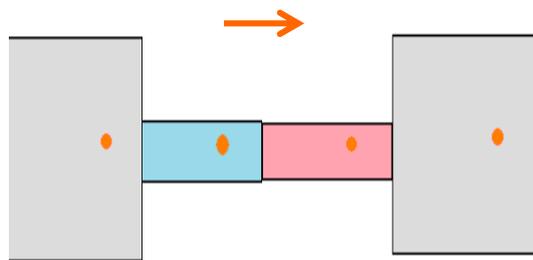


Figura 11: Pequena porção do circuito elétrico com duas pontes colocadas uma a seguir à outra

À semelhança do caso anterior, também esta estrada é de sentido único podendo os carros apenas deslocar-se da esquerda para a direita. Ora, se os carros têm de passar na zona de afunilamento, uma sequência de duas pontes que é equivalente a uma ponte mais comprida, a resistência ao movimento dos automóveis é maior o que provoca uma menor intensidade de tráfego em todo o circuito. Esta está representada pela seta a cheio, e de menor tamanho que na situação anterior.

Estabelecendo a semelhança com um circuito elétrico no qual os recetores estão associados em série (figura 12), é fácil entender que a intensidade de corrente que percorre o circuito tem de ser igual em todos os pontos do mesmo (não pode haver acumulações nem rarefações).

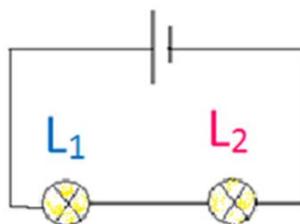


Figura 12: Circuito com lâmpadas associadas em série

Ou seja, a intensidade de corrente que percorre todo o circuito é igual à intensidade da corrente que percorre L_1 , e igual à intensidade da corrente que percorre L_2 . Lembra-se que qualquer mudança na resistência total do circuito provoca a alteração da intensidade de corrente em todo o circuito e que neste caso a resistência global ao movimento dos eletrões é superior à de uma associação em paralelo. Apesar da intensidade de corrente que percorre ambas as lâmpadas ser igual, ela é menor do que no caso de um circuito em que as mesmas lâmpadas estão associadas em paralelo.

Voltando à analogia com a estrada de sentido único, com uma parte substituída por duas pontes associadas em série. Nesta altura os alunos percebem perfeitamente que, se houver uma zona de obras numa das pontes, inviabilizando o trânsito por ela, a passagem dos carros através das pontes torna-se totalmente impossível. Cessa totalmente a possibilidade de haver movimento orientado de um lado ao outro da ponte, figura 13.

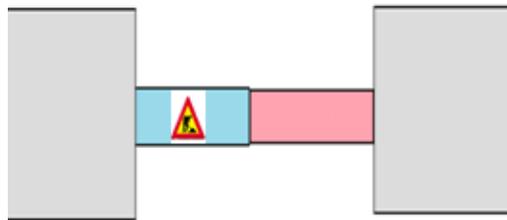


Figura 13: Obras numa das pontes colocadas em série na estrada

O mesmo se passa num circuito elétrico no qual temos duas lâmpadas associadas em série. Caso uma dessas lâmpadas se funda, os eletrões do circuito ficam impossibilitados de ter movimento orientado no circuito, apesar de continuarem nele, com movimentos ao acaso, figura 14. De facto, o circuito está interrompido.



Figura 14: Circuito com lâmpadas associadas em série estando uma delas fundida

Os eletrões não podem ter movimento orientado no circuito e nenhuma das lâmpadas acende, porque se anula a intensidade da corrente elétrica em todos os pontos do circuito.

4.2. A resolução de problemas e a aprendizagem significativa do comportamento dos circuitos elétricos

Para facilitar a transposição da compreensão da analogia entre o sistema base e o sistema alvo, e a assimilação significativa dos novos conceitos, estes devem ser repetidamente usados pelos alunos em situações diversas, por exemplo através de atividades laboratoriais ou da resolução de problemas com “papel e caneta” (Barnes, 2008).

Uma das questões que causa mais desconforto nos professores é o tempo disponível para ensinar tantos e tão abstratos conceitos. Contudo, não se pode concluir que tendo feito algumas experiências, explicado os conceitos e resolvido dois ou três exercícios na aula, a matéria foi totalmente compreendida pelos alunos.

O primeiro contacto com a física na escola, em Portugal, coincide com a primeira tentativa dos jovens construírem modelos abstratos para melhor compreenderem o mundo (Piaget, 2000; de Almeida et al., 2013 e 2014).

De acordo com de Almeida (2013 e 2014), *“os primeiros desafios colocados aos alunos para o desenvolvimento da sua metacognição e autoavaliação, podem e devem ser fáceis de resolver, para comprometer os alunos na sua própria aprendizagem e na procura de respostas corretas através de raciocínios justificados. Contudo, o nível de dificuldade deve ir aumentando gradualmente e os alunos devem ser encorajados a colocar questões a si mesmos. Os problemas a resolver devem também implicar a apresentação pelos alunos das razões dos seus progressos, devendo estes ser orientados nas suas tentativas de explicação, de modo a atingirem níveis mais altos de aprendizagem (Barnes, 2008; Vygotsky, 2001).”*

Foram já vários os investigadores que, como G. Pólya, se dedicaram à elaboração das etapas inerentes à resolução de problemas. (Pólya, 2003)

Pólya (2003) defende que para resolvermos um problema com sucesso, temos: primeiro de compreender o problema, isto é, entender efetivamente o que nos é pedido; segundo, delinear um plano, analisando os dados e pensando de que forma esses se podem relacionar com a incógnita apresentada; em terceiro lugar, executar o nosso plano; e, por fim, deve rever-se a solução, analisando-a criticamente.

Com base nos trabalhos antes citados, nesta investigação definiram-se os passos julgados necessários para a resolução dos problemas em física. Importa referir que dependendo dos problemas apresentados aos alunos e do nível de compreensão de cada aluno, pode haver necessidade de alterar e/ou completar a sequência de passos apresentada, não podendo esta funcionar, como algo rígido e imutável. Entende-se também, que a sequência, que se apresenta de seguida, não funciona como uma poção mágica, que “bebida” pelos alunos assegura o seu sucesso total, mas que será uma ajuda no processo de organização cognitiva para a resolução de problemas, facilitando e promovendo o sucesso dos alunos na realização desta tarefa.

Assim foram fornecidas as seguintes regras:

1. Ler devagar o enunciado do problema, com atenção e, se for o caso, esboçando esquemas adequados. Ler o enunciado do problema até ao fim.
2. Tomar nota dos dados e dos pedidos.
3. Identificar quais os conceitos físicos envolvidos na situação apresentada.
4. Analisar, introspectivamente, a perceção dos conceitos envolvidos no problema... Como se relacionam? Será necessário estudar alguma coisa ou consultar algum livro?...
5. Depois do ponto anterior esclarecido, verificar novamente o que é dado e o que é pedido. Tomar atenção especial à coerência do sistema de unidades.
6. Encontrar o melhor caminho para chegar à solução, exercendo alguma autocrítica sobre a validade do caminho escolhido.
7. Fazer os cálculos que ilustram o caminho seguido e verificar se as unidades usadas para as grandezas em causa são consistentes com o SI.
8. Verificar se o resultado obtido tem uma ordem de grandeza esperada e possível.
9. Construir uma frase lógica para enquadramento e justificação da resposta.

As etapas atrás mencionadas foram lidas e explicadas, passo a passo, pelo professor e entregues aos alunos participantes na investigação e, que pertenciam a turmas experimentais que testaram a técnica da resolução de problemas.

5. Desenvolvimento do Estudo Piloto

5.1. Amostra

O estudo piloto teve lugar no Colégio de São Teotónio, em Coimbra. Situado na freguesia de Santo António dos Olivais, concelho e distrito de Coimbra. O Colégio de São Teotónio é uma escola de matriz católica, cujo objetivo é: “(...) *educar a partir das referências e humanismo cristão (...)*” (www.steotonio.pt). Este Colégio acolhe crianças desde os seis meses – creche – até ao 12.º ano. Os alunos deste Colégio advêm, na sua maioria, de um meio socioeconómico que se integra na chamada classe média e média-alta. Os pais destes alunos têm, na sua maioria, formação secundária ou superior e tendem a promover e a participar ativamente na educação dos seus filhos. Por sua vez, os alunos mostram-se empenhados e motivados e, em regra, pretendem seguir um percurso académico de nível superior.

De modo a facilitar o tratamento e a leitura dos dados ao longo desta investigação, este será designado por Colégio 1.

Neste estudo participaram duas docentes, a doutoranda e outra professora de Ciências Físico-Químicas e, um total de três turmas (duas experimentais e uma de controlo). O número de alunos envolvido foi de 76, não havendo qualquer aluno com Necessidades Educativas Especiais (NEE).

A tabela 1 resume esta informação

	Número de turmas	Número de total de alunos	Número total de alunos com NEE	Número de professores participantes
Colégio 1	3	76	0	2

Tabela 1: Resumo referente ao estudo piloto

5.2. Tratamento dos grupos experimentais e do grupo de controlo

O estudo piloto foi levado a cabo com duas turmas experimentais, designadas por 1 e 2, lecionadas pela doutoranda; outra turma, da mesma escola, turma 3, lecionada por uma professora diferente foi usada como turma de controlo. Todas as turmas tiveram exatamente os mesmos tempos letivos destinados ao ensino dos circuitos elétricos. O planeamento das aulas e a preparação de atividades experimentais foram discutidos previamente por todos os professores de Físico-Química intervenientes. Todos os estudantes usaram o mesmo manual (Dias & Rodrigues, 2010) e seguiram as suas orientações, resolvendo os mesmos exercícios. Estas foram as condições gerais de controlo. Todos os alunos responderam aos mesmos pré- e pós-testes antes e após o estudo do tema, respetivamente.

Utilizou-se uma metodologia quantitativa de investigação educacional, quasi-experimental, com amostragem por conveniência (um método rápido e fácil), por se tratar de turmas facilmente disponíveis para a realização do estudo. A principal desvantagem é o facto das conclusões resultantes não poderem ser generalizados (Hill e Hill, 2000). Contudo, podem servir de alicerce a novas investigações, tal como veio a ocorrer no estudo alargado.

A turma experimental 1 foi a única atribuída à doutoranda desde o início do ano letivo. Assim, desde o início do estudo do tema os alunos foram expostos à analogia e orientados para resolver problemas especificamente criados para promover o seu ajustamento cognitivo, sendo-lhes frequentemente pedido que apresentassem as razões da escolha de determinada opção em detrimento das restantes ou que justificassem as suas resoluções.

A turma experimental 2, inicialmente atribuída a outra professora, só foi atribuída à doutoranda uma semana após o início do estudo do tema, uma vez que a docente anterior se ausentou temporariamente. Como consequência, os alunos desta turma não foram expostos à analogia e seguiram de perto as recomendações do manual. Contudo, quando ensinados pela doutoranda e, à semelhança da turma experimental 1, foram orientados para resolver os problemas especificamente criados para esta investigação, replicando exatamente, neste aspeto, a metodologia de ensino usada na turma experimental 1.

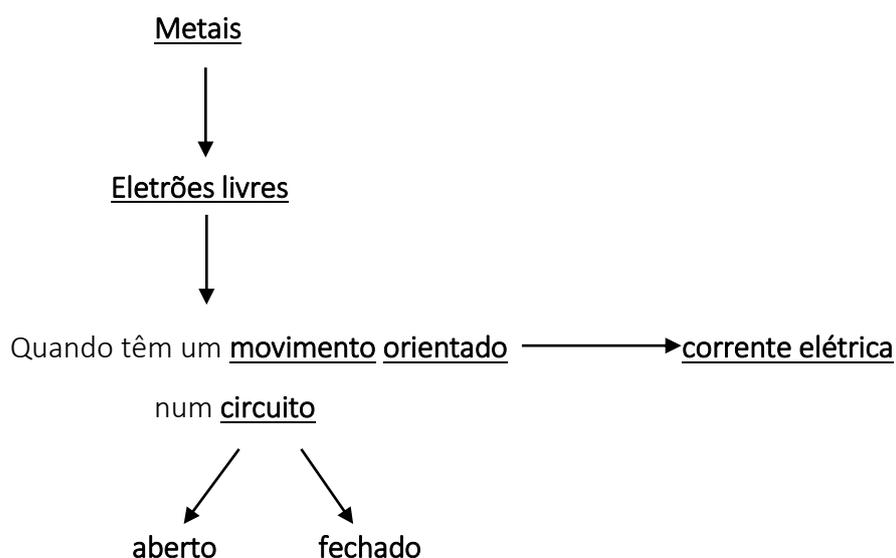
5.2.1. Aplicação do tratamento nos grupos experimentais e desenvolvimento das aulas no grupo de controlo

Na primeira aula das turmas experimentais, com a duração de 90 minutos, explicou-se aos alunos que iriam participar num estudo piloto, como consequência de a sua professora estar a frequentar o Doutoramento em Ensino das Ciências - Ramo de Ensino da Física, na Universidade de Coimbra. Passada a fase do espanto, a motivação e alegria instalaram-se na sala. Todos os alunos sentiram a “*responsabilidade*” e a sorte de participarem numa investigação; havendo quem dissesse, na turma 1, que nunca pensou em vir a ser uma “*cobaia (esboçando um largo sorriso)*”, mas que “*gostava da ideia*”. Aos alunos das turmas experimentais explicou-se também a metodologia que iria ser aplicada.

Assim, na turma experimental 1 explicou-se que o tema dos circuitos elétricos que iriam iniciar seria lecionado com recurso a analogias; sendo uma analogia, segundo o dicionário Online de Português uma “*relação de correspondência ou de semelhança entre coisas e/ou pessoas distintas: (...) comparação; comportamentos entre os quais há ou pode ser feita uma comparação (...)*”. Foi-lhes explicado que se iria seguir um guião sobre a analogia, anteriormente elaborado, podendo por vezes a sequência de conceitos do manual adotado sofrer alterações. À semelhança do acontecido nas restantes turmas, também na turma experimental 1 se iniciou a unidade chamando a atenção dos alunos para a importância que a eletricidade tem no dia-a-dia de cada um. Nesta primeira aula, recorrendo já à analogia, lecionaram-se os seguintes conteúdos: circuito elétrico fechado e aberto, corrente elétrica e gerador. Para isso e como se desenvolveu no ponto 4.1.2 (deste capítulo) referente à explicação detalhada da analogia: “Crianças no pátio de uma escola” recorreu-se à imagem do caminho fechado, em forma de anel, com árvores dispostas regularmente onde há alunos que se movem desordenadamente devido à ausência de estímulos especiais; explicando-se o significado da simbologia usada (árvores- iões positivos, alunos- eletrões, recreio- fio metálico dobrado em forma de anel). Mencionou-se que nestas condições não há corrente elétrica e diz-se que a sua intensidade é nula. De seguida, mostrou-se aos alunos a imagem que se encontra na figura 4, do ponto 4.1.2., referente ao caminho fechado com forma de anel onde há alguém que distribui gelados. Depois de explicadas todas as regras que quem quer

receber gelados tem de cumprir, foi possível aos alunos entenderem a função do distribuidor dos gelados (gerador) e o movimento que este impõe; explicando-se assim, a origem da corrente elétrica. Aos alunos foi dito o seguinte: *“Reparem, com esta analogia já respondemos às perguntas: O que é um gerador? Como ocorre a transformação do movimento desordenado dos eletrões num movimento orientado? e O que é corrente elétrica? O que é intensidade de corrente elétrica? A esta pergunta vamos responder depois de entendermos o que é um circuito aberto!”* O conceito do circuito elétrico aberto foi introduzido pedindo aos alunos para imaginarem o caminho anterior, com as árvores e os meninos mas onde existe agora um fosso (figura 5, ponto 4.1.2). Relembrando aos alunos as regras, a que as crianças têm de obedecer para poderem receber um gelado, foi por eles fácil entender que neste caso o movimento orientado não acontece e portanto não há corrente elétrica a percorrer este circuito. De notar que a admiração dos alunos, perante a analogia dos meninos no recreio com o distribuidor dos gelados era total, havendo um aluno a referir que *“assim física é muito mais fácil! Conseguimos divertir-nos a aprender!”*. Usando o manual adotado distinguiram-se fontes de recetores de energia reforçando que são os fios condutores que permitem ligar os diferentes componentes dos circuitos.

Na aula seguinte, com a duração de 45 minutos, e como de costume, fez-se uma revisão dos conceitos lecionados na aula anterior usando o quadro e fazendo um esquema, com a ajuda dos discentes:

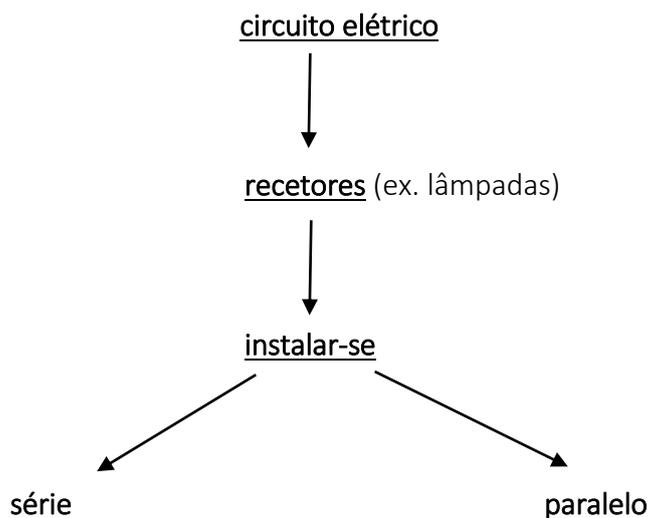


De seguida, introduziu-se o conceito de intensidade de corrente elétrica perguntando aos discentes se já tinham ouvido, no noticiário ou aos adultos, frases como: *“hoje o tráfego automóvel está muito intenso!”*; tendo sido por eles fácil entender que com esta afirmação queremos dizer que num determinado intervalo de tempo, num determinado ponto de uma qualquer estrada do nosso país, passa um elevado número de carros. Assim, e recorrendo à analogia e à imagem constante na figura 6, do ponto 4.1.2., foi facilmente apreendido pelos discentes o conceito de intensidade de corrente elétrica, como o número de eletrões que atravessa uma determinada secção reta de um qualquer fio condutor, num determinado intervalo de tempo. Mencionando-se os fatores de que depende a intensidade da corrente, foi possível introduzir e definir o conceito de diferença de potencial. Este foi apresentado do seguinte modo: a força eletromotriz do gerador está relacionada com o poder de atração que os gelados exercem sobre as crianças, isto é, se os gelados forem pequenos e pouco doces, o movimento das crianças não é tão rápido como no caso de os gelados serem bem grandes, coloridos e muito doces; neste caso, passam mais crianças por unidade de tempo numa qualquer secção do pátio. Usando o manual mostraram-se os símbolos convencionais dos componentes mais usuais, assim como dos instrumentos de medida e dispositivos necessários ao estudo da corrente elétrica. Mencionou-se que o instrumento que se usa para medir a intensidade de corrente é o amperímetro e que este se instala em série, visualizando-se figuras demonstrativas deste facto. Nesta aula ainda foi possível introduzir o conceito de resistência elétrica. Recorrendo, mais uma vez à analogia criada, foi lembrado aos alunos a existência das árvores no pátio e, a dificuldade que estas acarretam ao movimento das crianças em torno do pátio. Assim, foi indicado que estas equivalem à resistência que os íões positivos dos fios condutores apresentam ao movimento orientado das cargas elétricas negativas. Indicou-se que, as resistências elétricas, enquanto componentes metálicos dos circuitos elétricos, são constituídas, em geral, por fios metálicos enrolados e que oferecem uma maior ou menor dificuldade ao movimento orientado dos eletrões livres. Aludiu-se e explicou-se que o valor da resistência elétrica depende dos seguintes fatores: secção reta A , comprimento L , resistividade ρ ; analisando a expressão matemática (escrita no quadro) que estabelece a relação entre os mesmos.

Explicou-se como se pode observar na explanação da analogia no ponto 4.1.2, que os restantes componentes do circuito também oferecem resistência à passagem da corrente elétrica e introduziu-se a Lei de Ohm. Escreveu-se no quadro a expressão que traduz esta lei e analisou-se a mesma com os discentes. Também os gráficos que traduzem a relação entre as variáveis que nela constam foram trabalhados. Por falta de tempo, os alunos realizaram como trabalho de casa os exercícios do manual que consistiam apenas em preenchimento de espaços, usando palavras-chave que eram dadas no enunciado e, associação de componentes do circuito elétrico às afirmações correspondentes.

Na terceira aula dedicada ao tema, uma aula de 90 minutos, e através do questionamento pela docente aos alunos, reviram-se os conteúdos apreendidos na semana anterior e os símbolos representativos de componentes de um circuito, dando especial importância ao que representam as lâmpadas num circuito elétrico. Debruçando-nos sobre o símbolo convencionalmente usado para representar as lâmpadas de incandescência, recetores familiares a todos os alunos e usando a analogia foi possível introduzir o conceito de instalação de recetores em paralelo e em série. Recorreu-se à imagem da figura 7, do ponto 4.1.2., e foi dito aos alunos que o que se observa na figura representa apenas uma pequena porção de um circuito elétrico, fechado e com gerador. Observando a figura explicou-se que os retângulos a cinzento representam uma parte dos fios de ligação (não oferecendo qualquer resistência à passagem da corrente elétrica), os retângulos a azul e a rosa representam resistências, no caso concreto lâmpadas de incandescência, associadas em paralelo e, as bolas laranja, os carros. Pediu-se aos alunos que imaginem uma estrada de sentido único, onde uma das partes é substituída por duas pontes iguais (retângulos a azul e rosa, colocados lado a lado) e cujos carros apenas podem deslocar-se da esquerda para a direita e, onde à semelhança dos meninos no recreio, não pode haver acumulações. Num certo intervalo de tempo apenas podem passar 2 carros por cada uma das pontes, então na estrada, tanto antes como depois da passagem das pontes, apenas podem estar 4 carros, num intervalo de tempo igual. Assim, e depois de entendida a analogia, foi fácil para os alunos entender que, num circuito elétrico, fechado e com gerador, com duas lâmpadas (iguais) associadas em paralelo a intensidade de corrente que percorre todo o circuito é o dobro

da intensidade de corrente, que percorre cada um dos dois ramos do circuito, em paralelo, apenas com uma lâmpada. Mantendo a analogia da estrada com as duas pontes mas havendo agora obras numa delas (figura 9, da secção 4.1.2.), percebe-se que nenhum carro pode passar pela ponte em obras. Esta situação é análoga à de um circuito elétrico, fechado e com gerador, com duas lâmpadas associadas em paralelo quando uma delas se funde. Assim, é fácil perceber que nenhuma carga elétrica negativa poderá passar pela lâmpada fundida, passando todas pela única lâmpada não fundida que continua a funcionar. Importa fazer referência ao facto de que, como a resistência total ao movimento dos automóveis aumentou, a intensidade do tráfego em todo o trajeto diminui, uma vez que não pode haver acumulações. Para se explicar a associação de resistências (lâmpadas) em série usou-se uma imagem semelhante à utilizada na associação de resistências anterior, representada na figura 11 da secção 4.1.2. A simbologia usada tem a mesma explicação que a anteriormente referida, residindo a única diferença no facto de as pontes não estarem lado a lado, mas sim, uma a seguir à outra (o equivalente a uma ponte mais comprida). À semelhança do caso anterior, também esta estrada é de sentido único podendo os carros apenas deslocar-se da esquerda para a direita e não podendo haver acumulações. Como os carros têm de passar numa zona de grande afunilamento, a resistência ao movimento é maior o que provoca consequentemente, uma menor intensidade de tráfego em todo o circuito. Usando a analogia para entender os circuitos elétricos onde os recetores estão associados em série foi muito fácil para os alunos entender que a intensidade de corrente que percorre o circuito tem de ser igual em todos os pontos do mesmo. Voltando à analogia, se houver obras numa das pontes, a passagem dos carros através das pontes torna-se totalmente impossível. O mesmo se passa num circuito elétrico no qual temos duas lâmpadas associadas em série; caso uma dessas lâmpadas se funda, os eletrões ficam impossibilitados de ter movimento orientado no circuito, apesar de continuarem nele, com movimento desordenado. O final da aula culminou com um esquema resumo no quadro referente às duas instalações possíveis para recetores nos circuitos e das suas principais diferenças.



- apenas um caminho possível à passagem da corrente elétrica;
- se uma lâmpada fundir as restantes não acendem;
- acrescentando mais lâmpadas em série o brilho de cada uma vai diminuindo

- mais do que um caminho possível à passagem da corrente elétrica;
- se uma lâmpada fundir as restantes continuam acesas;
- acrescentando mais lâmpadas em paralelo o brilho de cada mantém-se

Mais uma vez os exercícios que os alunos resolveram no final desta aula, ou que terminaram como trabalho de casa, quer do manual quer do caderno de atividades eram exercícios simples, com frases para completar e/ou estabelecer associações ou escolher, de entre vários circuitos, os que estavam bem representados. À saída da sala os comentários entre alunos sobre a analogia eram os seguintes: “*Que fixe!!*”, “*Entendi tudo mesmo bem!*”, “*Com aquela parte das obras na estrada percebe-se bem quando é que as lâmpadas podem ou não acender!*”.

Na aula de 45 minutos seguinte e revendo a Lei de Ohm, foi possível introduzir a nova metodologia aos alunos - passos sequenciais para resolução de problemas. Depois de distribuído um documento com os passos considerados necessários e que se encontram anexos a esta tese, foi a vez de os por em prática. Primeiramente, treinou-se a aplicação dos mesmos, no quadro, com a ajuda da doutoranda e, de seguida, foi a vez de, individualmente, os alunos os tentarem aplicar, com dois problemas do próprio manual; depois de resolvidos, foram corrigidos no quadro tendo sido seguidos todos os passos. No fim da aula, uma aluna referia que: “*alguns destes passos já os colocávamos*”.

em prática mas não tínhamos consciência do que estávamos a fazer”. Já na aula seguinte e, usando o manual escolar, reviu-se o conceito de diferença de potencial, mencionando as suas unidades e, referindo que esta é medida recorrendo a um voltímetro, aparelho já conhecido pelos alunos. À semelhança do que foi feito para a intensidade de corrente, estudou-se a diferença de potencial nos terminais de uma associação de lâmpadas em série e em paralelo, registando-se todas as diferenças.

No quadro, a doutoranda desenhou as seguintes tabelas resumo, completando-a com a ajuda dos alunos:

	Intensidade de corrente	Diferença de potencial
Símbolo	I	U
Unidade SI	Ampere (A)	Volt (V)
Aparelho de medida	Amperímetro	Voltímetro
Como se instala o aparelho de medida	Série	Paralelo

Grandezas	Intensidade de corrente	Diferença de potencial
Circuitos com associações		
Série	$I=I_1=I_2=I_3=...$	$U=U_1+U_2+U_3+...$
Paralelo	$I=I_1+I_2+I_3+...$	$U=U_1=U_2=U_3+...$

Representando: I a intensidade de corrente no circuito principal e I_1 , I_2 e I_3 as intensidades de corrente que atravessam os condutores 1, 2 e 3; U a diferença de potencial aos terminais do gerador/pilha e U_1 , U_2 e U_3 , a diferença de potencial medida aos terminais dos três condutores.

Após a leção destas temáticas, resolveram-se vários problemas do manual, com recetores associados em série e em paralelo, tendo sempre em conta o documento com os passos de resolução facultado aos alunos (anexo 1). Como trabalho de casa e para resolver em folha à parte para entregar à docente após o fim-de-semana, os alunos tiveram de resolver dois problemas do caderno de atividades sendo-lhes pedido o cálculo de intensidades de corrente e diferença de potencial em circuitos com recetores associados de formas diferentes. Na aula seguinte, terminada a leção da analogia e recolhidos os problemas, finalizou-se o estudo do capítulo, recorrendo ao manual, com a

lecionação da potência elétrica e dos efeitos que a corrente elétrica pode apresentar. Em casa, a doutoranda analisou, cuidadosamente a resolução de cada aluno. Na folha entregue aos discentes foram colocados comentários julgados importantes para a melhor ou correta resolução dos próximos problemas. Na seguinte aula, depois de entregues e analisados os comentários que as suas resoluções apresentavam, os discentes tiveram de resolver individualmente e sem recurso a material de apoio, mais dois problemas. Estes foram entregues à docente, que os analisou cuidadosamente e observou melhoras significativas na organização das respostas, teste de validade das mesmas e no número de alunos que acerta totalmente os problemas.

Na turma experimental 2 e na turma de controlo 3 a matéria foi lecionada usando a sequência apresentada no manual (à semelhança da turma experimental 1 foram também tidas em conta e realizadas as atividades experimentais constantes no mesmo), a referir: componentes de um circuito elétrico, instalação de recetores nos circuitos em série e em paralelo, diferença de potencial elétrico, intensidade da corrente, resistência elétrica, lei de Ohm, potência elétrica e efeitos da corrente elétrica.

Contudo, aquando a lecionação da lei de Ohm, e à semelhança da turma 1, foram distribuídos e explicados os passos a seguir na resolução de um problema. Assim como na outra turma experimental, também aqui se resolveu um problema (o mesmo que a turma 1), no quadro com a ajuda da docente e só depois os alunos partiram para a resolução individual. No final dessa aula, um aluno referia que *“organizar o raciocínio desta maneira torna tudo muito mais fácil e temos menos probabilidade de falhar!”*; outro aluno referia que nunca tinha pensado na importância do passo 8: *“verificar se o resultado obtido tem uma ordem de grandeza esperada e possível...”*, mencionando que às vezes fazia exercícios e não *“parava para pensar se o resultado fazia ou não sentido para aquele exercício”*. Nas aulas seguintes, a primeira coisa que os alunos faziam era colocar o texto com os passos de resolução em cima da mesa. Reparou-se que havia muitos alunos que tinham a folha fornecida, numa mica e que esta era a primeira folha do seu caderno; quando questionados acerca do porque de tal ação, os alunos justificavam-na do seguinte modo: *“uso a receita muitas vezes, aqui e em casa e assim está de mais fácil acesso”*. Durante a lecionação da matéria os alunos desta turma

resolveram problemas ou levaram problemas para resolver em casa que tinham de entregar à professora. Analisadas todas as falhas, individualmente para cada aluno, chegou a vez de resolverem dois problemas totalmente sozinhos e sem recurso a qualquer material de apoio. Depois de estudados os resultados as melhorias foram surpreendentes. Nesta turma, e à semelhança da turma 1, a motivação dos alunos aumentou de forma súbita e inesperada; sendo a doutoranda interpelada nos corredores por alunos interessados em saber o que iriam aprender na aula desse dia ou questionando se iriam resolver exercícios para poderem aplicar aquilo a que todos chamavam de “receita”.

A tabela 2 contem de forma resumida a informação relativa aos diferentes tratamentos usados em cada uma das turmas participantes no estudo piloto. Designou-se por professor A, a doutoranda e por professor B a docente que lecionou a turma de controlo.

		Professores	Turma	Tratamento
Colégio	Colégio 1	A	1	Analogia + Resolução de Problemas
			2	Resolução de Problemas
		B	3	Controlo

Tabela 2: Resumo dos tratamentos nas diferentes turmas do estudo piloto

Deste estudo resultou uma comunicação oral intitulada “Circuitos elétricos no 9º ano – a utilização de analogias e a resolução de problemas. Um estudo piloto”, apresentada 18ª Conferência Nacional de Física e 22º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, Aveiro, Portugal em 2012 (Salvador et al, 2012). Estes resultados foram utilizados mais tarde, juntamente com o desenvolvimento e fundamentação mais pormenorizada da analogia “Criança no pátio de uma escola”, na comunicação oral intitulada “Using analogies and problem solving for studying electric circuits: results from several schools' teaching in practice”, proferida em Praga na International conference on Physics Education - Active learning in a changing world of new technologies (de Almeida et al.,

2013) e no artigo “Analogy for Drude’s free electron model to promote students’ understanding of electric circuits in lower secondary school”, publicado na revista *Physical Review Special- Physics Education Research* (de Almeida et al., 2014).

5.3. Instrumentos de recolha de dados

Para se proceder à recolha de dados foram elaborados e posteriormente utilizados dois instrumentos fundamentais que serão descritos de seguida.

5.3.1. Pré - e Pós-testes

No que respeita à análise quantitativa, recorreu-se à aplicação de pré- e pós-testes, iguais entre si no caso do estudo piloto, e semelhantes no caso do estudo alargado. Os testes encontram-se em anexo (anexo 2.1, 2.2 e 2.3).

O intuito deste método foi não só avaliar o grau de conhecimento prévio dos alunos, mas também perceber e avaliar que ideias os alunos tinham sobre a matéria, e se após a aplicação das técnicas pedagógicas propostas, as ideias pré-concebidas e erradas, seriam, eventualmente, corrigidas. Estes testes visavam ainda, naturalmente, avaliar a eficácia das técnicas de ensino propostas.

Para se proceder à elaboração do teste, iniciou-se uma seleção dos conteúdos curriculares, considerados mais relevantes para a aprendizagem dos circuitos e que deveriam figurar nos mesmos. Procedeu-se também à recolha de listas de preconcepções erradas, já constantes na literatura, acerca dos circuitos elétricos, das quais se salientam:

- objetos carregados positivamente ganharam protões (Küçüközer & Kocakulah, 2007);
- uma mudança no circuito antes das lâmpadas afeta o seu brilho, mas após nada acontece (Küçüközer & Kocakulah 2007);
- quanto mais pilhas tiver um circuito, mais brilham as lâmpadas (Sebastiany & Harres, 2008);
- a luz surge nas lâmpadas porque dois polos se juntam fazendo faísca (Pacca, et al, 2003);

- o polo + da pilha liberta energia positiva que vai até ao lado esquerdo da lâmpada, o polo – da pilha liberta a energia negativa até ao lado direito da lâmpada; aí as duas equilibram-se fazendo-a acender (Pacca, et al, 2003);

- a corrente elétrica que flui no circuito, flui sempre na mesma direção, enfraquecendo gradualmente à medida que avança no circuito atravessando os seus componentes (Sebastiany & Harres, 2008; Pacca, et al, 2003);

Estas conceções, já detetadas pela doutoranda e/ou orientadoras durante a lecionação do tema, foram tidas em conta na elaboração dos testes.

Pré- e pós-teste, eram constituídos por doze questões, algumas com várias alíneas.

Com estes instrumentos procurou-se avaliar desde competências mais simples, com as quais o aluno consegue responder acertadamente à questão usando a sua linguagem própria, até competências mais complexas que pressupõem níveis de abstração elevados e que o aluno seja capaz de distinguir ou estabelecer relações entre conceitos.

A validade deste instrumento foi garantida pela revisão dos testes por todos os professores do grupo disciplinar de Ciências Físico-Químicas do Colégio onde a doutoranda lecionou, bem como da participação ativa e crítica da orientadora e coorientadora desta tese.

Visto que a quase totalidade dos discentes nunca tinha tido um contacto direto com o tema circuitos elétricos, à exceção de alunos que por vontade própria exploram a área da eletrónica ou alunos repetentes, no início do pré-teste colocou-se a tabela 3, de modo a facilitar a compreensão das questões onde apareciam esquemas de circuitos elétricos:

Componentes	Símbolo
Fio condutor	
Interruptor Aberto	
Interruptor Fechado	
Pilha (Fonte)	
Lâmpada	
Resistência Elétrica	

Tabela 3: Símbolos convencionais dos componentes elétricos usados no pré-teste

A investigação em ação é caracterizada por ciclos sucessivos de planeamento, execução e observação, recolha de dados, análise e novo planeamento, para levar a uma nova execução já informada pelos resultados anteriores.

Neste contexto, no pós-teste do estudo alargado, a questão 12 do pré-teste foi substituída por outra mais complexa mas envolvendo os mesmos conceitos necessários à sua resolução; além disso, acrescenta-se uma questão, a questão 13 que é uma pergunta de desenvolvimento com cálculo, a qual não se justificava que aparecesse no pré-teste.

Na elaboração dos testes procurou-se que fossem evidentes os diferentes níveis de conhecimento definidos por Bloom. Apesar de nem todos estarem evidenciados nas questões do teste, a tabela seguinte associa algumas perguntas aos níveis de conhecimento da taxonomia de Bloom.

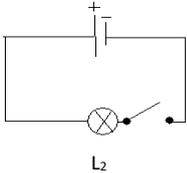
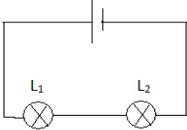
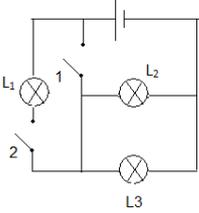
Questão	Nível de desenvolvimento cognitivo de Bloom
<p>Dizer que “<i>um objeto está carregado positivamente</i>”, significa que:</p> <p>A) o objeto ganhou prótons; B) o objeto perdeu prótons; C) o objeto ganhou elétrons; D) o objeto perdeu elétrons.</p>	<p>CONHECIMENTO</p>
<p>“<i>Se colocarmos um fio de metal numa tomada de corrente das nossas casas, apanhamos um choque, mas se colocarmos um fio de plástico não.</i>”</p> <p>Explique.</p>	<p>COMPREENSÃO</p>
<p>No circuito, com o interruptor aberto depois da lâmpada, pode afirmar-se que:</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  </div> <p>A) L₂ acende; B) L₂ não acende;</p> <p>Justifique a sua opção.</p>	<p>APLICAÇÃO</p>
<p>Analise o circuito da figura.</p> <p>Pode afirmar-se que:</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  </div> <p>A) se L₁ brilha mais que L₂ é porque têm mais potência; B) se L₁ brilha mais que L₂ é porque têm menos potência; C) L₂ brilha menos porque só recebe a energia que sobra de L₁; D) O brilho das lâmpadas é igual porque estão no mesmo fio.</p>	<p>ANÁLISE</p>
<p>Observe o circuito da figura, no qual se encontram intercaladas três lâmpadas.</p> <p>Mantendo apenas o interruptor 2 fechado se L₁ fundir</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  </div> <p>A) L₂ não acende e L₃ também não; B) L₃ não acende mas L₂ acende; C) L₁ acende e L₃ acende; D) todas acendem.</p> <p>Justifique a sua escolha.</p>	<p>AVALIAÇÃO e SÍNTESE</p>

Tabela 4: Exemplos de níveis de conhecimento de Bloom presentes nas questões de pré e pós-teste

Na elaboração dos testes procurou-se também que fossem versáteis, isto é, que contemplassem diferentes tipos de questões. Com a tabela seguinte pretende-se exemplificar a tipologia das questões que neles figuram e o número de questões que correspondem a cada tipologia.

			número de alíneas em teste				
			Estudo	Piloto		Alargado	
			Teste	Pré	Pós	Pré	Pós
Tipologia da questão	fechada	escolha	sem justificação	5	5	5	6
		múltipla	com justificação	9	9	9	7
	aberta	resposta curta		2	2	2	3
		desenvolvimento com cálculos		0	0	0	2

Tabela 5: Diferentes tipologias de questões e a sua frequência nos testes

Para proceder à análise quantitativa, efetuou-se um tratamento estatístico dos pré- e pós-testes aplicados aos alunos. Para tal, e de acordo com a tipologia da pergunta, foram utilizados e adaptados os critérios de classificação que a seguir se apresentam e que são os usados na correção das Provas de Equivalência à Frequência de Química do 12º ano da Escola Secundária José Falcão, onde a doutoranda estagiou e lecionou.

a. Itens de escolha múltipla, sem justificação:

- cada item só tem uma opção considerada correta, à qual se atribuiu a cotação de 1 valor;
- é atribuída a cotação de 0 valores quando: o aluno seleciona a opção incorreta ou seleciona mais do que uma opção (ainda que nelas esteja incluída a opção correta).

b. Itens de escolha múltipla, com justificação:

- atribui-se a cotação de 2 valores, quando o aluno seleciona a opção correta e justifica corretamente a sua resposta;
- atribui-se a cotação de 1 valor quando o aluno escolhe a opção correta mas não justifica a resposta ou justifica de forma incorreta;

- atribui-se a cotação de 0 valores quando o aluno: seleciona a opção incorreta ou seleciona mais do que uma opção (ainda que nelas esteja incluída a opção correta). Seleções incorretas mas com justificação correta são, também, cotadas com 0 pontos.

c. Resposta curta:

- atribui-se a cotação de 2 valores, quando a resposta do aluno integra todos os tópicos constantes nos critérios de correção e usa linguagem científica adequada;
- classifica-se com 1 ponto, respostas com termos científicos corretos mas incompletas;
- respostas com elementos contraditórios são classificadas com 0 pontos;

d. Questões de desenvolvimento com cálculos:

- nos itens de resposta aberta em que é solicitado o cálculo de uma grandeza, os critérios de classificação estão organizados por níveis de desempenho, a que correspondem cotações fixas. O enquadramento das respostas num determinado nível de desempenho contempla aspetos relativos à metodologia de resolução, ao resultado final e à tipologia de erros cometidos, de acordo com os seguintes descritores:

- **Nível 5:** Metodologia de resolução correta. Resultado final correto. Ausência de erros;
- **Nível 4:** Metodologia de resolução correta. Resultado final incorreto, resultante apenas de erros de tipo 1, qualquer que seja o seu número;
- **Nível 3:** Metodologia de resolução correta. Resultado final incorreto, resultante de um único erro de tipo 2, qualquer que seja o número de erros de tipo 1;
- **Nível 2:** Metodologia de resolução correta. Resultado final incorreto, resultante de mais do que um erro de tipo 2, qualquer que seja o número de erros de tipo 1 ou Metodologia de resolução incompleta. Apresentação de apenas duas etapas de resolução, qualquer que seja o número de erros de tipo 1;
- **Nível 1:** Metodologia de resolução incompleta. Apresentação de apenas uma etapa de resolução, qualquer que seja o número de erros de tipo 1.

Erros de tipo 1 – erros de cálculo numérico, transcrição incorreta de dados, conversão incorreta de unidades ou ausência de unidades/unidades incorretas no resultado final.

Erros de tipo 2 – erros de cálculo analítico, erros na utilização de fórmulas, ausência de conversão de unidades (qualquer que seja o número de conversões de unidades não efetuadas, contabilizar apenas como um erro de tipo 2) e outros erros que não possam ser incluídos no tipo 1.

- Se a resposta apresentar ausência de metodologia de resolução ou metodologia de resolução incorreta, ainda que com um resultado final correto, a classificação a atribuir será de zero pontos.

- Se a resolução de um item que envolva cálculos apresentar erro exclusivamente imputável à resolução numérica ocorrida num item anterior, deverá ser atribuída a cotação total.

- Os cenários de metodologia de resposta apresentados para os itens de resposta aberta podem não esgotar todas as possíveis hipóteses de resposta. Deve ser atribuído um nível de desempenho equivalente se, em alternativa, o examinando apresentar uma outra metodologia de resolução igualmente correta.

- As classificações a atribuir às respostas dos examinandos são expressas, obrigatoriamente, em números inteiros.

A classificação de pré- e pós- testes de cada aluno e o cálculo médio das classificações por turma permitiu comparar os resultados e respostas dadas em cada teste, por forma a avaliar a evolução dos alunos, bem como a erradicação das ideias pré-concebidas erradas e, portanto, permitiu a perceção da eficácia das metodologias propostas.

Ainda numa fase estatística procedeu-se também ao cálculo do ganho normalizado, g , em cada grupo, tendo por base a média dos pré- e pós-teste.

O ganho de conhecimento, G , foi medido do seguinte modo:

$$G = R_2 - R_1$$

onde R_1 e R_2 correspondem, respetivamente, às médias dos alunos no pré- e pós-teste.

Calculou-se o ganho da média normalizado, g :

$$g = \frac{G}{M-R_1}$$

onde M corresponde à cotação máxima do teste e $M-R_1$ representa o ganho máximo possível (Hake, 1998).

O ganho na média normalizado, g , é então definido como a razão entre o ganho na média, G , obtido pela turma tendo por base duas avaliações sequenciais com um mesmo teste, e o valor máximo possível de ganho na média, nessas condições. Usando este método percebe-se que a média de classificações inicialmente obtida por uma turma em pré-teste é, segundo Hake (1998), tida em conta na sua evolução.

Por exemplo, usando classificações em percentagem (máximo 100 %), quando se consideram duas turmas, sujeitas às mesmas condições de tratamento, e supondo que: turma 1: média no pré-teste 45 % e no pós-teste 60 %; de onde se calcula $G_1 = 15\%$ turma 2: média no pré-teste 90 % e no pós-teste 95 %; de onde se calcula $G_2 = 5\%$.

Mas calculando o ganho na média normalizado, g , (expressão anterior) obtém-se, em percentagem, $g_1 = 27\%$ e $g_2 = 50\%$. Isto mostra claramente que, para os alunos da turma 2, que já obtinham classificações elevadas antes da aplicação do tratamento, melhorar os seus resultados em função da aprendizagem é muito mais difícil e significativo, de modo que uma melhoria simples inferior pode representar um esforço bastante maior; daí que, em termos de comparação, se torne mais adequado utilizar um ganho na média normalizado.

5.3.2. Enunciados dos problemas

Foram especificamente criados dois problemas (anexo 3) que os alunos das turmas experimentais que utilizaram estratégias de treino para resolução de problemas tiveram de resolver por si próprios.

Procurou-se que os problemas apresentados cativassem os alunos e que consequentemente aumentassem o seu interesse para a resolução correta dos mesmos. Eram constituídos por várias alíneas (de resposta direta, de cálculo ou de interpretação por análise gráfica ou análise de circuitos), e apresentavam diferentes níveis de exigência,

pedindo-se, sempre que possível, que os alunos justificassem as suas respostas e/ou opções.

O intuito do pedido de resolução destes problemas pelos alunos foi que por si testassem a eficácia dos passos fornecidos como sequência para a resolução dos problemas e consequentemente desenvolvessem processos metacognitivos e de autoavaliação das próprias aprendizagens.

Depois de resolvidos pelos alunos os problemas não foram logo analisados pelo professor. Antes, foi entregue a todos os alunos envolvidos nesta metodologia uma resolução detalhada dos mesmos, cumprindo e especificando todas as etapas de resolução propostas (anexo 4). Esta resolução foi, também, trabalhada e discutida por toda a turma.

6. O estudo alargado

6.1. Introdução

Após o estudo piloto e os resultados favoráveis obtidos no mesmo achou-se conveniente alargar a investigação a outras escolas do país – outros alunos e outros professores.

Através da replicação do estudo, em sala de aula, o professor como pesquisador pode ver implementados e avaliar uma série de instrumentos, métodos e teorias de aprendizagem (Heywood, 1996).

Alargar um estudo permite analisar os resultados experimentais de forma a alcançar uma melhor interpretação dos mesmos, verificando se há ou não semelhanças entre estes (estudo alargado) e os anteriormente obtidos (estudo piloto).

Com o alargamento de um estudo pretende-se, essencialmente, que a pesquisa não seja apenas feita por um único sujeito, mas sim por um grupo heterogéneo de indivíduos podendo ser estabelecida a validade e generalidade dos resultados alcançados (Barlow & Hersen, 1984).

Assim, iniciou-se o contacto com professores de algumas regiões do país com vista à aplicação da metodologia sugerida neste trabalho para testar a sua validade com outros

docentes e alunos de diferentes tipos de escolas. A carta enviada encontra-se em anexo a esta tese (anexo 5).

Através de uma das componentes da metodologia de investigação-ação, os próprios professores envolvidos tornaram-se, de certo modo, investigadores, possibilitando o alargamento da análise quantitativa, baseada em pré- e pós-testes e facilitando a recolha de dados qualitativos para complemento da investigação.

Os professores tornam-se investigadores, pois intervêm na investigação, exploram e emitem as suas opiniões profissionais sobre o estudo. Van Den Akker (1999) afirma que *“(...) a investigação com fins de desenvolvimento visa dar, ao mesmo tempo, contributos práticos e científicos. Na busca de soluções inovadoras para os problemas educativos, a interação com os profissionais no terreno é... Essencial!”*

A investigação-ação é um método essencialmente prático e aplicado, isto é, que se move pela resolução de problemas reais, analisados pelos profissionais envolvidos na própria ação.

Com efeito, na investigação em ensino sobre matérias específicas, é fundamental a implicação do próprio professor-investigador, que desenvolve a sua vontade de produzir melhor conhecimento e fornece o seu saber sobre as práticas de ensino em sala de aula.

Para se assegurar o anonimato relativamente aos professores participantes e à semelhança do que se estabeleceu para o estudo piloto, estes são identificados por letras de C a I, não havendo nenhuma relação entre as letras atribuídas e o nome dos professores envolvidos.

Neste estudo foram definidos três tipos de situações experimentais, a referir: utilização de analogias, utilização da estratégia de treino para a resolução de problemas e a aplicação coordenada das duas técnicas pedagógicas. De acordo com o número de professores participantes em cada escola e com o número de turmas a seu cargo escolheu-se a técnica a aplicar de modo a poder fazer-se uma análise das influências das diferentes variáveis. Teve-se o cuidado de definir uma turma controlo em cada escola na qual a matéria foi lecionada de forma dita “tradicional”, havendo recurso ao manual adotado e em alguns casos (escolas da Guarda e Viseu) a atividades experimentais e/ou demonstrações.

A distribuição das metodologias de ensino desenvolvidas em cada turma pelo respetivo professor de cada uma das escolas intervenientes é resumida na tabela 6.

		Professores	Turma	Tratamento
Escolas	Coimbra	C	4	Controlo
			5	Resolução de Problemas
			6	Analogia e Resolução de Problemas
		D	7	Analogias
	Viseu	E	8	Controlo
			9	Analogias
			10	Analogias e Resolução de Problemas
		F	11	Resolução de Problemas
			12	Analogias e Resolução de Problemas
	Guarda	G	13	Controlo
			14	Resolução de Problemas
		H	15	Analogias e Resolução de Problemas
Colégio	Colégio 2	I	16	Controlo
			17	Analogias e Resolução de Problemas

Tabela 6: Distribuição do tipo de tratamentos por estabelecimento de ensino, turma e professor

6.2. Amostra

O estudo alargado foi realizado em quatro escolas: três Públicas – dos distritos de Coimbra, Viseu, e Guarda - e em um Colégio Privado, com contrato de associação – do distrito de Coimbra.

O Colégio Salesiano de Mogofores, designado ao longo desta investigação por Colégio 2, situa-se na Região da Bairrada, distrito de Aveiro, concelho de Anadia, freguesia de Mogofores. No Colégio o ensino é público e gratuito, havendo turmas do 5.º ao 9.º ano (2.º e 3.º ciclos). Este Colégio assume-se com princípios e valores de cariz marcadamente católicos, e promove que o relacionamento entre alunos e professores seja feito de coração para coração e de inteligência para inteligência, de “*um para um*” e não “*de um para muitos*” (<http://www.mogofores.salesianos.pt/>). Segundo contacto via

telefone, os últimos dados levantados acerca do nível económico das famílias destes alunos, apontam para o facto de a sua maioria ser proveniente de classes familiares de capacidade económica média ou média baixa.

Nesta escola, foi levado a cabo um estudo alargado com um professor, duas turmas (uma experimental e uma de controlo) e trinta e cinco alunos.

A escola básica e secundária Quinta das Flores, escola Pública, situa-se na Cidade de Coimbra, na freguesia de Santo António dos Olivais. Desde 2012/2013 que estabeleceu uma parceria com a escola artística do Conservatório de Música de Coimbra. Parceria que se tem vindo a revelar fundamental no desenvolvimento do projeto educativo desta escola. Os espaços e salas de aula são partilhados por ambas as escolas. O que, invariavelmente, também acaba por refletir o trilha escolhido pelos seus alunos. É que, na sua maioria, os alunos frequentam também o Conservatório de Música, quer no ensino básico quer no secundário. Localizada no interior do tecido urbano de Coimbra, encontra-se numa das zonas de maior desenvolvimento e crescimento demográfico da cidade. Tem como *slogan* “*aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a estar, aprender a ser*” (in projeto educativo 2014/2017 disponível in www.esqf.pt). Os alunos desta escola provêm dos mais variados estratos socioeconómicos e, na sua maioria, os alunos pretendem prosseguir os estudos após a conclusão do ensino secundário. Nesta escola o estudo alargado foi realizado com dois professores, quatro turmas (três experimentais e uma de controlo) e um total de noventa e cinco alunos.

O Agrupamento de Escolas de Grão Vasco, de Viseu, fica situado na sede do concelho abrangendo três freguesias: S. José, Santa Maria e Coração de Jesus. É constituído por 7 estabelecimentos que vão desde Jardins de Infância até à Escola Básica do 2º e 3º Ciclos de Grão Vasco, frequentada por quase metade do número total de alunos que estuda no agrupamento. A sede do agrupamento fica na Escola EB. 2, 3 de Grão Vasco, escola onde se realizou o estudo. Apesar de inserida no coração da cidade de Viseu, recebe alunos de quase todas as freguesias do concelho, sendo por isso frequentada por alunos de estratos sociais diversificados (http://www.cm-viseu.pt/doc/pdm___/carta%20educativa.pdf).

Nesta escola estiveram envolvidos na investigação dois professores, cinco turmas (quatro experimentais e uma de controlo) e um total de cento e treze alunos.

O Agrupamento de Escolas de Trancoso, no distrito da Guarda, alberga alunos desde o pré-escolar até ao ensino secundário. A oferta educativa deste agrupamento é enriquecida com o Ensino Articulado da Música, em parceria com o Conservatório de Música da Guarda (http://www.anesbandarra.net/portal/index.php?option=com_zoo&task=item&item_id=50&Itemid=144). A sede do agrupamento localiza-se na em Trancoso, na freguesia de Santa Maria. Os alunos que frequentam estas escolas são provenientes de famílias humildes, de classe média, média baixa e baixa.

Nesta escola, a investigação contou com a colaboração de dois professores, realizou-se em três turmas (duas experimentais e uma de controlo) e envolveu um total de cinquenta e seis alunos.

Na tabela seguinte, tabela 7, resumem-se alguns dados referentes às Instituições onde se realizou o estudo alargado.

		Número de turmas	Número de total de alunos	Número total de alunos com NEE ¹	Número de professores participantes
Escolas	Coimbra	4	95	0	2
	Viseu	5	113	0	2
	Guarda	3	56	1	2
Colégio	Colégio 2	2	35	1	1
Total		14	299	2	7

Tabela 7: Resumo referente às escolas envolvidas no estudo alargado

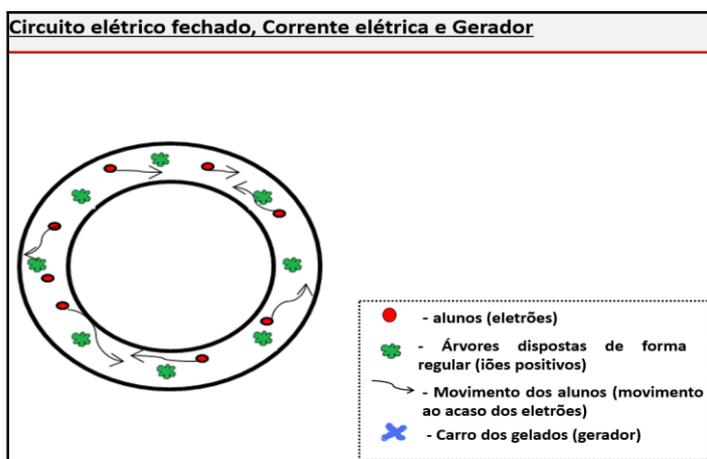
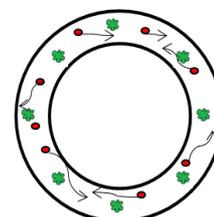
6.3. Textos de apoio fornecidos aos professores

Para a replicação da metodologia a testar todos os docentes com turmas experimentais receberam um documento intitulado – *Textos de apoio ao professor de Física* que se encontra anexo a esta tese (anexo 6). Neste documento, para além de serem elencados os objetivos do estudo a desenvolver pela doutoranda, bem como os conceitos abordados e a metodologia a executar, destacam-se dois pontos fundamentais: um relacionado com a analogia a testar e outro com a resolução de problemas.

No primeiro ponto desse texto, para além de se explicar a analogia em si, dão-se instruções, julgadas necessárias, para a aplicação e desenvolvimento da mesma em contexto de sala de aula. Para completar o uso do documento acima mencionado, os docentes-investigadores receberam também um powerpoint (que se encontra no CD anexo) criado pela doutoranda, intitulado *analogias.pttx* e cujas animações apareciam ao longo do texto de apoio fornecido. O exemplo seguinte é do documento *Textos de apoio ao professor de Física*, página 5 e do correspondente diapositivo e animação, retirada do ficheiro em formato PowerPoint, *analogias.pttx*:

“Suponha-se agora que toca para o recreio. Todas as crianças saem das salas e dirigem-se para este pátio. No pátio, sem qualquer estímulo especial, todos as crianças se movem de forma completamente aleatória, como pretendem mostrar as setas da figura (Animação 3).”

Textos de apoio ao professor de Física, página 5



Powerpoint: *analogias.pttx* , diapositivo 1, animação 3

No que concerne ao segundo ponto do documento atrás mencionado, referente à resolução de problemas, é explicado aos docentes que o que se pretende com esta metodologia é proporcionar aos alunos meios que despertem a sua curiosidade, lhes suscitem o gosto pelo raciocínio e que lhes permitam ter o prazer de alcançar como objetivo final a solução correta do problema. Neste documento constam também todos os passos que se julga ser necessários para a correta resolução de um problema e que os professores devem entregar e analisar com os seus alunos, recorrendo aos dois problemas (documento intitulado - problemas resolvidos), também resolvidos pelos alunos do estudo piloto, e que se encontram nos anexo.

6.4. Textos dos inquéritos respondidos pelos professores intervenientes

Todos os professores participantes na investigação e, após a aplicação das técnicas pedagógicas propostas, responderam a um inquérito de opinião (anexo 7) acerca do modo como as atividades letivas decorreram.

Com o inquérito, constituído por quatro questões, pretendeu-se perceber qual a avaliação feita pelos professores sobre a aplicação da metodologia testada. Questionaram-se os docentes sobre: a contribuição das técnicas pedagógicas usadas para a compreensão de conceitos abstratos por parte dos alunos; a contribuição da proposta de resolução de problemas para uma aprendizagem mais significativa dos conteúdos de Física; a influência causada na motivação demonstrada pelos alunos participantes durante a aplicação da metodologia pedagógica proposta e a opinião dos professores sobre a influência destes tratamentos para facilitar a aquisição de novos conhecimentos no Ensino Secundário.

No inquérito, de uma página A4, pediu-se ainda que referissem quaisquer outros aspetos que considerassem úteis para a investigação em curso, nomeadamente o relato de alguma/algumas reação/reações interessantes (episódios significativos) por parte dos alunos participantes.

Capítulo IV

Neste capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos através da aplicação dos instrumentos que consistem, como já foi dito, em pré- e pós-teste, e inquéritos criados para obter informação dos professores. Procede-se também ao relato dos episódios da professora doutoranda com os alunos envolvidos no estudo piloto, ocorridos alguns anos após a realização do mesmo.

1. Pré- e pós-teste: análise dos resultados quantitativos

Discutir-se-ão aqui, com pormenor, os resultados das doze questões constantes do pré- e pós-teste. Estas questões organizam-se em 4 tipos diferentes: perguntas de escolha múltipla; questões de escolha múltipla para as quais se pede justificação da hipótese escolhida; perguntas de resposta curta, que exige um esforço cognitivo adequado ao nível de conhecimentos dos alunos e perguntas de cálculo.

A apresentação e a análise dos resultados são feitas sequencialmente para cada questão, Q1., Q2. etc., focando-se, para cada questão, primeiro os resultados de todas as amostras do estudo piloto e seguidamente os resultados das amostras de todas as escolas envolvidas no estudo alargado. Para todas as amostras o procedimento é semelhante.

Nas tabelas seguintes, relacionadas com as questões que se repetem nos dois testes, cada linha corresponde a uma turma diferente (com um tratamento especificado) de um determinado professor. A 1ª coluna designa o professor, a 2ª coluna designa a turma e a 3ª coluna caracteriza o tratamento em causa. As restantes colunas contêm indicações de percentagens de respostas dos alunos.

Respetivamente:

- no caso das questões de resposta curta, questões Q2 e Q3, as classificações atribuídas podem ser: correta e explicada, correta, incorreta, não respondeu; no caso da questão Q12.1., constante apenas em pós-teste do estudo alargado, as classificações atribuídas podem ser: correta, incompleta, incorreta.
- nas questões de escolha múltipla, questões Q1, Q4, Q6, Q10.1 e Q11.1 as diferentes colunas dizem respeito às possíveis alternativas de resposta;
- nas questões de escolha múltipla com justificação da hipótese escolhida, questões Q5, Q7, Q8, Q9, Q10.2, Q11.2, Q12.1 (constante em pré- e pós-teste do estudo piloto e pré-teste de estudo alargado), Q12.2 e Q12.3 (Q12.2 e Q12.3, constantes em pré- e pós-teste de estudo piloto e alargado, apesar de contemplarem enunciados diferentes no caso do pós-teste de estudo alargado), podem ser atribuídas, às respostas dos alunos, as classificações: correta e explicada, correta com justificação incorreta ou correta sem justificação, incorreta e não respondeu.

A leitura dos dados numéricos correspondentes às classificações dos alunos, apresentados nas tabelas, deve ser feita do seguinte modo: para cada linha e coluna, os dígitos que aparecem à esquerda e acima da diagonal de cada quadrícula indicam a percentagem de respostas no pré-teste, e os dígitos à direita e abaixo da diagonal indicam a percentagem de respostas no pós-teste. O sinal - indica que nenhum aluno escolheu essa opção no teste correspondente.

Importa ainda referir que:

- na questão Q5, de pré- e pós-teste, do estudo piloto, houve uma pequena alteração aquando a elaboração dos testes que foram, posteriormente, aplicados no estudo alargado. O enunciado da pergunta mantêm-se mas é alterada uma das hipóteses de escolha; conseqüentemente, a opção considerada como correta para esta questão, dos testes aplicados no estudo piloto para os testes usados no estudo alargado, é diferente. Esta alteração pretendeu, essencialmente, tornar a questão mais clara e perceptível para os alunos.
- no pós-teste do estudo alargado, a questão Q12, do pré-teste, é substituída por outra mais complexa. Nesta questão, as respostas dos alunos à alínea Q12.1

foram classificadas como: corretas (quando ambas as alíneas estão certas), incompletas (quando só uma das alíneas está correta) e incorretas (quando ambas as alíneas estão erradas);

- no pós-teste, mas apenas no estudo alargado, é ainda acrescentada uma outra questão de cálculo que contempla duas alíneas. O objetivo desta última pergunta é analisar a forma como os alunos envolvidos no estudo resolviam o problema em causa, verificando-se a metodologia criada para a resolução de problemas, e testada em turmas experimentais definidas para este fim, surtia ou não os efeitos desejados. Para cada alínea é apresentada uma tabela com os resultados de todas as escolas, fazendo-se seguidamente a análise dos mesmos. Nas tabelas referidas, cada linha corresponde a um tipo de turma diferente de cada professor e cada coluna à percentagem de alunos que apresentam respostas corretas e completas, incompletas, incorreta ou percentagens de alunos que deixaram a resposta em branco;

- os alunos, de ambos os estudos, foram informados que nos circuitos com mais do que uma lâmpada ou mais que um gerador, todas as lâmpadas e geradores utilizados em cada esquema são iguais.

Q1: Dizer que “*um objeto está carregado positivamente*”, **significa** que:

- A) o objeto ganhou prótons;
- B) o objeto perdeu prótons;
- C) o objeto ganhou eletrões;
- D) o objeto perdeu eletrões.

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>						
Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	3,85	-	-	96,15
	2	Resolução de Problemas	4,00	-	-	96,00
B	3	Controlo	4,00	4,00	-	92,00
			18,00	-	-	82,00

Tabela 8: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q1 no pré- e no pós-teste

Da análise da tabela verifica-se que no pré-teste, a opção mais escolhida pelos alunos é em todas as turmas a opção correta d), ou seja, a grande maioria dos alunos do estudo piloto (na turma 1: 96,15 %; na turma 2: 96,00 %; e na turma 3: 92,00 %) mesmo antes do início do estudo dos circuitos elétricos, sabe que um “*objeto está carregado positivamente*” quando “*perde eletrões*”. Conclui-se assim, que para estes alunos não existem dúvidas quanto à carga elétrica de prótons e eletrões bem como, quanto ao facto de os átomos poderem apenas perder eletrões, originando íões positivos.

No pós-teste, temos para a turma experimental 1 uma percentagem de 100,00 % dos alunos a acertar a resposta, de 96,00 % na turma experimental 2 e de 82,00 % para a turma de controlo. Note-se que, na turma experimental 1, após a aplicação do tratamento, não há qualquer aluno a evidenciar conceções erradas acerca deste conteúdo. Na turma onde se aplicou a metodologia da resolução de problemas, 4,00 % dos alunos continua a escolher a opção a) e, na turma de controlo, há agora 18,00 % dos

alunos a errar a resposta, tendo aumentado a percentagem de alunos com a preconceção incorreta de que um objeto carregado positivamente ganha protões.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>						
Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta)
C	4	Controlo	33,33 33,33	- -	16,67 -	50,00 66,67
	5	Resolução de Problemas	22,22 25,93	- -	7,41 -	70,37 74,07
	6	Analogias e Resolução de Problemas	42,32 -	11,54 -	26,91 -	19,23 100
D	7	Analogias	33,33 16,67	- -	38,89 -	27,78 83,33

Tabela 9: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q1 no pré- e no pós-teste

<u>Escola de Viseu</u>						
Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) correta
E	8	Controlo	33,33 20,83	- -	29,17 12,50	37,50 66,67
	9	Analogias	25,00 8,34	- -	16,67 -	58,33 91,66
	10	Analogias e Resolução de Problemas	12,50 16,67	- -	8,33 -	79,17 83,33
F	11	Resolução de Problemas	42,03 8,26	- -	15,79 -	42,18 91,74
	12	Analogias e Resolução de Problemas	31,81 4,55	- -	27,28 -	40,91 95,45

Tabela 10: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q1 no pré- e no pós-teste

<u>Escola da Guarda</u>						
Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) correta
G	13	Controlo	52,63 31,58	5,26 -	10,53 10,53	31,58 57,89
	14	Resolução de Problemas	37,50 18,75	6,25 -	12,50 6,25	43,75 75,00
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	58,23 17,67	- -	12,36 -	29,41 82,33

Tabela 11: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q1 no pré- e no pós-teste

<u>Colégio 2</u>						
Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) correta
I	16	Controlo	75,00 21,15	- -	- 3,85	25,00 75,00
	17	Analogias e Resolução de Problemas	47,37 10,53	- -	36,84 -	15,79 89,47

Tabela 12: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q1 no pré- e no pós-teste

Observando os dados constantes nas quatro tabelas anteriores e debruçando-nos primeiramente sobre os resultados do pré-teste, verificamos que a opção que é menos escolhida pelos alunos é a hipótese b). Por outro lado, e contrariamente ao que aconteceu no estudo piloto no qual a maioria dos alunos selecionou em pré-teste a opção correta d), há no estudo alargado muitos discentes, em alguns casos mais de metade por turma (por exemplo: na turma 16, do Colégio 2, 75,00 %), que acreditam que um objeto carregado positivamente ganha prótons, tendo estes selecionado a opção a). Contudo, em pré-teste, há que destacar pela positiva os alunos da turma 4 e 5, de Coimbra, onde 50,00 % e 70,37 % respetivamente, acerta a questão e das turmas 9 e 10, de Viseu, onde 58,33 % e 79,17 % dos alunos procedem da mesma forma.

Quando analisamos os resultados de pós-teste observamos que em todas as turmas, de todas as escolas envolvidas no estudo alargado, mais de metade dos alunos acerta a questão, escolhendo a hipótese d). Há assim, em todas as turmas, um resultado

positivo das aprendizagens traduzido por uma maior percentagem de respostas corretas no pós-teste. Também é fácil verificar que os resultados menos satisfatórios (a percentagem de alunos que acerta é mais baixa) são em cada escolas obtidos em turmas escolhidas como controlo. Além disso, verifica-se que a percentagem de alunos a acertar na resposta a esta questão é mais elevada em turmas onde se aplicam simultaneamente as técnicas pedagógicas da analogia e da resolução de problemas, veja-se o exemplo a turma 6, da escola de Coimbra, onde 100,00 % dos alunos acerta a resposta. Só nas turmas do professor E, de Viseu, a percentagem de alunos que acerta a resposta é superior na turma onde se aplica apenas o tratamento das analogias (91,66 %) quando comparada com a turma onde se aplicam as técnicas conjuntas (83,33 %).

Q2: “Se colocarmos um fio de metal numa tomada de corrente das nossas casas, apanhamos um choque, mas se colocarmos um fio de algodão não.” **Explique porquê.**

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	<i>correta e explicada</i>	<i>correta</i>	<i>incorreta</i>	<i>não respondeu</i>
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	3,80 42,31	80,80 57,69	15,40 -	- -
	2	Resolução de Problemas	4,00 8,00	76,00 88,00	- 4,00	20,00 -
B	3	Controlo	- -	24,00 84,00	44,00 8,00	32,00 8,00

Tabela 13: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q2 no pré- e no pós-teste

A análise da Tabela 13 evidencia uma aprendizagem razoável dos alunos das três turmas depois do desenvolvimento das atividades de ensino. No que concerne à escolha da opção correta (opção correta + opção correta com justificação correta) na turma 1 esta passou de 84,60 % para os 100,00 %, na turma experimental 2 de 80,00 % para os 96,00 % e dos 24,00 % para os 84,00 % na turma de controlo. Dos alunos que respondem mas erram a resposta à questão, encontramos respostas semelhantes à do aluno da turma de controlo: “A afirmação é incorreta. Apanhamos choque quando colocamos um fio de algodão na tomada pois este é um bom condutor de corrente elétrica.”

Contudo, se considerarmos a capacidade para explicar corretamente a hipótese escolhida, característica das aprendizagens significativas, os progressos são vincadamente diferentes e temos 42,31 % para a turma 1, 8,00 % para a turma 2 e 0,00 % para a turma de controlo.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	<i>correta e explicada</i>	<i>correta</i>	<i>incorreta</i>	<i>não respondeu</i>
C	4	Controlo	- / 14,29	57,14 / 45,71	10,72 / 35,14	32,14 / 4,86
	5	Resolução de Problemas	- / 17,39	51,85 / 44,44	39,45 / 38,17	8,70 / -
	6	Analogias e Resolução de Problemas	- / 84,61	26,92 / 15,39	61,54 / -	10,54 / -
D	7	Analogias	- / 55,56	38,89 / 33,33	44,44 / 11,11	16,67 / -

Tabela 14: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q2 no pré- e no pós-teste

<u>Escola de Viseu</u>						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	<i>correta e explicada</i>	<i>Correta</i>	<i>Incorreta</i>	<i>não respondeu</i>
E	8	Controlo	8,33 / 33,33	33,33 / 8,33	58,34 / 45,83	- / 12,51
	9	Analogias	- / 79,17	41,67 / 20,83	58,33 / -	- / -
	10	Analogias e Resolução de Problemas	- / 58,35	33,33 / 12,50	62,51 / 24,99	4,16 / 4,16
F	11	Resolução de Problemas	10,53 / 73,69	10,53 / 21,05	73,68 / 5,26	5,26 / -
	12	Analogias e Resolução de Problemas	- / 86,36	31,81 / 13,64	68,19 / -	- / -

Tabela 15: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q2 no pré- e no pós-teste

Escola da Guarda						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	<i>correta e explicada</i>	<i>Correta</i>	<i>Incorreta</i>	<i>não respondeu</i>
G	13	Controlo	- / 36,84	42,11 / 26,32	47,37 / 26,32	10,52 / 10,52
	14	Resolução de Problemas	- / 37,50	31,25 / 50,00	62,50 / 12,50	6,25 / -
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	- / 52,94	52,94 / 29,42	41,18 / 17,64	5,88 / -

Tabela 16: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q2 no pré- e no pós-teste

Colégio 2						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	<i>correta e explicada</i>	<i>Correta</i>	<i>Incorreta</i>	<i>não respondeu</i>
I	16	Controlo	- / -	62,50 / 75,00	37,50 / 25,00	- / -
	17	Analogias e Resolução de Problemas	- / 68,75	75,00 / 31,25	12,50 / -	12,50 / -

Tabela 17: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q2 no pré- e no pós-teste

Da análise dos resultados observa-se que, no pré-teste, praticamente nenhum aluno responde de forma correta e explicada à questão, à exceção de poucos alunos das turmas 8 e 11, da escola de Viseu, nas quais 8,33 % e 10,53 %, respetivamente, o conseguem fazer. Verifica-se ainda que, em nove das catorze turmas envolvidas no estudo alargado, a percentagem de alunos que responde de forma incorreta chega a ser superior à percentagem de alunos que responde corretamente.

Analisando os resultados obtidos pelos alunos no pós-teste verifica-se que, em todas as turmas, a percentagem de alunos que responde acertadamente aumenta. O número de alunos que acerta e o faz de forma explicada, usando todos os termos científicos necessários, é maior em turmas que usaram a metodologia combinada das analogias com a resolução de problemas, por exemplo, na turma 12 do professor F, a percentagem aumenta de 0,00 % para 86,36 %. À semelhança da questão anterior, a exceção ao exposto, acontece nas turmas do professor E, turmas 9 e 10, onde o número

de alunos que responde de forma correta e explicada é superior na turma onde se aplicou apenas a analogia criada (turma 9). Ou seja, também a melhoria nos resultados obtidos só com o recurso a analogias é bastante satisfatória, veja-se o exemplo da turma 9, onde a percentagem de discentes a responder de forma correta e corretamente explicada aumenta de 0,00 % para 79,17 %. Nesta turma há várias respostas semelhantes à do aluno, que em pós-teste, escreve: *“Isto acontece porque o metal, ao contrário do fio de algodão, é um bom condutor de corrente elétrica uma vez que o metal apresenta elétrons livres.”*. Se nos debruçarmos sobre as turmas com recurso apenas à técnica da resolução de problemas, como por exemplo as turmas 5 e 14, verificamos que a percentagem de alunos que acerta e justifica corretamente não é tão elevada como quando combinamos as técnicas pedagógicas ou quando recorremos apenas ao uso da analogia. Repare-se, por exemplo, no caso da turma 5, do professor C, onde a percentagem de alunos a obter cotação máxima passa de 0,00 % no pré-teste para, apenas, 17,39 % no pós-teste. No entanto, os alunos da turma 11 evidenciam melhorias significativas. Se compararmos as percentagens de respostas corretas e explicadas em pré- e pós-teste para as turmas de controlo, observamos que as melhoras são pouco ou nada significativas; por exemplo, no caso dos alunos da turma 16, do professor I, a percentagem dos que acertam e justificam corretamente era de 0,00 % no pré-teste e mantém o mesmo valor em pós-teste.

Constata-se, em geral, que na aquisição dos conceitos científicos necessários para responder corretamente a esta questão funciona melhor a metodologia combinada ou então o recurso à analogia, pois os resultados menos favoráveis em pós-testes são obtidos em turmas onde a matéria foi lecionada e se aplicou a técnica pedagógica da resolução de problemas ou em turmas definidas como controlo.

Q3: Quando dizemos “*fechar a luz*” estamos a **abrir** ou **fechar um circuito**? Justifique.

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>					
Classificação das respostas (%)					
Professor	Turma	Tratamento	<i>correta e explicada</i>	<i>correta</i>	<i>Incorreta</i>
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	23,08 100,00	69,23 -	7,69 -
	2	Resolução de Problemas	24,00 60,00	60,00 30,00	16,00 10,00
B	3	Controlo	20,00 76,00	60,00 -	20,00 24,00

Tabela 18: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q3 no pré- e no pós-teste

Os dados revelados pela análise dos pré-testes mostram que mesmo antes da lecionação da matéria há já, em todas as turmas, alunos que conseguem acertar e explicar corretamente a sua resposta. Verificamos também que mais de metade dos alunos consegue responder corretamente à questão dizendo apenas que “*quando estamos a fechar a luz, abrimos o circuito*”.

Em pós-teste a aplicação simultânea das analogias com a resolução de problemas tem excelentes resultados, tendo todos os alunos acertado e justificado a resposta corretamente. Entre todas as respostas corretas exemplificam-se duas: “*Estamos a abrir o circuito. Num circuito aberto não há movimento orientado de eletrões, não há corrente elétrica e a luz não acende.*”; “*Abrir o circuito. Como aprendemos com a analogia, um fosso no circuito não permite o movimento orientado dos elétrons, pois estes não se podem acumular! Um circuito com um fosso é um circuito aberto onde não há passagem de corrente elétrica e a luz não acende.*” Na turma 2 e 3, a percentagem de alunos que acerta e justifica corretamente a resposta ultrapassa os 50,00 %. Todavia, nestas turmas, há agora alunos que respondem de forma incorreta a esta pergunta, facto que não acontecia em pré-teste.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	<i>correta e explicada</i>	<i>correta</i>	<i>incorreta</i>	<i>não respondeu</i>
C	4	Controlo	4,17 25,00	33,33 25,00	50,00 41,67	12,50 8,33
	5	Resolução de Problemas	- 14,82	59,26 40,74	33,33 22,22	7,40 22,22
	6	Analogias e Resolução de Problemas	- 92,31	30,78 7,69	53,84 -	15,38 -
D	7	Analogias	- 94,44	11,11 5,56	77,77 -	11,12 -

Tabela 19: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q3 no pré- e no pós-teste

<u>Escola de Viseu</u>						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	<i>correta e explicada</i>	<i>correta</i>	<i>incorreta</i>	<i>não respondeu</i>
E	8	Controlo	- 20,83	20,83 41,67	70,83 20,83	8,34 16,67
	9	Analogias	- 79,17	16,67 20,83	83,33 -	- -
	10	Analogias e Resolução de Problemas	- 75,00	20,83 25,00	79,17 -	- -
F	11	Resolução de Problemas	- 63,16	21,05 26,31	78,95 10,53	- -
	12	Analogias e Resolução de Problemas	- 86,36	31,81 13,64	68,19 -	- -

Tabela 20: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q3 no pré- e no pós-teste

Escola da Guarda						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	<i>correta e explicada</i>	<i>correta</i>	<i>incorreta</i>	<i>não respondeu</i>
G	13	Controlo	5,26 26,31	15,79 63,16	78,95 10,53	- -
	14	Resolução de Problemas	- 37,50	12,50 62,50	87,50 -	- -
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	- 68,83	11,76 25,29	88,24 5,88	- -

Tabela 21: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q3 no pré- e no pós-teste

Colégio 2						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	<i>correta e explicada</i>	<i>Correta</i>	<i>Incorreta</i>	<i>não respondeu</i>
I	16	Controlo	- -	62,50 75,00	37,50 25,00	- -
	17	Analogias e Resolução de Problemas	- 63,17	31,58 15,77	52,63 10,53	15,79 10,53

Tabela 22: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q3 no pré- e no pós-teste

Analisando os dados dos pré-testes verificamos que apenas 4,17 % e 5,26 % dos alunos da turma de controlo 4, de Coimbra e, da turma de controlo 13, da Guarda, respetivamente, acertam e justificam corretamente a sua resposta. Se compararmos também a percentagem de alunos que responde corretamente, mas sem justificar, com a percentagem de alunos que erra a questão, verificamos que a primeira é inferior à segunda, com exceção dos alunos da turma 5, da escola de Coimbra e dos alunos da turma 16 do colégio 2.

Observando as tabelas e analisando apenas os resultados de pós-teste verifica-se que em duas das três turmas definidas para aplicação da técnica da resolução de problemas, turmas 5 e 14, a percentagem de alunos que acerta e justifica corretamente a sua resposta é inferior à de alunos que apenas acerta. Mais uma vez a turma 11, embora sujeita apenas ao treino da resolução de problemas destaca-se pela positiva nos resultados obtidos. No que concerne às turmas definidas como controlo, turmas 8, 13 e

16 a percentagem de alunos que apenas consegue acertar a resposta, não justificando a sua resposta ou fazendo-o de forma incorreta é superior à percentagem daqueles que acertam e justificam corretamente; igualando-se estas percentagens na turma 4. Observa-se ainda que os resultados mais favoráveis acontecem nas turmas onde se explora a analogia ou a analogia combinada com a resolução de problemas. Em turmas com estes tratamentos há sempre mais de metade dos alunos a acertar e justificar corretamente a sua resposta (p.e. turma 6 de Coimbra).

Q4: Observe o circuito elétrico seguinte e **selecione a opção correta**.

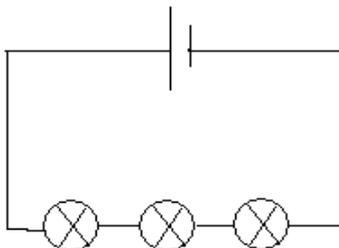


Figura 15: Figura da questão Q4 de pré- e pós-teste do estudo piloto e do estudo alargado

- a) A intensidade da corrente elétrica enfraquece à medida que passa pelos vários componentes do circuito;
- b) A intensidade da corrente elétrica é a mesma em todos os pontos do circuito;
- c) A intensidade da corrente elétrica mantém sempre o mesmo valor desde a pilha até às lâmpadas, diminui quando passa nas lâmpadas, voltando a aumentar de seguida;
- d) A intensidade da corrente elétrica vai aumentando de forma contínua ao longo do circuito.

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>						
Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta)	c)	d)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	53,85 3,80	23,06 96,20	15,40 -	7,69 -
	2	Resolução de Problemas	20,00 12,00	20,00 88,00	52,00 -	8,00 -
B	3	Controlo	52,00 36,00	16,00 64,00	20,00 -	12,00 -

Tabela 23: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q4 no pré- e no pós-teste

Tal como na questão anterior, pode observar-se que o número de respostas corretas depois da aprendizagem escolar é significativamente superior. De acordo com os resultados do pré-teste é possível concluir que os conhecimentos dos alunos sobre corrente elétrica, antes do contacto escolar com esta matéria eram muito semelhantes

nas três turmas, avaliando pelas respostas corretas: 23,06 %, 20,00 % e 16,00 % respetivamente para as turmas 1, 2 e 3.

Nos pós-testes as percentagens mudaram para 96,00 %, 88,00 % e 64,00 %. É curioso reparar que: as ideias pré-concebidas, representadas nas alíneas a) e c) estavam muito enraizadas antes do estudo, sendo escolhidas por mais de metade dos alunos de cada turma e que as ideias pré-concebidas c) e d) após a lecionação dos conteúdos são completamente eliminadas. Contudo, a preconceção errada representada na alínea a) permanece em 12,00 % dos alunos da turma 2 e 36,00 % da turma 3, embora tenha sido praticamente eliminada na turma 1.

Mais uma vez os melhores resultados são obtidos em turmas onde se usam ambas as técnicas pedagógicas.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>							
Opção escolhida (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta)	c)	d)	n.r.
C	4	Controlo	8,33 79,17	25,00 8,33	41,67 -	4,17 -	20,83 12,50
	5	Resolução de Problemas	14,81 -	25,93 88,90	48,15 3,70	11,11 3,70	- 3,70
	6	Analogias e Resolução de Problemas	23,77 7,69	34,62 92,31	38,46 -	3,15 -	- -
D	7	Analogias	18,80 -	25,00 88,90	45,10 3,70	11,10 3,70	- 3,70

Tabela 24: Resposta dos alunos da escola de Coimbra na questão Q4 no pré- e no pós-teste.

<u>Escola de Viseu</u> Opção escolhida (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta)	c)	d)	n.r.
E	8	Controlo	25,00 4,17	29,16 70,83	37,50 25,00	4,17 -	4,17 -
	9	Analogias	8,33 -	41,67 100,00	41,67 -	8,33 -	- -
	10	Analogias e Resolução de Problemas	25,00 -	25,00 100,00	41,67 -	8,33 -	- -
F	11	Resolução de Problemas	21,05 -	10,53 84,21	57,89 15,79	10,53 -	- -
	12	Analogias e Resolução de Problemas	27,27 -	31,82 95,45	31,82 4,55	9,09 -	- -

Tabela 25: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q4 no pré- e no pós-teste

<u>Escola da Guarda</u> Opção escolhida (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta)	c)	d)	n.r.
G	13	Controlo	42,11 5,26	21,05 47,37	36,84 26,32	- -	- 21,05
	14	Resolução de Problemas	6,25 12,50	37,50 62,50	50,00 25,00	6,25 -	- -
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	17,65 5,88	23,03 58,83	41,67 35,29	17,65 -	- -

Tabela 26: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q4 no pré- e no pós-teste

<u>Colégio 2</u> Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta)	c)	d)
I	16	Controlo	6,25 18,75	37,50 62,50	50,00 18,75	6,25 -
	17	Analogias e Resolução de Problemas	21,05 -	10,53 78,95	63,16 21,05	5,26 -

Tabela 27: Resposta dos alunos do Colégio 2 na questão Q4 no pré- e no pós-teste

Quando se analisam os resultados dos alunos em pré-teste observa-se que, no estudo alargado, a opção mais escolhida pelos alunos é a preconceção errada: “a intensidade da corrente elétrica mantém sempre o mesmo valor desde a pilha até às lâmpadas, diminui quando passa nas lâmpadas, voltando a aumentar de seguida”, representada na opção c). As exceções à escolha desta opção acontecem na turma 9, da escola de Viseu, onde a percentagem de alunos que a escolhe é igual à percentagem de alunos que opta pela opção b) (opção correta) e, na turma 13 da Escola da Guarda, na qual 42,11 % dos alunos opta pela pré-conceção errada representada na hipótese a): “A intensidade da corrente elétrica enfraquece à medida que passa pelos vários componentes do circuito”. Em pré-teste a opção menos escolhida é em todas as turmas a hipótese d). Consequentemente, os melhores resultados em pré-teste acontecem numa turma 9, onde 41,67 % dos discentes acerta a questão. A percentagem de alunos que não responde à questão é também muito reduzida pois, provavelmente, os alunos estariam muito convictos da opção a escolher.

Quando analisamos os dados decorrentes do pós-teste observamos que os resultados menos favoráveis são obtidos por alunos pertencentes a turmas de controlo, por exemplo, na turma 4 de Coimbra onde a opção a) continua a ser escolhida por 79,17 % dos alunos, enquanto que a opção correta b) é escolhida apenas por 8,33 %. Mais uma vez os resultados mais satisfatórios são conseguidos por alunos sujeitos simultaneamente ao conjunto: analogias e resolução de problemas ou só analogias, por exemplo, nas turmas experimentais do professor E, turma 10 (Analogia + Resolução de Problemas) a percentagem de alunos que acerta a resposta passa de 25,00 % para 100 %, ou na turma 9 (Analogias) onde esta percentagem passa de 41,67 % para 100 %. Já na escola da Guarda, a percentagem de alunos que acerta a questão é superior na turma onde se aplicou apenas a metodologia da resolução de problemas, passando de 37,50 % para 62,50 % o número de discentes que acerta a mesma. Tal pode ter acontecido porque na turma 14 a percentagem de alunos que acertava a questão em pré-teste (37,50 %), antes da aplicação das técnicas pedagógicas já era superior à que acertava na turma 15 (23,03 %).

Como se referiu anteriormente, e numa perspetiva cíclica de investigação em ação, na questão que se segue, houve uma alteração nas hipóteses a escolher pelos alunos: a questão Q5 dos testes do estudo piloto é ligeiramente diferente da questão Q5 do estudo alargado. A necessidade desta alteração surgiu no final do estudo piloto depois de uma conversa entre a doutoranda e os alunos participantes que referiram ter achado esta questão “confusa”. A maioria dos alunos mencionou que em pré- teste apenas selecionou a opção correta d) simplesmente por “*exclusão de partes*”, na medida em que “*nenhuma das outras lhe parecia correta*”. Como consequência, a alteração introduzida na questão Q5 do estudo alargado consistiu em substituir a hipótese de resposta b) do estudo piloto por uma outra, que passou a ser a hipótese correta no estudo alargado. De seguida, e à semelhança das questões anteriores apresentam-se primeiramente os resultados do estudo piloto e após a análise dos mesmos, os dados provenientes do estudo alargado e a sua consequente discussão.

Q5. (Estudo piloto) Tendo em conta o circuito seguinte, e sabendo que a lâmpada acende, escolha a opção correta.

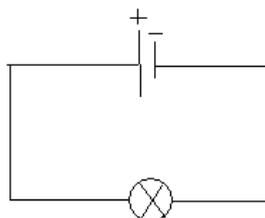


Figura 16: Figura da questão Q5 de pré- e pós-teste do estudo piloto

- a) A luz da lâmpada surge porque é aí que se juntam os dois polos da pilha (polo + e polo -), fazendo faísca;
- b) A lâmpada acende porque existe eletricidade (que é armazenada por substâncias no interior da pilha);
- c) O polo + da pilha liberta energia positiva que vai até ao lado esquerdo da lâmpada, o polo negativo da pilha liberta energia negativa até ao lado direito da lâmpada. Aí as duas equilibram-se fazendo-a acender.
- d) Nenhuma das anteriores.

Se escolheu a opção d), dê uma explicação possível para o facto de a lâmpada acender.

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turmas	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta e corretamente justificada)	d) (correta com justificção incorreta ou correta sem justificção)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	3,85 -	3,85 -	53,86 7,69	7,69 84,62	30,75 7,69
	2	Resolução de Problemas	10,00 -	10,00 -	36,00 44,00	8,00 24,00	36,00 32,00
B	3	Controlo	4,00 -	8,00 -	44,00 36,00	4,00 44,00	40,00 20,00

Tabela 28: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q5 no pré- e no pós-teste

Observando a tabela anterior, constatamos que as concepções erradas encontradas na literatura, opções a), b) e c), também faziam parte das crenças de alguns alunos participantes neste estudo. Das três ideias erradas aquela que é escolhida em todas as turmas por um maior número de alunos é a correspondente à opção c): *“o polo + da pilha liberta energia positiva que vai até ao lado esquerdo da lâmpada, o polo negativo da pilha liberta energia negativa até ao lado direito da lâmpada. Aí as duas equilibram-se fazendo-a acender.”*, sendo esta escolhida por 53,86 % dos alunos na turma experimental 1, 36,00 % na turma experimental 2 e 44,00 % na turma de controlo. Contudo, observa-se que há em todas as turmas alunos que conseguem acertar e justificar corretamente a sua escolha.

Em pós-teste, e à semelhança das questões anteriores, os melhores resultados são obtidos na turma experimental 1, onde há 84,62 % dos alunos que não se limita apenas a acertar na escolha da opção correta, como ainda justifica a sua resposta acertadamente. Nas turmas 2 e 3 a percentagem de alunos que optam pela opção correta e explicada é bem menor que na turma anterior, sendo de 24,00 % na turma 2 e 44,00 % na turma 3. Assim, a analogia parece ajudar os alunos na aquisição dos conceitos necessários para responderem e justificarem acertadamente a questão.

Q5. (Estudo alargado) Tendo em conta o circuito seguinte, e sabendo que a lâmpada acende, **escolha a opção correta**.

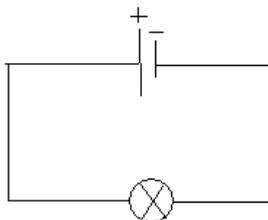


Figura 17: Figura da questão Q5 de pré- e pós-teste do estudo alargado

- a) A luz da lâmpada surge porque é aí que se juntam os dois polos da pilha (polo + e polo -), fazendo faísca;
- b) A luz da lâmpada surge associada à resistência que a lâmpada oferece à passagem da corrente, que provoca uma diminuição de energia do circuito;
- c) O polo + da pilha liberta energia positiva que vai até ao lado esquerdo da lâmpada, o polo negativo da pilha liberta energia negativa até ao lado direito da lâmpada. Aí as duas equilibram-se fazendo-a acender.
- d) Nenhuma das anteriores.

Se escolheu a opção d), dê uma explicação possível para o facto de a lâmpada acender.

Estudo Alargado

Escola de Coimbra

Classificação das respostas (%)

Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta)	c)	d)	d) (corretamente justificada)	n.r.
C	4	Controlo	8,33 -	8,33 58,33	50,00 8,33	- 33,34	16,67 -	16,67 -
	5	Resolução de Problemas	29,63 -	11,11 62,96	48,15 14,81	- -	11,11 18,52	- 3,71
	6	Analogias e Resolução de Problemas	7,69 3,85	7,69 92,30	76,93 3,85	- -	- -	7,69 -
D	7	Analogias	22,22 -	22,22 72,22	44,45 16,67	11,11 11,11	- -	- -

Tabela 29: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q5 no pré- e no pós-teste

<u>Escola de Viseu</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta)	c)	d)	n.r.
E	8	Controlo	16,67 20,83	25,00 20,83	50,00 25,00	- 33,34	8,33 -
	9	Analogias	29,17 -	8,33 83,33	50,00 4,17	4,17 12,50	8,33 -
	10	Analogias e Resolução de Problemas	16,67 -	8,33 83,34	66,67 8,33	8,33 8,33	- -
F	11	Resolução de Problemas	15,79 -	5,26 57,89	63,16 42,11	15,79 -	- -
	12	Analogias e Resolução de Problemas	13,64 -	18,18 90,91	59,09 -	- 9,09	9,09 -

Tabela 30: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q5 no pré- e no pós-teste

<u>Escola da Guarda</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta)	c)	d)	d) (corretamente justificada)
G	13	Controlo	15,78 -	10,53 42,11	63,16 42,11	10,53 -	- 15,78
	14	Resolução de Problemas	6,25 18,75	6,25 37,50	68,75 31,25	18,75 6,25	- 6,25
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	29,41 11,76	17,65 58,82	52,94 29,42	- -	- -

Tabela 31: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q5 no pré- e no pós-teste

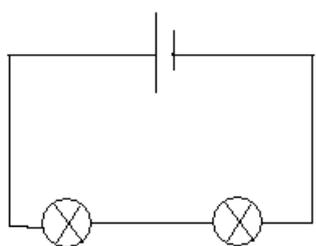
<u>Colégio 2</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d)	d) (corretamente justificada)
I	16	Controlo	18,75 6,25	31,25 50,00	43,75 43,75	6,25 -	- -
	17	Analogias e Resolução de Problemas	21,05 -	10,53 78,95	63,16 21,05	5,26 -	- -

Tabela 32: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q5 no pré- e no pós-teste

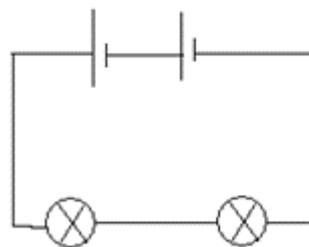
Analisando os resultados das tabelas anteriores verificamos que em todas as turmas envolvidas no estudo a opção mais escolhida pelos alunos, em pré-teste, é a opção c). Ou seja, a lâmpada acende porque *“o polo + da pilha liberta energia positiva que vai até ao lado esquerdo da lâmpada, o polo negativo da pilha liberta energia negativa até ao lado direito da lâmpada. Aí as duas equilibram-se fazendo-a acender”*, conceção errada que já tinha sido previamente detetada na literatura. Repara-se também que apesar de em número não muito significativo há já alguns alunos que selecionam a opção correta b). Ainda em pré-teste, verificamos que nas turmas 4 e 5, de Coimbra, há alunos que selecionam a hipótese errada d) mas que conseguem apresentar uma justificação acertada para o facto de a lâmpada acender, veja-se o caso do seguinte aluno: *“A lâmpada acende pois o circuito está fechado, sendo possível haver um fluxo de eletrões”*.

No pós-teste, com exceção dos discentes das turmas 8 e 13, de Viseu e da Guarda, respetivamente, ambas turmas controlo, a opção mais escolhida pelos alunos é a hipótese correta b). Repare-se que na turma 8, de Viseu, apenas 20,83 % dos alunos seleciona a hipótese correta e na turma 13 da Guarda, a percentagem de alunos que seleciona esta opção é igual à de alunos que continua a selecionar a opção errada c), sendo essa percentagem de 42,11 %. Comparando os resultados de alunos pertencentes a turmas experimentais e turmas de controlo, observamos que os melhores resultados são obtidos, em todas as escolas, em algumas de modo mais significativo do que em outras, em turmas sujeitas ao tratamento conjunto das analogias com a resolução de problemas. Verificamos ainda que em turmas experimentais onde se aplicou apenas a metodologia das analogias os resultados obtidos pelos alunos também são bastante satisfatórios, o que não acontece, de modo tão significativo, em turmas onde se aplicaram as técnicas julgadas necessárias para a resolução de problemas ou em turmas de controlo.

Q6. Observe os seguintes circuitos elétricos:



Circuito A



Circuito B

Figura 18: Figuras da questão Q6 de pré- e pós-teste do estudo piloto e do estudo alargado

No circuito A:

- a) as lâmpadas brilham menos que no circuito B;
- b) as lâmpadas brilham mais que no circuito B;
- c) as lâmpadas brilham com a mesma intensidade que no circuito B;
- d) só brilha uma lâmpada porque só há uma pilha (fonte).

Estudo Piloto

			<u>Colégio 1</u>			
			Opção escolhida (%)			
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta)	b)	c)	d)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	80,77	-	-	19,23
			100,00	-	-	-
	2	Resolução de Problemas	96,00	-	2,00	2,00
			92,00	-	-	8,00
B	3	Controlo	96,00	-	-	4,00
			92,00	-	-	8,00

Tabela 33: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q6 no pré- e no pós-teste

Com os dados recolhidos verificamos que, por conhecimentos prévios corretos ou por intuição, uma elevada percentagem dos alunos, em todas as turmas superior a 80,00 %, acerta a questão em pré-teste.

Nos pós-testes, nas três turmas envolvidas no estudo, a percentagem de discentes que acerta a questão ultrapassa sempre os 90,00 %, atingindo os 100,00 % na turma 1 e os 92,00 % nas turmas 2 e 3. Contudo, apesar de apenas de um modo não muito significativo, na turma experimental 2 e na turma de controlo, após a lecionação da matéria, a percentagem de alunos que acerta a questão diminui.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>							
Opção escolhida (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta)	b)	c)	d)	n.r.
C	4	Controlo	66,67	-	-	33,33	-
			75,00	-	-	16,67	8,33
	5	Resolução de Problemas	81,48	-	3,70	7,42	7,40
			62,96	-	-	29,64	7,40
	6	Analogias e Resolução de Problemas	42,26	-	-	34,56	23,18
			96,15	-	-	-	3,85
D	7	Analogias	55,55	-	-	38,90	5,55
			88,88	-	-	11,12	-

Tabela 34: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q6 no pré- e no pós-teste

<u>Escola de Viseu</u>							
Opção escolhida (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta)	b)	c)	d)	n.r.
E	8	Controlo	75,00 75,00	- -	- -	20,83 25,00	4,17 -
	9	Analogias	54,16 95,83	- -	4,17 -	41,67 4,17	- -
	10	Analogias e Resolução de Problemas	70,83 91,67	- -	- -	25,00 8,33	4,17 -
F	11	Resolução de Problemas	68,42 89,47	- -	5,26 -	26,32 10,53	- -
	12	Analogias e Resolução de Problemas	72,73 100,00	4,55 -	- -	22,72 -	- -

Tabela 35: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q6 no pré- e no pós-teste

<u>Escola da Guarda</u>						
Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta)	b)	c)	d)
G	13	Controlo	63,17 84,21	5,26 -	5,26 -	26,31 15,79
	14	Resolução de Problemas	43,75 100,00	- -	18,75 -	37,50 -
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	64,71 88,25	- -	- -	35,29 11,75

Tabela 36: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q6 no pré- e no pós-teste

<u>Colégio 2</u>						
Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta)	b)	c)	d)
I	16	Controlo	87,50 100,00	- -	- -	12,50 -
	17	Analogias e Resolução de Problemas	73,68 94,74	- -	5,26 -	21,06 5,26

Tabela 37: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q6 no pré- e no pós-teste

Observando os resultados obtidos em pré-teste e tal como no estudo piloto, esta é a questão em que antes da lecionação da matéria e/ou da aplicação de qualquer técnica pedagógica, os alunos apresentam melhores resultados. Temos como exemplo os alunos da turma 16, onde em pré-teste 87,50 % dos alunos já acerta a questão. À semelhança do que aconteceu no estudo piloto, também aqui, a maioria dos alunos que erra na resposta, opta por escolher para hipótese correta a opção d): *“só brilha uma lâmpada porque só há uma pilha (fonte)”*, acreditando que uma pilha acende apenas uma lâmpada.

Em pós-teste e depois dos resultados obtidos por estes alunos no primeiro teste, a percentagem de alunos que acerta a questão aproxima-se muito dos 100,00 %, atingido este valor nas turmas: 12 de Viseu, onde se aplicou uma metodologia combinada, na turma 14 da Guarda, onde se aplicou a técnica da resolução de problemas e na turma 16, do Colégio 2, uma turma de controlo. Assim e face ao exposto, parece-nos que a lecionação que não utiliza o tratamento da analogia ou da resolução de problemas se revela eficaz na aquisição dos conteúdos necessários para responder corretamente a esta questão.

Q7. A função da pilha (fonte) num circuito é:

- a) produzir protões no polo +;
- b) produzir eletrões no polo –;
- c) produzir em simultâneo protões, no polo +, e eletrões, no polo -;
- d) nenhuma das anteriores.

Se escolheu a opção d), explique, por palavras suas, qual a função da fonte num circuito.

Estudo Piloto

Colégio 1							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turmas	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta e corretamente justificada)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	19,22	-	38,46	23,08	19,24
			-	-	7,70	92,30	-
	2	Resolução de Problemas	8,00	8,00	52,00	8,00	24,00
			-	-	16,00	80,00	4,00
B	3	Controlo	4,00	-	52,00	8,00	36,00
			-	-	12,00	76,00	12,00

Tabela 38: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q7 no pré- e no pós-teste

Observando os resultados dos alunos em pré-teste verificamos que, quer nas turmas experimentais, quer na de controlo, a maioria dos alunos seleciona para resposta correta a opção c): “A função da pilha (fonte) num circuito é produzir em simultâneo protões, no polo +, e eletrões, no polo –“. Por outro lado, ainda que com percentagens menores há, em pré-teste, alunos a selecionar a resposta correta e a justificá-la acertadamente, alcançando os 23,08 % na turma experimental 1 e os 8,00 % nas turmas 2 e 3. Das justificações erroneamente apresentadas destaca-se a seguinte resposta de um aluno pertencente à turma experimental 1: “escolhi a opção d porque a função da

pilha é produzir corrente elétrica”; resposta frequentemente apresentada por outros alunos das três turmas.

Em pós-teste, os resultados apresentados por alunos de turmas experimentais são muito satisfatórios, principalmente na turma experimental 1 onde a percentagem de alunos que acerta e justifica de forma cientificamente correta a sua resposta atinge os 92,30 %. Destaca-se aqui a justificação apresentada por um dos alunos pertencentes a essa turma: *“a função da pilha num circuito, à semelhança do senhor dos gelados no recreio, é fornecer energia aos eletrões e caso o circuito esteja fechado, estabelecer um movimento orientado, havendo assim corrente elétrica”*. Nesta questão, os resultados menos satisfatórios, mas positivos, são obtidos por alunos pertencentes à turma de controlo.

Estudo Alargado

Escola de Coimbra								
Classificação das respostas (%)								
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta e corretamente justificada)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
C	4	Controlo	-	-	75,00	-	12,50	12,50
			-	-	52,83	8,00	35,00	4,17
	5	Resolução de Problemas	-	-	88,89	-	3,70	7,41
			-	-	37,04	29,63	33,33	-
	6	Analogias e Resolução de Problemas	-	-	88,46	-	-	11,54
			-	-	-	92,31	7,69	-
D	7	Analogias	5,55	5,55	72,23	-	16,67	-
			-	-	11,11	72,22	16,67	-

Tabela 39: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q7 no pré- e no pós-teste

Escola de Viseu

Classificação das respostas (%)

Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta e corretamente justificada)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
E	8	Controlo	-	-	87,50	-	4,17	8,33
			-	-	45,84	12,50	33,33	8,33
	9	Analogias	4,17	-	83,33	-	4,17	8,33
			-	-	-	83,33	16,67	-
	10	Analogias e Resolução de Problemas	-	-	90,91	-	9,09	-
			-	-	7,57	83,33	4,55	4,55
F	11	Resolução de Problemas	-	-	89,48	5,26	-	5,26
			-	-	-	42,11	57,89	-
	12	Analogias e Resolução de Problemas	-	-	81,82	-	13,64	4,54
			-	-	-	77,28	18,18	4,54

Tabela 40: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q7 no pré- e no pós-teste

Escola da Guarda

Classificação das respostas (%)

Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta e corretamente justificada)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
G	13	Controlo	5,26	10,53	78,95	-	5,26	-
			-	-	73,69	5,26	21,05	-
	14	Resolução de Problemas	6,25	6,25	68,75	-	6,25	12,50
			-	-	25,00	62,50	12,50	-
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	11,76	-	88,24	-	-	-
			-	-	5,88	88,24	5,88	-

Tabela 41: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q7 no pré- e no pós-teste

<u>Colégio 2</u>								
Classificação das respostas (%)								
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta e corretamente justificada)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
I	16	Controlo	12,50	37,50	43,75	-	6,25	-
			-	-	37,50	50,00	12,50	-
	17	Analogias e Resolução de Problemas	-	-	94,74	-	5,26	-
			-	-	-	84,21	15,79	-

Tabela 42: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q7 no pré- e no pós-teste

Analisando os resultados do estudo alargado e como no estudo piloto a opção mais escolhida, no pré-teste, continua a ser a hipótese c). Observa-se que com exceção de 5,26 % dos alunos da turma 11, de Viseu, não há em outras turmas alunos a acertar e a justificar corretamente a sua resposta. Há apenas pequenas percentagens de alunos, em todas as escolas, a selecionar a opção correta mas não justificando ou justificando erradamente a sua escolha.

Analisando as mesmas tabelas mas focando-nos apenas em resultados de pós-teste, observamos que há melhorias em todas as turmas participantes neste estudo. Olhando para os resultados obtidos em turmas onde se aplica o tratamento combinado, constata-se que as percentagens de alunos que acertam a resposta e a justificam corretamente vão desde os 77,28 %, na turma 12 de Viseu, até aos 92,31 %, na turma 6 da escola de Coimbra. Quando estudamos os dados referentes a turmas onde se aplica apenas a técnica da analogia, os resultados também são bastante favoráveis, havendo turmas onde os alunos que acertam e justificam corretamente a resposta alcançam a percentagem de 83,33 %, turma 9 de Viseu. Já os resultados obtidos com recurso à técnica da resolução de problemas ou em turmas de controlo são mais modestos, sendo a percentagem máxima de alunos que acerta e justifica acertadamente para o primeiro caso de 62,50 %, turma 14 da Guarda e para o segundo de 50,00 %, turma 16 do colégio 2. Nestas duas turmas, por exemplo, pode verificar-se que continua a prevalecer uma percentagem relativamente elevada de 25,00 % (turma 14) e de 37,50 % (turma 16) de preconceções incorretas relacionadas com a escolha da opção c). Esta mesma

preconceção é fortemente revelada nos 73,69 % de respostas dadas no pós-teste pelos alunos da turma 13 (controlo) da Guarda.

Q8. Num circuito, com um **interruptor aberto antes da lâmpada**, pode afirmar-se que:

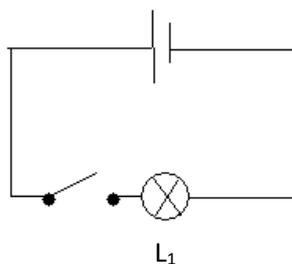


Figura 19: Figura da questão Q8 de pré- e pós-teste do estudo piloto e do estudo alargado

- a) L_1 acende;
- b) L_1 não acende;

Justifique a sua escolha

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>					
Classificação das respostas (%)					
Professor	Turmas	Tratamento	a)	b) (correta e corretamente justificada)	b) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	-	26,92	73,08
	2	Resolução de Problemas	-	8,00	92,00
B	3	Controlo	-	12,00	88,00
			4,00	88,00	8,00
			35,00	49,00	16,00

Tabela 43: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q8 no pré- e no pós-teste

Os resultados decorrentes dos pré-testes, aplicados no estudo piloto, vão ao encontro do esperado e já detetado na literatura. Verifica-se que a grande maioria dos alunos participantes acerta a questão, isto é, seleciona a opção b) mas justifica erradamente a sua resposta. Para os alunos a lâmpada não acende porque o interruptor, aberto, encontra-se antes da lâmpada; se o mesmo interruptor estivesse após a lâmpada esta acenderia.

No pós-teste observamos que os alunos das turmas experimentais 1 e 2 têm muita mais facilidade em acertar e justificar corretamente a questão (92,41 % e 88,00 %, respetivamente) do que os alunos da turma de controlo, onde a percentagem de alunos que o faz não chega aos 50,00 %.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta e corretamente justificada)	b) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
C	4	Controlo	12,51 8,33	8,33 20,83	58,33 70,84	20,83 -
	5	Resolução de Problemas	22,22 33,33	- 44,45	77,78 22,22	- -
	6	Analogias e Resolução de Problemas	7,69 -	11,53 96,15	65,40 3,85	15,38 -
D	7	Analogias	22,22 -	11,11 100,00	66,67 -	- -

Tabela 44: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q8 no pré- e no pós-teste

<u>Escola de Viseu</u>						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta e corretamente justificada)	b) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
E	8	Controlo	8,33 16,67	- 58,33	87,50 12,50	4,17 12,50
			9	Analogias	25,00 -	- 100,00
	10	Analogias e Resolução de Problemas	8,33 -	- 87,50	91,67 8,33	- 4,17
F	11	Resolução de Problemas	5,26 -	5,26 73,68	84,22 26,32	5,26 -
	12	Analogias e Resolução de Problemas	8,33 -	- 100,00	91,67 -	- -

Tabela 45: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q8 no pré- e no pós-teste

Escola da Guarda						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta e corretamente justificada)	b) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
G	13	Controlo	15,76 10,53	10,56 63,15	73,68 26,32	- -
	14	Resolução de Problemas	25,00 -	- 50,00	75,00 50,00	- -
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	17,65 -	- 94,12	82,35 -	- 5,88

Tabela 46: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q8 no pré- e no pós-teste

Colégio 2						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta e corretamente justificada)	b) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
I	16	Controlo	18,75 -	- 75,00	75,00 25,00	6,25 -
	17	Analogias e Resolução de Problemas	15,79 -	- 94,74	73,68 5,26	10,53 -

Tabela 47: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q8 no pré- e no pós-teste

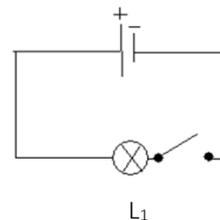
Em conformidade com o acontecido no estudo piloto, em pré-teste, a percentagem de alunos que acerta a resposta mas sem justificar ou com justificação incorreta é em todas as turmas superior à percentagem de alunos que falha a resposta ou que não responde. Mais uma vez, os alunos parecem confiantes nos seus conhecimentos prévios parecendo-lhes estes corretos e suficientes para responder acertadamente. Contudo, quando tentam justificar a sua resposta grande parte dos alunos responde de forma semelhante ao aluno da turma 12, de Viseu: “A lâmpada não acende porque o interruptor aberto está antes desta não deixando a eletricidade chegar até à lâmpada.”; ou como o aluno da turma 17, do Colégio 2: “A lâmpada não acende

porque o interruptor está aberto antes da lâmpada. Se o interruptor estivesse aberto depois da lâmpada ela acendia porque a corrente elétrica ainda chegava a atravessá-la.”

Em pós-teste os resultados são muito satisfatórios no que concerne principalmente às turmas experimentais onde se aplica a metodologia das analogias individualmente ou de modo combinado. Repare-se que, há três turmas onde todos os alunos acertam e justificam corretamente a sua escolha, turma 7, de Coimbra e turmas 9 e 12, de Viseu; apresentando as restantes turmas percentagens sempre superiores a 87,50 %. Destaca-se a resposta de um aluno da turma 7: *“ O facto do interruptor aberto se encontrar antes ou depois da lâmpada é indiferente. Como não há um caminho fechado (que tenha a lâmpada e a pilha) para a passagem da corrente elétrica ela não pode acender”* e de um aluno da turma 9: *“A lâmpada não acende porque o interruptor está aberto. Como aprendemos com a analogia sempre que há um fosso no recreio e mesmo que no recreio continue o senhor dos gelados, o movimento orientado dos meninos é impossível por causa da regra de não poder haver acumulação de meninos. Isto também acontece no caso do circuito elétrico, pode haver pilha e lâmpada num circuito mas se não houver um caminho fechado que permita o movimento dos eletrões a lâmpada não acende”*. Já os resultados obtidos por alunos pertencentes a turmas onde se aplica apenas a resolução de problemas ou turmas de controlo são inferiores aos obtidos por alunos das turmas experimentais anteriormente referidas.

Q9. No seguinte circuito, com o interruptor aberto depois da lâmpada, pode afirmar-se que:

- a) L₁ acende;
- b) L₁ não acende;



Justifique a sua escolha.

Figura 20: Figura da questão Q9 de pré- e pós-teste do estudo piloto e do estudo alargado

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>				
Classificação das respostas (%)				
Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta e corretamente justificada)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	84,61	15,39
	2	Resolução de Problemas	80,00	20,00
B	3	Controlo	8,00	92,00
			36,00	64,00

Tabela 48: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q9 no pré- e no pós-teste.

Podemos notar novamente que as ideias iniciais dos alunos influenciam fortemente a escolha da opção incorreta nos pré-testes. Respostas corretas e bem justificadas no pré-teste alcançam apenas 15,39 %, 20,00 % e 12,00 % para as turmas 1, 2 e 3, respetivamente.

Depois da aprendizagem escolar as opções corretas e justificações adequadas aumentam para 100% na turma onde se aplicou a metodologia combinada; 92,00 %, na turma com resolução de problemas e 64,00 %, na turma de controlo. Contudo, ainda há 8,00 % dos alunos na turma 2 e 36,00 % na turma 3 que mantêm a sua ideia inicial incorreta; esta apenas foi totalmente eliminada na turma 1.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	Opção a)	Opção b) (correta e corretamente justificada)	Opção b) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
C	4	Controlo	54,17	4,17	20,83	20,83
			12,50	58,33	12,50	16,67
	5	Resolução de Problemas	48,15	-	40,74	11,11
			3,70	59,26	18,52	18,52
	6	Analogias e Resolução de Problemas	53,85	7,69	15,38	23,08
			7,69	76,93	7,69	7,69
D	7	Analogias	50,00	-	33,33	16,67
			-	83,33	16,67	-

Tabela 49: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q9 no pré- e no pós-teste

<u>Escola de Viseu</u>						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	Opção a)	Opção b) (correta e corretamente justificada)	Opção b) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
E	8	Controlo	83,33	-	16,67	-
			12,50	46,34	41,16	-
	9	Analogias	79,16	-	20,84	-
			4,17	91,66	4,17	-
	10	Analogias e Resolução de Problemas	25,00	4,17	70,83	-
			4,17	91,66	4,17	-
F	11	Resolução de Problemas	68,44	-	31,56	-
			10,53	21,05	68,42	-
	12	Analogias e Resolução de Problemas	45,45	9,10	45,45	-
			-	100,00	-	-

Tabela 50: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q9 no pré- e no pós-teste

Escola da Guarda**Classificação das respostas (%)**

Professor	Turma	Tratamento	a)	b) (correta e corretamente justificada)	b) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
G	13	Controlo	47,37 26,31	10,52 26,31	- 47,38	42,11 -
	14	Resolução de Problemas	75,00 31,25	- 31,25	25,00 6,25	- 31,25
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	82,35 -	5,88 76,47	11,77 23,53	- -

Tabela 51: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q9 no pré- e no pós-teste**Colégio 2****Classificação das respostas (%)**

Professor	Turma	Tratamento	Opção a)	Opção b) (correta e corretamente justificada)	Opção b) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
I	16	Controlo	88,00 16,00	- 18,58	- 51,00	12,00 14,42
	17	Analogias e Resolução de Problemas	52,63 5,26	- 84,21	15,79 10,53	31,58 -

Tabela 52: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q9 no pré- e no pós-teste

Quando analisamos os resultados dos pré-testes verificamos que em praticamente todas as turmas envolvidas no estudo (com exceção da turma 10, de Viseu) a maioria dos alunos seleciona a opção incorreta, hipótese a), o que coincide com os resultados relatados na literatura. Muitos alunos justificam a sua escolha como o aluno da turma 16, do colégio 2: “Como o interruptor está aberto depois da lâmpada, esta ainda acende”; ou como o aluno da turma 5, de Coimbra: “Não tenho dúvidas que a lâmpada acende. Isto acontece porque o interruptor está aberto depois da lâmpada, não tendo influência nela”. Ainda no pré-teste, destacam-se pela positiva, os resultados das turmas 10 e 12 de Viseu, onde há alunos a responder acertadamente e a justificar corretamente a sua escolha (4,17 % na turma 10 e 9,10 % na turma 12) e percentagens elevadas de

alunos que respondem corretamente com justificação incorreta ou sem justificação (70,83 % na turma 10 e 45,45 % na turma 12).

Os melhores resultados, em pós-teste, são obtidos quando os alunos são sujeitos à combinação da analogia com resolução de problemas ou só à analogia. O exposto verifica-se p.e., na turma 12, de Viseu, onde número de alunos que responde corretamente e explica as suas razões de forma cientificamente acertada passa de 9,10 % em pré-teste para 100,00 % no pós-teste ou na turma 9, da mesma escola, onde a esta percentagem passa de 0,00 % em pré-teste para 91,66 % em pós-teste. Quando justificam as suas respostas há vários alunos destas turmas a responder de modo semelhante: *“A lâmpada não acende pois não há um caminho fechado que inclua a pilha e a lâmpada”* (resposta de um aluno da turma 12) ou, *“L1 não acende porque se existir uma interrupção do circuito, os eletrões livres dos fios condutores não podem ter movimento orientado e portanto não há corrente elétrica a percorrer o circuito”* (resposta de um aluno da turma 10). Verificou-se também, o exemplo de vários alunos que recorreram à analogia para explicar o ocorrido, destacando-se pela clareza apresentada a seguinte: *“A lâmpada não acende porque apesar do senhor dos gelados continuar no recreio e ter gelados para oferecer aos alunos, como existe um buraco e as regras dizem que as crianças não se podem amontoar, torna-se impossível haver um movimento orientado. Logo representando as crianças eletrões, a partir do momento que o circuito está aberto, o movimento orientado dos eletrões não pode acontecer e não há corrente elétrica.”* Por outro lado, o recurso isolado à técnica da resolução de problemas não nos parece ter efeito positivo neste tipo de questão uma vez que há escolas onde a percentagem de alunos que acerta, em pós-teste, nas turmas de controlo é praticamente igual ou superior à das turmas de alunos sujeitos ao tratamento da resolução de problemas, veja-se o caso das escolas de Viseu e da Guarda.

Q10. *Analise o circuito da figura.*

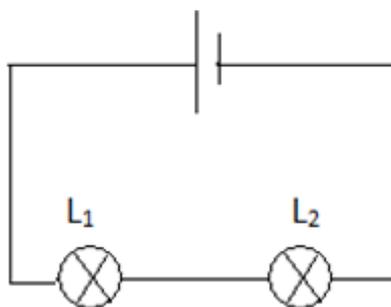


Figura 21: Figura da questão Q10 de pré- e pós-teste do estudo piloto e do estudo alargado

Q10.1. Pode afirmar-se que:

- A) se L_1 brilha mais que L_2 é porque tem mais potência;
- B) se L_1 brilha mais que L_2 é porque tem menos potência;
- C) L_2 brilha menos porque só recebe a energia que sobra de L_1 ;
- D) O brilho das lâmpadas é igual porque estão no mesmo fio.

Estudo Piloto

Colégio 1						
Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	-	-	7,69	92,31
	2	Resolução de Problemas	-	-	3,50	96,50
B	3	Controlo	-	-	8,00	92,00
			-	-	4,00	96,00

Tabela 53: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q10.1 no pré- e no pós-teste

Da análise dos resultados dos pré-testes verifica-se que são muitos os alunos que em todas as turmas já optam pela opção correta, na turma 1: 92,31 % e nas turmas 2 e 3: 92,00 %. No entanto e como já detetado na literatura alguns alunos consideram que à

medida que a corrente elétrica vai atravessando os vários componentes de um circuito esta se vai gastando e como consequência de tal convicção, a segunda opção mais escolhida é a hipótese c), onde se afirma que: “L2 brilha menos porque só recebe a energia que sobra de L1”.

No pós-teste, a percentagem de alunos que acerta a resposta é de 96,50 % na turma 1, 72,00% na turma 2 e 96,00 % na turma 3. Repare-se que os resultados obtidos pela turma experimental 1 e turma 3 são bem semelhantes entre si e que na turma experimental 2 a percentagem de alunos que acerta a resposta diminui após a aplicação da metodologia.

Estudo Alargado

Escola de Coimbra							
Opção escolhida (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta)	n.r.
C	4	Controlo	25,00 -	13,00 -	50,00 25,00	- 75,00	17,00 -
	5	Resolução de Problemas	33,33 -	- -	66,67 40,74	- 59,26	- -
	6	Analogias e Resolução de Problemas	- -	- -	92,30 7,70	7,70 92,30	- -
D	7	Analogias	44,45 -	- -	55,55 -	- 100	- -

Tabela 54: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q10.1 no pré- e no pós-teste

Escola de Viseu							
Opção escolhida (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta)	n.r.
E	8	Controlo	16,67	-	70,83	4,17	8,33
			-	-	16,67	83,33	-
	9	Analogias	16,67	8,33	75,00	-	-
			-	-	8,33	91,67	-
	10	Analogias e Resolução de Problemas	12,50	-	87,50	-	-
			4,17	-	12,50	83,33	-
F	11	Resolução de Problemas	15,79	-	84,21	-	-
			-	-	5,26	94,74	-
	12	Analogias e Resolução de Problemas	13,64	-	86,36	-	-
			-	-	4,55	95,45	-

Tabela 55: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q10.1 no pré- e no pós-teste

Escola da Guarda							
Opção escolhida (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta)	n.r.
G	13	Controlo	10,53	-	73,68	-	15,79
			-	-	15,79	84,21	-
	14	Resolução de Problemas	-	-	87,50	-	12,50
			-	-	6,25	93,75	-
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	18,75	-	75,00	6,25	-
			-	-	18,75	81,25	-

Tabela 56: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q10.1 no pré- e no pós-teste

Colégio 2							
Opção escolhida (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta)	
I	16	Controlo	12,50	-	87,5	-	-
			-	-	6,25	93,75	-
	17	Analogias e Resolução de Problemas	10,53	10,53	78,94	-	-
			-	-	5,26	94,74	-

Tabela 57: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q10.1 no pré- e no pós-teste

No pré-teste a opção maioritariamente escolhida é, em todas as turmas que constituem o estudo alargado, a opção c) chegando a ser escolhida por 92,30 % dos alunos da turma 6, da escola de Coimbra. Contudo, verifica-se que a opção a) também é escolhida por um número por vezes elevado de alunos em quase todas as turmas. O sucedido pode ter acontecido caso os alunos tenham considerado as lâmpadas representadas como diferentes, o que tornaria esta opção como a hipótese correta.

Em pós-teste observam-se resultados bastante satisfatórios em todas as turmas experimentais ou de controlo, sendo a percentagem de alunos a selecionar a hipótese correta semelhantes ou iguais entre si. O exposto constata-se, por exemplo, nos seguintes casos, todos de turmas pertencentes à escola de Viseu e onde as percentagens seguintes dizem respeito a alunos que acertam a questão: 83,33 % dos alunos na turma 8 (turma de controlo), 91,67 % na turma 9 (analogias), 83,33 % na turma 10 (analogias e resolução de problemas) e 94,74 % na turma 11 (resolução de problemas).

Assim e como já observado no estudo piloto a lecionação matéria de forma dita tradicional, sem recurso a analogias e/ou técnicas relacionadas com a resolução de problemas, parece mostrar-se eficiente na compreensão por parte dos alunos de que a corrente elétrica não se “gasta” à medida que atravessa os vários componentes de um circuito elétrico.

Q10.2 Se L_1 fundir...

- a) L_2 contínua acesa e com o mesmo brilho que tinha antes;
- b) L_2 contínua acesa e com mais brilho do que antes;
- c) L_2 contínua acesa mas com menos brilho que antes;
- d) L_2 não acende.

Justifique a sua escolha.

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turmas	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta e corretamente justificada)	d) (correta com justificção incorreta ou correta sem justificção)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	-	53,84	-	23,08	23,08
			-	7,69	-	88,46	3,85
	2	Resolução de Problemas	8,00	64,00	4,00	12,00	12,00
			-	28,00	-	64,00	8,00
B	3	Controlo	-	52,00	-	32,00	16,00
			4,00	12,00	-	72,00	12,00

Tabela 58: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q10.2 no pré- e no pós-teste

A análise dos resultados anteriores mostra-nos que, nos pré-testes, em todas as turmas, a opção mais escolhida pelos alunos é a hipótese b). Estes resultados permitem-nos concluir e à semelhança da questão Q10.1., que muitos alunos têm a ideia errada de que a corrente elétrica “se gasta” à medida que atravessa os componentes do circuito. Consequentemente, para estes alunos, num circuito com duas lâmpadas mesmo que associadas em série como no caso desta questão, se uma deixar de funcionar a outra brilhará com mais intensidade.

Quanto aos resultados do pós-teste observam-se melhoras consideráveis especialmente na turma experimental 1, onde a percentagem de alunos que acerta a resposta e a justifica corretamente é de 88,46 %. Já a percentagem de alunos que acerta e justifica corretamente na turma experimental 2 é de 64,00 % e na turma 3 de 72,00 %. Repare-se que o número de alunos que acerta a questão em pós-teste na turma de controlo é superior ao de discentes que consegue fazê-lo na turma experimental 2. Ou seja, a técnica da resolução de problemas, por si só, não parece contribuir para a eliminação desta conceção errada, não facilitando à aquisição dos conteúdos necessários para responder corretamente a esta questão.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta e corretamente justificada)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)
C	4	Controlo	16,67	83,33	-	-	-
			-	25,00	-	62,50	12,50
	5	Resolução de Problemas	7,40	85,20	-	-	7,40
			-	44,45	-	55,55	-
	6	Analogias e Resolução de Problemas	15,39	76,92	-	-	7,69
			-	-	7,69	92,31	-
D	7	Analogias	16,67	66,66	-	-	16,67
			-	-	-	94,44	5,56

Tabela 59: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q10.2 no pré- e no pós-teste

<u>Escola de Viseu</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta e corretamente justificada)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)
E	8	Controlo	-	83,33	-	-	16,67
			-	12,50	-	70,83	16,67
	9	Analogias	25,00	66,67	-	-	8,33
			-	-	-	100,00	-
	10	Analogias e Resolução de Problemas	-	91,67	-	-	8,33
			-	8,33	-	91,67	-
F	11	Resolução de Problemas	21,05	57,9	-	-	21,05
			-	-	-	52,63	47,37
	12	Analogias e Resolução de Problemas	9,09	90,91	-	-	-
			-	-	-	100,00	-

Tabela 60: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q10.2 no pré- e no pós-teste

Escola da Guarda							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta e corretamente justificada)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)
G	13	Controlo	-	89,48	5,26	-	5,26
			-	-	-	57,90	42,10
	14	Resolução de Problemas	-	37,50	-	-	62,50
			-	12,50	-	50,00	37,50
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	5,88	58,82	-	-	35,30
			-	-	-	88,24	11,76

Tabela 61: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q10.2 no pré- e no pós-teste

Colégio 2								
Classificação das respostas (%)								
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta e corretamente justificada)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	n.r.
I	16	Controlo	12,50	62,50	-	-	25,00	-
			-	25,00	-	62,50	12,50	-
	17	Analogias e Resolução de Problemas	-	42,11	-	-	52,63	5,26
			-	-	-	89,48	10,52	-

Tabela 62: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q10.2 no pré- e no pós-teste

Como no estudo piloto, em pré-teste, a opção b) continua a ser a mais escolhida pelos alunos de todas as turmas. Verificamos também, que apesar de haver um número significativo de alunos que antes da matéria ser lecionada já acerta a resposta, quando lhes é pedido para a justificar não o consegue fazer ou fá-lo de forma errada.

Em pós-teste, a percentagem de alunos que responde corretamente à questão é claramente superior bem como o número de alunos que consegue justificar corretamente a sua resposta. Observe-se o caso das turmas experimentais, 9 e 12 da escola de Viseu, onde todos os alunos acertam e justificam corretamente a sua resposta,

havendo justificações como a seguinte: *“Como no circuito temos duas lâmpadas associadas em série, se uma fundir é como se nesse sítio passasse a estar um interruptor aberto logo a outra não acende (no outro teste não consegui responder a esta questão... não entendia isto, mas agora até é fácil!)”*. Os piores resultados voltam a ser obtidos em turmas onde se aplica apenas a técnica da resolução de problemas ou em turmas de controlo.

Q11. Analise o circuito da figura.

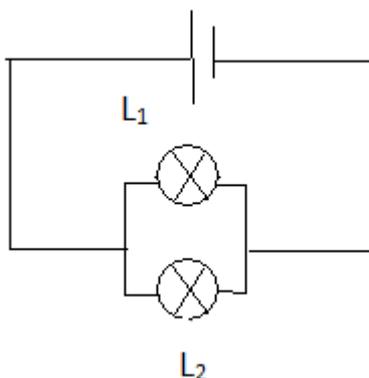


Figura 22: Figura da questão Q11 de pré- e pós-teste do estudo piloto e do estudo alargado

Q11.1 Pode afirmar-se que:

- a) se L_1 brilha mais que L_2 é porque está mais próxima da pilha;
- b) se L_1 brilha mais que L_2 é porque tem mais potência;
- c) L_1 e L_2 brilham o mesmo porque estão ligadas à mesma pilha;
- d) L_1 e L_2 têm brilhos diferentes porque não estão no mesmo fio.

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>						
Classificação das respostas (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c) (correta)	d)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	3,85	-	88,46	7,69
	2	Resolução de Problemas	7,69	-	88,46	3,85
B	3	Controlo	-	-	88,00	12,00
			-	-	80,00	20,00
			-	-	92,00	8,00
			-	-	80,00	20,00

Tabela 63: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q11.1 no pré- e no pós-teste

Observando a tabela anterior verifica-se que no pré-teste quase todos os alunos selecionam já a hipótese correta c), sendo a outra opção mais escolhida pelos discentes

a hipótese d), onde se afirma que: “L1 e L2 têm brilhos diferentes porque não estão no mesmo fio.”

Os resultados do pós-teste mostram que a opção correta é escolhida pela maior percentagem de alunos quer nas turmas experimentais, quer na turma de controlo. Verifica-se ainda que a percentagem de alunos que acerta a resposta é igual a 80,00 % nas turmas 2 e 3 e de 88,46 % na turma experimental 1. Constata-se que após a aplicação das técnicas pedagógicas e/ou lecionação da matéria: na turma experimental 1 a percentagem de alunos que acerta a questão é a mesma que já o fazia em pré-teste; na turma experimental 2 à semelhança da questão Q6 e Q10.1, a percentagem de alunos que acerta a questão é menor em pós-teste do que em pré-teste e na turma 3, à semelhança do ocorrido na turma 2, a percentagem de alunos acertar diminui de pré-para pós-teste.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>							
Opção escolhida (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c) (correta)	d)	n.r.
C	4	Controlo	25,00 -	- -	8,33 58,33	50,00 41,67	16,67 -
	5	Resolução de Problemas	44,44 -	7,40 -	3,72 55,56	44,44 37,03	- 7,41
	6	Analogias e Resolução de Problemas	57,69 -	- -	3,85 84,61	34,61 15,39	3,85 -
D	7	Analogias	55,55 22,22	- -	11,11 66,67	33,34 11,11	- -

Tabela 64: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q11.1 no pré- e no pós-teste

<u>Escola de Viseu</u>						
Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c) (correta)	d)
E	8	Controlo	41,66	-	-	58,34
			-	-	87,50	12,50
	9	Analogias	83,34	-	8,33	8,33
			-	-	87,50	12,50
	10	Analogias e Resolução de Problemas	20,83	-	-	79,17
			-	-	83,33	16,67
F	11	Resolução de Problemas	26,31	26,31	-	47,38
			-	-	73,69	26,31
	12	Analogias e Resolução de Problemas	68,18	-	9,09	22,73
			-	-	90,91	9,09

Tabela 65: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q11.1 no pré- e no pós-teste

<u>Escola da Guarda</u>						
Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c) (correta)	d)
G	13	Controlo	47,38	-	5,26	47,36
			-	-	84,21	15,79
	14	Resolução de Problemas	50,00	-	12,50	37,50
			-	-	87,50	12,50
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	35,45	6,25	6,25	52,05
			-	-	87,50	12,50

Tabela 66: Respostas dos alunos da escola da Guarda na questão Q11.1 no pré- e no pós-teste

<u>Colégio 2</u>						
Opção escolhida (%)						
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c) (correta)	d)
I	16	Controlo	25,00 -	12,50 -	12,50 87,50	50,00 12,50
	17	Analogias e Resolução de Problemas	47,36 -	10,53 -	10,53 89,47	31,58 10,53

Tabela 67: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q11.1 no pré- e no pós-teste

Através dos resultados do pré-teste verifica-se que os alunos participantes neste estudo aparentam alguma indecisão quanto à escolha da que entendem ser a resposta correta, mostrando-se fortemente divididos entre as opções erradas a) e d). Se, por um lado há alunos que consideram que pelo facto de as lâmpadas se encontrarem em fios diferentes têm brilhos diferentes, outros há que pela simples coincidência de visualmente a lâmpada L_1 se encontrar mais perto da pilha isso implique que esta brilhe mais. Quanto à opção correta, hipótese c), quando escolhida é apenas selecionada por alguns participantes.

No pós-teste, a percentagem de alunos que acerta a questão é muito semelhante, em cada escola, entre turmas experimentais e turmas de controlo. A exceção acontece nas turmas da escola de Coimbra, onde as oscilações nas percentagens de alunos que acertam a questão entre turmas experimentais e de controlo é relativamente grande. Assim e como no caso da questão Q10.1, julgamos que a utilização das técnicas pedagógicas propostas não traz acréscimos significativos ao processo ensino-aprendizagem dos conceitos necessários para responder acertadamente à questão.

Q11.2. Se L_1 fundir...

- a) L_2 contínua acesa com o mesmo brilho que tinha antes;
- b) L_2 contínua acesa e com mais brilho que antes;
- c) L_2 contínua acesa mas com menos brilho que antes;
- d) L_2 não acende.

Justifique a sua escolha.

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turmas	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	11,54 92,30	65,38 7,70	23,08 -	- -	- -
	2	Resolução de Problemas	20,00 72,00	64,00 8,00	16,00 20,00	- -	- -
B	3	Controlo	16,00 60,00	60,00 20,00	20,00 -	4,00 20,00	- -

Tabela 68: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q11.2 no pré- e no pós-teste

Da análise dos resultados anteriores é possível retirar conclusões bastante interessantes. Relembrando os resultados da questão Q10.2 onde se representou um circuito com duas lâmpadas associadas em série e se perguntava aos alunos o que aconteceria ao brilho da segunda lâmpada se L_1 fundisse, em pré-teste, a maioria dos alunos respondia que a outra lâmpada iria continuar acesa e o seu brilho aumentar. A resposta dada pelos alunos antes da lecionação da matéria, nesta questão, é bastante diferente do observado na questão anterior. A percentagem de alunos que acerta a resposta é em pré-teste bastante satisfatória, atingindo os 76,97 % na turma 1, 84,00 % na turma 2 e 76,00 % na turma 3; havendo mesmo alguns discentes que já acertam e

conseguem justificar corretamente a sua escolha, 11,54 % na turma experimental 1, 20,00 % na turma experimental 2 e 16,00 %, na turma de controlo.

Em pós-teste, a percentagem de alunos que acerta e justifica corretamente a resposta aumenta de modo significativo, em todas as turmas, quando comparada com a percentagem de alunos que o fazia em pré-teste; atingindo os 92,30 % na turma 1, 72,00 % na turma 2 e os 60,00 % na turma 3. Ou seja, através destes resultados parece-nos que a metodologia combinada se apresenta mais eficaz na compreensão dos conteúdos inerentes a esta pergunta.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
C	4	Controlo	- 79,16	91,67 16,67	8,33 4,17	- -	- -
	5	Resolução de Problemas	- 74,04	66,07 7,44	25,93 18,52	8,00 -	- -
	6	Analogias e Resolução de Problemas	- 92,30	84,62 7,70	7,69 -	7,69 -	- -
D	7	Analogias	- 94,44	88,88 5,56	5,56 -	- -	5,56 -

Tabela 69: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q11.2 no pré- e no pós-teste

<u>Escola de Viseu</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
E	8	Controlo	- 79,17	50,00 12,50	25,00 -	25,00 8,33	- -
	9	Analogias	- 87,50	75,00 12,50	25,00 -	- -	- -
	10	Analogias e Resolução de Problemas	- 87,50	75,00 6,25	12,50 6,25	- -	12,50 -
F	11	Resolução de Problemas	- 84,21	73,68 15,79	10,53 -	10,53 -	5,26 -
	12	Analogias e Resolução de Problemas	- 100,00	81,82 -	9,09 -	9,09 -	- -

Tabela 70: Respostas dos alunos da escola de Viseu na questão Q11.2 no pré- e no pós-teste

<u>Escola da Guarda</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
G	13	Controlo	- 78,95	73,68 21,05	15,79 -	10,53 -	- -
	14	Resolução de Problemas	- 75,00	87,50 25,00	12,50 -	- -	- -
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	- 93,75	75,00 6,25	12,50 -	12,50 -	- -

Tabela 71: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q11.2 no pré- e no pós-teste

<u>Colégio 2</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
I	16	Controlo	-	68,75	25,00	6,25	-
			75,00	25,00	-	-	-
	17	Analogias e Resolução de Problemas	-	52,63	47,37	-	-
			94,74	-	5,26	-	-

Tabela 72: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q11.2 no pré- e no pós-teste

Como sucedido no estudo anterior, a hipótese mais selecionada pelos alunos, em pré-teste, é a correspondente à opção correta: “*L₂ contínua acesa com o mesmo brilho que tinha antes*”. Contudo, não há alunos a conseguir justificar corretamente a sua opção e outros há que deixam em branco o espaço destinado à mesma.

Analisando os resultados obtidos nos pós-testes, verificamos que as turmas onde se aplica a metodologia das analogias, quer individualmente quer de forma combinada, são aquelas em que os alunos obtêm melhores resultados e onde a percentagem de discentes que acerta e a justifica corretamente a sua resposta ultrapassa sempre os 87,50 %, chegando a atingir os 100,00 % na turma 12, da escola de Viseu. Apresenta-se de seguida uma resposta pertencente a um aluno da turma experimental 12, que mostra uma justificação clara e cientificamente correta para a sua escolha: “*Vimos com a analogia das duas pontes paralelas uma à outra (e exatamente iguais entre si) que se uma dessas pontes ficar em obras, há sempre um outro caminho possível para a passagem dos carros. Não podendo estes dividir-se e passando todo só por uma ponte, o seu movimento torna-se mais difícil. Como na analogia, num circuito elétrico com lâmpadas associadas em paralelo (iguais entre si), se uma fundir a outra contínua acesa e com o mesmo brilho que antes.*”.

Como se referiu na página 98, do presente capítulo e na página 82 do capítulo anterior, a questão Q12. dos testes aplicados no estudo piloto e do pré-teste do estudo alargado foi substituída por outra, de resolução e análise semelhante mas mais elaborada nos pós-testes do estudo alargado. As questões Q12. são ambas constituídas por três alíneas. Nos testes aplicados no primeiro estudo e no pré-teste do estudo alargado todas as alíneas são de escolha múltipla com justificação da hipótese escolhida, de modo a podermos analisar a aquisição de aprendizagens significativas. No pós-teste do estudo alargado há uma alínea de resposta curta e duas de escolha múltipla com justificação da hipótese escolhida. A alteração é justificada pela conveniência de testar as aprendizagens dos alunos com uma questão mais complexa mas no qual os conceitos necessários à sua resolução são os mesmos que se exigiam anteriormente.

A questão seguinte apenas constou dos pré- e pós-testes do estudo piloto, bem como, do pré-teste do estudo alargado.

Q12. Observe o circuito da figura, no qual as lâmpadas são todas iguais.

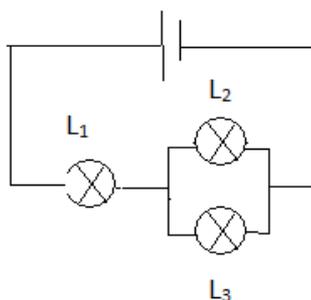


Figura 23: Figura da questão Q12 de pré- e pós-teste do estudo piloto e pré-teste do estudo alargado

Q12.1. Pode **afirmar-se** que:

- a) L_1 brilha mais que L_2 e L_3 ;
- b) L_2 brilha mais que L_1 e L_3 porque está mais próxima da pilha;
- c) Os brilhos de L_1 , L_2 e L_3 são os mesmos;
- d) Todas as lâmpadas têm brilhos diferentes porque estão em fios diferentes.

Justifique a sua escolha.

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turmas	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	23,08 92,30	46,15 -	- -	- -	30,77 7,70
	2	Resolução de Problemas	20,00 84,00	40,00 8,00	- -	- -	40,00 8,00
B	3	Controlo	12,00 48,00	20,00 8,00	4,00 -	4,00 44,00	60,00 -

Tabela 73: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q12.1 no pré- e no pós-teste

Observando os dados que constam na tabela anterior verificamos que em pré-teste há alunos que conseguem acertar e justificar corretamente a sua escolha, sendo também bastante significativa a percentagem de alunos que consegue acertar a questão mas sem a justificar ou não conseguindo justifica-la corretamente. Em pré-teste, a segunda hipótese mais escolhida pelos discentes envolvidos no estudo piloto é a opção errada d): “Todas as lâmpadas têm brilhos diferentes porque estão em fios diferentes”, sendo em todas as turmas escolhidas por alguns alunos e atingindo os 60,00 % na turma de controlo. Note-se que, a ideia de que independentemente do circuito e de as lâmpadas serem ou não iguais, fios diferentes implicarem brilhos diferentes nos recetores aí localizados já tinha sido detetada na questão Q11.1.

No pós-teste, verifica-se que a percentagem de alunos que acerta e justifica de forma correta a sua escolha atinge os 92,30 % na turma experimental 1 e os 84,00 % na turma experimental 2. Na turma de controlo, turma 3, a percentagem de alunos que acerta e justifica corretamente a sua resposta é apenas de 48,00 %, continuando a opção errónea c) a ser escolhida por 44,00 % dos alunos desta turma.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
C	4	Controlo	-	66,67	29,16	-	4,17
	5	Resolução de Problemas	-	44,44	-	3,70	51,86
	6	Analogias e Resolução de Problemas	-	38,46	7,69	15,39	38,46
D	7	Analogias	-	66,67	-	-	33,33

Tabela 74: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.1 no pré-teste

<u>Escola de Viseu</u>							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
E	8	Controlo	-	87,49	4,17	4,17	4,17
	9	Analogias	-	50,00	-	25,00	25,00
	10	Analogias e Resolução de Problemas	-	50,00	-	20,83	29,17
F	11	Resolução de Problemas	-	36,84	-	31,58	31,58
	12	Analogias e Resolução de Problemas	-	63,64	-	9,09	27,27

Tabela 75: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q12.1 no pré-teste

<u>Escola da Guarda</u>							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
G	13	Controlo	-	42,11	-	47,36	10,53
	14	Resolução de Problemas	-	50,00	-	25,00	25,00
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	-	70,59	-	11,76	17,65

Tabela 76: Respostas dos alunos da Escola de Guarda na questão Q12.1 no pré-teste

Colégio 2							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
I	16	Controlo	-	56,25	-	-	43,75
	17	Analogias e Resolução de Problemas	-	68,43	-	5,26	26,31

Tabela 77: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q12.1 no pré-teste

Analisando os resultados obtidos pelos alunos no estudo alargado verificamos que, tal como aconteceu no estudo piloto, uma das opções mais escolhidas em pré-teste é a opção correta a), sendo comuns justificações como a do aluno da turma 8, da escola de Viseu: *“Como as lâmpadas estão em fios diferentes e a corrente elétrica se vai gastando o seu brilho também é diferente”* ou como a de um outro discente da mesma turma: *“Têm brilhos diferentes porque quanto mais perto da pilha mais brilho, pois a corrente elétrica vai-se gastando”*. Contudo, e novamente à semelhança do estudo piloto, também a opção d) é escolhida por um grande número de discentes. Apesar de haver alunos que em todas as turmas conseguem acertar na escolha da hipótese correta, nenhum deles a consegue justificar acertadamente ou então deixa a sua justificação em branco.

Q12.2. Se L₁ fundir ...

- a) L₂ acende e L₃ não;
- b) L₃ acende e L₂ não;
- c) L₂ e L₃ continuam acesas;
- d) L₂ e L₃ apagam-se.

Justifique a sua escolha.

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>							
Classificação das respostas (%)							
Professor	Turmas	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta com justificação correta)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	-	-	30,77	23,08	46,15
			-	-	7,69	88,46	3,85
	2	Resolução de Problemas	-	-	20,00	16,00	64,00
			-	-	12,00	76,00	12,00
B	3	Controlo	4,00	-	56,00	20,00	20,00
			-	-	58,00	30,00	12,00

Tabela 78: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q12.2 no pré- e no pós-teste

Analisando os dados da tabela 78 verificamos que de entre as opções erradas, aquela que é maioritariamente escolhida pelos alunos, em pré-teste, é a opção c), chegando a ser escolhida por de 56,00 % dos alunos na turma de controlo. À semelhança das questões anteriores observa-se que há em todas as turmas alunos que para além de optarem pela hipótese correta são já capazes de justificar de forma acertada a sua escolha.

No pós-teste, a percentagem de alunos que acerta e justifica corretamente a sua opção é nas turmas 1, 2 e 3, respetivamente, 88,46 %, 76,00 % e 30,00 %; havendo apenas 7,69 % e 12,00 % dos alunos das turmas experimentais 1 e 2, a errar a questão. Na turma de controlo, observa-se que mesmo após a lecionação da matéria a hipótese errada c) continua a ser escolhida por 58,00 % dos discentes, havendo alunos a justificar a sua escolha do seguinte modo: “Como as três lâmpadas se encontram em fios diferentes, são independentes umas das outras. Logo se uma fundir as outras continuam acesas”.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta com justificação correta)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)
C	4	Controlo	33,33	-	41,67	-	25,00
	5	Resolução de Problemas	11,11	-	77,78	-	11,11
	6	Analogias e Resolução de Problemas	3,85	3,85	76,92	-	15,38
D	7	Analogias	11,12	-	44,44	-	44,44

Tabela 79: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.2 no pré-teste

<u>Escola de Viseu</u>							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta com justificação correta)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)
E	8	Controlo	-	-	41,67	-	58,33
	9	Analogias	8,33	-	50,00	-	41,67
	10	Analogias e Resolução de Problemas	25,00	8,33	-	25,00	41,67
F	11	Resolução de Problemas	26,32	-	52,63	-	21,05
	12	Analogias e Resolução de Problemas	13,64	13,64	27,27	-	45,45

Tabela 80: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q12.2 no pré-teste

<u>Escola da Guarda</u>							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta com justificação correta)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)
G	13	Controlo	26,31	-	15,80	-	57,89
	14	Resolução de Problemas	-	-	62,50	-	37,50
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	25,00	-	50,00	-	25,00

Tabela 81: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q12.2 no pré-teste

Colégio 2							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c)	d) (correta com justificação correta)	d) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)
I	16	Controlo	-	12,50	75,00	-	12,50
	17	Analogias e Resolução de Problemas	5,26	-	52,63	-	42,11

Tabela 82: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q12.2 no pré-teste

Observando as quatro tabelas anteriores verificamos que, em pré-teste, em algumas das turmas deste estudo e à semelhança do ocorrido no estudo piloto, a opção errada maioritariamente escolhida pelos alunos é a hipótese c). Contudo, também a hipótese a) é escolhida por alguns alunos, que justificam a sua escolha de modo semelhante ao aluno da turma 4, de Coimbra: “L2 acende porque está mais próxima da pilha”. Apesar de haver muitos alunos que acertam a questão, a grande maioria não consegue justificar de forma adequada a sua escolha ou deixa em branco a justificação da mesma. Contudo, destaca-se o facto de na turma 10, de Viseu, haver 25,00 % dos alunos a seleccionar e a justificar corretamente a sua resposta.

Q12.3. Se L₂ fundir

- A) L₁ não acende e L₃ também não;
- B) L₁ não acende mas L₃ acende;
- C) L₁ acende e L₃ acende;
- D) Nenhuma lâmpada acende.

Justifique a sua escolha.

Estudo Piloto

<u>Colégio 1</u>							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turmas	Tratamentos	a)	b)	c) (correta com justificação correta)	c) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	d)
A	1	Analogias e Resolução de Problemas	3,85 7,70	- -	23,08 92,30	65,38 -	7,69 -
	2	Resolução de Problemas	4,00 -	4,00 -	16,00 72,00	64,00 8,00	12,00 20,00
B	3	Controlo	12,00 10,00	12,00 10,00	12,00 40,00	16,00 20,00	48,00 20,00

Tabela 83: Respostas dos alunos do Colégio 1 na questão Q12.3 no pré- e no pós-teste

Analisando os resultados dos alunos envolvidos no estudo piloto, verificamos que no pré-teste, nas turmas experimentais 1 e 2 mais de metade dos alunos acerta a resposta mas não a consegue justificar ou justifica erradamente (turma 1: 65,38 % e turma 2: 64,00 %).

No pós-teste, constatamos que os melhores resultados são obtidos em turmas experimentais, conseguindo os alunos da turma experimental 1 obter 92,30 % de respostas corretas e cientificamente bem justificadas e na turma experimental 2 os 72,00 %. Na turma de controlo, apesar das melhoras significativas, há ainda 40,00 % dos alunos a errar a questão, escolhendo como hipóteses corretas as opções a) (10,00 %), b) (10,00 %) e d) (20,00%).

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c) (correta com justificação correta)	c) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	d)
C	4	Controlo	41,67	8,33	-	50,00	-
	5	Resolução de Problemas	48,16	3,70	-	40,74	7,40
	6	Analogias e Resolução de Problemas	57,69	-	-	34,61	7,70
D	7	Analogias	55,56	-	-	44,44	-

Tabela 84: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.3 no pré-teste

<u>Escola de Viseu</u>							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c) (correta com justificação correta)	c) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	d)
E	8	Controlo	16,67	-	-	83,33	-
	9	Analogias	29,16	-	-	66,67	4,17
	10	Analogias e Resolução de Problemas	33,33	-	-	66,67	-
F	11	Resolução de Problemas	47,38	5,26	-	42,10	5,26
	12	Analogias e Resolução de Problemas	36,36	9,10	-	49,99	4,55

Tabela 85: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q12.3 no pré-teste

<u>Escola da Guarda</u>							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c) (correta com justificação correta)	c) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	d)
G	13	Controlo	10,53	-	-	78,94	10,53
	14	Resolução de Problemas	37,50	25,00	-	37,50	-
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	70,59	-	-	29,41	-

Tabela 86: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q12.3 no pré-teste

Colégio 2							
Classificação das respostas (%) Pré-teste							
Professor	Turma	Tratamento	<i>a)</i>	<i>b)</i>	<i>c)</i> <i>(correta com justificação correta)</i>	<i>c)</i> <i>(correta com justificação incorreta ou correta sem justificção)</i>	<i>d)</i>
I	16	Controlo	37,50	-	-	62,50	-
	17	Analogias e Resolução de Problemas	42,10	10,53	-	47,37	-

Tabela 87: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q12.3 no pré-teste

Observando os dados das tabelas 84, 85, 86 e 87, verificamos que à semelhança do ocorrido no estudo piloto, nas turmas 4, 8, 9, 10, 12, 13, 16 e 17, a opção maioritariamente escolhida pelos alunos é a hipótese correta c). Contudo, nenhum dos alunos que seleciona a opção anterior consegue justificar corretamente o porquê de tal escolha. Nas restantes turmas, à exceção da turma 14 onde a percentagem de alunos que seleciona a opção correta c) e a hipótese a) é igual e de valor 37,50 %, a opção maioritariamente escolhida é a hipótese a) (turmas 5, 6, 7, 11 e 15).

A questão que se segue é a questão Q12. dos pós-testes aplicados no estudo alargado.

Nesta questão é colocada uma alínea de resposta curta Q12.1 e à semelhança da questão anterior, inclui duas alíneas de escolha múltipla com justificação da opção escolhida Q12.2 e Q12.3. As respostas dos alunos à alínea Q12.1 foram classificadas como: corretas (quando ambas as alíneas estão certas), incompletas (quando só uma das alíneas está correta) e incorretas (quando ambas as alíneas estão erradas).

Q12. Observe o circuito da figura, no qual se encontram intercaladas três lâmpadas.

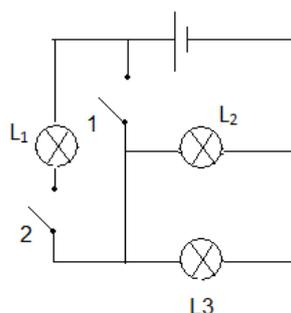


Figura 24: Figura da questão Q12 do pós-teste do estudo alargado

Q12.1. Que lâmpada(s) acende(m) quando:

12.1.1. se fecha apenas o interruptor 1? _____

12.1.2. se fecha apenas o interruptor 2? _____

Estudo Alargado

Escola de Coimbra

Classificação das respostas (%) Pós-teste

Professor	Turma	Tratamento	correta	incompleta	incorreta
C	4	Controlo	54,16	4,17	41,67
	5	Resolução de Problemas	55,56	-	44,44
	6	Analogias e Resolução de Problemas	80,77	7,69	11,54
D	7	Analogias	94,44	5,56	-

Tabela 88: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.1 no pós-teste

<u>Escola de Viseu</u>					
Classificação das respostas (%) Pós-teste					
Professor	Turma	Tratamento	<i>Correta</i>	<i>incompleta</i>	<i>incorreta</i>
E	8	Controlo	50,00	12,50	37,50
	9	Analogias	87,50	8,33	4,17
	10	Analogias e Resolução de Problemas	87,50	-	12,50
F	11	Resolução de Problemas	78,95	21,05	-
	12	Analogias e Resolução de Problemas	95,45	4,55	-

Tabela 89: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q12.1 no pós-teste

<u>Escola da Guarda</u>					
Classificação das respostas (%) Pós-teste					
Professor	Turma	Tratamento	<i>Correta</i>	<i>incompleta</i>	<i>incorreta</i>
G	13	Controlo	73,68	26,32	-
	14	Resolução de Problemas	75,00	25,00	-
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	94,12	5,88	-

Tabela 90: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q12.1 no pós-teste

<u>Colégio 2</u>					
Classificação das respostas (%) Pós-teste					
Professor	Turma	Tratamento	<i>Correta</i>	<i>incompleta</i>	<i>incorreta</i>
I	16	Controlo	62,50	18,75	18,75
	17	Analogias e Resolução de Problemas	94,74	-	5,26

Tabela 91: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q12.1 no pós-teste

Após a aplicação das técnicas pedagógicas e/ ou simplesmente a lecionação da matéria verificamos que a percentagem de alunos que responde corretamente à questão, isto é, acerta as alíneas Q12.1.1 e Q12.1.2 é superior a 50,00 % em todas as turmas. Comparando também a percentagem de alunos que acerta a resposta na sua totalidade com a de alunos que apenas acerta parte da mesma ou deixa uma das alíneas em branco, observamos que a primeira, e independentemente de se tratar de turmas experimentais ou de controlo, é sempre superior em todos os casos. Contudo, os

resultados mais satisfatórios são obtidos, em todas as escolas, por alunos pertencentes a turmas onde se aplicou a metodologia das analogias de forma individual ou em conjunto com as técnicas de resolução de problemas, variando a percentagem de alunos que acerta totalmente a questão entre os 80,77 % e os 95,45 %. Nas turmas experimentais onde se aplica a técnica da resolução de problemas os resultados são também satisfatórios e a percentagem de alunos que acerta a totalidade da questão nestas turmas ultrapassa sempre os 70,00 %. No caso das turmas de controlo, nas escolas de Coimbra, Viseu e no colégio 2, a percentagem de alunos que acerta a questão ronda os 50,00 %, chegando a atingindo os 73,68 % na escola da Guarda (valor semelhante ao obtido, na mesma escola, por alunos pertencentes à turma experimental da resolução de problemas).

Q12.2. Mantendo **apenas o interruptor 2 fechado** se L₃ fundir

- a) L₂ acende e L₁ não;
- b) L₁ acende e L₂ não;
- c) L₁ e L₂ continuam acesas;
- d) L₁ e L₂ apagam-se.

Justifique a sua escolha.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>							
Classificação das respostas (%) Pós-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c) (correta com justificação correta)	c) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	d)
C	4	Controlo	12,50	12,50	45,83	16,67	12,50
	5	Resolução de Problemas	29,63	11,11	55,56	-	3,70
	6	Analogias e Resolução de Problemas	7,66	-	84,64	3,85	3,85
D	7	Analogias	-	5,56	94,44	-	-

Tabela 92: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.2 no pós-teste

Escola de Viseu							
Classificação das respostas (%) Pós-teste							
Professor	Turma	Trancoso	a)	b)	c) (correta com justificação correta)	c) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	d)
E	8	Controlo	16,67	16,67	50,00	16,67	-
	9	Analogias	-	-	83,34	8,33	8,33
	10	Analogias e Resolução de Problemas	16,67	-	83,33	-	
F	11	Resolução de Problemas	-	-	52,63	26,92	21,05
	12	Analogias e Resolução de Problemas	-	-	90,91	9,09	-

Tabela 93: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.2 no pós-teste

Escola da Guarda							
Classificação das respostas (%) Pós-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c) (correta com justificação correta)	c) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	d)
G	13	Controlo	-	-	68,42	31,58	-
	14	Resolução de Problemas	-	-	75,00	25,00	-
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	-	-	81,25	18,75	-

Tabela 94: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q12.2 no pós-teste

Colégio 2							
Classificação das respostas (%) Pós-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a)	b)	c) (correta com justificação correta)	c) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	d)
I	16	Controlo	-	-	87,50	12,50	-
	17	Analogias e Resolução de Problemas	-	5,26	94,74	-	-

Tabela 95: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q12.2 no pós-teste

Analisando os dados anteriores verifica-se que, independentemente do tratamento a que os alunos foram sujeitos, mais de metade dos alunos de todas as turmas consegue acertar e justificar corretamente a sua escolha. Como na questão anterior os melhores resultados são obtidos em turmas de alunos sujeitos à metodologia da analogia individualmente ou de forma combinada com a técnica da resolução de problemas. De entre as várias justificações apresentadas pelos alunos, destaca-se a de um aluno da turma 7, de Coimbra: *“Fechando o interruptor 2 e se L3 fundir, continua a existir um caminho fechado que contem a pilha e duas lâmpadas, L₁ e L₂, associadas em série, que continuam acesas.”*

Os resultados obtidos por alunos de turmas experimentais de resolução de problemas e de controlo são, em cada escola, semelhantes entre si. A percentagem máxima de respostas corretas e corretamente justificadas em turmas de resolução de problemas tem o valor de 75,00 %, na turma 14 da Guarda e em turmas de controlo, o valor de 87,50 % no Colégio 2.

Q12.3. Mantendo **apenas o interruptor 2 fechado** se L₁ fundir

- a) L₂ não acende e L₃ também não;
- b) L₃ não acende mas L₂ acende;
- c) L₁ acende e L₃ acende;
- d) todas acendem.

Justifique a sua escolha.

Estudo Alargado

<u>Escola de Coimbra</u>							
Classificação das respostas (%) Pós-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
C	4	Controlo	62,50	8,33	29,17	-	-
	5	Resolução de Problemas	44,44	3,70	25,92	12,97	12,97
	6	Analogias e Resolução de Problemas	84,62	3,85	11,53	-	-
D	7	Analogias	83,33	16,67	-	-	-

Tabela 96: Respostas dos alunos da Escola de Coimbra na questão Q12.3 no pós-teste

<u>Escola de Viseu</u>							
Classificação das respostas (%) Pós-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
E	8	Controlo	54,16	12,51	33,33	-	-
	9	Analogias	87,50	12,50	-	-	-
	10	Analogias e Resolução de Problemas	83,34	8,33	8,33	-	-
F	11	Resolução de Problemas	57,90	42,10	-	-	-
	12	Analogias e Resolução de Problemas	90,90	9,10	-	-	-

Tabela 97: Respostas dos alunos da Escola de Viseu na questão Q12.3 no pós-teste

<u>Escola da Guarda</u>							
Classificação das respostas (%) Pós-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
G	13	Controlo	84,21	15,79	-	-	-
	14	Resolução de Problemas	87,50	12,50	-	-	-
H	15	Analogias e Resolução de Problemas	88,24	11,76	-	-	-

Tabela 98: Respostas dos alunos da Escola da Guarda na questão Q12.3 no pós-teste

<u>Colégio 2</u>							
Classificação das respostas (%) Pós-teste							
Professor	Turma	Tratamento	a) (correta com justificação correta)	a) (correta com justificação incorreta ou correta sem justificação)	b)	c)	d)
I	16	Controlo	75,00	25,00	-	-	-
	17	Analogias e Resolução de Problemas	89,47	10,53	-	-	-

Tabela 99: Respostas dos alunos do Colégio 2 na questão Q12.3 no pós-teste

Os resultados obtidos pelos alunos, no estudo alargado, são bastante satisfatórios em todas as turmas contudo, na turma 5, de controlo, da escola de Coimbra, a percentagem de alunos que acerta e justifica corretamente a sua escolha não ultrapassa os 44,44 %. Por outro lado, a percentagem de alunos que seleciona e justifica corretamente a sua opção é em todas as turmas superior à percentagem de alunos que apenas se limita a escolher a hipótese correta. Analisando as tabelas anteriores é possível observar que, à semelhança das alíneas precedentes, os melhores resultados são obtidos por alunos pertencentes a turmas experimentais que usaram analogias ou analogias com resolução de problemas. Destaca-se pela positiva o resultado obtido pelos alunos da turma experimental de resolução de problemas, da Guarda, na qual nesta alínea a percentagem de alunos que seleciona e justifica corretamente a sua resposta atinge os 87,50 % e onde um dos alunos pertencentes a esta turma justifica a sua resposta do seguinte modo: *“mantendo apenas o interruptor 2 fechado e se L1 fundir L2 e L3 não acendem. Uma lâmpada fundida é como se nesse ponto do circuito passasse a haver um interruptor aberto. Ora, não há assim nenhum circuito fechado que contenha a pilha e uma das lâmpadas não fundidas, logo nenhuma acende”*.

A questão seguinte, pergunta Q13., encontra-se presente apenas nos pós-testes do estudo alargado. Com foi referido no início deste capítulo, na página 90, com esta questão pretende-se testar a validade e eficácia dos passos considerados necessários para a realização de um problema, em Física, com sucesso em turmas experimentais com esse tratamento. Por outro lado, como antes da aplicação da técnica e/ou leção da matéria os alunos não teriam ainda as ferramentas físicas e matemáticas, suficientes e necessárias, para a resolução das alíneas desta questão ela não foi colocada no pré-teste.

Q13. Considere o circuito esquematizado na figura.

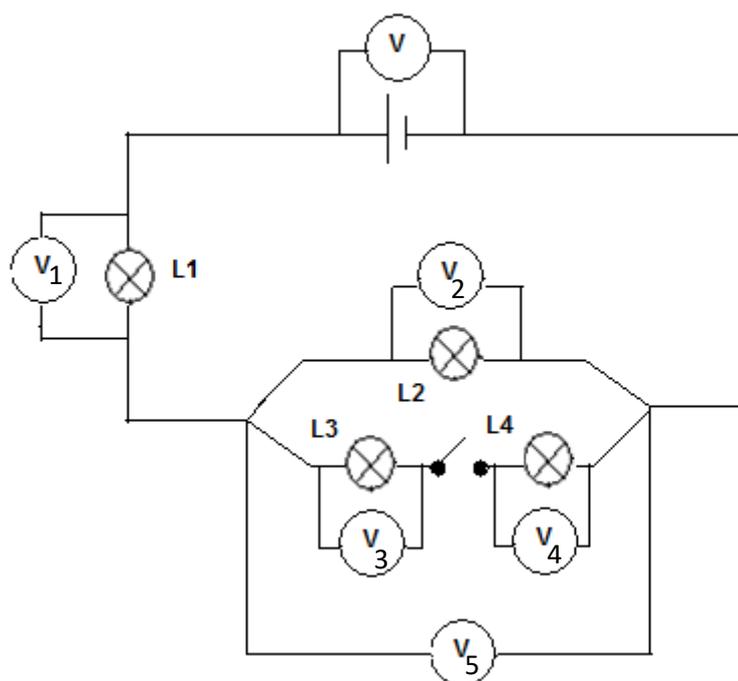


Figura 25: Figura da questão Q13 do pós-teste do estudo alargado

Tenha em conta que o interruptor se encontra aberto e que as lâmpadas são todas iguais e possuem uma resistência de 2Ω . Sabendo que $V = 12 \text{ V}$ e $V_1 = 6 \text{ V}$:

Q13.1. Indique a diferença de potencial lida em V_2 , V_3 , V_4 e V_5 .

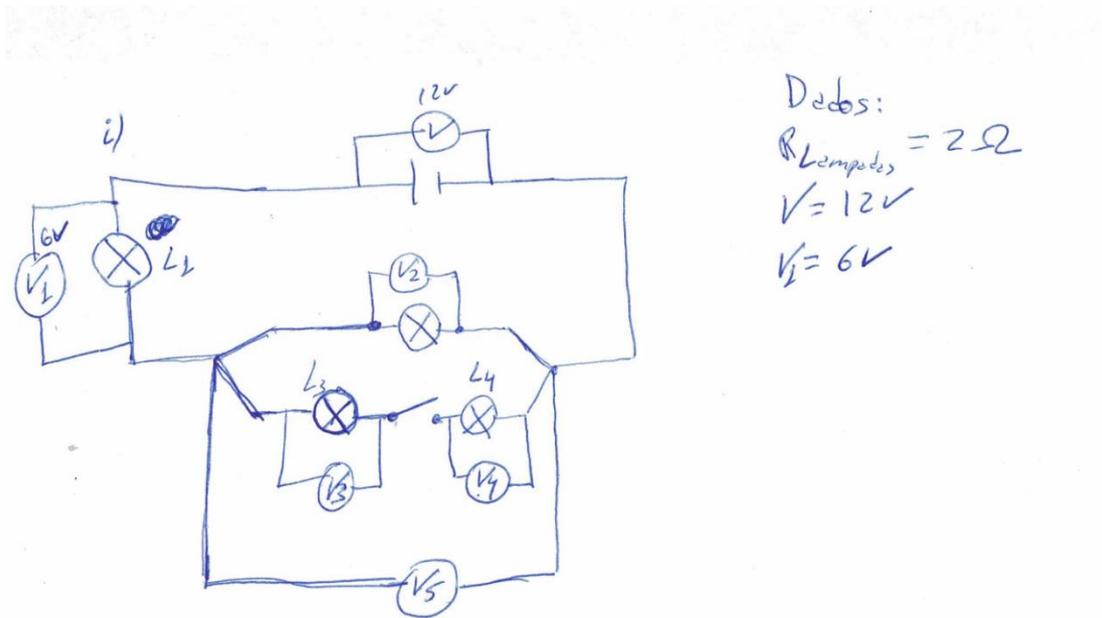
Nota: Apresente todos os cálculos e a justificações consideradas necessárias para responder à questão.

				Média da turma (%)				
		Professor	Turma	Tratamento	Completa	Incompleta	Incorreta	n.r.
Escolas	Coimbra	C	4	Controlo	13	32	13	42
			5	Resolução de Problemas	63	15	7	15
			6	Analogia e Resolução de Problemas	62	23	0	15
		D	7	Analogias	50	11	17	22
	Viseu	E	8	Controlo	8	12	17	63
			9	Analogias	21	13	33	33
			10	Analogias e Resolução de Problemas	50	38	8	4
		F	11	Resolução de Problemas	84	11	0	5
			12	Analogias e Resolução de Problemas	90	5	5	0
	Guarda	G	13	Controlo	26	5	32	37
			14	Resolução de Problema	38	19	13	30
		H	15	Analogias e Resolução de Problemas	38	18	12	32
Colégio	Colégio 2	I	16	Controlo	19	19	50	13
			17	Analogias e Resolução de Problemas	58	21	16	5

Tabela 100: Respostas dos alunos do estudo alargado na questão Q13.1 no pós-teste

Analisando os dados da tabela 100 e como seria de esperar, verifica-se que a percentagem de alunos que acerta por completo a questão é maior em turmas onde se aplica o tratamento da resolução de problemas isoladamente e/ou em simultâneo com o recurso a analogias. Também apenas nestas turmas experimentais aparecem valores nulos correspondentes às percentagens de alunos que erram completamente a questão ou a deixam em branco.

Veja-se o exemplo da seguinte resolução, correspondente a um aluno da turma 12 do professor F, de Viseu, na qual se aplicaram simultaneamente as duas técnicas pedagógicas propostas neste trabalho:



Dados:
 $R_{\text{lâmpadas}} = 2 \Omega$
 $V = 12V$
 $V_1 = 6V$

ii)

$$V_2 = 6V$$

$V_3 = 0V$, como o interruptor está aberto não existe um caminho fechado aos terminais de V_3

$V_4 = 0V$, como o interruptor está aberto não existe um caminho fechado aos terminais de V_4

$V_5 = 6V$, porque $V = V_1 + V_2$ (porque estão em série) e porque o interruptor está aberto, logo $12 = 6 + V_2 \Rightarrow V_2 = 6V$
 Sendo que $V_5 = V_2$ porque o interruptor está aberto; $V_5 = 6V$

Q13.2. Calcule a intensidade de corrente que percorre as lâmpadas L_1 , L_2 , L_3 e L_4 .

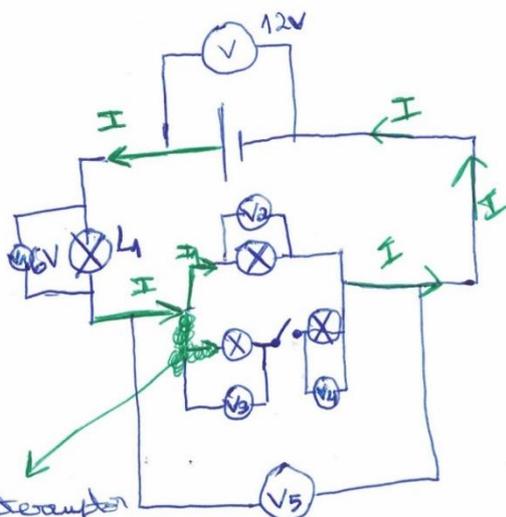
Nota: Apresente todos os cálculos e as justificações consideradas necessárias para responder à questão.

				Média da turma (%)				
Professor		Turma	Tratamento	Completa	Incompleta	Incorreta	n.r.	
Escolas	Coimbra	C	4	Controlo	12	29	13	46
			5	Resolução de Problemas	63	11	11	15
			6	Analogia e Resolução de Problemas	62	19	4	15
		D	7	Analogias	37	11	17	35
	Viseu	E	8	Controlo	8	4	13	75
			9	Analogias	20	8	38	34
			10	Analogias e Resolução de Problemas	42	38	8	12
		F	11	Resolução de Problemas	64	26	5	5
			12	Analogias e Resolução de Problemas	91	0	9	0
	Guarda	G	13	Controlo	26	5	21	47
			14	Resolução de Problemas	44	13	13	31
		H	15	Analogias e Resolução de Problemas	47	18	0	35
Colégio 2	I	16	Controlo	19	19	37	25	
		17	Analogias e Resolução de Problemas	57	11	21	11	

Tabela 101: Respostas dos alunos do estudo alargado na questão Q13.2 no pós-teste

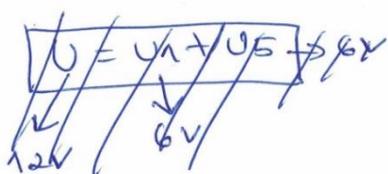
Como na alínea 13.1, a percentagem de alunos que responde de forma totalmente correta é superior em turmas onde se aplica a técnica da resolução de problemas, por si só ou em combinação com a utilização da analogia proposta. À exceção da turma 16, do colégio 2, em todas as restantes turmas de controlo, a percentagem de alunos que após a lecionação da matéria deixa a questão em branco é preocupante, atingindo os 46% na escola de Coimbra, 75% em Viseu e, os 47% na Guarda.

Valorizamos aqui a resposta apresentada por um aluno da turma 5, de Coimbra, onde se aplicou a técnica em causa:



como o interruptor
está aberto não há
corrente elétrica
neste pedaço do circuito

logo $I(L_3) = 0A$ e $I(L_4) = 0A$



1) Dados:

$$\begin{aligned} V &= 12V \\ V_1 &= 6V \text{ e } V_2 = 6V \\ V_3 &= V_4 = 0V \\ V_5 &= 6V \\ R &= 2\Omega \end{aligned}$$

2) Fórmula:

$$R = \frac{U}{I}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

3) Resolução:

$$I(L_1) = \frac{U_1}{R} = \frac{6}{2} = 3A$$

$$I(L_2) = \frac{U_2}{R} = \frac{6}{2} = 3A$$

$$I(L_3) = I(L_4) = 0A$$

Fazendo o cálculo da média de respostas corretas de todos os alunos envolvidos no estudo alargado, para turmas experimentais com tratamentos diferentes e para as turmas de controlo, obtém-se:

alínea 13.1.: 16,50 % para as turmas de controlo, 35,50 % para turmas com tratamento apenas com a analogia, 61,67 % para turmas com tratamento apenas com resolução de

problemas e 59,60 % para as turmas em que se usaram simultaneamente a analogia e a resolução de problemas;

alínea 13.2: 16,25 % para as turmas de controlo, 28,50 % para turmas com tratamento apenas com a analogia, 56,67 % para turmas com tratamento apenas com resolução de problemas e 59,80 % para as turmas em que se usaram simultaneamente a analogia e a resolução de problemas.

À semelhança do ocorrido na generalidade das questões anteriores, os melhores resultados são obtidos em turmas cujos alunos foram sujeitos à combinação da analogia com a resolução de problemas. Por outro lado, os alunos de turmas experimentais cujo tratamento se baseou no treino da técnica da resolução de problemas também obtém resultados bastante favoráveis, mostrando a importância e eficácia do treino, e consequente aplicação desta técnica na disciplina em causa – a Física.

Ganho absoluto e ganho normalizado

Como se referiu, foi atribuída uma cotação a todos os testes (pré- e pós-testes) de alunos envolvidos na investigação. Tendo por base as classificações, calculadas através da adequada atribuição de valores às respostas corretas, corretas e explicadas ou corretas sem justificação ou com justificação incorreta, fez-se uma análise estatística que permitiu avaliar a evolução dos alunos após a lecionação da matéria e/ou aplicação das técnicas. Calcularam-se as classificações médias para os pré e pós-testes de cada turma, valores de ganho, G , e de ganho normalizado, g , onde $M = 100$ representa a percentagem máxima possível a ser obtida pelos alunos em cada teste (ver páginas 86 e 87 do Capítulo III - Desenvolvimento da Investigação Educacional).

Estudo Piloto

				Média da turma Pré-teste R1 (%)	Média da turma Pós-teste R2 (%)	Ganho de Conhecimento G $G = R2 - R1$	Ganho da média normalizado g $g = \frac{G}{M - R1}$ (onde $M = 100$)	Ganho da média normalizado g (%)
Prof.	Turma	Tratamento						
Colégio 1	A	1	Analogias e Resolução de Problemas	49,02	92,08	43,06	0,84	84,00 %
		2	Resolução de Problemas	46,21	79,90	33,69	0,63	63,00 %
	B	3	Controlo	39,00	65,12	26,12	0,43	43,00 %

Tabela 102: Ganhos das turmas envolvidas no estudo piloto

A partir da tabela 102 pode ver-se que todas as três turmas do estudo piloto têm ganhos francamente positivos. Verifica-se que o ganho em termos de conhecimento é mais significativo na turma onde se aplicam as técnicas combinadas (43 %), e menor na turma escolhida para controlo. Estes resultados tornam-se mais evidentes quando calculado o ganho da média normalizado onde, a turma 1 apresenta um ganho da média normalizado de 0,84, a turma 2 de 0,63 e a 3 de apenas 0,43.

Estudo Alargado

De modo a facilitar a leitura dos dados e o estabelecimento de possíveis conclusões, a média de resultados obtidos em pré- e pós-teste, ganho absoluto, ganho normalizado e a média do ganho normalizado, obtidos por alunos no estudo alargado é feita para os quatro grupos, um constituído pelas turmas de controlo e os outros três grupos constituídos por cada tipo de tratamento experimental. Os resultados apresentam-se organizados pela seguinte ordem: turmas de controlo, turmas em que se aplicou simultaneamente a analogia e a resolução de problemas, turmas em que se aplicou apenas a analogias e turmas em que se aplicou apenas a resolução de problemas.

Turmas de controlo

Escola	Turma	Média da turma Pré-teste R1 (%)	Média da turma Pós-teste R2 (%)	Ganho de Conhecimento G $G = R2 - R1$	Ganho da média normalizado g $g = \frac{G}{M - R1}$ (onde $M = 100$)	Média do ganho da média normalizado (%)
Coimbra	4	23,35	52,94	29,59	0,39	45,50
Viseu	8	24,84	53,00	28,16	0,37	
Guarda	13	22,27	63,45	41,18	0,53	
Colégio 2	16	24,04	64,24	40,20	0,53	

Tabela 103: Ganhos das turmas de controlo envolvidas no estudo alargado

Turma experimental: Analogias e a resolução de problemas

Escola	Turma	Média da turma Pré-teste R1 (%)	Média da turma Pós-teste R2 (%)	Ganho de Conhecimento G $G = R2 - R1$	Ganho da média normalizado g $g = \frac{G}{M - R1}$ (onde $M = 100$)	Média do ganho da média normalizado (%)
Coimbra	6	18,33	88,32	69,99	0,86	84,40
Viseu	10	25,35	87,17	61,82	0,83	
	12	24,84	95,26	70,42	0,94	
Guarda	15	19,99	82,34	62,35	0,78	
Colégio 2	17	22,52	85,56	63,04	0,81	

Tabela 104: Ganhos das turmas experimentais envolvidas no estudo alargado: analogias e a resolução de problemas

Turmas experimental: Analogias

Escola	Turma	Média da turma Pré-teste R1 (%)	Média da turma Pós-teste R2 (%)	Ganho de Conhecimento G $G = R2 - R1$	Ganho da média normalizado g $g = \frac{G}{M - R1}$ (onde $M = 100$)	Média do ganho da média normalizado (%)
Coimbra	7	22,76	84,49	61,73	0,80	80,00
Viseu	9	22,56	84,46	61,90	0,80	

Tabela 105: Ganhos das turmas experimentais envolvidas no estudo alargado: analogias

Turmas experimental: resolução de problemas

Escola	Turma	Média da turma Pré-teste R1 (%)	Média da turma Pós-teste R2 (%)	Ganho de Conhecimento G $G = R2 - R1$	Ganho da média normalizado g $g = \frac{G}{M - R1}$ (onde $M = 100$)	Média do ganho da média normalizado (%)
Coimbra	5	26,43	58,39	31,96	0,43	59,67
Viseu	11	19,44	79,27	59,83	0,74	
Guarda	14	22,79	71,03	48,24	0,62	

Tabela 106: Ganhos das turmas experimentais envolvidas no estudo alargado: resolução de problemas

Analisando as médias destes alunos em pré-teste verificamos que antes da aplicação da(s) técnica(s) e/ou lecionação da matéria, todas os alunos partem de um patamar semelhante, com médias em pré-teste compreendidas entre os 18,33 % e os 26,43 %. Contudo, quando comparados com os mesmos resultados mas do estudo piloto, verificamos os do estudo alargado são muito inferiores. Note-se que, no estudo piloto, em pré-teste a média mais baixa acontecia na turma de controlo e era igual a 39,00 %.

Como seria de esperar, verificamos por análise das médias dos alunos em pós-teste, que em todas as turmas (quer de controlo, quer experimentais) há melhorias, mais ou menos significativas, nos resultados dos alunos. Em pós-teste, a média mais baixa é obtida numa turma de controlo, turma 4, e igual a 52,94 % e a média mais elevada, obtém-se na turma experimental 12, com aplicação simultânea de analogias e resolução de problemas, e cujo valor alcança 95,26 % (repare-se que os alunos destas turmas revelam, em pré-teste, resultados relativamente próximos: 23,35 % e 24,84 %).

Calculando as médias referentes aos ganhos de conhecimento para turmas de controlo e para cada tipo de técnica nas turmas experimentais, obtém-se: 45,50 % para as turmas de controlo; 84,40 % nas turmas onde se aplicou simultaneamente a analogia e a resolução de problemas; 80,00 % para as turmas onde se aplicou apenas a analogia e 59,67 %, nas turmas onde se aplicou apenas a resolução de problemas.

Estes valores referentes aos cálculos das médias e ganhos normalizados aqui apresentados mostram-nos que o progresso na aprendizagem é mais significativo no caso

de alunos onde se aplicou a metodologia combinada das analogias com a resolução de problemas. Os segundos melhores resultados ocorrem em turmas onde se recorreu apenas ao recurso da analogia, seguidos pelos resultados de alunos pertencentes a turmas onde se aplicou a técnica da resolução de problemas e, por fim, os alunos de turmas de controlo.

O exposto leva-nos a concluir que a aprendizagem deste tipo de conceitos científicos é facilitada e potenciada por um ensino com recurso à analogia criada; mostrando ainda, que o recurso à metodologia da resolução dos problemas permite fortalecer a compreensão dos mesmos, tornando as aprendizagens ainda mais significativas.

2. Inquéritos: análise dos resultados

Todos os professores envolvidos no estudo alargado responderam ao inquérito de opinião, cujo conteúdo se encontra no anexo 7.

A análise das respostas é feita individualmente para cada pergunta.

Q1: *Caso tenha tido uma turma de controlo, como desenvolveu a sua atividade nesta turma?*

a) *seguiu o manual (Indique o nome e os autores);*

b) *iniciou a unidade com atividades experimentais;*

iniciou a unidade explicando o significado dos conceitos relacionados com circuitos elétricos;

c) *outra hipótese (Indique qual).*

Por imposição das características do método de investigação educacional quase-experimental, uma condição fundamental para a realização do estudo foi haver uma turma de controlo em cada estabelecimento de ensino.

Todos os professores com turmas de controlo referiram que usaram e seguiram o manual adotado na sua escola durante a leção da matéria. Os manuais escolares adotados e usados foram, em cada escola, os seguintes:

Coimbra e Colégio 2 – FQ9, de M. Domingas Beleza e, Neli Cavaleiro, da editora ASA (Beleza & Cavaleiro, 2010);

Viseu - Física e Química na Nossa Vida – 9º ano, de Fernando Dias e M. Margarida Rodrigues, da Porto Editora (Dias & Rodrigues, 2010);

Guarda – CFQ 9, de António Silva, Cláudia Simões, Fernanda Resende e Manuela Ribeiro, da Areal Editores (Silva et al., 2009);

No estabelecimento de ensino de Viseu o tema dos circuitos elétricos iniciou-se, em todas as turmas, com recurso a atividades laboratoriais; ao passo que nas restantes escolas, a unidade iniciou-se com a explicação do significado dos conceitos relacionados com o tema dos circuitos elétricos. Contudo, os docentes das escolas de Coimbra, Guarda e do Colégio 2, afirmam ter realizado atividades laboratoriais durante a leção do tema.

Q 2: *Sobre a metodologia aplicada, foque os seguintes aspetos:*

- I. contribuição da metodologia para a compreensão de conceitos abstratos;*
- II. contribuição para a aplicação dos conceitos aprendidos na resolução de problemas;*
- III. motivação dos alunos durante a aplicação da metodologia (quer os de níveis de aprendizagem mais elevados, quer os que têm maiores dificuldades cognitivas);*
- IV. até que ponto a abordagem destes conceitos, com base na metodologia, poderá facilitar a aquisição de novos conhecimentos no Ensino Secundário.*

O docente C da escola de Coimbra, participante neste estudo, refere que “ a contribuição da metodologia (analogias + resolução de problemas) foi positiva” contudo, o facto de haver uma “alteração da sequência adotada pelo manual, dificulta a sua aplicação”; facto também mencionado pelo professor D da mesma escola. O docente C, refere que no que concerne à metodologia (analogias + resolução de problemas), esta permitiu que “os alunos melhorassem os respetivos resultados no teste escrito da escola”

verificando-se *“maior interesse nos alunos contudo nos alunos com piores resultados esse interesse não foi tão notório, apesar de maior quando comparado com as unidades anteriores”*, pensa ainda que *“a metodologia terá um impacto positivo na compreensão dos conteúdos do 10º ano, esperando assim que os alunos apresentem bons desempenhos nesta área específica”*. Os professores E e F de Viseu, participantes no estudo alargado, referem que na sua generalidade a *“analogia se revelou facilitadora da compreensão dos conceitos mais abstratos”*(professor F); que as técnicas de resolução de problemas se foram revelando como *“um auxílio”* (professor F) na resolução dos mesmos, o que se refletiu em alunos *“mais motivados”* (docente E) nas aulas de ciências físico-químicas. O docente G, da escola da Guarda, afirmou não conseguir avaliar os parâmetros I, II e IV e, relativamente ao ponto III reitera que: *“Não posso avaliar. O tempo não me permitiu avaliar essa motivação dos alunos.”* O professor I, do colégio 2, afirma que estava *“um pouco reticente quanto à sua eficácia (metodologia das analogias + resolução de problemas)”* contudo, o mesmo refere que a mesma *“preendeu”* os alunos do início ao fim das suas explicações *“tendo sido muito bem aceite e entendida pelos discentes”*.

Foi ainda referido pelos docentes H e I, que durante a realização do trabalho de investigação, nas várias fases, todos os materiais fornecidos se mostraram importantes na forma como os trabalhos vieram a decorrer.

Q3: *Tendo em conta a sua resposta no ponto anterior sugeria alguma alteração ao conteúdo: “Os alunos podem começar por montar circuitos simples, identificar os componentes do circuito, medir a intensidade de corrente, a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito, analisar as transferências de energia e discutir regras de segurança no manuseamento de equipamento elétrico”; relativo às Orientações Curriculares propostas para este nível de ensino?*

Na certeza de que existem pormenores a alterar na analogia criada, pretendia-se com esta pergunta que os docentes participantes apresentassem aquelas que, na sua opinião, seriam alterações necessárias a esta metodologia, de forma a torná-la ainda

melhor. Contudo, a esta questão a maioria dos docentes participantes afirmou não ter alterações a sugerir. Apenas os dois docentes de Coimbra, referem que, *“como existem manuais que não seguem esta orientação curricular, sugiro que seja seguida a estrutura do manual adotado na escola, para não baralhar as cabeças de alguns alunos (docente C)”* e, *“embora considere a orientação curricular muito pertinente, penso que no caso em que o manual não esteja de acordo com essa orientação curricular é importante seguir a sequência dos conteúdos do referido para que o ensino seja o menos confuso possível”*. A docente D mencionou ainda que seria *“muito importante que os vários manuais tivessem em conta as investigações realizadas nas universidades e que estas contribuíssem de forma significativa para o bom ensino desta área curricular”*.

Q4: *Refira outros aspetos que considere úteis para a investigação em curso, nomeadamente o relato de alguma/algumas reação/reações interessantes por parte dos alunos.*

Dois professores participantes, professor G e I, mencionaram que neste nível de ensino e com a carga horária atribuída à disciplina é muito difícil lecionar conteúdos complexos e abstratos, afirmando que muitas vezes a escassez de tempo exige *“rapidez”* durante a leção dos mesmos. O mesmo professor da Guarda, professor G, refere que por *“falta de tempo”* não conseguiu registar relatos ou reações interessantes dos alunos participantes. O docente do colégio 2 sublinhou, mais uma vez, que a motivação sentida pelos alunos aumentou quando submetidos às analogias e ressaltou a importância de seguir a *“receita”* para uma boa resolução de problemas. Um dos docentes de Viseu salienta o facto de *“mais investigações de campo serem precisas nas nossas escolas, pois os alunos estão recetivos a formas diferentes e inovadoras de ensinar, como o caso das analogias que os alunos gostaram particularmente”* (docente F).

Registaram-se duas sugestões, apresentadas pelo professor G:

- *“pedir aos alunos participantes a sua opinião acerca da(s) metodologia(s)”*;
- *“gravação de uma aula por cada turma participante”*.

3. Episódios da professora investigadora com os alunos envolvidos no estudo piloto

Os alunos que, no ano letivo 2011/2012 foram submetidos ao estudo piloto quando frequentavam o 9ºano no Colégio de São Teotónio, frequentam atualmente o 2ºano de Universidade. Os episódios a seguir descritos foram registados quando os mesmos se encontravam no 11ºano de escolaridade. Alguns desses discentes seguiram no 10º ano a vertente de Línguas e Humanidades outros a de Artes mas, a maioria optou pela via de Ciências e Tecnologias.

O número de alunos que optou pela área de Ciências e Tecnologia e que continuou no Colégio de São Teotónio foi de quinze alunos. Os alunos da turma experimental 1 que continuaram no Colégio e, que no estudo piloto estudaram os conceitos inerentes ao tema dos circuitos elétricos através do recurso a analogias e à resolução de problemas foram os melhores em termos de resultados na disciplina de Físico-Química A, do 11º ano. Sem dúvida que o recurso à analogia marcou estes alunos que, em contextos fora da sala de aula (quer na fila do refeitório, quer em visitas de estudo), interpelaram a docente das turmas experimentais do estudo piloto (a doutoranda), recordando a analogia utilizada, mencionado os *“meninos à volta do recreio e o senhor dos gelados”* para explicar o movimento orientado dos eletrões num metal.

Por outro lado, pôde verificar-se nos testes dos alunos da turma experimental 1 e no dos alunos da turma experimental 2 (ambos sujeitos ao tratamento da metodologia da resolução de problemas), que a maioria deles passou a organizar a resolução dos exercícios e/ou de problemas por etapas, verificando que facilitava o seu rendimento escolar. Muitos deles afirmaram até ter ensinado a *“receita”* para a resolução de problemas a irmãos mais novos ou colegas de carteira que não contactaram com esta experiência pedagógica.

Ainda hoje, a doutoranda mantém contacto com alguns desses alunos, que mostram um percurso académico notável, e recordam com saudade a experiência vivida durante o estudo piloto desta investigação.

Capítulo V

Neste quinto e último capítulo existem duas secções. Na primeira apresentam-se as conclusões da investigação inerentes às questões/hipóteses de investigação enunciadas no Capítulo I e decorrentes dos dois estudos complementares realizados; e por último, na secção das considerações finais, apresentam-se as conclusões gerais obtidas, as limitações do estudo e sugestões para futuras investigações.

1. Conclusões

Com este estudo pretendeu-se responder às cinco hipóteses formuladas para esta investigação e apresentadas no Capítulo I. A explanação das conclusões relacionadas com as duas primeiras hipóteses será feita em simultâneo, uma vez que ambas estão relacionadas com a técnica pedagógica da analogia. O tratamento das três últimas hipóteses será feito de modo individualizado.

Hipótese 1, 2

Os alunos aos quais se lecionou a matéria dos circuitos elétricos recorrendo à analogia proposta neste trabalho revelam uma melhor e mais profunda aprendizagem da matéria (sendo eliminadas preconcepções erradas), quando comparados com os alunos da turma de controlo.

A analogia proposta permite captar a atenção e portanto motivar os alunos ajudando-os na assimilação e compreensão da matéria sobre circuitos elétricos.

Cada professor desempenha um papel primordial na sua escola, desfrutando de uma maior ou menor liberdade de ação que é condicionada por uma série de interferências provenientes: de diretrizes, currículos, metas, manuais, avaliações, diretores, pais e até dos próprios alunos.

Dentro desta liberdade, o referencial teórico dos modelos e modelação e o estudo específico das analogias vêm emergindo no campo da pesquisa educacional (Duit e Glynn, 1996; Gentner & Gentner, 1983; Treagust et al, 1996; Dagher, 1995; Utges 1999).

Dada a dificuldade e abstração que o tema dos circuitos elétricos exige e a necessidade de facilitar a aquisição de conhecimentos nesta área pelos nossos alunos, pensou-se na analogia das “Crianças no pátio de uma escola”. O objetivo foi introduzir a analogia como técnica pedagógica e recurso didático que facilitasse a compreensão dos alunos, erradicasse conceções erradas, promovendo a mudança conceptual e auxiliando o professor no processo de transmissão dos conteúdos.

Com a tabela seguinte é possível comparar o ganho da média normalizado dos alunos de grupos experimentais com recurso à analogia, de forma individual ou combinada com a técnica da resolução de problemas, e a de alunos dos grupos de controlo, no estudo piloto e estudo alargado:

	Estudo piloto		Estudo Alargado		
	Turma experimental: Analogias e Resolução de Problemas	Turma de Controlo	Turmas experimentais: Analogias	Turmas experimentais: Analogias e Resolução de Problemas	Turmas de controlo
ganho da média normalizado (%) – média das turmas	84,00	43,00	80,00	84,40	45,50

Tabela 107: Média do ganho normalizado para turmas experimentais com aplicação da técnica pedagógica das analogias VS turmas de controlo

Analisando os dados observam-se indicadores do sucesso desta metodologia. Parece-nos significativo o facto de, no geral, o ganho da média normalizado nas turmas experimentais ser cerca de 40,00 % superior ao das turmas de controlo em ambos os estudos.

Recordando também os resultados obtidos em pós-testes, no estudo piloto, pelos alunos do grupo experimental, verificou-se que estes foram sempre significativamente superiores aos obtidos pelos alunos do grupo de controlo, à exceção dos obtidos na questão Q6 onde estes resultados foram bastante semelhantes. No que concerne ao estudo alargado e observando os mesmos resultados, com exceção das questões/alíneas Q6, Q10.1, Q11.1 e Q12.3, onde a leção da matéria sem recurso à analogia parece ser suficiente para a aquisição dos conteúdos inerentes às mesmas, em todas as outras perguntas de pós-teste os resultados destes grupos experimentais com recurso à metodologia das analogias de forma individual ou combinada com a técnica da resolução de problemas, são superiores aos da turma de controlo. Por outro lado, nos pós-testes de ambos os estudos, observou-se que nas turmas definidas como experimentais, onde se aplicou a opção metodológica da analogia por si só ou combinada com a resolução de problemas, a percentagem de alunos a selecionar hipóteses erradas, geralmente relacionadas com preconceções erradas detetadas na literatura diminuiu fortemente em relação aos valores dos pré-testes, sendo nula em algumas questões.

Apesar de não se ter estudado a influência que a aplicação da técnica pedagógica da analogia no desempenho geral dos alunos pode ter, um dos docentes da escola de Viseu mencionou que a mesma influenciou positivamente os resultados dos seus alunos em teste de avaliação. Por outro lado, o êxito da metodologia mencionado por alguns dos professores participantes, mesmo em conversas informais, relaciona-se para eles com o facto de os alunos se envolverem mais no seu processo de aprendizagem e participem ativamente nas aulas, aumentando o seu nível motivacional.

Hipótese 3

Os alunos que praticaram os passos estabelecidos para a resolução de problemas revelam resultados mais corretos na resolução dos mesmos quando comparados com os alunos das turmas de controlo ou alunos das turmas onde se aplicou apenas o desenvolvimento da analogia.

Numa perspetiva de investigação-ação, aplicou-se em sala de aula a técnica elaborada e relacionada com os passos que consideramos ser necessários à correta

resolução de um problema, para aprofundamento da autonomia e da aprendizagem conceptual dos alunos.

Como se sabe, a aprendizagem emerge sempre da participação ativa dos alunos no processo de ensino, são eles quem constrói (mais ou menos ajudados) a sua própria aprendizagem. Assim, como a grande maioria dos trabalhos sobre representações dos alunos face a conceitos e problemas da ciência, também a técnica da resolução de problemas se insere numa perspectiva construtivista.

Tendo sido estabelecida uma comparação dos resultados de aprendizagem de alunos ensinados através da metodologia da resolução de problemas individualmente ou combinada com a analogia e do desempenho dos alunos pertencentes a turmas de controlo, avaliou-se o efeito da técnica pedagógica criada.

Observe-se a tabela referente à média das percentagens de respostas corretas, incompletas, incorretas ou de respostas em branco, das duas alíneas da questão Q13, dos pós-testes do estudo alargado e obtidas por alunos de turmas experimentais e de controlo.

Estudo Alargado				
Questão Q13 (alíneas 13.1 e 13.2)				
		Turmas experimentais: Resolução de Problemas	Turmas experimentais: Analogias e Resolução de Problemas	Turmas de controlo
média de respostas %	corretas	59,00	60,00	16,00
	incompletas	16,00	19,00	16,00
	incorretas	8,00	8,00	24,50
	em branco	17,00	13,00	43,50

Tabela 108: Percentagem de respostas corretas, incorretas, incompletas e em branco para turmas experimentais com aplicação da técnica pedagógica da resolução de problemas VS turmas de controlo

A análise das duas alíneas de pós-teste do estudo alargado, dedicadas a este fim, revelaram diferenças estatisticamente significativas quando comparados os resultados das turmas experimentais, tratadas com a técnica de resolução de problemas, com os resultados das turmas de controlo.

Repara-se que:

- nas turmas experimentais a média da percentagem de respostas corretas é cerca de 40,00 % superior à das turmas de controlo;
- a média da percentagem de repostas incompletas é semelhante/igual em ambos os grupos (experimental e de controlo);
- a média de respostas incorretas e deixadas em branco é de 16,50 % inferior nas turmas experimentais;
- a percentagem de respostas deixadas em branco é de 26,50 % e 30,50 %, (respetivamente para turmas onde se aplica a resolução de problemas e turmas onde se aplica a metodologia combinada) inferior quando comparadas com as de controlo.

Deste modo, ao aplicar este tipo de técnica o professor cria oportunidades para o aprofundamento da autonomia e da aprendizagem conceptual dos alunos, para o desenvolvimento de um raciocínio mais flexível e da capacidade de reflexão crítica de resultados ou possíveis erros cometidos.

No caso do estudo piloto, os passos da resolução de problemas foram treinados na turma experimental 1 e 2 primeiro com a resolução de um problema no quadro, com a ajuda da docente, e só depois os alunos partiram para a resolução individualizada. Depois de se ter dado aos discentes a possibilidade de refletir acerca das suas falhas, o que contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento do seu conhecimento e técnica, as melhorias dos aprendizes e o aumento da motivação foram evidentes, tendo havido vários alunos das turmas experimentais a responder corretamente a todas as questões de cálculo nos testes de avaliação a que foram submetidos após a aplicação da metodologia.

Hipótese 4

Os alunos com melhores resultados são os pertencentes a turmas experimentais onde se aplicou a analogia simultaneamente com o desenvolvimento da técnica da resolução de problemas.

Analisando as tabelas 107 e 108, apresentadas nas considerações inerente às hipóteses anteriores bem como todos os resultados apresentados no capítulo

precedente, verificamos que a utilização cumulativa da analogia proposta neste trabalho, como fundamento da compreensão dos circuitos elétricos simples e da técnica da resolução de problemas, orientados para provocar o desenvolvimento cognitivo mais profundo dos alunos, parece ter produzido efeitos bastante satisfatórios sobre as suas aprendizagens.

Destes resultados verificou-se ainda que as preconcepções incorretas, que por vezes também nestas turmas eram muito fortes no início das atividades, são quase totalmente eliminadas e que, na sua grande maioria, os alunos destas turmas justificam adequadamente as suas opções (característica das aprendizagens significativas).

“Pensamos assim que, usando diferentes técnicas de ensino e aprendizagem em física é possível induzir nos nossos alunos um espírito científico de aquisição de conteúdos, de desenvolvimento de competências e de procura de causas e argumentos - espírito “inquiry”, que potencie a possibilidade dos alunos resolverem quaisquer tipos de problemas com os conhecimentos que têm, ou que são capazes de perceber que devem procurar, levando-os a comportar-se como futuros cidadãos ativos com consciência dos seus conhecimentos e das suas dúvidas, dos seus direitos e dos seus deveres.” (de Almeida et al., 2013).

Por outro lado, durante conversas informais e no próprio inquérito de opinião, notou-se existir uma preocupação clara, por parte dos docentes envolvidos no estudo, relativa à procura de novas e criativas técnicas de ensinar, que motivem os alunos e facilitem a sua aprendizagem.

Hipótese 5

O desempenho dos alunos do estudo alargado e estudo piloto, quando sujeitos aos mesmos tratamentos, deverá ser idêntico.

Após o estudo piloto e os resultados positivos e encorajadores obtidos no mesmo, decidiu-se avançar para o estudo avançado de modo a testar as mesmas técnicas numa amostra de maiores dimensões.

Como se verificou no capítulo anterior, o ponto de partida dos alunos do estudo piloto, antes da aplicação das técnicas pedagógicas criadas e/ou a leção da matéria, era bastante superior ao apresentado pelos alunos pertencentes a turmas do estudo alargado.

Contudo, após a realização do pós-teste e a subsequente análise estatística, observa-se, através da comparação entre ganhos da média normalizados que os resultados dos dois estudos são bastante semelhantes. O referido é observado nas tabelas 102 a 106, quando se compara o ganho da médias normalizada (em percentagem) para turmas experimentais e de controlo em ambos os estudos.

Assim, temos:

- turma experimental com Analogias + resolução de problemas: 84,00 % no estudo piloto e 84,40 % no estudo alargado;

- turma experimental de Resolução de problemas: 63,00 % no caso do estudo piloto e 59,67 % para o estudo alargado;

- turmas de controlo: 43,00 % no estudo piloto e 45,50 % no estudo alargado.

Não se mencionam as turmas experimentais onde se aplicou, de forma individual, a metodologia contendo apenas a analogia proposta uma vez que este tratamento não existiu no estudo piloto.

2. Considerações finais

Compreender o tema circuitos elétricos requer dominar e relacionar conceitos, como corrente elétrica, resistência à passagem da corrente, energia transferida, entre outros. Todos estes conceitos significativamente abstratos e não palpáveis são dificilmente perceptíveis para a maioria dos nossos alunos.

Como Gentner e Gentner (1983), considerou-se que o tema eletricidade era ideal para investigar o papel das analogias uma vez que para além de este ser um fenómeno do dia-a-dia, os seus mecanismos são, como já se referiu, essencialmente invisíveis.

No decorrer da aplicação da metodologia recorreu-se também à resolução de problemas. Pretendendo-se que a partir do modelo de resolução de problemas criado e que envolve vários passos, se simplifique e facilite quer a sua compreensão quer a própria resolução.

Os resultados decorrentes deste trabalho indicam que a intervenção realizada e atrás referida, centrada na analogia e/ou resolução de problemas, contribuiu para uma melhoria no desempenho dos alunos. Contudo, sabemos que não existem “receitas” mágicas a seguir para se atingir o sucesso garantido na resolução de um problema em física, ou analogias que sejam eficazes para todos os alunos.

Assim, apesar dos indicadores positivos alcançados não se reclama a generalização destes resultados. Deseja-se apenas que as técnicas aqui apresentadas possam servir de orientação a professores que se deparem com o mesmo problema ou que, duvidando da sua eficácia as coloquem em prática com os seus próprios alunos.

Refletindo acerca do trabalho de investigação e considerando sempre que o objetivo da escola é o sucesso dos seus discentes, percebemos a importância da investigação educacional e da consequente aplicação dos seus resultados nas escolas portuguesas.

Com o estudo alargado verificou-se que os professores e os alunos se encontram recetivos e motivados para a aplicação de novas técnicas pedagógicas no contexto de ensino, apercebendo-se do potencial que as mesmas apresentam.

A situação constatada por Sequeira, em 1989, acerca da investigação educacional e da importância da mesma, continua a sentir-se no nosso país; cada vez mais, é necessário terminar com o *“divórcio existente entre as Instituições de Ensino Superior e as Escolas do Ensino Básico e Secundário, onde a intervenção pedagógica deve ser objeto privilegiado de investigação”* e constituir *“um fator favorável ao hiato existente entre Escolas e à subsequente ausência de “feedback” entre elas”* (Sequeira, 1989, p.3). Ainda segundo a mesma autora, *“a falta de tradição de investigação entre os docentes dos graus de ensino mais baixos, a recusa tímida destes docentes em contactarem os Centros de Investigação do ensino superior (...)”*(Sequeira, 1989, p.5) dificultam este processo. Para além disso, em conversas informais verificamos que a maioria dos docentes referem que a extensão do programa e a preocupação em terminar o mesmo, adicionada a exigência burocrática que sobre eles recai, desmotiva-os e não lhes tem permitido transformar a sua sala de aula num “laboratório”.

Esta reflexão acerca do processo ensino-aprendizagem, nas suas salas, deverá levar os professores a pensar, cada vez mais, acerca da sua maneira de ensinar e na

tentativa de renovar a mesma, apostando numa formação contínua; o que em termos práticos teria de implicar uma diminuição da sua carga letiva. Defendemos que esta formação de professores deverá ser uma aposta nas escolas portuguesas possibilitando que se estabeleçam pontes sólidas entre as investigações desenvolvidas em contexto universitário e as escolas do Ensino Básico e Secundário do país; pois melhores professores implicam necessariamente alunos com melhor desempenho. Não defendemos que os alvos desta formação deverão ser apenas professores mais novos, ainda com pouca prática de ensino mas sim, também, docentes com vários anos de experiência. Mesmo neste último caso, acontece que o facto de desconhecerem as ideias iniciais por vezes erradas dos alunos acerca de determinados temas, aliado a aulas pouco claras com objetivos não definidos e/ou fraca preparação científica, não permite aos seus alunos, principalmente aqueles que têm maiores dificuldades alcançarem aprendizagens significativas.

Como objetivo final desta investigação e como consequência da mesma, espera-se que futuramente sejam planeados e implementados cursos de formação contínua para professores (elaborando documentos de orientação para docentes e de apoio para os seus alunos), com o objetivo de promover e orientar a utilização da analogia e/ou da técnica de resolução de problemas numa perspetiva sequencial da autonomia dos seus alunos, capaz de promover a motivação, melhorar as aprendizagens em Física e alcançar um desenvolvimento de competências gerais mais significativo.

Por outro lado, sabemos que a grande maioria dos professores recorre ao manual escolar, quase de forma exclusiva, para preparar e lecionar as suas aulas, tornando estes um instrumento poderoso de implementação de novas práticas de ensino. Sugere-se com esta investigação, e sempre que haja investigações científicas acerca de determinadas temáticas, onde se tenha procedido ao levantamento de preconceções erradas, que estas constem no manual do professor, bem como as metodologias sugeridas para as ultrapassar. Deste modo o professor estará mais atento e o processo de ensino será facilitado.

No que concerne às limitações inerentes a este trabalho de investigação, estas prenderam-se essencialmente com o facto de a doutoranda se encontrar a lecionar durante todo o processo, desde a elaboração dos materiais até à análise dos mesmos, o

que dificultou e o estendeu no tempo, não tendo havido possibilidade temporal e económica do alargamento do estudo a novas temáticas.

Assim, consideramos fundamental que no futuro se dê continuidade a esta investigação utilizando a mesma metodologia, mas abordando o tema do eletromagnetismo no 9º ano numa perspetiva da compreensão do processo para uma futura aplicação ao estudo dos fenómenos elétrico-acústicos no 11º ano, em especial o estudo do altifalante com a compreensão dos fenómenos eletromagnéticos envolvidos.

Anexos

Os passos que debes seguir...

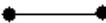
1. Ler devagar o enunciado do problema, com atenção e, se for o caso, esboçando esquemas adequados. Ler o enunciado do problema até ao fim.
2. Tomar nota dos dados e dos pedidos.
3. Identificar quais os conceitos físicos envolvidos na situação apresentada.
4. Analisar, introspectivamente, a percepção dos conceitos envolvidos no problema... Como se relacionam? Será necessário estudar alguma coisa ou consultar algum livro?...
5. Depois do ponto anterior esclarecido, verificar novamente o que é dado e o que é pedido. Tome atenção especial à coerência do sistema de unidades.
6. Encontrar o melhor caminho para chegar à solução, exercendo alguma autocrítica sobre a validade do caminho escolhido.
7. Fazer os cálculos que ilustram o caminho seguido e verificar se as unidades usadas para as grandezas em causa são consistentes com o SI.
8. Verificar se o resultado obtido tem uma ordem de grandeza esperada e possível.
9. Construir uma frase lógica para enquadramento e justificação da resposta.

BOM TRABALHO!

QUESTIONÁRIO DE DIAGNÓSTICO

O tema “fenômenos elétricos” encontra-se inserido no programa do 9ºano de Ciências Físico-Químicas e será estudado nas próximas aulas. As questões que se seguem relacionam-se com estes temas, pelo que as suas respostas são indispensáveis para o bom desenvolvimento dessas aulas. Por favor, exprima o seu pensamento abertamente, pois as suas respostas sinceras são o mais importante.

Para facilitar a compreensão das questões usaremos as seguintes simbologias:

Componentes	Símbolo
Fio condutor	
Interruptor Aberto	
Interruptor Fechado	
Pilha (Fonte)	
Lâmpada	
Resistência Elétrica	

1. Dizer que “um objeto está carregado positivamente”, **significa** que:

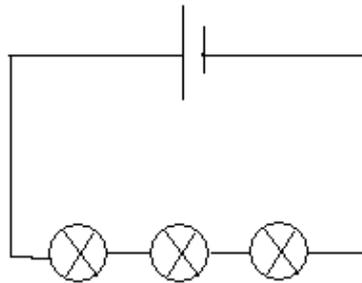
- A) o objeto ganhou prótons;
- B) o objeto perdeu prótons;
- C) o objeto ganhou eletrões;
- D) o objeto perdeu eletrões.

2. “Se colocarmos um fio de metal numa tomada onde passa corrente elétrica apanhamos um choque mas se colocarmos um fio de plástico não.”

Explique. _____

3. Quando dizemos "fechar a luz" estamos a **abrir** ou **fechar um circuito**? Justifique.

4. Observe o circuito elétrico seguinte e **selecione a opção correta**.



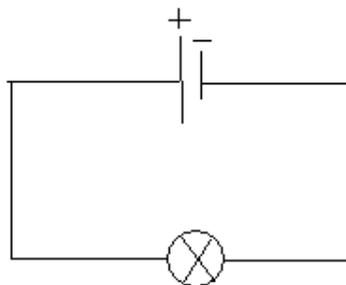
A) A intensidade da corrente elétrica enfraquece à medida que passa os vários componentes do circuito;

B) A intensidade da corrente elétrica mantêm-se sempre constante;

C) A intensidade da corrente elétrica mantêm sempre o mesmo valor desde a pilha até às lâmpadas, diminui quando passa nas lâmpadas, voltando a aumentar de seguida;

D) A intensidade da corrente elétrica vai sempre aumentando ao longo do circuito.

5. Tendo em conta o circuito seguinte, e sabendo que a lâmpada acende, **escolha a opção correta**.



A) A luz da lâmpada surge porque é aí que se juntam os dois polos da pilha (polo + e polo -), fazendo faísca;

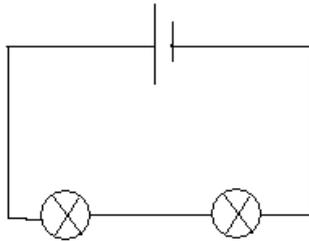
B) A lâmpada acende porque existe eletricidade (que é armazenada por substâncias no interior da pilha);

C) O polo + da pilha liberta energia positiva que vai até ao lado esquerdo da lâmpada, o polo negativo da pilha liberta energia negativa até ao lado direito da lâmpada. Aí as duas equilibram-se fazendo-a acender.

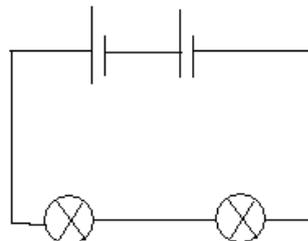
D) Nenhuma das anteriores.

Se escolheu a opção D), dê uma explicação possível para o facto de a lâmpada acender.

6. Observe os seguintes circuitos elétricos:



Circuito A



Circuito B

No circuito A:

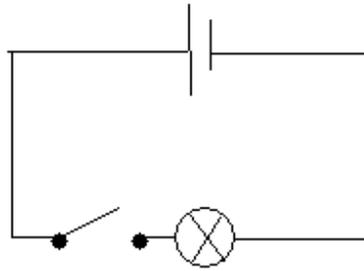
- A) as lâmpadas brilham menos que no circuito B;
- B) as lâmpadas brilham mais que no circuito B;
- C) as lâmpadas brilham com a mesma intensidade que no circuito B;
- D) só brilha uma lâmpada porque só há uma pilha (fonte).

7. A função da pilha (fonte) num circuito é:

- A) produzir prótons no polo +;
- B) produzir eletrões no polo -;
- C) produzir em simultâneo prótons, no polo +, e eletrões, no polo -;
- D) Nenhuma das anteriores.

Se escolheu a opção D), explique, por palavras suas, qual a função da fonte num circuito.

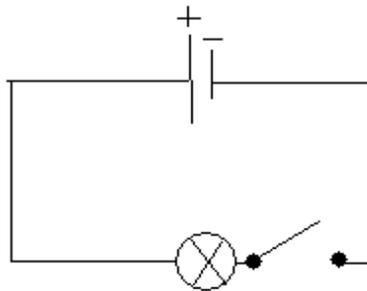
8. Num circuito, com um **interruptor aberto antes da lâmpada**, pode afirmar-se que:



- A) L_1 acende;
- B) L_1 não acende;

Justifique a sua escolha. _____

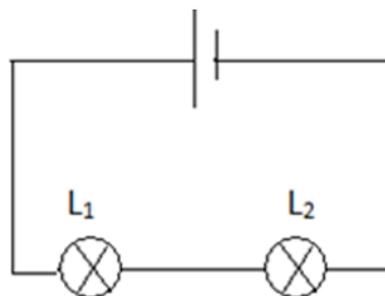
9. No circuito, com o **interruptor aberto depois da lâmpada**, pode afirmar-se que:



- A) L_2 acende;
- B) L_2 não acende;

Justifique a sua opção. _____

10. **Analise** o circuito da figura.



10.1. Pode **afirmar-se** que:

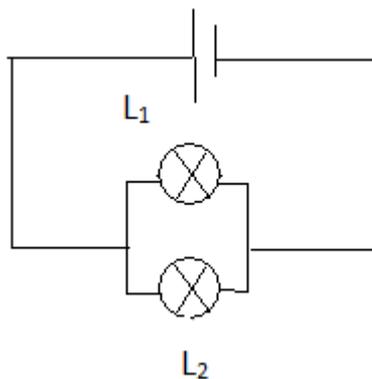
- A) se L_1 brilha mais que L_2 é porque têm mais potência;
- B) se L_1 brilha mais que L_2 é porque têm menos potência;
- C) L_2 brilha menos porque só recebe a energia que sobra de L_1 ;
- D) O brilho das lâmpadas é igual porque estão no mesmo fio.

10.2. Se L_1 fundir...

- A) L_2 contínua acesa e com o mesmo brilho que tinha antes;
- B) L_2 contínua acesa e com mais brilho do que antes;
- C) L_2 contínua acesa mas com menos brilho que antes;
- D) L_2 não acende.

Justifique a sua escolha. _____

11. Analise o circuito da figura.



11.1. Pode **afirmar-se** que:

- A) se L_1 brilha mais que L_2 é porque está mais próxima da pilha;
- B) se L_1 brilha mais que L_2 é porque tem mais potência;
- C) L_1 e L_2 brilham o mesmo porque estão ligadas à mesma pilha;
- D) L_1 e L_2 têm brilhos diferentes porque não estão no mesmo fio.

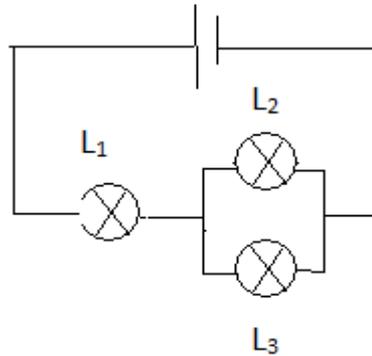
11.2. Se L_1 fundir...

- A) L_2 contínua acesa com o mesmo brilho que tinha antes;
- B) L_2 contínua acesa e com mais brilho que antes;
- C) L_2 contínua acesa mas com menos brilho que antes;

D) L_2 não acende.

Justifique a sua escolha. _____

12. Observe o circuito da figura.



12.1. Pode afirmar-se que:

- A) L_1 brilha mais que L_2 e L_3 ;
- B) O Brilho de L_2 brilha mais que L_1 e L_3 porque está mais próxima da pilha;
- C) O brilho de L_1 , L_2 e L_3 é o mesmo;
- D) Todas as lâmpadas têm brilhos diferentes porque estão em fios diferentes.

Justifique a sua escolha. _____

12.2. Se L_1 fundir

- A) L_2 acende e L_3 não;
- B) L_3 acende e L_2 não;
- C) L_2 e L_3 continuam acesas;
- D) L_2 e L_3 apagam-se.

Justifique a sua escolha. _____

12.3. Se L_2 fundir

- A) L_1 não acende e L_3 também não;
- B) L_1 não acende mas L_3 acende;
- C) L_1 acende e L_3 acende;
- D) Nenhuma lâmpada acende.

Justifique a sua escolha. _____

QUESTIONÁRIO DE DIAGNÓSTICO

O tema “fenómenos elétricos” encontra-se inserido no programa do 9ºano de Ciências Físico-Químicas e foi estudado nas últimas aulas. As questões que se seguem relacionam-se com este tema. Por favor, exprima o seu pensamento abertamente, pois as suas respostas sinceras são o mais importante.

1. Dizer que “*um objeto está carregado positivamente*”, **significa** que:

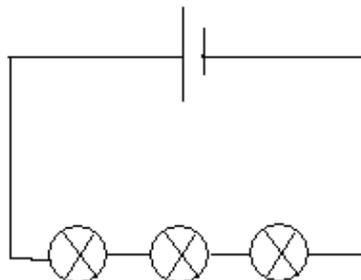
- A) o objeto ganhou prótons;
- B) o objeto perdeu prótons;
- C) o objeto ganhou eletrões;
- D) o objeto perdeu eletrões.

2. “Se colocarmos um fio de metal numa tomada de corrente das nossas casas, apanhamos um choque, mas se colocarmos um fio de plástico não.”

Explique. _____

3. Quando dizemos “*fechar a luz*” estamos a **abrir** ou **fechar** um **circuito**?

4. Observe o circuito elétrico seguinte e **selecione a opção correta**:



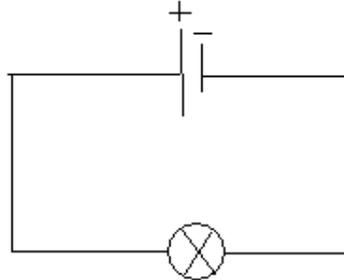
A) a intensidade da corrente elétrica enfraquece à medida que passa pelos vários componentes do circuito;

B) a intensidade da corrente elétrica é a mesma em todos os pontos do circuito;

C) a intensidade da corrente elétrica mantém sempre o mesmo valor desde a pilha até às lâmpadas, diminui quando passa nas lâmpadas, voltando a aumentar de seguida;

D) a intensidade da corrente elétrica vai sempre aumentando ao longo do circuito.

5. Tendo em conta o circuito seguinte, e sabendo que a lâmpada acende, **escolha a opção correta:**



A) a luz da lâmpada surge porque é aí que se juntam os dois polos da pilha (polo + e polo -), fazendo faísca;

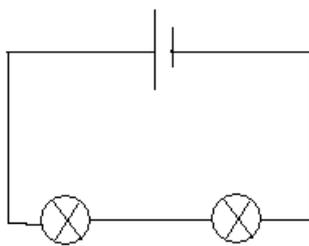
B) a luz da lâmpada surge associada à resistência que a lâmpada oferece à passagem de corrente, que provoca uma diminuição de energia do circuito.

C) o polo + da pilha liberta energia positiva que vai até ao lado esquerdo da lâmpada, o polo negativo da pilha liberta energia negativa até ao lado direito da lâmpada. Aí as duas equilibram-se fazendo-a acender.

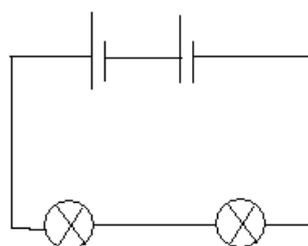
D) nenhuma das anteriores.

Se escolheu a opção D), dê uma explicação possível para o facto de a lâmpada acender.

6. **Observe** os seguintes circuitos elétricos, nos quais as lâmpadas e as pilhas são todas iguais:



Circuito A



Circuito B

No **circuito A**:

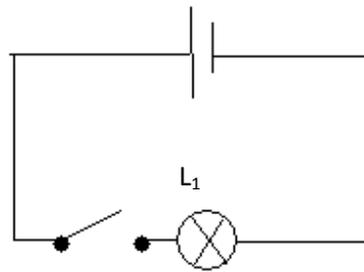
- A) as lâmpadas brilham menos que no circuito B;
- B) as lâmpadas brilham mais que no circuito B;
- C) as lâmpadas brilham com a mesma intensidade que no circuito B;
- D) só brilha uma lâmpada porque só há uma pilha (fonte).

7. A função da pilha (fonte) num circuito é:

- A) produzir prótons no polo +;
- B) produzir eletrões no polo -;
- C) produzir em simultâneo prótons, no polo +, e eletrões, no polo -;
- D) Nenhuma das anteriores.

Se escolheu a opção D), explique, por palavras suas, qual a função da fonte num circuito. _____

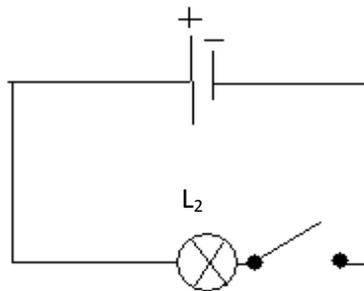
8. Num circuito, com um interruptor aberto antes da lâmpada, pode afirmar-se que:



- A) L_1 acende;
- B) L_1 não acende;

Justifique a sua escolha. _____

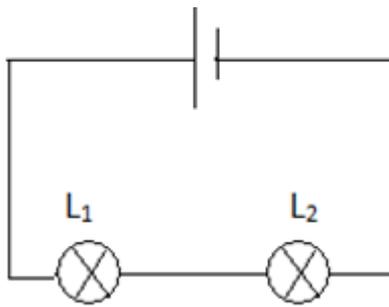
9. No circuito, com o interruptor aberto depois da lâmpada, pode afirmar-se que:



- A) L_2 acende;
- B) L_2 não acende;

Justifique a sua opção. _____

10. Analise o circuito da figura.



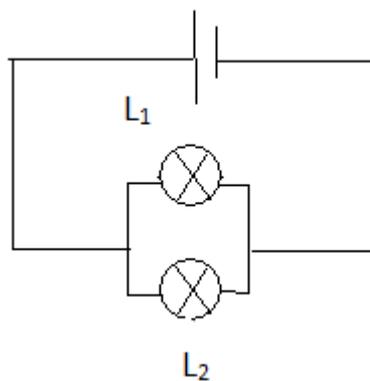
10.1. Pode afirmar-se que:

- A) se L_1 brilha mais que L_2 é porque têm mais potência;
- B) se L_1 brilha mais que L_2 é porque têm menos potência;
- C) L_2 brilha menos porque só recebe a energia que sobra de L_1 ;
- D) O brilho das lâmpadas é igual porque estão no mesmo fio.

10.2. Se L_1 fundir...

- A) L_2 continua acesa e com o mesmo brilho que tinha antes;
- B) L_2 continua acesa e com mais brilho do que antes;
- C) L_2 continua acesa mas com menos brilho que antes;
- D) L_2 não acende.

11. Analise o circuito da figura.



11.1. Pode afirmar-se que:

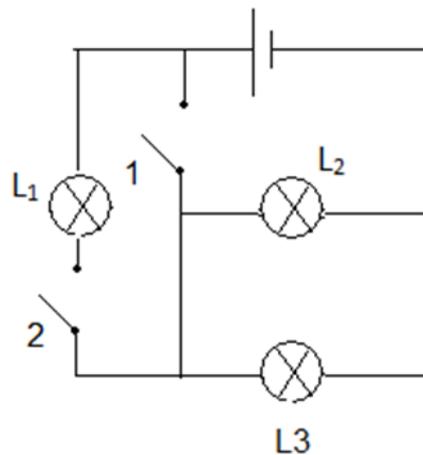
- A) se L_1 brilha mais que L_2 é porque está mais próxima da pilha;
- B) se L_1 brilha mais que L_2 é porque tem mais potência;
- C) L_1 e L_2 brilham o mesmo porque estão ligadas à mesma pilha;
- D) L_1 e L_2 têm brilhos diferentes porque não estão no mesmo fio.

11.2. Se L_1 fundir...

- A) L_2 contínua acesa com o mesmo brilho que tinha antes;
- B) L_2 contínua acesa e com mais brilho que antes;
- C) L_2 contínua acesa mas com menos brilho que antes;
- D) L_2 não acende.

Justifique a sua escolha. _____

12. Observe o circuito da figura, no qual se encontram intercaladas três lâmpadas.



12.1. Que lâmpada(s) acende(m) quando:

12.1.1. se fecha apenas o interruptor 1? _____

12.1.2. se fecha apenas o interruptor 2? _____

12.2. Mantendo apenas o interruptor 2 fechado se L_3 fundir

- A) L_2 acende e L_1 não;
- B) L_1 acende e L_2 não;
- C) L_1 e L_2 continuam acesas;
- D) L_1 e L_2 apagam-se.

Justifique a sua escolha. _____

12.3. Mantendo apenas o interruptor 2 fechado se L_1 fundir

- A) L_2 não acende e L_3 também não;
- B) L_3 não acende mas L_2 acende;
- C) L_1 acende e L_3 acende;
- D) todas acendem.

Justifique a sua escolha. _____

QUESTIONÁRIO DE DIAGNÓSTICO

O tema “fenómenos elétricos” encontra-se inserido no programa do 9ºano de Ciências Físico-Químicas e foi estudado nas últimas aulas. As questões que se seguem relacionam-se com este tema. Por favor, exprima o seu pensamento abertamente, pois as suas respostas sinceras são o mais importante.

1. Dizer que “*um objeto está carregado positivamente*”, **significa** que:

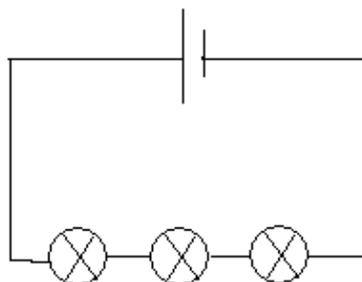
- A) o objeto ganhou prótons;
- B) o objeto perdeu prótons;
- C) o objeto ganhou eletrões;
- D) o objeto perdeu eletrões.

2. “Se colocarmos um fio de metal numa tomada de corrente das nossas casas, apanhamos um choque, mas se colocarmos um fio de plástico não.”

Explique. _____

3. Quando dizemos “*fechar a luz*” estamos a **abrir** ou **fechar** um **circuito**?

4. Observe o circuito elétrico seguinte e **selecione a opção correta**:



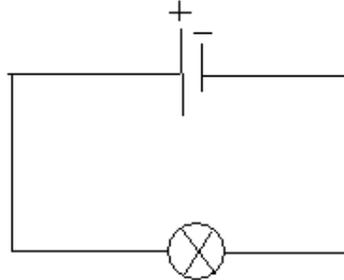
A) a intensidade da corrente elétrica enfraquece à medida que passa pelos vários componentes do circuito;

B) a intensidade da corrente elétrica é a mesma em todos os pontos do circuito;

C) a intensidade da corrente elétrica mantém sempre o mesmo valor desde a pilha até às lâmpadas, diminui quando passa nas lâmpadas, voltando a aumentar de seguida;

D) a intensidade da corrente elétrica vai sempre aumentando ao longo do circuito.

5. Tendo em conta o circuito seguinte, e sabendo que a lâmpada acende, **escolha a opção correta:**



A) a luz da lâmpada surge porque é aí que se juntam os dois polos da pilha (polo + e polo -), fazendo faísca;

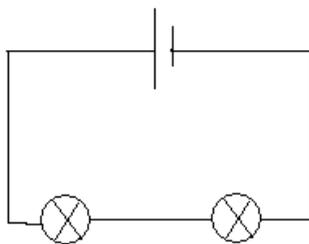
B) a luz da lâmpada surge associada à resistência que a lâmpada oferece à passagem de corrente, que provoca uma diminuição de energia do circuito.

C) o polo + da pilha liberta energia positiva que vai até ao lado esquerdo da lâmpada, o polo negativo da pilha liberta energia negativa até ao lado direito da lâmpada. Aí as duas equilibram-se fazendo-a acender.

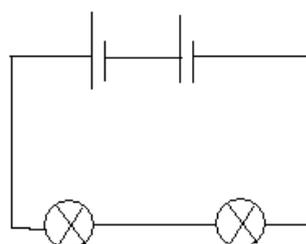
D) nenhuma das anteriores.

Se escolheu a opção D), dê uma explicação possível para o facto de a lâmpada acender.

6. **Observe** os seguintes circuitos elétricos, nos quais as lâmpadas e as pilhas são todas iguais:



Circuito A



Circuito B

No **circuito A**:

A) as lâmpadas brilham menos que no circuito B;

B) as lâmpadas brilham mais que no circuito B;

C) as lâmpadas brilham com a mesma intensidade que no circuito B;

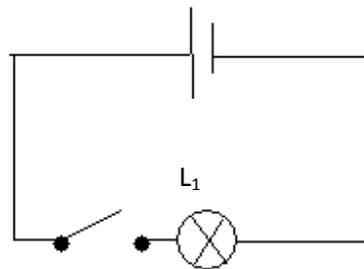
D) só brilha uma lâmpada porque só há uma pilha (fonte).

7. A função da pilha (fonte) num circuito é:

- A) produzir prótons no polo +;
- B) produzir eletrões no polo -;
- C) produzir em simultâneo prótons, no polo +, e eletrões, no polo -;
- D) Nenhuma das anteriores.

Se escolheu a opção D), explique, por palavras suas, qual a função da fonte num circuito. _____

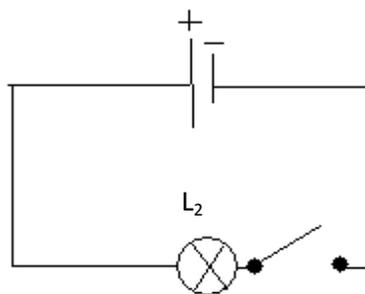
8. Num circuito, com um interruptor aberto antes da lâmpada, pode afirmar-se que:



- A) L_1 acende;
- B) L_1 não acende;

Justifique a sua escolha. _____

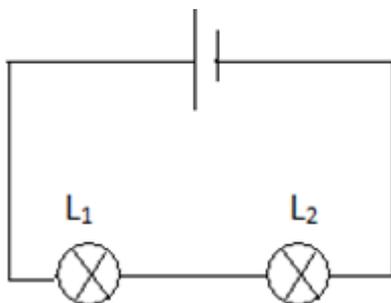
9. No circuito, com o interruptor aberto depois da lâmpada, pode afirmar-se que:



- A) L_2 acende;
- B) L_2 não acende;

Justifique a sua opção. _____

10. Analise o circuito da figura.



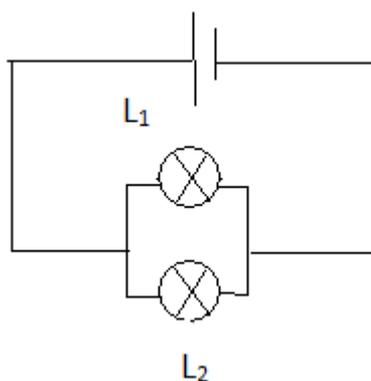
10.1. Pode afirmar-se que:

- A) se L_1 brilha mais que L_2 é porque têm mais potência;
- B) se L_1 brilha mais que L_2 é porque têm menos potência;
- C) L_2 brilha menos porque só recebe a energia que sobra de L_1 ;
- D) O brilho das lâmpadas é igual porque estão no mesmo fio.

10.2. Se L_1 fundir...

- A) L_2 contínua acesa e com o mesmo brilho que tinha antes;
- B) L_2 contínua acesa e com mais brilho do que antes;
- C) L_2 contínua acesa mas com menos brilho que antes;
- D) L_2 não acende.

11. Analise o circuito da figura.



11.1. Pode afirmar-se que:

- A) se L_1 brilha mais que L_2 é porque está mais próxima da pilha;
- B) se L_1 brilha mais que L_2 é porque tem mais potência;
- C) L_1 e L_2 brilham o mesmo porque estão ligadas à mesma pilha;

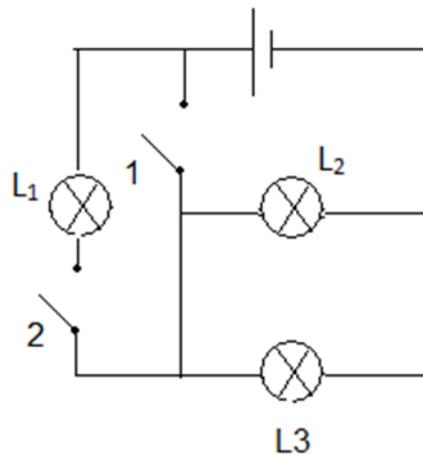
D) L_1 e L_2 têm brilhos diferentes porque não estão no mesmo fio.

11.3. Se L_1 fundir...

- A) L_2 continua acesa com o mesmo brilho que tinha antes;
- B) L_2 continua acesa e com mais brilho que antes;
- C) L_2 continua acesa mas com menos brilho que antes;
- D) L_2 não acende.

Justifique a sua escolha. _____

12. Observe o circuito da figura, no qual se encontram intercaladas três lâmpadas.



12.1. Que lâmpada(s) acende(m) quando:

12.1.1. se fecha apenas o interruptor 1? _____

12.1.2. se fecha apenas o interruptor 2? _____

12.2. Mantendo apenas o interruptor 2 fechado se L_3 fundir

- A) L_2 acende e L_1 não;
- B) L_1 acende e L_2 não;
- C) L_1 e L_2 continuam acesas;
- D) L_1 e L_2 apagam-se.

Justifique a sua escolha. _____

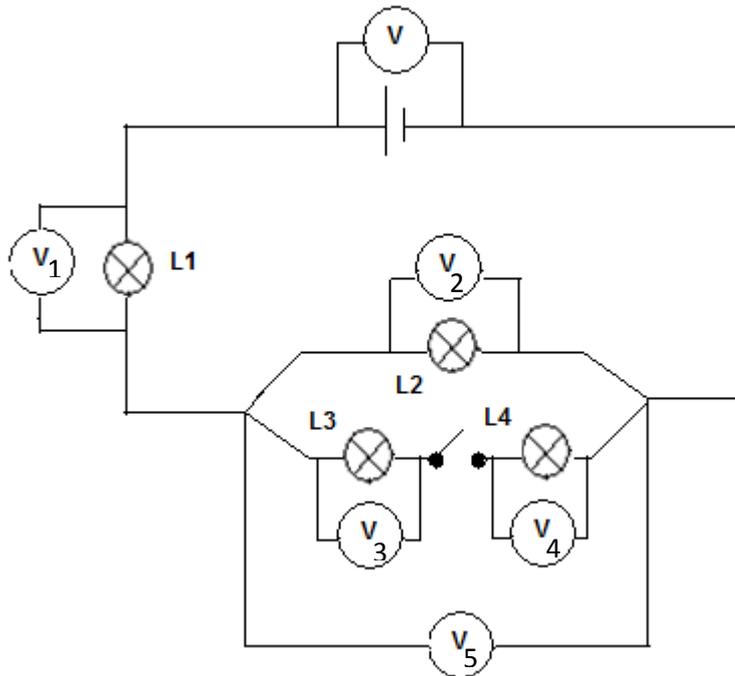
12.3. Mantendo apenas o interruptor 2 fechado se L_1 fundir

- A) L_2 não acende e L_3 também não;
- B) L_3 não acende mas L_2 acende;
- C) L_1 acende e L_3 acende;

D) todas acendem.

Justifique a sua escolha. _____

13. Considere o circuito esquematizado na figura.



Tenha em conta que o interruptor se encontra aberto e que as lâmpadas são todas iguais e possuem uma resistência de 2Ω . Sabendo que $V = 12 \text{ V}$ e $V_1 = 6 \text{ V}$:

13.1. Indique a diferença de potencial lida em V_2 , V_3 , V_4 e V_5 .

Nota: Apresente todos os cálculos e as justificações consideradas necessárias para responder à questão.

13.2. Calcule a intensidade de corrente que percorre as lâmpadas L_1 , L_2 , L_3 e L_4 .

Nota: Apresente todos os cálculos e as justificações consideradas necessárias para responder à questão.

OBRIGADA PELA SUA COLABORAÇÃO

2. Na figura seguinte encontra-se a representação simbólica de alguns componentes utilizados na montagem de circuitos elétricos.

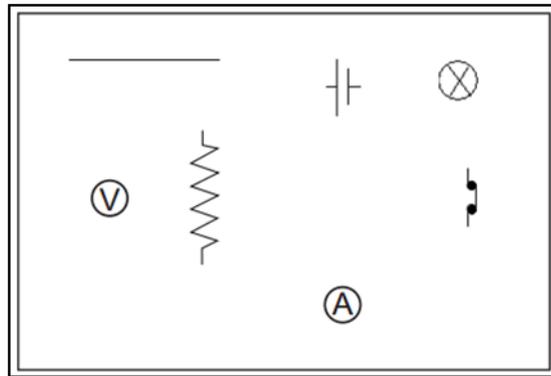


Fig. 3

2.1. Utilizando os símbolos da figura, tantas vezes quantas quiser, represente: um circuito elétrico com três lâmpadas, duas associadas em paralelo e uma em série com as anteriores; coloque um interruptor no ramo de uma das lâmpadas que está associada em paralelo e considere a situação em que todas as lâmpadas acendem. Justifique as suas opções.

2.2. Considere agora que coloca um interrupto no circuito elétrico anterior, indique onde o colocaria de modo a que:

a) apenas uma das lâmpadas não acenda. **Justifique as suas opções.**

b) nenhuma das lâmpadas do circuito acenda. **Justifique as suas opções.**

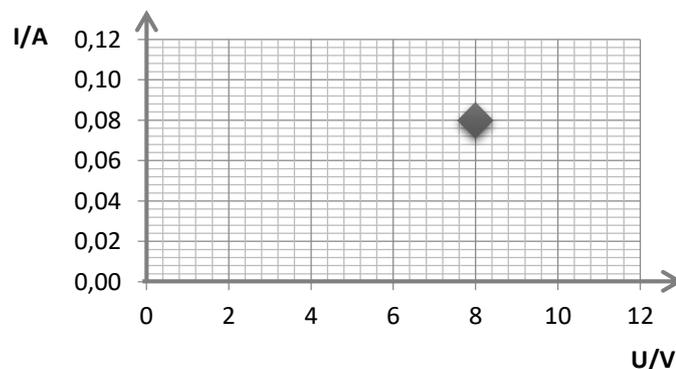
2.3. Recorrendo aos símbolos da figura e na possibilidade de os repetir, represente um circuito elétrico com três lâmpadas (iguais) associadas em série alimentadas por um gerador.

2.3.1. Tendo em conta o gráfico seguinte, que representa a intensidade de corrente em função da diferença de potencial entre os terminais de uma das lâmpadas do circuito elétrico anterior, calcule a sua resistência.

2.3.2. Qual é o valor da resistência introduzida no circuito pelas três lâmpadas em série. **Justifique.**

2.3.3. Qual a intensidade de corrente que percorre o circuito? **Justifique.**

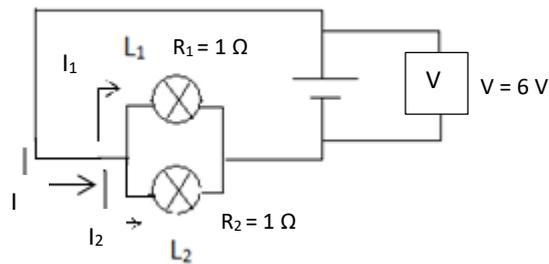
2.3.4. Qual a diferença de potencial aos terminais do gerador? **Justifique.**



Problema 1

Seguindo os passos da metodologia propostos para a resolução de problemas, temos:

1- Ler devagar o enunciado do problema, com atenção, tomando notas e, se for o caso, esboçando esquemas adequados. Ler o enunciado do problema até ao fim.



2- Tomar nota dos dados e dos pedidos.

Dados:

- Lâmpadas iguais \rightarrow igual resistência $\rightarrow R_1 = R_2 = 1 \Omega$
- Diferença de potencial nos extremos do gerador $\rightarrow V_G = 6 \text{ V}$ (leitura direta da figura 2)

Pedidos:

- Diferença de potencial nos terminais do gerador $\rightarrow V = ?$ (alínea 1.3)
- Intensidade de corrente $\rightarrow I = ?$ (alínea 1.4.)

3- Identificar quais os conceitos físicos envolvidos na situação apresentada.

- Intensidade de corrente;
- Diferença de potencial entre dois pontos;
- Resistência da lâmpada.

4- Analisar, introspectivamente, a percepção dos conceitos envolvidos no problema... Como se relacionam? Será necessário estudar alguma coisa ou consultar algum livro?...

- Circuito elétrico com lâmpadas associadas em paralelo, logo as diferenças de potencial nos extremos de cada uma das lâmpadas, V_1 e V_2 , são iguais. Assim $V_1 = V_2$ e neste circuito $V_1 = V_2 = V_G$;

$$I = I_1 + I_2; \frac{1}{R_{eq.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2};$$

- Lei de Ohm $R = \frac{U}{I}$;

5- Depois do ponto anterior esclarecido, verificar novamente o que é dado e o que é pedido.

Tome atenção especial à coerência do sistema de unidades.

- Verificado

6- Encontrar o melhor caminho para chegar à solução, exercendo alguma autocrítica sobre a validade do caminho escolhido.

Qual será o melhor caminho?

a)

1º Calcular a resistência total do circuito, R_{eq} ;

2º Se sei que a diferença de potencial aos terminais do gerador é 6 V, se consigo calcular a resistência equivalente e sei que elas se relacionam pela expressão matemática $R = \frac{U}{I}$, consigo calcular a intensidade de corrente total que percorre o circuito;

Ou

b)

1º Sei que $V_1 = V_2$ e neste circuito $V_1 = V_2 = V_G$; sei a resistência de cada uma das lâmpadas (porque elas são iguais); sei que há uma relação entre a diferença de potencial aos terminais de cada lâmpada, a sua resistência e a intensidade de corrente que a percorre, que traduz a lei de Ohm através da expressão matemática $R = \frac{U}{I}$; portanto, consigo calcular a intensidade de corrente que percorre cada uma das lâmpadas;

2º Como as lâmpadas estão associadas em paralelo a intensidade da corrente total é calculada através de

$$I = I_1 + I_2.$$

7- Fazer os cálculos que ilustram o caminho seguido e verificar se as unidades usadas para as grandezas em causa são consistentes com o SI.

Para quem optou pelo caminho a), para responder à alínea 1.4, os cálculos a efetuar serão os seguintes:

$$\frac{1}{R_{eq.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Leftrightarrow \frac{1}{R_{eq.}} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \Leftrightarrow \frac{1}{R_{eq.}} = 2 \Leftrightarrow R_{eq.} = 0,5 \Omega$$

$$Req. = \frac{U_{Gerador}}{I_{total}} \Leftrightarrow 0,5 = \frac{6}{I_{total}} \Leftrightarrow I_{total} = 12 \text{ A}$$

Para quem optou pelo caminho **b)**, para responder à alínea 1.4, os cálculos a efetuar serão os seguintes:

$$V_1 = V_2 = V_G = 6 \text{ V}$$

$$\text{Para a lâmpada 1: } R1 = \frac{U1}{I1} \Leftrightarrow 1 = \frac{6}{I1} \Leftrightarrow I1 = 6 \text{ A}$$

$$\text{Para a lâmpada 2: } R2 = \frac{U2}{I2} \Leftrightarrow 1 = \frac{6}{I2} \Leftrightarrow I2 = 6 \text{ A}$$

$$I = I_1 + I_2 = 6 + 6 = 12 \text{ A}$$

8- Verificar se o resultado obtido tem uma ordem de grandeza esperada e possível.

- Verificado

9- Construir uma frase lógica para enquadramento e justificação da resposta.

Alínea 1.1. Respondida no passo 1

Alínea 1.2. O aparelho de medida representado na figura 2 é um voltímetro. Para além de estar associado em paralelo aos terminais dos pontos cuja diferença de potencial queremos medir, a unidade de medida indicada no seu mostrador é o Volt.

Alínea 1.3. O valor indicado no aparelho de medida é de 6 V.

Alínea 1.4. O valor da intensidade de corrente que percorre o circuito total é de 12 A.

Problema 2

Segundo os passos da metodologia propostos para a resolução de problemas, temos:

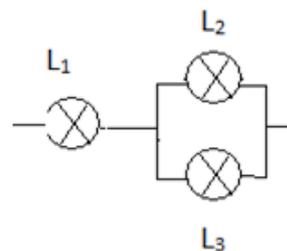
Alínea 2.1)

1- Ler devagar o enunciado do problema, com atenção, tomando notas e, se for o caso, esboçando esquemas adequados. Ler o enunciado do problema até ao fim.

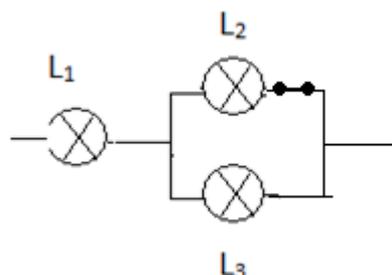
2- Tomar nota dos dados e dos pedidos.

- Três lâmpadas 

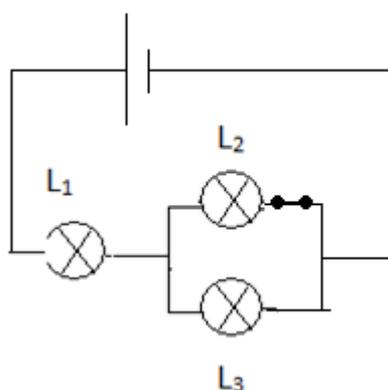
- Duas associadas em paralelo (L_2 e L_3 , porque têm os seus extremos ligados 2 a 2) e uma em série com as anteriores (L_1 , porque a intensidade de corrente que a percorre vai toda passar através do conjunto das outras duas)



- Coloque um interruptor no ramo de uma das lâmpadas que está associada em paralelo e considere a situação em que todas as lâmpadas acendem. Ora se todas acendem o interruptor tem de estar fechado.



- Para além disso, para que todas as lâmpadas acendam é necessário haver um gerador e um caminho fechado para a corrente elétrica que percorra as lâmpadas e o próprio gerador.

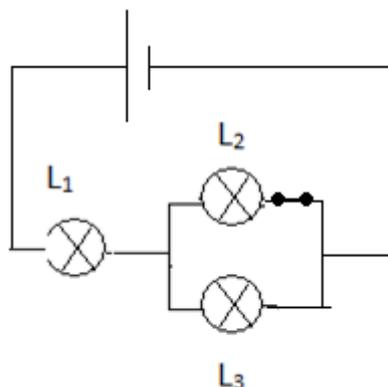


Alínea 2.2) a)

1- Ler devagar o enunciado do problema, com atenção, tomando notas e, se for o caso, esboçando esquemas adequados. Ler o enunciado do problema até ao fim.

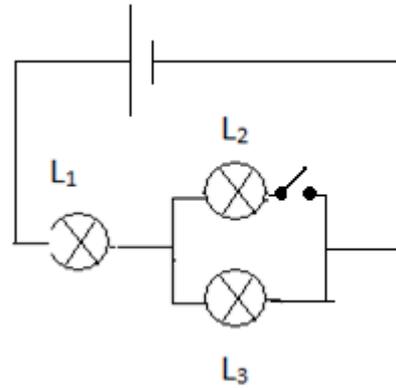
2- Tomar nota dos dados e dos pedidos.

- O circuito elétrico anterior é



- Para que apenas uma das lâmpadas não acenda temos que colocar o interruptor num dos ramos da associação em paralelo e, para além disso ele deve estar aberto.

Neste caso temos um caminho fechado para a corrente elétrica que passa por L_1 e L_3 e portanto estas duas lâmpadas acendem. Como não há nenhum caminho fechado que passe pelo ramo do circuito que contém L_2 , esta não acende.

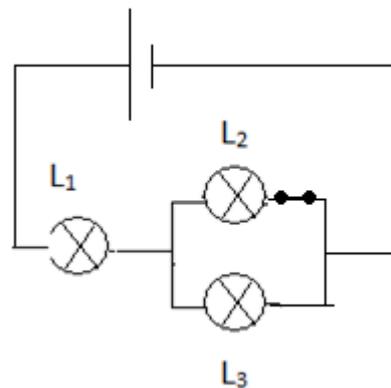


Alínea 2.2) b)

1- Ler devagar o enunciado do problema, com atenção, tomando notas e, se for o caso, esboçando esquemas adequados. Ler o enunciado do problema até ao fim.

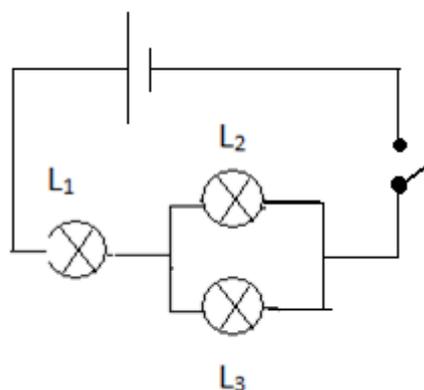
2- Tomar nota dos dados e dos pedidos.

- O circuito elétrico anterior é



- Como queremos que nenhuma das lâmpadas do circuito acenda, todos os eventuais caminhos para a corrente que percorre todo o circuito têm de estar abertos. Havendo apenas um interruptor, ele tem de estar no circuito principal.

Por exemplo:



Alínea 2.3)

1- Ler devagar o enunciado do problema, com atenção, tomando notas e, se for o caso, esboçando esquemas adequados. Ler o enunciado do problema até ao fim.

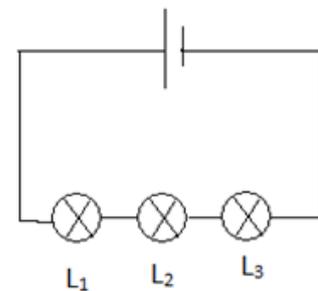
2- Tomar nota dos dados e dos pedidos.

• Três lâmpadas 

• Associadas em série : a corrente que percorre qualquer uma delas é sempre a mesma; não há entre elas outros caminhos possíveis.



• Alimentadas por um gerador
Para que todas as lâmpadas acendam é necessário haver um gerador e um caminho fechado para a corrente elétrica que percorra as lâmpadas e o próprio gerador.



Alínea 2.3.1)

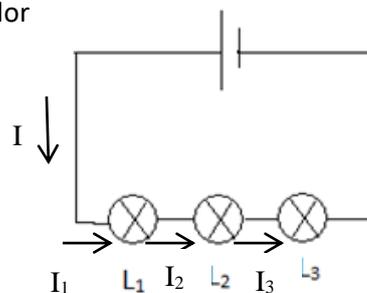
1- Ler devagar o enunciado do problema, com atenção, tomando notas e, se for o caso, esboçando esquemas adequados. Ler o enunciado do problema até ao fim.

2- Tomar nota dos dados e dos pedidos.

• Três lâmpadas iguais 

• Associadas em série 

• Alimentadas por um gerador



- **Dados:**

- Intensidade da corrente que percorre uma das lâmpadas = 0,08 A
- Diferença de potencial entre os terminais dessa lâmpada = 8 V

- **Pedidos:**

- Resistência dessa lâmpada = ?

3- Identificar quais os conceitos físicos envolvidos na situação apresentada.

- Intensidade de corrente que percorre uma das lâmpadas do circuito elétrico;
- Diferença de potencial entre os terminais dessa lâmpada;
- Resistência dessa lâmpada.

4- Analisar, introspectivamente, a percepção dos conceitos envolvidos no problema... Como se relacionam? Será necessário estudar alguma coisa ou consultar algum livro?...

- Através da análise do gráfico sabemos a diferença de potencial entre os terminais de uma das lâmpadas e a intensidade de corrente que a percorre; como estas grandezas se relacionam pela lei de Ohm, cuja expressão matemática é $R = \frac{U}{I}$, conseguimos calcular a resistência da lâmpada;

5- Depois do ponto anterior esclarecido, verificar novamente o que é dado e o que é pedido. Tome atenção especial à coerência do sistema de unidades.

- Verificado

6- Encontrar o melhor caminho para chegar à solução, exercendo alguma autocrítica sobre a validade do caminho escolhido.

Qual será o melhor caminho?

Aplicar a expressão matemática, que traduz a lei de Ohm: $R = \frac{U}{I}$;

7- Fazer os cálculos que ilustram o caminho seguido e verificar se as unidades usadas para as grandezas em causa são consistentes com o SI.

$$\text{Assim temos } R = \frac{8}{0,08} = 100 \Omega$$

8- Verificar se o resultado obtido tem uma ordem de grandeza esperada e possível.

- Verificado

9- Construir uma frase lógica para enquadramento e justificação da resposta.

A Resistência da lâmpada é de 100Ω .

Alínea 2.3.2)

Depois do que se concluiu na alínea 2.3.1, em especial no **passo 1, 2 e 4**; sabendo que as três lâmpadas são iguais, ou seja, que todas oferecem igual resistência à passagem da corrente elétrica e que se trata de um circuito com lâmpadas associadas em série $R_{eq.} = R_1 + R_2 + R_3$;

Então, passando diretamente para o **passo 7**:

$$R_{eq.} = 100 + 100 + 100 = 300 \Omega$$

Também confirmados todos os outros passos intermédios, podemos passar para o **passo 9** e afirmar que:

O valor da resistência introduzida no circuito pelas três lâmpadas em série é de 300Ω .

Alínea 2.3.3)

Depois do que se concluiu através dos passos de resolução de problemas na alínea 2.3.1, em especial no **passo 1, 2 e 4** e confirmando todos os passos intermédios.

Podemos passar para o **passo 9** da metodologia de resolução de problemas e dizer que:

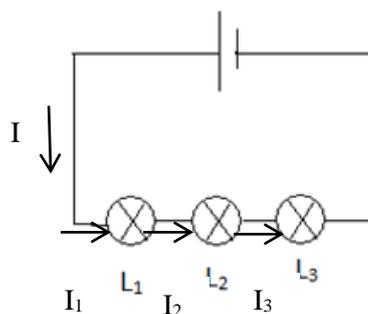
Como este é um circuito em série e as lâmpadas são todas iguais, a intensidade de corrente é igual em todos os pontos do circuito.

$$I = 0,08 \text{ A}$$

Alínea 2.3.4)

1- Ler devagar o enunciado do problema, com atenção, tomando notas e, se for o caso, esboçando esquemas adequados. Ler o enunciado do problema até ao fim.

2- Tomar nota dos dados e dos pedidos.



- **Dados:**

- Intensidade da corrente que percorre uma das lâmpadas = 0,08 A
- Diferença de potencial entre os terminais dessa lâmpada = 8 V
- Resistência de cada lâmpada = 100 Ω

- **Pedidos:**

- Diferença de potencial entre os terminais do gerador = ?

3- Identificar quais os conceitos físicos envolvidos na situação apresentada.

- Intensidade de corrente que percorre uma das lâmpadas do circuito elétrico;
- Diferença de potencial entre os terminais dessa lâmpada;
- Resistência de cada lâmpada do circuito;
- Diferença de potencial entre os terminais do gerador;

4- Analisar, introspectivamente, a percepção dos conceitos envolvidos no problema... Como se relacionam? Será necessário estudar alguma coisa ou consultar algum livro?...

- Circuito elétrico com lâmpada associadas em série $V_G = V_1 + V_2 + V_3$; $I = I_1 = I_2 = I_3$
e $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$;

- Sabemos a diferença de potencial entre os terminais de uma das lâmpadas e a intensidade de corrente que a percorre; sabemos que estas grandezas se relacionam pela expressão matemática $R = \frac{U}{I}$;
- Também sabemos que todas as lâmpadas são iguais e portanto têm a mesma resistência.

5- Depois do ponto anterior esclarecido, verificar novamente o que é dado e o que é pedido. Tome atenção especial à coerência do sistema de unidades.

- Verificado

6- Encontrar o melhor caminho para chegar à solução, exercendo alguma autocrítica sobre a validade do caminho escolhido.

Qual será o melhor caminho?

a)

1º Calcular a intensidade de corrente que percorre todo o circuito, I ;

2º Calcular a resistência total do circuito, R_{eq} ;

3º Sei que as duas grandezas anteriores se relacionam pela expressão matemática $R_{eq} = \frac{U}{I}$, consigo calcular a diferença de potencial entre os terminais do gerador.

Ou

1º Como sei que é um circuito em série calculo a diferença de potencial entre os terminais do gerador pela soma das diferenças de potencial entre os terminais de cada uma das lâmpadas (que são iguais).

7- Fazer os cálculos que ilustram o caminho seguido e verificar se as unidades usadas para as grandezas em causa são consistentes com o SI.

Para quem optou pelo caminho **a)** temos:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = 0,08 \text{ A}$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 300 \Omega$$

$$R_{eq} = \frac{U}{I} \Leftrightarrow U = 300 \times 0,08 \Leftrightarrow U = 24 \text{ V}$$

Para quem optou pelo caminho **b)** tem-se que:

$$V_G = V_1 + V_2 + V_3 = 8 + 8 + 8 = 24 \text{ V}$$

8- Verificar se o resultado obtido tem uma ordem de grandeza esperada e possível.

- Verificado

9- Construir uma frase lógica para enquadramento e justificação da resposta.

A diferença de potencial entre os terminais do gerador é de 24 V.

Andreia Isabel Nunes Salvador

Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra

Rua Larga

3004 516 Coimbra

Contacto:

andreiasalvador262@hotmail.com

965438820

Exmo. Sr. Diretor

Sou professora de Física e Química, Licenciada e Mestre pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, e estou a frequentar o Doutoramento em Ensino das Ciências - Ensino da Física, na mesma instituição, sob a orientação das Professoras Doutora Maria José Barata Marques de Almeida e Doutora Maria Margarida Ramalho Ribeiro da Costa.

Neste momento, estou a realizar um trabalho de investigação, no âmbito da Tese de Doutoramento, que tem como objetivo principal melhorar a aprendizagem dos alunos de modo a torna-las mais significativas.

Esta investigação enquadra-se nos conteúdos previstos nos documentos oficiais relativos ao do 9º ano sobre o tema “Circuitos Elétricos”. Pretende-se analisar os resultados na aprendizagem dos alunos perante a aplicação em sala de aula de uma nova metodologia associada à utilização de analogias e à resolução de problemas. A investigação passa pela leção dos conteúdos de acordo com a metodologia criada, para as quais forneço os documentos necessários, e pela recolha das respostas dos alunos a dois inquéritos (antes e após a aplicação da metodologia).

Os resultados obtidos não são objeto de avaliação na disciplina e os dados recolhidos serão apenas divulgados no relatório final do estudo, sendo o anonimato dos seus protagonistas salvaguardado.

Informo que solicitei a colaboração do(a) professoro(a) ... , docente desta Instituição, a qual, depois de tomar conhecimento das condições da realização do estudo, aceitou colaborar voluntariamente no mesmo.

Neste sentido, solicito a Vossa Excelência se digne autorizar a realização da referida recolha de informação, a partir do início do terceiro período e até ao final do ano letivo.

Na expectativa de uma resposta favorável, subscrevo-me com os melhores cumprimentos,

A professora,

Confirmo a veracidade do exposto:

(Maria José B. M. Almeida, Professora Catedrática da FCTUC)

FCTUC)

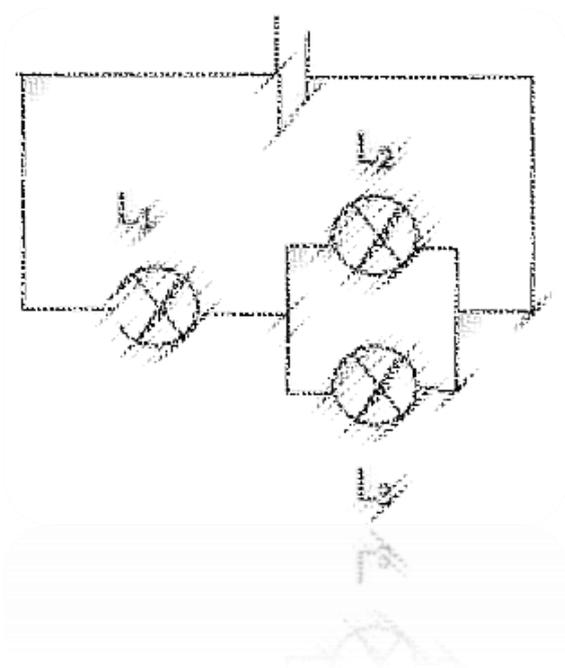
(Maria Margarida Ramalho Ribeiro da Costa, Professora Catedrática da

Coimbra, 11 de Março de 2013

TEXTOS DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

CIRCUITOS ELÉTRICOS NO 9º ANO -

A UTILIZAÇÃO DE ANALOGIAS E A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS.



Aplicação da metodologia

Andreia Isabel Nunes Salvador

Doutoranda do Doutorado em Ensino das
Ciências UC

**Orientada pelas Professoras:
Maria José B.M. de Almeida e Maria Margarida R. Costa**

Objetivo

O GAVE, no Projeto Testes Intermédios 2010, conclui que os alunos dos Ensinos Básico e Secundário revelam dificuldades “*quando em presença da descrição de raciocínios desenvolvidos e da explicitação das estratégias de resolução adotadas...*”.

Para se raciocinar e explicitar estratégias de resolução de problemas, é necessário “perceber” os conteúdos envolvidos. E para perceber os conteúdos da Física, relacionados com os circuitos elétricos, não basta decorar informação e observar como funcionam as lâmpadas em circuitos diferentes. Os alunos têm de ser ajudados a construir um esquema cognitivo que lhes permita compreender o comportamento das correntes elétricas. Além disso, têm de ser desafiados a mostrar o que perceberam. Neste estudo, realizado com alunos do Ensino Básico, pretende-se testar uma metodologia baseada no recurso a analogias e na resolução de problemas. Deseja-se verificar se esta metodologia é eficaz e se torna mais significativas as aprendizagens dos alunos acerca dos conceitos fundamentais envolvidos no tema circuitos elétricos.

Conceitos abordados

No desenvolvimento desta proposta serão abordados os seguintes conceitos: circuito elétrico (fechado e aberto), gerador, força eletromotriz, diferença de potencial, corrente elétrica, intensidade de corrente elétrica, resistência elétrica e papel dos fios de ligação; serão considerados circuitos elétricos simples e circuitos elétricos com recetores (no caso em concreto lâmpadas) associados em série e paralelo.

Metodologia

A Física, como outras ciências experimentais, desenvolveu durante o seu processo de construção uma linguagem científica própria, para explicar modelos de comportamento da Natureza. Conhecer e utilizar adequadamente esses modelos e esta linguagem, regidos por leis, símbolos, fórmulas, e conceitos usados com um significado diferente dos do nosso dia-a-dia, tornam a aprendizagem em Física difícil para alguns alunos. A partir desta noção, e das sugestões das Professoras Orientadoras da tese de

doutoramento, surgiu a ideia de vir a desenvolver uma estratégia que possibilite aos alunos a percepção de conceitos e definições relacionado com o tema circuitos elétricos. Essa metodologia tem por base representações simbólicas, neste caso, analogias¹.

Sem dúvida que todos os seres humanos, são predispostos a pensar analogicamente. Para Duit & Glynn (1996), a aprendizagem em Ciências pode ser vista como uma cadeia de processos de construção analógicos que vão de modelos mentais iniciais dos alunos (as preconcepções, tantas vezes incorretas, quando comparadas com as científicas), a modelos intermédios (criados através de analogias) em direção aos modelos consensuais da própria Ciência.

Como se sabe, pode utilizar-se o modelo científico dos elétrons livres para se compreenderem muitos aspetos fundamentais do funcionamento dos circuitos elétricos simples, de corrente contínua. Apenas se considera este tipo de circuitos nesta abordagem. Usando o modelo dos elétrons livres, consegue-se entender (e não apenas decorar) o significado e a importância dos conceitos corrente elétrica, resistência elétrica, gerador, diferença de potencial, intensidade de corrente, interruptores, fios de ligação, etc.. Percebendo-os, é possível aplicar inteligentemente esta compreensão para a resolução correta de problemas.

Para introduzir o modelo dos elétrons livres propõe-se a utilização de uma analogia envolvendo o movimento de crianças durante o recreio, no pátio de uma escola, com forma de anel e com diversas árvores distribuídas por todo o pátio. Esta analogia foi proposta pela Professora Orientadora Maria José de Almeida, durante as suas aulas de Didática da Física. O movimento orientado das crianças é provocado por uma motivação que surge numa zona do recreio; há, no entanto, determinadas regras a que esse movimento tem de obedecer. Assim, o estudo dos circuitos elétricos, neste nível de ensino, pode ser encarado como um jogo, associado a um conjunto de regras simples, que determinam a correspondência correta aos conceitos científicos que a analogia pretende ajudar a aprender. Cada passo da analogia é acompanhado da correspondência com a situação real. Pretende-se que, para além de resolver os problemas que lhe serão propostos, os alunos consigam interpretar determinadas situações experimentais com maior facilidade, potenciando a construção adequada de futuras aprendizagens sobre uma primeira estrutura racional o mais correta possível. Com este procedimento procura-se

evitar, ou, pelo menos diminuir, as hipóteses de potenciar as tão conhecidas preconcepções cientificamente incorretas dos alunos sobre circuitos elétricos.

Por outro lado, os programas de Ciências Físico-Químicas defendem que o ensino das ciências desenvolva competências nos alunos que os tornem cidadãos intervenientes, capazes de colaborar na resolução de situações problemáticas do dia-a-dia. Assim, a resolução de problemas² em Física, um meio reconhecidamente importante para a sua aprendizagem, potencia o desenvolvimento de competências gerais, fundamentais para a vida de cada jovem. Por problema entende-se um enunciado que apresenta um obstáculo aos sujeitos que o tentam resolver e que desconhecem inicialmente a forma de o ultrapassar. Resolver um problema é ser capaz de encontrar o caminho para chegar à resposta procurada.

O que se pretende com esta metodologia de resolução de problemas é que o modo como o aluno enfrenta os problemas vá sofrendo alterações. Se no início a leitura que ele faz de um problema o indica como sendo complicado, com a aplicação da metodologia de abordagem proposta espera-se que a atitude do aluno acerca dos problemas se vá alterando e haja uma evolução positiva. O objetivo final é o aluno, sozinho, conseguir chegar à solução de qualquer problema adequado ao seu desenvolvimento cognitivo.

¹Analogias

Nota introdutória

Antes de se iniciar a metodologia de seguida descrita, o professor deve rever com os alunos a estrutura atómica e a ligação química. Deverá também mostrar qual a simbologia utilizada na representação dos principais componente de um circuito elétrico utilizando para isso o Documento em Formato Microsoft PowerPoint, intitulada *simbologia utilizada.pttx* (enviado por e-mail).

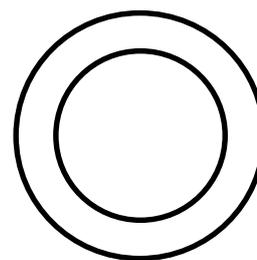
Durante a aplicação desta metodologia terá ainda de ser utilizado um documento com o mesmo formato que o anterior, com várias animações que irão aparecer ao longo do texto, de nome *analogias.pttx*.

A. Circuitos elétricos mais simples

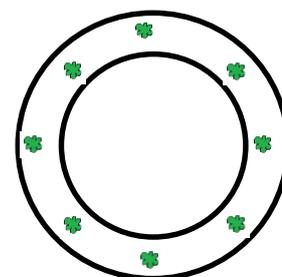
Conceitos abordados: circuito elétrico, gerador, força eletromotriz, diferença de potencial, circuitos abertos e fechados, corrente elétrica, intensidade de corrente, resistência dos fios metálicos.

DIAPOSITIVO 1 (*ptxx-analogias*): Circuito Elétrico Fechado, sem Gerador

O primeiro conceito a ser abordado nesta metodologia é o de corrente elétrica. Para se introduzir o conceito deve pedir-se aos alunos que pensem num pátio de uma escola de 1º ciclo, circular, fechado, por exemplo em forma de anel, como o que mostra a figura (Animação 1). Todas as salas de aula comunicam com este pátio.



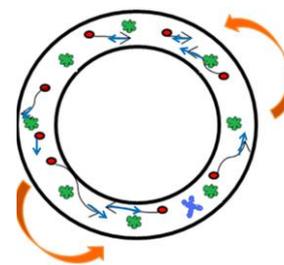
Sugere-se também aos alunos que imaginem que nesse pátio fechado há árvores, dispostas de forma regular (Animação 2).



DIAPOSITIVO 2 (*ptxx-analogias*): Circuito Elétrico Fechado, com Gerador. Corrente Elétrica

Imagine-se agora que numa determinada zona do pátio há alguém que distribui gelados, representado na figura por **X**.

Contudo, para as crianças receberem um gelado há um conjunto de regras que têm de seguir (Animação 1).



As regras ditam que:

1. os gelados são distribuídos a um ritmo constante, e não pode haver acumulação de alunos em qualquer ponto do recreio;
2. só recebe gelado quem passar pelo vendedor no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio;
3. cada aluno só pode receber um gelado de cada vez;
4. os alunos recebem um gelado, seguem o caminho em torno de todo o recreio, e só depois de uma volta completa, podem receber outro gelado.

Concluindo, o distribuidor de gelados impõe um movimento orientado ao movimento global das crianças, que tentam correr para apanhar o gelado, mas, como as árvores estão no caminho e as crianças não se podem acumular, têm frequentemente que voltar para trás, podendo apenas a pouco e pouco seguir no sentido certo. A influência do distribuidor de gelados sobre o movimento dos alunos aparece representada na figura pelas pequenas setas a azul (Animação 2). No circuito real, esta pequena contribuição orientada para o movimento dos eletrões, é imposta quando se intercala um gerador (equivalente ao distribuidor de gelados); o seu efeito não anula o movimento desordenado dos eletrões, mas sobrepõe-se a ele.

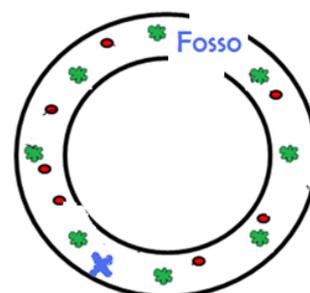
Com um gerador inserido num circuito fechado, o conjunto dos eletrões livres passa a deslocar-se preferencialmente num determinado sentido (Animação 3), o que se consegue quando se lhes aplicam “forças”; como se trata de partículas com carga elétrica é fácil concluir que as forças que agem sobre os eletrões, para orientar o seu movimento, deverão ser “forças” de origem elétrica. Esta é a função do gerador, ao qual por tradição se atribui uma “força eletromotriz”, expressa através de uma diferença de potencial elétrico nos seus terminais. Por curiosidade, se considerarmos a divisão da palavra em eletro/motriz, pode notar-se que *eletro* provem da palavra eletrões, *motriz* da palavra movimento. Na realidade, a origem da “força” que faz mover os eletrões num circuito

fechado, com gerador, de forma orientada, é a diferença de potencial nos extremos do gerador (que se pode medir com um voltímetro).

Ao movimento orientado de portadores de carga elétrica chamamos corrente elétrica. Pode verificar-se que num circuito elétrico fechado, com gerador, existe uma corrente elétrica. (Animação 4)

DIAPPOSITIVO 3 (*ptxx-analogias*): Circuito Elétrico com Gerador, mas Aberto (interrompido)

Pede-se aos alunos que idealizem agora o pátio anterior, com as árvores e as crianças, mas onde, por qualquer motivo, uma parte do caminho foi interrompida, passando a haver, por exemplo, um fosso (Animação 1).



Se existir esta interrupção, apesar das crianças continuarem no pátio, apenas se podem mover ao acaso, pois as regras são bem explícitas e dizem que não pode haver acumulação de alunos – regra 1. Portanto não pode haver movimento global orientado. Ou seja, apesar de continuarem a estar presentes nos fios metálicos e terem movimentos desordenados, os elétrons livres dos fios condutores não podem ter movimento orientado e portanto não há corrente elétrica a percorrer este circuito interrompido: logo, mesmo havendo gerador, a intensidade da corrente, em qualquer ponto do circuito, anula-se. Pode ver-se experimentalmente que isto acontece num circuito aberto, mesmo que tenha gerador inserido. (Animação 2).

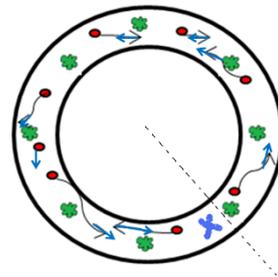
Já vimos “o que faz um gerador”, “como se passa do movimento ao acaso (desorientado) dos elétrons a um movimento orientado”, “o que é a corrente elétrica”; vejamos agora que é a “intensidade da corrente” e de que depende.

DIAPPOSITIVO 4 (*ptxx-analogias*): Intensidade de Corrente Elétrica

Para se introduzir o conceito de intensidade de corrente elétrica deve começar-se por perguntar aos alunos se eles já ouviram frases como: “*hoje o tráfego automóvel está muito intenso!*”. É fácil levá-los a reconhecer que esta afirmação significa que num

determinado intervalo de tempo, num determinado ponto de uma qualquer estrada do nosso país, passa um elevado número de carros (por exemplo, o número de carros que passam por hora numa portagem de uma autoestrada).

Assim, e recorrendo mais uma vez à analogia do pátio, – onde, por ação do vendedor dos gelados as crianças adquirem movimento orientado num determinado sentido, representado pelas setas a azul – é fácil para os alunos entenderem que a intensidade de corrente elétrica depende do número de eletrões (cargas elétricas negativas) que passam, por unidade de tempo, numa determinada secção reta de um fio condutor, representada na figura a tracejado (Animação 1 e 2).



De que depende a intensidade de corrente?

Na analogia considerada, ela depende do número de crianças que, por unidade de tempo, passa, no sentido definido como correto no jogo, numa determinada secção reta do pátio (representada na figura pela linha a tracejado). No circuito real dependerá do número de eletrões que, por unidade de tempo, passam numa qualquer secção reta do circuito. Como é fácil perceber, esse número – e, portanto a intensidade da corrente criada no circuito – depende de dois fatores:

1. da diferença de potencial ou força eletromotriz do gerador (no pátio, do poder de atração que os gelados exercem sobre as crianças...; se os gelados forem pequenos e pouco doces, o movimento das crianças não é tão rápido como no caso dos gelados serem bem grandes, coloridos e muito doces. Neste caso, passam mais crianças por unidade de tempo numa qualquer secção do pátio)

2. da maior ou menor dificuldade sentida pelas crianças para passarem ao lado das árvores do pátio, ou seja, no caso do circuito real, da resistências apresentada pelos fios da rede metálicas, ao movimento orientado dos eletrões. Se a resistência for muito elevada (muitas árvores com grandes ramadas baixas), o movimento orientado das crianças é mais lento e a intensidade de corrente é menor.

DIAPPOSITIVO 5, 6 e 7 (ptxx-analogias): Resistência Elétrica, Fios de Ligação

Podemos então dizer que as árvores e a dificuldade que significam para o movimento das crianças em torno do pátio, na analogia apresentada, equivalem à resistência que os íons da rede metálica dos fios condutores apresentam ao movimento orientado dos elétrons livres dentro do metal.

Então o que são as resistências elétricas?

As resistências elétricas são constituídas, em geral, por fios metálicos enrolados, e são representadas, como já vimos (desenhar no quadro ). São um tipo de componentes dos circuitos, que oferecem uma maior ou menor dificuldade ao movimento orientado dos elétrons livres nos circuitos elétricos.

E de que depende o valor de uma resistência elétrica?

A resistência de um fio condutor depende do seu comprimento, da espessura e do material de que este é feito.

Experimentalmente verifica-se que, para fios metálicos:

1. Para o mesmo material e a mesma secção reta, A , do condutor, quanto maior for o seu comprimento, L , maior é a sua resistência R (**Diapositivo 5**);
2. Para o mesmo material e o mesmo comprimento, quanto mais fino (menor secção reta A) é um condutor, maior é a sua resistência R (**Diapositivo 6**);
3. A resistência de um condutor depende do material de que ele é feito (**Diapositivo 7**). Isto é, alguns materiais conduzem melhor a corrente elétrica que outros. Essa propriedade é chamada condutividade elétrica do material. O contrário da condutividade é a resistividade elétrica do material, representada por ρ . Para a mesma secção reta A e comprimento L , quanto maior for a resistividade ρ do material, maior a resistência R do condutor.

As relações acima podem ser expressas matematicamente como (escrever no quadro):

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Os alunos, só irão estudar esta equação (e os parâmetros que envolve) no 12º ano de escolaridade.

As lâmpadas são, muitas vezes, constituídas por fios compridos e finos que tornam difícil a passagem da corrente, isto é, têm uma resistência elevada, que influencia muito a intensidade da corrente do circuito.

Nos circuitos elétricos reais utilizam-se os chamados fios de ligação para completar os circuitos formados por geradores e por resistências (por exemplo, lâmpadas). Os fios de ligação são fios metálicos de um material de elevada condutividade, em geral curtos e espessos, em comparação com os das lâmpadas. Assim, a sua resistência é muito menor (em geral, mais que 1000 vezes menor) que a resistência das lâmpadas que se utilizam. Verifica-se, portanto, que se pode, em geral, ignorar o efeito dos fios de ligação, comparado com o das outras resistências – muitas vezes usaremos lâmpadas – sobre as variáveis de um circuito.

Pode aproveitar-se este ponto da aula para introduzir a **Lei de Ohm**, mostrando aos alunos que esta expressão matemática permite relacionar a intensidade de corrente, I , que percorre um circuito simples apenas com uma resistência R , com a diferença de potencial, U , nos extremos da resistência, que, neste caso, é a força eletromotriz do gerador ideal, e com a resistência R .

Utilizando o quadro deve escrever-se:

$$R = \frac{U}{I}$$

Assim, será fácil que os alunos percebam que se considerarmos um circuito sempre com o mesmo gerador ideal e apenas uma resistência, ou seja, mantendo constante a diferença de potencial nos extremos da resistência R e, uma vez que:

$$I = \frac{U}{R}$$

1. quanto maior for a resistência total do circuito, menor será a intensidade de corrente que o percorre;
2. quanto menor for a resistência total do circuito, maior será a intensidade de corrente que o percorre.

Resumindo (**DIAPPOSITIVO 8**), nesta analogia temos o pátio fechado, que representa um circuito elétrico fechado, um possível percurso constituído por fios metálicos (tem de haver elétrons livres, para poder haver corrente elétrica) que, se for fechado e tiver inserido um gerador, será percorrido pela corrente elétrica; as árvores no recreio representam os íões positivos que resultam dos átomos do metal que perderam os seus elétrons mais exteriores, e que criam uma maior ou menor dificuldade (maior ou menor resistência) ao movimento orientado dos elétrons livres; as crianças no recreio representam os elétrons livres que agora fazem parte do chamado “mar de elétrons” (e que têm elevada mobilidade). O vendedor de gelados simboliza o gerador, uma vez que a sua função é fornecer energia ao circuito elétrico (gelados às crianças) e manter o movimento global das cargas orientado num determinado sentido. A partir do momento em que há um movimento orientado dos elétrons passa a haver uma corrente elétrica e a intensidade de corrente elétrica passa a ser diferente de zero. A resistência de um circuito é associada à dificuldade criada ao movimento das crianças, ao longo de um caminho estreito, eventualmente longo, e com mais ou menos árvores. Para um mesmo gerador, quanto maior a resistência do circuito, menor a intensidade de corrente que o percorre.

B. Circuitos elétricos mais complicados

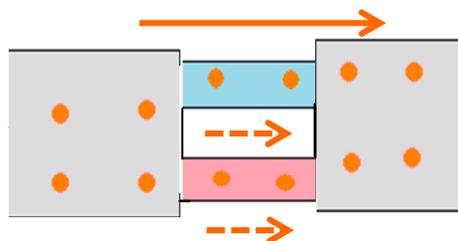
B.1. Circuito Elétrico, com mais do que uma resistência no percurso: **associação de resistências em paralelo** (dois percursos possíveis à passagem da corrente elétrica),

Antes de se iniciar o estudo de circuitos elétricos com associações de resistências, deve dizer-se aos alunos e, reforçar várias vezes a ideia, que qualquer alteração no circuito provoca mudanças na intensidade de corrente que percorre todas as partes do circuito; isto é uma consequência de não ser possível haver acumulações nem rarefações de elétrons em qualquer parte do circuito. Lembrar o que acontece num circuito simples, com gerador, se aberto: se houver qualquer interrupção do circuito, seja em que ponto for, a corrente cessa imediatamente em todos os pontos do circuito.

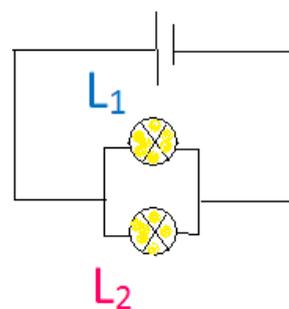
DIAPPOSITIVO 9 (*ptxx-analogias*): Recetores (lâmpadas) Associados em Paralelo

Para que os alunos compreendam a noção de recetores associados em série e em paralelo deve mostrar-se o Diapositivo 9.

Deve dizer-se aos alunos que o que se vê na figura (Animação 1) representa uma pequena porção de um circuito (assinalada neste pelo retângulo a verde, Animação 2). Os retângulos a cinzento representam os fios de ligação e não qualquer acréscimo de resistência (global) ao circuito. É como se os fios de ligação fossem caminho livre, onde é muito fácil que os alunos passem. Pode considerar-se que estes fios são constituídos por metais que, em comparação com os outros elementos do circuito, não oferecem qualquer resistência à passagem da corrente elétrica.



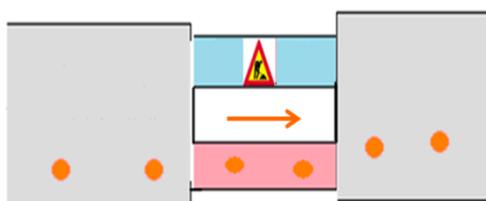
Assim, quando passamos a estudar a intensidade de corrente num circuito apenas nos preocupamos com os componentes do circuito, como por exemplo o gerador e as lâmpadas que provocam elevada resistência ao movimento das cargas elétricas. Nesta figura os retângulos a azul e a rosa representam resistências, no caso concreto lâmpadas, associadas em paralelo, como se pode ver no desenho.



Pede-se então aos alunos que imaginem uma estrada de sentido único (representada na figura pelos dois retângulos a cinzento), com uma parte substituída por duas pontes iguais (representado na figura pelos retângulos a azul e rosa, colocados lado a lado). Os carros (identificados na figura pelas bolas vermelhas) apenas se podem deslocar da esquerda para a direita. Mais uma vez se faz notar que os carros em movimento não se podem acumular. É importante fazer os alunos pensar que se num certo intervalo de tempo apenas podem passar 2 carros por cada uma das pontes, então na estrada, tanto antes como depois da passagem das pontes, apenas podem estar 4 carros, num intervalo de tempo igual (os carros não se podem acumular...). Podemos assim pensar que a quantidade de carros que se aproxima das pontes tem de ser sempre a mesma, que se divide igualmente pelas duas pontes (consideramos as pontes iguais) e depois segue o seu caminho, havendo sempre 4 carros depois das pontes.

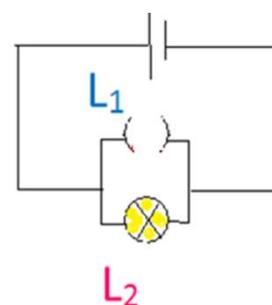
Se passarmos agora para o circuito de corrente elétrica com as duas lâmpadas (iguais) associadas em paralelo e, depois de os alunos terem percebido a analogia com os carros é fácil entenderem que a intensidade de corrente que percorre todo o circuito (representada na figura da Animação 1 a cheio) é o dobro da intensidade (representadas pelas setas menores e a tracejado), que percorre cada ramo do circuito, em paralelo, apenas com uma lâmpada (representados pelos retângulos a azul e rosa, da figura anterior). Ou seja, as intensidades de corrente que percorrem as lâmpadas iguais, L_1 e L_2 , têm um valor igual à metade da intensidade de corrente que percorre o circuito total.

Mantendo a analogia da estrada, se numa das duas pontes (retângulos a azul e rosa), houver obras (neste caso no retângulo azul), todo o trânsito terá de passar pela zona rosa. Como nesta ponte não podem passar mais de 2 carros num



determinado intervalo de tempo, a intensidade de corrente no circuito principal também diminui. A resistência total ao movimento dos automóveis aumentou fazendo com que diminua a intensidade do tráfego em todo o trajeto (Animação 3).

Pensando agora num circuito elétrico com duas lâmpadas associadas em paralelo, é fácil perceber que se uma fundir nenhuma carga poderá passar por ela, passando apenas pela única lâmpada não fundida que continua a funcionar. Contudo, como a resistência total do circuito aumentou (agora só há um caminho, o que é equivalente a haver uma passagem

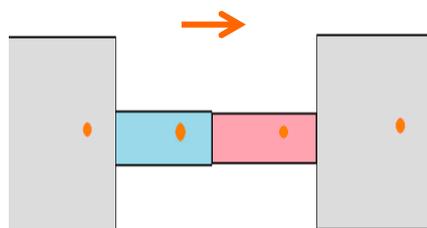


mais fina) a intensidade que percorre todo o circuito tem de ser menor e, caso as lâmpadas sejam iguais, será igual à intensidade que percorria cada lâmpada quando ambas funcionavam. Assim, com um gerador ideal, se uma lâmpada de uma associação em paralelo funde, não altera a intensidade de corrente que antes passava pela outra. Mas altera-se a intensidade de corrente no circuito principal, ou seja, através do gerador.

B.2. Circuito Elétrico com mais do que uma resistência: associação de resistências em série (um só percurso para a passagem da corrente elétrica)

DIAPPOSITIVO 9 (*ptxx-analogias*): Recetores (lâmpadas) Associados em Série

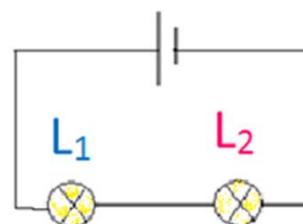
Solicita-se mais uma vez aos alunos que imaginem uma estrada de sentido único (representada na figura pelos dois retângulos a cinzento), com uma parte substituída por duas pontes (representadas na figura pelos retângulos a azul e rosa) (Animação 1).



Notar que agora, e contrariamente à situação anterior, as duas pontes estão colocados uma a seguir à outra. Diz-se que estão em série.

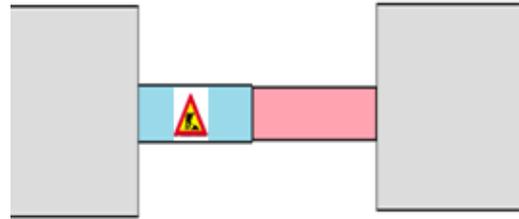
À semelhança do caso anterior também esta estrada é de sentido único podendo os carros apenas deslocar-se da esquerda para a direita. Ora, se os carros, têm de passar na zona de afunilamento, uma sequência de duas pontes que é equivalente a uma ponte mais comprida, a resistência ao movimento dos automóveis é maior o que provoca uma menor intensidade de tráfego em todo o circuito. Esta está representada pela seta a cheio, e de menor tamanho que na situação **B.1**.

Estabelecendo a semelhança com um circuito elétrico no qual os recetores estão associados em série (Animação 2), é fácil entender que a intensidade de corrente que percorre o circuito é igual em todos os pontos do mesmo. Ou seja, a intensidade de corrente que percorre todo o circuito é igual à

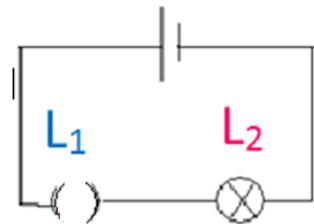


intensidade da corrente que percorre L_1 , e igual à intensidade da corrente que percorre L_2 . Lembra-se que qualquer mudança em qualquer ponto do circuito provoca a alteração da intensidade de corrente em todo o circuito e que neste caso a resistência global ao movimento dos eletrões é superior à que corresponderia a haver apenas uma lâmpada. Apesar da intensidade de corrente que percorre ambas as lâmpadas ser igual, ela é menor do que no caso de um circuito em que as mesmas lâmpadas estão associadas em paralelo.

Voltemos à analogia com a estrada de sentido único, com uma parte substituída por duas pontes associadas em série (Animação 3). Nesta altura os alunos percebem perfeitamente que, se houver uma zona de obras numa das pontes, inviabilizando o trânsito por ela, a passagem dos carros torna-se totalmente impossível. Cessa totalmente a possibilidade de haver movimento orientado de um lado ao outro da ponte.



O mesmo se passa num circuito elétrico no qual temos duas lâmpadas associadas em série. Caso uma dessas lâmpadas se funda, os elétrons do circuito ficam impossibilitados de percorrer o circuito, apesar de continuarem nele, com movimentos ao acaso. Os elétrons não podem ter movimento orientado em torno do circuito e nenhuma das lâmpadas acende, porque se anula a intensidade da corrente elétrica em todos os pontos do circuito.



2Resolução de Problemas

Nota introdutória

Antes de se aplicar a metodologia a seguir descrita podemos pensar nas palavras de Pólya (2003), que no seu livro *A arte de Resolver Problemas*, afirmava que:

*“ (...) se quiser aprender a nadar tem de ir à água
e se se quiser tornar bom a resolver problemas,
tem que resolver problemas.”*

Pretende-se com esta metodologia de resolução de problemas proporcionar aos alunos, meios que despertem a sua curiosidade, lhes suscitem o gosto pelo raciocínio e que lhes permitam alcançar como objetivo final a solução do problema.

A. Passos a seguir na resolução de problemas

Os passos a seguir propostos para a resolução de problemas, e de modo a serem compreendidos pelos alunos devem ser primeiro explicados pelos professores recorrendo aos dois problemas resolvidos (documento intitulado - *problemas resolvidos*), que segue em anexo.

1. Ler devagar o enunciado do problema, com atenção e, se for o caso, esboçando esquemas adequados. Ler o enunciado do problema até ao fim.
2. Tomar nota dos dados e dos pedidos.
3. Identificar quais os conceitos físicos envolvidos na situação apresentada.
4. Analisar, introspectivamente, a perceção dos conceitos envolvidos no problema... Como se relacionam? Será necessário estudar alguma coisa ou consultar algum livro?...
5. Depois do ponto anterior esclarecido, verificar novamente o que é dado e o que é pedido. Tome atenção especial à coerência do sistema de unidades.
6. Encontrar o melhor caminho para chegar à solução, exercendo alguma autocrítica sobre a validade do caminho escolhido.
7. Fazer os cálculos que ilustram o caminho seguido e verificar se as unidades usadas para as grandezas em causa são consistentes com o SI.
8. Verificar se o resultado obtido tem uma ordem de grandeza esperada e possível.
9. Construir uma frase lógica para enquadramento e justificação da resposta.

A sequência atrás descrita deve também ser entregue aos alunos (documento em formato word, em anexo, intitulado - *documento para alunos.doc*), para que eles próprios a testem e apliquem, quando estiverem sozinhos a resolver problemas.

Bibliografia:

- Duit, R., & Glynn, S. (1996). Mental modelling, Em: G. Welford, J. Osborne, & P. Scott (Eds.), *Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes*. London: Farmer Press.
- GAVE. Projeto Testes Intermédios 2010.
URL http://iave.pt/np4/file/115/TI_2010_ReportNet.pdf
- Pólya, G. (2003). Como resolver problemas (Tradução do original inglês de 1945). Lisboa: Gradiva.

Inquérito de opinião

Nome: _____

Escola: _____

Q1: *Caso tenha tido uma turma de controlo, como desenvolveu a sua atividade nesta turma?*

a) seguiu o manual (Indique o nome e os autores); _____

b) iniciou a unidade com atividades experimentais; iniciou a unidade explicando o significado dos conceitos relacionados com circuitos elétricos; _____

c) outra hipótese (Indique qual). _____

Q2: *Sobre a metodologia aplicada, foque os seguintes aspetos:*

I. contribuição da metodologia para a compreensão de conceitos abstratos;

II. contribuição para a aplicação dos conceitos aprendidos na resolução de problemas;

III. motivação dos alunos durante a aplicação da metodologia (quer os de níveis de aprendizagem mais elevados, quer os que têm maiores dificuldades cognitivas);

IV. até que ponto a abordagem destes conceitos, com base na metodologia, poderá facilitar a aquisição de novos conhecimentos no Ensino Secundário.

Q3: Tendo em conta a sua resposta no ponto anterior sugeria alguma alteração ao conteúdo: “Os alunos podem começar por montar circuitos simples, identificar os componentes do circuito, medir a intensidade de corrente, a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito, analisar as transferências de energia e discutir regras de segurança no manuseamento de equipamento eléctrico”; relativo às Orientações Curriculares propostas para este nível de ensino?

Q4: Refira outros aspetos que considere úteis para a investigação em curso, nomeadamente o relato de alguma/algumas reação/reações interessantes por parte dos alunos.

Grata pela colaboração,
Andreia Salvador

Bibliografia

Adelman, C. & Kemp, A. (1995). Estudo de caso e investigação-ação. Em: Kemp, A. (Ed.). *Introdução à investigação em educação musical*. Tradução de Ilda A. F. & Fernanda M. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Agrupamento de Escolas Coimbra Sul – Escola Secundária Quinta das Flores

URL www.esqf.pt

Agrupamento de Escolas de Trancoso

URL http://www.anesbandarra.net/portal/index.php?option=com_zoo&task=item&item_id=50&Itemid=144

Alfieri, L., Brooks, P. J. & Aldrich, N. J. (2011). Does Discovery-Based Instruction Enhance Learning?. *Journal of Educational Psychology*, 103 (1), 1-18.

Alves, F. T. L. F. (2013). O professor e a sua prática educativa - Uma abordagem reflexiva. Tese de mestrado. Universidade de Trás os Montes e Alto Douro.

URL <https://repositorio.utad.pt/handle/10348/3306>

Anderson, L. W. & Krathwohl, D.R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.

André, M. E. D. A. (1995). *Etnografia da prática escolar*. Campinas: Papirus.

Arends, R. (1995). *Aprender a ensinar*. Lisboa: Editora Mac Graw-Hill de Portugal.

Ausubel, D. P.; Novak, J. D. & Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana.

Ausubel D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspetiva cognitiva*, Lisboa: Editora Plátano.

Balancho, M. & Coelho, F. (2001). *Motivar os Alunos. Criatividade na Relação Pedagógica: Conceitos e Práticas*. Lisboa: Texto Editora.

Barata, M. (2005). A Motivação para a Aprendizagem em Crianças do 1ºano de Escolaridade – Comparação de Dois Currículos. Tese de Mestrado. Instituto Superior de Psicologia Aplicada. Lisboa.

Barba, R. H. (1990). Problem-solving pointers. *The Science Teacher*, 57 (7), 32-35.

Barlow, D. H. & Hersen, M. (1984). *Single case experimental designs: Strategies for studying behavior change (Second edition)*. Pergamon Press, New York.

Barnes, D. (2008). *Exploratory talk for learning*. Em: Exploring Talk in School. Editado por: Mercer, N. & Hodgkinson, S. London: Sage.

- Beleza, M. D. & Cavaleiro, M. N. (2010). *FQ9*. Editora ASA.
- Bell, J. (1997). *Como Realizar um Projecto de Investigação. Um Guia para Pesquisa em Ciências Sociais e da Educação*. Lisboa: Gradiva.
- Bloom, B., Englehart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. New York, Toronto: Longmans, Green.
- Bloom, B., Englehart, M. Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1972). *Taxonomia dos Objectivos Educacionais: Domínio Cognitivo*. Porto Alegre: Globo.
- Bloomer, M. & Jolly, D. (1994). Uses of Experience in Post compulsory Teacher Education. Em: Harvard, G. R. & Hodkinson, P. (Eds.), *Action and Reflection in Teacher Education*. Norwood: Ablex Publishing Corporations.
- Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação: Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Boud, D. & Feletti, G. (1997). Changing problem-based learning. Em: Boud, D. & Feletti, G. (Eds). *The challenge of problem-based-learning*. Londres: Kogan.
- Brophy, J. (1991). I Know I Can do This. *American Journal of Community Psychology*, 19 (3), 371-377.
- Brophy, J. (1998). *Motivating Students to Learn*. Boston, MA: McGraw Hill.
- Brown, D. E. (1993). Refocusing Core Intuitions: A Concretizing Role for Analogy in Conceptual Change. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1273-1290.
- Camp, G. (1996). *Problem-Based Learning: A Paradigm Shift or a Passing Fad?* Medical Education Online, 1:2.
URL https://www.cc-seas.columbia.edu/sites/dsa/files/PBL_Paradigm_or_Fad.pdf
- Canário, R. (2001). A Prática Profissional na Formação de professores. Em: Campos, B. P. (Ed.), *Formação Profissional de Professores no Ensino Superior* (21-30). Porto: Porto Editora.
- Casanova, M. P. (2015). A formação contínua de Professores: uma leitura do Decreto-Lei 22/2014. Em: A Formação Contínua na Melhoria da Escola. *Revista do CFAECA* (12-18).
URL https://issuu.com/almadaformarevista/docs/9forma___o
- Champagne, A., Leopold, K. & Anderson, J. (1980). Factors influencing the learning of Classical Mechanics. *American Journal of Physics*, 48 (12), 1074-1079.

Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2005). Promoting Fourth Graders' Conceptual Change of Their Understanding of Electric Current via Multiple Analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (4), 429-464.

Clark, D. (2015). Learning domains or Bloom's taxonomy: the three types of learning.
URL www.nwlink.com/~donclark/hrd/bloom.html

Colégio de São Teotónio
URL www.steotonio.pt

Colégio Salesiano de Mogofores
URL <http://www.mogofores.salesianos.pt/>

Corrêa, M. (1996). Resolução de problemas em Física antes e após a Reforma Curricular. Tese de Mestrado (não publicada). Universidade do Minho.

Dagher, Z. R. (1995). Review of Studies on the Effectiveness of Instructional Analogies in Science Education. *Science Education*, 79 (3), 295-312.

Damião, H. (2010). Documentos fornecidos nas aulas de Análise e Desenvolvimento Curricular.

de Almeida, M. J., Salvador, A. & Ramalho, M. (2013). Using analogies and problem solving for studying electric circuits: results from several schools' teaching in practice - ICPE-EPEC 2013: The International Conference on Physics Education 2013, Active learning in a changing world of new technologies. Prague, Czech Republic.

de Almeida, M. J., Salvador, A. & Ramalho, M. (2013). "Uma analogia para o estudo dos circuitos elétricos no Ensino Básico, usando o modelo de elétrons livres nos metais". Não publicado. Primeira versão do artigo: "Analogy for Drude's free electron model to promote students' understanding of electric circuits in lower secondary school", publicado na revista *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*.

de Almeida, M. J., Salvador, A. & Ramalho, M. (2014). Analogy for Drude's free electron model to promote students' understanding of electric circuits in lower secondary school. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 10 (2), 020118-1-020118-12.

Decreto- Lei nº 234/89, de 11 de outubro. *Diário da República*. I Série. Ministério da Educação. Lisboa.

Decreto- Lei nº139-A/90, de 28 de abril. *Diário da República*. I Série. Ministério da Educação. Lisboa.

Decreto- Lei nº 396/2007, de 31 de dezembro. *Diário da República*. I Série. Ministério da Educação. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 22/2014, de 11 de Fevereiro. *Diário da República*. I Série. Ministério da Educação. Lisboa.

Departamento da Educação Básica. (2001 a). *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação.
URL http://www.cfaematosinhos.eu/NPPEB_01_CN.pdf

Departamento da Educação Básica. (2001 b). *Orientações Curriculares para o 3º ciclo do Ensino Básico – Ciências Físicas e Naturais*. Lisboa: Ministério da Educação.
URL http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cfn_orient_curriculares_3c_0.pdf

Dias, F. & Rodrigues, M. M. (2010). *Física e Química na Nossa Vida – 9º ano*. Porto Editora.

Duarte, C. (2005). Analogias na Educação em Ciências: Contributos e desafios. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10 (1), 7-29.

Duit, R. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*, 75 (6), 649-672.

Duit, R., & Glynn, S. (1996). Mental modelling, Em: G. Welford, J. Osborne, & P. Scott (Eds.), *Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes*. London: Farmer Press.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.

Dumas-Carré, A., Caillot, M., Torregrossa, J. M. & Gil, D. (1989). Deux approches pour modifier les activités de résolution de problèmes en physique dans l'enseignement secondaire: Une tentative de synthèse.

URL http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/9158/ASTER_1989_8_135.pdf?sequence=1

Dumas-Carré, A. & Goffard, M. (1997). *Rénover les Activités de Résolution de Problèmes en Physique: Concepts et Démarches*. Paris: Armand Colin.

Dupin, J. J. & Joshua, S. (1989). Analogies and “modeling analogies” in teaching: Some examples in basic electricity. *Science Education*, 73 (2), 207-224.

Dutch, B. (1996). Problem Based Learning in physical: The power of students teaching students. *Journal of College Science Teaching* March/April.

Escola Básica Grão Vasco

URL http://www.cm-viseu.pt/doc/pdm___/carta%20educativa.pdf

Esteves, E. & Leite, L. (2005). Ensino Orientado para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas na Licenciatura em Ensino de Física e Química. Em: Silva, B. & Almeida, L. (Eds.). *Actas do Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia*. Braga: Universidade do Minho.

Esteves, E., Coimbra, M. & Martins, P. (2006). A Aprendizagem da Física e Química Baseada na Resolução de Problemas: Um estudo centrado na sub-unidade temática “Ozono na estratosfera”, 10º ano. *Actas do XIX Congresso da ENCIGA*. Póvoa de Varzim: Escola Secundária Eça de Queirós.

Farias, M. L. & Bandeira, K. S. (2009). O uso das analogias no ensino de ciências e biologia. *Ensino, Saúde e Ambiente*, 2(3), 60 – 71.

URL <http://ensinosaudeambiente.uff.br/index.php/ensinosaudeambiente/article/viewFile/54/54>

Fernandes, A. (2006). Projeto SER MAIS Educação para a Sexualidade Online. Tese de Mestrado. Universidade do Porto.

Fidalgo, L. (2003). *(Re)Construir a Maternidade Numa Perspectiva Discursiva*. Lisboa: Instituto Piaget.

Fiolhais, C. & Trindade, J. (2003). Física no Computador: O Computador Como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. *Revista Brasileira do Ensino da Física*, 25 (3), 259-272.

Fortin, M. F. (1999). *O processo de investigação: da concepção à realização*. Loures: Lusociência.

Fortin, M. F. (2003). *O processo de investigação: da concepção à realização*. (3Ed.) Loures: Lusociência.

Gama, N. M. M. C. (2013). A Formação Contínua Docente Centrada na Escola – Contributos para um desenvolvimento pessoal, profissional e organizacional. Tese de Mestrado. Universidade da Beira Interior.

URL <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2613/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Natalina%20Gama.pdf>

Gandra, P. (2001). A Aprendizagem da Física Baseada na Resolução de Problemas. Um Estudo com Alunos do 9º Ano de Escolaridade na Área Temática “Transportes e Segurança”. Tese de Mestrado (não publicada). Universidade do Minho.

GAVE. Projeto Testes Intermédios 2010.

URL http://iave.pt/np4/file/115/TI_2010_ReportNet.pdf

Gentner, D. & Gentner, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. Em: Gentner, D., & Stevens, A. L. (Eds.), *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

URL <http://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/GentnerGentner83.pdf> acedido em 14/09/2016

Glynn, S. (1991). Explaining science concepts: a Teaching- With-Analogies Model. Em: Glynn, S., Yeanny, R. & Britton, B. (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (99-129). New Jersey: Erlbaum.

Gravina, M. H. & Buchweitz, B. (1994). Mudanças nas Concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. 16 (1-4), 110-119.

URL <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a11.pdf>

Guerra-Ramos, M. T. (2011). Analogies as Tools for Meaning Making in Elementary Science Education: How Do They Work in Classroom Settings? *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 7 (1), 29-39.

Guskey, T. R. (2001). Benjamin S. Bloom's contributions to curriculum, instruction, and school learning. Em: Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association.

URL <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED457185.pdf>

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*. 66 (1), 64-74.

Harré, R. (1972). *The philosophies of science: an introductory survey*. London: Oxford University Press.

Hayes, J. R. (1980). Teaching Problem-Solving Mechanisms. Em: Tuma, D. T., & Reif, F. eds., *Problem Solving and Education: Issues in Teaching and Research* (141-147). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hernández, S. R., Fernández, C. C. & Batista L. P. (2006). *Metodologia de Pesquisa*. (3Ed.). São Paulo: McGraw-Hill.

Heywood, J. (1996). Theory into practice through replication of research in student-teaching practice: A partial evaluation of a course. Relatório apresentado na reunião annual da Associação of Teacher Educators Conference, St. Louis, MO, USA.

URL <http://ericae.net/db/riecije/ed394926.htm>

Hidi, S., Renninger, A. & Krapp, A. (2004). Interest, a Motivational Variable that Combines Affective and Cognate Functioning. Em: Day, D.Y. & Sternberg. R. J. (Eds), *Motivation, emotion, and cognition* (89-115). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Hill, M. & Hill, A. (2000). *A Investigação por questionário*. Lisboa: Edições Silabo.

Hubber, P., Tytler, R. & Haslam, F., (2010). Teaching and Learning about Force with a Representational Focus: Pedagogy and Teacher Change. *Research in Science Education*, 40 (1), 5-28.

Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988). *Como planificar la investigación-acción*. Barcelona: Editorial Laerts.

Küçüközer, H., & Kocakulah. S., (2007). Secondary School Students' Misconceptions about Simple Electric Circuits. *Journal of Turkish Science Educations*, 4 (1), 102-115.

URL <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=B290BD544966D95EF2AB7B0A69B619CE?doi=10.1.1.494.309&rep=rep1&type=pdf>

Lagrecia, M. (1997). Tipos de representações mentais utilizadas por estudantes de física geral na área de mecânica clássica e possíveis modelos mentais nessa área. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

URL <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1401/000161670.pdf?...1>

Lawson, A. E. (1993). The Importance of Analogy: A Prelude to the Special Issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1213-1214.

Lei n.º 49/2005, de 30 de Fevereiro. Lei de Bases do Sistema Educativo.

Lester, F.K. (1980). Problem solving: Is it a problem? Em: Lindgwist, N.M. (Ed.), *Selected Issues in Mathematic Education*. Reston: National Council of Teachers of Mathematics.

Libâneo, J. P. (2004). *Organização e Gestão da Escola – Teoria e Prática*. Goiânia: Editora Alternativa.

Losada, C. M., Barros, S. G., Alonso, M. M. & Marcote, P. V. (1999). Los Problemas de Lápiz y Papel en la Formación de Profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 211-215.

Loureiro, I. (2008). A Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas e a Formulação de Questões a partir de Contextos Problemáticos: Um Estudo com Professores e Alunos de Física e Química. Tese de Mestrado. Universidade do Minho.

Marconi, A. & Lakatos, M. (1999). Técnicas de pesquisa. São Paulo: Atlas.

URL <http://ensinosauambiente.uff.br/index.php/ensinosauambiente/article/viewFile/54/54>

Martins, A. I. M. C. C. (2011). Relatório de Estágio – A Motivação no Sucesso Educativo: Dinâmicas em contexto pré-escolar e 1.º ciclo. Tese de Mestrado. Universidade dos Açores.

URL <https://repositorio.uac.pt/bitstream/10400.3/1655/1/DissertMestradoAnalsabelMesquitaCorreiaCarvalhoMartins2011.pdf>

Mautino, J. M. (2004). *Fisicoquímica3*. Stella.

Melo, M. A. P. L. V. (2011). Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas: Desenvolvimento de competências cognitivas e processuais em alunos do 9º ano de escolaridade. Tese de Mestrado. Escola Superior de Educação de Bragança.

Merriam, S. (1998). *Case study research in education: A qualitative approach*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Millar, R. & Osborne, J. (1998). Beyond 2000: science education for the future.

URL <http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Beyond%202000.pdf>

Minayo, M. C. & Sanches, O. (1993). Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade? *Caderno de Saúde Pública*, 9 (3), 239-262.

Moreira, M. A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora Universitária de Brasília.

Nogueira, A., Rodrigues, C. & Ferreira, J. (1990). *Formar Hoje, Educar Amanhã*. Coimbra: Livraria Almedina.

OCCFN do Ministério da Educação. (2001). Orientações Curriculares para o 3º ciclo do Ensino Básico.

URL http://www.dgidec.minedu.pt/recursos/Lists/Repositrio%20Recursos2/Attachments/176/orientcurric_ciencias_fisicas_naturais.pdf

Osborne, R. & Wittrock, M. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12, 59-87.

Otero, M. (1997). ¿Como usar analogías en clases de física? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14 (2), 170-178.

URL <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165338.pdf>

Paatz, R., Ryder, J., Schwedes, H. & Scott, P. (2004). A case study analysing the process of analogy-based learning in a teaching unit about simple electric circuits. *International Journal of Science Education*. 26 (9), 1065-1081.

Pacca, J., Fukui, A., Bueno, M. C. F., Costa, R. H. P., Valerio, R. M. & Mancini, S. (2003). Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. 20 (2), 151-167.

Palmer, D. (2007). What is the Best Way to Motivate Students in Science? *Teaching Science*, 53(1), 38-42.

Patrício, M. (1990). *Formação de Professores à Luz da Lei de Bases do Sistema Educativo*. 3ª Edição. Lisboa: Texto Editora.

Pelizzari, A., Kriegel, M. L., Baron, M. P., Finck, N. T. L. & Dorocinski, S. I. (2002). Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel. *Revista Psicologia Educação Cultura*, 2 (1), 37-42.

URL <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>

Perales P. (1993). La Resolución de Problemas: una Revisión Estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 170-178.

Pérez, C. A. S. (2000). O Modelo do elétron livre de Drude completa 100 anos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 17 (3), 348-359.

Phillips, D. C. & Soltis, J.F. (2009). *Perspectives on Learning*. New York: Teachers College.

Piaget, J. (2000). *Seis Estudos de Psicologia*. Lisboa: Dom Quixote.

Pintrich, P. (2003). A Motivational Science Perspective on the Role of Student Motivation in Learning and Teaching Contexts. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 667–686.

Pólya, G. (2003). *Como resolver problemas (Tradução do original inglês de 1945)*. Lisboa: Gradiva.

Ponte, J. P. (2009). O novo programa de Matemática como oportunidade de mudança para os professores no Ensino Básico. *Interações*, 5(12), 96-114.

Portaria n.º 782/2009, de 23 de Julho.

Pozo, J., Dominguez, J., Gomez, M. & Postigo Y. (1994). *La Solución de Problemas*. Madrid: Santillana, S.A.

Prawat, R. S. (1989). Promoting access to knowledge, strategy, and disposition in students: A research synthesis. *Review of Educational Research*, 59 (1), 1-41.

Programa de Física 12º anos (2004).

URL https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Programas/fisica_12.pdf

Programa de Física e Química A do 10º e 11º anos (2014).

URL http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/programa_fqa_10_11.pdf

Rebelo, I. (2004). Desenvolvimento de um modelo de formação: um estudo na formação contínua de professores de química. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro.

Reis, P. (2006). Ciência e Educação: Que relação? *Interações*, 3, 160-187.

Ribeiro, A. (1990). *Formar Professores. Elementos para uma Teoria e Prática de Formação*. 2ª edição. Lisboa: Texto Editora.

Rodrigues, A. & Esteves, M. (1993). *A análise de necessidades na formação de professores*. Porto: Porto Editora.

Ross, B. (1997). Towards a Framework for Problem-based Curricula. Em: Boud, D. & Feletti, G. (Eds). *The Challenge of Problem-based Learning*. Londres: Kogan Page. Routledge and Kegan Paul: London.

Sá-Chaves, I. (1997), A Formação de Professores numa Perspetiva Ecológica. Que Fazer Com Esta Circunstância? Em: Sá-Chaves I. (Org.), *Percursos de Formação e Desenvolvimento Profissional*. Coleção CIDInE: Porto Editora.

Salvador, A., Almeida, M. J. & Costa, M. M. R. (2012). Circuitos elétricos no 9º ano – a utilização de analogias e a resolução de problemas. Um estudo piloto. Comunicação Oral apresentada no encontro bienal da Sociedade Portuguesa de Física Oral, Física 2012, 18ª Conferência Nacional de Física e 22º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, Aveiro, Portugal.

- Sebastiany, A. P., & Harres, J. B. S. (2008). Análise das idéias sobre circuitos elétricos de alunos com idade entre 10 a 12 anos de uma escola experimental, *Caderno pedagógico*, 5 (2), 45-72.
- Sequeira, M. (1989). Investigação Educacional: A Dimensão Necessária Às Escolas Superiores de Educação. *Revista Portuguesa de Educação*. 2 (1), 3-10.
- Serapioni, M. (2000). Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa social em saúde: algumas estratégias para a integração. *Ciência e Saúde Coletiva*, 5(1), 187-192.
- Shipstone, D. (1991). *Electricity in simple circuits in Children's Ideas in Science Children's Ideas in Science*. Editado por: Driver, R., Guesne, E.& Tiberghien, A. Open University Press, Buckingham and Bristol.
- Silva, A., Simões, C., Resende, F. & Ribeiro, M. (2009). *CFQ9*. Porto Editora.
- Silva, C. A. S., & Martins, M. I. (2010). Analogias e metáforas nos livros didáticos de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. 27 (2), 255-287.
- Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.
- Stipek, D. (2002). *Motivation to Learn: Integrating Theory and Practice*. Boston: Allyn & Bacon, INC.
- Tavares, R. (2004). Aprendizagem significativa. *Revista Conceitos*.
URL <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/2004AprendizagemSignificativaConceitos.pdf>
- Tavares, R. (2008). Aprendizagem significativa e o ensino das Ciências. *Ciências & Cognição*, 13, 94-100.
- Treagust, D. F., Duit, R., Lindauer, I. & Joslin, P. (1989). Teacher's use of analogies in their regular teaching routines. *Research in Science Education*, 19, 291-299.
- Treagust, D.F., Duit, R., Joslin, P. & Lindauer, I. (1992). Science Teachers use of analogies: Observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14 (4), 413-422.
- Treagust, D., Harrison, A. G.; Venville, G. J. & Dagher, Z. (1996). Using Analogical Teaching approach to engender conceptual change. *International Journal of Science Education*, 18, 213-229.
- Tuckman, B. W. (2000). *Manual de Investigação em Educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Utges, G. R. (1999). Modelos e Analogias na Compreensão do Conceito de Ondas. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

- Valente, M. O., Gaspar, A., Lobo, A., Salema, M. H., Morais, M. M. & Cruz, M. N. (1987). *Aperder a pensar*. Lisboa: Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa: Projeto Dianoica.
- Van den Akker, J. (1999). Principles and methods of development research. Em: Invan den Akker, J., Branch, J. R. M., Gustafson, K., Nieveen, N. M. and Plomp, T. (Eds). *Design Approaches and Tools in Education and Training*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Vilelas, J. (2009). *Investigação: o processo de construção do conhecimento*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Vygotsky, L. S. (2001). *A construção do Pensamento e da Linguagem*. São Paulo: Editora Martins Fontes.
- Webb, P. (1992). Primary teachers' understanding in science and its impact in the classroom. *International Journal of Science Education*, 14 (4), 423-429.
- Wellington, J. (2002). What can Science Education do for Citizenship and the future of the Planet? *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), 553-561.
- Yin, R. K. (1994). *Case study research: design and methods*. Thousand Oaks, CA: Sage Publishing.
- Zusho, A., Pintrich, P.R., Arbor, A. & Coppola, B. (2003). Skill and Will: the Role of Motivation and Cognition in the Learning of College Chemistry. *International Journal of Science Education*, 25 (9), 1081-1094.