

Fernando José Pires Caldeira

**A Estratégia “Prediga-Observe-Explique”
Suportada por Computador na Aprendizagem de
Conceitos da Electricidade**

Mestrado em Comunicação Educacional Multimédia

Orientadora: Professora Doutora Alda Pereira

Universidade Aberta

Lisboa, 2008

À memória do meu pai, *Mestre Zé*

AGRADECIMENTOS

- Aos alunos da Escola Secundária de Emídio Navarro (ESEN), participantes deste estudo, pela sua colaboração e pela forma como se empenharam nos trabalhos.

- Ao meu filho, João Caldeira, na altura também aluno da ESEN e que foi sempre a minha referência.

- À minha esposa, Dina Gonçalves, pelo apoio.

- À Senhora Professora Doutora Alda Pereira pela confiança e orientação.

ÍNDICE

CAPÍTULOS

1 – INTRODUÇÃO

1.1	Importância e Contextualização do Estudo.....	1
1.2	Pressupostos e Delimitação do Âmbito da Pesquisa.....	2
1.3	O Problema de Partida.....	4
1.4	A Questão de Pesquisa.....	6
1.5	Conclusão.....	7

2 – REVISÃO DA LITERATURA – I: CONSTRUTIVISMO, ENSINO COLABORATIVO E TECNOLOGIAS EDUCATIVAS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS

2.1	Introdução.....	9
2.2	A Natureza do Conhecimento Científico.....	11
2.3	Perspectivas Construtivistas na Educação em Ciências.....	15
	2.3.1 Construtivismo e Epistemologia.....	15
	2.3.2 Construtivismo e Educação.....	17
2.4	Críticas ao Construtivismo.....	28
2.5	Trabalho Colaborativo.....	29
2.6	O Computador Como Ferramenta de Aprendizagem.....	31
2.7	Conclusão.....	34

3 – REVISÃO DA LITERATURA – II: CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E MUDANÇA CONCEPTUAL

3.1	Introdução.....	35
3.2	O Problema das Concepções Alternativas	37
	3.2.1 Um Problema de Designação.....	37

	3.2.2 Vygotsky e os Conceitos Científicos.....	38
3.3	O Ensino por Mudança Conceptual.....	41
	3.3.1 O Significado de Mudança Conceptual	41
	3.3.2 Estratégias de Promoção da Mudança	42
3.4	Estratégia Prediga-Observe-Explique (POE).....	45
3.5	Concepções Alternativas no Estudo da Electricidade	49
	3.5.1 Dificuldades no Estudo dos Fenómenos Eléctricos.	49
	3.5.2 O Problema das Concepções Alternativas Estudo dos Fenómenos Eléctricos.....	50
	3.5.3 Estratégias Favorecedoras da MC em Electricidade..	53
3.6	Identificação das Concepções Alternativas Mais Comuns no Estudo dos Fenómenos Eléctricos.....	56
3.7	Conclusão.....	60
4 –	METODOLOGIA E DELINEAMENTO DA INVESTIGAÇÃO	
4.1	Introdução.....	61
4.2	Metodologias de Investigação.....	62
4.3	Objectivos da Investigação.....	65
4.4	Contexto e Desenvolvimento da Investigação	69
	4.4.1 Contexto.....	69
	4.4.2 Métodos de Recolha de Dados.....	71
	4.4.3 Fases de Desenvolvimento da Investigação.....	72
4.5	Validade e Limitações do Estudo.....	73
4.6	Conclusão.....	74
5 –	DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO DE INVESTIGAÇÃO – I	
	ANÁLISE DAS RESPOSTAS ÀS ACTIVIDADES POE	
5.1	Introdução.....	75
5.2	Actividade POE Exploratória.....	76
5.3	Actividade POE-I: CIRCUITO MISTO.....	79
	5.3.1 Descrição da Actividade POE-I	79
	5.3.2 Resultados da Actividade POE-I.....	81

5.4	Actividade POE-II : MOTORES EM PARALELO.....	85
	5.4.1 Descrição da Actividade POE-II	86
	5.4.2 Resultados da Actividade POE-II.....	87
5.5	Pré-Teste e Pós-Testes.....	91
	5.5.1 Resultados do Pré-teste.....	92
	5.5.2 Resultados do Pós-teste I.....	93
	5.5.3 Pós-teste II (a longo prazo).....	96
5.6	Conclusão.....	100
6 –	ANÁLISE DOS DIÁLOGOS DOS ALUNOS DURANTE A REALIZAÇÃO DAS ACTIVIDADES POE	
6.1	Introdução.....	102
6.2	Discussões dos Grupos com Incidentes mais Significativos durante Actividade POE-I	104
6.3	Discussões dos Grupos com Incidentes mais Significativos durante Actividade POE-II.....	118
6.4	Conclusão.....	122
7 –	SUMÁRIO E CONCLUSÃO FINAL	124
8 –	BIBLIOGRAFIA	130

ANEXOS

RESUMO

Este estudo parte de um problema que atinge hoje praticamente todos os sistemas de ensino e preocupa a sociedade em geral: os maus resultados obtidos pelos alunos na aprendizagem das Ciências Experimentais.

Partindo deste facto, estabelecemos como objectivo principal investigar de que modo a realização de actividades Prediga-Observe-Explique (POE), trabalhando os alunos em pequenos grupos colaborativos (pares) e apoiados por computador, poderia contribuir para a melhoria das aprendizagens do ramo da Física que é a Electricidade. Participaram neste estudo doze alunos de uma turma do 11º ano do curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica.

A investigação assumiu como suporte teórico o Construtivismo, focando particularmente o pensamento de Piaget, Vygotsky e o Movimento de Mudança Conceptual. Para inventariação das concepções alternativas dos alunos e desenvolvimento das actividades recorremos a um programa multimédia que permitiu também recolher dados sobre o trabalho desenvolvido pelos grupos e sobre as conclusões a que chegaram. Os computadores e o trabalho colaborativo mostraram ser um factor motivador no empenhamento dos alunos.

Na condução da investigação, atendendo à natureza das questões de pesquisa e à dimensão da amostra, recorremos à metodologia qualitativa/interpretativa e a técnicas diversificadas para a recolha e análise dos dados.

Se, por um lado, os resultados permitiram confirmar a influência das concepções alternativas referidas na literatura como um obstáculo às aprendizagens, as estratégias utilizadas com o objectivo de obter a mudança conceptual não parecem contudo ter sido eficientes.

Concluimos por isso que há necessidade de fazer mais pesquisas, na procura de estratégias de aprendizagem mais eficazes e fáceis de utilizar na sala de aula. Eventualmente mais demoradas, para que possam acompanhar o desenvolvimento dos alunos ao longo do tempo, e focando também a evolução das suas crenças epistemológicas e estratégias metacognitivas.

ABSTRACT

This study addresses a problem that affects almost every education system today and worries society: the bad results students obtain in the learning of Experimental Sciences.

From this fact, we established as our main goal to investigate in what way Predict-Observe-Explain (POE) activities, done with students working in small collaborative groups (pairs) and computer supported, could help in an improvement of learning in the branch of Physics that is Electricity. Twelve students from one class of the 11th grade from the technological course on Electricity and Electronics have participated in the investigation.

This investigation assumed as a theoretical basis the Constructivism, giving particular focus to the thoughts of Piaget, Vygotsky and the Conceptual Change Movement. For the recording of the alternative conceptions of the students and the development of the activities, we used a multimedia program that also allowed us to gather data on the work each group has developed and the conclusions they came to. The computers and the collaborative work have shown to be a motivating factor on the students' determination.

In the course of this investigation, attending to the nature of the research questions and the dimension of the sample, we used the qualitative/interpretative methodology and diversified techniques for the recording and analysis of the data.

If, on the one hand, the results confirmed the influence of the alternative conceptions that literature refers to as an obstacle to learning, it seems, however, that the strategies used to obtain the conceptual change have been inefficient.

We conclude, therefore, that more research is needed in the search for more effective learning strategies, which can more easily be applied in a classroom. These might last longer so they can accompany the development of the students throughout learning, also focusing on the evolution of their epistemological beliefs and metacognitive strategies.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

"We begin with the hypothesis that any subject can be taught effectively in some intellectually honest form to any child at any stage of development"¹

Jerome Bruner (1962)

1.1 IMPORTÂNCIA E CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

As mudanças vertiginosas a que o mundo assiste no campo das ciências e das tecnologias, particularmente da tecnologia digital, que impregna hoje quase todas as actividades humanas produtivas, educativas e de entretenimento, exigem mudanças estruturais nos sistemas de ensino. Numa sociedade científica e tecnologicamente desenvolvida a formação académica do capital humano é, cada vez mais, um dos factores determinantes da produtividade das empresas, ao mesmo tempo que a cidadania plena exige conhecimentos científicos fundamentais. Hoje pode ser perigoso desconhecer o efeito das ondas electromagnéticas, da redução da camada de ozono, da contaminação do ar e dos solos, etc., etc. Por estas razões também cada vez faz menos sentido a separação entre Ciência e Cultura.

A aprendizagem das ciências e das tecnologias aplicadas é, por isso, entendida como uma área chave de qualquer sistema de ensino actual. Nos sectores de ponta a aproximação e a interligação destes dois campos é também um facto: cada vez mais, quando se fala de ciência, recorre-se à tecnologia e raramente se fala de tecnologia sem referir a ciência de que emana ou que a suporta.

Neste contexto é impensável a escola formar técnicos apenas para desempenharem algumas funções técnicas bem definidas e num determinado ambiente de trabalho,

¹ "Começamos com a hipótese de que qualquer assunto pode ser efectivamente ensinado de alguma forma intelectualmente honesta a qualquer criança em qualquer fase de desenvolvimento." Bruner, Jerome (1962) – The Process of Education. Harvard University Press.

pois correriam o risco de amanhã ficarem completamente desactualizados e desqualificados. Ser competente em ciências e tecnologia, como ciência aplicada, tem hoje um significado completamente diferente do que tinha nos anos 50 e 60. Qualquer paralelo com o ensino técnico dessa época é pois completamente desajustado. Se nessa altura, no ensino técnico, se formava para um emprego, hoje deve formar-se para a empregabilidade. Um conhecimento sólido dos conceitos e dos processos científicos é pois hoje condição fundamental para o desempenho de uma função técnica e para permitir uma actualização permanente.

O ensino das ciências, particularmente da electricidade, deveria ser de grande interesse para todos os jovens, que vivem actualmente rodeados de *gadgets* electrónicos. No entanto, o aparente deslumbramento dos jovens pela utilização da tecnologia não parece ter correspondência na vontade de conhecer o seu funcionamento. Com a agravante dos cursos tecnológicos (profissionalizantes) e profissionais serem vistos no nosso país, por razões históricas e sociais, como “uma ‘receita pedagógica’ específica para alunos com certas dificuldades de aprendizagem, oriundos de meios socioeconómicos mais desfavorecidos e mais ligados à produção”, no dizer de Azevedo (1991:92).

1.2 PRESSUPOSTOS E DELIMITAÇÃO DO ÂMBITO DA PESQUISA

Nunca como hoje se fez um esforço tão grande para alargar a cultura científica a um tão grande número de jovens, mas também não é menos verdade que há entre os professores e os investigadores uma grande sensação de crise e de fracasso (Pozo, 2002). Resultados decepcionantes obtidos pelos alunos em estudos de controlo internacionais (Duit, 2006), como o PISA (Programme for International Student Assessment) e o TIMSS (Third International Mathematics and Science Study), e ultimamente também os “rankings” das nossas escolas, têm estimulado o debate geral sobre a necessidade de um maior nível de literacia científica e de melhorar a qualidade da educação em ciências na escola.

De um lado defende-se que a educação em ciências deve incidir sobre os conteúdos científicos, sobre a aquisição dos princípios científicos (aprender

ciências). Do outro lado estão os que defendem que o foco deve ser sobre os processos de pensamento científico e sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade (Osborne & Hennessy, 2003). Neste caso, tratando-se de alunos de um curso profissionalizante faz todo o sentido que o foco seja nos conteúdos, pelo que esta discussão está, à partida, fora do âmbito deste trabalho.

A aprendizagem das ciências, ou, se preferirmos, a aquisição formal de conhecimentos científicos é, contudo, um fenómeno complexo, dependente de muitos factores e variáveis. O conhecimento também não pode ser encarado como um objecto qualquer, pois é aquilo que serve para conhecer os outros objectos e aquilo que serve para se conhecer a si mesmo (Morin, 1996). Nesta situação, torna-se indispensável delimitar o âmbito e as variáveis em jogo numa pesquisa sobre como melhorar a aquisição de conhecimentos científicos.

Muitos pesquisadores apontam como solução para o insucesso na área das ciências um reforço da componente prática e laboratorial. Mas nestes cursos a componente prática, laboratorial e oficial já tem um importante peso. Nas aulas de oficinas o foco é essencialmente na execução mais do que na reflexão e explicação, operando-se portanto principalmente naquilo que Bruner (1999) designa por “representação *enactiva*” dos conteúdos. Neste nível de representação o conhecimento é principalmente a capacidade de dar respostas motoras, baseando-se na aprendizagem de respostas e formas de habituação. O mesmo sucede, pelo menos parcialmente, nalgumas actividades laboratoriais – manipulação de aparelhos, por exemplo. Bruner (1999) crê mesmo que a teoria “estímulo-resposta” pura pode constituir uma explicação razoavelmente adequada do modo como a aprendizagem se realiza, mas apenas quando aquele que aprende está a operar com a representação activa (*enactiva*).

Vygotsky (1995), por seu lado, já tinha referido a existência de dois tipos de instrução: o adestramento numa qualquer qualificação especializada, que mobiliza a formação de hábitos e exige uma certa prática, e o tipo de instrução que impulsiona o desenvolvimento das funções psicológicas superiores. A primeira é o tipo de instrução mais frequente nas escolas profissionais para adultos.

No caso da aprendizagem da electricidade e electrónica o problema maior não está pois na aprendizagem de um conjunto de actividades motoras, que acabarão por se

tornar habituais, mas antes na realização de operações que exijam consciência, controlo deliberado e capacidade de abstracção. O foco deve portanto ser em actividades que exijam a compreensão dos conceitos científicos.

Contudo, dada a complexidade da questão, e as limitações de vária ordem com que os professores se deparam no terreno, o estudo apresentado nesta dissertação de mestrado deve ser visto como sendo apenas mais uma tentativa de encontrar estratégias de ensino que ajudem os alunos na compreensão dos conceitos teóricos.

1.3 O PROBLEMA DE PARTIDA

Como professor do ensino secundário tecnológico tenho podido testemunhar directamente, ao longo dos últimos anos, uma forte degradação do aproveitamento dos alunos nas disciplinas científicas e na matemática. Muitos indicadores apontam também para grandes dificuldades no ensino das ciências e para uma diminuição da procura pelos alunos de cursos nas áreas científicas e tecnológicas.

Apesar dos esforços recorrentes para melhorar o ensino das ciências e das tecnologias através de diversas reformas curriculares – os alunos que participaram neste estudo estrearam um novo currículo do ensino secundário tecnológico em 2003/04, em substituição do anterior que datava de 1992/93 – os resultados ainda estão muito aquém do que seria desejável. As razões são, naturalmente, várias. A má preparação das próprias reformas, que em geral não são avaliadas e fazem tábua rasa das anteriores, a falta de preparação e pouca motivação dos professores, que na maioria das vezes não são ouvidos, e os insuficientes ou inadequados recursos materiais são com certeza algumas dessas razões.

Embora os maus resultados na matemática e nas ciências experimentais seja particularmente grave nos cursos tecnológicos, deve sublinhar-se que este é um problema transversal às diferentes áreas científicas do nosso sistema de ensino secundário, como mostram os resultados dos exames do 12º ano, e atinge praticamente todos os países ocidentais.

A abrangência e a importância deste problema fez com que as últimas décadas tenham sido particularmente férteis em estudos sobre a aprendizagem das ciências experimentais e da matemática, e hoje sabe-se bastante mais sobre a forma como as crianças e os alunos formam ideias sobre o mundo natural do que há trinta anos atrás. Todas essas investigações apontam contudo para grandes dificuldades conceituais e de raciocínio que impedem a aprendizagem dos alunos, apesar dos esforços dos professores (Pozo, 2002). Mas, se no antigo ensino técnico, algumas disciplinas, como por exemplo a Filosofia e a História, estavam ausentes da formação dos jovens oriundos das classes sociais mais desfavorecidas, por razões políticas, e, pelas mesmas razões, a proficiência na língua materna e nas línguas estrangeiras não era aconselhável, hoje a situação é, tendencialmente, na prática, algo semelhante, embora por motivos diferentes. A Filosofia é hoje encarada como inacessível para determinado tipo de alunos e a exigência na aprendizagem do português e das línguas estrangeiras não é grande. Contudo, como veremos, a investigação em didática das ciências tem mostrado haver indícios fortes de que a linguagem desempenha um papel importante na compreensão e aprendizagem dos conceitos científicos. A investigação também tem mostrado a importância das perspectivas epistemológica e ontológica (conscientes ou inconscientes) dos jovens adolescentes – e dos professores – na forma como entendem a aprendizagem das ciências e os seus fundamentos. Infelizmente a passagem da pesquisa em educação em ciências para a prática educativa ou, mais propriamente, para a sala de aula, ainda não é visível pois o caminho ainda não foi completamente desbravado.

No delinear desta pesquisa encaramos a sala de aula como um campo de pesquisa. Talvez deste modo pudéssemos contrariar o pessimismo de Bachelard (1996/1938: 16) quando afirmou:

“Os professores de ciências, mais do que os outros, não compreendem que alguém não compreenda. Poucos são os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão. (...) Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas de mudá-la, derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida quotidiana.”

1.4 A QUESTÃO DE PESQUISA

Construtivismo (por oposição ao ensino fundamentalmente transmissivo), trabalho de grupo, trabalho prático ou laboratorial e as novas tecnologias, particularmente os recursos multimédia, são hoje apontados em todos os sectores ligados ao ensino como possíveis respostas aos problemas que o ensino actualmente enfrenta, e que ultrapassam largamente as nossas fronteiras. Nessa perspectiva, porque não experimentar então uma actividade que permitisse de algum modo fazer uma síntese destes meios, tendo sempre presente a necessidade de um suporte teórico que guiasse a pesquisa e justificasse as opções tomadas? Se teoricamente não parecia difícil juntar aqueles meios, havia ainda que avaliar a viabilidade do projecto em termos da sua implementação.

Os alunos têm em geral grandes dificuldades em assimilar os conceitos básicos e raciocinar em termos científicos, mesmo na resolução de problemas simples, como os que envolvem as associações elementares de receptores e outras resistências eléctricas. As dificuldades posteriores estão naturalmente relacionadas com este facto, pelo que se deveria começar por investigar até que ponto os alunos dominariam os conceitos fundamentais. Dadas as limitações temporais e também em virtude de como professor me encontrar a leccionar uma disciplina essencialmente prática, decidimos realizar duas sessões teórico-práticas por substituição das aulas normais (laboratorial). Para a realização dessas sessões optámos por recorrer à estratégia Prediga-Observe-Explique (POE), que será posteriormente descrita, pois vários estudos que tinham como objectivo melhorar aprendizagem dos conceitos científicos apresentaram resultados positivos ao recorrerem àquela estratégia (e.g. Kearney, 2002 e Liew, 2004). Da análise dos fundamentos teóricos da estratégia POE e da forma como esta se realiza pareceu-nos que seria plausível aceitar a fiabilidade daqueles resultados. Baseados numa experiência de ensino da electricidade a nível teórico e experimental com mais de três décadas e em vários níveis e tipos de ensino, considerámos que a apresentação de experiências baseadas em fenómenos eléctricos comuns seriam um factor motivador capaz de gerar debates de ideias. A exposição de ideias espontâneas (ou

não) e de formas de raciocinar seriam assim provocadas através da necessidade de se encontrar uma solução coerente e fundamentada.

A questão fundamental a que se tentará responder neste estudo prende-se pois com a possibilidade de, partindo das ideias e do modo de pensar dos alunos, podermos encontrar estratégias que permitam a evolução ou substituição dessas ideias por outras mais próximas daquelas que são as da ciência e dos cientistas.

Para isso formulou-se uma questão principal e uma derivada:

Questão principal:

Na estratégia de aprendizagem POE (Prediga-Observe-Explique), apoiada em tecnologia multimédia, quais as condições e os elementos que devem ser considerados determinantes para obtenção de uma efectiva melhoria na assimilação de conceitos e compreensão dos fenómenos eléctricos?

Questão derivada:

Como devem os professores implementar esta estratégia na sala de aula?

Embora focado na aprendizagem dos princípios fundamentais da electricidade, como forma de procurar estratégias para reduzir o insucesso no ensino tecnológico e profissional na área da Electrotecnia/Electrónica, as conclusões deste estudo podem eventualmente estender-se à aprendizagem de qualquer área científica actualmente ensinada no ensino básico e secundário.

1.5 CONCLUSÃO

Para a consecução dos objectivos, criar-se-ão duas situações especiais em sala de aula e serão investigados os seus efeitos sobre os conhecimentos anteriores dos alunos. Na procura de uma objectividade e de uma validade possíveis, para este estudo apoiar-nos-emos num quadro teórico de referência e numa metodologia que o suportem e guiem o seu desenrolar.

Aprendemos com Damásio (2000) que o conhecimento da emoção e da sensação “pode tornar-nos mais conscientes das armadilhas da observação científica” (p.252), isto é, que há óbvias ligações entre cognição e afectividade, ou entre razão e emoção. Também as relações que os estudantes estabelecem com o conhecimento são importantes nas aprendizagens, assim como a influência das relações afectivas entre os alunos e entre alunos e professor.

Contudo, principalmente por razões de ordem prática, a forma como os factores afectivos, interesse e motivação externa ou interna e relação interpessoal professor-aluno podem interferir na aprendizagem não serão aqui considerados. É uma forma de tentar reduzir a complexidade de um estudo desta natureza. Interessa-nos portanto fundamentalmente saber de que modo os factores racionais podem estar na base das dificuldades dos alunos; em particular, a forma como os conhecimentos prévios, as pré-concepções e concepções alternativas, e a visão do mundo e da natureza da ciência afecta a aprendizagem dos conteúdos científicos. Julgamos que deste modo poderemos ajudar a criar condições para uma efectiva melhoria das aprendizagens.

Estas questões, como se poderá concluir da revisão da literatura, foram estudadas aprofundadamente nas últimas três décadas. Contudo a maioria das investigações mostra apenas um êxito limitado na mudança conceptual (Pozo, 2002). Há portanto ainda um longo caminho a percorrer na procura de estratégias e de ferramentas cognitivas capazes de produzir resultados duradouros quando aplicados à (nossa) realidade educativa.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA – I

CONSTRUTIVISMO, ENSINO COLABORATIVO E TECNOLOGIAS EDUCATIVAS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS

2.1 INTRODUÇÃO

A educação em ciências. O elevado insucesso dos alunos dos cursos tecnológicos do ensino secundário na área da Electricidade/Electrónica (e da Mecânica) deve-se principalmente aos resultados obtidos pelos alunos nas disciplinas científicas e nas disciplinas teóricas estruturantes da área, onde são leccionados os fundamentos da Electricidade (ou da Mecânica). Não se deve por isso desligar o insucesso nos cursos tecnológicos do insucesso nas disciplinas de Física (e de Matemática) dos cursos gerais, pois têm uma origem comum: as dificuldades manifestadas pelos alunos na aprendizagem e na aplicação dos conceitos científicos, leis e teorias.

São várias as teorias sobre os processos de aprendizagem das ciências, e sobre as causas do elevado insucesso dos alunos. Paralelismos, ou simplesmente pontos de contacto, entre a história da evolução das ideias científicas e a evolução dos conceitos científicos, durante a aprendizagem, têm sido defendidos. Outros autores realçam alguns aspectos aparentemente comuns entre a actividade do cientista e o processo de aprendizagem de ciências pelos alunos, pelo que estes se devem orientar pela forma como os cientistas fazem ciência.

Numa breve resenha histórica da pesquisa em educação em ciências podemos dizer que a década de sessenta foi a dos grandes projectos curriculares, a de setenta foi a do estudo das concepções alternativas e a de oitenta a da mudança conceptual (Gil-Pérez, 1994). Nos últimos anos houve maior diversificação dos estudos, que abrangem hoje as concepções epistemológicas dos alunos e as suas capacidades metacognitivas (Campanario & Moya, 1999), as concepções e atitudes dos professores (Gil-Pérez, 1994), o papel das novas tecnologias na mudança conceptual (Jonassen, 2006), etc.

Contudo, apesar dos avanços significativos na investigação sobre o processo de aprendizagem, a análise dos resultados obtidos pela maioria dos alunos nas ciências (e na matemática) leva-nos a concluir que há necessidade de mudanças significativas no ensino das ciências. A grande questão é, pois, quais são essas mudanças, como conseguir que o ensino das ciências experimentais ultrapasse os obstáculos e se torne mais eficiente.

Para Feynman (2000), quando estudamos as leis da física descobrimos que são muitas e complicadas, mas todas elas parecem obedecer a grandes princípios gerais. A ciência exige um pensamento bastante elaborado e as leis da física têm um carácter matemático. Mas a física não é matemática e a matemática não é física. “Uma ajuda a outra. Mas em física tem de se compreender a ligação entre as palavras e o mundo real” (p.72). Todas as leis têm um princípio simples por detrás, embora as suas manifestações concretas possam ser complexas.

Como se aprende? Desde a infância, e ao longo de toda a sua vida, as pessoas demonstram ter uma capacidade de aprendizagem muito flexível. Muitas aprendizagens são feitas informalmente, ou de forma não formal, mas a aprendizagem do conhecimento científico, acumulado ao longo de séculos, requer uma aprendizagem intencional, realizada em instituições formais próprias (Donovan & Bransford, 2005), isto é, um sistema de ensino.

Mas o processo de ensino/aprendizagem é um fenómeno complexo, dado o elevado número de variáveis em jogo, e também pelas inumeráveis situações que voluntária ou involuntariamente podem ocorrer e os intervenientes podem provocar. Como aprendem os alunos?, como pode o professor ajudá-los a aprender?, o que devem aprender? Estas são as questões fundamentais que qualquer professor deve ter sempre presentes no seu trabalho. Neste capítulo tentaremos fazer uma revisão da literatura que nas últimas décadas tem tentado responder às duas primeiras questões. A terceira, o que devem os alunos aprender, embora intimamente relacionada com as outras, é objecto das teorias curriculares, pelo que ultrapassa o âmbito deste estudo.

No âmbito da didáctica das ciências – ou, usando a terminologia anglo-saxónica, do ensino das ciências –, são conhecidas as dificuldades enfrentadas pelos alunos, particularmente na aprendizagem dos conceitos científicos. Como consequência, muitos estudos têm sido feitos nesta área, na tentativa de ultrapassar essas dificuldades e de melhorar os resultados obtidos pelos estudantes. A maioria desses estudos apresenta desde há mais de duas décadas como suporte o construtivismo (Marin, 2003), que se tornou assim no referencial teórico mais importante nas últimas décadas, tanto no ensino e na aprendizagem das ciências (e da matemática) como na investigação nestas áreas (Duit, 1996; Matthews, 1998, 2000; Marín, 2003).

Como ensinar mais facilmente é um problema aberto, devemos falar de *estratégias de ensino* e não de *método de ensino* (Campanario & Moya, 1999). De entre as dificuldades no ensino das ciências hoje bem identificadas podemos referir, à partida, a estrutura lógica dos conteúdos conceptuais, o nível de exigência formal dos mesmos e a influência do que é designado por pré-concepções e concepções alternativas dos alunos, questões que aqui aprofundaremos.

A revisão da literatura feita neste capítulo e no seguinte centrar-se-á portanto na que tem sido produzida na área do ensino das ciências.

2.2 A NATUREZA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

A pesquisa em educação em ciências tem tido um papel importante, não só na análise do estado real de literacia científica dos alunos e das práticas seguidas nas escolas, mas também na melhoria da prática a nível de sala de aula e na formação dos professores (Duit, 2006).

Mas a pesquisa, assim como o ensino e a aprendizagem, exige que se tenha em consideração a origem e a natureza do conhecimento a ser ensinado. Não fará muito sentido que o método de pesquisa sobre didáctica da física assuma pressupostos epistemológicos e ontológicos diferentes dos assumidos pelos físicos.

Para o mais famoso dos físicos, Einstein, a relação entre as leis da física e a realidade é clara:

“A ciência não é apenas uma colecção de leis, um catálogo de factos não-relacionados entre si. É uma criação do espírito humano, com ideias e conceitos livremente inventados. As teorias físicas experimentam traçar um quadro da realidade e estabelecer liames com o nosso mundo de impressões” (Einstein e Infeld, s.d.:218).

“ Com a ajuda das teorias físicas experimentamos encontrar caminho através do nevoeiro dos factos observados, de modo a compreender o mundo das nossas impressões sensoriais. Queremos que os factos observados decorram logicamente do nosso conceito da realidade” (p. 220).

Mas qual é a origem do conhecimento? De onde provêm as leis a serem testadas? A própria experiência ajuda a produzir essas leis, no sentido em que nos fornece pistas. Mas também é preciso imaginação para criar, a partir dessas pistas, as grandes generalizações (Feynman et al., 1977). Até porque

“As conclusões intuitivas baseadas na observação imediata nem sempre merecem fé, porque muitas vezes levam a pistas erradas” (Einstein & Infeld, s.d.:13).

Também para Bronowski (1972) nenhuma teoria científica é uma colecção ou um registo neutro de factos: “o que vemos, tal como o vemos, é simples desordem” (p.31). O cientista procura e encontra a ordem e a unidade nos aspectos da natureza que podem revelar as semelhanças ocultas. “A ciência, tal como a arte, não é uma cópia da natureza, mas uma recriação da mesma” (p.42).

Sobre o papel da invenção na física Bunge (1984) afirma:

“Nunca nenhuma teoria física surgiu a partir da contemplação das coisas, ou mesmo dos dados empíricos: toda a teoria física foi a culminação de um processo criativo indo muito mais longe do que os dados à disposição. Isto é assim porque qualquer teoria contém conceitos que não ocorrem em enunciados experimentais para ela relevantes mas também porque, face a qualquer conjunto de dados, há um número ilimitado de teorias que os podem explicar. Não há um caminho de sentido único dos dados para as teorias; por outro lado, o caminho das suposições básicas de uma teoria para as suas consequências testáveis é único” (p.16).

O conhecimento científico, em muitos domínios, como o comportamento dos circuitos eléctricos ou a rapidez das reacções químicas, consiste pois de entidades definidas formalmente e de relações que se supõe existirem entre elas. Como resultado o mundo (simbólico) da ciência é hoje povoado por entidades como átomos, electrões, campos, fluxos, etc. Essas entidades ontológicas e conceitos organizadores, assim como a epistemologia e as práticas das ciências a elas relacionadas, dificilmente serão descobertas por indivíduos, através das suas próprias observações do mundo natural, ou da sua própria investigação empírica (Driver et al., 1999).

Sobre o papel da observação simples Einstein e Infeld (s.d.) afirmam:

“A descoberta e o emprego do raciocínio científico, que devemos a Galileu, foi um dos mais importantes triunfos registados na história do pensamento humano – e marcam verdadeiramente o começo da ciência física. Ensina-nos essa descoberta que as conclusões intuitivas baseadas na observação imediata nem sempre merecem fé, porque muitas vezes levam a pistas erradas.” (Einstein e Infeld, s.d.:13).

Ao contrário do que supõe o realismo ingénuo, compreendemos agora que as teorias físicas não são retratos da realidade, mas implicam simplificações brutais que induzem a esquemas ideais ou modelos, a que temos de introduzir convenções como sejam as unidades de medida (Bunge, 1984).

Assim, as concepções científicas não são simplesmente construções desenvolvidas para que a experiência faça sentido (Scott, Asoko & Driver, 1992). Os conceitos não são impostos por decreto e em geral não são evidentes por si mesmos (Bronowski, 1972). Em qualquer campo da física a construção de um modelo científico explanatório requer o estabelecimento de uma extensa série de conceitos e de inter-relações entre eles. É o caso da electricidade, onde conceitos de corrente, tensão, resistência, etc., necessitam de ser estabelecidos e relacionados – para Vygotsky (1995:80) “a própria noção de conceito científico implica uma certa posição relativamente aos outros conceitos, isto é, um lugar num sistema de conceitos”.

A perspectiva científica, desenvolvida ao longo de séculos, necessita por isso de ser transmitida, pois é duvidoso que aqueles conceitos possam ser “descobertos” através da experiência pessoal:

“Nós empurramos um objecto e recebemos vários estímulos sensoriais. Porém, nenhum deles se converte nas ideias de ‘pressão’, ‘elasticidade’, ‘força’ ou ‘tensão’, até que tenhamos aprendido tais palavras e como elas são definidas” (Matthews, 2000: 279).

Neste aspecto o papel do professor é fundamental. Os conceitos do aluno são formados no processo da aprendizagem, em colaboração com o professor. Para isso o professor tem necessidade de intervir, de trabalhar com o aluno, de fornecer informações, de fazer perguntas, de corrigir e levar o aluno a explicar (Vygotsky, 1995).

Sobre a verdade científica Bunge (1984) considera que em física as verdades são relativas a certos conjuntos de proposições. Mas a verdade não é uma ilusão por ser relativa e parcial. O reconhecimento das mudanças na forma e no conteúdo das leis da física, que se tornam “relativas a determinado nível” depois de terem sido consideradas “solidamente estabelecidas”, levou Piaget (1972:14) a considerar o conhecimento como um processo e não um estado.

Para o físico Feynman et al., (1977), a prova de todo o conhecimento é a experiência; a experiência é o único juiz da “verdade” científica. Mas, sabemo-lo hoje (através da mecânica quântica), não é possível predizer exactamente o que acontecerá em quaisquer circunstâncias. Além disso, tudo o que conhecemos é apenas algum tipo de aproximação da verdade, pois sabemos que não conhecemos todas as leis ainda. O que aprendemos hoje poderá ter de ser corrigido amanhã: existe uma região em expansão de ignorância. Na aprendizagem da física é frequente aprender-se, no início, conceitos e leis aproximadas porque são mais fáceis de entender e são um primeiro passo para a compreensão real da lei correcta.

2.3 PERSPECTIVAS CONSTRUTIVISTAS NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

2.3.1 CONSTRUTIVISMO E EPISTEMOLOGIA

Apesar de omnipresente na literatura sobre pesquisa e ensino das ciências, o *construtivismo* não designa contudo uma tendência unificada de pensamento sobre a aprendizagem, apresentando uma diversidade de tipos e formas muito grande. Uma definição abrangente terá por isso de ser muito genérica e imprecisa, acabando por não ter grande significado, ou limitar-se apenas a banalidades que pouco contribuem para a compreensão do que é o construtivismo e do que significa ser construtivista, com todos os equívocos que isso acarreta (Marin, 2003).

A posição básica do construtivismo é que o conhecimento é construído por uma **interacção entre sujeito e objecto** (Marin, 2003). Ao admitir que o conhecimento é um processo de construção do sujeito interactuando com o seu meio externo, o construtivismo afasta-se do racionalismo, ao enfatizar o papel do meio, e do empirismo, ao assinalar o papel activo do sujeito na construção do conhecimento.

Visto por vezes como uma moda ou como uma nova ideologia da educação em ciências com solução para todos os problemas do ensino e da aprendizagem das ciências, o construtivismo é, basicamente, uma perspectiva da natureza do conhecimento, da sua aquisição (aprendizagem) e desenvolvimento (Duit, 1996). Esta perspectiva da aprendizagem surge contudo na literatura sobre educação em ciências com muitas variantes, pois baseia-se num número de perspectivas filosóficas bastante diferentes, que compartilham apenas um núcleo comum muito restrito.

Desse núcleo, duas características principais são consensuais (Mortimer, 1996):

- (1) A aprendizagem dá-se através do activo envolvimento do aluno na construção do conhecimento;
- (2) As ideias prévias dos alunos desempenham um papel importante no processo de aprendizagem.

Na perspectiva construtivista, o conhecimento é portanto construído pelo próprio indivíduo, com base no que já sabe, a partir das suas interações com o meio físico e social envolvente. A aprendizagem é assim uma experiência individual, bem como um fenómeno social (Wilson & Peterson, 2006), que não se faz de forma passiva mas sim através da compreensão e da procura de sentido das coisas (aprendizagem significativa). Deste modo, a maioria das inovações baseadas na pesquisa recente aponta para alguma forma de estratégia que implique o estudante no processo de aprendizagem de uma forma activa, em detrimento das abordagens tradicionais que lhe reservavam um papel mais passivo.

O problema surge quando, a partir do argumento de que a mente é activa na construção do conhecimento, se conclui que cada indivíduo desenvolve as suas ideias ou noções únicas, não havendo portanto qualquer correspondência com a realidade, que será assim incognoscível. Esta perspectiva parece difícil de conciliar com o ensino das ciências experimentais.

É natural que, ao pormos a questão do modo como aprendemos, ponhamos questões sobre o valor e a natureza do conhecimento. Tocamos assim numa das questões mais polémicas da epistemologia e filosofia das ciências e que tem a ver com relação entre o conhecimento e a realidade (El-Hani & Bizzo, 2002). A diferença essencial entre cada variante do construtivismo tem a ver com a maneira como a realidade é entendida e percebida e como essa percepção é criada e mantida, isto é, têm pressupostos epistemológicos e ontológicos diferentes. Segundo Castañon (2007), muitos autores que se consideram construtivistas confundem o construtivismo, que é uma tese epistemológica, com o idealismo, que é uma tese ontológica. O construtivismo permite responder à questão sobre o modo como obtemos conhecimento. O idealismo e o realismo são perspectivas sobre a natureza daquilo que conhecemos. Como o construtivismo rejeita o objectivismo, muitos concluem que esta rejeição equivale a uma rejeição ao realismo, o que é um equívoco.

Ainda recorrendo a Castañon (2007), o objectivismo é apenas um caso particular de realismo. O Realismo é a tese ontológica que sustenta a existência real dos objectos do conhecimento, com características que não dependem das nossas teorias, mas que de alguma forma influenciam as nossas teorias sobre eles. As

representações que temos do mundo, mesmo que não sejam idênticas a ele, são determinadas em nós pelos objectos que buscamos conhecer. Devemos no entanto distinguir entre o realismo “ingénuo” e o realismo crítico. Para o primeiro há uma correspondência absoluta entre as construções mentais e a realidade exterior, enquanto que para o segundo os modelos tem um carácter metafórico, ou seja, são construções da mente humana sobre a realidade, de que é suposto aproximarmos cada vez mais.

2.3.2 CONSTRUTIVISMO E EDUCAÇÃO

Foi a partir dos anos 70, com a difusão da obra de Piaget, que o construtivismo se tornou a teoria do conhecimento dominante na educação (Castañon, 2007), situação que se mantém ainda hoje, apesar de algumas vozes críticas (e.g. Matthews, 2000). Entre as críticas que entretanto têm surgido entre cientistas, professores e investigadores, a maioria visa particularmente as posições mais polémicas e radicais como a de von Glasersfeld (1999), mas não só (e.g. Suchting², 1992, citado por Gil-Perez et al. 2002).

Para Castañon (2007), o construtivismo é uma poderosa tradição filosófica anterior à Epistemologia Genética que começa com Immanuel Kant (1724-1804). O próprio Piaget (1987) declarou sentir-se “profundamente kantiano” (p. 220). A partir dos finais dos anos oitenta, observou-se o crescimento de abordagens teóricas na Psicologia, Filosofia e Sociologia reivindicando-se construtivistas mas que entretanto se tornaram muito polémicas. Estas teses são, na Psicologia, o Construcionismo Social e o Construtivismo Radical, e na Sociologia, o Construtivismo Social.

Para Matthews (2000), o construtivismo, embora tenha começado como uma teoria da aprendizagem, expandiu os seus domínios progressivamente, tornando-se uma teoria de ensino, uma teoria da educação, uma teoria da origem das ideias, uma teoria dos conhecimentos pessoais e científicos e mesmo uma perspectiva do

² Suchting, W.A. (1992) - ‘Constructivism Deconstructed’, *Science & Education*, 1(3), 223-254.

mundo. A confusão é pois real e não resulta apenas do uso da palavra *construtivismo* com sentidos diferentes.

Aceitar que há vários construtivismos parece assim ser um bom ponto de partida. Infelizmente, mesmo na forma de os classificar os autores não são unânimes. Atendendo a que a nossa principal preocupação é a educação em ciências, aceitaremos a divisão de Matthews (2000), que considera a existência de três tipos principais: construtivismo educativo, também chamado psicológico (Fosnot, 1999), construtivismo filosófico e construtivismo sociológico.

Actualmente os fundamentos teóricos do “construtivismo pedagógico” são bastante diversificados e confusos, misturando teorias e autores muitas vezes mais divergentes que complementares como John Dewey (1859-1952), Lev Vygotsky (1896-1934), Jean Piaget (1896-1980), Ausubel, e von Glasersfeld entre outros. Outros nomes do campo das ciências cognitivas, como Jerome Bruner, Howard Gardner e Nelson Goodman, são referidos por Fosnot (1999) como estando na origem do construtivismo enquanto teoria psicológica. Para Fosnot (1999) o construtivismo opõe-se tanto ao behaviorismo como ao maturacionismo: em lugar de comportamentos ou aptidões como meta da instrução são focados o desenvolvimento dos conceitos e a compreensão aprofundada; os estádios não são compreendidos como o resultado de maturação, mas sim como construções.

Em face desta situação torna-se pois fundamental distinguir as diferentes acepções do termo *construtivismo* utilizadas em trabalhos de investigação sobre educação em ciências, particularmente os que versam o assunto das concepções alternativas.

Construtivismo piagetiano. O construtivismo piagetiano, caracterizado pela aplicação no âmbito do ensino das ciências das teorias desenvolvidas por Piaget, teve forte influência nas décadas de 60 e 70 (Marin, 2003).

Segundo Gardner (2002), Piaget, biólogo de formação, considerava-se a si próprio um epistemólogo, ou como preferia dizer, um epistemólogo genético, e não um psicólogo infantil. Entendia que o seu principal contributo para a psicologia residia na descoberta das estruturas básicas do pensamento que caracterizavam as crianças em diferentes idades ou estádios de desenvolvimento, e dos mecanismos que permitiam à criança fazer a transição entre esses estádios. Hoje o determinismo

biológico desses estádios tem sido posto em causa, assim como os formalismos lógicos em que eles se apoiam (Gardner, 2002). No entanto, mais do que qualquer dos seus antecessores, Piaget, “cuja obra surgiu ao longo de um período de cinquenta anos” (Fosnot, 1999:27), inaugurou um novo campo da psicologia, relacionado com o desenvolvimento da cognição humana, tendo estabelecido os temas de investigação que ainda hoje se mantêm (Gardner, 2002).

Segundo Sass (1995), o termo construtivismo é aplicado por Piaget na fase da sua obra que é marcadamente epistemológica. Especificamente, é quase no final da década de 60, com as publicações de *Lógica e Conhecimento Científico* (1967) e *Epistemologia Genética* (1970), que o autor utiliza mais amiúde o termo construtivismo, com dupla finalidade. A primeira é destinada a reafirmar um princípio que defende desde as suas primeiras publicações psicológicas: o papel activo do sujeito na construção dos conhecimentos novos. A segunda finalidade é a de recorrer à perspectiva genética para explicar a construção de conhecimentos novos no âmbito da lógica, da matemática e da física (Piaget, 1972).

“Se existe um conhecimento lógico-matemático puro, desligado de qualquer experiência, não existe reciprocamente conhecimento experimental que possa ser qualificado de ‘puro’, no sentido de desligado de qualquer operação lógico-matemática. (...) A física, como ciência da experiência mais evoluída é uma perpétua assimilação do dado experimental a estruturas lógico-matemáticas, porque o próprio refinamento da experiência é função dos instrumentos lógico-matemáticos utilizados a título de intermediários necessários entre o sujeito e o objecto” (p. 90).

Para Piaget (1972) o conhecimento é resultante da acção do sujeito:

“Com efeito, não se conhece um objecto senão agindo sobre ele e transformando-o (do mesmo modo que o organismo não reage ao meio senão assimilando-o, no sentido mais lato deste termo). E há duas maneiras de transformar assim o objecto a conhecer. Uma consiste em modificar as suas posições, os seus movimentos ou as suas propriedades para lhe explorar a natureza: tal é a acção a que chamamos “física”. A outra consiste em enriquecer o objecto com propriedades ou relações novas que conservam as suas propriedades ou relações anteriores, mas que as completam através de sistemas de classificações, ordenações, estabelecimentos de correspondência, enumerações ou medidas, etc.: tais são as acções a que chamaremos lógico-matemáticas. São, portanto, estas duas espécies de acções, e não só as percepções que lhes servem de sinalização, que constituem as fontes dos nossos conhecimentos científicos” (p. 83).

Segundo Fosnot (1999), Piaget demonstrou que o mecanismo que promove a mudança na cognição é o mesmo que na evolução – a equilibração.

“Os três factores clássicos do desenvolvimento são a hereditariedade, o meio físico e o meio social [o factor educativo no sentido lato]. Mas nunca se observou uma conduta devida à maturação pura, sem elemento de exercício, nem uma acção do meio que não se enxerte em estruturas internas” (Piaget, 1972).

Este terceiro factor é considerado determinante no desenvolvimento por Piaget (1983), “mas só por si insuficiente pela seguinte razão evidente: para que a transmissão seja possível entre o adulto e a criança, ou entre o meio social e a criança educada, é necessário que haja, por parte da criança, assimilação do que se pretende inculcar-lhe de fora” (p.37). Ao assimilar os objectos, “a acção e o pensamento são obrigados a acomodar-se a eles, isto é, a reajustar-se a cada variação exterior”. Pode chamar-se adaptação ao equilíbrio destas assimilações e acomodações (Piaget, 1972:18). O quarto factor é a equilibração (Piaget, 1983): é necessário que os três factores se equilibrem entre si. Uma descoberta, uma noção nova, etc., deve equilibrar-se com as outras. “É necessário todo um jogo de regulação e de compensações para chegar a uma coerência” (p. 38). Entendendo a equilibração como factor fundamental do desenvolvimento, Piaget aceita a possibilidade de aceleração desse desenvolvimento, dentro de certos limites, mas não vê vantagens em que se procure ultrapassá-los.

Sobre o pretenso idealismo de Piaget, recordam-se as suas palavras em entrevista a Bringuier (1978) onde afirma:

“O objecto existe, mas só lhe descobrimos as propriedades através de aproximações sucessivas. É o contrário do idealismo. Aproximamo-nos constantemente do objecto mas nunca o atingimos, porque para isso seria sem dúvida necessária uma infinidade de propriedades de que grande parte nos escapa.”(...)

[O materialismo] “ingénuo pretende que o conhecimento não passa de uma cópia da realidade”. [Para mim] “é uma reconstituição da realidade pelos conceitos dos sujeitos que, mediante progressivos esforços e toda a espécie de sondagens experimentais, se aproxima do objecto, mas sem nunca o atingir em si mesmo”.

Construtivismo humano. No final dos anos 70 o construtivismo humano teve forte influência na educação em ciências. Fundamentado primeiro na proposta de aprendizagem significativa de Ausubel e continuado por Novak e outros seguidores (Marin, 2003), que apresentaram novas propostas didáticas (como por exemplo os mapas conceptuais e o V de Gowin), teve forte influência no chamado movimento das concepções alternativas que assumiu as suas propostas.

Construtivismo social. Ao longo dos anos 80, o chamado movimento das concepções alternativas vai ganhando adeptos até tomar uma posição hegemónica na Didáctica das Ciências (Marin, 2003). Na educação científica, desenvolve-se a partir deste movimento uma vertente construtivista social (e.g. Scott et al. 1991; Driver et al. 1994; Duit e Treagust, 1998) que apresenta uma natureza pedagógica distinta, mantendo contudo fundamentos epistemológicos e ontológicos similares ao construtivismo radical (Laburú & Arruda, 2002), de inspiração piagetiana, segundo o seu principal representante (von Glasersfeld, 1999). Basicamente os construtivistas sociais defendem que a construção do conhecimento tem uma componente social e não pode ser considerada gerada por um indivíduo, agindo independentemente do seu contexto social.

A posição do construtivismo social perante o conhecimento científico está bem explícita nas palavras de Driver et al. (1999):

*“Defendemos que, na educação em ciências, é importante considerar **que o conhecimento científico é, ao mesmo tempo, simbólico por natureza e socialmente negociado.** Os objectos da ciência não são os fenómenos da natureza, mas construções desenvolvidas pela comunidade científica para interpretar a natureza”* (sublinhado do autor).

A defesa do subjectivismo parece evidente. Mas ao contrário dos construtivistas radicais, como veremos, o subjectivismo é subentendido como sendo colectivo. Daí a importância atribuída às discussões de grupo (Laburú & Arruda, 2002). Marín Martínez et al. (1999) também consideram que não há grandes discrepâncias entre *construtivismos radicais e sociais* pois, embora por caminhos diferentes, chegam às mesmas posições, como, por exemplo, negociar significados através de trabalhos em grupo e destes com o professor.

O construtivismo social é hoje uma forte influência no movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e defende como paradigma de ensino, entre outros, “a aprendizagem pela descoberta guiada” ou “o aluno como cientista principiante” (Campanario e Moya, 1999; Gil-Perez et al., 2002).

Apesar de, segundo alguns autores (p. ex. Martínez, 1999), ser discutível que, a partir dos princípios (epistemológicos) construtivistas, se possam retirar consequências pedagógicas claras e exclusivas, muitas indicações sobre a instrução podem ser encontradas nos documentos dos seus defensores.

Construtivismo radical. Apesar de só ter começado a ser mencionado na literatura que de algum modo foca o construtivismo a partir dos finais dos anos 80 (Gil-Pérez et al., 2002), início dos anos 90, o auto-designado construtivismo radical de Ernst Von Glasersfeld, com a sua peculiar posição epistemológica de corte idealista (Marin, 2003), tornou-se preponderante e com forte influência nos meios educativos (Martinez, 1999).

Para Glasersfeld (1995), esta abordagem do conhecimento e do modo de conhecer “parte do princípio de que o conhecimento, independentemente de como é definido, está nas cabeças de pessoas, e que o sujeito pensante não tem nenhuma alternativa senão construir o que sabe baseando-se na sua própria experiência”. Afirma ainda que todos os tipos de experiências são essencialmente subjectivos, pelo que embora possamos encontrar razões para acreditar que as nossas experiências podem não ser diferentes das dos outros, não temos nenhuma maneira de o saber. “A experiência e a interpretação da linguagem não são excepções”. Nas palavras de Delgado (1999), poderíamos dizer que Glasersfeld transfere para a realidade a “caixa-preta” que os behavioristas colocavam nos processos mentais.

Glasersfeld (1990) formulou os princípios do construtivismo radical precisando a diferença com o *construtivismo trivial*:

- a) O conhecimento não é recebido passivamente mas construído activamente pelo sujeito que conhece;

b) A função da cognição é adaptativa no sentido biológico do termo e serve para a organização do mundo experiencial, não para descoberta de uma realidade ontológica objectiva.

Para von Glaserfeld (1990), a aceitação do primeiro princípio é considerado *construtivismo trivial* (pelos que aceitam os dois princípios), pois é um princípio conhecido e aceite desde Sócrates.

O segundo princípio implica que não só o conhecimento é uma construção da mente, mas também a própria realidade. De acordo com o segundo princípio o conhecimento não tem como propósito a produção de representações de uma realidade ontológica independente, mas somente uma função de adaptação ao meio-ambiente.

Assim, nas palavras de Glaserfeld (1999):

“[S]e o verdadeiro conhecimento consiste em representar um mundo real então não poderá ser alcançado” (p.15). (...) “Piaget foi buscar o conceito de adaptação ao contexto biológico e transformou-o na pedra angular da sua epistemologia genética. Já anteriormente se apercebera de que, o que quer que fosse o conhecimento, ele não era uma cópia da realidade” (p.16).

No construtivismo radical e social, o conceito de verdade é substituído pelo de viável, passando o conhecimento a ser visto como algo que se adapta à experiência e/ou às crenças individuais – para o construtivismo radical – ou de uma colectividade ou grupo – para o construtivismo social – (Laburú et al., 2001). Assumindo tal postura, a educação científica deve resumir-se simplesmente a dar sentido ao mundo e não a estabelecer um entendimento científico válido de um fenómeno natural. A noção de viabilidade pode ser vista como uma forma de pragmatismo, ou seja, tudo aquilo que funciona é verdadeiro e qualquer teoria, sendo viável para o sujeito ou para o seu meio social, tem o seu valor (Laburú & Silva, 2000).

Na opinião de Castañon (2007), Glasersfeld tem todo o direito de defender que acredita que Piaget defendia que os indivíduos não têm acesso a uma realidade

independente das suas próprias mentes, mas afirmar que esta era a posição piagetiana é, no mínimo, um equívoco grave. Com efeito, entre muitas outras referências à realidade, Piaget (1972) considera a epistemologia “como uma teoria da evolução intelectual ou da adaptação do espírito ao real” (p. 37).

O construtivismo sociológico social. O construtivismo sociológico social (ou social radical), frequentemente confundido com a teoria histórico-cultural de Vygotsky, teve origem nos anos 70 quando David Bloor (University of Edinburgh) iniciou o chamado “Programa Forte” em Sociologia do Conhecimento que passou, a partir daí, a ser referida por “Sociologia do Conhecimento Científico”(SSK)³. Outros nomes como Barry Barnes e Bruno Latour estão ligados a este movimento, que defende que os factores sociológicos influenciam todas as crenças. Deste modo, o conteúdo das teorias científicas é determinado por factores sociais e não pela razão ou pela evidência (Bernal, 2006). À partida não parece, portanto, ter nada a ver com o modo como as pessoas aprendem, ou como funciona a mente, mas sim com sociologia do conhecimento. De notar que não diz simplesmente que os factores sociais afectam a orientação da pesquisa científica e o desenvolvimento das ciências, afirmação com que todos poderão concordar pois é evidente (Bernal, 2006). Basta lembrar a importância que a II Guerra Mundial teve no desenvolvimento dos conhecimentos sobre a física atómica. Mas o construtivismo social é muito mais radical; trata-se de defender que as leis da Física são meras convenções sociais (Sokal & Bricmont, 1999).

O “Programa Forte” surge como reacção a uma visão da sociologia que apenas poderia explicar a origem das falsas (ou fracassadas) teorias científicas recorrendo aos enviesamentos ou preconceitos dos pesquisadores, assim como aos interesses políticos ou económicos encobertos. Nesta perspectiva as teorias científicas, “verdadeiras” ou “falsas”, devem ser encaradas da mesma maneira (simetricamente), pois todas têm origem em determinados contextos culturais e são determinadas por factores e condições sociais.

³ Sociology of Scientific Knowledge (SSK)

O construtivismo sociológico social não teve origem na psicologia cognitiva, mas na sociologia do conhecimento, sendo frequentemente associado a Thomas Kuhn (2004), precursor do pós-modernismo, e à sua explicação histórica das teorias científicas (Borrón, 1988).

A posição epistemológica tradicional afirma que a produção da pesquisa pode ser explicada em termos do ambiente sócio-cultural em que a pesquisa se dá, mas a sua validação é determinada por critérios lógicos e empíricos que em nada dependem do contexto social. Em resumo, para o Construtivismo Social, a ciência não é um modo de produção de conhecimento superior aos outros (Castañon, 2007).

O construtivismo sócio-cultural ou teoria histórico-cultural. Na pesquisa em educação em ciências, tem havido nos últimos anos um aumento gradual da influência da teoria sócio-histórica (ou sócio-cultural) iniciada por Lev S. Vygotsky (1896-1934). Para Vygotsky (1995:74), a educação é uma poderosa força de orientação da evolução da criança em idade escolar, que determinará o destino de todo o seu desenvolvimento mental. O trabalho de Vygotsky centra-se por isso na demonstração do carácter histórico e social da mente humana e na possibilidade e no modo como poderemos intervir no seu desenvolvimento.

Não sendo fácil num trabalho deste género resumir a extraordinária obra de Vygotsky, apesar da sua curta vida (morreu de tuberculose aos 37 anos), citamos para o efeito um texto da Unesco de 1994⁴:

“Se fosse necessário definir o carácter específico da teoria de Vygotsky mediante uma série de palavras-chave, seria preciso que fossem mencionadas ao menos as seguintes: sociabilidade do homem, interacção social, signo e instrumento, cultura, história e funções mentais superiores. E, se fosse necessário organizar essas palavras numa única expressão, poderíamos dizer que a teoria de Vygotsky é uma "teoria sócio-histórico-cultural do desenvolvimento das funções mentais superiores", ainda que ela seja mais conhecida com o nome de "teoria histórico-cultural".

⁴ UNESCO: Oficina Internacional de Educación, vol. XXIV, nos 3-4, 1994, págs. 773-799.

A teoria sócio-histórica concebe o desenvolvimento pessoal como uma construção cultural, sendo a relação entre pensamento e linguagem um dos seus aspectos mais importantes (Vygotsky, 1995):

“O desenvolvimento do pensamento é determinado pela linguagem, isto é, pelos instrumentos linguísticos do pensamento e pela experiência sócio-cultural da criança. Basicamente, o desenvolvimento da lógica na criança, como os estudos de Piaget demonstraram, é uma função directa do seu discurso socializado. O crescimento intelectual da criança depende do seu domínio dos meios sociais de pensamento, ou seja, da linguagem”.

(...) “O pensamento verbal não é uma forma natural de comportamento, inata, mas é determinado pelo processo histórico-cultural e tem propriedades e leis específicas que não podem ser encontradas nas formas naturais do pensamento e do discurso” (p. 44).

Uma das ideias-chave de Vygotsky (1995) é a que relaciona a escola, o ensino formal e sistemático, guiado por adultos, com o desenvolvimento das potencialidades intelectuais do ser humano:

“No desenvolvimento das crianças (...) a imitação e a aprendizagem desempenham um papel importante. Põem em evidência as qualidades especificamente humanas do cérebro e conduzem a criança a atingir novos níveis de desenvolvimento. A imitação é indispensável para se aprender a falar, assim como para se aprender as matérias escolares. A criança fará amanhã sozinha aquilo que hoje é capaz de fazer em cooperação. Por conseguinte, o único tipo correcto de pedagogia é aquele que segue em avanço relativamente ao desenvolvimento e o guia; deve ter por objectivo não as funções maduras, mas as funções em vias de maturação” (p. 89).

Vygotsky (1995) desenvolveu e operacionalizou esta perspectiva através do que designou por “zona de desenvolvimento proximal” (ZDP):

“A discrepância entre a idade mental real de uma criança e o nível que atinge quando resolve problemas com auxílio indica a zona do seu desenvolvimento proximal”.

(...) Durante um certo período as nossas escolas favoreceram o sistema “complexo” de instrução que se julgava encontrar-se adaptado à maneira de pensar das crianças. Ao pôr as crianças perante problemas que estas conseguiam resolver sem ajuda, este método não conseguia utilizar a zona de desenvolvimento proximal e dirigir a criança no sentido do que ainda não conseguia levar a cabo. A educação seria orientada mais para as fraquezas da criança do que para os seus pontos fortes, encorajando-a assim a permanecer no estádio de desenvolvimento pré-escolar” (p.89).

As matérias de ensino e o momento em que são estudadas também têm o seu papel no desenvolvimento dos alunos:

(...)”Para cada matéria de ensino há um período em que a sua influência é mais proveitosa, porque a criança se encontra mais receptiva. Montessori e outros educadores chamaram-lhe o período sensitivo, termo que é usado também em biologia para os períodos de desenvolvimento ontogénico em que o organismo é particularmente sensível a determinado tipo de influências. Durante esse período, uma influência que antes ou depois pouco efeito teria pode alterar radicalmente a evolução do desenvolvimento. Mas a existência de um tempo óptimo para o ensino de determinado assunto não pode ser explicada em termos puramente biológicos, pelo menos no que toca a processos tão complexos como a linguagem escrita. As nossas investigações demonstraram a natureza social e cultural do desenvolvimento das funções superiores durante este período, isto é, a sua dependência relativamente à cooperação com os adultos e ao ensino que estes ministram” (p.90).

Vygotsky, nas palavras de Cole & Scribner (1998), faz uma crítica ao behaviorismo – que considera inadequado para explicar os fenómenos psicológicos complexos (pensamento, linguagem e comportamento volitivo) – e ao mesmo tempo às teorias que defendem que as funções intelectuais dos adultos resultam unicamente da maturação, numa alusão a Piaget. De realçar que Piaget (1983) não nega a influência do social. Apenas considera que o seu papel se limita a acelerar ou a retardar a “maturação biológica”. Vygotsky enfatiza as origens sociais da linguagem e do pensamento e “foi o primeiro psicólogo moderno a sugerir os mecanismos pelos quais a cultura se torna parte da natureza de uma pessoa” (Cole & Scribner 1998:7). Se considerarmos, de acordo com os estudos a nível das neurociências⁵, que quem aprende a ler em adulto não utiliza a mesma parte do cérebro que a criança para o mesmo efeito, teremos de considerar que Vygotsky foi um visionário. Nesta perspectiva podemos considerar que a aprendizagem das ciências não é um mero processo de “enculturação”, como defendem os construtivistas sociais (e. g. Driver et al., 1994); trata-se antes de um desenvolvimento de funções psicológicas.

⁵ Ver, por exemplo, “*O cérebro analfabeto: a influência do conhecimento das regras da leitura e da escrita na função cerebral*”, da autoria do Prof. Alexandre Castro Caldas e onde ele “põe em evidência o *handicap* daqueles que não tiveram oportunidade de frequentar a escola na idade própria” De facto, “as modernas técnicas de imagiologia demonstraram que os não escolarizados utilizavam, em cada experiência, o cérebro de forma diferente daqueles que tinham oportunidade de aprender”.

2.4 CRÍTICAS AO CONSTRUTIVISMO

Segundo Matthews (2000), se os investigadores e os professores se limitarem a entender, e se absterem de julgar ou avaliar, então a possibilidade de a teoria construtivista levar ao conhecimento fica seriamente comprometida. Um pressuposto fundamental, largamente disseminado pelo movimento construtivista da educação científica, é o baseado na ideia do "aprendiz construtor do seu próprio conhecimento" (Driver 1989), que vem para a sala de aula com esquemas de pensamento e crenças preexistentes.

Para El-Hani & Bizzo (2002), a ideia de que o conhecimento é uma construção activa do sujeito tem levado, por vezes, a posições controversas como o subjectivismo, o cepticismo e o solipsismo (a existência limita-se ao sujeito cognoscente). Se o papel da educação em ciências é o de aproximar melhor e o mais eficientemente possível o discurso individual do discurso dos cientistas (Laburú & Arruda, 2002), então crença e conhecimento não podem ter o mesmo significado como sucede em muitos relatórios de pesquisa construtivista (Matthews, 2000). Muitas críticas ao construtivismo identificam a parte (em geral o pensamento de von Glasersfeld) pelo todo (Gil-Perez et al. 2002), dando-lhe uma perspectiva pouco consistente e fundamentada. É pois importante que fique claro quais são os compromissos epistemológicos e ontológicos do construtivismo que invocamos. E qual a relação entre esses compromissos e a prática de sala de aula.

Em Portugal nomes prestigiados na área da Matemática (e.g. Nuno Crato, 2006 e Jorge Buescu e da Física (e.g. Carlos Fiolhais) têm-se destacado na crítica de algumas posições construtivistas que responsabilizam pelo "estado catastrófico do ensino" (Buescu, 2007). Como resultado, ideias apenas defendidas por correntes mais radicais são tomadas como representativas do construtivismo em geral, encorajando algumas críticas fáceis ao "construtivismo" a ponto de poder ser considerado uma "corrente pedagógica de inspiração pós-moderna e romântica" (Crato, 2006:12). Podemos dizer que o construtivismo radical, dominante no discurso educativo, "descrê da objectividade, da capacidade de apreender a realidade e da possibilidade de o conhecimento científico chegar a conclusões, ainda que questionáveis e possivelmente provisórias. Aí se encontra a raiz do

desprezo pelos conteúdos científicos e processos cognitivos, a par da arrogância construtivista que imagina os alunos capazes de criticar e construir conhecimento a partir do nada” (p.13). Crato (2006) distingue entre o construtivismo social, a que chama ingénuo, e o construtivismo radical:

“O construtivismo ingénuo vê a criança a recapitular uma sequência de fases de desenvolvimento da humanidade e da ciência. Insiste então de forma dogmática na ideia de ser o aluno a construir ele próprio o conhecimento e a redescobrir a matemática e as ciências” (p.90).

(...) “O construtivismo radical vai epistemologicamente mais longe do que o construtivismo ingénuo: defende que todo o conhecimento, mesmo o científico, é uma construção social essencialmente arbitrária, pelo que menospreza as referências científicas e académicas, concluindo que o ponto de chegada é pouco importante” (p.91).

Mas, mesmo para alguns críticos, o construtivismo tem tido um papel positivo no ensino das ciências e da matemática, ao alertar os professores para o papel dos conhecimentos prévios na aquisição de novos conceitos, ao realçar a importância da compreensão profunda e funcional⁶ dos assuntos e ao promover a necessidade do empenhamento activo dos alunos no processo de aprendizagem. O construtivismo tornou ainda os professores cientes da dimensão humana da ciência: da sua falibilidade, da sua ligação à cultura e aos interesses sociais, do lugar da convenção nas teorias científicas, da historicidade dos conceitos, dos complexos procedimentos de avaliação das teorias e muito mais (Matthews, 2000).

2.5. TRABALHO COLABORATIVO

Para Vygotsky (1998), a “internalização” (reconstrução interna de uma operação externa) das actividades socialmente enraizadas e historicamente desenvolvidas constitui o aspecto característico da psicologia humana. Segundo Vygotsky, Piaget e outros demonstraram, “antes que o raciocínio ocorra como uma actividade

⁶ Por compreensão funcional entende-se a capacidade de aplicar o que foi aprendido num contexto a outro.

interna, ele é elaborado, num grupo de crianças, como uma discussão que tem por objectivo provar o ponto de vista de cada uma”. (...) “Um aspecto essencial da aprendizagem é o facto de ele criar a ‘zona de desenvolvimento proximal’; ou seja, a aprendizagem desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas no seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros. Uma vez ‘internalizados’, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança” (p.101).

Várias pesquisas demonstram que os alunos aprendem melhor quando estão activamente envolvidos e, independentemente do assunto, quando trabalham em pequenos grupos tendem a aprender mais e a reter mais facilmente do que noutras situações de aprendizagem. Além disso, o trabalho colaborativo parece ser mais apelativo e gratificante.

Para Johnson & Johnson (1985), os efeitos positivos obtidos através da aprendizagem cooperativa/colaborativa ultrapassam bastante os ganhos imediatos em termos das aprendizagens científicas assim conseguidas. Competências a nível de comunicação e de colaboração com os outros, capacidade de liderança e de trabalhar em equipa, capacidades cada vez mais valorizadas em todas as organizações e empresas modernas, são também melhoradas.

Na literatura são várias as designações dadas às formas de ensino que partem da organização dos alunos em grupos: aprendizagem cooperativa, aprendizagem colaborativa, comunidades de aprendizagem, etc. Diferentes são também as sugestões sobre as formas de organização dos grupos, seja no número de elementos seja na forma de escolher os componentes de cada grupo.

Neste estudo os alunos trabalharam em grupos de dois (pares), tendo sido respeitada a constituição que funcionava nas aulas práticas desde o início do ano lectivo. De um modo geral os grupos formaram-se pois por iniciativa dos seus elementos, dado que não houve qualquer regra que tenha sido imposta da parte dos professores, exceptuando o número de elementos de cada grupo.

Embora não haja um consenso generalizado sobre o significado dos termos colaborativo e cooperativo, o primeiro é mais geralmente utilizado quando não há

divisão na execução de tarefas, recorrendo-se à discussão e negociação na concretização do objectivo comum. O termo cooperativo está mais conotado com situações em que são desenvolvidas tarefas diferentes na consecução de um objectivo comum. Aceitando esta divisão, classificaremos as actividades desenvolvidas pelos grupos neste estudo como sendo colaborativas.

2.6. O COMPUTADOR COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM

O ritmo extraordinário com que as tecnologias de informação e comunicação (TIC) irromperam em todas as esferas económicas, sociais e individuais não permitiu que a escola ficasse indiferente às enormes potencialidades que o uso dos computadores comporta. Ultrapassada a ideia de que os computadores nunca seriam acessíveis à maioria da população, estão hoje criadas as condições para que as tecnologias de informação e comunicação exerçam uma influência cada vez maior na educação em ciências e tecnologia, não só na melhoria das aprendizagens mas também como ferramenta de auxílio de alunos e professores.

Actualmente é reconhecido que “o computador oferece (...) várias possibilidades para ajudar a resolver os problemas de insucesso das ciências em geral e da Física em particular” (Fiolhais & Trindade, 2003). Também Veit & Teodoro (2002) salientam a necessidade da integração do computador no processo de aprendizagem, particularmente como ferramenta de modelação e simulação.

Para Vygotsky (1998), o uso de instrumentos e a fala humana são duas formas fundamentais, culturais do comportamento humano, comparando o uso de signos no campo psicológico, com o uso de instrumentos.

“O signo age como um instrumento da actividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento no trabalho. Mas essa analogia, como qualquer outra, não implica uma identidade desses conceitos similares. Não devemos esperar encontrar muitas semelhanças entre os instrumentos e aqueles meios de adaptação a que chamamos signos. E, mais ainda, além dos aspectos similares e comuns partilhados pelos dois tipos de actividade, vemos diferenças fundamentais” (p.59,60).

É arriscado tirar conclusões das afirmações de Vygotsky sobre os instrumentos, dado que o seu trabalho está histórica e socialmente datado. O computador é um instrumento sem dúvida, mas é um instrumento diferente de todos os outros que as pessoas do seu tempo conheciam. Basta pensar que muitos estudos actuais sobre o cérebro humano usam modelos computacionais sobre o modo como os computadores podem “aprender” e “pensar” na resolução de problemas (Osborne & Hennessy, 2003); e que Gardner (2002) acredita que “o destino da ciência cognitiva está intimamente ligado ao destino do computador” (p.508). De qualquer modo todas as referências de Vygotsky aos instrumentos mostram que ele os considerava elementos fundamentais no desenvolvimento e no funcionamento da mente humana.

“O uso de meios artificiais – a transição para a actividade mediada - muda, fundamentalmente, todas as operações psicológicas, assim como o uso de instrumentos amplia de forma ilimitada a gama de actividades em cujo interior as novas funções psicológicas podem operar. Nesse contexto, podemos usar o termo função psicológica superior, ou comportamento superior com referência à combinação entre o instrumento e o signo na actividade psicológica” (p.62).

O uso inicial do computador na educação enfatizava a tecnologia como uma alternativa para a transferência de informação e ensino dos alunos. Os estudantes aprendiam *a partir* dos computadores e não *com* os computadores (Jonassen et al., 1998). Embora isso ainda seja uma prática comum, aplicações mais recentes permitem que os computadores sejam cada vez mais usados como “ferramentas da mente” ou “ferramentas cognitivas” (“mindtools”) para interpretar e organizar o conhecimento.

No ensino da física, particularmente na electricidade, os computadores têm sido utilizados de forma muito diversificada. Praticamente todo o trabalho laboratorial de electricidade/electrónica pode e deve ser acompanhado com o computador, nomeadamente para aquisição, recolha e tratamento de dados de experiências, para simulação de circuitos e para obtenção de informação (todos os catálogos de componentes e manuais dos equipamentos mais comuns podem ser encontrados na Internet). Os alunos também podem (e devem) usar o computador e software de

utilização geral para realizar relatórios dos trabalhos práticos (processamento de texto) e guardar e tratar os dados recolhidos (base de dados, folha de cálculo, etc.).

As simulações (laboratório virtual) interactivas permitem aos estudantes testar rapidamente qualquer circuito eléctrico, poupando tempo ao professor e aos alunos. Permitem também a realização de experiências que poderiam ser eventualmente perigosas ou excessivamente caras se realizadas num laboratório real, etc. Por laboratório virtual deve entender-se o recurso a programas de simulação de circuitos eléctricos – como, por exemplo, o Electronics Workbench, Pspice, Crocodile Technology, Circuit Maker, etc.⁷ — e/ou objectos de aprendizagem como *applets* Java. Uma referência especial deve ser feita ao uso destes *applets* Java sobre circuitos eléctricos e outros temas da física, dado o seu elevado grau de interactividade e pelo facto de existirem muitos na Internet. Os *applets* são pequenos programas escritos em linguagem Java e desenvolvidos para poderem ser embebidos em ficheiros HTML (páginas Web), sendo executados pelo próprio browser quando se visita a página onde estão contidos.

Programas específicos, multimédia e hipermédia, são também utilizados para modelação de fenómenos eléctricos, permitindo “ver” o invisível e favorecendo a criação de modelos mentais próximos dos modelos conceptuais usados na ciência. A realidade é sempre muito mais complexa do que os modelos e as simulações, pelo que também há algumas limitações e mesmo alguns inconvenientes na sua utilização. Qualquer modelo ou simulação é sempre uma idealização da realidade. Um exemplo simples: as resistências reais não têm nunca um valor exacto. Cabe ao professor consciencializar os alunos deste e doutros factos. Destrezas e aptidões na manipulação de equipamento só podem naturalmente adquirir-se em experiências reais, pelo que estas serão sempre imprescindíveis.

A melhoria dos resultados das nossas escolas passa pois pelo recurso às tecnologias de informação e comunicação, hoje presentes em quase todas as actividades humanas, desde a investigação científica às actividades de lazer, mas também por novos modelos de ensino que as integrem de modo fundamentado.

⁷ Programas sugeridos nas orientações curriculares do Ministério da Educação.

2.7 CONCLUSÃO

O ensino só se concretiza quando redonda em aprendizagem. Se, de acordo com a concepção construtivista, aprendemos quando somos capazes de elaborar uma representação pessoal sobre um objecto da realidade ou conteúdo que pretendemos aprender (Coll & Solé, 2001), então, para construir um conhecimento científico os alunos devem ter oportunidade de articular e debater as suas ideias, testá-las através da experimentação em laboratório real ou virtual e integrá-las num sistema lógico e coerente.

Para poder ensinar com competência uma disciplina científica é fundamental que um professor domine não só o conteúdo que lhe cabe ensinar e os métodos didácticos associados a essas matérias, mas que tenha uma visão sobre o papel social da ciência e a origem do conhecimento científico, da forma como é validado e, naturalmente, sobre a relação entre conhecimento e realidade. Com efeito, só assim o professor poderá optar de forma consciente por uma teoria específica de ensino/aprendizagem, que tem sempre como pano de fundo um conjunto de pressupostos, entre os quais, por exemplo, uma visão da natureza do conhecimento humano e de como esse conhecimento é adquirido, aperfeiçoado e aprendido por cada geração. Particularmente, em relação à educação científica, interesse principal da nossa reflexão, acreditamos que estas questões deveriam fazer parte das preocupações dos professores, pois consciente ou inconscientemente todas as práticas de ensino de ciências reflectem uma postura epistemológica, entre outras coisas (Désautels & Larochelle, 1997), sobre a forma como o conhecimento é apreendido (Laburú & Silva 2000).

Pessoalmente, consideramos que uma das principais características do conhecimento científico é que ele pode ser partilhado por uma comunidade. Nesse sentido, todo o conhecimento é social e passível de teste por um método qualquer, pelo que todos podem chegar às mesmas conclusões. Até porque “somos todos tão parecidos uns com os outros no que respeita à nossa essência biológica, que acabamos por construir em relação ao mesmo objecto padrões neurais extremamente parecidos” (Damásio, 2003).

CAPÍTULO 3 – REVISÃO DA LITERATURA – II

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E MUDANÇA CONCEPTUAL

3.1 INTRODUÇÃO

Segundo Susan Carey (2000), a última grande iniciativa nacional (Estados Unidos) de melhorar o ensino da matemática e das ciências naturais e experimentais foi feita nos anos 60, em resposta ao lançamento do Sputnik pela União Soviética. Proeminentes matemáticos e cientistas juntaram nessa altura os seus esforços aos dos professores para criar currículos inovadores e estudar as condições óptimas para o seu desenvolvimento e implementação. No entanto, apesar desse enorme esforço, o ensino da matemática e das ciências está agora em crise nesse e noutros países (ver Martinez & Díaz, 2005), à semelhança do que acontece no nosso.

Este fracasso da aprendizagem das ciências experimentais e da matemática tem sido, nas últimas décadas, a preocupação fundamental da maioria dos investigadores e professores da área das ciências, a ponto de ser hoje assunto conhecido e debatido nos *media*. Para Campanario e Otero (2000) parte da responsabilidade desse fracasso é dos alunos, parte é dos professores e, seguramente, outra parte é do contexto escolar e da própria sociedade.

Como já referimos, nos anos 70 o ensino das ciências foi fortemente influenciado pela obra de Piaget. Alguma insatisfação com a teoria, mas também questões didáticas e factores psicológicos, segundo Moreira & Greca (2003), levou no entanto a que os investigadores se tenham orientado progressivamente para o estudo das ideias dos alunos (pré-concepções, concepções alternativas...) sobre fenómenos científicos específicos. Como exemplo desta mudança de foco das pesquisas estes autores apresentam as teses de doutoramento de Rosalind Driver⁸ [1973] e L. Viennot [1979]. Nos anos 80 (“década da mudança”) foram levados a cabo muitos estudos que permitiram fazer o levantamento de muitas concepções

⁸ Driver, Rosalind Pope (1973) – Representation of conceptual frameworks in young adolescent science students Unpublished PhD thesis, the University of Illinois at Urbana- Champaign, USA.

alternativas e salientar o seu peso nas aprendizagens em várias áreas do conhecimento – estudos esses considerados fundamentais para o desenvolvimento da investigação neste campo e que permitiram classificar esse período como um dos mais ricos da didáctica das ciências. Essa investigação parece pois ter confirmado o que David P. Ausubel tinha afirmado uns anos antes: “O factor isolado mais importante na aprendizagem é o que o aluno já sabe. Averigúe-se isso e ensine-se em conformidade” (citado por Moreira & Greca, 2003). Para Carey (2000), a barreira principal que impede a aprendizagem pelos alunos das matérias curriculares “esmeradamente desenvolvidas” não consiste no que eles não sabem, mas nos esquemas conceptuais alternativos que desenvolveram para entender os fenómenos abrangidos pelas teorias que lhes tentamos ensinar. Muitas vezes esses esquemas conceptuais funcionam bem para crianças e para as suas necessidades explicativas, pelo que o problema que temos de enfrentar é o da tentativa de modificar teorias e conceitos errados.

Qual a origem das ideias alternativas?; como se relacionam os conhecimentos científicos com os conhecimentos prévios?; qual ou quais as razões da persistência das ideias alternativas?; como se dá a mudança ou a substituição conceptual? Estas foram algumas das questões a que a investigação tentou responder.

Nesta linha, e na tentativa de melhorar o ensino, a investigação passou a ter também como objectivo a procura de estratégias e actividades de ensino que promovam a mudança ou evolução das concepções alternativas dos alunos, no sentido das ideias científicas, mas também evitar que o próprio ensino gere novas concepções erradas ou reforce as que os alunos já possuem.

Entendida de formas diferentes consoante o referencial psicológico, sociológico ou epistemológico, esta questão tem sido conceptualizada de formas muito diferentes e alvo de práticas distintas (Marín, 1999). No entanto, de um modo geral, e independentemente do referencial teórico, os trabalhos de investigação empírica que têm como objectivo provocar a mudança conceptual, de que é exemplo este trabalho, têm mostrado que esta não é fácil de obter, mesmo através de estratégias directamente orientadas para esse efeito.

3.2 O PROBLEMA DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

3.2.1 UM PROBLEMA DE DESIGNAÇÃO

É hoje consensual que os alunos em geral experimentam grandes dificuldades conceptuais a nível qualitativo, além do desafio que a aprendizagem dos conceitos quantitativos representa (Clement, 1993). A inventariação dos erros cometidos pelos alunos mostra, contudo, que eles não são aleatórios, pois apresentam um padrão bem definido e são transversais a vários níveis de ensino e culturas (Driver et al., 1999). Este facto levou os investigadores a concluir que a maioria dos alunos, antes de iniciar na escola o estudo sistemático das ciências naturais, já possui explicações intuitivas, espontâneas ou recebidas do seu meio social e cultural, sobre o mundo físico que os rodeia (Vosniadou & Brewer, 1994). Estas ideias são muito diferentes, na estrutura e conteúdo, das teorias estudadas na escola, sendo referidas na literatura com várias designações cujos significados não são totalmente coincidentes: pré-concepções, ideias intuitivas ou espontâneas, crenças ingénuas, falsas concepções ou juízos falsos, concepções alternativas, etc. De notar que a opção por determinado termo pode reflectir posições teóricas diferentes dentro do campo de pesquisa.

Sob o ponto de vista das estratégias educativas é usado o termo pré-concepções para significar concepções que o estudante possui numa área antes da instrução. De realçar que nem todas as pré-concepções são falsas concepções (Clement, 1993).

A designação “concepções alternativas” é usada para referir concepções que estão em desacordo com as teorias científicas correntemente aceites e que são, portanto, ensinadas nas escolas. A classificação das “concepções alternativas” como falsas concepções tem sido objecto de algumas polémicas, pois há quem defenda que elas são respostas bem sucedidas (adaptações) a situações vivenciadas. Por outro lado, o termo “alternativa” pode ser interpretado como querendo significar que todas as ideias são igualmente úteis em todos os contextos (estão certas), o que não é verdade. É o caso, bastante actual, de crenças ingénuas sobre a transmissão de algumas doenças, por exemplo (Clement, 1993). Estas pré-concepções interferem

com as aprendizagens, pelo que o ensino formal deverá facilitar e possibilitar a mudança destas (falsas) concepções.

Por *mudança das concepções alternativas* ou *mudança conceptual* entende-se a ultrapassagem, de algum modo, das concepções alternativas; pode portanto significar *modificar o domínio de aplicação, substituir, modificar e melhorar, ou suprimir* a concepção, dependendo do que for mais apropriado (Clement, 1993; grifo no original). Muitos estudos mostram, contudo, a dificuldade dos alunos ultrapassarem as suas concepções alternativas (e.g. Vosniadou, 1994), a ponto de se questionar a própria concepção de mudança conceptual, se entendida como ultrapassagem definitiva das concepções anteriores. De facto, verifica-se que muitos alunos resistem à mudança das suas concepções alternativas sobre os fenómenos científicos estudados (Chinn & Brewer, 1993) mesmo após vários anos de aprendizagem das ciências.

A expressão *ensino/aprendizagem por mudança conceptual* designa o tipo de ensino/aprendizagem requerido quando os novos conteúdos que se pretendem ensinar entram em conflito com o conhecimento anterior, adquirido a partir da experiência do dia-a-dia (Vosniadou, 1994). Nesta situação, a abordagem construtivista do ensino defende que é requerida uma importante reorganização das pré-concepções. Exemplos clássicos destas pré-concepções e alvo de variados estudos são a queda dos graves, a reacção do apoio (conceito de força como propriedade dos corpos), a necessidade da resultante das forças ser nula para a existência de movimento uniforme, etc. Neste estudo analisaremos as pré-concepções mais comuns no campo dos fenómenos eléctricos.

3.2.2 VYGOTSKY E OS CONCEITOS CIENTÍFICOS

Tanto para Piaget como para Vygotsky, os conceitos espontâneos (não conscientes) são resultado da história individual do aluno e obtidos por abstracção fundada na indução (Panofsky et al., 1996). Mas se Piaget presumia a aprendizagem e o desenvolvimento como processos totalmente separados, Vygotsky entendia “a educação como o desenvolvimento artificial da criança” (...).

“A educação não se limita somente a exercer uma influência nos processos de desenvolvimento, já que reestrutura de modo fundamental todas as funções do comportamento”⁹. Partilhando da concepção marxista de que o homem é produto das relações sociais, Vygotsky considerou a aprendizagem escolar, formal e sistemática, como formadora dos processos psicológicos superiores (atenção voluntária, memória lógica e voluntária, abstracção...) e fundamental na aquisição de conceitos científicos:

“Embora os conceitos não sejam absorvidos já completamente formados, a instrução e a aprendizagem desempenham um papel predominante na sua aquisição. Descobrir a relação complexa entre a instrução e o desenvolvimento dos conceitos científicos é uma importante tarefa prática” (Vygotsky, 1995: 75).

Com a instrução escolar, a consciência reflexiva e o controlo volitivo adquirem um papel de destaque no processo de desenvolvimento:

“A instrução escolar induz o tipo de percepção ‘generalizante’, desempenhando assim um papel decisivo na consciencialização do processo mental por parte da criança. Os conceitos científicos, com o seu sistema hierárquico de inter-relações, parecem ser o meio em que primeiro se desenvolvem a consciência e o domínio do objecto, sendo mais tarde transmitidos para outros conceitos e outras áreas do pensamento. A consciência reflexiva chega à criança através dos portais dos conceitos científicos” (Vygotsky, 1995: 79).

De acordo com Vygotsky (1995), o que distingue os conceitos espontâneos dos científicos é a ausência de um sistema. Os conceitos científicos são organizados num conjunto de relações consistentes e sistemáticas:

“Nos conceitos científicos que a criança adquire na escola, a relação entre esse conceitos e cada objecto é logo de início mediada por algum outro conceito. Assim, a própria noção de conceito científico implica uma certa posição relativamente aos outros conceitos, isto é, um lugar num sistema de conceitos. Defendemos que os rudimentos da sistematização começam por entrar no espírito da criança através do contacto que esta estabelece com os conceitos científicos, sendo depois transferidos para os conceitos quotidianos, alterando toda a sua estrutura psicológica de cima até baixo” (p. 80).

⁹ Perspectivas: revista trimestral de educación comparada (París, UNESCO: Oficina Internacional de Educación), vol. XXIV, nos 3-4, 1994, págs. 773-799.

Numa curiosa analogia, Vygotsky (1995) compara a influência dos conceitos científicos sobre o desenvolvimento mental da criança com o efeito resultante da aprendizagem de uma língua estrangeira, em virtude do processo ser consciente e deliberado desde o início. Enquanto na língua materna os aspectos mais primitivos da linguagem são adquiridos antes dos mais complexos, com uma língua estrangeira as formas superiores – sintáticas e gramaticais – desenvolvem-se antes do discurso espontâneo e fluente. A aprendizagem dos conceitos científicos passa por um processo semelhante:

“[A criança] possui o conceito (isto é, conhece o objecto a que o conceito se refere), mas não tem consciência do seu acto de pensamento. No seu desenvolvimento, o conceito científico, em contrapartida, começa usualmente pela sua definição verbal sendo logo de início utilizado em operações não espontâneas – quer dizer, logo de início se começa a operar com o próprio conceito, que começa a sua vida no cérebro da criança a um nível que os conceitos espontâneos só atingem mais tarde” (Vygotsky, 1995: 93).

Para Vygotsky (1995) a relação entre conceitos espontâneos e científicos é apenas um caso particular da relação entre a aprendizagem formal e o desenvolvimento mental da criança. No início da aprendizagem a vantagem da familiaridade pesa totalmente a favor dos conceitos quotidianos. Mas a ajuda do adulto [professor] poderá permitir à criança resolver problemas científicos mais cedo do que os problemas da vida quotidiana. Para isso o professor deverá trabalhar com a criança sobre o assunto em causa (Vygotsky, 1995). À medida que vai evoluindo na aprendizagem “a criança não é obrigada a reestruturar separadamente todos os seus anteriores conceitos, coisa que seria realmente um trabalho de Sísifo. Logo que uma nova estrutura é incorporada no seu pensamento – geralmente através de conceitos aprendidos na escola – essa estrutura espalha-se imediatamente pelos outros conceitos à medida que estes são arrastados para as operações intelectuais de tipo mais elevado” (p. 99).

3.3 ENSINO POR MUDANÇA CONCEPTUAL

3.3.1 O SIGNIFICADO DE MUDANÇA CONCEPTUAL

Esses estudos sobre as ideias prévias dos alunos e sobre a mudança conceptual (ver, por exemplo, Pfundt & Duit, 2004) representam uma linha de investigação na educação em ciências particularmente fértil nos anos 80 e 90 do século passado (século XX). A partir dessas investigações sabemos hoje que a maioria dos alunos possui um conjunto diversificado de ideias prévias ou concepções alternativas sobre os conteúdos científicos que quase sempre estão erradas, sendo reconhecido, quase unanimemente, que essas ideias prévias devem ser tomadas em linha de conta como condição necessária – embora não suficiente – para uma aprendizagem significativa das ciências (Campanario e Otero, 2000).

Assim, graças à produção teórica conseguida através dessas investigações, dispomos hoje também de descrições detalhadas sobre as concepções dos alunos antes do estudo formal de muitos conceitos. Nessa base, de forma a empenhar intelectualmente, de forma construtivista, os estudantes e os professores com a física que uns estão a aprender e outros a ensinar, elaboraram-se várias estratégias de ensino e abordagens alternativas para avaliação do resultado das aprendizagens (Gunstone, 2005).

À pergunta “porque não se chama a aprendizagem por ‘mudança conceptual’ apenas aprendizagem”, Vosniadou & Verschaffel (2004) respondem que é importante distinguir mudança conceptual de outros tipos de aprendizagem, porque aquela requer outros processos. Muita aprendizagem é aditiva e envolve um enriquecimento do conhecimento anterior.

O processo de ensino por mudança conceptual pode ser abordado através de várias perspectivas teóricas – Piagetiana, Vygotskiana ou outra – mas em geral envolve sempre (Davis, 2001):

- (1) O levantamento das pré-concepções dos estudantes sobre um tema particular ou fenómeno e,

-
- (2) O uso de um ou mais métodos ou técnicas específicas para ajudar os estudantes a mudar a sua estrutura conceptual, aproximando-a da aceite pela ciência.

À medida que a abordagem construtivista foi ganhando popularidade, novas exigências foram sendo feitas aos professores, pelo que o seu papel foi também mudando. Por isso o conceito de mudança conceptual é hoje também aplicado ao desenvolvimento profissional de professores e à forma como encaram o ensino. Não se trata apenas dos professores aprenderem novas estratégias de ensino, mas também da necessidade de reconceptualizarem ou mudarem a sua concepção sobre o que significa ensinar. Esta mudança implica uma nova concepção do papel do professor, que mais do que transmitir conhecimentos deve guiar o aluno na ultrapassagem das dificuldades conceptuais (e.g. White and Gunstone, 1998).

3.3.2 ESTRATÉGIAS DE PROMOÇÃO DA MUDANÇA

São várias as estratégias pedagógicas por mudança ou evolução conceptual relatadas na literatura. A responsabilidade da escolha de uma em particular cabe, em última análise, ao professor. Scott, Asoko & Driver (1992), um grupo de investigadores da Universidade de Leeds, sugerem que as decisões pedagógicas devem ser feitas em três níveis:

- (1) criação de um ambiente de aprendizagem favorável à mudança conceptual, fomentando oportunidades de discussão e reflexão de pontos de vista e argumentos alternativos,
- (2) selecção das estratégias de ensino (no sentido de planos globais que orientem as sequências no ensino de um tópico particular) e
- (3) escolha das tarefas de aprendizagens específicas relativas ao assunto em questão, de modo a que se enquadrem nas estratégias escolhidas.

Na escolha das estratégias de aprendizagem mais adequadas quatro factores devem ser tidos em consideração (resumidamente):

1. As pré-concepções e concepções alternativas dos alunos sobre o assunto em estudo (grande parte amplamente documentadas na literatura);
2. A natureza dos resultados pretendidos com a aprendizagem;
3. Uma análise das exigências intelectuais para alunos envolvidos no processo de desenvolvimento ou alteração das suas concepções;
4. Uma análise das estratégias de ensino que possam ser usadas para ajudar os alunos a mudar as suas perspectivas para outras aceites pela ciência.

Nesta perspectiva podemos dividir as estratégias para a promoção da mudança conceptual em dois grandes grupos: (1) estratégias que são baseadas no conflito cognitivo e na sua resolução, favoravelmente aos conceitos científicos, e (2) estratégias que partindo das ideias dos alunos tentam alargá-las, através de metáforas ou analogias, para o domínio científico. Subjacentes a estes dois grupos estão diferentes entendimentos relativamente à responsabilidade na promoção das mudanças conceituais nos alunos. Estratégias baseadas no conflito e na sua resolução pelo aluno podem ser vistas como derivadas da perspectiva piagetiana da aprendizagem (teoria da equilibração), em que é central a perspectiva do aluno como parte activa na reorganização dos próprios conhecimentos. Uma outra estratégia evita criar modelos sobre os processos cognitivos, adoptando uma posição mais fenomenológica: o Modelo de Mudança Conceptual (MMC), que foi proposto inicialmente pelo grupo da Universidade de Cornell (PSHG – Posner, Strike, Hewson & Gertzog), num primeiro trabalho de 1982 (Arruda & Villani, 1994), e que é hoje considerado um modelo clássico. A existência de algumas semelhanças entre a mudança de teorias ao longo da história das ciências – mudança de paradigmas (Kuhn, 2004/1962) – e o processo de aprendizagem das ciências levou a que estes investigadores encarassem estes dois processos como análogos. Segundo Greiffenhagen & Sherman (2006), a mais famosa formulação da analogia entre estes processos foi a já referida, realizada por Posner et al.

(1982)¹⁰, que acabou por se transformar num paradigma dominante até ser sujeita a algumas críticas contundentes (Vosniadou & Verschaffel, 2004).

As estratégias que se baseiam nos conhecimentos actuais do aluno, tentando que se estendam a novos domínios, centram-se na ideia da necessidade de intervenções adequadas por parte dos professores como forma de “andaimação” das novas formas de pensar (Scott, Asoko & Driver, 1992).

Todas as estratégias de mudança conceptual assumem como princípio a necessidade de, à partida, as ideias dos alunos poderem ser reveladas e explicitadas por algum método ou técnica. Não sendo coincidentes com as teorias científicas, todas contêm em si elementos de conflitos reais ou potenciais, embora não haja garantia de que o aluno reconheça a sua existência ou significado. A diferença entre estratégias pode assim reduzir-se a que umas realçam o conflito enquanto outras o atenuam.

Uma das formas de tornar claro para o aluno a existência de diferenças entre o seu pensamento e as ideias científicas, ou pelo menos as limitações das suas ideias sobre o assunto em questão, é o recurso a eventos discrepantes. Na tentativa de explicar um acontecimento as ideias dos alunos constituem-se em modelos¹¹ (mentais) explicativos que se revelam incapazes de dar uma explicação plausível para o acontecimento. Espera-se assim que o aluno altere as suas ideias actuais movido pela necessidade de equilibração (Piaget, 1978).

No entanto, alguns pesquisadores chamam a atenção para o facto de o aluno, nalguns casos, por si só, não conseguir uma explicação correcta para o fenómeno observado. Esta é uma questão teórica fundamental que divide o campo construtivista e que tem a ver com o processo de construção das concepções científicas.

¹⁰ POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. (1982) – Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-227.

¹¹ “Modelos conceptuais são projectados como instrumentos para a compreensão ou para o ensino de sistemas físicos; modelos mentais são o que as pessoas realmente têm em suas cabeças e o que guia o uso que fazem das coisas. Idealmente, deveria haver uma relação directa e simples entre o modelo conceptual e o modelo mental. Muito frequentemente, no entanto, não é bem isso que acontece” (Moreira, 1996).

3.4 A ESTRATÉGIA PREDIGA-OBSERVE-EXPLIQUE (POE)

As actividades do tipo previsão-observação-explicação (POE) são uma ferramenta didáctica desenvolvida na Universidade de Monash no início dos anos 80 (Gunstone, 2005), consistindo, essencialmente, numa reestruturação das demonstrações experimentais comumente usadas no ensino da Física de modo a aliar a observação com a actividade intelectual (Lopes, 2004). Pretende-se assim ultrapassar as limitações das clássicas demonstrações em sala de aula típicas do ensino centrado no professor. Conforme o próprio nome indica consiste em três etapas mais ou menos diferenciadas.

(1) Perante uma situação ou experiência, que é descrita e apresentada pelo professor, pede-se aos estudantes que predigam e registem o que irá acontecer, isto é, qual será o resultado. Devem ainda justificar a predição que fizeram, de acordo com o que já sabem sobre o assunto em causa, e que poderá já ter sido abordado, pelo menos teoricamente. Pretende-se assim mobilizar e pôr a descoberto eventuais ideias prévias ou alternativas dos alunos.

(2) Em seguida o professor executará a experiência, se for real, ou permitirá que esta seja simulada e observada em laboratório virtual, ou apresentada em vídeo, devendo os alunos descrever e registar o que observaram.

(3) Confrontam depois o que observaram com o que previram e tentam então reconciliar eventuais conflitos entre a predição e a observação. O professor poderá depois aproveitar para clarificar e/ou aprofundar o assunto em questão.

Qualquer actividade POE deve ter a participação dos alunos em quatro momentos decisivos: na problematização, na previsão, na descrição e na discussão. “Se os alunos não tiverem um papel preponderante nos momentos referidos, a actividade transforma-se em demonstração experimental passando, portanto, a ser uma actividade do tipo observação” (Lopes, 2004, p. 288)

Segundo Gunstone (2005), a experiência no desenvolvimento de actividades POE tem permitido estabelecer alguns princípios importantes, que devem sempre ser respeitados no uso desta estratégia. Em síntese, algum deles são:

-
- A actividade POE deve ser tal que os estudantes possam ser capazes de fazer uma predição minimamente fundamentada – tentar simplesmente adivinhar não terá qualquer utilidade, porque as razões para as predições são de importância fundamental no ensino com estas actividades.
 - Em algumas situações, as observações que os estudantes fazem são influenciadas pela predição (teoria prévia). É pois importante atender ao que os estudantes observaram realmente.
 - Na medida do possível, o resultado do POE deve ser bem claro e não apresentar ambiguidades.
 - A reconciliação da predição e observação está naturalmente no coração do valor da aprendizagem através das actividades POE. É raramente uma questão fácil. A simples informação do professor quase nunca o conseguirá. É fundamental que os estudantes tentem explicar qualquer diferença entre a predição e a observação. Se possível poderão ser feitas novas experiências.
 - É também importante comprometer cada estudante com a predição feita antes da observação. Para isso cada estudante deve registar sua predição assim como as razões que o levaram a fazê-la, tal como referimos.

São várias as razões para o uso da estratégia POE (Gunstone, 2005), das quais se salientam:

- É um bom método de diagnóstico, particularmente da existência ou persistência de ideias prévias.
- Desperta o interesse da maioria dos estudantes e é bastante motivador.
- É um meio poderoso de gerar a mudança conceptual. Ao desafiar ideias prévias através de observações que colidem com predições, abre o caminho para que os estudantes possam rever as suas ideias.
- É um estímulo poderoso do debate de ideias.

De notar que a falsificação simples raras vezes serve para eliminar as ideias prévias dos alunos, pelo que o objectivo mais importante é talvez que os alunos compreendam o papel dos conhecimentos prévios na interpretação dos fenómenos e tomem consciência dos seus próprios processos cognitivos. Para se atingir este

objectivo é fundamental que, durante o desenvolvimento da actividade, o professor torne explícitas as relações entre as ideias prévias dos alunos e as teorias que permitem explicar adequadamente as observações realizadas durante as experiências.

Para Campanario (2000), as actividades POE apresentam um enorme potencial metacognitivo, pois com elas não se procura tanto mostrar que as ideias dos alunos são erradas, mas mais incidir sobre as suas ideias sobre a aprendizagem das ciências (de como se aprende ciências) e sobre a natureza do conhecimento científico (epistemologia).

Os professores devem estar preparados para algumas formas de raciocínio que são típicas dos alunos, e não só, quando se lhes apresenta um acontecimento discrepante. De acordo com Chinn & Brewer (1993), que fizeram um estudo bastante completo sobre esta questão, são muito diversificadas as maneiras como os alunos individualmente reagem à apresentação dos dados ou às demonstrações que contradizem os conhecimentos prévios. Essas maneiras dependem das próprias características desses conhecimentos sendo particularmente importante: (1) o grau de enraizamento (entrincheiramento), (2) as crenças ontológicas da pessoa, (3) o seu comprometimento epistemológico e (4) o conhecimento de base.

Actividades POE em ambiente multimédia

Existe actualmente um grande número de software educativo que pode ser utilizado como ferramenta para o ensino da Electricidade. De destacar os programas de simulação de circuitos eléctricos (Workbench, etc.), pois permitem a interacção dos estudantes com o software, podendo autonomamente alterar variáveis e parâmetros e observar o comportamento resultante. Placas e software de aquisição de dados são ferramentas também cada vez mais vulgarizadas e acessíveis. Programas de utilização genérica (Word, Excel...) podem também ser um valioso auxiliar do trabalho laboratorial. Refira-se ainda o enorme banco de dados que a Internet representa para consulta de catálogos de componentes eléctricos e electrónicos, especificações de equipamentos, etc. A nível de documentação geral existem hoje também na Internet muitas páginas, sites e livros

sobre electricidade e electrónica para quase todos os níveis de ensino. Variadíssimos Applets Java com grande nível de interactividade e riqueza conceptual e imagética podem também ser facilmente encontrados, além de outros programas multimédia e hipermédia. Num mundo cada vez mais dominado pela imagem, estes programas são ferramentas que podem ser muito úteis aos professores permitindo “mostrar” aos alunos o que de outro modo não seria possível senão com o recurso a meios muito complexos e dispendiosos ou que exigiriam grandes condições de segurança.

Dedicado às actividades POE apoiadas por computador existe actualmente na Internet um “site” desenvolvido por Matthew Kearney da Universidade de Tecnologia de Sydney¹². Um software multimédia criado por este professor, apologista da estratégia POE, é disponibilizado para os professores e investigadores que o pretendam utilizar. No mesmo site existem também actividades POE já desenvolvidas por outros professores, que podem assim ser partilhadas. Os programas usados nas actividades POE descritas neste estudo são adaptações e traduções desse *software*.

As vantagens obtidas por recurso a este software multimédia, relativamente aos métodos tradicionais, são enormes, dada a sua grande versatilidade e a possibilidade de integração de vídeo interactivo ou articulação com programas de simulação. Os estudantes escrevem as respostas no próprio programa, facilitando também a sua recolha e tratamento pelo professor (ou investigador). Permite a criação de pequenos grupos de trabalho (colaborativo) dada a autonomia que possibilita ao grupo relativamente ao professor. Se a experiência a ser realizada estiver integrada no programa (no caso de recurso a vídeo ou a simulação) cada grupo pode repetir a fase de observação as vezes que achar necessário, podendo assim trabalhar ao seu ritmo próprio.

Devem ser seguidas algumas recomendações no projecto das actividades POE a desenvolver (ver Kearney & Wright, 2002) se queremos garantir a fiabilidade dos dados recolhidos. De realçar que, caso se opte pela versão que permite algumas respostas por escolha múltipla, as diferentes opções devem ser construídas tendo por base as concepções alternativas identificadas na literatura.

¹² <http://www.learningdesigns.uow.edu.au/tools/info/T3/index.html>

3.5 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS NO ESTUDO DA ELECTRICIDADE

3.5.1 DIFICULDADES NO ESTUDO DOS FENÓMENOS ELÉCTRICOS

A história da descoberta do fenómeno da electricidade remonta à antiga civilização grega. O termo electricidade deriva da palavra grega âmbar. Diz-se que Tales de Mileto foi um dos seus pioneiros que, ao experimentar, repetidamente, a fricção do âmbar, descobriu o fenómeno da electricidade evidenciado pelo efeito da atracção dos corpos. Desde então, o engenho sonhador do homem, impulsionado pela curiosidade do fenómeno, nunca mais parou de procurar aproveitar os seus efeitos e as suas virtualidades. No entanto, desde a descoberta de Tales de Mileto passaram muitos séculos até que o fenómeno da electricidade fosse totalmente conhecido e que dele se retirassem as utilidades que iriam revolucionar o desenvolvimento das civilizações contemporâneas.

Pela sua enorme importância, o ensino de electricidade entre nós, e em muitos outros países, faz parte do currículo do ensino básico e secundário. Os resultados, a nível geral e local, não são contudo animadores, pois um adequado conhecimento do funcionamento dos circuitos eléctricos raramente é adquirido no final do secundário, mesmo nos cursos tecnológicos desta área. Esta é com certeza uma das razões que levam a que a electricidade seja uma das áreas da Física onde foram feitos mais estudos sobre dificuldades de aprendizagem dos alunos. De acordo com Duit & von Rhoneck (1998), os resultados da investigação mostram claramente que as concepções alternativas dos alunos, frequentemente muito diferentes dos conceitos científicos, influenciam profundamente, quando não determinam mesmo, as aprendizagens. Muitos desses estudos têm demonstrado que os alunos sentem grande dificuldade a nível conceptual e de raciocínio, mesmo nos níveis introdutórios do ensino dos conceitos básicos de intensidade da corrente, diferença de potencial e resistência, assim como a relação fundamental entre eles – Lei de Ohm –, que os professores tendem a ignorar (Psillos, 1998). Na aprendizagem dos circuitos eléctricos de corrente contínua, e sobre as grandezas aí em jogo, é particularmente evidente a incapacidade do ensino convencional em fazer evoluir as concepções alternativas, de modo a que as concepções dos alunos evoluam ou sejam substituídas pelas ideias cientificamente aceites. O estudo da

electricidade partilha pois com as outras áreas da Física as dificuldades já referidas anteriormente sobre as concepções alternativas. Novas estratégias de ensino terão por isso de ser procuradas neste campo.

3.5.2 O PROBLEMA DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS NO ESTUDO DOS FENÓMENOS ELÉCTRICOS

Os estudantes têm muitas vezes dificuldade em compreender a electricidade devido principalmente à natureza abstracta dos conceitos, à impossibilidade das grandezas serem visualizadas directamente e à forma complexa como alguns se relacionam matematicamente.

A panóplia de aparelhos eléctricos e electrónicos que nos rodeia e com que lidamos no dia-a-dia leva naturalmente a que muitos termos científicos específicos como tensão, corrente e resistência, e outros como potência, energia etc., sejam usados frequentemente na linguagem corrente. Deste modo, quando os alunos iniciam os cursos tecnológicos de Electricidade/Electrónica em geral já possuem ideias e recorrem a conceitos da electricidade sem que deles tenham uma noção rigorosa. Aqueles termos, particularmente quando são usados na linguagem coloquial, têm um significado algo diferente daquele com que são usados no estudo da Física onde têm um significado conceptual preciso.

Frutos do chamado senso comum e da intuição mas também, por vezes, resultado de uma má assimilação das explicações dos professores, ou de estes recorrerem a uma linguagem pouco precisa e clara, as “concepções ingénuas” ou “concepções alternativas” são frequentemente concepções erradas.

Mas se desde muito cedo as crianças usam no seu vocabulário conceitos estudados na mecânica, como força e velocidade, de que podem ter uma percepção física, na electricidade, corrente ou tensão, por exemplo, não são passíveis de observação senão através dos seus efeitos. Teremos assim de considerar a hipótese de que muitas das concepções alternativas neste campo têm origem no próprio contexto escolar. Mas o aspecto mais preocupante das ideias prévias não é tanto a sua existência como a sua persistência (Periago & Bohigas, 2005). Para isso pode

concorrer o facto de não serem concepções isoladas, nem ilógicas ou incoerentes em muitos casos, constituindo assim modelos de trabalho mais ou menos eficientes na explicação de muitos factos do dia-a-dia (Greca & Moreira, 1998).

A não coincidência frequente destas concepções com as cientificamente aceites pode ser explicada com recurso ao pensamento de Bachelard (1990): ao contrário do que acontece com o conhecimento comum, para o conhecimento científico a reflexão tem primazia sobre a percepção, “as intuições primeiras são sempre intuições a rectificar” (p.25). Mas se muitos dos assuntos estudados na mecânica clássica ou na química de Lavoisier são passíveis de observação directa e estão ligados à experiência usual – “Na química lavoisiana, pesa-se o cloreto de sódio como na vida comum se pesa o sal de cozinha” (p.18) –, já os fenómenos eléctricos estão escondidos e só podem ser avaliados pelos seus efeitos. De facto, relativamente à electricidade, muitos dos termos usados na linguagem corrente têm significado bastante diferente do que lhe é dado no estudo da disciplina. É o caso dos conceitos de corrente, tensão e resistência (Duit & von Rhoneck, 1998). *Corrente*, na linguagem comum, tem um sentido mais próximo de energia eléctrica do que de corrente eléctrica usado na física. Outro exemplo é o do condensador. Um condensador eléctrico não *condensa* a electricidade, sendo mais um *acumulador*, um dispositivo que recebe uma determinada quantidade de electricidade que pode depois devolver de acordo com determinadas leis. Neste e noutros casos, a historicidade acumula as dificuldades pedagógicas (Bachelard, 1990). Por razões históricas o sentido da corrente eléctrica é indicado do pólo positivo para o negativo (inicialmente atribuiu-se à corrente uma natureza positiva), mas a corrente é hoje definida como *um fluxo orientado de electrões* (no caso dos condutores metálicos), sendo portanto resultado do deslocamento de cargas eléctricas negativas. Se os professores não atenderem a estes factos, os equívocos e os mal-entendidos serão frequentes nas aulas de electricidade.

Compreende-se assim que as falsas concepções sobre corrente eléctrica sejam universais e mesmo perpetuadas por professores, livros didácticos e experiências comuns. Do mesmo modo se compreende a sua persistência e resistência à mudança. As ciências físicas e químicas, o que inclui a electricidade portanto,

podem hoje ser caracterizadas epistemologicamente como domínios de pensamento que rompem nitidamente com o pensamento vulgar (Bachelard, 1990).

Numa perspectiva construtivista, a compreensão de novos assuntos exige que os conhecimentos anteriores sejam activados de forma a organizar a nova informação e a dar-lhe sentido. Mas se grande parte das aprendizagens é aditiva, envolvendo um enriquecimento do conhecimento existente (Vosniadou & Verschaffel, 2004), alguns conhecimentos que tentamos transmitir aos alunos contradizem as ideias falsas que eles possuem sobre o assunto em questão. Estas ideias ou concepções falsas têm várias fontes. Podem ter origem na tentativa de explicação intuitiva do mundo que os rodeia, no meio social e cultural, anterior à aprendizagem formal (pré-concepções), mas também no próprio ensino formal (escolar). Neste último caso são resultado de más aprendizagens, causadas pela tentativa de acrescentar às pré-concepções novos conhecimentos incompatíveis, produzindo “modelos sintéticos” (Vosniadou & Verschaffel, 2004) dos fenómenos em estudo, e concepções alternativas, como a ideia de que, num circuito eléctrico com várias resistências, apenas a primeira resistência limita a corrente total no circuito.

Podemos assim concluir que a “mudança conceptual” não pode ser obtida por mecanismos aditivos pois a ultrapassagem das concepções erradas exige intervenções na sala de aula que facilitem e levem à reorganização do conhecimento anterior.

Vários métodos têm sido utilizados para identificar e inventariar as concepções alternativas neste campo, como testes e entrevistas (Villani & Carvalho, 1995).

Cabe aqui realçar o teste DIRECT - Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test - desenvolvido por Engelhardt & Beichner (2004), que serviu de base aos testes utilizados neste estudo. O teste DIRECT foi aplicado com centenas de alunos de nível médio e universitário nos Estados Unidos e Canadá, e essa aplicação reproduziu dificuldades relatadas na literatura (Dorneles et al., 2006).

Quando a preocupação é o desenvolvimento dos modelos mentais dos estudantes, de modo a aproximar as ideias dos alunos dos modelos científicos neste campo, têm sido usados vários métodos considerados motivadores e facilitadores da

mudança conceptual. Entre eles estão o uso de analogias, o recurso a eventos discrepantes ou conflitos cognitivos, que aproveitam a surpresa dos alunos, e também o recurso a modelos visuais (Clement & Steinberg, 2002), particularmente com recurso a simulações animadas por meios informáticos. A opção por uma ou outra estratégia não implica contudo a defesa de um método exclusivo para se conseguir a mudança ou evolução conceptual por parte dos alunos. O recurso a alguma forma de analogia, por exemplo, pode ser útil durante um processo de confronto conceptual.

Para Greca & Moreira (1998), uma teoria científica é “um sistema “representacional”, externamente representado pela sua formulação matemática e, internamente, de algum modo na cabeça de quem a entende”. Não sendo os alunos folhas em branco, onde poderíamos escrever o que quiséssemos, interessa-nos, à partida, conhecer as representações internas sobre os assuntos científicos que pretendemos abordar e ensinar-lhes. As representações internas dos alunos a respeito das grandezas eléctricas correspondem a conceitos intuitivos, mas também têm origem nos conceitos que lhes são ensinados na sala de aula. Se o professor não der a importância devida aos conhecimentos prévios dos alunos (Oliver & Janoher, 2005), estes frequentemente evoluem para concepções intermédias (Niedderer & Goldberg, 1996), ainda diferentes das científicas.

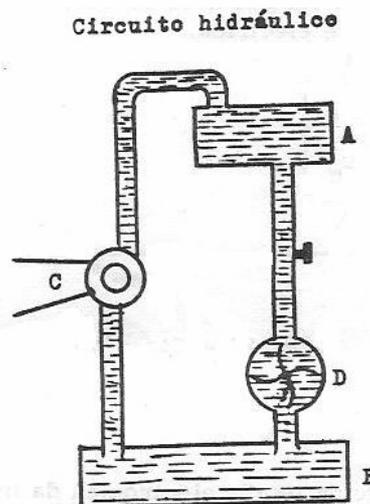
3.5.3 ESTRATÉGIAS FAVORECEDORAS DA MC EM ELECTRICIDADE

Infelizmente, o consenso que foi alcançado progressivamente entre pesquisadores relativamente às dificuldades de aprendizagem dos alunos e ao papel das ideias alternativas não teve como consequência um novo consenso sobre a pedagogia apropriada para as ultrapassar (Psillos, 1998).

Na literatura sobre ensino da electricidade podemos encontrar várias sugestões, com mais ou menos suporte empírico, como forma de ultrapassar as dificuldades de aprendizagem referidas. Alguns (e.g. Haynicz, Fletcher & Rebello, 2006), argumentando que os alunos se sentem mais motivados quando vêem a utilidade do que aprendem e a sua utilização na vida diária, consideram que o ensino da

electricidade se deverá concentrar nas suas aplicações mais visíveis, como os electrodomésticos ou na poupança de energia eléctrica (Psillos, 1998).

Outros, invocando as especificidades dos fenómenos eléctricos referidas defendem que no seu estudo se deve recorrer frequentemente a analogias e a metáforas. O recurso às analogias tem contudo sofrido algumas críticas nomeadamente por dar uma ideia demasiado simplificada de fenómenos que têm maior complexidade do que a analogia faz supor, pelo que a sua utilidade é limitada, e também por reforçarem algumas das ideias prévias ou serem frequentemente fonte de ideias híbridas (Campanario e Otero, 2000). Um dos riscos de se recorrer a analogias é o de a analogia acabar por se confundir com o próprio conceito, isto é, os alunos acabarem por confundir a analogia com a própria realidade, transformando a analogia em realidade (Gunstone, 2005). Um exemplo desta situação surgiu com a chamada analogia hidráulica como circuito eléctrico muito usada até aos anos 70.



O gerador eléctrico é, deste modo, semelhante na sua função à bomba do circuito hidráulico, transportando as cargas do polo negativo ao polo positivo.

Tal como a corrente de água, a corrente eléctrica, fornece energia que se pode utilizar, por exemplo, para fazer girar um motor eléctrico, acender lâmpadas, fazer funcionar um aparelho de rádio etc. .

Figura 3.1 – Analogia hidráulica¹³

¹³ Sebenta de Elementos de Electricidade (I Volume) da Escola Electromecânica de Paço de Arcos (1970).

Para Gunstone (2005), o recurso a analogias só pode ser positivo se (1) o aluno souber distinguir entre a analogia e o conceito e conseguir fazer a ponte entre ambos, e (2) estiver consciente que qualquer analogia não é válida para todos os aspectos de um conceito complexo. Se estas limitações das analogias não forem tidas em conta, o seu uso acaba por ser um entrave à aprendizagem em vez de um factor facilitador.

Dado que qualquer analogia, como é o caso da analogia hidráulica, dificilmente pode cobrir todos os aspectos de um conceito complexo, a solução poderá passar por usar várias analogias de acordo com os diferentes aspectos dos conceitos que se pretendem ensinar. No caso da analogia hidráulica, esta pode ser útil para explicar a forma como varia a resistência na ligação em série e paralelo mas é desadequada para questões energéticas ou que envolvam a diferença de potencial ao longo do circuito (ver Gunstone, 2005). Da nossa experiência julgamos poder concluir que as analogias são mais adequadas em cursos de iniciação, na aprendizagem de novas teorias, o que não é o caso, do mesmo modo que na ciência se utilizam na construção de novas teorias, como forma de estabelecer uma ponte entre o conhecido e o desconhecido (Bunge, 1984).

Atendendo a que nos cursos tecnológicos os alunos têm contacto diário com equipamentos quer laboratoriais quer oficiais, ao facto de se tratar de cursos de especialização na área da electricidade e electrónica, e que tudo aponta para que as dificuldades conceptuais sejam motivadas pelas ideias alternativas, optámos neste estudo por uma estratégia que privilegia o “conflito cognitivo”, embora de uma forma não ostensiva. Várias investigações e estudos empíricos que seguiram esta estratégia através de actividades POE apresentam resultados satisfatórios particularmente no campo da mecânica (e.g. Kearney, 2002), e da electricidade (e.g. Liew, 2004).

3.6 IDENTIFICAÇÃO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS MAIS COMUNS NO ESTUDO DOS FENÓMENOS ELÉCTRICOS

As concepções alternativas no estudo dos fenómenos eléctricos têm sido objecto de numerosos trabalhos de investigação (e.g. Niedderer & Goldberg, 1996; Duit & von Rhoneck, 1998; Solano, et al., 2002), estando bem identificadas.

As mais comuns são referentes à natureza da corrente eléctrica, mas influenciam todo o raciocínio dos alunos na análise de circuitos.

Modelo Unipolar: a corrente sai do terminal positivo da pilha para a lâmpada, onde é totalmente consumida. Assim, o outro fio não é necessário ou é apenas de segurança.

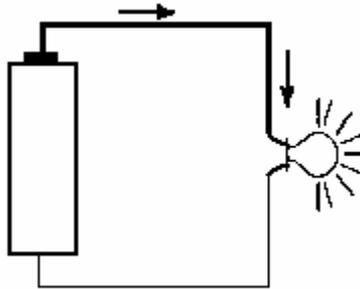


Fig. 3.2 - Modelo unipolar de corrente

Modelo concorrente ou “clashing current”: a corrente sai da pilha por ambos os terminais, através dos fios e chega até a lâmpada, onde é consumida. A luz é produzida em consequência do encontro das duas correntes.

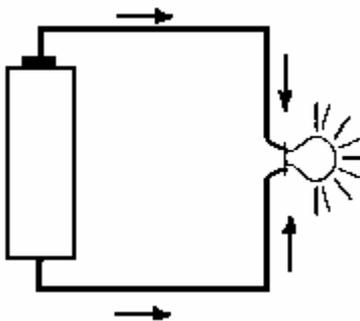


Fig. 3.3 - Modelo de corrente concorrente

Modelo de “corrente consumida” (ou de atenuação): a corrente, ao circular e passar pelos elementos do circuito, vai sendo consumida à medida que avança no circuito. É aqui clara a confusão entre corrente e energia, fruto do uso incorrecto que se dá a esses termos na vida quotidiana. Para os alunos não há conservação da corrente (não é constante ao longo do circuito). Assim explicam o gasto da pilha ao fim de certo tempo.

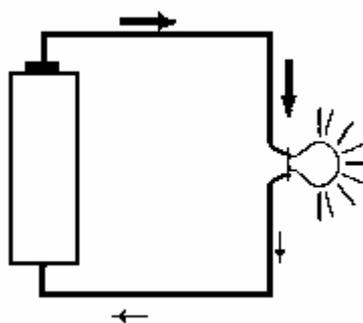


Fig. 3.3 - Modelo de corrente consumida

Para alguns autores, esta concepção é nuclear nos modelos mentais mais comuns entre os estudantes (Niedderer & Goldberg, 1993), a par de entenderem a bateria como uma fonte de corrente constante.

Ausência de raciocínio sistémico. Para a compreensão de qualquer circuito eléctrico é necessário vê-lo como um todo; um sistema em que todos os componentes interagem uns com os outros, pelo que qualquer alteração num dos elementos afecta o conjunto (Psillos, 1998).

No entanto são comuns formas de raciocínio localizado ou sequencial. Os alunos entendem o funcionamento do circuito como sendo o resultado do papel que cada componente desempenha. No caso de circuitos mistos, com vários componentes, se se altera algum componente, os alunos focam a sua atenção nesse ponto e ignoram o restante circuito (Duit & von Rhoneck, 1998). Noutros casos

consideram que a alteração só produz efeito a jusante da alteração, fazendo uma leitura sequencial no sentido da corrente.

Na tabela seguinte podemos ver um resumo das principais concepções alternativas e das dificuldades mais comuns, em geral a elas associadas, no estudo dos fenómenos eléctricos.

Conceitos	Dificuldades conceptuais	Concepções alternativas
1. Corrente eléctrica	<p>1. Dificuldades em compreender que a intensidade da corrente eléctrica num circuito depende das características da fonte, mas também da resistência equivalente do agrupamento acoplada aos seus terminais.</p> <p>2. Dificuldade em considerar a conservação espacial da corrente eléctrica.</p> <p>3. Dificuldades em reconhecer que a intensidade da corrente eléctrica não depende da ordem em que se encontram os elementos no circuito nem do sentido da corrente.</p>	<p>a) Consumo de corrente: pensam que a corrente é consumida no circuito.</p> <p>b) Tendem a ver bateria ideal como uma fonte de corrente constante, em vez de uma fonte de tensão constante. A corrente fornecida é assim independente do circuito ligado à fonte de alimentação.</p> <p>c) Acreditam que a ordem dos elementos no circuito e o sentido da corrente eléctrica são relevantes.</p>
2. Diferença de potencial	<p>1. Dificuldades em distinguir os conceitos de diferença de potencial e de corrente eléctrica.</p> <p>2. Dificuldade em distinguir os conceitos de diferença de potencial e de potencial eléctrico.</p> <p>3. Dificuldade em reconhecer que uma bateria ideal mantém uma diferença de potencial constante entre os seus terminais.</p> <p>4. Dificuldades em calcular a diferença de potencial entre pares de pontos ao longo do circuito.</p>	<p>d) Pressupõem que a fonte fornece os portadores de carga responsáveis pela corrente eléctrica no circuito.</p> <p>e) Percebem a diferença de potencial como uma propriedade da corrente eléctrica.</p> <p>f) A explicação do funcionamento dos circuitos é frequentemente baseada apenas na</p>

<p>3. Resistência eléctrica</p>	<p>1. Dificuldades para distinguir resistência equivalente de uma parte do circuito e a resistência eléctrica de um elemento individual.</p> <p>2. Dificuldade em perceber que a resistência equivalente é uma abstracção útil para obter a corrente total.</p> <p>3. Dificuldades em compreender que a divisão da corrente eléctrica num ponto de junção do circuito depende da configuração do circuito.</p> <p>4. Dificuldades em identificar associações em série e em paralelo, e distinguir as suas implicações no circuito.</p>	<p>corrente, não sendo entendida como consequência da tensão que a provoca.</p> <p>g) Nalguns casos consideram a tensão como uma consequência da corrente e não a sua causa.</p> <p>h) Consideram que as diferenças de potencial entre pares de pontos ao longo do circuito permanecem constantes.</p> <p>i) Em geral recorrem à primeira resistência do circuito para cálculo da corrente total.</p> <p>j) Consideram que a corrente se divide igualmente num nó pelos diferentes ramos, independentemente do valor das resistências.</p>
---------------------------------	--	--

Tabela 3. 1 – Síntese das dificuldades conceptuais e das concepções alternativas identificadas na literatura relativamente a circuitos simples de corrente contínua (adaptado de Dorneles et al., 2006).

A persistência das dificuldades e das falsas concepções, algumas delas híbridas, sintéticas ou intermédias – pois são resultado da ligação de elementos de pré-concepções a elementos dos conceitos ensinados durante a instrução formal –, são indicadores de que os professores devem procurar novos métodos, mais eficientes, na procura de uma maior aproximação dos modelos mentais dos alunos aos modelos conceptuais usados pela comunidade científica.

A investigação tem ainda demonstrado que os estudantes interpretam as concepções como dependentes do contexto (Duit & von Rhoneck, 1998), isto é, são vistas como estando dependentes das condições em que foram apresentadas, não podendo ser utilizadas noutros contextos.

3.7 CONCLUSÃO

O elevado número de estudos sobre o papel das concepções alternativas na aprendizagem da física e da electricidade, envolvendo, a nível internacional, alunos do ensino básico, secundário (Psillos, 1998) e mesmo superior mostra a preocupação de professores e investigadores com o ensino das ciências. De um modo geral, estes estudos têm como suporte teórico o construtivismo, o que justifica que lhe tenhamos dedicado uma parte deste trabalho. Como se pode concluir da leitura do presente capítulo, a pesquisa tem conseguido alguns resultados, nomeadamente na identificação mais ou menos exaustiva das concepções alternativas e das dificuldades que em geral elas representam no processo de ensino/aprendizagem.

De acordo com a perspectiva construtivista, devemos partir dos conhecimentos que os alunos possuem, o que inclui as suas ideias prévias e concepções alternativas. Além da preocupação com a forma de apresentação dos conteúdos a serem ensinados, o professor deverá encontrar caminhos, dispor de meios e criar condições para ultrapassar as dificuldades identificadas. Uma das condições fundamentais passa pela criação de um ambiente de sala de aula onde os estudantes se sintam confiantes e capazes de expressar os seus pontos de vista e discutir abertamente com o professor e os seus pares (Scott et al., 1991). Muito já foi feito neste campo, mas muito mais terá de ser feito ainda (Duit & von Rhoneck, 1998).

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

E

DELINEAMENTO DA INVESTIGAÇÃO

4.1. INTRODUÇÃO

Para Aristóteles não há ciência senão do geral. “Mas logo que uma ciência consegue dominar uma *prática* e tende a constituir-se como *praxis* integral no seu domínio, dirige-se ao individual” (Granger, 1976:138). As ciências do homem (sociais) enfrentam problemas metodológicos que lhes são mais ou menos próprios (Piaget, 1970) e só a atenção crescente no rigor permitiu que tenham conquistado o seu actual estatuto académico (Rokkan, 1973).

Na perspectiva de Piaget (1971), a dificuldade epistemológica central das ciências do homem “é a de ele ser ao mesmo tempo sujeito e objecto”, a que acrescenta “a de que, sendo o objecto, por seu turno, um sujeito consciente, dotado de linguagem falada e de múltiplos simbolismos, a sua objectividade e condições prévias de descentração tornam-se, assim, mais difíceis e muitas vezes limitadas” (p.55).

No caso da educação é comumente aceite que está hoje num “ponto de viragem”, pois está a tornar-se mais uma ciência do que uma arte (Marzano et al., 2001). Para isso a pesquisa em educação deve ser sintetizada e tornar-se acessível a todos os professores, e nas escolas devem criar-se condições para que se dêem as alterações necessárias sugeridas pela investigação. Mas o mais importante para isso será o papel dos professores, a sua vontade em comprometerem-se com a mudança.

Segundo McDermott & Redish (1999), foram falhas graves na compreensão de importantes tópicos, detectadas nas últimas décadas por professores

experimentados no ensino da física, que levaram a que o ensino das ciências começasse a ser estudado sistematicamente, numa perspectiva científica.

A percepção de um problema pode assim levar-nos a formular hipóteses sobre as possibilidades da sua (re)solução e, nessa perspectiva, a equacionar um conjunto de observações, ou mesmo experimentações, tendo em vista a fundamentação e a viabilidade do processo delineado. Esse conjunto de actividades, orientado e planeado de forma fundamentada teoricamente, deverá ter em vista obter novos conhecimentos sobre o assunto em questão, corroborar os que já se possuem, ou então refutar os conhecimentos anteriores.

Todo este processo, de que este trabalho pretende ser um possível exemplo, constitui aquilo que podemos designar genericamente por estudo, pesquisa ou investigação. Como qualquer investigação, deve pois assentar num conjunto de pressupostos teóricos (paradigma) e numa metodologia que determinam a forma de abordagem da realidade a estudar e permitem justificar as opções tomadas.

Pela nossa parte, não temos dúvidas de que, ao permitir compreender e explicar determinados fenómenos com base em provas e na argumentação, a investigação educacional – quer qualitativa, quer quantitativa – pode contribuir para a melhoria da educação. Contudo, em Portugal, as relações entre as práticas investigativas e as práticas educativas não são ainda particularmente intensas (Correia & Stoer, 1995). Consequentemente, tentar integrar a investigação com a prática de sala de aula é hoje um desafio para todos os professores e investigadores.

4.2 METODOLOGIAS DE INVESTIGAÇÃO

Para Patton (2002), os métodos qualitativos permitem o estudo das questões em detalhe e em profundidade. Por seu lado, os métodos quantitativos permitem avaliar as reacções de um grande número de pessoas sobre um conjunto limitado de questões. Ao permitirem aumentar a profundidade da compreensão os métodos qualitativos reduzem contudo a possibilidade de generalização.

Na abordagem quantitativa a amostra sobre a qual recairá o estudo terá de ser estatisticamente representativa, o que implica que se utilizem técnicas mais ou menos sofisticadas para seleccionar e dimensionar as amostras experimentais (Fernandes, 1991).

Nas ciências sociais empíricas utilizam-se três aproximações principais na compreensão de comportamentos em geral (Günter, 2006): 1) observar o comportamento que ocorre naturalmente no âmbito real; 2) criar situações artificiais e observar o comportamento diante das tarefas definidas para essas situações; 3) perguntar às pessoas sobre o seu comportamento, o que fazem e fizeram e sobre os seus estados subjectivos. O que une os mais diversos métodos e técnicas de pesquisa incluídos nestas três grandes famílias de abordagem é o facto de todos partirem de perguntas essencialmente qualitativas.

Actualmente há uma grande variedade de pesquisas que recebem a denominação de "qualitativas": naturalistas, pós-positivistas, antropológicas, etnográficas, estudos de caso, interaccionista-simbólicas, fenomenológicas, a investigação-ação, ecológicas, construtivistas ou interpretativas. Por isso alguns autores preferem neste caso usar um termo mais abrangente – interpretativa – de modo a evitar as conotações de “não quantitativa” e também frisar que toda a investigação compreende a interpretação de dados registados e a publicação dessas interpretações (Graue & Walsh, 2003).

Não havendo um método único de investigação científica (Graue & Walsh, 2003), há contudo métodos que se adequam melhor a determinado tipo de problemas e contextos do que a outros. A escolha da abordagem e do método de pesquisa deve ser, em cada caso, fundamentalmente determinada pela natureza do estudo e pelas questões de pesquisa. Daí a importância e conveniência da identificação e formulação clara das questões, pois disso dependerá o desenvolvimento da pesquisa: o planeamento, as técnicas e os procedimentos metodológicos que serão seguidos.

Embora a investigação quantitativa tenha permitido avanços significativos no campo do ensino e da aprendizagem, apresenta limitações inerentes aos métodos que lhe são específicos. Segundo Fernandes (1991), quando os investigadores da educação se começaram a interessar pelos processos cognitivos e metacognitivos e

a reconhecer a importância dos processos de pensamento humano, sentiram necessidade de recolher e tratar outro tipo de dados.

Se alguns autores enfatizam a incompatibilidade das diferentes posições epistemológicas que suportam as metodologias qualitativa e quantitativa, são no entanto cada vez mais as vozes que defendem o recurso à integração dos dois métodos (Kelle, 2001), particularmente na área do ensino das ciências (Greca, 2002). Autores como Fielding & Scherier (2001), por exemplo, defendem a compatibilidade entre os dois métodos e argumentam que podem funcionar como complementares. No entanto, particularmente na área do ensino das ciências, e na educação em geral, a maioria dos trabalhos de investigação publicados é de natureza qualitativa (Greca, 2002).

A investigação qualitativa. Para Bogdan & Biklen (1994), a investigação qualitativa possui cinco características que os estudos que seguem esta orientação podem apresentar no todo ou em parte, e em maior ou menor grau. Essas características são:

1. A fonte directa de dados é o ambiente natural, sendo o próprio investigador o instrumento principal.
2. É descritiva.
3. O importante é o processo e não simplesmente os resultados.
4. Os dados são analisados de forma indutiva.
5. O significado é de importância vital, sendo fundamental a perspectiva dos participantes.

Alguns autores sublinham também a perspectiva holística que a investigação qualitativa deve assumir (Tellis, 1997), e o facto de, apesar da crescente importância de material visual, a pesquisa qualitativa ser uma ciência baseada em textos, ou seja, a colecta de dados produz textos que poderão ser alvo de uma interpretação hermenêutica (Günter, 2006).

Segundo Bruyne (1977), o *estudo de caso* é uma análise *intensiva*, que reúne informações tão numerosas e detalhadas quanto possível, com vista a apreender a totalidade de uma situação. É por isso ponto de partida ou elemento essencial da

pesquisa qualitativa (Günter, 2006). Dada a sua natureza, o desenvolvimento de um *estudo de caso* deverá partir de um plano de trabalho com as acções a desenvolver e respectivos intervenientes, mas ser suficientemente flexível para poder integrar actividades e acções não previstas inicialmente (Yin¹⁴, 1994, citado por Tellis, 1997).

Uma das abordagens da pesquisa no campo da educação que centra o seu objectivo na melhoria dos resultados na sala de aula, partindo das teorias de aprendizagem aceites pela comunidade de investigadores, é o que pode ser designado “ensino-investigação”¹⁵ (Czarnocha & Prabhu, 2005). O professor investigador é, nesta perspectiva, um profissional que investiga o processo de ensino/aprendizagem, na sua própria sala de aula, e utiliza esse conhecimento para a promoção de melhores métodos educativos. Quer pela dimensão da amostra (grupo-turma), quer pela natureza das questões, a investigação nestas situações é essencialmente de natureza qualitativa.

Em resumo podemos afirmar que os estudos quantitativos são usados quando os dados recolhidos são numéricos e têm uma dimensão tal que permite o seu tratamento estatístico; enquanto os estudos qualitativos são usados para recolha e tratamento de dados descritivos. Em qualquer caso, o conhecimento das limitações metodológicas, nomeadamente no que respeita à validade das conclusões de qualquer investigação exige que se mantenha uma atitude crítica e de permanente aperfeiçoamento.

4.3 OBJECTIVOS DA INVESTIGAÇÃO

Com esta investigação pretendemos avaliar o grau de eficiência da estratégia de ensino conhecida por POE (Prediga-Observe-Exlique) e de que modo deve ser feita a sua implementação. Procurar que condições se devem observar durante a realização das actividades de modo a favorecer a mudança conceptual. Tentaremos deste modo contribuir para uma solução, mesmo que parcial, para os maus

¹⁴ Yin, R. (1994). *Case study research: Design and methods* (2nd ed.). Beverly Hills, CA: Sage Publishing.

¹⁵ Teaching-Research.

resultados obtidos pelos alunos nas disciplinas técnicas dos cursos tecnológicos de Electrotecnia/ Electrónica. Como nestes cursos a componente prática e laboratorial é significativa, o desenho curricular do curso assim o impõe e permite, optámos à partida por procurar novas estratégias que não se traduzissem simplesmente por reforço das actividades práticas ou laboratoriais. Como exigência primeira, baseada no construtivismo, punha-se a necessidade de participação activa do aluno no processo de ensino/aprendizagem, atitude potencialmente capaz de, à luz dos conhecimentos actuais, melhorar as aprendizagens.

Se, por um lado, muitas das dificuldades sentidas pelos alunos apontam para deficiências de conhecimentos ao nível da matemática por demais conhecidas, dificuldades em termos conceptuais parecem não ter menos importância. O papel e a persistência das concepções alternativas serão por isso analisados.

Como dissemos, o método de pesquisa é fortemente determinado pela natureza do fenómeno estudado, pelos objectivos do estudo e pela questão ou questões a que se pretende responder. Também Yin (1994, citado por Tellis, 1997) considera que um dos factores importantes para o delineamento da investigação é a definição das questões de pesquisa.

Qualquer investigação tem portanto como objectivo último a construção de conhecimento sobre determinado assunto ou problema, com base em provas e na argumentação, devendo iniciar-se com uma pergunta (Graue & Walsh, 2003).

Nesta base, a questão principal de que se partiu para este trabalho de investigação foi, recordemos:

Na estratégia de aprendizagem POE (Prediga-Observe-Explique), apoiada em tecnologia multimédia, quais as condições e os elementos que devem ser considerados determinantes para obtenção de uma efectiva melhoria na assimilação de conceitos e compreensão dos fenómenos eléctricos?

Porque intimamente ligada, pôs-se ainda como questão derivada a seguinte, de indiscutível valor pragmático:

Como devem os professores implementar esta estratégia na sala de aula?

Como hipótese admitiu-se que, com o uso de uma estratégia alternativa que exige uma participação activa do estudante, e o recurso a meios computacionais multimédia, se criariam as condições necessárias e suficientes para uma mudança/evolução conceptual, ou no mínimo, que a favorecessem. Em qualquer dos casos tratava-se (de um reforço) da aprendizagem de conceitos elementares da electricidade, já anteriormente leccionados por métodos convencionais, mas que os estudantes davam mostras de não dominar completamente. Um exercício exploratório permitiu confirmar este facto.

Os alunos, na altura em que foi realizado o estudo, em termos curriculares já se encontravam a estudar, nesta e noutras disciplinas, assuntos e componentes electrónicos muito mais complexos e avançados do que os que foram usados nas tarefas POE. Na primeira actividade o assunto foi o funcionamento de um circuito misto simples, matéria leccionada no ano anterior. Na segunda eram exigidos conhecimentos genéricos sobre o funcionamento de motores, matéria leccionada imediatamente antes da investigação.

Na altura das actividades onde se recolheram os dados para o estudo, noutras disciplinas da área técnica estavam a ser leccionados díodos, transístores e amplificadores operacionais, que exigem um bom conhecimento dos conceitos fundamentais da Electricidade.

Esta investigação tem portanto como objectivo principal avaliar a eficiência da estratégia POE, suportada por computador e levada a cabo por grupos (pares) colaborativos, no diagnóstico de concepções alternativas dos estudantes e na aprendizagem por mudança conceptual (MC) dos conceitos elementares de Electricidade.

O estudo tem ainda como objectivo secundário analisar a adesão dos alunos a esta estratégia, que assenta na necessidade de um empenhamento activo e participativo do aluno, pelo que a sua eficácia dependerá grandemente do seu grau de adesão ao método e da sua satisfação com os resultados obtidos.

Não se trata contudo, neste caso, de *medir* a eventual eficácia, nos resultados, da estratégia referida, comparativamente ao ensino tradicional, ou em relação a qualquer outra estratégia de aprendizagem por mudança ou desenvolvimento

conceptual. Tal teria de ser feito através de um grupo de controlo e do recurso a resultados de testes. Importante seria que, neste caso, a amostra fosse estatisticamente relevante e os métodos de aprendizagem fossem bem caracterizados. Mas neste estudo o que se pretende obter é a descrição e o entendimento profundo do processo de mudança conceptual, recorrendo a uma amostra limitada de intervenientes. Para estes resultados, o importante é a observação e a análise do funcionamento dos grupos, do papel da tecnologia e da metodologia seguida para a consecução da mudança conceptual, incluindo o papel do professor-investigador.

Tendo os dados recolhidos como finalidade principal a compreensão da realidade, limitada, naturalmente, ao grupo-turma alvo do estudo, a pesquisa a desenvolver será pois, por natureza, essencialmente interpretativa.

No entanto, e embora não se possa atribuir aos dados recolhidos através dos testes grande relevância estatística, dada a pequena dimensão da amostra, é feita a sua comparação através da quantificação percentual dos resultados obtidos pelos alunos nos testes realizados em diferentes momentos.

Neste tipo de investigação os dados são pois recolhidos em contexto real – e como tal não controlado totalmente pelo investigador –, pelo que o plano de trabalho deve ser suficientemente flexível, de modo a poder integrar novos elementos que durante o processo possam ser considerados significativos.

Nesta perspectiva, não estando o construtivismo, que fundamenta este estudo, directamente ligado ao paradigma interpretativo, como investigador devo declarar que tenho como crença que o conhecimento é construído pelo indivíduo (o que me inclui) mas socialmente mediado. Esta investigação foi por isso, para mim, também um processo de aprendizagem e, como tal, de construção de conhecimento.

Embora aceitando as minhas limitações, e as que as circunstâncias determinam sempre, não podendo ser completamente objectivo, devo no entanto reflectir sobre como as minhas acções podem influenciar os dados recolhidos e como as minhas convicções podem influenciar as conclusões.

4. 4 CONTEXTO E DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

4.4.1 CONTEXTO

A amostra/ unidade de análise é constituída por uma turma do 11º ano do Curso Tecnológico de Electrotecnia/Electrónica (Escola Secundária de Emídio Navarro – Almada 2005/2006). A turma era composta por 12 alunos, todos do sexo masculino, com uma média de idades de 18 anos, tendo o mais velho 18 anos e o mais novo 16. Apenas um dos alunos não possuía computador mas todos estavam familiarizados e eram utilizadores regulares da Internet.

O professor-investigador pertence ao 2º Grupo B, estando na altura do estudo, realizado durante o ano lectivo de 2005/2006, a leccionar a disciplina de Aplicações Tecnológicas de Electrotecnia e Electrónica (ATEE-II). Foi também, no ano anterior (10º ano), professor de grande parte dos alunos, tendo-lhes leccionado os conceitos fundamentais de Electricidade nas disciplinas de Sistemas Analógicos e Digitais e Práticas Laboratoriais de Electrotecnia e Electrónica. A aquisição e domínio, sob o ponto de vista científico, dos conceitos elementares da electricidade pelos alunos, e a eficácia dos métodos então utilizados, são também por isso questões presentes nesta investigação.

O Curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica (CTEE) foi criado na reforma curricular de 2004 e segundo documento do Ministério da Educação:

*“tem por objectivo a formação de profissionais capazes de desempenhar variadas funções em áreas como o abastecimento de energia, a produção industrial e a manutenção e reparação de equipamentos eléctricos e electrónicos. Este curso habilita o aluno com um conjunto de saberes nos domínios da estrutura, produção, transporte, distribuição e utilização da energia eléctrica, das propriedades e características dos materiais, componentes e circuitos eléctricos e electrónicos, bem como dos respectivos esquemas e processos tecnológicos que lhes são inerentes”.*¹⁶

¹⁶ <http://www.dgicd.min-edu.pt/orientacao/ofelectro2.asp#sp>

A disciplina de Aplicações Tecnológicas de Electrotecnia e Electrónica do 11º ano (ATEE - II) do curso tecnológico de Electrotecnia e Electrónica tem um programa recente (foi homologado em 07/03/2005) e pressupõe que os alunos que a frequentam têm conhecimentos gerais de Electricidade, de circuitos e de instalações eléctricas obtidos no 10º ano nas disciplinas de SAD e ATEE-I.

A Escola Secundária de Emídio Navarro completou 50 anos recentemente, sendo um daqueles edifícios típicos das antigas escolas industriais que foram construídas nas cidades e meios suburbanos mais desenvolvidos na época. Vocacionada para o ensino tecnológico, nomeadamente nas áreas da electricidade/electrónica e da mecânica, tem um corpo docente estável com cerca de 170 professores, na maioria efectivos, e cerca de 1700 alunos¹⁷. As instalações, embora antigas, estão bem conservadas, pertencendo os alunos predominantemente a um extracto social tipo classe média. Não estamos (ainda) portanto perante aquilo a que vulgarmente se chama uma escola problemática.

Como professor do ensino secundário e tecnológico nesta escola, há mais de uma década que lecciono as disciplinas técnicas nucleares do 10º ano do Curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica (Electricidade e Tecnologias). Anualmente sou assim confrontado directamente com o elevado insucesso neste nível e tipo de ensino.

Importa salientar que esse insucesso é cada vez mais fácil de detectar pouco tempo depois do início do ano lectivo, pelo menos no ensino secundário, sendo abordado, naturalmente, em todos os conselhos de turma. As causas apontadas pelos professores são na sua maioria opiniões ligadas à má preparação anterior, e falta de hábitos de estudo, que importa ter em conta mas parecem quase sempre mais uma justificação dos maus resultados obtidos pelos alunos do que uma explicação do problema.

¹⁷ Dados retirados do Projecto Educativo de Escola (PEE)

4.4.2 MÉTODOS DE RECOLHA DE DADOS

Como fontes de dados foram usadas a observação participante do investigador-professor, notas de campo, actas das reuniões de avaliação, resultados de testes e registos áudio e vídeo produzidos pelos alunos/grupos durante as sessões POE e na discussão alargada, com toda a turma.

Esta última sessão foi realizada para que fossem analisadas e discutidas as respostas dos diferentes grupos de trabalho, particularmente as explicações para os fenómenos observados durante as duas actividades POE. Aí foram apresentadas aos alunos as explicações científicas para o que tinham presenciado. De salientar que o ambiente criado nesta sessão esteve mais próximo de uma aula convencional do que o ambiente intelectualmente desafiante e participativo que em certos momentos se fez sentir durante as actividades POE.

Embora se considere como núcleo fundamental deste estudo a análise dos dados obtidos nas sessões POE, particularmente as interacções que se desenvolveram durante o trabalho colaborativo e as estratégias cognitivas a que os alunos recorreram, foram ainda realizados três testes. Dois ao longo da investigação (pré-teste e pós-teste) e outro cerca de cinco meses após a conclusão do estudo no terreno (teste a longo prazo).

Após a conclusão das actividades principais os alunos responderam ainda a um inquérito pessoal que permitiu caracterizar mais pormenorizadamente o grupo-turma e avaliar a forma como pessoalmente encararam as actividades desenvolvidas. Com esse inquérito pretendeu-se basicamente conhecer elementos sobre a origem social dos alunos, avaliar sua motivação para esta área de estudos, a sua familiaridade com a Internet, dificuldades particulares, opinião sobre vantagens/ desvantagens do trabalho de grupo, e ainda o grau de satisfação relativamente ao método de trabalho seguido e aos resultados obtidos.

Todos os dados recolhidos foram considerados elementos enriquecedores do estudo e a sua conjugação teve como meta tentar evitar ou corrigir alguns enviesamentos de uma análise com forte componente de subjectividade. Com efeito, não nos podemos esquecer que, nos resultados das actividades, a adesão dos

alunos joga um papel importantíssimo nesta estratégia pois ela assenta na necessidade de um empenhamento activo e participativo do aluno.

O valor dos resultados de investigação deste tipo depende pois grandemente do grau de motivação e de adesão do público-alvo (alunos) ao projecto. Daí a preocupação em projectar actividades que fossem de algum modo apelativas, não podendo por isso ser muito demoradas ou fastidiosas.

4.4.3 FASES DE DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

A execução do projecto de investigação desenvolveu-se ao longo de várias fases, sequencialmente, onde foram recolhidos os diversos tipos de dados a serem estudados. No terreno iniciou-se com uma actividade exploratória semelhante às POE que iriam realizar, e que pretendeu avaliar o nível de aceitação pelos alunos a esse tipo de tarefas, e terminou com o preenchimento pelos alunos do questionário referido no ponto anterior.

Ao longo de cerca de mês e meio (de Maio a meados de Junho de 2006), os momentos planeados e os instrumentos estruturados pelo professor-investigador com o grupo-turma para recolha dos dados fundamentais para a investigação foram os seguintes:

- 1- Actividade exploratória
- 2- Pré-teste;
- 3- Actividade POE1;
- 4- Actividade POE2;
- 5- Sessão conjunta para análise das tarefas POE e esclarecimento de dúvidas;
- 6- Pós-teste.

A análise dos dados recolhidos naqueles momentos levou posteriormente a que se considerasse útil obter informação a “longo prazo” sobre a persistência das concepções alternativas, pelo que foi realizado um teste cerca de cinco meses

depois do pós-teste (pós-teste a “longo prazo”). Para isso foi necessário reconstruir o grupo-turma dado que nem todos tinham passado para o 12º ano (cinco reprovaram).

As questões que durante a investigação foram postas aos alunos, nos testes e actividades POE, foram sobretudo sobre conceitos e compreensão dos fenómenos, e do papel das grandezas eléctricas elementares (tensão, corrente e resistência) no funcionamento dos circuitos, muito diferentes das questões a que estavam habituados, portanto. Os testes das disciplinas da área tecnológica são em geral constituídos por um conjunto de exercícios mais ou menos tipificados, apostando-se em geral na “mecanização” da sua resolução através da aplicação de algoritmos que podem ser memorizáveis.

Houve também a preocupação de não dar às actividades POE e aos testes qualquer conotação de actividade de avaliação sumativa, para poder ter da parte dos alunos uma atitude mais descontraída, propícia à emergência das suas formas espontâneas de pensar. De qualquer modo ficou claro que o seu empenhamento era importante e só assim o resultado teria valor.

4.5 VALIDADE E LIMITAÇÕES DO ESTUDO

O rigor de uma investigação, a sua fiabilidade e validade é uma preocupação de qualquer investigador. A questão da fiabilidade e da validade, particularmente na pesquisa qualitativa, é, contudo, um problema complexo que envolve também questões éticas.

Sobre esta questão estamos conscientes de que o observador não pode ser completamente neutro e objectivo (Lincoln, 1995), particularmente num estudo de caso como o que aqui se descreve e documenta.

Concordamos também com Bruyne (1977) quando afirma que o estudo de caso singular pode colocar problemas, sugerir conjecturas ou refutá-las; pode ilustrar uma teoria mas não gerar uma nova.

No caso da educação, o facto do grupo alvo do estudo ser efémero e dos seus membros estarem em permanente evolução, dado que estão em formação, torna complexa, se não impossível qualquer tentativa de confirmação dos resultados.

Neste caso, apesar de serem tratados alguns dados quantitativos, referentes às classificações dos testes, a dimensão da amostra não permite tirar conclusões estatisticamente significativas.

A base teórica de que se parte é o construtivismo e a sua interpretação do papel das concepções alternativas nas aprendizagens. Através de uma estratégia de conflito cognitivo, criado através da apresentação de um acontecimento discrepante, pretende-se analisar, à luz das teorias actuais, a forma como essa mudança se dá, ou seja, o processo e não apenas o resultado.

Questões éticas.

Os alunos foram informados dos objectivos das tarefas que lhes seriam pedidas e das condições da sua participação, que apenas poderia ser aceite se completamente voluntária mas interessada e empenhada. Do mesmo modo a recusa em participar não teria quaisquer consequências negativas. Nesta base autorizaram as filmagens, que só poderiam ser divulgadas com autorização expressa dos participantes. Os restantes dados colectados seriam também mantidos confidenciais e na posse do professor-investigador. Os nomes reais dos participantes não seriam divulgados, como forma de garantir a sua privacidade.

4.6 CONCLUSÃO

Este estudo é essencialmente de natureza qualitativa/interpretativa (hermenêutica). Para a recolha dos dados foram delineadas várias actividades. A informação foi recolhida através de vários meios como registos áudio e vídeo, respostas escritas dos participantes, inquéritos, notas de campo e outras informações consideradas relevantes para a investigação. No tratamento e apresentação dos resultados, questões de rigor e fiabilidade, mas também éticas, serão tidas em conta.

CAPÍTULO 5

DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO DE INVESTIGAÇÃO – I

ANÁLISE DAS RESPOSTAS ÀS ACTIVIDADES POE

5.1. INTRODUÇÃO

Como descrito no capítulo anterior, no decurso da investigação foram desenvolvidas diversas actividades pelos alunos individualmente (testes) e em grupo (pares). Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados finais dessas actividades.

As provas conceptuais realizadas consistiram num pré-teste, antes das actividades POE, um pós-teste – após a sessão alargada, que consistiu numa aula próxima do tipo tradicional, onde o professor-investigador explicou cientificamente os factos observados – e um pós-teste a longo prazo como forma de avaliar o eventual nível de mudança conceptual ou a persistência das concepções alternativas.

Os momentos nucleares desta investigação ocorreram durante a realização de duas actividades POE apoiadas por computador. Nestas actividades as simulações e os programas foram desenvolvidos de modo a que houvesse confronto entre as concepções alternativas dos estudantes já identificadas, desenvolvidas antes ou durante o estudo da Electricidade, e as concepções cientificamente aceites. Enquanto os estudantes trabalharam de forma colaborativa, por pares, seguindo as instruções dos programas, e executaram as tarefas que lhes iam sendo exigidas, as suas interacções foram registadas em vídeo e áudio. Nestas sessões o papel do professor limitou-se a orientar os estudantes nas tarefas e solicitar-lhes que discutissem entre si quer os factos observados quer as justificações que apresentassem. Não acrescentou portanto quaisquer informações que permitissem justificar cientificamente os fenómenos observados. Os conteúdos necessários para a compreensão e justificação dos fenómenos observados já tinham sido

leccionados a estes alunos em aulas ditas convencionais. Como veremos, através da análise dos dados e informações recolhidas é possível concluir que muitos alunos vacilam entre concepções alternativas e científicas e mostram-se muito influenciáveis pelas opiniões dos pares, regredindo por vezes a concepções anteriores à instrução.

Conclusão: a mudança conceptual nem sempre acontece, é instável, e mostra-se muito dependente do contexto.

5.2. ACTIVIDADE POE EXPLORATÓRIA

Com esta actividade pretendeu-se atingir dois objectivos diferentes: 1) identificar entre estes alunos eventuais falsas concepções, particularmente as mais comuns e já identificadas na literatura já referenciada sobre este tema, e 2) fazer uma primeira apreciação do grau de receptividade dos alunos ao tipo de actividades POE planeadas.

Para isso, à semelhança das actividades POE a desenvolver, este exercício foi realizado em grupos de dois alunos, sendo os participantes incentivados a discutir com o seu par a solução mais correcta de modo a tentarem chegar a um consenso e a justificar convenientemente as respostas. Caso não conseguissem chegar a um consenso poderiam apresentar as (duas) opiniões divergentes. O resultado foi um documento escrito, recorrendo a um processador de texto, por cada grupo, contendo as respostas ao exercício. A reacção dos participantes, particularmente o grau de receptividade à actividade – que foi grande –, foi registada através de “notas de campo”.

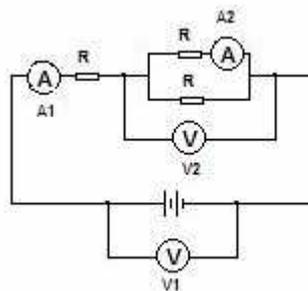
A actividade consistiu em pedir aos alunos para, em grupo de dois, embora pudessem dar respostas individuais caso não chegassem a consenso, predizer o que sucederia num circuito misto (Fig. 5.1), depois de sujeito a determinada alteração (Fig. 5.2). As respostas foram dadas por escrito através do recurso a um processador de texto.

A escolha do circuito foi feita com base nos circuitos típicos e nos problemas que são normalmente postos a estes alunos, para resolverem por formulação matemática, na primeira parte da disciplina de SAD-I (Sistemas Analógicos e Digitais I) que frequentaram no ano lectivo anterior (10º ano).

Para que pudessem dar respostas adequadas às questões postas, os alunos teriam de demonstrar dominar as leis gerais dos circuitos série e paralelo. Em particular, deveriam saber que se a um circuito paralelo adicionarmos uma nova resistência a resistência “total” ou equivalente diminui.

Enunciado da Actividade

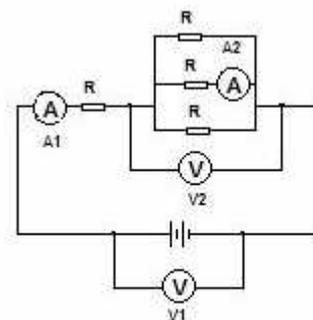
Observe o seguinte circuito misto (Circuito 1), onde estão vários instrumentos de medida conhecidos. As resistências têm todas o mesmo valor (6Ω) e a bateria é considerada ideal (sem resistência interna) com uma força electromotriz (E) de 18 V.



Circuito 1

(Fig. 5.1)

Se às resistências em paralelo acrescentarmos outra resistência, igual, como representado no Circuito 2 abaixo:



Circuito 2

(Fig. 5.2)

diga o que sucederá a cada um dos valores indicados pelos aparelhos de medida (aumenta, diminui ou mantém-se). Justifique.

Os alunos trabalharam em grupos de dois formados por livre iniciativa. Como referido, era-lhes permitido responder individualmente, caso não estivessem de acordo com o seu parceiro, o que aconteceu em dois grupos.

A síntese das respostas consideradas individualmente é apresentada na tabela seguinte:

	Mantém	Aumenta	Diminui	Não respondeu	Total
V1	4*	1	3	4	12
A1	6 ^{a)}	4*	0	2	12
V2	1	1	6*	4	12
A2	4	0	5*	3	12

Tabela 5.1 – Distribuição das respostas à actividade exploratória
(* resposta correcta)

Os alunos manifestaram forte vontade e empenho na resolução da tarefa. No entanto, ao omitirem algumas respostas das que eram explicitamente pedidas, acabaram por ser pouco rigorosos na sua execução. A falta de rigor na execução de tarefas e a desistência fácil perante qualquer dificuldade são aliás atitudes características que, ao longo dos anos, como professor, venho constatando ser cada vez mais frequentes entre os alunos.

Uma simples análise às respostas mais escolhidas (certas e erradas) permite destacar a opção assinalada por ^{a)} “A1 – Mantém o valor” que corresponde uma das falsas concepções mais vulgares referenciadas pela literatura: a bateria é vista como uma fonte de corrente constante. Na justificação por escrito que é pedida (além das respostas: *aumenta, diminui ou mantém*) são ainda visíveis, além das omissões, algumas incoerências e mesmo contradições flagrantes com as leis dos circuitos série e paralelo estudadas. Isto permite confirmar o que é sobejamente conhecido neste tipo de teste: podendo a resposta ser aleatória, acertar não é garantia de saber, pelo que uma análise estatística de dados obtidos de pequenos grupos não é fiável como forma de avaliação de conhecimentos pela positiva. As análises das respostas ao pré-teste e ao pós-teste também devem ter este facto em consideração e, nesta base, as respostas e a análise das gravações vídeo e áudio das actividades POE mostrar-se-ão por isso fundamentais para este estudo. De realçar que apesar de lhes terem sido fornecidos os valores dos componentes (resistências

e bateria) nenhum grupo ou aluno optou por fazer cálculos tendo respondido às questões apenas através de raciocínio ou intuição. Isto pode ser interpretado como darem pouco valor e credibilidade à maneira como foram ensinados a interpretar o funcionamento dos circuitos, ou não se sentirem à vontade para fazer esses cálculos.

5.3. A ACTIVIDADE POE-I: CIRCUITO MISTO

Através da actividade exploratória e, posteriormente, como veremos, do pré-teste, foi possível detectar a persistência das ideias alternativas mais comuns entre os alunos alvo deste estudo, relacionadas com os conceitos fundamentais da electricidade. A análise de outras questões, como a coerência e a capacidade explicativa destas ideias, ou a forma como condicionam o raciocínio e as explicações dos alunos exige contudo outros dados. De acordo com Campanario & Otero (2000) sabe-se que as perspectivas epistemológicas, o modo como o aluno vê o seu próprio conhecimento e o seu entendimento do conhecimento científico, influenciam fortemente o raciocínio e as aprendizagens dos alunos. Outro factor importante na mudança conceptual parece ser a maneira como os alunos vêm as grandezas eléctricas em jogo nos circuitos, isto é, os aspectos ontológicos (e.g. Slotta & Chi, 2006). Por essa razão questões como a natureza que os alunos atribuem à corrente eléctrica, por exemplo, também devem ser tidas em conta na compreensão da forma como tentam explicar os fenómenos.

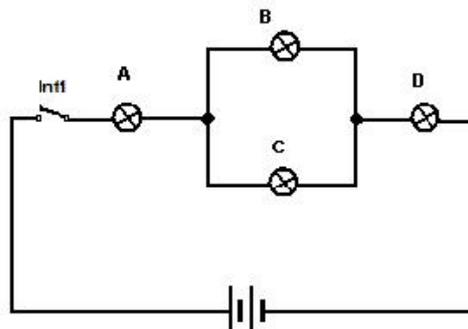
5.3.1 DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE POE-I

Para a realização da actividade POE-I foi dito aos alunos que deveriam seguir um conjunto de instruções que lhes seriam dadas através de um programa constituído por um conjunto de ecrãs sequenciais, num ambiente tipo WEB (em Anexos). Em determinada altura ser-lhes-iam dadas certas informações e postas certas questões a que deveriam responder depois de reflectirem em cada grupo sobre a resposta a dar. O programa permitiria que eles guardassem as respostas escritas às questões postas, assim como a respectiva justificação, que deveria estar bem explícita. Caso

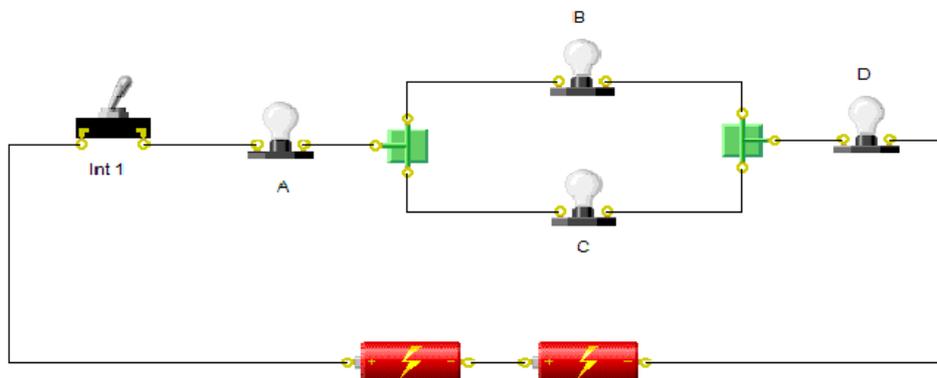
não tivessem a certeza, ou estivessem pouco convictos da resposta final, que de qualquer modo deveriam tentar obter por consenso, poderiam também registar essa informação.

Esta actividade teve por base um circuito misto constituído por quatro lâmpadas de incandescência como mostrado a seguir.

Circuito Misto



(Fig. 5.3)



(Fig. 5.4)

No circuito acima as 4 lâmpadas representadas são iguais. O interruptor Int1 está aberto pelo que não há corrente no circuito e as lâmpadas estão apagadas.

Observe o circuito com atenção. Como dissemos as 4 lâmpadas representadas são iguais. O interruptor Int1 irá agora ser ligado fechando o circuito. Prediga o que sucederá:

- A) Apenas acende a lâmpada A.*
- B) Apenas acendem as lâmpadas A e D, com o mesmo brilho.*
- C) Todas as lâmpadas acendem com igual brilho.*
- D) Outra resposta (descreva o que acontece).*

5.3.2 RESULTADOS DA ACTIVIDADE POE-I

Os resultados das predições e as respectivas justificações, de cada grupo, sobre o que sucederia, foram dados por escrito, e guardados directamente no próprio programa, estando transcritas nas tabelas seguintes.

PREDIÇÃO (Respostas obtidas)					
	A)	B)	C)	D)	
Grupo 1				X	<i>“Acendem-se todas as lâmpadas, mas A tem maior brilho, B e C têm igualmente um brilho mais pequeno e D um brilho menor”</i>
Grupo 2				X	<i>“Nas lâmpadas B e C o brilho é menor do que nas lâmpadas A e D porque a intensidade divide-se quando o circuito está em paralelo”</i>
Grupo 3				X	<i>“Nas lâmpadas A e D o brilho vai ser o mesmo, as B e C vão ter brilho com menos intensidade do que as A e D”</i>
Grupo 4				X	<i>“As lâmpadas A e D vão acender com um brilho diferente de B e C”</i>
Grupo 5		X			<i>[Apenas acendem as lâmpadas A e D, com o mesmo brilho.]</i>
Grupo 6				X	<i>“Todas as lâmpadas acendem, mas não irão ter o mesmo brilho”</i>

Tabela 5.2 – Predição referente à actividade POE-I

Justificação das respostas		Grau de certeza de cada aluno
Grupo 1	<i>“As lâmpadas B e C estão em paralelo, mas encontram-se em série com as outras duas e num circuito com lâmpadas em série cada lâmpada vai ter menos brilho”</i>	<i>Absolutamente certo</i>
		<i>Absolutamente certo</i>
Grupo 2	<i>“Quando o circuito está em paralelo, a intensidade divide-se pelo número de ramos”</i>	<i>Moderadamente certo</i>
		<i>Moderadamente certo</i>
Grupo 3	<i>“Devido a B e C estarem em paralelo, a corrente vai-se dividir em 2 logo o brilho vai ser menor do que na lâmpada A e B”</i>	<i>Absolutamente certo</i>
		<i>Moderadamente certo</i>
Grupo 4	<i>“O circuito vai reagir desta forma devido à diferencia de potencial”</i>	<i>Absolutamente certo</i>
		<i>Absolutamente certo</i>
Grupo 5	<i>“Todas as lâmpadas acendem, as lâmpadas A e D são percorridas pela mesma intensidade da corrente. As lâmpadas B e C são igualmente percorridas pela mesma intensidade, mas neste caso, visto tratar-se de um circuito paralelo a d.d.p. aos seus terminais será a mesma.”</i>	<i>Moderadamente certo</i>
		<i>Moderadamente certo</i>
Grupo 6	<i>“Porque as lâmpadas A e B têm a mesma corrente e as lâmpadas B e C têm metade da corrente das outras”</i>	<i>Moderadamente certo</i>
		<i>Moderadamente certo</i>

Tabela 5.3 – Justificação referente à actividade POE-I

Após esta primeira fase de predição e justificação, os alunos foram convidados a observar o que acontecia, tendo para isso sido feita a simulação através do programa de simulação de circuitos eléctricos “Pintar VirtuaLab Electricity”, feita noutra bancada e conduzida pelo professor-investigador. A escolha deste programa deveu-se ao tipo de simbologia que utiliza, em que é notório o pequeno distanciamento iconográfico em relação aos objectos representados (Fig. 5.4).

Puderam observar então que apenas se via as lâmpadas A e D acenderem. Após alguns comentários e terem sido tiradas algumas dúvidas, sem que no entanto lhes tivesse sido explicada a razão por que tal tinha acontecido, foram convidados a registar o que tinham observado e a procurar, por grupos uma explicação para o facto.

	Observação	Explicação
Grupo 1	<i>As lâmpadas A e D acenderam devido às suas características e às características das pilhas e por isso as lâmpadas B e C não acenderam.</i>	<i>As lâmpadas A e D acenderam devido as suas características das pilhas. E as lâmpadas B e C não acenderam devido à corrente que passa por elas ser mínima.</i>
Grupo 2	<i>As lâmpadas B e C não acendem e só a A e a D acendem.</i>	<i>A nossa predição estava de acordo com o esquema mas não com o resultado, podiam-se acender as 4 lâmpadas se a intensidade da bateria fosse diferente. Talvez deu errado porque a lâmpada A e D consumiram mais intensidade e não passou para as lâmpadas B e C.</i>
Grupo 3	<i>Ao observar o circuito reparou-se que A e D acenderam, com o mesmo de brilho, B e C não acenderam. Não quer dizer contudo que não tenham acendido, podiam é ter menos brilho.</i>	<i>A nossa opinião diverge um pouco daquilo que foi observado, porque aquilo que observámos foi que a lâmpada A e D acendem mas não sabemos se as lâmpadas B e C chegam acender porque não é visível mesmo que o brilho de ambas seja pouco e o que concluímos foi que acendiam B e C com pouco brilho podendo estarmos certos ou não podemos saber.</i>
Grupo 4	<i>Acenderam as lâmpadas A e D.</i>	<i>Continuamos a acreditar na nossa solução, porém no circuito só acenderam as lâmpadas A e D devido a diferença de potencial.</i>

Grupo 5	<i>Apenas acendem as lâmpadas A e D, com o mesmo brilho.</i>	<i>Depois de observarmos os resultados chegámos à conclusão que a d.d.p. total está dividida pelos receptores A e D logo a d.d.p. aos terminais dos receptores B e C será bastante baixa tal como a corrente que os percorre visto que a intensidade total é aplicada a A e D.</i>
Grupo 6	<i>As lâmpadas A e D acenderam e a B e C não acenderam</i>	<i>Na nossa opinião as lâmpadas B e C também deviam de ter acendido mas com um brilho menor</i>

Tabela 5.4 – Observação e Explicação referente à actividade POE-I

As respostas A e C estão claramente erradas e não foram escolhidas por nenhum grupo. Tal facto pode significar que não houve respostas ao acaso.

A resposta do Grupo 1 revela uma das falsas concepções identificadas em inúmeros trabalhos sobre o assunto no processo de ensino-aprendizagem da electricidade e também já identificada no pré-teste: a de que a corrente eléctrica vai sendo consumida ao longo do circuito; a própria justificação confirma que os alunos mantêm essa falsa concepção. Este facto, aliado ao nível médio de conhecimentos que estes alunos deveriam dominar (a matéria em questão foi leccionada no 1º Período do ano anterior), revela ainda a persistência de outras concepções alternativas que podem prejudicar grandemente o estudo das matérias subsequentes ou de outras disciplinas técnicas. Com efeito, uma concepção correcta sobre o comportamento da corrente eléctrica é fundamental para a compreensão da matéria em todas as disciplinas técnicas, particularmente na análise de circuitos com transístores, matéria já leccionada, embora recentemente, noutra disciplina teórico-prática (SAD - Sistemas Analógicos e Digitais).

As respostas dos grupos 2, 3 e 6 podem considerar-se correctas – equivalentes à resposta B, escolhida pelo grupo 5 – se atendermos às respectivas justificações. Já a resposta do grupo 4 é aceitável, embora pouco clara (tal como a do grupo 6), mas tem uma justificação absolutamente inaceitável, em termos científicos, pois não faz qualquer sentido afirmar que tal é “devido à diferença de potencial”. Se lhes perguntassem não saberiam explicar o que queriam dizer com aquela frase. O peso das perspectivas e crenças epistemológicas dos alunos na análise de fenómenos científicos será aliás um dos assuntos abordados no capítulo seguinte.

Em relação aos resultados do pré-teste (que serão apresentados mais à frente) verifica-se no entanto uma clara melhoria dos resultados que têm a ver com esta falsa concepção, podendo talvez concluir-se que tal melhoria se deve ao facto da resposta ser de grupo. De notar que durante as discussões poucas divergências são abertamente declaradas, embora os alunos tenham sido por diversas vezes incentivados a expressá-las. Uma das razões poderá ser a falta de confiança nos conhecimentos, o que os leva a concordar com o parceiro que demonstra maior auto-confiança.

Devemos sublinhar que não há uma resposta única certa para esta questão, uma vez que não eram indicados os valores nominais das lâmpadas (apenas era dito que eram todas iguais) nem a força electromotriz das pilhas. A corrente no circuito, particularmente no paralelo, poderia ser insuficiente para fazer acender as lâmpadas. De qualquer modo, o mais importante seria que, independentemente da resposta, esta fosse suficientemente justificada e essa justificação fosse o resultado da análise que cada elemento do grupo fazia da questão. Caso houvesse diferenças de opinião deveriam tentar chegar a uma posição de consenso mesmo que não fosse completamente partilhada pelos dois. No caso da concordância com a solução negociada e a respectiva justificação não ser total, esse facto poderia também ficar registado, como se pode comprovar pela observação da Tabela 5.3. A concordância parece no entanto ser o caso mais normal, quer tenham a certeza ou algumas dúvidas, com excepção do Grupo 3.

Da análise global das respostas dos diferentes grupos a esta actividade podemos já confirmar a persistência de falsas concepções relativamente aos conceitos básicos da electricidade, nomeadamente a intensidade da corrente e da diferença de potencial, assim como da relação fundamental entre eles através da lei de Ohm. Mesmo depois de praticamente dois anos de formação especializada em Electricidade e Electrónica com forte componente prática e laboratorial, os alunos continuam a responder a questões simples sobre circuitos elementares apoiando-se nas ideias prévias ou alternativas já identificadas em diversos estudos empíricos e divulgadas na literatura. Parecem assim ser imunes às aprendizagens que tentaram possibilitar-lhes ao longo de quase dois anos em disciplinas teóricas e práticas. Esta questão será analisada com mais pormenor no capítulo seguinte.

5.4 A ACTIVIDADE POE-II: MOTORES EM PARALELO

A actividade POE-II foi projectada a partir do módulo Máquinas Eléctricas leccionado pelo professor-investigador na disciplina de ATEE durante o corrente ano lectivo. A avaliação deste módulo foi feita através da apresentação de um trabalho individual escrito, tendo todos os alunos sido avaliados positivamente.

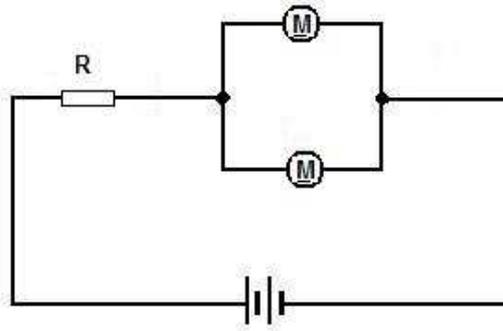
Pretendeu-se com esta actividade atingir vários objectivos complementares ao da actividade POE-I, nomeadamente:

- Avaliar o grau de eficiência da metodologia de ensino seguida na disciplina de ATEE;
- Avaliar o grau de persistência das concepções alternativas e o seu grau de influência nas aprendizagens efectivas sobre este assunto;
- Estudar a eficiência da estratégia POE, aliada à observação experimental (em laboratório real) de um fenómeno, na assimilação e consolidação de conhecimentos transmitidos nas aulas convencionais (teórico-práticas).
- Analisar se o facto de uma experimentação ser realizada em laboratório real produziria resultados diferentes nas aprendizagens, comparativamente a observações feitas recorrendo a simulações (laboratório virtual).

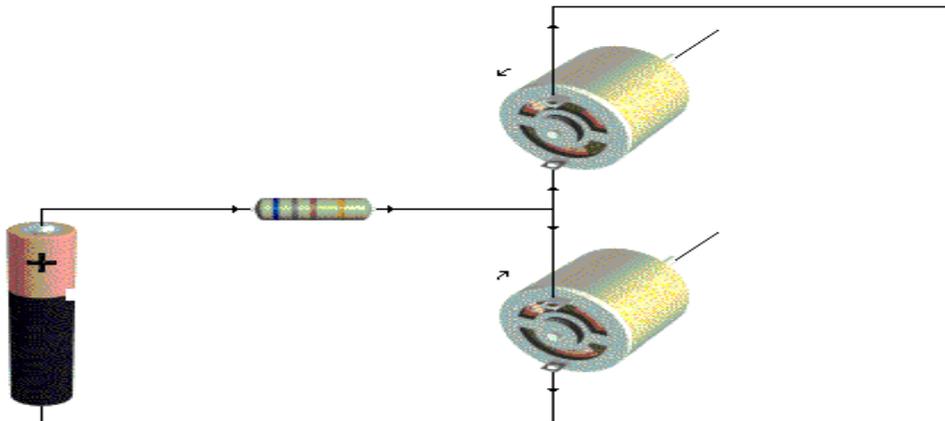
Os alunos estudaram os diversos motores eléctricos e as suas características em carga, nomeadamente as dos usados nesta actividade. Tratava-se agora de predizerem, observarem e explicarem o efeito da carga num motor no funcionamento de outro motor igual ligado em paralelo. Tal como na actividade anterior foi introduzido um factor anómalo (neste caso travar o motor até parar completamente). Recorde-se que Vygotsky, segundo Cole & Scribner (1998), nas suas experimentações, introduzia obstáculos ou dificuldades nas tarefas de forma a quebrar os métodos rotineiros de solução de problemas. Embora essas experiências tivessem dimensões diferentes das aqui apresentadas, e os contextos e objectivos não sejam sequer comparáveis, confirma-se contudo que os factores anómalos podem alterar completamente as respostas e reacções dos alunos. Assim sucedeu na experiência POE I. Foi o facto das lâmpadas não chegarem a acender, devido à

corrente ser insuficiente para tornar os filamentos incandescentes, que fez (res)surgir a falsa concepção de ser a corrente a causa directa da luz. Como veremos isto obrigou os alunos a procurarem soluções diferentes das que poderiam ter feito se as lâmpadas tivessem acendido.

5.4.1 DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE POE-II Motores em paralelo



(Fig. 5.5)



(Fig. 5.6)

Repare no circuito, constituído por 2 motores iguais ligados em paralelo, e alimentados pelo mesmo gerador.

*Observe o circuito com atenção. Como dissemos os 2 motores são iguais e estão a funcionar normalmente. **Iremos agora travar, até parar completamente, um dos motores. Prediga o que sucederá.***

- A. O outro motor continuará a funcionar normalmente.*
- B. A velocidade do outro motor irá aumentar.*
- C. A velocidade do outro motor diminuirá, podendo mesmo parar completamente.*
- D. Outra resposta.*

Uma resposta cientificamente fundamentada exige o conhecimento das leis do circuito misto, tal como a tarefa POE-I, e ainda a origem e o papel da força contra-electromotriz (f.c.e.m.) nos motores. Em alternativa a uma explicação da resposta com base na f.c.e.m. poderia fazer-se um raciocínio com base nas transformações energéticas em jogo. Ao ser travado, o motor exige mais potência, pelo que a corrente que o percorre será maior. A partir deste facto poderemos concluir que o outro motor sofrerá uma redução de corrente (devido a uma maior queda de tensão na resistência que se encontra ligada em série com os motores, o que origina uma diminuição da d.d.p. no paralelo dos motores) e portanto da velocidade. Das opções à escolha podia considerar-se correcta a opção C), dado que a possibilidade de parar completamente, embora não tivesse acontecido, era posta apenas como hipótese. Qualquer resposta livre que afirmasse que a velocidade do outro motor diminuiria seria considerada correcta.

Tal como na actividade anterior os resultados das predições e as respectivas justificações, de cada grupo, sobre o que sucederia, foram dados por escrito, e guardados directamente no próprio programa, estando transcritas nas tabelas seguintes.

5.4.2 RESULTADOS DA ACTIVIDADE POE-II

PREDIÇÃO (Respostas obtidas)					
	A)	B)	C)	D)	
Grupo 1		X			[A velocidade do outro motor irá aumentar.]
Grupo 2		X			[A velocidade do outro motor irá aumentar.]
Grupo 3	X				[O outro motor continuará a funcionar normalmente.]
Grupo 4			X		[A velocidade do outro motor diminuirá, podendo mesmo parar completamente.]
Grupo 5	X				[O outro motor continuará a funcionar normalmente.]
Grupo 6	X				[O outro motor continuará a funcionar normalmente.]

Tabela 5.5 – Predição referente à actividade POE-II

Justificação das respostas		Grau de certeza/ concordância entre pares nos grupos
Grupo 1	<i>Porque se um motor pára a corrente fica aplicada apenas a um motor e irá aumentar a sua velocidade.</i>	<i>Moderadamente certo</i>
		<i>Moderadamente certo</i>
Grupo 2	<i>O Motor que está parado não consome intensidade, e por isso o outro motor vai utilizar a intensidade total da pilha.</i>	<i>Absolutamente certo</i>
		<i>Absolutamente certo</i>
Grupo 3	<i>Travar o motor não implica pará-lo logo continua em funcionamento, mantendo o outro motor com a mesma velocidade que tinha anteriormente.</i>	<i>Moderadamente certo</i>
		<i>Moderadamente certo</i>
Grupo 4	<i>Concordamos que se um motor estiver ligado e se ligarmos outro, existirá uma diferença de potencial que levará a que o motor que já estava ligado diminua a velocidade. Este irá ter assim a mesma velocidade do motor que se ligou em segundo lugar, mas não concordamos que vá parar por completo. Poderiam vir a parar os dois se a bateria estivesse fraca.</i>	<i>Moderadamente certo</i>
		<i>Moderadamente certo</i>
Grupo 5	<i>Devido ao facto dos motores estarem em paralelo logo obviamente estão submetidos à mesma diferença de potencial. Os motores são iguais logo vão consumir a mesma intensidade de corrente, neste caso ao pararmos um dos motores, o mesmo continua em esforço, logo a corrente continuará a querer percorrer o mesmo. O outro motor irá continuar a rodar visto estar num circuito paralelo a corrente circulará normalmente no outro motor.</i>	<i>Absolutamente certo</i>
		<i>Moderadamente certo</i>
Grupo 6	<i>Se o cabo do motor for cortado o outro motor aumenta a velocidade mas se o motor for parado com a mão o motor continua a consumir corrente logo o outro mantém a sua velocidade.</i>	<i>Moderadamente certo</i>
		<i>Moderadamente certo</i>

Tabela 5.6 – Justificação referente à actividade POE-II

Após responderem a esta primeira parte, os alunos puderam observar uma experiência realizada pelo professor com recurso a dois motores de muito fraca potência e ligados como indicado no circuito. Os alunos puderam desse modo observar claramente que um dos motores reduzia a velocidade sempre que o outro era travado. Foi-lhes também dito, nessa altura, que uma situação semelhante feita com motores de potência não deveria sequer ser tentada porque seria sempre perigosa. Após a observação e alguns comentários que serão analisados no

capítulo seguinte os alunos escreveram as observações e explicações transcritas na tabela abaixo.

	Observação	Explicação
Grupo 1	<i>Observamos que quando travamos um dos motores o outro diminui a sua velocidade.</i>	<i>Como a corrente se vai deslocar mais para um motor, tentando com que ele volte a trabalhar (rodar) vai passar menos corrente pelo outro, fazendo-o abrandar a velocidade.</i>
Grupo 2	<i>Aconteceu o oposto à nossa observação, isto porque ao impedirmos o motor de funcionar o outro motor diminuiu a sua velocidade.</i>	<i>Ao invés de parar o motor, se o desligássemos o outro teria aumentado a velocidade. O outro motor diminui a velocidade quando o outro foi travado, porque o motor travado vai consumir mais intensidade para funcionar, e por isso é que o outro motor diminui a sua velocidade.</i>
Grupo 3	<i>Ao travar o motor notou-se que o outro motor diminuiu a sua velocidade não chegando a parar.</i>	<i>Em nossa opinião chegámos a conclusão que o motor iria continuar a funcionar normalmente, mas depois da demonstração verificámos que o motor continua a funcionar mas perdendo velocidade.</i>
Grupo 4	<i>Observamos que quando os dois motores estão a rodar se pararmos um deles o outro reduz bastante a velocidade.</i>	<i>Consideramos a nossa resposta correcta, visto que o que respondemos foi que quando paramos um dos motores o outro reduz a sua velocidade podendo mesmo vir a parar se a bateria estiver fraca.</i>
Grupo 5	<i>Observamos que o motor contrário ao que tinha sido parado continuou a rodar.</i>	<i>O motor diminuiu a velocidade ao parar o motor contrário, mas continuou em movimento, isto devido à carga da bateria de alimentação, caso esta tiver pouca carga o motor poderá parar completamente. A nossa predição incluiu o facto do motor continuar a funcionar mas não incluiu a mudança de velocidade devido à queda de tensão no motor parado!</i>
Grupo 6	<i>Ao forçar um dos motores a parar ele consumira mais corrente e obrigara o outro a diminuir a sua velocidade, podendo mais tarde parar dependendo do gerador.</i>	<i>Existem [diferenças entre o que observamos (?)], pois nós não chegamos à conclusão de que o outro motor iria consumir mais corrente do que se estivesse a rodar.</i>

Tabela 5.7 – Observação e Explicação referente à actividade POE-II

Numa primeira análise global sobre as predições, e sem ter ainda em conta o processo que usaram para a escolha da opção, algumas mais parecem fruto de um palpite ao acaso do que resultado de uma tentativa de raciocinar sobre a situação apresentada. Apenas três alunos afirmaram estar absolutamente certos e, talvez influenciados pela actividade anterior, nenhum grupo escolheu a opção em aberto. De qualquer modo, a maioria das justificações, tal como as predições, está errada.

Embora não detectável directamente nas respostas, mas indirectamente, isto é, no raciocínio, o peso das concepções alternativas continua a fazer-se sentir aqui e é visível nas justificações das predições e nas explicações do que observaram. Só se a bateria fosse uma “fonte de corrente constante” é que um maior consumo de um dos motores implicaria por si só uma diminuição da corrente no outro. O “raciocínio localizado” e a incapacidade de reflectirem tendo em conta todos os componentes do circuito são outras das causas dos erros cometidos.

Em conclusão podemos afirmar ainda que a metodologia de ensino seguida normalmente (aulas expositivas e laboratório experimental) para leccionação da matéria sobre motores e geradores não levou a que se tivessem conseguido aprendizagens significativas e profundas sobre estas matérias. Mas, pelos resultados que acabámos de ver, as actividades POE, por si só e da maneira como foram conduzidas, também não parecem ter tido grande influência na mudança conceptual. Esta constatação exige por isso uma reflexão crítica, não só sobre esta estratégia, mas também sobre a forma como se devem desenvolver e conduzir as actividades POE. Até este momento apenas podemos concluir sobre a sua eficácia no desencadear das ideias alternativas. Com efeito as actividades POE parecem ser um meio eficiente de fazer surgir as ideias espontâneas dos alunos. A sua substituição por outras mais próximas das científicas já não parece ser tão fácil de obter, mesmo por este meio.

5.5. PRÉ-TESTE e PÓS-TESTES

Como dissemos, um dos pressupostos desta investigação foi a persistência das falsas concepções entre os alunos sobre os circuitos eléctricos simples – já estudadas por diversos autores/investigadores nesta área do ensino das ciências –, mesmo após formação especializada (cursos tecnológicos) nesta área em disciplinas com forte componente prática e laboratorial.

Com o pré-teste (realizado antes das actividades POE) pretendia-se fazer o levantamento e a identificação das concepções alternativas mais vulgares no estudo da Electricidade. Partiu-se para isso do princípio de que, através de testes, particularmente os de escolha múltipla, se estruturados de forma adequada, as ideias prévias e as concepções alternativas podem ser detectadas através de uma análise atenta das respostas erradas. Com efeito, quando nas opções de resposta às questões são consideradas, entre outras, as falsas concepções já identificadas nos estudos sobre o assunto em causa, em vez de aleatórias, verificam-se certas tendências comuns nas respostas erradas, diferentes das ideias cientificamente aceites.

Sendo a Electricidade uma das áreas da Física cuja aprendizagem foi mais estudada, particularmente no que diz respeito a circuitos eléctricos, vários testes sobre o assunto são referidos na literatura. Entre eles encontra-se o teste DIRECT – *Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test* – de Engelhardt & Beichner (2004), já referido anteriormente, constituído por 29 questões para detectar e interpretar conceitos sobre circuitos eléctricos simples de corrente contínua.

Como pré-teste desta investigação seleccionaram-se e/ou adaptaram-se 23 questões do DIRECT. Nos pós-testes foram usados conjuntos de questões escolhidas entre as que tiveram menor percentagem de acertos, outras recriadas a partir das que foram mais facilmente resolvidas e também questões directamente relacionadas com as tarefas entretanto realizadas. O pré-teste e os pós-testes encontram-se em “Anexos”.

5.5.1 RESULTADOS DO PRÉ-TESTE

Devido ao baixo número de alunos envolvidos no estudo não foram realizadas análises estatísticas. Serão no entanto apresentados valores absolutos e valores médios dos resultados obtidos nos testes. O mesmo sucederá com os resultados das actividades POE e do inquérito final, como veremos. A análise qualitativa da informação recolhida será por isso sempre privilegiada. Na tabela seguinte apresentam-se os resultados do pré-teste.

Questão	Nº de acertos	% de acertos
1	2	16,67
2	6	50,00
3	4	33,33
4	5	41,67
5	11	91,67
6	6	50,00
7	10	83,33
8	5	41,67
9	7	58,33
10	3	25,00
11	10	83,33
12	12	100,00
13	3	25,00
14	2	16,67
15	6	50,00
16	2	16,67
17	9	75,00
18	7	58,33
19	6	50,00
20	4	33,33
21	4	33,33
22	3	25,00
23	5	41,67
Média	5,74	47,83

Tabela 5.8 – Resultados do pré-teste

Dos resultados do pré-teste é possível concluir e confirmar a persistência das concepções alternativas e a existência de dificuldades conceptuais e de raciocínio sobre grandezas eléctricas. Isto ao fim de dois anos de formação especializada, como já foi referido, e mesmo quando já fazem parte dos curricula matérias muito

mais avançadas como estudo dos díodos, transístores e amplificadores operacionais¹⁸.

À semelhança de variadíssimos estudos feitos em diversos países e em diversos níveis de ensino, estes alunos continuam a responder a questões sobre circuitos eléctricos simples com base em ideias e conceitos pessoais que continuam a usar para raciocinar sobre eles, ignorando quase completamente a formação que entretanto receberam. Recorde-se que nem todos estes alunos tiveram o mesmo professor no ano anterior em que foram leccionados estes conceitos.

5.5.2 RESULTADOS DO PÓS-TESTE (I)

Após as actividades POE realizou-se uma sessão conjunta, com toda a turma, em que o professor descreveu os fenómenos observados e mostrou como eram explicados recorrendo aos conceitos estudados. O ambiente criado foi muito próximo do de uma aula convencional, tendo-se perdido muito da atmosfera participativa e colaborativa em que decorreram as actividades POE. O primeiro pós-teste (I) só foi realizado dias depois. A tabela seguinte mostra os resultados globais do Pós-teste (I).

Questão	Nº de acertos	% de acertos
1	11	91,67
2	5	41,67
3	4	33,33
4	9	75,00
5	11	91,67
6	2	16,67
7	1	8,33
8	6	50,00
9	7	58,33
10	2	16,67
11	5	41,67
12	5	41,67
Média	5,67	47,22

Tabela 5.9 – Resultados do Pós-teste I

¹⁸ Estas matérias eram aliás objecto de estudo, para estes alunos, noutra disciplina Sistemas Analógicos e Digitais), na altura em que o pré-teste foi realizado.

Como podemos observar os resultados não são muito diferentes do Pré-teste. A média de acertos é mesmo praticamente igual.

Algumas questões utilizadas nos testes estão estruturadas de forma que permitem detectar e identificar algumas das concepções alternativas mais vulgarizadas que enformam o raciocínio dos estudantes. Entre elas, e porque directamente relacionadas com questões postas aos alunos durante esta investigação são de salientar as questões 8 e 13 do pré-teste (4 e 8 do Pós-teste I), ambas com um número de respostas certas abaixo da média.

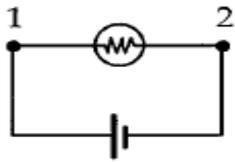
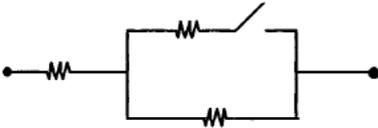
<p>Questão 8/4) Compare a intensidade da corrente no ponto 1 com a do ponto 2. Onde é que é maior?</p>  <p>A) No ponto 1 B) No ponto 2 C) Em nenhum. São iguais.</p>	<p>Questão 13/8) Como varia a resistência do ramo quando se fecha o interruptor?</p>  <p>A) Aumenta B) Diminui C) Mantêm-se a mesma</p>
--	--

Fig. 5.7 - Questões directamente ligadas à actividade POE-I

As outras questões comuns aos dois testes (3/2, 4/3, 9/5 e 10/6) não estavam directamente relacionadas com as actividades POE realizadas. Contudo, novas aprendizagens influenciam, cremos, todos os outros conhecimentos que se possuem sobre o assunto em questão.

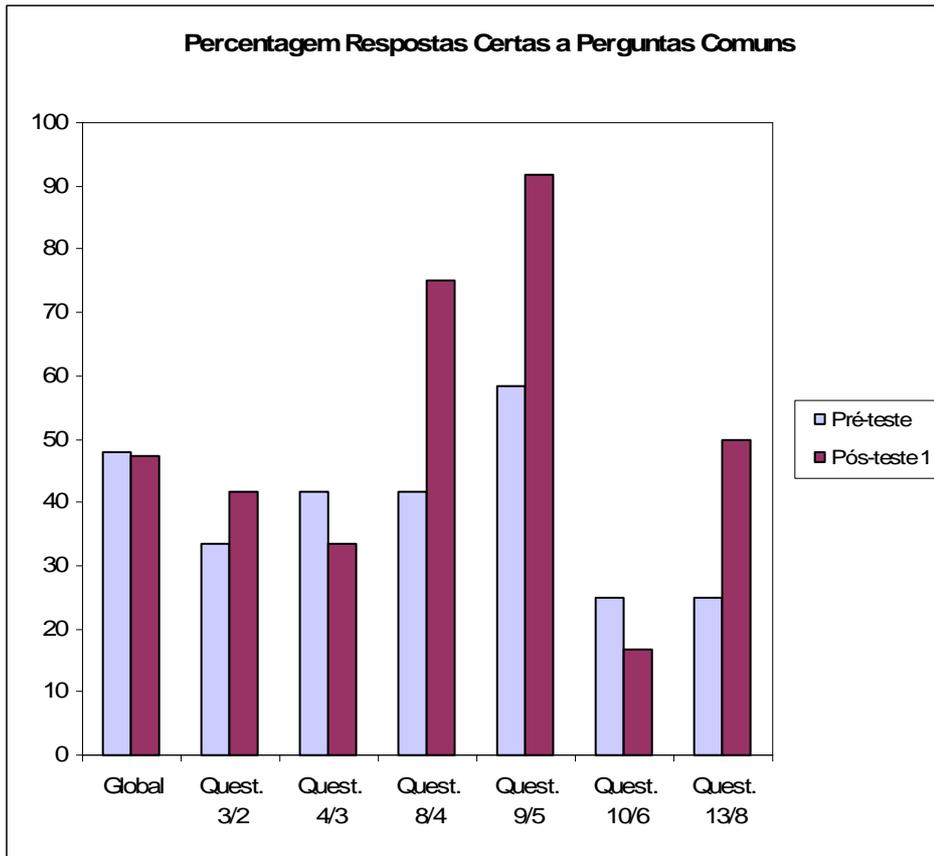
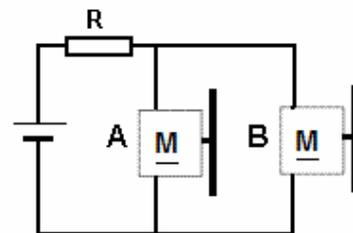


Fig. 5.8 - Gráfico comparativo dos resultados do pré-teste e do pós-teste 1.

Difíceis de aceitar (de interpretar) são no entanto os resultados das respostas às últimas três questões (10, 11 e 12), que estavam directamente relacionadas com a actividade POE-II (Motores). A questão 12 é mesmo repetição da actividade realizada, como podemos verificar na figura seguinte.

Questão 12) Se no circuito travarmos, até parar, o motor A que acontece à velocidade do motor B?
 A) Mantém-se a mesma
 B) Aumenta
 C) Diminui



(Fig. 5.9)

Se atendermos a que a experiência foi feita na presença dos alunos, utilizando motores reais, e o seu resultado absolutamente claro, isto é, a velocidade do outro motor diminuiu, o que foi observado por todos, seria de esperar que todos

respondessem correctamente em vez de apenas cinco alunos (41,67%). No entanto parecem ter esquecido de imediato o que observaram, apesar do interesse que o fenómeno no momento lhes despertou.

Porque é que nem o efeito surpresa, nem o interesse que demonstraram na execução da tarefa, foram suficientes para despertar a curiosidade sobre o assunto a ponto de ficar gravado na memória? Porque razão, sendo um assunto da área onde, em princípio, se profissionalizarão, isso não os levou a tentar compreender realmente o porquê de tal acontecimento? Estas e outras perguntas semelhantes não podem contudo ser respondidas por esta investigação, mas poderão eventualmente servir de pistas para outras.

Como conclusão podemos afirmar que o recurso à observação de um fenómeno real após a questão ter sido posta em termos teóricos e à criação de condições para a sua discussão entre pares como forma de se chegar a uma explicação científica não produziu grande efeito em termos de aprendizagens significativas.

5.5.3 PÓS-TESTE II (A LONGO PRAZO)

A insatisfação com os resultados obtidos levou a que se pensasse na realização de um pós-teste no início do ano lectivo seguinte (Novembro de 2006). Para isso escolheram-se algumas questões dos dois testes anteriores, com base nos resultados obtidos, e criaram-se outras novas, tendo como base os resultados dos testes anteriores e a sua relação com as concepções alternativas já inventariadas. Pretendia-se sobretudo avaliar a progressão dos alunos em termos de compreensão real dos fenómenos com que se tinham deparado. Consideramos que uma aprendizagem significativa e real permitirá resolver todas as questões semelhantes, independentemente da forma como são apresentadas, e não só aquelas com que já depararam. Os resultados não foram contudo animadores como se pode observar na tabela seguinte.

Questão	Nº de acertos	% de acertos
1	5	41,67
2	11	91,67
3	6	50,00
4	6	50,00
5	5	41,67
6	8	66,67
7	6	50,00
8	2	16,67
9	7	58,33
10	3	25,00
11	5	41,67
12	1	8,33
13	6	50,00
14	6	50,00
15	7	58,33
16	2	16,67
17	1	8,33
18	2	16,67
19	4	33,33
20	7	58,33
21	5	41,67
22	4	33,33
23	0	0,00
Média	4,74	39,49

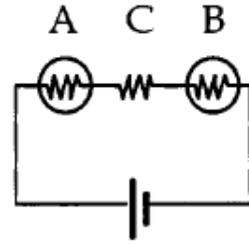
Tabela 5.10 – Resultados do Pós-teste 2 (a longo prazo)

A média obtida pelos alunos baixou alguns pontos relativamente aos testes anteriores, como se pode observar. Muitas das questões com elevado número de respostas erradas já tinham sido colocadas no Pré-teste e no Pós-teste1, pelo que não se pode invocar uma maior dificuldade deste teste. Mas o que mais impressiona são os resultados das duas últimas questões (iguais às do Pós-teste 1) e compostas por matéria a que a actividade POE-II se dirigia directamente, onde há uma forte quebra nos resultados (ver tabela global das questões comuns a pelo menos dois dos testes).

De notar também os resultados das questões 13, 18 e 19 (Fig. 5.10, 5.11 e 5.12 da página seguinte), directamente ligadas com a actividade POE-I e onde também se verifica uma forte quebra nas respostas certas.

Questão 13) Se se aumentar o valor da resistência C o que acontece ao brilho das lâmpadas A e B ?

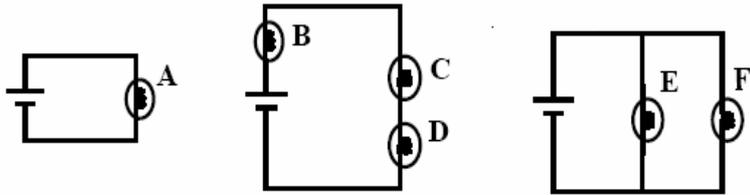
- A) A mantém-se, B Diminui
- B) A diminui, B mantém-se
- C) A e B aumentam
- D) A e B diminuem, A e B mantêm-se



(Fig. 5.10)

Questão 18) Ordene por ordem decrescente (do maior valor para o menor) o brilho das lâmpadas.

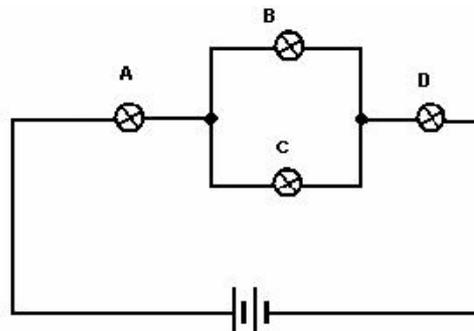
- A) $A, B, C, D, E = F$
- B) $C = D, A = E = F$
- C) $A = E = F, B = C = D$
- D) $A, E = F, B = C = D$



(Fig. 5.11)

Questão 19) Ordene por ordem decrescente (do maior valor para o menor) o brilho das lâmpadas.

- A) $A, B = C, D$
- B) A, B, C, D
- C) $A = D, B = C$
- D) $B = C, A, D$



(Fig. 5.12)

Os resultados globais obtidos nas questões que se repetem em dois ou nos três testes encontram-se na tabela seguinte.

Q u e s t ã o	Pré-teste			Pós-teste 1			Pós-teste 2		
	Questão	Nº de Resp. certas	% De Resp. certas	Questão	Nº de Resp. certas	% de Resp. certas	Questão	Nº de Resp. certas	% de Resp. certas
A	1	2	16,67	-	-	-	1	5	41,67
B	3	4	33,33	2	5	41,67	3	6	50,00
C	4	5	41,67	3	4	33,33	4	6	50,00
D	6	6	50,00	-	-	-	5	5	41,67
E	8	5	41,67	4	9	75,00	6	8	66,67
F	9	7	58,33	5	11	91,67	-	-	-
G	10	3	25,00	6	2	16,67	7	6	50,00
H	11	10	83,33	7	1	8,33	8	2	16,67
I	13	3	25,00	8	6	50,00	9	7	58,33
J	14	2	16,67	-	-	-	10	3	25,00
K	15	6	50,00	-	-	-	11	5	41,67
L	16	2	16,67	-	-	-	12	1	8,33
M	18	7	58,33	-	-	-	13	6	50,00
N	19	6	50,00	-	-	-	14	6	50,00
O	20	4	33,33	-	-	-	15	7	58,33
P	21	4	33,33	-	-	-	16	2	16,67
Q	22	3	25,00	-	-	-	17	1	8,33
R	5	11	91,67	1	11	91,67	2	11	91,67
S	-	-	-	9	7	58,33	20	7	58,33
T	-	-	-	10	2	16,67	21	5	41,67
U	-	-	-	11	5	41,67	22	4	33,33
V	-	-	-	12	5	41,67	23	0	0,00

Tabela 5.11 – Tabela comparativa dos resultados obtidos nos três testes realizados A que corresponde o gráfico:

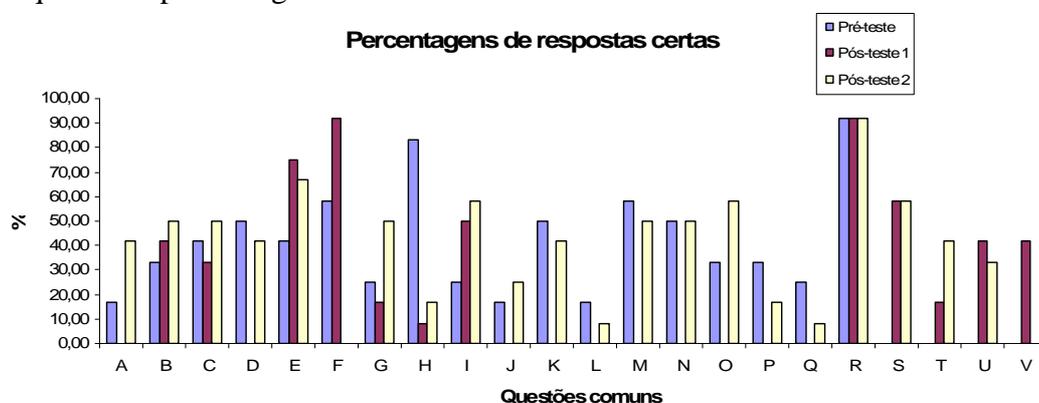


Fig. 5.8 - Gráfico comparativo dos resultados dos três testes realizados

Embora, como se disse, atendendo à natureza e dimensão da amostra deste estudo, se privilegiasse sempre a análise qualitativa dos dados, a título de curiosidade apresentam-se os seguintes valores de variáveis quantitativas em jogo.

Teste	Nº de itens	Média	Desvio padrão
Pré-teste	23	5,74	2,96
Pós-teste 1	12	5,67	3,34
Pós-teste 2	23	4,74	2,61

Tabela 5.12 – Comparação dos resultados globais dos três testes realizados

5.6. CONCLUSÃO

Como referido em capítulos anteriores, o estudo das condições gerais para que a aprendizagem por mudança conceptual seja efectiva foi feito por várias equipas de investigadores que sugerem também diferentes abordagens (conflito, analogias, etc.). Neste trabalho pretendeu-se também avaliar o papel da colaboração entre pares e das novas tecnologias na aprendizagem. Da análise dos resultados globais não é no entanto possível estabelecer um padrão que permita concluir sobre a existência de ganhos significativos da aprendizagem depois das duas actividades POE – uma com recurso à simulação em ambiente multimédia e outra sustentada por uma demonstração em laboratório real.

Contudo as opções tomadas para a implementação destas actividades devem ser tidas em conta e sujeitas a análise. Uma questão crítica é a participação do professor, particularmente na fase final. Deverá deixar os alunos escreverem a sua explicação, mesmo errada, ou deverá ajudá-los nessa altura? Esta pode ser uma questão decisiva no resultado das aprendizagens e na consecução da mudança conceptual.

Por outro lado, também se pode questionar se a mudança conceptual deve ser um objectivo a atingir de imediato, recorrendo a determinados processos e estratégias, ou um objectivo a alcançar de forma gradual e por etapas. Neste último caso, que tipo de instrumentos de avaliação poderão indiciar essa evolução?

No capítulo seguinte serão apresentados e analisados os incidentes mais significativos durante o trabalho de grupo. Poderemos então avaliar com mais pormenor o modo como as concepções alternativas influenciam o raciocínio dos estudantes e tentar encontrar outros obstáculos que impediram ganhos significativos na aprendizagem através das actividades realizadas por estes alunos em grupo, com recurso às novas tecnologias e através de uma metodologia que recorre ao “conflito cognitivo”.

CAPÍTULO 6

DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO DE INVESTIGAÇÃO – II ANÁLISE DOS DIÁLOGOS DOS ALUNOS DURANTE A REALIZAÇÃO DAS ACTIVIDADES POE

6.1 INTRODUÇÃO

No capítulo anterior pudemos analisar as justificações e as explicações dadas pelos alunos relativamente aos fenómenos observados. Desses dados pareceu-nos poder concluir que a persistência de ideias alternativas era insuficiente para explicar, cabalmente, todas as respostas dadas. As respostas escritas pelos alunos são apenas uma síntese das ideias que acabaram por se tornar dominantes, e não mostram o papel que elas, e outras que entretanto surgiram durante os diálogos, desempenharam na extracção das conclusões. O modo como os alunos abordavam as questões, as suas maneiras de encarar o conhecimento científico e a sua forma de raciocinar e argumentar também não ficaram registados no programa.

Do capítulo anterior podemos concluir que a resposta à questão principal não é simples de obter, pelo menos pela via seguida e se atendermos apenas aos resultados dos testes. Tal não significa contudo que não tenha havido evolução no conhecimento dos alunos; mas simplesmente que isso não foi possível avaliar pelos métodos convencionais utilizados.

Neste capítulo serão descritos e analisados, com recurso aos registos de áudio e vídeo, os momentos considerados mais importantes e significativos, para este estudo, dos diálogos entre os alunos durante a realização das actividades POE.

Domínio dos conceitos, formas de encarar o conhecimento científico, articulação do discurso, atitudes assumidas na procura de razões que justificassem as predições que fizeram e os factos que observaram serão agora analisados mais pormenorizadamente. Procurou-se assim confirmar já não apenas a persistência

das concepções alternativas detectadas anteriormente mas também o papel que desempenham na aprendizagem e, eventualmente, a sua origem.

Como professor-investigador optei por não interferir no conteúdo das respostas finais (ajudar a chegar à solução), como forma de poder avaliar o modo como as ideias dos alunos sobre os fenómenos eléctricos observados e sobre o conhecimento científico se manifestavam e influenciavam as dos parceiros. O desenvolvimento da investigação não seguiu portanto o que seria uma aula normal, onde nem sempre é fácil ter uma percepção completa dos conhecimentos reais dos alunos e da sua maneira de pensar. Este procedimento permitiria obter essa informação, uma vez que os diálogos entre os alunos ficariam gravados. Perdeu-se contudo a possibilidade de avaliar o papel do apoio do professor no momento mais crítico, isto é, quando os alunos procuravam empenhadamente uma explicação para o que tinham observado.

Limitei-me por isso a incentivar o trabalho de grupo, o debate de ideias e enfatizar a importância da justificação adequada das respostas. É possível que se tivesse optado por ter ajudado os alunos a construir a explicação final das respostas POE, não permitindo que respondessem erradamente, o resultado fosse diferente. Mas se tivesse procedido desse modo, em vez de ter apresentado a solução das tarefas posteriormente, numa sessão conjunta, teria interferido nos diálogos entre pares, pelo que a informação recolhida teria sido bastante diferente. Fica assim por responder a questão derivada, sobre a melhor maneira do professor conduzir estas actividades, pois uma resposta objectiva a esta questão dependia de uma resposta clara à questão principal. Neste caso, o investigador sobrepôs-se ao professor e os resultados imediatos não parecem ter sido positivos para os alunos. Houve maior preocupação com o entendimento dos processos do que com os resultados que se pretendiam obter. Se atendermos apenas aos resultados dos testes esta parece não ter sido a melhor opção. Como vimos, a sessão conjunta, onde o ambiente vivido esteve muito longe do ambiente receptivo criado durante o desenvolvimento das actividades POE, não produziu alterações conceptuais imediatas e duradouras.

6.2 DISCUSSÕES DOS GRUPOS COM INCIDENTES MAIS SIGNIFICATIVOS DURANTE A ACTIVIDADE POE-I

Os grupos comportaram-se de forma muito desigual na articulação de ideias e no debate, como se poderia prever a partir da análise das respostas e justificações escritas. De qualquer modo a forma de raciocinar esteve sempre aquém do que se podia esperar de alunos do 11º ano. A persistência das concepções alternativas está bem explícita nos dados recolhidos.

POE-I GRUPO 1.1 (Chico e Pires)

Depois do professor lhes ter dito, e a todos os outros grupos, que deveriam tentar trabalhar em conjunto, recorrendo ao diálogo e à manifestação livre das opiniões, Chico e Pires observaram os circuitos e leram as diversas opções que lhes eram apresentadas. Chico leu então, em voz alta, o texto e as opções de resposta.

- Chico - Acho que é a b)... mas não sei...*
Pires - A c)...
Chico - A c)? Diz que acendem com igual brilho e eu acho que as que estão em paralelo não vão ter o mesmo brilho. Ou então é outra resposta. Esta [aponta a a)] está fora de questão.
Pires - E “Outra resposta” também...
Chico - Eu acredito que elas acendem todas.
Pires - Acho que é a b)

Ao ler novamente a b) Chico fica com dúvidas sobre se a afirmação “apenas acendem as lâmpadas A e D” significa que B e C não acendem pelo que pede explicações ao professor. Esclarecido que era esse o sentido da frase¹⁹, isto é, deveria ser entendido que a B e a C não acenderiam, afirma:

- Chico - Nesse caso ou é a c) ou a d). (Pausa)*
Sinceramente acho que acendem todas, mas a A e a D...
Pires - - A A e a D acendem com o mesmo brilho... e a B e C acendem menos... Acho que é a b).

¹⁹ Outros grupos sentiram dificuldade na interpretação desta afirmação pelo que se a actividade vier a ser utilizada noutras circunstâncias a sua reformulação deverá ser pensada.

-
- Chico - “Ya”! [Sim] mas ao contrário...a A acende com um brilho maior depois a B e a C com um brilho mais pequeno e a D ainda menos.
- Pires - Não, não é...
- Chico - Por exemplo estas 2 [em paralelo] é como se fossem apenas uma em série com as outras... eu lembro-me que quando se ligavam 2 lâmpadas em série uma ficava com maior [brilho] e outra com menos, e estas é como estivessem em série com estas...
- Pires - Sim é isso...

Pires acaba a escrever a resposta final, ditada pelo colega:

Predição:

“Acendem-se todas as lâmpadas, mas o A tem maior brilho, o B e o C têm igualmente um brilho mais pequeno e a D um brilho menor.”

Ambos os alunos declararam ter a certeza absoluta do que afirmavam.

Chegados à fase da justificação Chico apresenta a seguinte dúvida: “Mas se estamos completamente de acordo não é necessário justificar...”, mostrando que não distingue completamente entre a descrição de um acontecimento e a sua justificação (um problema de linguagem, portanto).

- Professor - Não... têm de justificar.
- Chico - Mas nós já justificámos...
- Professor - Tentem justificar melhor.

Chico dita então a seguinte *justificação* que Pires escreve:

Justificação:

*“As lâmpadas B e C estão em paralelo, mas encontram-se em série com as outras duas.
E num circuito com lâmpadas em série cada lâmpada vai ter menos brilho.”*

Esta é, tal como referido anteriormente, uma das falsas concepções mais vulgares sobre a corrente eléctrica num circuito: “**A corrente é consumida ao longo do circuito**”.

FASE DE OBSERVAÇÃO (grupos 1.1 e 1.2)

A observação foi feita em conjunto, pelos quatro alunos que participaram nesta sessão. Como referido, recorreu-se ao programa de simulação de circuitos eléctricos “Pintar VirtuaLab Electricity”.

Ao repararem que só duas lâmpadas acendem a maioria dos alunos sente que as suas expectativas foram de certo modo defraudadas.

Jorge - Acende só a A e a D.

Chico - E então a corrente não passa por elas [B e C]?

Dinis - A corrente divide-se... E elas têm menos brilho.

Jorge - Mas se calhar, na realidade elas acendem-se.

Professor - Neste caso é o que acontece. Não quer dizer que seja a única coisa possível. Neste caso, como as coisas estão, dadas as características das lâmpadas e das pilhas, acontece isto. Pelo menos não se vê as outras acender...

Jorge - Mas se calhar na realidade elas acendem.

Chico - O mais provável é isto não acontecer...na realidade...

Professor - Não, isto pode acontecer, só acenderem aquelas duas, embora não seja a única possibilidade...

Regressados ao lugar Pires acaba por escrever a *observação*, com a ajuda de Chico.

Observação:

“As lâmpadas A e D acenderam devido às suas características e às características das pilhas e por isso as lâmpadas B e C não acenderam.”

Depois é a vez de Chico escrever a *explicação*.

Explicação:

“As lâmpadas A e D acenderam devido às suas características e das pilhas. E as lâmpadas B e C não acenderam devido à corrente que passa por elas ser mínima.”

Neste grupo, a falsa concepção, já identificada, de que “a corrente se vai consumindo ao longo do circuito” e que, segundo Duit & Von Rhöneck (2005), se mantém atractiva para os alunos mesmo depois de instrução escolar sistemática, está bem patente na intervenção por parte de Chico que acaba por convencer Pires da sua ideia sobre a corrente. Pires, incapaz de defender a sua perspectiva, e

contrapor ao exemplo “concreto” apresentado por Chico, um raciocínio científico, acaba por concordar com Chico (por falta de argumentos ou convicção?), aceitando também esta falsa concepção, apesar da sua intuição inicial estar mais próxima da explicação científica. Incapazes de encontrar uma justificação científica, os alunos apresentaram como justificação a informação do professor sobre a veracidade (possibilidade real) do observado através de simulação.

POE-I GRUPO 1.2 (Jorge e Dinis)

Professor - Façam o trabalho em conjunto e tentem dialogar entre vocês.

Depois de observarem os dois esquemas fornecidos, os alunos ficam perante as opções possíveis mantendo-se em silêncio durante alguns instantes. O empenho e a atenção do Jorge são uma surpresa agradável para o professor, que o conhece já do ano anterior tendo-lhe leccionado a disciplina de SAD na condição de repetente. Era um aluno com capacidades, mas mostrou-se sempre pouco interessado. Este ano, na disciplina de ATEE, continua a ser, em geral, muito pouco interessado e pouco participativo nas actividades práticas.

Dinis - (Algo impaciente) Então o é que vai acontecer?

Jorge - Acho que é...

Dinis - (Lendo em voz altas as opções e acabando por se fixar na c)) “Todas as lâmpadas acendem com o mesmo brilho.”

Jorge - (Depois de hesitar bastante) Quando está em paralelo a intensidade muda...

Tentam descrever o percurso da corrente para entender melhor o que acontecerá.

Dinis - Quando liga passa na A...

Jorge - Passa na A e na D mas passa igual.

Dinis - Se passam na A e na D vão ter de passar...

Jorge - Sim, mas aí o brilho vai ser menor...

Dinis - Porquê?

Jorge - A intensidade divide-se em dois e portanto dá menos...

Dinis - Podes escrever...Na B e na C...

Terminam esta fase escrevendo em conjunto a *predição*.

Predição:

“Nas lâmpadas B e C o brilho é menor do que nas lâmpadas A e D, porque a intensidade divide-se quando o circuito está em paralelo”.

Ambos afirmam ter “*quase a certeza*” no que escreveram e avançam de imediato para a *justificação*.

Justificação:

“Quando o circuito está em paralelo, a intensidade divide-se pelo número de ramos.”

A seguir, Dinis pergunta: – “*Stôr*” não dá para fazer ensaio?

De salientar que esta observação tem razão de ser porque é a primeira vez que os alunos contactam com este tipo de actividades. O facto dos ecrãs e a forma como se interligam estarem muito próximos do ambiente da WEB, que todos conhecem bem, permitiu que não fosse necessária nenhuma preparação especial por parte dos alunos, com excepção de pequenas indicações que o professor-investigador ia dando, tanto no início, como à medida que a actividade se desenvolvia. Na segunda actividade a maioria dessas indicações já não foi por isso necessária.

Antes de assistirem à simulação através do programa foi-lhes dito pelo professor-investigador que o que iriam observar era apenas uma possibilidade. Outras seriam possíveis, dependendo das características (que não foram especificadas) das lâmpadas e das pilhas.

FASE DE OBSERVAÇÃO (feita em conjunto com o grupo 1.1)

Após a observação Dinis e Jorge não encontram explicação para o facto das duas lâmpadas em paralelo não acenderem.

Jorge - B e C não acendem, só A e D.

Dinis - Certo.

Professor - Tentem agora explicar porque é que isso acontece.

Dinis - Pelo valor da lâmpada?

Jorge - Também não sei...

Dinis - Se calhar a A e a D consomem mais.

Jorge - Se calhar é isso.

Dinis tenta do professor a confirmação do maior consumo de A e D, tendo este dito que deviam, de acordo com os conhecimentos que possuíam de electricidade, encontrar a resposta por eles próprios.

- Dinis - Acho que a A e a D consomem mais...*
Jorge - Consumem a intensidade produzida pela bateria...
Dinis - A nossa resposta estava de acordo com o esquema...
Jorge - ... Mas não com o resultado.
Dinis - Podiam acender as 4, a A e a D com mais brilho, que a B e a C dependendo da intensidade da corrente.
Jorge - Dependendo da intensidade da bateria.

Não muito seguros da justificação e depois de algumas hesitações continuam a fazer conjecturas:

- Jorge - Talvez as lâmpadas A e D consumissem mais intensidade que as lâmpadas B e C.*
Dinis - Mais não, menos... Não, mais... está certo ao acenderem têm de consumir mais.
Jorge - (Tentando esclarecer Dinis) Vem uma intensidade daqui e daqui [apontando para os extremos do circuito] e não chega aqui [lâmpadas B e C] porque a intensidade gasta-se toda, é consumida nas lâmpadas A e D por isso estas não acendem.
Dinis - Se estas tivessem menos tinham que acender...
Jorge - Não sei. Aqui não acenderam...
Dinis - Se a bateria fosse de grande intensidade acendiam as quatro.
Jorge - Isso já dissemos...

Sem conseguirem chegar a uma conclusão em que acreditassem completamente acabam por escrever a sua explicação.

Explicação:

”A nossa predição estava de acordo com o esquema mas não com o resultado, podiam ter acendido as 4 lâmpadas se a intensidade da bateria fosse diferente. Talvez tivéssemos errado porque a lâmpada A e D consumiram mais intensidade e [por isso] não passou para as lâmpadas B e C.”

São nítidas as falsas concepções neste diálogo, ambas muito generalizadas e bem identificadas e estudadas por diferentes autores, particularmente os já citados na revisão da literatura (e.g. Duit & Von Rhöneck, 2005):

-
- **“A bateria como fonte de corrente constante” e como tal incapaz de fornecer corrente suficiente para alimentar todas as lâmpadas;**
 - **“A corrente como algo que é consumido pelos receptores” e portanto os “primeiros” são os que mais recebem (consomem);**
 - **“O modelo concorrente” ou “clashing current”: a corrente sai da pilha por ambos os terminais. A luz é produzida em consequência do encontro das duas correntes.**

É interessante notar que o aluno Jorge, para justificar o facto das lâmpadas do meio não acenderem, afirma que a corrente vem dos dois lados e, sendo consumida nas lâmpadas A e D, impede que as lâmpadas B e C acendam. Temos assim uma concepção que é praticamente uma síntese das duas últimas referidas. Este facto reforça a ideia de que, se muitas das concepções alternativas têm um certo grau de estabilidade e consistência (Carretero, 1997), outras são contextuais, surgindo como resposta a determinado problema.

Uma outra falsa concepção menos referida na literatura parece no entanto ser responsável pelo ressurgir daquelas três, quando pareciam ter sido ultrapassadas por alguns dos alunos: a de que é **“a corrente que ao passar no filamento das lâmpadas produz a luz”**. Partindo desta base, e na tentativa de justificar o facto “anómalo” das lâmpadas não terem acendido, os alunos acabaram por concluir que se B e C não acenderam tal só pode dever-se a que a corrente não passa por elas. Isto apesar de no início alguns alunos (entre eles, Dinis) referirem que a corrente no paralelo se dividia e portanto B e C brilhariam menos que A e D. Definitivamente, para estes alunos, não é a libertação de calor (Lei de Joule) no filamento que, se for suficiente para o tornar incandescente, originará o efeito luminoso. Para eles, é a passagem da corrente no filamento que origina a luz. Nenhum referiu, ao longo de toda a experiência, o aquecimento como causa da emissão luminosa.

Esta situação só aconteceu porque a corrente (dividida) não era suficiente para acender as lâmpadas. A situação mais comum seria as duas lâmpadas em paralelo terem acendido, embora com menos brilho. Mas foi este “obstáculo” (situação

particular) que permitiu que sobressaísse entre os alunos a falsa concepção de ser a corrente e não o calor que provocava o efeito luminoso.

A experiência poderia ter tido como opção certa aquela que alguns alunos escolheram – acenderiam todas, mas B e C com menor intensidade –, pois a que foi confirmada pela experimentação não era a única possível. No entanto se se tivesse construído a experiência de modo a acenderem todas as lâmpadas (A e D com maior brilho que B e C), a falsa concepção da corrente como produtora de luz possivelmente não teria surgido e as outras não teriam sido desencadeadas por esta, como se verificou.

POE I GRUPO 1.3 (Costa e Carlos)

Costa - ... Aqui diz: todas as lâmpadas acendem com o mesmo brilho...
Carlos - A tensão [corrente?] no paralelo vai-se distribuir... Não vai ser tudo igual... Aqui vai ficar com menos brilho.

A mesma dúvida sobre o significado do “Apenas” surgiu também neste grupo, o que deverá, como dissemos, levar a pensar na sua reformulação, no caso da questão vir a ser utilizada noutros trabalhos.

Sem mais raciocínios e recursos às leis dos circuitos série e paralelo, acabaram por escrever a *predição*.

Predição:

“Nas lâmpadas A e D o brilho vai ser o mesmo, nas B e C vai ter brilho com menos intensidade que a de A e D.”

Carlos com certeza absoluta, Costa com algumas dúvidas.

Sem qualquer discordância, acabaram por escrever a *justificação*.

Justificação:

“Devido a B e C estarem em paralelo, a corrente vai-se dividir em 2 logo o brilho vai ser menor do que nas lâmpadas A e B.”

FASE DE OBSERVAÇÃO (grupos 1.3, 1.4 e 1.5)

A observação foi feita em conjunto, pelos seis alunos que participaram nesta sessão.

Durante a observação notou-se nestes alunos uma certa desilusão com o resultado da experiência, mas não apresentaram qualquer contestação ou tentativa de explicação em grupo alargado.

Durante a fase de observação André, descrente, afirma que as outras podem acender mas não se ver. É-lhe dito que isso realmente poderia acontecer. De qualquer modo, o que aconteceu é perfeitamente possível acontecer na realidade.

Costa e Carlos regressaram à bancada onde trabalhavam e escreveram a sua visão do sucedido.

Observação:

“Ao observar o circuito reparou-se que A e D acenderam, com a mesma intensidade de brilho, e B e C não acenderam, não quer dizer contudo que não tenham acendido, podem é ter menos brilho.”

Explicação:

“A nossa opinião diverge um pouco daquilo que foi observado, porque aquilo que observámos foi que a lâmpada A e D acendem mas não sabemos se as lâmpadas B e C chegam a acender porque não é visível mesmo que o brilho de ambas seja pouco e o que concluímos foi que acendiam B e C com pouco brilho, podendo estar certos ou não podemos saber.”

Neste grupo praticamente não houve divergências nem argumentações muito diferentes das apresentadas nas respostas, e quer a predição quer a respectiva justificação estavam correctas. Foram no entanto incapazes de explicar completamente o que tinham observado. Este facto levou Carlos, no final, a reconhecer que tinha havido da sua parte, e do parceiro, pouca “argumentação técnica” e pouca fundamentação com base nas “leis da electricidade”. É uma posição epistemológica (a forma como o aluno vê o seu próprio conhecimento) que deve ser assinalada, porque não é frequente entre os alunos esta percepção. É

sem dúvida um bom ponto de partida para uma mudança conceptual mais profunda e um bom indício de evolução.

Também neste grupo foi o facto das lâmpadas em paralelo não terem acendido que tornou mais difícil a explicação do que observaram. Neste caso é de registar que se observam claramente comportamentos típicos dos alunos quando confrontados com acontecimentos discrepantes relativamente à sua forma de pensar, que foram bem estudados por Chinn & Brewer (1993). Com efeito, observa-se aqui uma nítida tentativa de rejeitar ou reinterpretar os dados para que não tenham de alterar a sua maneira de pensar.

POE-I GRUPO 1.4 (André e José)

André e José vêem os circuitos e lêem com atenção as diferentes opções.

André - Vão acender todas, A e D com um brilho e as outras com outro brilho.

Como lhe pareceu que a afirmação “Apenas acendem as lâmpadas A e D com o mesmo brilho” significava que as outras não acenderiam, depois de esclarecer com o professor essa dúvida, acabou (acabaram) por escolher a opção em aberto, tendo escrito a *predição* do grupo.

Predição:

“As lâmpadas A e D vão acender com um brilho diferente de B e C.”

Praticamente de imediato escreveram também a *justificação*:

Justificação:

“O circuito vai reagir desta forma devido à diferença de potencial.”

À pergunta do professor “*Não querem dizer mais nada?*” responderam que não.

De notar que neste grupo quase não houve diálogo, tendo a participação do José sido limitada praticamente a concordar com o que André afirmava.

FASE DE OBSERVAÇÃO (feita em conjunto com os grupos 1.3 e 1.5)

A observação foi feita com os outros grupos, após o que André e José escreveram a sua *observação e explicação*:

Observação:

“Acenderam as lâmpadas A e D.”

Explicação:

“Continuamos a acreditar na nossa solução, porém no circuito só acenderam as lâmpadas A e D devido à diferença de potencial.”

Neste caso, em que praticamente não há qualquer argumentação que se possa classificar de lógica ou científica, nenhuma falsa concepção parece ser revelada, até porque o nível de pormenorização do que poderia acontecer é muito baixo. Afirmar que o que pensavam que iria acontecer, assim como o que aconteceu, se deve à diferença de potencial, sem mais, é apenas uma maneira de dizer qualquer coisa, parecendo que se entendeu, mas que mostra apenas a sua incapacidade de encontrar uma explicação. Com efeito, em última análise, tudo o que acontece, ou não, tem a ver com a diferença de potencial do gerador que alimenta o circuito. Estes alunos revelam assim uma concepção muito elementar do que é uma explicação científica e completa ausência de estratégias metacognitivas.

POE-I GRUPO 1.5 (Rodrigo e Mário)

Rodrigo lê em voz alta o texto e, olhando para o circuito, tenta raciocinar com base nas leis do circuito série e paralelo que parece ou pensa dominar:

*Rodrigo - Dividem-se as tensões aqui e aqui. A corrente aqui é igual a esta [lâmpadas A e D]. A estas está aplicada a mesma tensão [paralelo]. Como são iguais consomem igual corrente. A corrente inicial é igual à corrente de saída... (lê em voz alta as opções).
Acho que é esta.*

Mário - Sim, A e D acendem com o mesmo brilho.

Rodrigo concorda e, por exclusão de partes, escolhem a opção b).

Na justificação começam a escrever: - *“Todas as lâmpadas acendem, as lâmpadas A e D são percorridas...”*. Aqui Rodrigo começa a ter algumas dúvidas: - *“As lâmpadas são iguais, estas são percorridas pela mesma corrente, a estas está*

aplicada a mesma tensão, visto ser o circuito paralelo...”. Recorda as opções e a escolha que fizeram.

Rodrigo - (enquanto escreve) As lâmpadas A e D são percorridas pela mesma intensidade da corrente

Mário - ...superior à intensidade da corrente de B e C e por consequência têm mais brilho que B e C.

Rodrigo - Não, não têm mais brilho...

Mário - Têm, têm...

Rodrigo - Não, A e D não têm mais brilho. A tensão aqui é dividida pelos dois, portanto vão ter menos tensão aplicada que estas duas [paralelo], podem ter o mesmo brilho mas não vão brilhar mais do que a B e a C. As lâmpadas são iguais (tenta explicar a Mário), vão ser percorridas pela mesma corrente e estar à mesma tensão, agora, no circuito série a tensão divide-se pelos vários receptores, a corrente é que é só uma, a tensão vai estar dividida nesta e nesta [A e D], nestas é que vai estar a mesma tensão aplicada, ao serem percorridas pela mesma corrente e terem a mesma tensão aplicada, vão dar mais brilho que estas que têm menos tensão aplicada.

Mário - Exacto, mas continua certa a resposta. (A resposta é portanto entendida como não referindo nada relativamente às lâmpadas B e C).

Rodrigo - (continuando a escrever) Ao serem iguais, a d.d.p. aos seus terminais está dividida pelos dois receptores. As lâmpadas B e C são igualmente percorridas pela mesma intensidade da corrente, mas neste caso, visto tratar-se de um circuito paralelo...

Mário - A tensão nas duas lâmpadas é a mesma.

Rodrigo - ... a d.d.p. aos seus terminais será a mesma. Neste caso a tensão total de alimentação.

Justificação:

“Todas as lâmpadas acendem, as lâmpadas A e D são percorridas pela mesma intensidade da corrente. As lâmpadas B e C são igualmente percorridas pela mesma intensidade, mas neste caso, visto tratar-se de um circuito paralelo a d.d.p. aos seus terminais será a mesma.”

Apesar de Rodrigo parecer dominar as leis dos circuitos série e paralelo mostra-se incapaz de as aplicar, através de simples generalização, a um circuito misto, ao afirmar que a tensão da fonte está aplicada ao paralelo. Esta dificuldade é aliás muito frequente e bem conhecida dos professores que leccionam Electricidade.

FASE DE OBSERVAÇÃO (feita em conjunto com os grupos 1.3 e 1.4)

Depois da *observação*:

Rodrigo - Em termos teóricos aquilo que eu disse está certo. Mas não faço a mínima ideia do que se passou ali. (O facto de duas das lâmpadas não acenderem parece ter abalado mesmo as opiniões mais sustentadas, como no caso do Rodrigo).

Acenderam as duas lâmpadas tal como tínhamos respondido. Mas ao contrário do que esperávamos as lâmpadas B e C não acenderam.

Mário - A única diferença que eu vejo é a diferença de intensidades em B e C relativamente a A e D. Por isso elas não acendem ou acendem muito pouco... Não vejo razão nenhuma [para não acenderem].

Rodrigo - A corrente é mais pequena... se tivessem menos brilho... mas não, estão apagadas. Isto na teoria está errado. (Mário concorda.)

Rodrigo, incapaz de olhar para o paralelo de B e C como estando em série com as lâmpadas A e D, mostra-se particularmente confuso por as lâmpadas terem ficado apagadas completamente.

Rodrigo - Temos a certeza da tensão se dividir pelas lâmpadas série [A e D]... e temos a certeza que a tensão aos terminais do paralelo é a mesma. E que a corrente é igual em B e C. Mas porque é que é menor em B e C? Já sei... A tensão vai-se dividir por estas [A e D]... e portanto estas [B e C] não têm d.d.p. aplicada. A corrente ao se dividir neste nó não é suficiente para acender as lâmpadas.

Mário - A corrente quando é dividida não é suficiente para acender as lâmpadas ... é isso?

Rodrigo - Sim e a d.d.p. total vai-se dividir por A e D e aqui vai ser mínima... ou quase nula, no paralelo. A corrente total passa por A e D... as lâmpadas servem apenas de fio condutor...

Se os fenómenos no paralelo, inicialmente, eram independentes das lâmpadas A e D (porque no paralelo a tensão é a “mesma”), a lei da divisão da tensão no circuito série acabou por exigir o “desaparecimento” do efeito do paralelo sobre a corrente.

Mário concorda e Rodrigo começa a escrever, embora mostre ainda muitas dúvidas.

-
- Rodrigo - (Escrevendo) *Depois de observarmos os resultados chegámos à conclusão que a d.d.p. total está dividida pelos receptores A e D logo a d.d.p. aos terminais dos receptores B e C...* (Pára para pensar).
Não podemos confundir corrente com tensão, pode haver tensão sem corrente mas não há corrente sem tensão...
- Mário - *B e C não tem corrente para acender as lâmpadas. Se é quase nula não sei...*
- Rodrigo - *Se não tem corrente também não tem tensão...* (continua a escrever)
será bastante baixa tal como a corrente que os percorre visto que a intensidade total é aplicada a A e D.

Explicação:

“Depois de observarmos os resultados chegámos à conclusão que a d.d.p. total está dividida pelos receptores A e D logo a d.d.p. aos terminais dos receptores B e C será bastante baixa tal como a corrente que os percorre visto que a intensidade total é aplicada a A e D.”

Embora o aluno Rodrigo demonstrasse um domínio dos conceitos acima da média dos seus colegas, os seus conhecimentos revelaram-se insuficientes para uma explicação correcta do fenómeno. Falhou a generalização das leis dos circuitos série e paralelo, que invocou várias vezes, necessária para analisar um circuito misto. Na nossa opinião faltou a Rodrigo a capacidade de se auto-questionar sobre até que ponto dominava o assunto em questão e de ser capaz de encontrar algumas incongruências no seu próprio raciocínio. Estas questões pertencem à esfera da metacognição e deverão ser tidas em conta no processo da mudança conceptual. Vários autores se têm debruçado sobre a problemática da metacognição mas não parece haver acordo sobre quando e de que modo deve esta questão deve ser abordada na aprendizagem das ciências. Em todo o caso, concordamos com Carretero (1997) quando afirma que a mudança conceptual, para ser real, exige que o aluno desenvolva certas estratégias metacognitivas.

6.3 DISCUSSÕES DOS GRUPOS COM INCIDENTES MAIS SIGNIFICATIVOS DURANTE A ACTIVIDADE POE-II

Esta actividade foi bastante menos rica em interactividade entre os alunos do que a anterior. Talvez por ser mais difícil e os alunos estarem menos familiarizados com este assunto, criaram-se poucos momentos que se possam considerar importantes para análise.

Há no entanto dois momentos que consideramos bastante significativos e exemplares sobre certas formas de pensar que os alunos mantêm e que na nossa opinião são grandes entraves à aprendizagem das ciências. O primeiro destes momentos dá-se no Grupo 2.1 e o outro no Grupo 2.3 e serão apresentados e comentados mais à frente.

Nos restantes grupos e diálogos as concepções alternativas já referenciadas na tarefa anterior continuam a influenciar os raciocínios, como se pode concluir dos quadros resumos apresentados no capítulo anterior.

Referiremos ainda outros dois momentos que consideramos dignos de registo, embora de natureza diferente. Um sucedeu durante a *fase de observação* feita em conjunto, e de que apresentamos um extracto dos diálogos. O outro já no final dos trabalhos.

Os comentários durante a *fase de observação* mostram que este tipo de actividades pode motivar e despertar o interesse dos alunos pelas aprendizagens. Sobre esta questão é também de realçar que na resposta ao inquérito feito aos alunos, onde lhes foi pedida a sua opinião sobre estas actividades, eles foram unânimes em considerá-las importantes para a aprendizagem. Principalmente pela exigência de participação activa dos alunos e aos recursos computacionais utilizados. Outros factores referidos nesse inquérito como contribuindo para tornar as actividades POE apelativas foi o facto de serem uma novidade e os alunos poderem controlar o ritmo com que são realizadas.

FASE DE OBSERVAÇÃO

(realizada em conjunto)

Ao verem a demonstração experimental (real) da experiência, em que não há qualquer dúvida de que a travagem de um dos motores provoca uma diminuição da velocidade do outro, ouviram-se, entre outros, os seguintes comentários:

Jorge - Porque aí não está a resistência que está no circuito.

Professor - Está, eu já lha mostro...

*Chico - (Começando a desconfiar da sua intuição para conseguir encontrar a resposta certa). **Eu vou começar a dizer a resposta que eu não acho... Mas porque é que diminui “Stôr”?***

Jorge - Desligue lá o motor...

Ah! - Exclamam quase todos quando vêm que no caso de se desligar um dos motores a velocidade do outro motor aumenta.

Mais uma vez se observam reacções típicas perante um acontecimento que não esperavam. A afirmação de Chico deve ser tida em consideração no projecto de actividades POE. Nem todas devem contra-intuitivas, para evitar que os alunos possam raciocinar daquela maneira.

POE-II GRUPO 2.1 (Chico e Pires)

Chico lê em voz alta a descrição do problema. Sem qualquer diálogo relevante acabam por escolher, por sugestão de Chico, a hipótese b) (porque... acham que é aquela). Passam de imediato para a *justificação*:

Justificação:

“Porque se um motor pára a corrente fica aplicada apenas a um motor e irá aumentar a sua velocidade.”

Após a observação passam para a fase de explicação.

*Chico - O nosso raciocínio estava certo, percebemos mal o problema... Eu tenho uma explicação mas não acredito que seja verdade... quando a gente trava, a corrente vai passar mais para tentar mover o motor, então vai passar menos no outro... sinceramente não sei se está certo... **eu não acredito que a corrente seja assim tão inteligente.***

Pires, que estava a escrever a resposta, à medida que Chico ia falando terminou escrevendo a seguinte *explicação*:

Explicação:

“Como a corrente se vai deslocar mais para um motor, tentando com que ele volte a trabalhar (rodar) vai passar menos corrente pelo outro, fazendo-o abrandar a velocidade.”

Na explicação escrita estes alunos omitiram o comentário sobre a eventual falta de “inteligência da corrente”. No entanto, embora esta perspectiva de que os fenómenos naturais são imprevisíveis ou que não se regem por qualquer lógica racional não apareça na literatura consultada, talvez merecesse alguma atenção. A não ser que a integremos na perspectiva da ciência como uma colecção de factos, com a agravante desses factos não se guiarem aqui por qualquer lógica. Aprender qualquer ciência encarando-a deste modo não é com certeza tarefa fácil.

No pólo oposto recordamos as palavras de Feynman (2000) que considera que a “Natureza tem uma grande simplicidade e, portanto, uma grande beleza” (p.222).

POE-II GRUPO 2.3 (Costa e Carlos)

Carlos e Costa lêem a questão. “Isto está giro”, afirma Carlos. Para evitar o mal-entendido que surgiu no outro grupo foi-lhes dito que parar o motor não significava desligá-lo mas sim impedi-lo de rodar. É-lhes também novamente pedido que discutam entre eles. Mais importante que “acertar” será raciocinarem sobre a situação. Isto não é um teste. Foi-lhes dito por mais de uma vez.

Costa - Mas se acertarmos é melhor...

Carlos - Acho que o outro vai continuar a funcionar normalmente.

A primeira escolha de Carlos não parece basear-se em nenhum raciocínio ou pelo menos ele não mostra necessidade de o apresentar, para fazer aquela predição.

Costa - (Indica no circuito os percursos da corrente)

Carlos - Acho que a velocidade se vai manter igual, como se estivessem os dois a funcionar.

Sim, não é parar... é pôr lá uma coisa para ele parar. Sim, vai manter.

Costa - Sim, vai manter.

Optam, no grau de convicção, por “ter quase a certeza”. De imediato escrevem a *predição*.

Predição:

“*O outro motor continuará a funcionar normalmente*”.

Passando para a fase de *explicação* a primeira reacção de Costa é dizer: - “*Sei lá porquê?*”.

Carlos - *A corrente continua a passar por lá...*

Costa - *Diz, que eu escrevo...*

Sem qualquer discordância acabam por escrever a *explicação*.

Explicação:

“*Travar o motor não implica pará-lo logo continua em funcionamento, mantendo o outro motor com a mesma velocidade que tinha anteriormente*”.

Esta “justificação” mostra que há uma confusão entre (constatação de) facto e justificação.

Já após darem por concluída a tarefa, as dúvidas ainda os assaltam. Praticamente *off-record* ainda é possível assistir-se ao seguinte diálogo:

Carlos - *Mas explicar as razões porque isso aconteceu...*

Costa - *Sei lá porquê...*

Carlos - ***Deve haver alguma lei... alguma coisa que estudámos...***

Costa - *Se não parar...Se tu parares um, o outro vai ganhar velocidade...*

Carlos - *Naquele caso perdeu...*

Costa - *Travaste, não paraste. (O que não é verdade)*

Carlos - *Sim...*

Costa - *Se parar vai ganhar... mas travastes perdeu...*

Carlos - *Pois...*

Costa - *Não sei se haverá alguma coisa com a pilha...*

Carlos - *Se a pilha tivesse fraca aquilo parava...*

Costa - *Fica assim ...*

Carlos continua a mostrar aqui que lhe escapa a explicação e que sente que os seus conhecimentos são insuficientes para encontrar a explicação. Contudo nunca parece dispor-se a ultrapassar essa barreira, como se para ele fosse uma tarefa

impossível. Costa pelo contrário não se mostra preocupado em saber, apenas em dar uma resposta.

Depois de saberem que este tipo de actividades tinha terminado, estabeleceu-se ainda o seguinte diálogo espontâneo:

Dinis - Por acaso estava a gostar de estar aqui [no laboratório], acho interessante.

Professor - Sim? Isto não é um teste.

Dinis - Sim, acho que assim se aprende mais.

Jorge - Queres dizer que as aulas todas assim era melhor?

Professor - O que é que você acha?

Jorge - Eu acho que não...

Professor - Nem algumas, pelo menos?

Dinis - Com o ensaio e uma explicação acho que é melhor.

6.4 CONCLUSÃO

A análise dos diálogos/discussões entre pares revelou, de um modo geral, não só um vocabulário técnico-científico muito pobre e dificuldade de articulação de ideias, mas também um fraco domínio das leis que regulam os circuitos eléctricos simples. Revelam também, na maioria dos casos, poucas preocupações epistemológicas e ausência de estratégias metacognitivas.

Com efeito, nenhum grupo recorreu à totalidade das leis dos circuitos série, paralelo e misto para sustentar as suas posições; nenhum grupo se referiu fundamentadamente à divisão (repartição) da tensão pelas lâmpadas A e D (circuito série) e pelo paralelo, constituído pelas lâmpadas B e C, onde seria metade da aplicada às outras. Em nenhuma circunstância os alunos referiram a questão da resistência (que poderia ou deveria ser introduzida através da Lei de Ohm) ou tentaram quantificar as grandezas eléctricas em jogo, dividindo por dois a resistência do paralelo, por exemplo, ou a corrente no paralelo constituído pelas lâmpadas B e C. Embora um pouco mais complexo, poderiam ainda ter

raciocinado de forma quantitativa para as tensões e verificar que a tensão se divide em três partes, sendo, no paralelo, metade das outras duas.

Isto apesar destes alunos serem frequentemente solicitados, ao longo dos últimos dois anos, pelo menos, para resolver problemas deste tipo com recurso a métodos e análises quantitativas.

A estratégia POE mostrou-se por isso um instrumento adequado e fértil para que os alunos revelassem as suas concepções alternativas relativas aos fenómenos eléctricos focados nas actividades escolhidas. Revelou-se também um elemento motivador, ao despertar o interesse e exigir a participação activa dos alunos.

Sobre a melhor maneira de implementar a estratégia POE, de modo a se conseguir uma mudança conceptual explícita, teremos de aceitar a impossibilidade de, a partir dos resultados obtidos, dar uma resposta inequívoca. Pelo menos nos casos apresentados, a forma como foi posta em prática, em que o professor não se assumiu como guia dos alunos na obtenção da explicação para os fenómenos observados a eficiência e os resultados obtidos foram muito fracos. A fase de explicação e a atitude do professor nessa fase pode ser determinante na evolução conceptual. Relativamente à observação, a forma como a experiência é apresentada, em laboratório real ou virtual, não parece ser muito importante.

Teremos ainda de concluir, concordando com diversos autores, que o estudo da Electricidade (e.g. Bachelard, 1990) não é um assunto fácil. Mesmo após estudo sistemático e especializado, como é o caso, muitos alunos mostram não dominar os conceitos elementares, têm dificuldades em aplicar as leis estudadas e cometem erros graves de raciocínio. Demonstram ainda possuir concepções e crenças próprias, embora muito espalhadas, sobre a natureza das ciências e do conhecimento científico.

CAPÍTULO 7

SUMÁRIO E CONCLUSÃO FINAL

“Se tivesse de transmitir uma mensagem, para além de começar cedo e proporcionar à criança um maior domínio da linguagem, consistiria na necessidade de considerar o que acontece antes de ela ingressar na escola”

Jerome Bruner (1976:73-74)

Este trabalho teve como objectivo principal investigar o papel da realização colaborativa de actividades POE, apoiadas por computador, na melhoria das aprendizagens dos fenómenos eléctricos por alunos de uma turma do 11º ano do curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica.

Começámos por enquadrar teoricamente a investigação assumindo como suporte o construtivismo e o papel desempenhado pelas concepções alternativas no processo de ensino/aprendizagem das ciências, particularmente da electricidade. Para isso, as principais correntes e orientações construtivistas foram analisadas e fez-se um levantamento das concepções alternativas mais frequentes citadas na literatura. As dificuldades e os principais obstáculos à mudança conceptual, assunto de inúmeros documentos nas últimas décadas, foram também estudados através dos trabalhos de muitos autores referenciados nos capítulos 2 e 3. Alguns desses trabalhos são hoje considerados clássicos entre os defensores do *Construtivismo Social* e do *Modelo de Mudança Conceptual* (e.g. Posner et al., 1982 e Chinn & Brewer, 1993).

Muitos estudos empíricos sobre estas questões apresentam contudo diferentes orientações metodológicas (ver, p. ex., Aguiar Jr., 2001).

No nosso caso as actividades e os instrumentos de pesquisa principais foram projectados fundamentalmente tendo em conta as concepções alternativas e as suas características referidas na literatura citada sobre o ensino/aprendizagem da electricidade. Como estes alunos já tinham tido uma formação especializada com forte componente teórica e prática em electricidade e electrónica – encontravam-se na altura do estudo a estudar circuitos com transístores – esperava-se que já

tivessem superado muitas das concepções mais vulgares sobre a corrente eléctrica. Uma primeira actividade, de carácter exploratório, e um pré-teste permitiram no entanto facilmente concluir o contrário.

Confrontámos os alunos com alguns factos científicos com que se podem deparar no dia-a-dia para que tomassem consciência de que a ciência é muitas vezes, embora nem sempre, “contra-intuitiva”. Ao exigirmos a explicação cabal dos acontecimentos presenciados pretendíamos mostrar que a ciência exige um domínio adequado dos conceitos e esforço de abstracção. Nas palavras de Bachelard (1996), pretendíamos que tomassem consciência de que “a intuição primeira é um obstáculo para o pensamento científico” pelo que não se trata portanto de uma questão de memorização e menos ainda de um simples jogo de adivinhação.

Recorremos às novas tecnologias de informação e comunicação como ferramentas de aprendizagem e de apoio à realização das tarefas POE. Hoje já ninguém põe em causa o recurso aos computadores na educação, podendo-se discutir apenas a forma como são usados ou as expectativas sobre a sua utilização. De qualquer modo a escola não pode alhear-se dos instrumentos e ferramentas do seu tempo. O *software* utilizado permitiu o desenvolvimento autónomo do trabalho pelos diversos grupos e também recolher os resultados finais das discussões entre pares. A importância e os efeitos do trabalho colaborativo em pequenos grupos (pares) neste processo puderam desse modo ser mais facilmente analisados. Estes dois factores, recursos computacionais e trabalho de grupo, mostraram ser elementos extraordinariamente motivadores para a realização das tarefas. Também a forma como as questões foram apresentadas, como um desafio à descoberta antecipada do que iria suceder, mostrou ser um elemento capaz de suscitar o entusiasmo e o empenho dos alunos na sua resolução.

As respostas registadas por escrito com recurso ao *software* mostraram que os alunos, de um modo geral, não foram capazes de encontrar uma solução cientificamente sustentável para o que tinham presenciado. Recorreram frequentemente a pré-concepções e ideias alternativas. Nalguns casos, embora tendo a solução correcta, acabaram por recuar e dar razão ao seu par que, embora apresentando uma justificação errada, parecia gozar de maior prestígio e maior

poder de argumentação. Esta situação na colaboração entre pares em que há uma regressão não é inédita e já foi objecto de estudo por Tudge (1996), que considera que o grau de confiança entre pares, além do nível de conhecimentos, pode afectar a interacção.

“Não há garantia de que o significado que é criado quando dois parceiros interagem corresponda a um nível superior, [mesmo no caso de um deles ser mais competente], e esteja efectivamente fornecendo informações dentro da zona de desenvolvimento proximal do parceiro menos competente” (p. 165)

Através do registo em áudio e vídeo dos diálogos dos alunos durante a realização das actividades POE, foi possível testemunhar o modo como as pré-concepções e as ideias alternativas sobressaem e se inter-relacionam em esquemas mentais que acabam por constituir um forte obstáculo às ideias científicas. As dificuldades e erros de raciocínio cometidos mas pouco visíveis nas conclusões apresentadas por escrito, mesmo quando estas estão erradas, só através das gravações puderam ser testemunhados e avaliados adequadamente. Muitos desses diálogos constituíram mesmo a maior surpresa para o professor-investigador, que, apesar da sua longa experiência na leccionação destes assuntos e de conhecer relativamente bem os alunos, não imaginava que pudessem raciocinar de determinada maneira sobre assuntos que era suposto conhecerem relativamente bem. Na nossa opinião são o facto menos esperado e talvez uma novidade que parece resultar deste trabalho.

Julgamos que também é importante enfatizar o papel que uma pré-concepção – chamemos-lhe assim, pois não parece ser resultado da instrução –, pode desempenhar no ressurgimento de outras que pareciam já ter sido ultrapassadas. Esse ressurgimento reforça a ideia de que os alunos possuem modelos mentais intuitivos com que tentam explicar o mundo à sua volta e não apenas ideias isoladas. Referimo-nos ao facto de alguns alunos pensarem que numa lâmpada de incandescência é a corrente eléctrica e não o calor, ao tornar incandescente o filamento, que é responsável pela emissão de luz.

As ideias prévias continuam por isso a ser encaradas como uma das mais importantes causas das dificuldades apresentadas pelos alunos na aquisição do conhecimento científico. É consensual entre os estudiosos desta área que as concepções alternativas existem em qualquer nível de escolaridade, estão muito arraigadas nos estudantes e são resistentes à mudança. Visto que é muito difícil ocorrer uma mudança imediata das concepções dos alunos, uma meta mais realista poderá ser apostar-se numa evolução progressiva de aproximação às ideias cientificamente aceites.

De resto este estudo confirma que as ideias alternativas são construções pessoais, mas que existem mais semelhanças que diferenças entre elas, o que permitiu identificar alguns esquemas comuns entre alunos de países e sistemas educativos diferentes (Campanario & Otero, 2000). Essas ideias prévias devem ter-se em conta como condição necessária (ainda que não suficiente) para uma aprendizagem significativa das ciências, isto é, para que os novos conhecimentos façam sentido para os alunos.

Da análise apresentada nos Capítulos 5 e 6 pudemos concluir que a resposta à questão principal foi negativa. Mas comprovámos que as falsas concepções dos alunos não são os únicos obstáculos à aprendizagem das ciências. Nos últimos anos as pesquisas neste campo têm-se focado também nas estratégias cognitivas dos alunos, nos seus esquemas de pensamento e de raciocínio e mesmo nas suas crenças epistemológicas e ontológicas. Um dos aspectos que julgamos ser de destacar é o que se costuma designar por metodologia da superficialidade: na resolução dos problemas não há exigência de rigor científico nem preocupação com eventuais inconsistências de raciocínio (Campanario & Otero, 2000). Outro é a questão (epistemológica) da natureza do conhecimento científico. Para muitos alunos a ciência não passa de um aglomerado de factos, o que além de não ser verdade é uma perspectiva que impede os alunos de entenderem a natureza do conhecimento científico. As falhas de muitas das novas (ou menos novas) abordagens no ensino das ciências parecem repartir-se por todos estes factores, quer de forma isolada quer conjugados, e na sua maioria surgem espontaneamente de forma mais ou menos explícita nas respostas às actividades e nos diálogos que os alunos mantiveram entre si.

De qualquer modo não é fácil aceitar os resultados deste estudo. E não nos referimos apenas ao facto dos alunos no fundamental terem mantido as suas ideias alternativas, mas também à sua visão da ciência e da natureza. Chega a haver uma grande desconfiança no modo como a natureza funciona, que seria oposta à nossa, o que nos trouxe à memória a frase de Albert Einstein: "O mais incompreensível do Universo é o facto dele ser compreensível". Muitos alunos estão infelizmente muito longe de acreditar neste facto, o que não lhes facilita a vida.

Vygotsky (1998) considerou que o estudo histórico do comportamento não é um aspecto auxiliar do estudo teórico, mas sim sua verdadeira base, tendo adoptado a noção de P.P. Blonsky de que "o comportamento só pode ser entendido como a história do comportamento". Com base nesta perspectiva, estamos convictos que um estudo mais aprofundado dos resultados e das dificuldades dos alunos alvo deste estudo também só seria possível se conhecêssemos as suas histórias de aprendizagem.

Parafraseando Pozo (1999), diremos ainda que não procurávamos com este trabalho encontrar o Santo Graal didáctico, pois sabíamos que é impossível anular, de um só golpe, todos os conhecimentos habituais (Bachelard, 1996). Alguns estudos (e.g. Niedderer & Goldberg, 1995) apontam mesmo para a necessidade de um processo faseado, através do qual as pré-concepções vão passando por estados intermédios (concepções intermédias), até se aproximarem das concepções científicas. Nesta perspectiva a avaliação da eficiência de qualquer estratégia não pode ser feita através do tipo de testes usados neste estudo, uma vez que a mudança passa por diferentes concepções alternativas intermédias. Só respostas descritivas, a perguntas bem formuladas, poderão indiciar se houve ou não evolução conceptual, ainda que parcial.

Somos ainda levados a corroborar Pozo (2002), quando afirma que apesar de todos os esforços para inovar e gerar novas formas de ensinar ciências, aparentemente, pelo menos, não conseguimos vencer o "sistema imunológico cognitivo" dos alunos. Há mais de três décadas que as concepções alternativas são alvo das mais variadas pesquisas, mas ainda não se encontraram estratégias eficazes e fáceis de implementar na sala de aula para a sua superação definitiva. Por esta razão, ainda se torna mais importante continuar a procura de novas estratégias e novos

métodos. Continuamos contudo a acreditar que, sejam quais forem, terão necessariamente de passar pelo recurso à ferramenta que é o computador, cujo papel na educação ainda necessita de ser mais investigado, à participação activa do aluno, à colaboração entre pares, e entre estes e o professor (e mesmo entre professores), assumindo-se este último como um guia e mediador no campo da aprendizagem das ciências.

Para Bachelard (1996), aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente. Contudo, a mentalidade científica não é uma forma natural de ver o mundo, exige um sistema de conhecimento cultural e historicamente gerado (Pozo, 2002). A possibilidade de todos acederem a essa forma de pensar é uma conquista democrática que a escola terá de concretizar, não aceitando que os alunos a ela renunciem, sejam quais forem as dificuldades.

BIBLIOGRAFIA

Aguiar Jr., Orlando (2001) – Mudanças conceituais (ou cognitivas) na educação em ciências: revisão crítica e novas direções para a pesquisa. *Ensaio, Pesquisa em Educação em Ciências* Volume 03 / Número 1 – Jun.

Arruda, S.M. & Villani, A (1994) – Mudança Conceitual no Ensino de Ciências. *Cad. Cat. Ens. Fis.*, v.11,n2: p.88-99, Ago.

Azevedo, Joaquim. (1991) – Educação tecnológica nos anos 90. Rio Tinto: Edições Asa.

Bachelard, G. (1996) – A Formação do Espírito Científico. Contraponto, 1ª edição, 2ª reimpressão (original de 1938).

Bachelard, G. (1990) – A Epistemologia. Lisboa: Edições 70.

Bernal, Pedro (2006) – Addressing the Philosophical Confusion Regarding Construction in Chemical Education. *Journal of Chemical Education* Vol. 83, nº 2.

Bogdan, Robert & Biklen, Sari (1994) – Estudos de caso *in* Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, pp. 89-97.

Borrón, Juan Carlos Garcia (1988) – A Filosofia e as Ciências: Métodos e Processos. Lisboa: Editorial Teorema.

Bringuier, J.C. (1978) – Conversas com Jean Piaget. Lisboa: Livraria Bertrand.

Bronowski J. (1972) – Ciência e Valores Humanos. Lisboa: Dom Quixote.

Bruner, Jerome (1976) – O Ensino da Física Escolar I *in* John L. Lewis (Editor), Lisboa: Editorial Estampa. pp. 59-78.

Bruner, Jerome (1999) – Para uma Teoria da Educação. Lisboa: Relógio d'Água.

Bruyne, Paul et al. (1977) – Os Modos de investigação *in* Dinâmica da pesquisa em ciências sociais. Rio de Janeiro: Francisco Alves Ed.

Buescu, Jorge (2007) – O Fim do Mundo Está Próximo? Lisboa: Gradiva Publicações, 1ª Edição, pp. 195-202.

Bunge, Mário (1984) – Filosofia da Física. Lisboa: Edições 70.

Campanario, J. .M. & Otero, José C. (2000) – Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 155-169.

-
- Campanario, J.M. & Moya, A. (1999) – ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias*, 17(2), pp. 179-192.
- Campanario, Juan Miguel (2000) – El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las ciencias*, 18 (3), pp. 369-380.
- Carey, S. (2000) – Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21, 13-19.
- Carretero, Mario (1997) – Introducción in Construir y Enseñar las Ciencias Experimentales. Edición Argentina, Editorial: Aique, 2ª Edición, pp. 13-18.
- Castañón, Gustavo Arja (2007) – Construtivismo, Inatismo e Realismo: compatíveis e complementares. *Ciências & Cognição*; Vol 10: 115-131.
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993) – The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49.
- Clement, J. & Steinberg, M. (2002) – Step-wise evolution of models of electric circuits: A "learning-aloud" case study. *Journal of the Learning Sciences* 11(4), 389-452.
- Clement, J. (1993) – Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257.
- Cole, Michael & Scribner, Sylvia (1998) – Introdução. Em L.S.Vygotsky, A Formação Social da Mente. O Desenvolvimento de Processos Psicológicos Superiores. São Paulo: Livraria Martins Fontes.
- Coll, César & Solé, Isabel (2001) – O Construtivismo na Sala de Aula. Porto: Asa Editores, 1ª Edição, pp. 8-27.
- Correia, José Alberto & Stoer, Stephen R. (1995) – Investigação em Educação em Portugal: esboço de uma análise crítica. In A investigação Educacional em Portugal. Bártolo Campos (org.). Lisboa: Instituto de Inovação Educacional, pp. 53-75.
- Crato, Nuno (2006) – O ‘Eduquês’ em Discurso Directo: Uma Crítica da Pedagogia Romântica e Construtivista. Lisboa: Gradiva Publicações, 3ª Edição.
- Czarnocha, Bronislaw & Prabhu, Vrunda (2005) – Teaching-Research and Design Experiment – Two Methodologies of Integrating Research and Classroom Practice. City University of New York. Disponível em: <http://www.hbcse.tifr.res.in/episteme1/allabs/prabhuabs.pdf> [último acesso em 15/12/2006].

-
- Damásio, António (2000) – O Erro de Descartes. Mem Martins: Publicações Europa-América, 20ª Edição.
- Damásio, António (2003) – Ao Encontro de Espinosa. Mem Martins: Publicações Europa-América, 3ª Edição.
- Davis, J. (2001) – Conceptual Change. In M. Orey (Ed.), Emerging perspectives on learning, teaching, and technology. Disponível em: <http://www.coe.uga.edu/epltt/conceptualchange.htm> [último acesso em 1/12/2007].
- Delgado, Alberto Martínez (1999) – Constructivismo radical, marco teórico de investigación y enseñanza de las ciencias *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), pp. 493-502).
- Désautels, J. & Larochelle, M. (1997) – About the Epistemological Posture of Science Teachers, ICPE International Commission on Physics Education. Disponível em: <http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/books.html>, [último acesso em 1/05/2006].
- Donovan, M. Suzane & Bransford, John D. (Ed.) (2005) – How Students Learn: Science in the Classroom. The National Academies Press. Washington, D.C.
- Dorneles, Pedro F.T. ; Ives S. Araujo & Eliane A. Veit (2006) – Simulação e modelagem computacionais no auxílio `a aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 4, p. 487-496.
- Driver, R. (1989) – Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11 (5), 481-490.
- Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J.; Mortimer, E.F. & Scott, P. (1994) – Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23(7): 05-12.
- Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J; Mortimer, E. & Scott, P. (1999) – Construindo conhecimento científico na sala de aula. [tradução: Eduardo Motimer] *Química Nova na Escola*, n.9, p.31-39,1999. Disponível em: <http://sbqensino.foco.fae.ufmg.br/uploads/541/aluno.pdf> [último acesso em 22/12/2006].
- Duit, R. & Rhöneck, C. Von (2005) – in Connecting Research in Physics Education with Teacher Education, edited by A. Tiberghien, E.L. Jossem and J. Barajos (International Commission on Physics Education), Disponível em: <http://www.physics.ohiostate.edu/~jossem/ICPE/C2.html>. [último acesso em 1/06/2006].
- Duit, R. & Rhöneck, C. von. (1998). Learning and understanding key concepts of electricity. In Andree T., E. Leonard J., & Jorge B. (eds), Connecting Research in Physics Education with Teacher Education, Disponível em: <http://www.physics.ohiostate.edu/~jossem/ICPE/BOOKS.html>. [último acesso em 05/08/2007].

-
- Duit, R. & Treagust, D.F. (1998) – ‘Learning in Science – From Behaviorism Towards Social Constructivism and Beyond’, in B.J. Fraser & K.G. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 3-25.
- Duit, Reinders (1996) – The constructivist view in science education -- what it has to offer and what should not be expected from it. *Investigations in Science Education*. Vol.1, N.1.
- Duit, Reinders (2006) – Science Education Research – An Indispensable Prerequisite for Improving Instructional Practice IPN – Leibniz - Institute for Science Education, Kiel Germany ESERA Summer School, Braga, July.
- Einstein, Albert & Infeld, Leopold [s.d.] – A Evolução da Física. De Newton à Teoria dos Quanta. Lisboa: Ed. Livros do Brasil.
- El-Hani, C. N. & Bizzo, N. (2002) – Formas de Construtivismo, Mudança Conceitual e Construtivismo Contextual. *Ensaio*, 4(1), 2-25.
- Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. (2004). Students’ understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 27, pp. 98-115.
- Fernandes, Domingos (1991) – Notas sobre os Paradigmas da Investigação em Educação. *Noesis* (18), 64-66.
- Feynman, Richard (2000) – O que é uma Lei Física. Lisboa: Gradiva Publicações, 2ª Edição.
- Feynman, Richard P.; Leighton, R. B. & Sands, M. (1977) – The Feynman Lectures on Physics. Reading, Mass.: Addison Wesley Publishing Company, pp. 2.1-2.11.
- Fielding, Nigel & Schreier, Margrit (2001) – Qualitative and Quantitative Research Methods [54 paragraphs]. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research* [On-line Journal], 2(1). Disponível em: <http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/1-01/1-01hrsg-e.htm> [último acesso em 2/12/2004].
- Fiolhais, Carlos & Trindade, Jorge (2003) – Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/rbef/Vol25/Num3/v25_259.pdf. [último acesso em 15/12/2006].
- Fosnot, Catherine T. (1999) – Construtivismo e educação: teoria perspectivas e práticas. Lisboa: Instituto Piaget.
- Gardner, Howard (2002) – A Nova Ciência da Mente: Uma História da Revolução Cognitiva, Lisboa: Relógio d’Água.

Gil-Pérez, D. (1994) – 10 Años de investigación en Didáctica de las Ciencias. Realizaciones y Perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2); 154-164.

Gil-Pérez, D.; Guisasola, J.; Moreno, A.; Cachapuz, A.; Pessoa de Carvalho, A.M.; Martínez-Torregosa, J.; Salinas, J.; Valdês, P.; González, E.; Gene-Duch, A.; Dumascarré, A.; Tricário, H.; Gallego, R. (2002) – Defending Constructivism in Science Education. *Science & Education*, Vol. 11, pp. 557-571.

Glaserfeld, E.v. (1990) – An exposition on constructivism: Why some like it radical: In R. Davis, C. Maher, and N. Noddings (Eds.), *Constructivist views on the teaching and learning of mathematics: Journal of Research on Mathematics Education Monograph Number 4*, p.19-29, Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Glaserfeld, E. v. (1995) – A Constructivist Approach to Teaching. In J. Gale (Ed.), *Constructivism in Education* (pp.3-16). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Glaserfeld, E.v. (1999) – Introdução: aspectos do construtivismo *in* Fosnot, Catherine T. *Construtivismo e educação: teoria perspectivas e práticas*. Lisboa: Instituto Piaget, pp.15-21.

Granger, Gilles-Gaston (1976) – *Pensamento formal e ciências do homem*. Lisboa: Presença.

Graue, M. Elizabeth & Walsh, Daniel J. (2003) – *Investigação Etnográfica com Crianças: Teorias, Métodos e Ética*, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Greca, I. & Moreira, M. A. (1998) – Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2); 289-303.

Greca, I. & Moreira, M. A., (2002) – Além da detecção de modelos mentais dos estudantes. Uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (1) 25-53.

Greca, I. M. (2002) – Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em ensino de Ciências: algumas questões para refletir. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2 (1) 73-82.

Greiffenhagen, Christian & Sherman, Wendy (2006) – Kuhn and Conceptual Change: On the Analogy between Conceptual Changes in Science and Children. *Science & Education*, Volume 17, Issue 1, pp. 1-26.

Gunstone, Dick (2005) – Rethinking Physics Content – How we Teach Impacts on what we Teach or Having Respect for the Content of Physics (or Some things I Wish I'D Known when I Started Teaching Physics). Keynote address to the STAV/AIP VCE Physics Teachers' conference, Monash University, Feb.

-
- Günther, Hartmut (2006) – Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta é a Questão? *Psicologia: Teoria e Pesquisa*. Mai-Ago, v. 22, n. 2, pp. 20-210.
- Haynicz, Fletcher & Rebello (2006) – College Students' Ideas about some Everyday Electrical Devices. *National Association for Research in Science Teaching (NARST)* April 3-6.
- Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (1985) – Classroom conflict: controversy versus debate in learning groups. *American Educational Research Journal*, 22(2), 237-256.
- Jonassen, D.; Carr, C. & Yueh, H. (1998) – Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking. *TechTrends*, 43(2), 24-32.
- Jonassen, David H. (2006) – Modeling with Technology: Mindtools for Conceptual Change. Pearson Merrill Prentice Hall, 3rd Ed.
- Kearney, M. & Wright, R. (2002) – Predict-Observe-Explain eShell. Disponível em: <http://www.learningdesigns.uow.edu.au/tools/info/T3/index.html> [último acesso em 11/9/2006].
- Kearney, M. (2002) – Classroom Use of Multimedia-Supported Predict-Observe-Explain Tasks to Elicit and Promote Discussion about Students' Physics Conceptions. Unpublished PhD dissertation, Perth: Curtin University of Technology. Disponível em: <http://www.ed-dev.uts.edu.au/personal/mkearney/homepage/Publications.html> [último acesso em 20/04/2007].
- Kelle, Udo (2001) – Sociological Explanations between Micro and Macro and the Integration of Qualitative and Quantitative Methods [43 paragraphs]. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research [On-line Journal]*, 2(1), February. Disponível em: <http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/1-01/1-01kelle-e.htm> [último acesso em 05/02/2006].
- Kuhn, Thomas (2004/1962) – La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica México. Octava reimpressão (FCE, Argentina).
- Laburú, C. E. & Silva, M. R (2000) – Do relativismo no ensino de física ao objetivismo na física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5, 2, 1-35.
- Laburú, Carlos Eduardo & Arruda, Sérgio de Mello (2002) – Critical Reflections about Constructivist Instructional Strategies in Science Education. *Rev. Bras. Ens. Fis.* vol.24 no.4. São Paulo.
- Laburú, Carlos E.; Carvalho, Marcelo de & Batista, Irinéa de Lourdes (2001) – Controvérsias Construtivistas. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, v. 18, n. 2: pp. 152-181, ago.

-
- Liew, Chong-Wah (2004) – The Effectiveness of Predict-Observe-Explain Technique in Diagnosing Students' Understanding of Science and in Identifying Their Level of Achievement. Disponível em: <http://adt.curtin.edu.au/theses/available/adt-CU20050228.145638/unrestricted/01Front.pdf> [último acesso em 20/04/2007].
- Lincoln, Y.S. (1995). Emerging criteria for quality in qualitative and interpretative research. *Qualitative Inquiry*, 1(3), 275-289.
- Lopes, J. Bernardino (2004) – Aprender e Ensinar Física. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Marín Martínez, N. (2003) – Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias *Enseñanza de las ciencias*. número extra, 43-55.
- Marín Martínez, Nicolás; Solano Martínez, Isabel & Jiménez Gómez, E. (1999) – Tirando del Hilo de la Madeja Constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 479-492.
- Marín, N. (1999) – Del cambio conceptual a la adquisición de conocimientos. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 109-114.
- Martínez, José María Oliva & Díaz, José Antonio Acevedo (2005) – La Enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 2, Nº 2, pp. 241-250.
- Marzano, Robert J.; Pickering, Debra & Pollock, Jane E. (2001) – Classroom Instruction That Works: Research-Based Strategies for Increasing Student Achievement. Prentice Hall.
- Matthews, M.R. (2000) – Constructivism in Science and Mathematics Education'. In D.C. Phillips (ed.), National Society for the Study of Education, 99th Yearbook, Chicago, University of Chicago Press, pp. 161-192.
- Matthews, M.R. (ed.) (1998) – Constructivism in science education. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Matthews, M. R. (2000) – Constructivism and Science Education: An Evaluation - Conferência proferida no VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Florianópolis. *Cad.Cat.Ens.Fís.*, v.17, n.3, pp.270-294, Dez.
- McDermott, L. C. & Redish, E. F. (1999) – Resource letter: PER-1: Physics education research, *Am. J. Phys.* 67, 755.
- Moreira, M.A. (1996) – Modelos mentais. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, 1(3): 193-232. *Investigações em Ensino de Ciências* Vol.1, n.3, Dezembro.

-
- Moreira, Marco António & Greca, Ileana Maria (2003) – Cambio Conceptual: análises crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 9, nº 2, pp. 301-315.
- Morin, Edgar (1996) – O método (III): O conhecimento do conhecimento, Lisboa, Publicações Europa-América.
- Mortimer, E.F. (1996) – Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1):20-39.
- Niedderer, H. & Goldberg, F. (1993) – Qualitative Interpretation of a Learning process in electric circuits. Paper presented at NARST, Atlanta, USA.
- Niedderer, H. & Goldberg, F. (1995) – Learning pathway and knowledge construction in electric circuits. Paper presented at European Conference on Research in Science Education. University of Leeds.
- Niedderer, H. & Goldberg, F. (1996) – Learning Processes in Electric Circuits. Paper presented at NARST, St. Louis MO, USA. Disponível em: <http://didaktik.physik.uni-bremen.de/niedderer/pubs.htm> Kiel: IPN, Kiel, 119-144. [último acesso em 1/06/2005].
- Oliver, María C. Periago & Janoher, Xavier Bohigas (2005) – The Prevalence of Prior Knowledge About Electric Potential, Current Intensity and Ohm's Law in Students of Engineering. *Revista electrónica de investigación educativa*, Vol. 7, Núm. 2.
- Osborne, J., & Hennessy, S. (2003) Literature review in science education and the role of ICT: Promise, problems and future directions. A Report for NESTA Futurelab No. 6, Bristol.
- Panofsky, C.P.; John-Steiner, Vera & Blackwell, Peggy J. (1996) – O desenvolvimento do discurso e dos conceitos científicos. *in* Vygotsky e a Educação: Implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica, Luís C. Moll (Org.). Porto Alegre: Artes Médicas, pp. 245-260.
- Patton, Michael Quinn (2002) – Qualitative Research and Evaluation Methods. London: Sage Publications.
- Pfundt, H & Duit, R. (2004) - Bibliography: students' and teachers' conceptions and science education. Disponível em: <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html> (versão de Abril 2004). Keil, Germany: Institute for Science Education at the University of Keil. [Último acesso em 18 /10/2005].
- Piaget, Jean (1970) – A Psicologia. Lisboa: Livraria Bertrand.
- Piaget, Jean (1971) – A situação das ciências do homem no sistema das ciências. Lisboa: Europa América.

-
- Piaget, Jean (1972) – *Psicologia e Epistemologia. Para uma Teoria do Conhecimento* Lisboa: Dom Quixote.
- Piaget, Jean (1978) – *Seis Estudos de Psicologia*. Lisboa. Lisboa: Dom Quixote.
- Piaget, Jean (1983) – *Problemas da Psicologia Genética*. Lisboa: Dom Quixote.
- Piaget, Jean (1987) – *In Piatelli-Palmarini, M. (Ed.) Teorias da Linguagem, Teorias da Aprendizagem*. (pp. 213-230). Lisboa: Edições 70.
- Pozo, Juan Ignacio (1999) – Más allá del cambio conceptual : el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional (p. 513-520) *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 513-520.
- Pozo, Juan Ignacio (2002) – La adquisición de conocimiento científico como un proceso de cambio representacional. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3).
- Psillos, D. (1998). Teaching introductory electricity. *In* Andree T., E. Leonard J., & Jorge B. (eds), *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*, Disponível em: (<http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/BOOKS.html>). [último acesso em 18/11/2007].
- Rokkan, Stein (1973) – *Investigação transcultural, transocietal e transnacional*. Lisboa: Bertrand.
- Sass, Odair (1995) – Construtivismo e Currículo. *Idéias, São Paulo*, v. 26, pp. 87-103.
- Scott, P.H.; Asoko, H.M. & Driver, R.H. (1991) – Teaching for Conceptual Change: A Review of Strategies *in* Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop. R. Duit, F. Goldberg, H. Niederer (Editors), March.
- Scott, P.H.; Asoko, H.M. & Driver, R.H. (1992) – Teaching for conceptual change: A review of strategies. *In* R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* (pp. 310-329). Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel.
- Slotta, J. D. & Chi, M.T.H. (2006) – The impact of ontology training on conceptual change: Helping students understand the challenging topics in science. *Cognition and Instruction*, 24, 261-289.
- Sokal, A., & Bricmont, J. (1999) – *Imposturas Intelectuais*. Lisboa: Gradiva.
- Solano, F.; Gil, J.; Pérez, A.L. & Suero, M.I.(2002) – Misconceptions persistence on the electric circuits of direct current - *Rev. Bras. Ens. Fis.* vol.24 no.4 São Paulo.

Tellis, W. (1997) – Application of a case study methodology [81 paragraphs]. *The Qualitative Report* [On-line serial], 3(3), September . Disponível em: <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR3-3/tellis2.html> [último acesso em 2/12/2004].

Tudge, Jonathan (1996) – Vygotsky, A Zona de Desenvolvimento Proximal e a Colaboração entre pares: implicações Para a prática em sala de aula *in* Vygotsky e a Educação: Implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica, Luís C. Moll (Org.), Porto Alegre: Artes Médicas, pp. 151-168.

Veit, E. A. & Teodoro, V. D. (2002) – Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.24, n. 2, Jun.

Villani, A. & Orquiza de Carvalho, L. (1995) – Conflictos Cognitivos, Experimentos Cualitativos y Actividades Didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), 279-294.

Vosniadou S. (1994) - Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, Vol. 4, p.p. 45-69.

Vosniadou, S. & Brewer, W.F. (1994) – Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-184.

Vosniadou, S. & Verschaffel, L. (2004) – Extending the Conceptual Change Approach to Mathematics Learning and Teaching. In L., Verschaffel and S. Vosniadou (Guest Editors), *Conceptual Change in Mathematics Learning and Teaching*, Special Issue of *Learning and Instruction*, 14, 5, 445-451.

Vygotsky, L. S. (1995) – *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.

Vygotsky, L. S. (1998) – *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. São Paulo: Martins Fontes.

White Richard T. & Gunstone, Richard F. (1998) – *How Students Learn: Science in the Classroom* (Paperback) by Committee on How People Learn: A Targeted Report for Teachers (Author), National Research Council (Author), M. Suzanne Donovan (Editor), John D. Bransford (Editor).

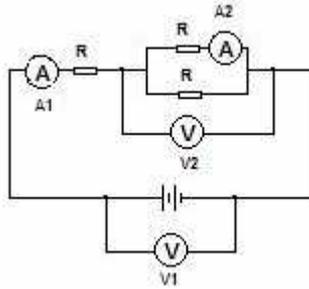
Wilson, Suzane M. & Peterson, Penelope L. (2006) – *Theories of Learning and Teaching What do they Mean for Educators?* Northwestern University. Nea Research. Washington, D.C.

ANEXOS

ANEXO A – Actividade POE Exploratória.....	A.1
ANEXO B – Pré-teste.....	B.1– B.7
ANEXO C – Actividade POE-I Páginas (ecrãs) do programa da actividade POE-I.....	C.1– C.9
ANEXO D – Actividade POE-II Páginas (ecrãs) do programa da actividade POE-II.....	D.1– D.9
ANEXO E – Pós-teste 1.....	E.1– E.4
ANEXO F – Pós-teste 2.....	F.1– F.7
ANEXO G – Inquérito aos alunos.....	G.1– G.3

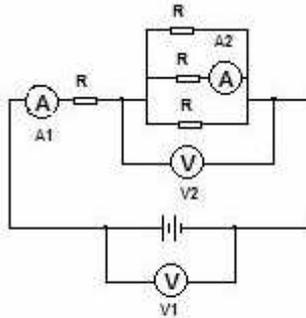
ANEXO A – Actividade POE Exploratória
Exercício

Observe o circuito 1 em que todas as resistências são iguais.



Circuito 1

Se o alterarmos, introduzindo-lhe outra resistência como mostrado no circuito 2 em baixo, diga como variarão os valores indicados pelos aparelhos de medida.



Circuito 2

Antes de dar a resposta deverá dialogar com o seu parceiro de grupo de modo a tentarem obter um consenso, dando uma resposta única.

- V1 – a) Mantém-se no mesmo valor.
 b) Aumenta.
 c) Diminui

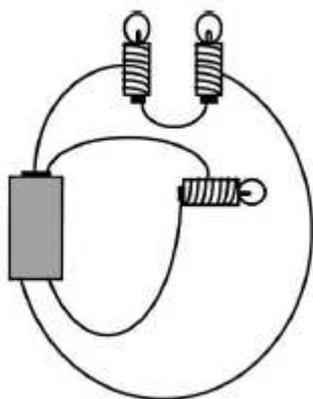
- V2 – a) Mantém-se no mesmo valor.
 b) Aumenta.
 c) Diminui

- A1 – a) Mantém-se no mesmo valor.
 b) Aumenta.
 c) Diminui

- A2 – a) Mantém-se no mesmo valor.
 b) Aumenta.
 c) Diminui

Justifique: _____

Grupo: _____ / _____

ANEXO B

Determining and
Interpreting
Resistive
Electric Circuits
Concepts
Test Version 1.0

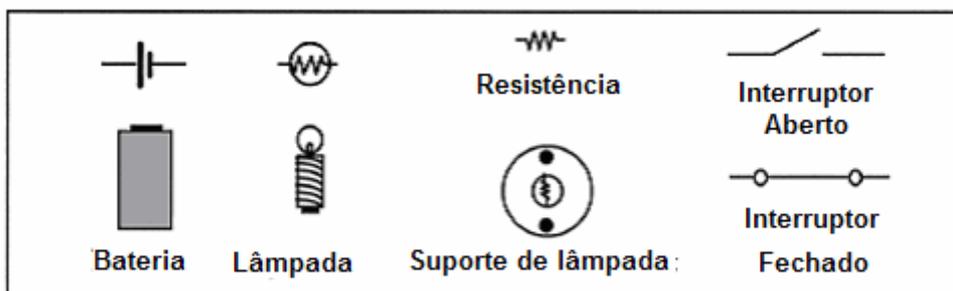
Nome: _____ Turma: __ Ano: __

Instruções

Deverá levar cerca de 1 hora para realizar o teste. Caso termine mais cedo poderá rever as suas respostas antes de o entregar.

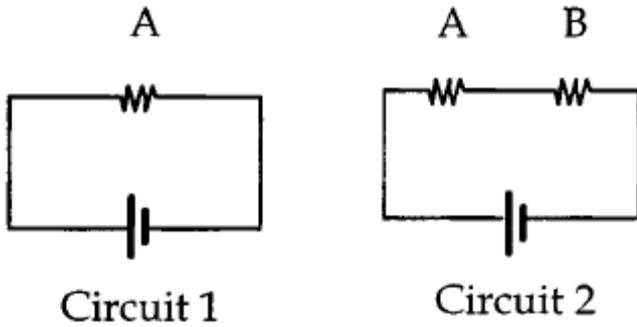
Todos os componentes, pilhas, resistências e lâmpadas são iguais nas diversas questões, a menos que o contrário seja dito. As pilhas são consideradas ideais (sem resistência interna) e a resistência dos fios é desprezável.

Apenas uma resposta está correcta. Seleccione a sua resposta com um X sem rasuras.



- 1) No funcionamento de uma lâmpada de incandescência, as cargas eléctricas são convertidas em luz?
- A) Sim, o movimento das cargas através do filamento produz “fricção”, aquecendo-o até à incandescência o que liberta luz.
- B) Sim, as cargas eléctricas são emitidas.
- C) Não, as cargas eléctricas são conservadas, sendo transformadas noutra forma de energia como calor e luz.
- D) Não, as cargas eléctricas são conservadas. O seu movimento através do filamento produz “fricção” aquecendo-o até à incandescência o que liberta luz.

2) Considere o circuito 1 no qual uma pilha fornece energia a uma carga (resistência A)

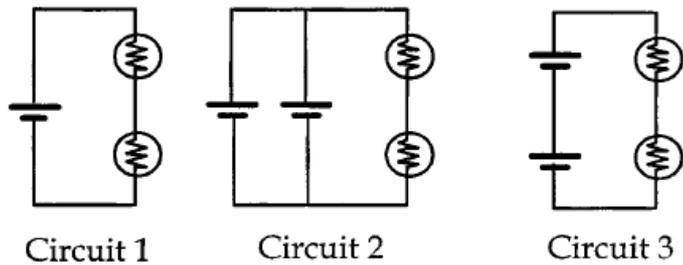


Quando se acrescenta a resistência B ao circuito a energia fornecida à resistência A

- A) Aumenta
- B) Diminui
- C) Mantém-se no mesmo valor

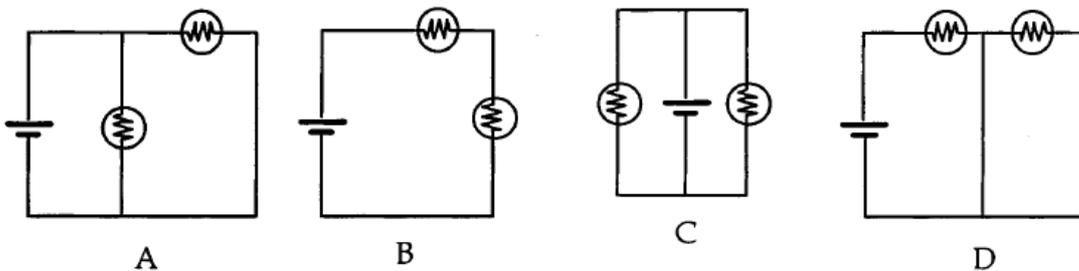
3) Considere os circuitos abaixo. Em qual deles é maior a energia fornecida por segundo?

- (A) Circuit 1
- (B) Circuit 2
- (C) Circuit 3
- (D) Circuit 1 = Circuit 2
- (E) Circuit 2 = Circuit 3

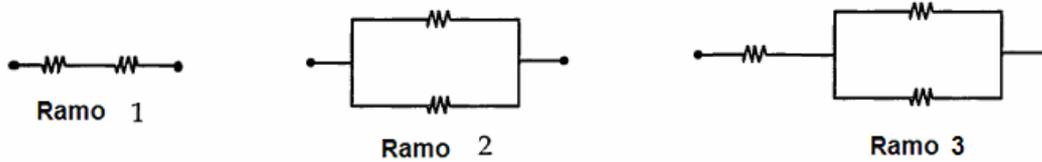


4) Dos circuitos abaixo qual ou quais representam duas lâmpadas em paralelo com a pilha?

- A) A
- B) B
- C) C
- D) A e C
- E) A, C e D

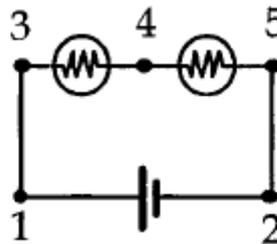


- 5) Compare as resistências dos três ramos (um ramo é uma porção de circuito). Qual é maior?
- A) A do ramo 1
 B) A do ramo 2
 C) A do ramo 3
 D) Nenhum. São todas iguais

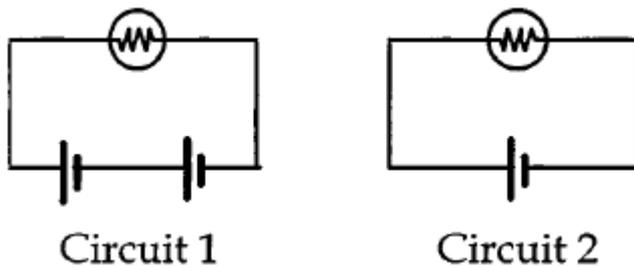


- 6) No circuito abaixo, entre cada dois pontos representados (1,2,3,4 e 5) há uma diferença de potencial (ddp). Ordene as ddp por ordem decrescente (da mais alta para a mais baixa).

- (A) 1 and 2; 3 and 4; 4 and 5
 (B) 1 and 2; 4 and 5; 3 and 4
 (C) 3 and 4; 4 and 5; 1 and 2
 (D) 3 and 4 = 4 and 5; 1 and 2
 (E) 1 and 2; 3 and 4 = 4 and 5



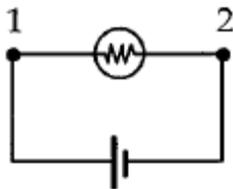
- 7) Compare o brilho das lâmpadas nos circuitos abaixo.



Em qual circuito a lâmpada brilha mais?

- A) No circuito 1
 B) No circuito 2
 C) Em nenhum. O brilho é igual nos dois casos.

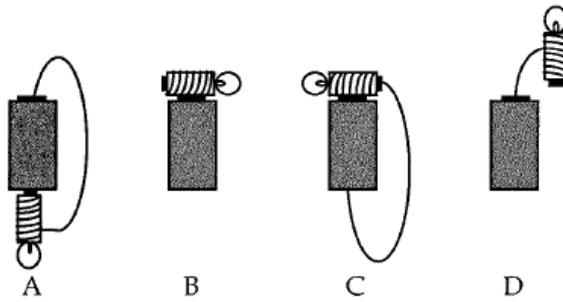
- 8) Compare a intensidade da corrente no ponto 1 com a do ponto 2. Onde é que é maior?



- A) No ponto 1
 B) No ponto 2
 C) Em nenhum. São iguais

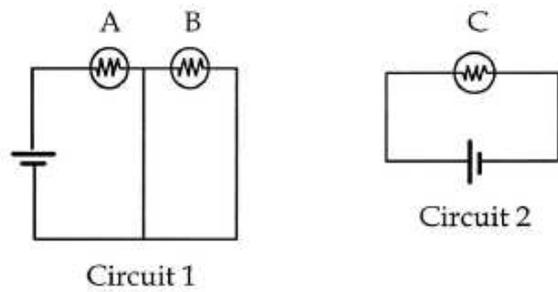
9) Em qual ou quais circuitos a lâmpada acende?

- (A) A
- (B) C
- (C) D
- (D) A and C
- (E) B and D



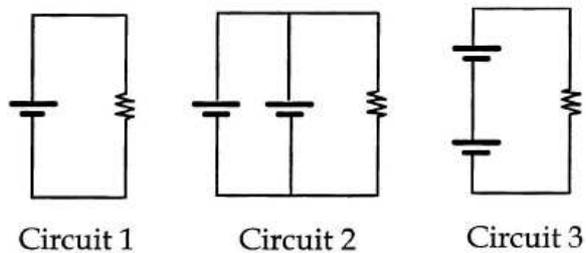
10) Compare o brilho das lâmpadas do circuito 1 com o brilho da lâmpada no circuito 2. Qual ou quais lâmpadas brilharão mais?

- (A) A
- (B) B
- (C) C
- (D) A = B
- (E) A = C



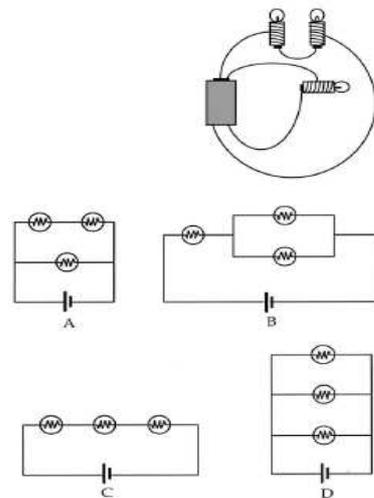
11) Considere a energia fornecida a cada uma das resistências nos circuitos abaixo. Em qual ou quais circuitos a energia fornecida é menor?

- (A) Circuit 1
- (B) Circuit 2
- (C) Circuit 3
- (D) Circuit 1 = Circuit 2
- (E) Circuit 1 = Circuit 3

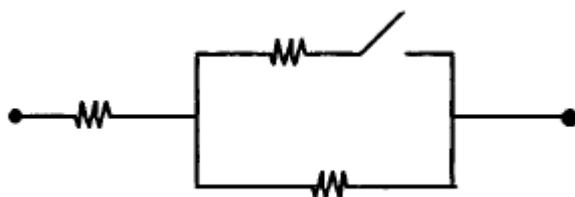


12) Qual dos esquemas representa melhor o circuito “real” mostrado?

- A) A
 - B) B
 - C) C
 - D) D
 - E) Nenhum

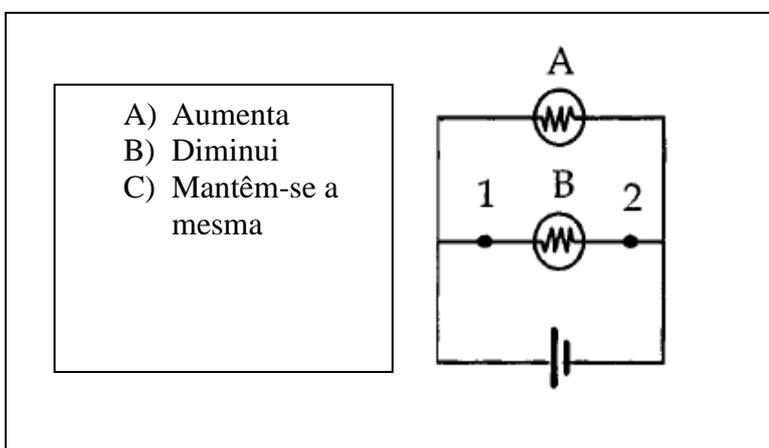


13) Como varia a resistência do ramo quando se fecha o interruptor?

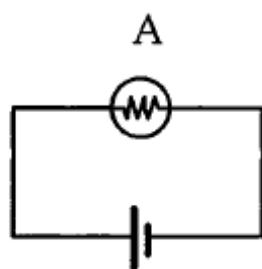


- A) Aumenta
- B) Diminui
- C) Mantêm-se a mesma

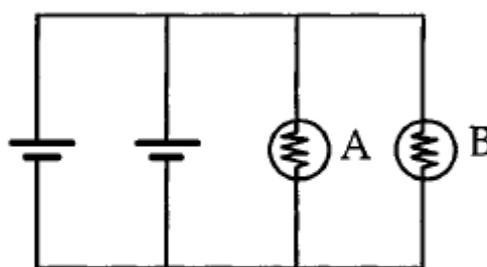
14) O que acontece à diferença de potencial entre 1 e 2 se retirarmos do circuito a lâmpada B?



15) Compare o brilho da lâmpada A no circuito 1 e 2. Em qual circuito brilha menos?



Circuit 1

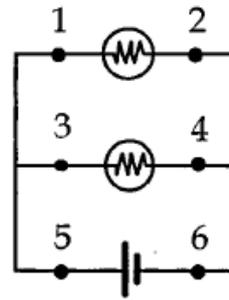


Circuit 2

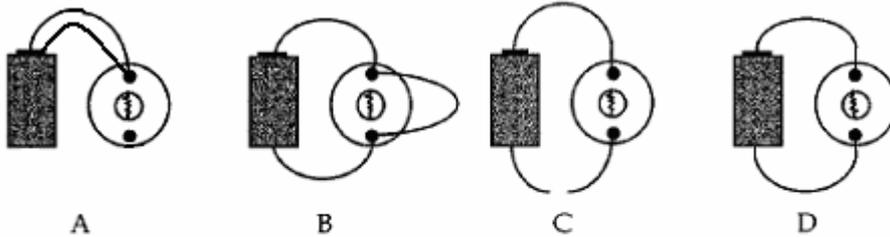
- A) No circuito 1
- B) No circuito 2
- C) O brilho é igual nos dois circuitos

16) Ordene por ordem decrescente (do maior valor para o menor) as intensidades da corrente nos pontos 1,2,3,4,5 e 6.

- (A) 5, 1, 3, 2, 4, 6
- (B) 5, 3, 1, 4, 2, 6
- (C) 5 = 6, 3 = 4, 1 = 2
- (D) 5 = 6, 1 = 2 = 3 = 4
- (E) 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6



17) Em qual ou quais dos circuitos a lâmpada acende?

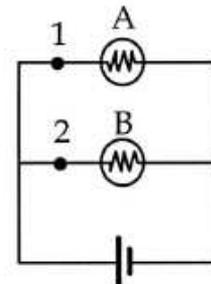


- (A) A
- (B) B
- (C) C
- (D) D
- (E) A and D

C

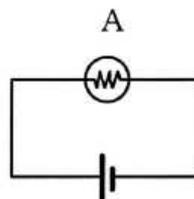
18) O que acontece ao brilho das lâmpadas se ligarmos os pontos 1 e 2 através de um fio condutor?

- A) Aumenta
 - B) Diminui
 - C) Mantém-se igual
 - D) A fica mais brilhante que B
 - E) As lâmpadas apagam-se

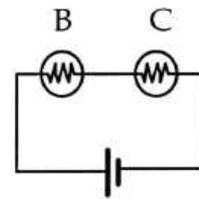


19) Compare a energia consumida por segundo em cada uma das lâmpadas. Qual lâmpada ou lâmpadas consomem menos?

- (A) A
- (B) B
- (C) C
- (D) B = C
- (E) A = B = C



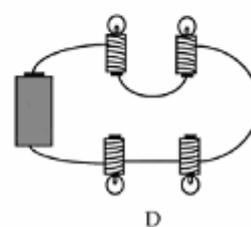
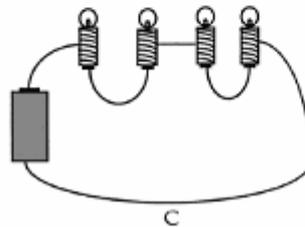
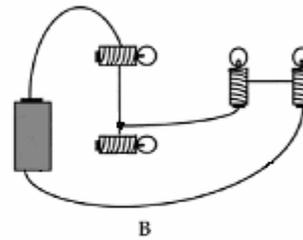
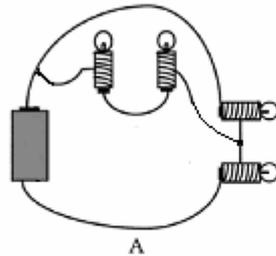
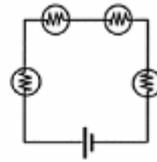
Circuit 1



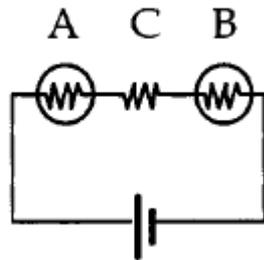
Circuit 2

20) Qual (ou quais) o(s) circuito(s) que está (estão) representado(s) no esquema?

- (A) B
- (B) C
- (C) D
- (D) A and B
- (E) C and D



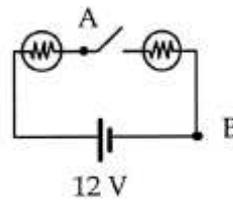
21) Se aumentarmos o valor da resistência C o que acontece ao brilho das lâmpadas A e B?



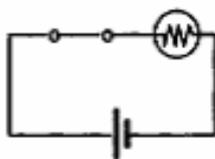
- A) A mantém-se, B Diminui
- B) A diminui, B mantém-se
- C) A e B aumentam
- D) A e B diminuem
- E) A e B mantêm-se

22) Qual é a diferença de potencial entre os pontos A e B?

- (A) 0 V
- (B) 3 V
- (C) 6 V
- (D) 12 V



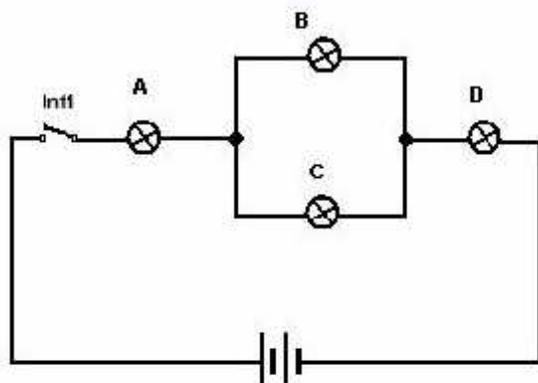
23) Imediatamente após se abrir o interruptor o que é que acontece à resistência da lâmpada?



- A) Aumenta
- B) Diminui
- C) Fica igual
- D) Torna-se nula

FIM

INTRODUÇÃO



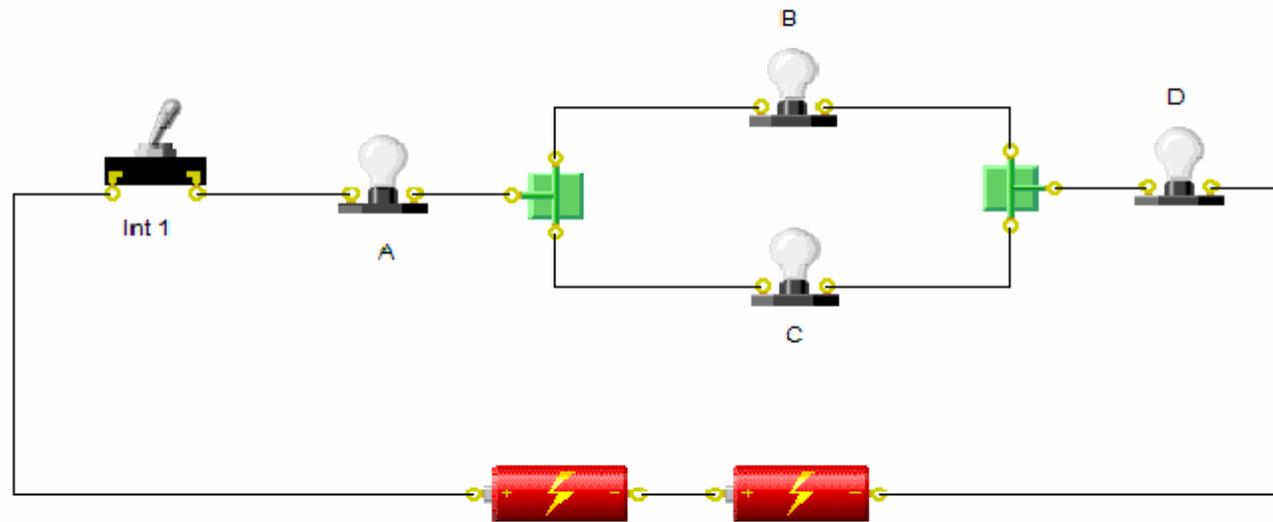
Circuito Misto

No circuito acima as 4 lâmpadas representadas são iguais. O interruptor Int1 está aberto pelo que não há corrente no circuito e as lâmpadas estão apagadas.

INTRODUÇÃO



IMAGEM DO CIRCUITO "REAL"

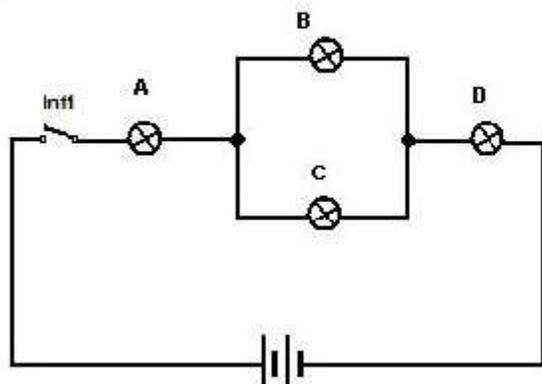


BACK

PÁG. 2 - INTRODUÇÃO cont.

NEXT

PREDIGA...



Observe o circuito com atenção. Como dissemos as 4 lâmpadas representadas são iguais. O interruptor Int1 está aberto pelo que não há corrente no circuito e as lâmpadas estão apagadas. **O interruptor Int1 irá agora ser ligado fechando o circuito. Prediga o que sucederá.**

Discuta com os outros elementos do grupo antes de escolherem a resposta que consideram mais adequada. Caso contrário escolha "outra resposta"



A

Apenas acende a lâmpada A.

C

Todas as lâmpadas acendem com igual brilho.

B

Apenas acendem as lâmpadas A e D, com o mesmo brilho.

D

Outra resposta

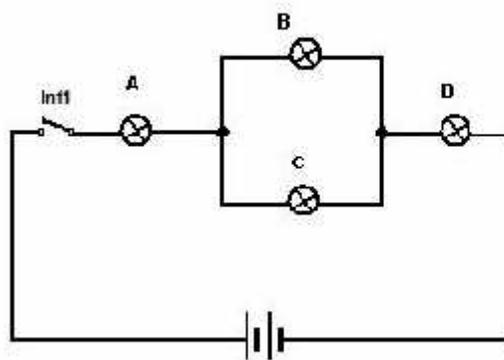
NB. Não escreva nas caixas de texto. Escolha apenas uma opção.

BACK

PAG. 3 - PREDIÇÃO

NEXT

PREDIGA...



Observe o circuito com atenção. Como dissemos as 4 lâmpadas representadas são iguais. O interruptor Int1 está aberto pelo que não há corrente no circuito e as lâmpadas estão apagadas. **O interruptor Int1 irá agora ser ligado fechando o circuito. Prediga o que sucederá.**

Escolheram "outra resposta"



1

Discuta as suas ideias com o grupo antes de as expor claramente no espaço reservado abaixo.



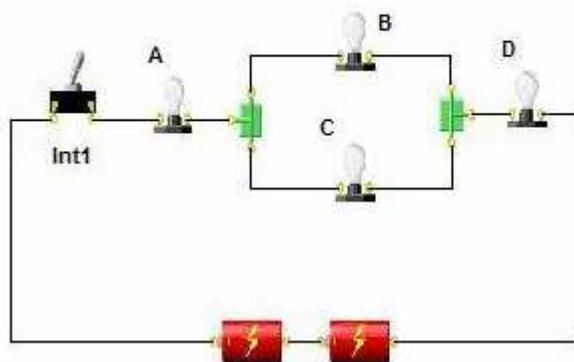
2

BACK

PAG. 3 - PREDIÇÃO

NEXT

COMPROMETIMENTO



Fizeram a seguinte predição:

Qual o grau de comprometimento de cada elemento do grupo com essa predição?

Group Member

1

Nome:

- Certeza absoluta
- Tem quase a certeza
- Não tem a certeza

Group Member

2

Nome:

- Certeza absoluta
- Tem quase a certeza
- Não tem a certeza

Group Member

3

Nome:

- Certeza absoluta
- Tem quase a certeza
- Não tem a certeza

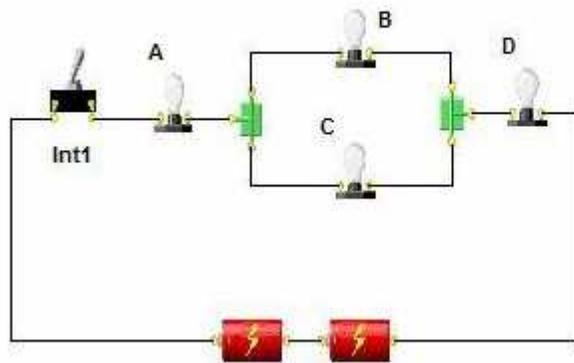
Escolha a opção que melhor corresponde ao nível de comprometimento de cada elemento do grupo com a predição

BACK

PAG. 4 - COMPROMETIMENTO

NEXT

JUSTIFICAÇÃO



Fizeram a seguinte predição:

Tentem agora justificar essa predição.



1

Discuta as suas ideias com o grupo antes de as expor claramente no espaço reservado abaixo.



2

BACK

PAG. 5 - JUSTIFICAÇÃO

NEXT

OBSERVAÇÃO

Veja a demonstração



OBSERVE THE DEMONSTRATION



1

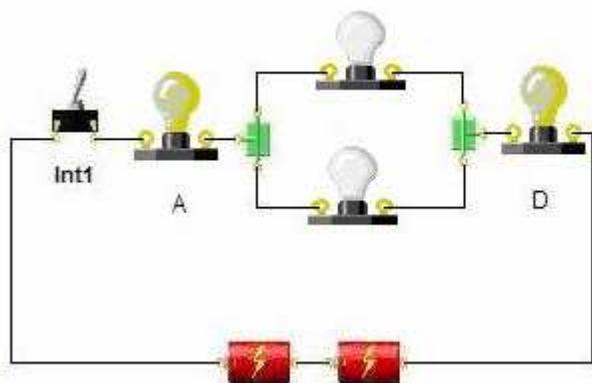
Discuta a sua observação com o grupo antes de a descrever claramente no espaço abaixo.



2

[Empty white rectangular box for writing observations]

EXPLICAÇÃO



Fizeram a seguinte predição e observação:
Discuta as suas ideias com o grupo.

Há diferenças entre a vossa predição e a observação?
Explícite-as.

Prediction:

Observation:



1

Discuta com o seu grupo as diferenças entre a predição e a observação e explique as razões dessas diferenças



2

BACK

PAG. 7 - EXPLICAÇÃO

HELP

FINISH

FINAL SUMMARY

Circuito Misto

DATE:
TIME ON TASK: minutes

PREDICTION:

REASONS:

GROUP MEMBER AGREEMENT:

.....

OBSERVATIONS:

EXPLANATION:



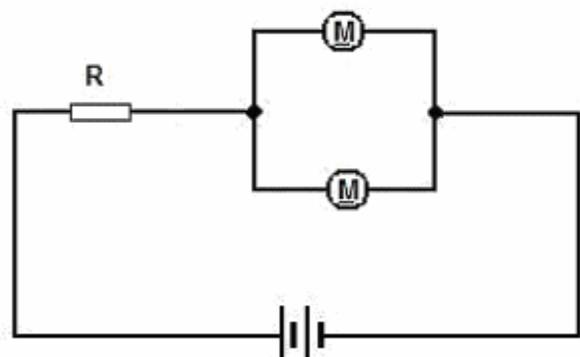
EMAIL



PRINT

Please PRINT this page (File > Print) and submit it to your instructor.
Otherwise, copy the text from this page and paste into an [EMAIL](#) message to your instructor.

INTRODUÇÃO



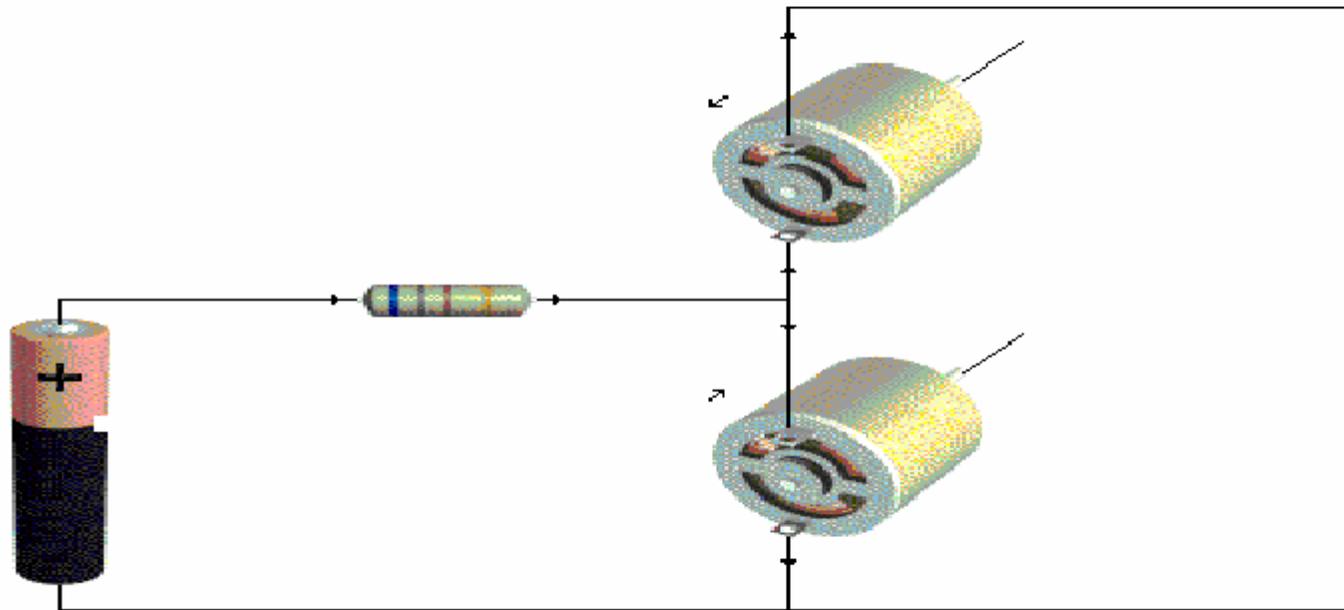
Motores em paralelo

Repare no circuito, constituído por 2 motores iguais ligados em paralelo, e alimentados pelo mesmo gerador.

INTRODUÇÃO



IMAGEM DO CIRCUITO "REAL"

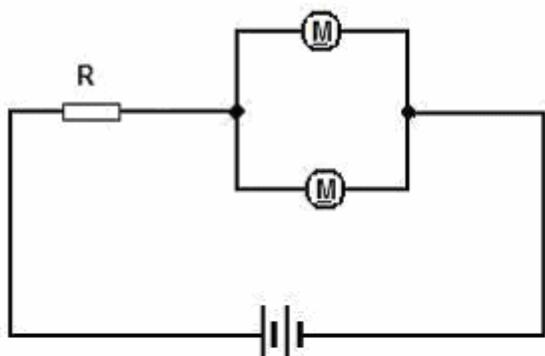


BACK

PÁG. 2 - INTRODUÇÃO cont.

NEXT

PREDIGA...



Observe o circuito com atenção. Como dissemos os 2 motores são iguais e estão a funcionar normalmente. **Iremos agora travar, até parar completamente, um dos motores. Prediga o que sucederá.**

Discuta com os outros elementos do grupo antes de escolherem a resposta que consideram mais adequada. Caso contrár io escolha "outra resposta"



A

O outro motor continuará a funcionar normalmente

C

A velocidade do outro motor diminuirá, podendo mesmo parar completamente.

B

A velocidade do outro motor irá aumentar.

D

Outra resposta

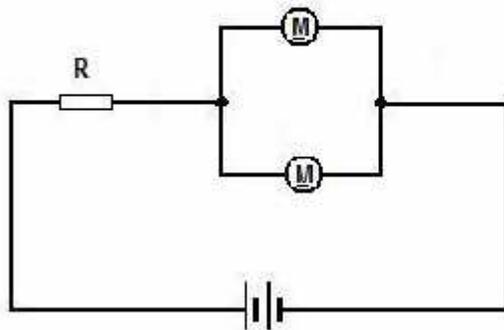
NB. Não escreva nas caixas de texto. Escolha apenas uma opção.

BACK

PAG. 3 - PREDIÇÃO

NEXT

PREDIGA...



Observe o circuito com atenção. Como dissemos os 2 motores são iguais e estão a funcionar normalmente. **Iremos agora travar, até parar completamente, um dos motores. Prediga o que sucederá.**

Escolheram "outra resposta"



1

Discuta as suas ideias com o grupo antes de as expor claramente no espaço reservado abaixo.



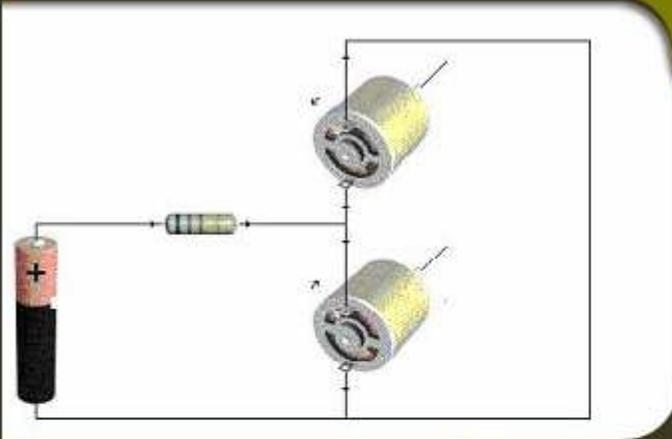
2

BACK

PAG. 3 - PREDIÇÃO

NEXT

COMPROMETIMENTO



Fizeram a seguinte predição:
Qual o grau de comprometimento de cada elemento do grupo com essa predição?

Group Member 1

Nome: _____

- Certeza absoluta
- Tem quase a certeza
- Não tem a certeza

Group Member 2

Nome: _____

- Certeza absoluta
- Tem quase a certeza
- Não tem a certeza

Group Member 3

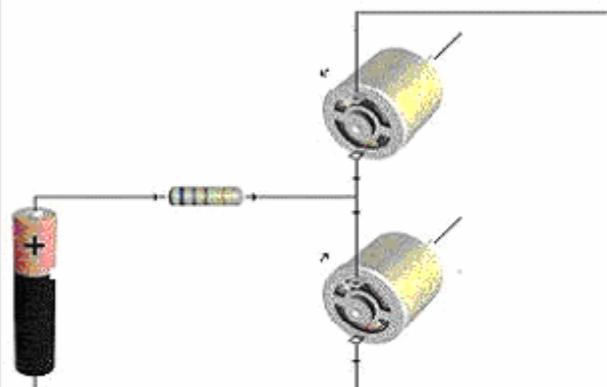
Escolha a opção que melhor corresponde ao nível de comprometimento de cada elemento do grupo com a predição

BACK

PAG. 4 - COMPROMETIMENTO

NEXT

JUSTIFICAÇÃO



Fizeram a seguinte predição:

Tentem agora justificar essa predição.



1

Discuta as suas ideias com o grupo antes de as expor claramente no espaço reservado abaixo.



2

BACK

PAG. 5 -JUSTIFICAÇÃO

NEXT

OBSERVAÇÃO



OBSERVE THE DEMONSTRATION

Veja a demonstração



1

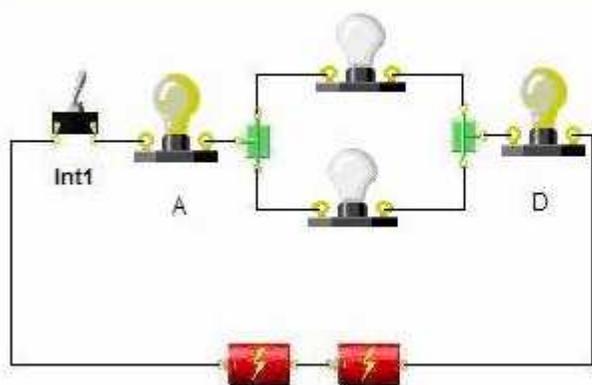
Discuta a sua observação com o grupo antes de a descrever claramente no espaço abaixo.



2

Blank space for recording observations.

EXPLICAÇÃO



Fizeram a seguinte predição e observação:
Discuta as suas ideias com o grupo.

Há diferenças entre a vossa predição e a observação?
Explicite-as.

Predição:

Observação:



1

Discuta com o seu grupo as diferenças entre a predição e a observação e explique as razões dessas diferenças



2

BACK

PAG. 7 - EXPLICAÇÃO

HELP

FINISH

FINAL SUMMARY

Motores em paralelo

DATE:
TIME ON TASK: minutes

PREDICTION:

REASONS:

GROUP MEMBER AGREEMENT:

.....

OBSERVATIONS:

EXPLANATION:



EMAIL



PRINT

Please PRINT this page (File > Print) and submit it to your instructor.
Otherwise, copy the text from this page and paste into an [EMAIL](#) message to your instructor.

Interpretação de Conceitos Eléctricos em Circuitos Simples

Nome: _____ Turma: __ Ano: ____

Instruções

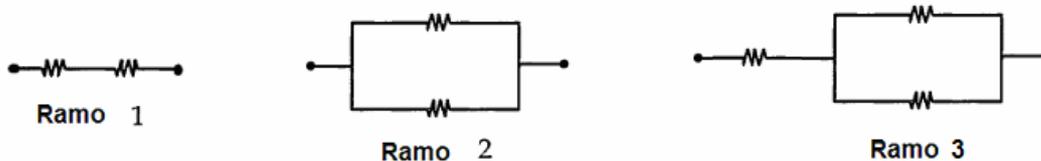
Deverá levar cerca de 30 minutos para realizar o teste. Caso termine mais cedo poderá rever as suas respostas antes de o entregar.

Todos os componentes, pilhas, resistências e lâmpadas são iguais nas diversas questões, a menos que o contrário seja dito. As pilhas são consideradas ideais (sem resistência interna) e a resistência dos fios é desprezável.

Apenas uma resposta está correcta. Seleccione a sua resposta com um X sem rasuras.

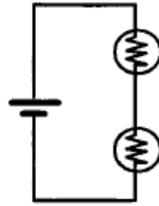


- 1) As resistências representadas são todas iguais. Compare as resistências dos três ramos (um ramo é uma porção de circuito). Qual é maior?
- A) A do ramo 1
 - B) A do ramo 2
 - C) A do ramo 3
 - D) Nenhuma. São todas iguais

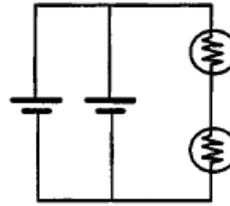


2) Considere os circuitos abaixo. Em qual deles é maior a potência fornecida?

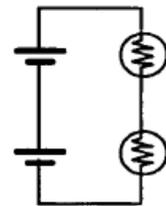
- (A) Circuit 1
- (B) Circuit 2
- (C) Circuit 3
- (D) Circuit 1 = Circuit 2
- (E) Circuit 2 = Circuit 3



Circuit 1



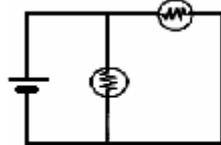
Circuit 2



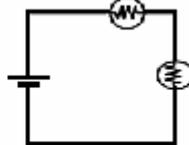
Circuit 3

3) Dos circuitos abaixo qual ou quais representam duas lâmpadas em paralelo?

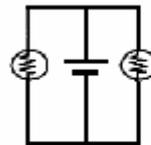
- A) A
- B) B
- C) C
- D) A e C
- E) A, C e D



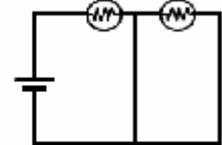
A



B



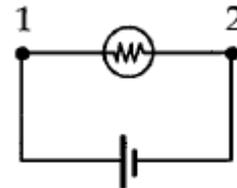
C



D

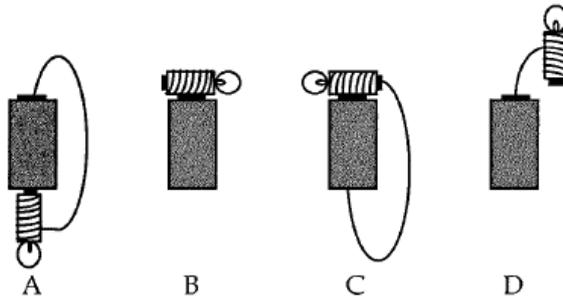
4) Compare a intensidade da corrente no ponto 1 com a do ponto 2. Onde é que é maior?

- A) No ponto 1
- B) No ponto 2
- C) Em nenhum. São iguais



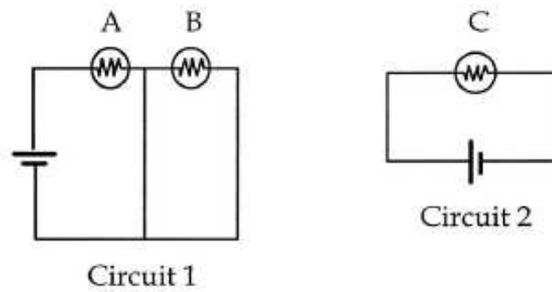
5) Em qual ou quais circuitos a lâmpada acende?

- (A) A
- (B) C
- (C) D
- (D) A and C
- (E) B and D



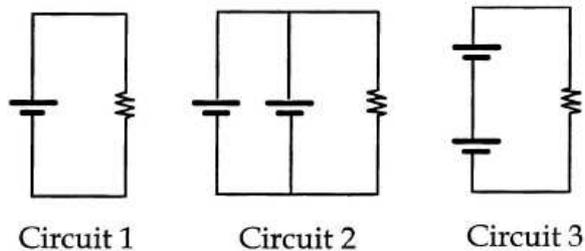
6) Compare o brilho das lâmpadas do circuito 1 com o brilho da lâmpada no circuito 2. Qual ou quais lâmpadas brilharão mais?

- (A) A
- (B) B
- (C) C
- (D) A = B
- (E) A = C

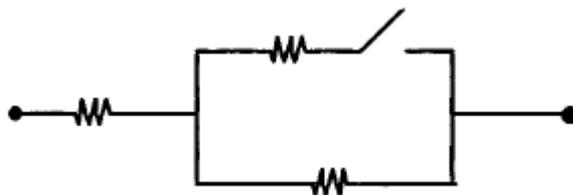


7) Considere a potência fornecida a cada uma das resistências nos circuitos abaixo. Em qual ou quais circuitos a potência fornecida é menor?

- (A) Circuit 1
- (B) Circuit 2
- (C) Circuit 3
- (D) Circuit 1 = Circuit 2
- (E) Circuit 1 = Circuit 3



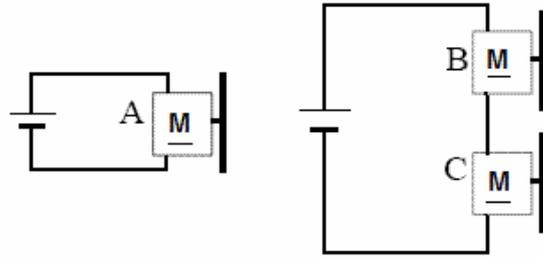
8) Como varia a resistência do ramo quando se fecha o interruptor?



- A) Aumenta
- B) Diminui
- C) Mantêm-se a mesma

9) Ordene por ordem decrescente a velocidade dos motores.

- A) A, B, C
- B) B=C, A
- C) A, B=C
- D) A=B=C=D

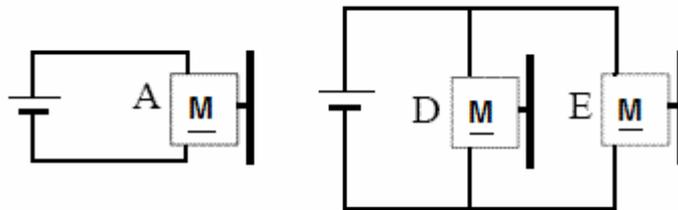


10) Se no circuito anterior travarmos, até parar, o motor B que acontece à velocidade do motor C?

- A) Mantém-se a mesma
- B) Aumenta
- C) Diminui

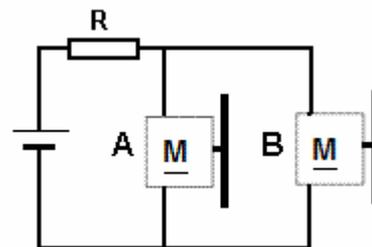
11) Ordene por ordem decrescente a velocidade dos motores.

- A) A=D=E
- B) A, D, E
- C) A, D=E
- D) D=E, A



12) Se no circuito abaixo travarmos, até parar, o motor A que acontece à velocidade do motor B?

- A) Mantém-se a mesma
- B) Aumenta
- C) Diminui



FIM

Interpretação de Conceitos Eléctricos em Circuitos Simples

Nome: _____ Turma: __ Ano: ____

Instruções

Deverá levar cerca de 20/30 minutos para realizar o teste. Caso termine mais cedo poderá rever as suas respostas antes de o entregar.

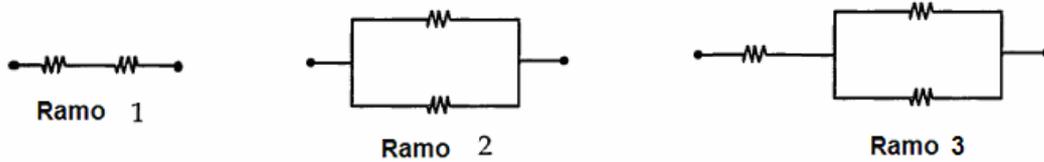
Todos os componentes, pilhas, resistências e lâmpadas são iguais nas diversas questões, a menos que o contrário seja dito. As pilhas são consideradas ideais (sem resistência interna) e a resistência dos fios é desprezável.

Apenas uma resposta está correcta. Seleccione a sua resposta com um X sem rasuras.



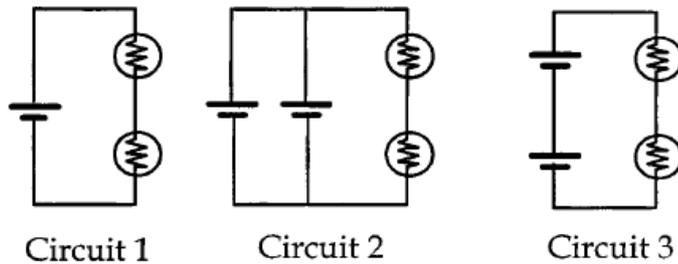
- 1) No funcionamento de uma lâmpada de incandescência, as cargas eléctricas são convertidas em luz?
- Sim, o movimento das cargas através do filamento produz “fricção”, aquecendo-o até à incandescência o que liberta luz.
 - Sim, as cargas eléctricas são emitidas.
 - Não, as cargas eléctricas são conservadas, sendo transformadas noutra forma de energia como calor e luz.
 - Não, as cargas eléctricas são conservadas. O seu movimento através do filamento produz “fricção” aquecendo-o até à incandescência o que liberta luz.

- 2) As resistências representadas são todas iguais. Compare as resistências dos três ramos (um ramo é uma porção de circuito). Qual é maior?
- A) A do ramo 1
 B) A do ramo 2
 C) A do ramo 3
 D) Nenhuma. São todas iguais



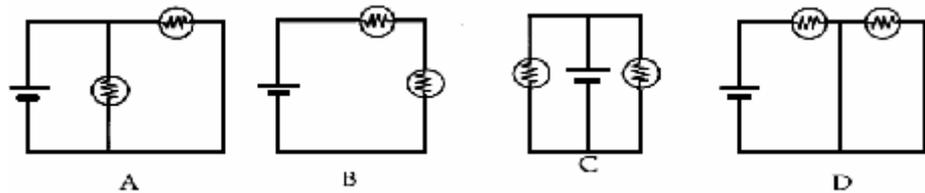
- 3) Considere os circuitos abaixo. Em qual deles é maior a potência fornecida?

- (A) Circuit 1
 (B) Circuit 2
 (C) Circuit 3
 (D) Circuit 1 = Circuit 2
 (E) Circuit 2 = Circuit 3



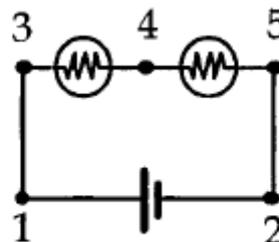
- 4) Dos circuitos abaixo qual ou quais representam duas lâmpadas em paralelo?

- A) A
 B) B
 C) C
 D) A e C
 E) A, C e D



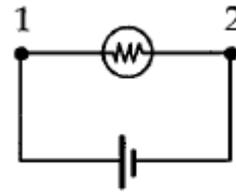
- 5) No circuito abaixo, entre cada dois pontos representados (1,2,3,4 e 5) há uma diferença de potencial (ddp). Ordene as ddp por ordem decrescente (da mais alta para a mais baixa).

- (A) 1 and 2; 3 and 4; 4 and 5
 (B) 1 and 2; 4 and 5; 3 and 4
 (C) 3 and 4; 4 and 5; 1 and 2
 (D) 3 and 4 = 4 and 5; 1 and 2
 (E) 1 and 2; 3 and 4 = 4 and 5



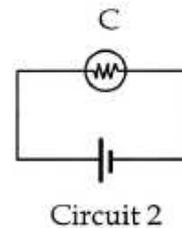
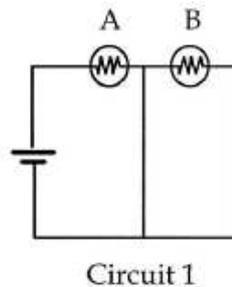
6) Compare a intensidade da corrente no ponto 1 com a do ponto 2. Onde é que é maior?

- A) No ponto 1
- B) No ponto 2
- C) Em nenhum. São iguais



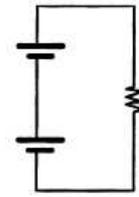
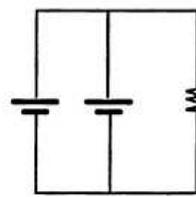
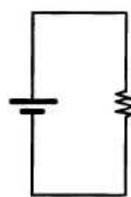
7) Compare o brilho das lâmpadas do circuito 1 com o brilho da lâmpada no circuito 2. Qual ou quais lâmpadas brilharão mais?

- (A) A
- (B) B
- (C) C
- (D) A = B
- (E) A = C

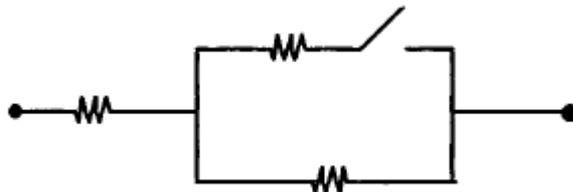


8) Considere a potência fornecida a cada uma das resistências nos circuitos abaixo. Em qual ou quais circuitos a potência fornecida é menor?

- (A) Circuit 1
- (B) Circuit 2
- (C) Circuit 3
- (D) Circuit 1 = Circuit 2
- (E) Circuit 1 = Circuit 3



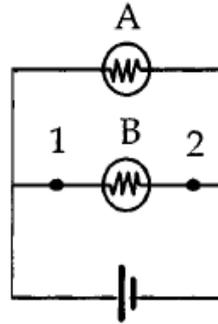
9) Como varia a resistência do ramo quando se fecha o interruptor?



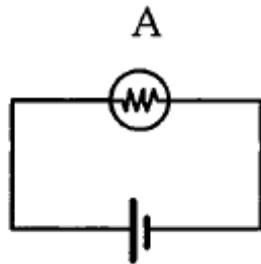
- A) Aumenta
- B) Diminui
- C) Mantêm-se a mesma

10) O que acontece à diferença de potencial entre 1 e 2 se retirarmos do circuito a lâmpada B?

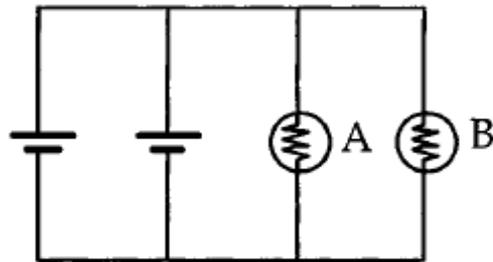
- A) Aumenta
- B) Diminui
- C) Mantêm-se a mesma



11) Compare o brilho da lâmpada A no circuito 1 e 2. Em qual circuito brilha menos?



Circuit 1

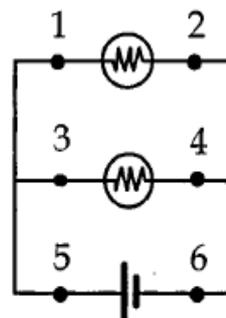


Circuit 2

- A) No circuito 1
- B) No circuito 2
- C) O brilho é igual nos dois circuitos

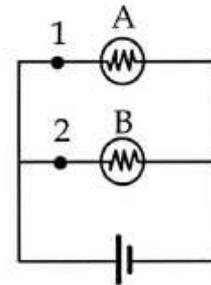
12) Ordene por ordem decrescente (do maior valor para o menor) as intensidades da corrente nos pontos 1,2,3,4,5 e 6.

- (A) 5, 1, 3, 2, 4, 6
- (B) 5, 3, 1, 4, 2, 6
- (C) 5 = 6, 3 = 4, 1 = 2
- (D) 5 = 6, 1 = 2 = 3 = 4
- (E) 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6



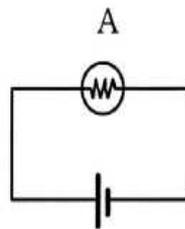
13) O que acontece ao brilho das lâmpadas se ligarmos os pontos 1 e 2 através de um fio condutor?

- A) Aumenta
- B) Diminui
- C) Mantém-se igual
- D) A fica mais brilhante que B
- E) As lâmpadas apagam-se

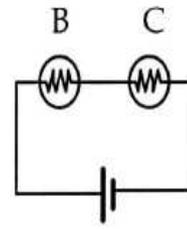


14) Compare a energia consumida por segundo em cada uma das lâmpadas. Qual lâmpada ou lâmpadas consomem menos?

- (A) A
- (B) B
- (C) C
- (D) B = C
- (E) A = B = C



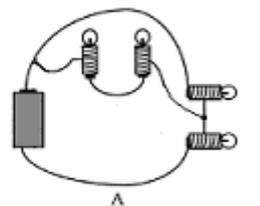
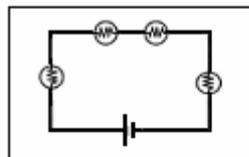
Circuit 1



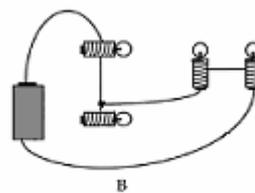
Circuit 2

15) Qual (ou quais) o(s) circuito(s) que está (estão) representado(s) no esquema?

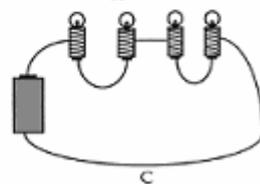
- (A) B
- (B) C
- (C) D
- (D) A and B
- (E) C and D



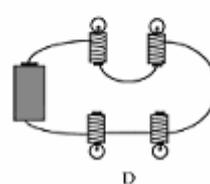
A



B



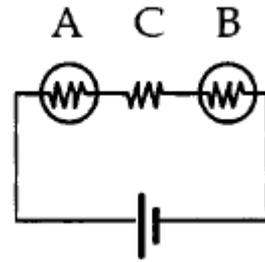
C



D

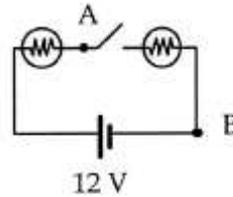
16) Se aumentarmos o valor da resistência C o que acontece ao brilho das lâmpadas A e B?

- A) A mantém-se, B Diminui
- B) A diminui, B mantém-se
- C) A e B aumentam
- D) A e B diminuem, A e B mantêm-se



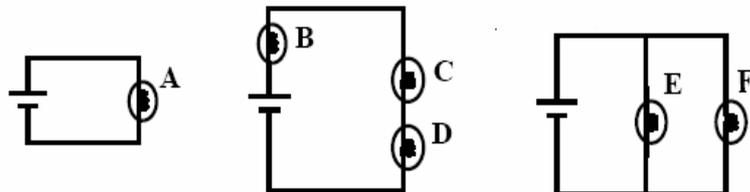
17) Qual é a diferença de potencial entre os pontos A e B?

- (A) 0 V
- (B) 3 V
- (C) 6 V
- (D) 12 V



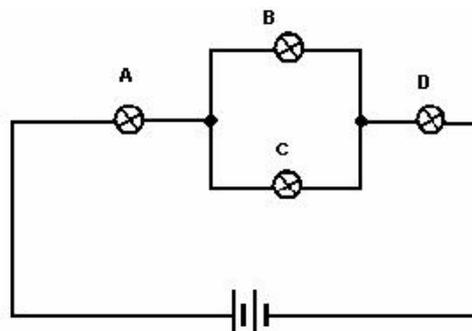
18) Ordene por ordem decrescente (do maior valor para o menor) o brilho das lâmpadas.

- A) A,B,C,D, E=F
- B) C=D, A=E=F
- C) A=E=F, B=C=D
- D) A, E=F, B=C=D



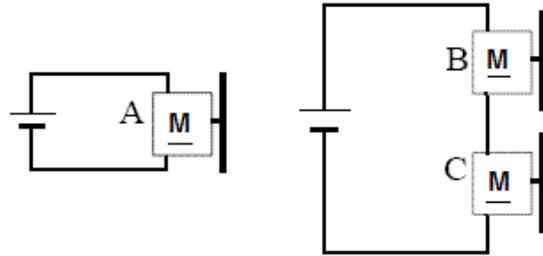
19) Ordene por ordem decrescente (do maior valor para o menor) o brilho das lâmpadas.

- A) A, B=C, D
- B) A, B, C, D
- C) A=D, B=C
- D) B=C, A, D



20) Ordene por ordem decrescente a velocidade dos motores.

- A) A, B, C
- B) B=C, A
- C) A, B=C
- D) A=B=C=D

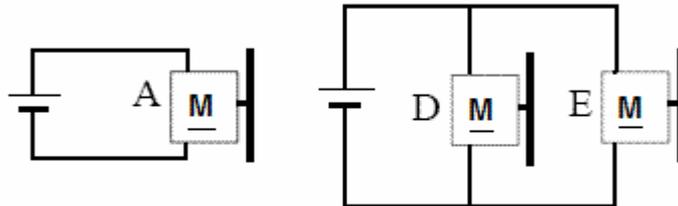


21) Se no circuito anterior travarmos, até parar, o motor B que acontece à velocidade do motor C?

- A) Mantém-se a mesma
- B) Aumenta
- C) Diminui

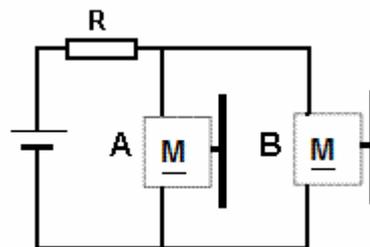
22) Ordene por ordem decrescente a velocidade dos motores.

- A) A=D=E
- B) A, D, E
- C) A, D=E
- D) D=E, A



23) Se no circuito abaixo travarmos, até parar, o motor A que acontece à velocidade do motor B?

- A) Mantém-se a mesma
- B) Aumenta
- C) Diminui



FIM

Inquérito aos alunos

A informação recolhida através deste questionário procurará contribuir para a melhoria do processo de Ensino. Obrigado pela sua colaboração.

1. ALUNO

Data ___/___/___

1.1. Idade: ___ (até 31 de Agosto) 1.2. Sexo: M F 1.3. Ano de escolaridade: 11º

1.4. Agrupamento: Curso Tecnológico de Electrotecnia/Electrónica 1.5. Média esperada: ___

1.6. Frequentou o pré-escolar? S N 1.7. Se sim, durante quantos anos? ___

1.8. Repetiu algum ano? S N 1.9. Se sim qual ou quais? _____

1.10. Porque escolheu este curso? (Factores mais importantes e respectivo peso)

1. Não teve qualquer importância, 2 Pouco importante, 3 Importante, 4 Muito importante.

	1	2	3	4
Por gosto/ vocação				
Razões/ influências familiares				
Pela forte componente prática				
Pela facilidade de entrada no mercado de trabalho				
Para ter a profissão que idealizei				
Por ser mais fácil do que outros cursos para prosseguimento de estudos				
Outra _____				

1.11. Pretende prosseguir estudos superiores? S N 1.12. Se sim onde? _____

2. AGREGADO FAMILIAR

2.1 Vive com:

Pai: Nível de escolaridade:

4º Ano: - 6º Ano: - 9º Ano: - 12º Ano: - Bacharelato: - Licenciatura:

Mãe: Nível de escolaridade:

4º Ano: - 6º Ano: - 9º Ano: - 12º Ano: - Bacharelato: - Licenciatura:

Irmãos: Quantos? ___ Algum já é adulto? S N

Se sim indique o nível de escolaridade:

4º Ano: - 6º Ano: - 9º Ano: - 12º Ano: - Bacharelato: - Licenciatura:

2.2. Como caracteriza, em termos sócio-económicos/socioprofissionais o seu agregado familiar?

Assinale com **X**

Assalariados agrícolas	
Agricultores	
Comerciantes, artesãos	
Patrões da Indústria ou do Comércio	
Quadros superiores, Profissões Liberais	
Empregados	
Quadros médios	
Operários	
Forças Armadas	
Inactivos, reformados	
Outra (qual?) _____	

3. RECURSOS INFORMÁTICOS

3.1. Tem Computador? S N 3.2. Qual o processador? _____

3.3. Se sim, está ligado à Internet? S N 3.4. Se sim tem banda larga? S N

3.5. Tem e-mail? S N 3.6. Tem *blogue* ou página pessoal na Internet? S N

3.7. Qual o uso que faz da Internet? (em casa ou na escola)

1. Raramente 2. Algumas vezes 3. Com frequência 4. Muito frequentemente

	1	2	3	4
Comunicar (mail, Messenger, chats...)				
Recolha de informação para trabalhos, estudo para testes...				
Entretenimento (jogos, download de músicas...)				
Informação diversa do dia-a-dia (horários, preços...)				
Outra (Qual?) _____				
Outra (Qual?) _____				

3.8. Qual o software que mais utiliza? 1º) _____
 2º) _____
 3º) _____

4. PERCEPÇÕES SOBRE O ENSINO DAS DISCIPLINAS DA ÁREA E GERAIS

4.1. Qual o principal aspecto que, na sua opinião dificulta a aprendizagem em cada uma das seguintes disciplinas (Assinalar apenas uma resposta, com um X, por disciplina):

	Fórmulas	Cálculos	Compreensão	Forma como é ensinada	Outra
Matemática					
Física					
SAD					
PLEE					
ATEE					
Português					
Inglês/Francês					
Filosofia					

4.2. Factores que, na sua opinião, mais influenciam o seu aproveitamento na disciplina de ATEE.

1. Não tem qualquer importância, 2 Pouco importante, 3 Importante, 4 Muito importante.

	1	2	3	4
Tipo de aulas (teóricas/práticas)				
Gosto ou interesse pela matéria				
Preparação anterior para poder acompanhar a matéria				
Atenção e participação nas aulas				
Trabalho pessoal (estudo, realização de trabalhos individuais e de grupo)				
Conhecimentos e domínio dos assuntos demonstrados pelo professor				
Personalidade e modo de ensinar do professor				
Outra _____				

5. ACTIVIDADES POE (PREDIGA, OBSERVE, EXPLIQUE)

Realizou 2 actividades POE (Circuito Misto e Motores em Paralelo) que foram em geral bem aceites por todos tendo-se mesmo registado forte entusiasmo, durante a sua realização, da parte de alguns dos seus colegas.

5.1. Na sua opinião este tipo de actividades:

(1. Nada 2. Pouco 3. Alguma coisa 4. Muito)

	1	2	3	4
Facilita e exige a participação activa e o empenhamento do aluno				
Poderá contribuir para uma melhor aprendizagem				

5.2. Na sua opinião isso deveu-se:

1. Não teve qualquer importância, 2 Pouco importante, 3 Importante, 4 Muito importante.

	1	2	3	4
Ao facto de terem sido realizadas em grupo (par)				
À forma como os grupos foram formados				
À exigência de participação activa de ambos os elementos do grupo				
Ao facto de recorrer a elementos <i>multimédia</i> (computador e interactividade)				
A ter sido uma novidade				
À maneira como as actividades estavam organizadas				
Ao facto dos alunos poderem controlar o ritmo em que foram feitas				
À acção e acompanhamento do professor				
Outra _____				

5.3. Considera que este tipo de actividades pode e deve ser realizado mais vezes nesta disciplina (S N) e noutras disciplinas técnicas ou científicas? (S N .

5.4. Na sua opinião acha preferível e mais útil que o estudo dos circuitos eléctricos e dos motores seja feito numa aula teórica (S N) ou laboratorial? (S N .

Observações: _____
