

ANA MARIA COELHO DE ALMEIDA PEIXOTO



UNIVERSIDADE DE AVEIRO
SERVIÇOS DE DOCUMENTAÇÃO

**Integração do Sistema de Aquisição e Tratamento
de Dados no Trabalho Experimental e na
Formação de Professores de Ciências**

Dissertação elaborada sob a orientação do Professor Doutor António Ferrer
Correia e apresentada ao Departamento de Didáctica e Tecnologia
Educativa da Universidade de Aveiro, com vista à obtenção do grau de
Mestre em Supervisão - especialidade em Física e Química

Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa
Universidade de Aveiro

1996

AGRADECIMENTOS

Em todos os domínios da vida, tal como na nossa área de estudo e profissão, sente-se cada vez mais a necessidade da partilha de ideias, de conhecimentos, de estratégias e da solidariedade nos esforços para que a evolução do conhecimento se possa processar normalmente e os objectivos a perseguir possam ser alcançados.

A elaboração do presente estudo, não obstante as inúmeras horas de isolamento dedicadas à pesquisa, reflexão e à escrita, nunca foi uma actividade solitária. Muitos foram os que, de algum modo, contribuíram para que este estudo fosse possível.

A todos eles, gostaria de expressar, desde já, o meu mais profundo e sincero agradecimento.

Ao Professor Doutor António Ferrer Correia, pela elevada competência com que sempre me orientou, pelo apoio e confiança que sempre manifestou, pela atenção e disponibilidade que sempre me dispensou e, ainda, pela afabilidade com que sempre me tratou.

Um agradecimento muito especial para a Coordenação do Departamento de Matemática e Ciências da Escola Superior de Educação, na pessoa da Dr^a. Maria dos Anjos Faria, pela sua disponibilidade em colaborar para a realização deste estudo, e pela cedência dos seus alunos da disciplina de Processos de Ensino.

Agradece-se a colaboração prestada pela Coordenação do Pólo de Projecto Minerva da Escola Superior de Educação de Viana do Castelo, sem a qual este estudo não poderia ser levado a cabo.

Agradece-se também à Coordenação do Pólo da Universidade do Minho do Projecto Minerva, pelo apoio manifestado e pela cedência de equipamento que

tornou possível a realização deste estudo.

Aos Drs. José Portela, Isabel Vale, e colegas do Pólo do Projecto Minerva da Escola Superior de Educação de Viana do Castelo, pelo apoio, compreensão e paciência que sempre demonstraram, sem os quais a realização deste trabalho não seria possível.

Um obrigado muito especial para os alunos do 4º ano da Escola Superior de Educação de Viana do Castelo do Curso de Formação de Professores do Ensino Básico -Variante Matemática e Ciências, que frequentaram esta escola nos anos de 93/94 e 94/95, que acederam prontamente a colaborar neste estudo, pelo empenhamento, dedicação, profissionalismo, envolvimento que demonstraram e que muito contribuíram para a concretização deste estudo.

Um agradecimento muito especial para os elementos do Pólo do Projecto Minerva da Universidade de Aveiro, nas pessoas da Dr^a Teresa Bettencourt e Dr. José Alberto Costa pela cedência de equipamento, disponibilidade e apoio que contribuíram para a realização deste estudo.

Ao Dr. Carlos Trindade e Elisa Almeida pelas horas dedicadas à leitura, reflexão e discussão que dedicou a este estudo, pela amizade e colaboração evidenciadas em todos os momentos, pelas críticas, sugestões e pela disponibilidade demonstrada.

Ao José Augusto, companheiro inseparável e insubstituível, pelas horas dedicadas à leitura, reflexão, crítica construtiva e discussões frutíferas, pelos anos de incentivo que sempre me dedicou, e pelo seu apoio no meu crescimento pessoal e profissional, sem os quais este estudo não teria sido possível.

Sumário

O trabalho experimental desempenha um papel de grande importância no ensino das Ciências. Se procedermos a uma integração das tecnologias de informação, nomeadamente do SATD, as práticas experimentais ficarão mais enriquecidas, permitindo aos alunos uma discussão professor/aluno e aluno/aluno.

Vários autores reconhecem vantagens na utilização SATD, comparando com os aparelhos de medida tradicionais. Elas passam: pela consecução dos objectivos cognitivos; os equipamentos serem mais flexível; ser menos tedioso para os alunos usarem este equipamento; facilitar a aquisição e tratamento de dados; providenciar aquisições de dados mais exactas e em intervalos de tempo menores; possibilitar aquisições de dados fora dos tempos lectivos (entre outras).

Os professores em início de formação poderão mostrar-se menos receptivos à introdução de inovações nas suas aulas, devido aos inúmeros factores que envolvem as suas práticas em início de sua prática docente. Poderá ser difícil a um professor nestas condições integrar nas suas aulas experimentais o trabalho experimental com recurso ao computador.

Quando os alunos, sujeitos a uma processo de aprendizagem com base em metodologias tradicionais, não conseguem substituir as concepções que possuem de determinados conceitos, pelas cientificamente correctas, o sistema de aquisição e tratamento de dados, aliado a uma metodologia de trabalho experimental adequada, poderá dar os seus contributos para a melhoria das aprendizagens.

Este estudo foi desenvolvido com 38 professores de Ciências em formação inicial, que ao longo da sua carreira de estudantes tinham estudado os conceitos , calor, temperatura e entropia através de métodos tradicionais de ensino.

Neste estudo analisaram-se as concepções alternativas dos professores, e as suas opiniões sobre a possibilidade de utilizarem este sistema nas suas aulas, bem como, a sua opinião relativamente às vantagens na utilização deste sistema. Analisaram-se as concepções dos professores antes e depois da integração deste sistema em experiências simples e procedeu-se à verificação das alterações provocadas nas aprendizagens dos professores acerca dos conceitos atrás referidos.

Os resultados dão indícios de que a utilização do SATD permite melhores aprendizagens através de desenvolvimento de atitudes críticas face à recolha de dados e da discussão dos resultados.

Índice

Agradecimentos	ii
Sumário	iv
Anexos	x
Lista de Quadros	xii
Lista de Figuras	xiii

1. O Problema

1.1. Introdução	1
1.2. Apresentação da situação	5
1.3. Objectivos da investigação	7
1.4. Questões do estudo	8
1.5. Importância do estudo	9
1.6. Limitações do estudo	11
1.7. Organização do estudo	12

2. Enquadramento teórico

2.1. O ensino das Ciências no fim do séc. XX	13
2.1.1. Ciência, Tecnologia e Sociedade	13
2.1.2. Triangulação controversa entre professor, computador e ensino eficaz	16
2.1.3. O computador no laboratório de Ciências	21
2.1.4. Modelos de trabalho experimental	26
2.1.4.1. Relevância na escolha do modelo de trabalho experimental	26
2.1.4.2. Modelo de trabalho experimental tipo demonstrativo	28
2.1.4.3. Modelo de trabalho experimental tipo indutor conceptual	29
2.1.4.4. Modelo de trabalho experimental tipo refutador	31
2.1.4.5. Modelo de trabalho experimental tipo investigativo	34

2.1.5. Eficácia do trabalho experimental no ensino das Ciências	36
2.2. As teorias construtivistas no ensino/aprendizagem	
da Termodinâmica.	43
2.2.1. O modelo das concepções alternativas no processo de ensino/aprendizagem	43
2.2.2. Estratégias de ensino com vista a uma aprendizagem por mudança conceptual	47
2.2.3. Concepções alternativas identificadas no domínio da Termodinâmica	53
2.3. Professores, computadores e a supervisão	64
2.3.1. A supervisão das tecnologias no laboratório	64
2.3.2. A supervisão da formação contínua	68
2.3.3. A (auto)formação; realidade e fantasia	72
2.4. Meios tradicionais de medida e automação por computador	74
2.4.1. A automação por computador	74
2.4.2. Vantagens na utilização do SATD no trabalho experimental	79
2.4.3. Contributo do SATD na análise e interpretação de gráficos	83
2.4.4. Ponte de ligação entre as operações concretas e formais	87
3. Metodologia	
3.1. Introdução	89
3.2. Natureza do estudo	89
3.3. Pressupostos do estudo	90
3.4. Descrição do sistema de aquisição e tratamento de dados	92
3.4.1. Tipos de interfaces e suas incompatibilidades	94
3.4.2. Sensores para a aquisição de dados	96
3.4.3. Unidade de aquisição e armazenamento de dados (EMU e DL Plus): vantagens educacionais	100

3.4.4. O <i>software</i> para o tratamento de dados.....	102
3.5. População	106
3.6. Instrumentos de recolha de dados	108
3.6.1. Elaboração da primeira versão dos instrumentos	108
3.6.2. Condições de aplicação e análise dos resultados dos instrumentos com vista ao seu aperfeiçoamento	111
3.6.3. Versão definitiva do Questionário Piloto	113
3.6.4. Versão definitiva do Questionário Final.....	115
3.6.5. Observação participante e entrevista não estruturada	117
3.7. Organização das aulas experimentais	119
3.7.1. Formação técnica no SATD e recursos materiais.....	119
3.7.2. Trabalhos experimentais dirigidos aos conceito de calor, temperatura e entropia, com recurso ao SATD.	122
3.8. Recolha e tratamento de dados	128
3.9. Dificuldades encontradas na preparação dos trabalhos experimentais	129
3.9.1. Preparação das experiências	129
3.9.2. Procura do equipamento mais adequado	130
4. Resultados e discussão	
4.1. Introdução	132
4.2. Caracterização do perfil dos formandos.....	133
4.2.1. Primeira amostra de formandos.....	133
4.2.2. Segunda amostra de formandos.....	136
4.2.3. Síntese sobre a caracterização do perfil dos formandos referentes aos factores submetidos a controlo	140

4.2.3.1. Sexo e idade.....	140
4.2.3.2. Área, opção frequentada no ensino complementar e experiência docente	142
4.2.3.3. Conhecimentos prévios dos conceitos de calor, temperatura e entropia	144
4.3. Opiniões dos formandos sobre o S.A.T.D.	145
4.3.1. Utilização dos sensores	145
4.3.2. Facilidade na utilização do <i>software</i>	146
4.3.3. Utilização do S.A.T.D. pelo docente	147
4.3.4. Auxílio do S.A.T.D no trabalho experimental!	148
4.3.5. Discussão dos fenómenos	149
4.3.6. Confronto de ideias	150
4.3.7. Diferenças entre os instrumentos de medida tradicionais e o S.A.T.D.	151
4.3.8. Síntese sobre as opiniões dos formandos relativamente ao SATD	152
4.4. A organização das aulas experimentais	153
4.4.1. Tarefas realizadas pelos formandos durante as aulas	153
4.4.2. A formação dos grupos	155
4.4.3. O funcionamento do trabalho de grupo	155
4.4.4. A disposição do equipamento e a organização da sala de aula	156
4.4.5. Síntese sobre a organização das aulas experimentais	157
4.5. Compreensão dos assuntos em estudo	158
4.5.1. Concepções alternativas identificadas antes do trabalho experimental nas duas amostras de formandos	158
4.5.2. Concepções identificadas após o trabalho experimental	170
4.5.3. Aprendizagens ocorridas no decorrer das aulas experimentais	176
4.5.4. Sensibilização para o eficaz funcionamento dos sensores	

e análise crítica dos dados	184
4.5.5. Domínio do S.A.T.D. durante o trabalho experimental	185
4.5.6. Envolvimento dos formandos na realização das tarefas	185
4.5.7. Síntese sobre o efeito da utilização do SATD na compreensão dos assuntos em estudo	186

5- Conclusões e sugestões

5.1. Conclusões	187
5.2. Limitações do estudo e sugestões	191

Bibliografia	193
--------------------	-----

Anexos

Anexo A - Acetatos sobre o equipamento para o S.A.T.D.	209
Anexo B - Cartões de identificação dos formandos.....	213
Anexo C - Formação técnica no S.A.T.D.	216
Anexo D - Primeira versão do "Questionário piloto".	225
Anexo E - Primeira versão do "Questionário final"	234
Anexo F - Versão final do "Questionário piloto"	241
Anexo G - Versão final do "Questionário final"	250
Anexo H - Primeira versão dos protocolos experimentais relacionados com os conceitos de calor, temperatura e entropia.....	257
Anexo I - Versão final dos protocolos experimentais relacionados com os conceitos de calor, temperatura e entropia.....	267
Anexo J - Quadros de sistematização das experiências	278
Anexo L - Tratamento de dados da I parte do "Questionário piloto", relativo à 1ª amostra de formandos	281
Anexo M - Tratamento de dados da I parte do "Questionário piloto", relativo à 2ª amostra de formandos	283
Anexo N - Tratamento de dados da I parte do "Questionário final", da 1ª e 2ª amostras de formandos	285

Anexo O - Análise descritiva das respostas da I parte do "Questionário final" correspondente à questão 1.7	289
Anexo P - Tratamento de dados da II parte do "Questionário piloto" relativo à 1ª e 2ª amostras de formandos	293
Anexo Q - Tratamento de dados da II parte do "Questionário final", relativo à 1ª amostra de formandos	301
Anexo R - Tratamento de dados da II parte do "Questionário final", relativo à 2ª amostra de formandos	304
Anexo S - Tratamento de dados da II parte do "Questionário final", relativo à 1ª e 2ª amostras de formandos	307
Anexo T - Comparação dos resultados do "Questionário final" e "Questionário piloto" para as duas amostras de formandos	310

Lista de Quadros

Quadro 2.1 - Exemplos de estudos empíricos sobre as concepções dos alunos relativas aos conceitos de calor, temperatura e entropia	54
Quadro 2.2 - Inventário conceptual relacionado com os conceitos de calor, temperatura e entropia	61
Quadro 3.1 - Tipos de sensores First Sense da gama Philip Harris	97
Quadro 3.2 - Tipos de sensores Blue Box da gama Philip Harris	98
Quadro 3.3 - Tipos de sensores SensorMeters da gama Philip Harris	99
Quadro 3.4 - Relação entre as questões de investigação e as perguntas do "Questionário piloto"	115
Quadro 3.5 - Relação entre as questões de investigação e as perguntas do "Questionário final"	117
Quadro 3.6 - Resumo dos aspectos de ordem organizacional das diferentes sessões de aulas experimentais.....	127
Quadro 3.7 - Recolha de dados em função dos instrumentos.....	128
Quadro 4.1 - Resultados percentuais, por sexo, correspondentes ao total dos formandos	141
Quadro 4.2 - Resultados percentuais, por idade, correspondentes ao total dos formandos	142
Quadro 4.3 - Resultados percentuais, por área de formação e opção vocacional, correspondentes ao total dos formandos.....	143
Quadro 4.4 - Resultados percentuais, correspondentes à experiência docente do total dos formandos	143
Quadro 4.5 - Resultados percentuais, correspondentes ao estudo prévio dos conceitos de calor, temperatura e entropia, do total dos formandos.....	144

Lista de Figuras

Fig. 2.1 - Triangulação entre os diferentes domínios do saber	20
Fig. 2.2 - Modelo didático com vista à mudança conceptual (adaptado de Nieto et al., 1992)	49
Fig. 2.3 - Estratégias de formação para a aprendizagem de um conceito (Cachapuz e Martins, 1991)	50
Fig. 2.4 - Exemplo de um sistema de aquisição e tratamento de dados	75
Fig. 3.1 - Exemplo completo de um sistema de aquisição, armazenamento e tratamento de dados e possíveis utilizações	93
Fig. 3.2 - Funcionamento dos transdutores (adaptado de Mackenzie, 1988)	94
Fig. 4.1 - Caracterização dos formandos da 1 ^a amostra relativamente ao sexo	134
Fig. 4.2 - Caracterização dos formandos da 1 ^a amostra relativamente à idade	135
Fig. 4.3 - Caracterização dos formandos da 1 ^a amostra relativamente às áreas de formação frequentadas durante o ensino complementar	135
Fig. 4.4 - Caracterização dos formandos da 2 ^a amostra relativamente ao sexo	137
Fig. 4.5 - Caracterização dos formandos da 2 ^a amostra relativamente à idade	137
Fig. 4.6 - Caracterização dos formandos da 2 ^a amostra relativamente às áreas de formação frequentadas durante o ensino complementar	138
Fig. 4.7 - Caracterização da 2 ^a amostra de formandos relativamente à experiência docente	139

Fig. 4.9 - Opiniões dos formandos relativamente à utilização dos sensores	145
Fig. 4.10 - Opiniões dos formandos relativamente ao <i>software</i> datadisc PP	146
Fig. 4.11 - Opiniões dos formandos relativamente à afirmação 1.3 do "Questionário final"	147
Fig. 4.12 - Opiniões dos formandos relativamente à afirmação 1.4 do "Questionário final"	148
Fig. 4.13 - Opiniões dos formandos relativamente à afirmação 1.5 do "Questionário final"	149
Fig. 4.14 - Opiniões dos formandos relativamente à afirmação 1.6 do "Questionário final"	150
Fig. 4.15 - Opiniões dos formandos relativamente à afirmação 1.7 do "Questionário final"	151
Fig. 4.16 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário piloto" para as duas amostras de formandos referentes às questões 2.2, 2.7, 2.9 e 2.10.....	160
Fig. 4.17 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário piloto" para as duas amostras de formandos referentes às questões 2.4 e 2.8	161
Fig. 4.18 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário piloto" para as duas amostras de formandos referentes às questões 2.1, 2.3 e 2.11	164
Fig. 4.19 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário piloto" para as duas amostras de formandos referentes às questões 2.5 e 2.6	165
Fig. 4.20 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário piloto" para a 1ª amostra de formandos referentes às questões relativas ao conceito de entropia	167

- Fig. 4.21 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário piloto" para a 2ª amostra de formandos referentes às questões relativas ao conceito de entropia 168
- Fig. 4.22 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário final" para as duas amostras de formandos relativamente ao conceito de calor..... 171
- Fig. 4.23 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário final" para as duas amostras de formandos relativamente ao conceito de temperatura 173
- Fig. 4.24 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário final" para as duas amostras de formandos relativamente ao conceito de temperatura , para a questão 2.5 174
- Fig. 4.25 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário final" para as duas amostras de formandos relativamente ao conceito de entropia para as questões 2.6 e 2.7 175
- Fig. 4.26 - Tratamento de dados das questões relativas ao conceito de calor nos dois questionários (piloto e final) 177
- Fig. 4.27 - Tratamento de dados das questões relativas ao conceito de temperatura nos dois questionários (piloto e final) 180
- Fig. 4.28 - Tratamento de dados das questões relativas ao conceito de entropia nos dois questionários (piloto e final) 182

1. O PROBLEMA

1.1. Introdução

Os primeiros estudos de investigação sobre o “bom professor”, tinham como objectivo, dar alguma informação detalhada sobre a sua actuação na sala de aula, e sobre a sua adequação ao meio envolvente. A análise situava-se ao nível das qualidades do professor, como pessoa. Esperava-se que o professor fosse pontual, organizado, educado, vestisse adequadamente e revelasse liderança, manifestada na sala de aula, pela disciplina que deveria manter e pelo cumprimento do programa, mas ao mesmo tempo, revelasse carinho e simpatia para com as necessidades dos alunos (Valente, 1991).

Actualmente, são exigidos ao professor de Ciência vários papéis, como agente envolvido no ensino, na sociedade, na educação, no domínio do conhecimento científico e tecnológico, e como prático de ensino em Ciência.

Cada vez mais, o desenvolvimento tecnológico, imposto pela sociedade, exige do professor de Ciência, e do ensino, um aperfeiçoamento, envolvendo-o em tarefas específicas, que incorrem no risco de se poderem limitar ao domínio de conhecimentos próprios de peritos.

O professor terá que ser competente, em contextos de conflito, com uma compreensão suficiente do mundo, dando sentido ao que se passa, deve possuir ferramentas que o ajudem nas teorias, ideias, e propostas, com determinadas competências para argumentar e comunicar, participando de forma efectiva em debates, e talvez mais importante, ter uma visão do futuro e uma postura interveniente na construção desse futuro (Seddon, 1991).

Será então necessário, desenvolver no professor de Ciência um ensino reflexivo, em que este interiorize, durante a sua formação inicial, a disposição e a capacidade de estudar a maneira como ensina, de a melhorar com o tempo, responsabilizando-se pelo seu próprio desenvolvimento profissional (Zeichner, 1993).

A necessidade de “actualização” e a abertura à inovação, já começam a fazer parte integrante da nossa cultura pedagógica (Ponte, 1991).

No entanto, continua a ser necessário investir na formação inicial de professores de Ciência, que chegam até nós como actores completamente formados socialmente.

A tarefa de educação em ensino de Ciência, não é simplesmente, introduzir os futuros professores numa profissão e numa prática de ensino, mas de expandir as suas capacidades de acção como actores sociais, numa complexa alteração de circunstâncias sociais contemporâneas, para que os professores possam promover uma aprendizagem significativa dos seus alunos, devendo compreender os conceitos da sua disciplina, e serem sensíveis aos contextos sociais e culturais em que os alunos estão inseridos (Lunetta, 1991).

Há razões para acreditar que as actividades laboratoriais práticas, são importantes, na promoção da compreensão, de certos aspectos da natureza da Ciência. O desenvolvimento intelectual e conceptual, e o desenvolvimento de atitudes positivas para com a Ciência, constituem um recurso importante. Assim, se o professor fizer uso das actividades laboratoriais, para a identificação das concepções científicas que os alunos possuem, através de um ensino individualizado, poderá obter aprendizagens mais significativas.

O recurso a uma abordagem das práticas laboratoriais de natureza investigativa, em que os alunos sejam envolvidos na realização das suas próprias investigações, pode dar oportunidades aos alunos para trabalharem com base nas suas ideias e concepções, e partirem daí, para o reconhecimento de outras perspectivas úteis, para construir concepções novas e funcionais (Miguéns, 1991).

Um vasto número de estudos de investigação realizados em todo o Mundo, revela que uma das maiores preocupações dos professores de Ciência, reside no facto, de os alunos não compreenderem conceitos básicos e não serem competentes em muitas competências intelectuais mais simples por eles requeridos (Osborne e Gilbert, 1979).

Esses erros conceptuais, ou concepções alternativas, podem ter sido construídos através de previsões físicas, ou de experiências construídas

verbalmente, que podem ter sido usadas para interpretar alguns fenómenos naturais, que os alunos estudaram formalmente nas suas salas de aula. As construções dos alunos podem ainda resultar de confusões conceptuais, que os podem conduzir a diferentes previsões e explicações das suas construções, estimuladas pelos professores de Ciência (Driver e Erickson, 1983).

As ideias dos estudantes não só diferem na noção científica dos conceitos, como também, na perspectiva de ensino nas escolas, persistindo depois de anos de ensino formal.

Segundo Hodson (1985), é importante para os professores reconhecerem as diferenças entre a Ciência real e as visões intuitivas dos alunos sobre o Mundo: a Ciência utiliza entidades não observáveis, relações abstractas complexas e linguagem técnica precisa; os alunos preferem explicações simples e directas.

Uma das áreas de ensino em Ciência, que tem sido alvo de vários estudos, por parte de diferentes investigadores, é a Termodinâmica.

A existência de erros conceptuais nos conceitos de calor, temperatura e entropia tem sido amplamente documentada, tanto no estrangeiro (Brook et al., 1984, 1985; Driver et al, 1983; Erickson, 1980), como em Portugal (Caldeira, 1990, 1991; Veiga, 1991).

Neste domínio, Erickson (1980) assinala que os modelos dos alunos evoluem, desde uma aplicação dos fenómenos limitados por percepções sensoriais, até às visões mais abstractas, e próximas dos modelos cinéticos, passando por uma etapas de transição, em que persistem as ideias análogas às mantidas pela teoria do calórico. A abordagem desta problemática é tanto mais importante, quanto resultados de investigações recentes, evidenciam que os alunos/futuros professores de Ciência apresentam concepções alternativas, semelhantes às identificadas em alunos dos Ensinos Básico e Secundário (Cachapuz et. al., 1991).

As tecnologias de informação e comunicação, em particular o sistema de aquisição e tratamento de dados, poderão desempenhar aqui um papel importante, favorecendo o processo de ensino, que se pretende diferenciado, e ajudar o aluno na sua auto-formação.

É actualmente inegável que as Tecnologias de Informação e Comunicação, desempenham um papel primordial no processo de ensino. Os benefícios educacionais da utilização dos computadores e interfaces no trabalho experimental, e na sala de aula, têm sido amplamente documentados por (Iglesrud, 1985; Nicklin, 1985; Mokros e Tinker, 1987; Nachmias e Linn, 1987; Goodfellow, 1991; Wu et al. 1993).

O uso sério dos computadores pode clarificar, enriquecer, as ideias científicas contidas nas experiências em estudo, pode encorajar a investigação, no que diz respeito “ao que acontecerá se” e motivar os alunos (Binney, 1991).

O computador e, de uma forma geral, as tecnologias de informação e comunicação, constituem instrumentos com grandes potencialidades, proporcionando amplas perspectivas para a supervisão em educação (Leite, 1994).

Em particular, o sistema de aquisição e tratamento de dados tem sido utilizado com êxito em alguns países, nomeadamente, nos Estados Unidos (1982), Inglaterra (1985), Escócia (1991), China (1992), Israel (1990) e Portugal (1992).

A sua introdução em Portugal foi feita pelo Ministério de Educação através do Projecto MINERVA, Projecto FORJA e via Reforma Curricular, apesar de já existirem algumas experiências em Universidades, com o desenvolvimento de equipamentos construídos pelas próprias. A Universidade de Évora, por intermédio do seu Pólo do Projecto Minerva, foi pioneira na aplicação destes equipamentos em escolas secundárias, utilizando sensores construídos no Pólo, e no desenvolvimento de materiais didácticos de apoio (Caldeira, Figueira, 1991; 1993).

Dada a relevância da aplicação deste equipamento em ambiente de laboratório, existem em vários países, grupos de interesse que se debruçam no desenvolvimento e construção de interfaces, sensores e software, na exploração das potencialidades do mesmo, na formação de professores, no desenvolvimento de materiais curriculares e na testagem desses materiais em escolas, como por exemplo, o Project at Technical Education Research Centers (TERC), e o National Council for Educational Technology (NCET).

É em todo este contexto, que o presente estudo é desenvolvido.

Pretende o mesmo investigar em que medida as concepções e expectativas, em relação às áreas de calor, temperatura e entropia, sustentadas por alunos/futuros professores de ciência (que intitularemos por formandos), afectam as interpretações que eles próprios constroem destes conceitos, e até que ponto o sistema de aquisição e tratamento de dados utilizado no trabalho experimental, poderá alterar essas concepções, contribuindo para uma aprendizagem mais eficaz.

Pretende também, verificar se os formandos reconhecem potencialidades a este equipamento, que possam contribuir para o enriquecimento das suas práticas de ensino.

1.2. Apresentação da situação

Segundo o Ministério de Educação Português (DES, 1993), nas actividades de prática experimental, os alunos deverão desenvolver, não só métodos específicos de investigação, assentes no estudo, na reflexão crítica, na observação e na experimentação, como em si próprios, poderão descobrir, ou desenvolver aptidões e capacidades potencialmente existentes. Ao professor competirá atrair a curiosidade dos alunos pelas Ciências e encaminhá-los para uma formulação científica correcta, mas não sem que aos mesmos seja permitido o confronto com as suas próprias ideias, com as dos seus colegas e até com as do professor.

No entanto, existe numa grande parte dos professores um desconhecimento das metodologias de ensino laboratorial que potenciam a aquisição de uma nova “ferramenta mental” e acentuam as duas características fundamentais, que uma formação lhes deve proporcionar: o de investigadores e inovadores (Cardoso, 1993).

Como já foi referido na Introdução, o Ministério de Educação, forneceu a algumas escolas do país, equipamentos para a aquisição e tratamento de dados.

Pela importância, que desde logo, se revestiu a utilização destes

equipamentos, foram criados alguns grupos de interesse, por professores destacados no projecto MINERVA, e organizados três seminários, durante o ano civil de 1993 e 1995, centrados na problemática da utilização do "sistema de aquisição e tratamento de dados no ensino das Ciências", que tiveram como objectivo dar a conhecer o equipamento, e apresentar alguns materiais didácticos, de apoio curricular, nos domínios da Física, Química e Biologia.

A utilização deste equipamento foi ainda tema, em Portugal, de um estudo de investigação (Bettencourt, 1994), de duas publicações intituladas "A centralidade do trabalho laboratorial nos novos programas de Química" (Cardoso, 1993) e "Ciências Físico-Químicas: manual de actividades de Química de 10º ano" (Peixoto et al. 1993).

Até Julho de 1994, a formação de professores para a utilização deste equipamento, ficou a cargo dos projectos MINERVA e FORJA, mas com a extinção destes essa formação deixou de ser feita, havendo ainda uma grande lacuna na formação de professores, nas áreas da tecnologia, da sua integração nas práticas de ensino, e nos currículos.

Actualmente, estes equipamentos encontram-se em algumas escolas do ensino oficial, sem que ninguém os utilize, por falta de formação.

Aqui, é legítimo colocar algumas questões pertinentes:

- Será que os professores poderão, por si só, utilizar este equipamento, sem formação técnica inicial?

- Será possível, através de uma formação técnica de base, preparar os professores para a utilização deste equipamento nas suas aulas?

- E no que se refere aos supervisores, estarão eles preparados para encaminharem os seus formandos, numa utilização eficaz das tecnologias, em ambiente de trabalho experimental?

Um bom ponto de partida, para dar resposta a algumas destas questões, poderão ser as Escolas Superiores de Educação, por possuírem, nos seus currículos de formação inicial, a disciplina de introdução às tecnologias de informação e comunicação no ensino. Nestas escolas, os alunos são alertados durante a sua formação inicial, para a importância do uso do computador em ambiente de sala de aula.

Faz também parte integrante dos seus currículos, uma abordagem construtivista do ensino, em que são referidas algumas das concepções que poderão ser identificadas nos alunos. Mas terão consciência, que também eles, poderão ter concepções idênticas às dos seus alunos, de alguns conceitos que virão a leccionar?

Com o objectivo de dar resposta a esta e outras questões, desenvolveu-se o presente estudo, em que se fez uma análise e detecção das concepções alternativas sobre os conceitos de calor, temperatura e entropia, em duas turmas de alunos em formação inicial da Escola Superior de Educação de Viana do Castelo, do 4º ano do Curso de Formação de Professores do Ensino Básico, variante de Matemática e Ciências, que já se encontravam em prática pedagógica em Escolas do 2º Ciclo do Ensino Básico.

1.3. Objectivos da investigação

Nesta investigação, pretendeu-se conhecer as opiniões dos formandos relativamente a cada um dos seguintes aspectos:

- a) identificação de concepções alternativas nos formandos acerca de fenómenos ocorridos no dia-a-dia relacionados com os tópicos: calor, temperatura e entropia;
- b) análise e discussão de fenómenos que contrariem as concepções identificadas nos formandos, servindo-se para isso, de experiências

- laboratoriais e do sistema de aquisição e tratamento de dados;
- c) Contraste das concepções identificadas nos formandos antes de efectuar as experiências laboratoriais, e no final destas experiências;
 - d) análise da possibilidade de utilização desta estratégia de ensino para a promoção de um ensino individualizado, no que diz respeito ao trabalho experimental;
 - e) reflexão dos formandos acerca das suas aprendizagens.

1.4. Questões do estudo

As seis questões desta investigação foram formuladas com base na análise de investigações desenvolvidas por Caldeira (1991), Cordes (1990), Erickson (1979), Erickson e Tiberghien (1985), Pereira et al. (1989), Stein et al. (1990), Veiga (1991) e Nieto et al. (1992), e foram conduzidas para darem resposta às questões abaixo explicitadas.

Questão 1 - Que concepções manifestam os formandos acerca do conceito calor?

Questão 2 - Que concepções manifestam os formandos acerca do conceito temperatura?

Questão 3 - Que concepções manifestam os formandos acerca do conceito entropia?

Questão 4 - É possível, utilizando o sistema de aquisição e tratamento de dados, contribuir para uma melhor compreensão dos

conceitos de calor, temperatura e entropia?

Questão 5 - Em situação de trabalho experimental em laboratório, o professor consegue estabelecer, de forma mais eficaz a relação do processo ensino/aprendizagem?

Questão 6 - Poderá esta investigação ser apresentada como modelo de formação de mudança conceptual para alunos/futuros professores?

1.5. Importância do estudo

Para muitos alunos o laboratório de Ciências da escola é um lugar excitante, talvez porque, é um local onde se fazem "coisas práticas", testando as experiências e encontrando respostas de uma forma prática (Rogers, 1987).

Nicklin (1985), reconhece que o computador pode distinguir-se como um procedimento habitual de medida, sendo um companheiro das actividades práticas do aluno no laboratório, fazendo o que este não pode fazer com rigor.

Bross (1986, cit., Cordes, 1990) vê no uso dos computadores no laboratório "uma das inovações, talvez a mais emocionante das aplicações dos computadores nas escolas".

Recorrendo ao sistema de aquisição e tratamento de dados, o computador poderá dar uma assistência válida, para os alunos adquirirem, desenvolverem, e exercitarem competências necessárias para se envolverem nas actividades laboratoriais.

A aquisição automática de dados, liberta os alunos de se concentrarem, por inteiro, na recolha de dados, podendo dedicar mais tempo a prestar atenção ao decorrer da experiência. Por outro lado, se os resultados não estiverem de

acordo com o que esperavam, bastará uma pressão numa tecla do computador, para iniciar uma nova medida, e o acesso à nova repetição é tão simples que encoraja os alunos a procederem a uma série de medidas exploratórias, leituras de verificação e várias medidas de leitura. Esta repetição liberal, segurança e repetição de ensaios, pode ser observada, através da discussão das possíveis fontes de erro que podem ter sido desenvolvidas. Assim, com recurso a este equipamento, o professor poderá detectar com alguma facilidade as concepções que os alunos possuem acerca de determinados conceitos, e através de uma análise cuidada, da discussão e confrontação das concepções dos alunos com os resultados das experiências, provocar a mudança conceptual.

Como já foi referido, é um facto aceite que o ensino convencional é inadequado para a modificação das concepções pré-existentes nos alunos.

A implementação de novas estratégias de ensino focalizado na reestruturação do conhecimento pré-existente de forma a produzir uma mudança conceptual, torna-se um problema importante na educação em Ciência.

Assim, com os resultados deste estudo pensa-se poder vir a inferir:

- a) propostas de estratégias para a utilização mais eficiente do sistema de aquisição e tratamento de dados, no trabalho experimental;
- b) indicar algumas vantagens e desvantagens na utilização deste equipamento em ambiente de laboratório;
- c) fornecer algumas pistas ao professor, para uma utilização eficaz deste equipamento nas suas aulas;
- d) fornecer um modelo didáctico, para a abordagem, dos conceitos de calor, temperatura e entropia, de forma a ultrapassar as concepções que os alunos apresentam acerca destes conceitos;
- e) apresentar sugestões de formação de professores, e do processo de supervisão do trabalho experimental e do sistema de aquisição e tratamento de dados.

Pretende-se ainda com este estudo, contribuir de forma positiva para a concretização da possibilidade de integração das tecnologias de informação e

comunicação no laboratório de Ciências, dando algumas pistas para a formação de professores (inicial ou contínua), de forma a contribuir para o processo ensino/aprendizagem.

1.6. Limitações do estudo

As condições estruturais existentes restringem o campo de acção e o tempo em que decorreu o estudo.

A amostragem apresentada não é significativa para que se possa generalizar as conclusões do estudo.

O facto do equipamento envolvido no estudo ser bastante dispendioso, e exigir algumas condições de aplicação, tais como: a) quatro computadores compatíveis disponíveis no laboratório; b) formandos com alguns conhecimentos informáticos; c) quatro equipamentos para a aquisição e tratamentos de dados; d) dez sensores de temperatura; e) formandos no fim do ensino formal, fez com que este estudo só fosse possível com o apoio de diferentes Pólos do Projecto MINERVA (Aveiro, Viana do Castelo e Braga).

O alargamento deste estudo a escolas do Ensino Básico e Secundário, seria o mais desejado, mas com as condições impostas para a realização deste estudo, tal não foi possível.

No entanto, no futuro, numa fase final de Implementação da Reforma Educativa e com a total remodelação dos laboratórios de Ciências, em que o computador faça parte integrante deste, talvez seja possível um alargamento deste estudo a todas as escolas do Ensino Básico e Secundário.

Seria também importante, ter feito um estudo piloto pós-formação de como os formandos explorariam este equipamento com os seus alunos, nas suas aulas. Tal não foi possível, por questões de tempo.

Talvez com uma investigação de carácter longitudinal, se pudessem obter resultados mais concludentes.

1.7. Organização do estudo

Para que este estudo fosse possível, decidiu-se dividi-lo em quatro fases.

Assim, numa primeira fase, foi ministrada uma formação técnica sobre a utilização, manuseamento dos sensores e sua calibração, ligações do sistema de aquisição e tratamento de dados ao computador, e exploração do software de apoio. Esta formação técnica foi contextualizada, com a realização de algumas experiências do domínio da Física e Química, retiradas de protocolos experimentais de um programa de formação de professores de Ciências, levada a cabo pelo Pólo do projecto MINERVA de Viana do Castelo (Peixoto, 1993). Estas experiências não envolviam os conceitos de calor, temperatura e entropia.

Numa segunda fase, recorrendo a um questionário, foram identificadas algumas concepções iniciais dos formandos, sobre os conceitos de calor, temperatura e entropia.

Na terceira fase, depois da análise dessas concepções iniciais, foram estruturadas nove experiências, em que se pretendeu rebater as concepções identificadas nos formandos. Para isso, recorreu-se à utilização do sistema de aquisição e tratamento de dados, em ambiente de trabalho experimental, com os formandos organizados em grupo.

Numa fase final, recorrendo novamente a um questionário, pretendeu-se recolher a opinião dos formandos, sobre este equipamento, e a abertura à utilização nas suas aulas reconhecendo, ou não, potencialidades para a melhoria da aprendizagem dos alunos. Os formandos foram ainda confrontados, novamente com questões relativas aos conceitos de calor, temperatura e entropia tendo sido feita uma comparação, com os conceitos que os formandos apresentavam, antes da realização das experiências.

2. Enquadramento teórico

2.1. O ensino das Ciências no fim do séc. XX

"Um visitante do laboratório de ensino da Física, descobre-se rodeado por alunos movendo-se a diferentes velocidades e de diferentes maneiras em frente de um computador, onde o ecrã apresenta um gráfico que atrai a atenção dos alunos para os seus movimentos. Um exame mais detalhado demonstra que alguns dos alunos constroem gráficos velocidade-tempo. Pequenas caixas montadas nas bancadas com um simples "olho" estão perceptíveis à marcação de um sinal sob a forma de um som e parece estar detectado o motivo dos movimentos dos alunos. Os alunos, em grupos de dois ou três, discutem os gráficos que eles próprios construíram."

(Thornton, 1987)

2.1.1. Ciência, Tecnologia e Sociedade

A Ciência e a Tecnologia desempenham um papel muito importante na maioria dos aspectos da nossa vida diária, tanto em casa, como no trabalho.

Quase todos os temas de política pública têm implicações científicas e tecnológicas. Todos os que têm o poder para tomar decisões, quer sejam parlamentares, funcionários públicos, dirigentes do comércio, indústria, ou eleitores numa sociedade democrática, necessitam de compreender as bases científicas das suas decisões.

Na escola está a surgir uma ampla mudança social, que tem por objectivo criar uma sociedade com um futuro melhor. O educador deverá seleccionar os conhecimentos que considera relevantes, possuir competências diversificadas, relacionadas com um trabalho interdisciplinar, que deverá estar dirigido para os problemas sociais e para a capacidade de agir de forma eficaz (Seddon, 1991).

Conseguir um aumento substancial na compreensão da Ciência pela

sociedade dependerá, especialmente, da própria comunidade científica, reconhecer as suas responsabilidades para com a sociedade. Requererá também que o sistema educacional e os "media" assumam o desafio de apresentar a Ciência à Sociedade de uma forma mais geral, sendo para isso, fornecidos meios adequados por parte daqueles que têm o poder para o fazer (Montenegro, 1987a).

Melhorar a compreensão da Ciência pelo público é um investimento no futuro e não um luxo a ser consentido, se e quando os recursos o permitirem (Montenegro, 1987b).

Um dos dilemas defrontado pelo movimento "Ciência para Todos" é que a sociedade procura duas coisas na Ciência - o especialista e o cidadão cientificamente culto (Cardoso, 1993).

Uma adequada educação científica para todos, deve ser o ponto de partida, de qualquer tentativa para atingir um nível de conhecimento público da Ciência, que permita ir ao encontro das necessidades apontadas.

O sistema de ensino oficial, deveria proporcionar a todos os membros da sociedade os conhecimentos e capacidades básicas, a partir das quais fosse possível construir o desenvolvimento individual, em casa e no trabalho, independentemente da ocupação de cada um (Montenegro, 1987b).

A utilização orientada do computador no laboratório, por exemplo, reforçará de modo natural a componente tecnológica durante o período de formação, proporcionando aos mesmos alunos maior qualificação profissional obtida por via escolar, com o conseqüente alargamento das potencialidades de emprego (Gonçalves, 1993).

O impacto das rápidas mudanças que caracterizam as sociedades actuais, também se faz sentir na escola, nomeadamente ao nível da sua actualização em termos de capacidade de manipulação da informação, em relação às práticas profissionais mais actuais. Enquanto eram apenas as máquinas de calcular que tornaram os processos manuais de cálculo questionáveis, a resistência da epistemologia da escola tradicional, baseada no desenvolvimento de capacidades de memorização dos alunos, poderia manter-se.

Agora, a disponibilidade de computadores domésticos, coloca em casa de muitos alunos potencialidades de cálculo muito sofisticadas, que não são mais usadas porque a escola não encontrou forma de explorar as potencialidades existentes (Dores, 1994).

O sistema de educação formal, incluindo escolas, universidades e politécnicos é, em última análise, o factor mais importante na compreensão da Ciência pela sociedade, mas é um sistema que leva muito tempo para mudar.

Muitas pessoas, não apenas os professores de Ciência, necessitarão de actualizar os seus conhecimentos de Ciência e Tecnologia periodicamente ao longo da vida. Para isso, é essencial um sistema de educação contínua e progressiva, que cubra adequadamente as matérias científicas.

No que se refere às actividades práticas, deveriam por vezes ir para além dos limites da sala de aula de Ciência, e estenderem-se aos mundos físico, ecológico, tecnológico e social. Os alunos deveriam ser capazes de estabelecer as ligações entre a Ciência escolar e as escolhas e decisões que têm de tomar quando adultos. Como cidadãos informados deveriam poder usar os seus conhecimentos de Ciência para, conjuntamente com as experiências da vida, tentar solucionar os importantes e complexos problemas relacionados com a qualidade de vida, doença, fome e preocupações sociopolíticas (Lunetta, 1991).

Alargar as actividades práticas ao ambiente e a estudos conjunturais de problemas regionais é uma maneira de incentivar um tipo de desenvolvimento que pode originar uma cidadania mais responsável.

As tecnologias, nomeadamente o computador, estabeleceram uma ligação inesperada entre actividades antes completamente dissociadas, como os jogos, a televisão, a consulta de informação, as comunicações interpessoais, a escrita e a gestão dos nossos recursos financeiros. Desta forma, sugere novos conceitos e altera as relações que mantemos com o mundo à nossa volta. Não é exagero pensar que o computador virá a influenciar decisivamente, e quiçá, de forma basicamente ainda insuspeita, a maneira de viver e de pensar da sociedade de amanhã (Ponte, 1988).

2.1.2. Triangulação controversa entre professor, computador e ensino eficaz

A instrução tradicional das Ciências, está aperfeiçoada por décadas de trabalho, pois foi demonstrado ser ineficaz para alterar as concepções alternativas dos alunos e as suas compreensões simplistas. Qualquer aprendizagem em Ciência, lembrada em contexto de sala de aula, não tem efeito nos seus pensamentos acerca de grande parte do mundo físico. A ineficácia dos cursos tradicionais de Ciência é independente das competências aparentes do professor, e dos rendimentos dos alunos nesses cursos (Halloun e Hestenes, 1985, cit., Thornton, 1987).

Klopfer (1971, cit., Stein et al. 1990) identifica os seguintes objectivos no desenvolvimento de competências científicas para uma aprendizagem eficaz no laboratório:

1. definir o problema e planear em direcção à solução;
2. observar e medir;
3. interpretar e generalizar a partir dos dados adquiridos;
4. construir e rever o modelo teórico.

Se bem que esses objectivos sejam largamente aceites para o ensino em laboratório, eles são raramente verificados ou avaliados (Stein et al., 1990).

Sugerir que a Ciência possa ser ensinada através de uma investigação actual dos fenómenos físicos, não é uma ideia nova. O que é novo são as ferramentas, com as características que fazem uso do computador e de interfaces, para a exploração desses fenómenos (Thornton, 1987).

Os computadores vieram, nos tempos mais recentes, alargar o leque dos modos como os cientistas decifram a realidade natural (Fiolhais, 1994, p. 7).

Já não se é possível conceber um laboratório sem computadores e, na sua mesa de trabalho, o cientista utiliza o computador para ordenar e calcular dados.

Não estamos mais no tempo em que Galileu, segundo reza a lenda

panegírica, observava o isocronismo das pequenas oscilações do candeeiro da catedral de Pisa para deduzir as leis do pêndulo. Nem no tempo, em que para decifrar as trajectórias celestes e ficar famoso, bastava olhar para o céu com uma luneta rudimentar. Vivemos tempos difíceis: para descobrir novas leis naturais não basta entrar numa igreja ou olhar para os céus... As grandes experiências modernas exigem equipamentos sofisticados, e são total, ou parcialmente, computadorizadas (Fiolhais, 1994, p. 29).

Mas para usar adequadamente estas tecnologias, são necessárias diversas competências e atitudes, todas elas marcadas decisivamente pela flexibilidade intelectual.

A escola vê assim acrescida a sua responsabilidade de desenvolver nos alunos capacidades como, as de formular e delimitar problemas, recolher a informação necessária para os resolver, seleccionar essa informação, interpretá-la, conduzir o seu tratamento, propor soluções e avaliar os resultados obtidos.

A preparação das novas gerações para a plena inserção na sociedade moderna não pode ser feita usando os quadros culturais e os instrumentos tecnológicos do passado (Ponte, 1993).

Mas a inserção das tecnologias nas escolas não deixa de ser controversa, pois obriga a repensar a organização dos espaços educativos e a alteração das relações professor/aluno.

Ainda é comum encontrarmos posições que defendem, que os professores poderão ficar reduzidos nas suas competências técnicas e profissionais, ameaçados por utopias que os pretendem substituir por máquinas, ou sistemas não humanos de educação, esvaziados de uma afirmação própria da dimensão pessoal da sua profissão (Cole e Walker, 1989; Powell e Solity, 1990; cit., Nóvoa, 1992, p. 15).

A dualidade de perspectivas do computador, como instrumento para a substituição total, ou parcial dos professores, versus, computador como instrumento para induzir mudanças nos processos de aprendizagem, está bem presente nos tipos de investigação realizada sobre a utilização das novas

tecnologias na Educação (Teodoro et al., 1992, p. 13).

Como poderoso instrumento de trabalho, elemento de consulta e meio de comunicação à distância, relevante para as mais diversas actividades, estas tecnologias fazem com que o professor passe a ter necessidade de empreender uma actualização constante, acompanhando os desenvolvimentos científicos e técnicos.

O professor tem de ser capaz de integrar conhecimentos de diversas áreas, reflectir sobre as implicações das mutações sociais e culturais em curso e dominar uma maior variedade de estratégias e instrumentos de trabalho, para dar resposta às necessidades e solicitações dos seus alunos (Ponte, 1993).

A integração das tecnologias de informação na escola assenta necessariamente na caracterização de um modelo, na definição dos recursos necessários e na clarificação do papel dos diversos intervenientes (Ponte, 1994).

Particularmente, no que se refere à introdução nos currículos de Ciências, há quem defenda que a introdução dos computadores nos currículos, não ajudará os alunos a desenvolverem os valores da realidade, mas será mais um passo para o seu isolamento dos valores reais. Segundo Schrock (1984) se nós substituímos todas as experiências reais de laboratório por modelos de computador, poderemos acabar por eliminar as experiências de base.

Alguns professores de Ciência acreditam que as máquinas possam, qualquer dia, deitar fora as investigações criativas. A Ciência dependerá em última instância da Educação em Ciência, e a Educação em Ciência depende de incrementos e experiência humana (Schrock, 1984). Segundo o mesmo autor, o primeiro erro do uso dos computadores no laboratório de Ciências, é o abuso dos computadores como meio de "chamar a atenção" para substituir o espaço do laboratório, por questões de tempo usado nas experiências.

Quer a utilização educativa do computador como "máquina de ensinar" - que foi amplamente criticada por diversos autores, entre os quais Papert (1980 cit., Teodoro, 1992) - quer as metodologias de investigação baseadas na comparação de resultados entre alunos, que utilizam computadores e alunos que não os utilizavam, estão hoje (quase) ultrapassadas.

De facto, nem o computador pode ser considerado, em caso algum, como um substituto do professor, ou da actividade laboratorial, ou noutras situações concretas, nem faz sentido basear a investigação sobre a utilização de computadores numa perspectiva comparativa de algo, que não se pode comparar directamente (Teodoro, 1992, p. 14).

Sob condições favoráveis, o computador pode apresentar factos de uma forma mais compreensível e proporcionar um acesso relativamente fácil, a dados experimentais através da projecção, por exemplo, de grandes imagens de ecrã, ou de gravações dos resultados de experiência que, de outra forma, se realizariam de uma maneira consideravelmente mais lenta no decorrer de uma aula. Também se colocam novas possibilidades para a aquisição de conhecimentos (Frey et al., 1987).

Se tivermos presente, que contrariamente às máquinas a mente humana pode criar ideias, das quais precisamos para nos guiarem em direcção ao progresso, bem como de instrumentos que nos permitem implementá-las, como sucede com qualquer outro mecanismo, o verdadeiro poder da tecnologia de informação advém das ideias humanas, que a criam e aperfeiçoam.

Segundo Penzias (1992, p. 11) o utilizador (professor ou aluno) deverá ter sempre presente que:

1. a posse de um computador não constitui, por si só, garantia de posse de conhecimento informático;
2. a lógica é uma coisa complicada, razão pela qual as pessoas raramente a aplicam;
3. os computadores possuem tanto "cérebro", quanto as aparelhagens de alta fidelidade possuem "instrumentos musicais" no seu interior;
4. as máquinas limitam-se a manipular números, e é o homem que lhes atribui significado;
5. os computadores não diferem muito das vulgares calculadoras de bolso, apenas são mais rápidas e primem os próprios botões;
6. a informação digital circula melhor, da mesma forma que é mais fácil enviar receitas de bolos pelo correio, do que os próprios bolos;
7. os computadores são como os carros: óptimos quanto à velocidade, mas

há que saber conduzi-los; as pessoas exigem, por vezes, demasiado das máquinas, sobretudo se nutrem expectativas exageradas em relação às mesmas;

8. se o professor não quer ser substituído por uma máquina não deve agir como tal.

Problemas práticos ocorrem quando se introduz qualquer inovação no ensino das Ciências, e mais concretamente no trabalho laboratorial, e o computador ajuda a criar alguns novos problemas, pois o professor terá que estabelecer a triangulação entre os vários domínios do saber (figura 2.1): científico; pedagógico e domínio das tecnologias de informação e comunicação (T.I.C.).

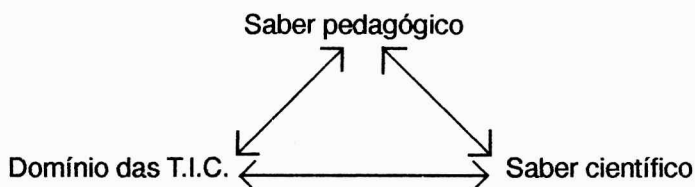


Figura 2.1. Triangulação entre os diferentes domínios do saber

Mas o computador é uma nova ferramenta e, deverá ser usada para fazer coisas que não seriam possíveis, ou que apenas poderiam ser construídas pobremente e com grande dificuldade, usando os equipamentos convencionais (Nicklin, 1985),

O entusiasmo que se gerou em Portugal em torno das tecnologias tem permitido garantir a continuidade das experiências da introdução dos computadores nas escolas. Mas está sempre presente o risco de que o essencial deste esforço inovador, seja absorvido pelo sistema de concepções e práticas existentes. Esta tendência só poderá ser contrariada por um trabalho continuado de reflexão e crítica pedagógica, baseado na investigação (Ponte, 1993).

O computador não soluciona todos os problemas no ensino (na verdade, cria alguns), mas, sob condições favoráveis, proporciona os meios técnicos que poderão ser utilizados para resolver alguns problemas. A organização das aulas e as soluções dos problemas associados a estes factos são (e, nisso acreditamos, deverá permanecer) do domínio do professor (Frey, 1987).

2.1.3. O computador no laboratório de Ciências

A introdução de tecnologias de informação na Educação não pode, ser considerada apenas como uma mudança tecnológica. Não se trata simplesmente de substituir, o quadro preto ou o livro, pelo ecrã do computador.

A introdução das tecnologias de informação na Educação pode estar associada à mudança do modo como se aprende, à mudança da forma de interacção entre quem aprende e quem ensina, e à mudança do modo como se reflecte sobre a natureza do conhecimento (Teodoro, 1992, p. 10).

É no laboratório que a imagem do cientista como utilizador do computador é mais explícita (Ribeiro e Rocha, 1993).

Utilizado de diferentes formas, o uso de computadores no trabalho laboratorial aproxima-se do verdadeiro trabalho de investigação científica, afastando-se das convencionais actividades práticas nas escolas, e apresentando-se como um benefício no efeito da imagem da Ciência junto aos alunos, e possivelmente, no seu interesse e nas suas atitudes, face à Ciência (Hodson, 1993).

Para tornar os laboratórios interessantes e eficazes para o desenvolvimento da intuição científica, os alunos necessitam de uma ferramenta científica poderosa, fácil de usar, que possa adquirir dados físicos e apresentá-los de maneira a serem manipulados, pensados e lembrados.

Está assumido que o uso dos computadores nos laboratórios de Ciência por alunos, de forma a suportar as práticas laboratoriais, é benéfico e facilita a aprendizagem das competências de resolução de problemas e de raciocínio científico (Binney, 1991; Friedler et al., 1990).

Os computadores têm um papel importante e válido na instrumentação e monitorização das experiências, testagem de novos modelos e na improvisação de novas pesquisas, análise de dados em tempo real e em simulações, que são impossíveis, impraticáveis ou demasiado perigosas de se realizarem nos laboratórios das escolas (Schrock, 1988; Ponte, 1988; Ribeiro et al., 1993).

Nos laboratórios usa-se cada vez mais a instrumentação baseada no computador. O computador é ligado aos instrumentos de medida utilizados numa determinada experiência, e é usado para recolha de dados, para processar e fornecer directamente as informações pretendidas. Em termos de ensino, este tipo de utilização permite explorar diversos fenómenos de forma absolutamente realista, sem se ser submerso pelas complicações de experiências tradicionais (Ponte, 1988, p. 21).

O "feedback" criado em tempo real pelo computador, em conjunto com uma instrução apropriada, pode servir como uma ferramenta poderosa para os alunos desenvolverem as suas competências de pensamento (Salomon, 1985, cit., Friedler et al., 1990).

O computador, quando usado no laboratório de Ciências, pode ajudar os alunos nos seus resultados e nas suas investigações imediatas, na remodelação das suas hipóteses iniciais, testar novas hipóteses, e obter novos resultados (Friedler et al., 1990).

A possibilidade de representação da informação de forma múltipla, através de tabelas, gráficos, e animação no ecrã do computador, facilita a aprendizagem.

A informação poderá ter outra ênfase se se estabelecer uma ligação entre os fenómenos que os alunos investigam, a representação verbal dos resultados e seus gráficos, e as representações em tabelas. Dá também aos alunos a possibilidade de escolha, de como cada um deles prefere, a recolha da informação (Friedler et al., 1990).

Em termos do engrandecimento do ensino da Ciência, não podemos conceder um olhar indiferente para os benefícios que podem ser trazidos, de forma inteligente no estudo de fenómenos e na aquisição de dados que podem ser adquiridos por uma máquina, podendo, relativamente às formas convencionais de ensino no laboratório, expandir as oportunidades para os alunos aprenderem a exteriorizar as suas interrogações (Stein et al., 1990; Goodfellow, 1991).

Depois de um uso apropriado de técnicas de medida com o computador, nas experiências em laboratório, é difícil medir de forma convencional (Rogers, 1987).

Quando utilizamos o computador com cuidado, para não negarmos aos alunos a possibilidade de utilizar os meios tradicionais de medida, as qualidades do computador e dos métodos convencionais de medida, devem ser reconhecidos como diferentes, mas olhadas como complementares. A escolha do método a utilizar deve estar de acordo com os objectivos e com as competências que se pretendem desenvolver (Rogers, 1987).

Para Rogers (1987), o computador poderá dar uma assistência válida para os alunos adquirirem, desenvolverem e exercitarem as competências necessárias para se envolverem nas actividades, de forma produtiva.

Segundo este autor, o computador apresenta potencialidades para:

1. estender o poder de observação;
2. aumentar a qualidade das medições;
3. recolher dados de forma mais económica e informativa;
4. facilitar a interpretação, oferecendo uma grande quantidade de informação, de alta qualidade;
5. possibilitar cálculos e análises auxiliares de dados para a investigação;
6. promover a motivação através de um "feedback" rápido.

Apesar de grande parte dos professores de Ciências não serem entusiastas dos computadores, por não quererem perder horas preciosas a aprender como usar o computador, ou a construir materiais suplementares, o desenvolvimento das tecnologias de informação e a sua incorporação no sistema educacional, proporciona aos educadores em Ciências a possibilidade de reverem questões tradicionais e terem novas prioridades (Linn, 1986, cit., Friedler et al., 1990).

Powers (1986, cit., Cordes, 1990) fez uma listagem de muitos dos atributos do computador no laboratório, que incluem: uma maior flexibilidade de acesso ao desenho experimental, tornar acessíveis os dados previsíveis nas experiências e, reflectir a tendência da utilização dos computadores nos laboratórios industriais.

Para Cordes (1990) os computadores podem ser introduzidos no laboratório de Ciências para:

- a) registar e armazenar dados da aquisição experimental para serem usados na análise estatística;

- b) fazer análise estatística por si;
- c) tornar automático o método de recolha de dados.

O computador é muito "paciente" porque não falha nenhuma medida por não estar a prestar atenção. Ele pode ser o parceiro ideal do aluno no laboratório, ou de qualquer professor, e faz sempre melhor do que qualquer um deles (Nicklin, 1985).

Os computadores no laboratório, fazendo medidas, também demonstraram como ensinar a seleccionar os conceitos de Ciência, de forma mais eficaz, que as tradicionais estratégias de ensino (Brasell, 1987).

No entanto, existe o perigo dos indivíduos que entendem o computador como uma autoridade, poderem assumir a informação apresentada pelo computador como sempre válida (Nachmias e Linn, 1987).

A tecnologia usando interfaces foi desenvolvida para tornar os computadores mais responsáveis para o modo humano de comunicar, incluindo tocar, gestos e discursos (Foley, 1986).

O sistema de aquisição e tratamento de dados consiste genericamente numa interface ligada a um computador. Foi desenhada para dar resposta às necessidades dos professores de Ciência e Tecnologia, tendo sido construída a pensar no futuro (Binney, 1991).

Woerner (1987, cit., Cordes, 1990) vê o sistema de aquisição e tratamento de dados como uma solução para muitas das críticas que se fazem aos laboratórios de Ciências, concedendo aos alunos uma participação activa nos processos da Ciência e tornando menos enfadonha a recolha de dados .

Thornton (1987) considera que após as experiências os alunos são extraordinariamente bem sucedidos, compreendem os problemas que lhes são colocados, apresentando melhores rendimentos, manifestados durante as experiências com o sistema de aquisição e tratamento de dados, demonstrando assim, uma aprendizagem experimental mais eficaz.

Stein (1986, cit., Cordes, 1990) refere que os alunos têm a oportunidade de

desenvolver competências processuais, planejar, testar e modificar hipóteses, apresentando uma postura crítica em relação ao problema que pretendem resolver.

Igelsrud e Leonard (1988) apresentam algumas possíveis razões, para o efeito do computador no processo de ensino-aprendizagem no laboratório:

1. reforçam as experiências em Física na recolha de dados com a experiência visual;
2. ligam o tempo real com os acontecimentos de representação simbólica, criando uma ponte entre, as operações concretas e formais;
3. concedem uma experiência científica genuína;
4. eliminam o trabalho fastidioso das longas recolhas de dados e construção de gráficos (Mokros e Tinker, 1987).

A observação apresenta-se como uma das competências que pode ser desenvolvida, com este sistema de aquisição e tratamento de dados, e que foi sujeita a uma investigação por Adams e Shrum (1990). Neste estudo foi verificada uma mudança de atitude nos alunos do ensino secundário, acerca da utilização do computador no laboratório. Inicialmente, quando os alunos utilizaram este sistema procediam da mesma forma que o grupo convencional, com o qual estavam a ser comparados. Mas o seu comportamento foi sendo alterado ao longo das tarefas. Os alunos foram deixando o computador fazer a recolha de dados, não estando constantemente a olhar para o ecrã. Quando lhes foi perguntado o porquê da sua mudança de comportamento, eles responderam que confiavam que o computador faria um trabalho óptimo. Os alunos começaram por usar o tempo restante para completarem as tarefas de laboratório, ou para cumprirem outras tarefas. Ao décimo quarto exercício, os alunos já consideravam o computador como mais uma ferramenta a ser usada no laboratório.

Mackenzie (1988), num estudo desenvolvido em que contrapunha o uso dos meios convencionais de medida com o sistema de aquisição e tratamento de dados, concluiu que os alunos que trabalhavam com este sistema gostaram mais e sentiram-se inspirados e modificados por esta nova metodologia.

2.1.4. Modelos de trabalho experimental

2.1.4.1. Relevância na escolha do modelo de trabalho experimental

As actividades práticas são características singulares das aulas de Ciência e tanto as autoridades educadoras como professores e alunos parecem depositar enorme confiança nos benefícios desses trabalhos. As práticas são muitas vezes consideradas necessárias, importantes e característica "*sine qua non*" do bom ensino-aprendizagem das Ciências (Miguéns, 1991).

A ideologia dominante entre os educadores em Ciência é que as experiências laboratoriais efectuadas pelos alunos são o coração da aprendizagem em Ciência (Nersessian, 1989, cit., Hodson, 1993).

O valor das actividades práticas é defendido desde há mais de um século (Lock, 1988, cit., Miguéns, 1991), embora ao longo dos tempos se tenha questionado o seu uso, mais ou menos extensivo, nas aulas de Ciências.

Inicialmente, na Inglaterra, os educadores em Ciência estavam tão entusiasmados acerca das potencialidades do trabalho experimental, relativas ao poder da mente, que podiam ser desenvolvidas em laboratório, que este tornou-se no foco central da instrução em Ciência.

Na prática, as actividades de laboratório raramente iam para além de exercícios de confirmação e verificação, e com o decorrer dos tempos, a natureza formal dessas actividades laboratoriais começaram a ser citadas como responsáveis pelo declínio dos cursos de Ciência (De Boer, 1991, cit., Hodson, 1993).

Mas apesar das indicações de fé que animava os vários intervenientes no processo educativo, quanto aos benefícios das práticas laboratoriais, parece geralmente aceite a ideia de que em Portugal não se faziam suficientes trabalhos práticos nas aulas de Ciências (Miguéns, 1991).

Algumas das razões apontadas para a omissão do trabalho laboratorial nos cursos de Ciência, eram porque muitos instrumentos de laboratório eram difíceis de usar, frágeis, instáveis e caros. De forma adicional, o ensino no laboratório não estava considerado para ser o lugar onde os alunos pudessem aprender

Ciência, mas o lugar para o desenvolvimento de competências laboratoriais, que em última instância, só eram de utilidade para fins académicos.

A realidade de muitos laboratórios de Ciência é que a exploração não é encorajada e, apesar de haver uma longa tradição de trabalho prático no currículo das Ciências, muitos professores que advogam o seu uso extensivo não estão seguros do seu preciso papel (Hodson, 1985; Thornton, 1987).

Alguns estudos (por exemplo, Hodson, 1985, 1993; Thornton, 1987; Lunetta, 1991; Miguéns, 1991, entre outros) apresentam vantagens educativas nas actividades de trabalho experimental, fazendo algumas críticas ao que habitualmente é feito, e sugerindo a necessidade de novas formas de abordagem.

Em alguns destes autores (Lunetta, 1991; Hodson, 1985, 1990, 1991, 1992, 1993) é feita uma abordagem epistemológica da Ciência para se tentar compreender o "porquê" do ensino através do trabalho experimental, não se traduzir num ensino eficaz. Para Lunetta (1991), o ensino eficaz deve reflectir os conceitos e processos da disciplina de Ciência, comunidade, realidade escolar e recursos disponíveis. Um ensino eficaz reflecte igualmente o que nós sabemos acerca da aprendizagem.

Muitas vezes a ineficácia do trabalho experimental deve-se sobretudo ao desconhecimento, por parte dos professores de Ciência, dos modelos de trabalho experimental existentes e suas bases epistemológicas.

De certo modo, e como maneira de permitir métodos de ensino-aprendizagem mais próximos e racionalmente adequados, para fins educacionais, deve ser feita uma clara distinção entre trabalho prático e trabalho laboratorial, e mais particularmente, entre trabalho prático e a fase experimental do processo científico.

O papel da experiência pode, em certas ocasiões, ser mais eficaz, através de estudos de casos históricos ou simulações em computador, do que pelo trabalho experimental.

Lopes (1994), com base em estudos publicados, concebeu quatro tipos de modelos para o trabalho experimental que denominou:

1. modelo de trabalho experimental tipo demonstrativo (MTED);
2. modelo de trabalho experimental tipo indutor conceptual (MTEIC);

3. modelo de trabalho experimental tipo refutador (MTER);
4. modelo de trabalho experimental tipo investigativo (MTEI).

A função do primeiro modelo (MTED) é ilustrar factos e princípios como forma de dar credibilidade à informação teórica. O segundo modelo (MTEIC) pretende introduzir conceitos, teorias e leis. O modelo (MTER) consiste em gerar conflitos cognitivos com vista à mudança conceptual. E o quarto modelo (MTEI) consiste em aplicar os conhecimentos a novas situações através da resolução de problemas (Lopes, 1994).

A diferença entre os modelos verifica-se, fundamentalmente, ao nível das concepções epistemológicas, psicológicas e pedagógicas-didáticas que orientam para diferentes rumos o desenvolvimento das actividades.

Em seguida iremos apresentar, de forma resumida, cada um destes modelos de trabalho experimental.

2.1.4.2. Modelo de trabalho experimental tipo demonstrativo

Este modelo insere-se numa linha de aprendizagem por transmissão, pois sobrevaloriza os conteúdos, em detrimento dos processos de construção. Não é preocupação fundamental o desenvolvimento de capacidades, atitudes, ou a compreensão da natureza problemática da construção do conhecimento e da metodologia da Ciência.

O papel do aluno é fundamentalmente passivo, centrando-se o desenvolvimento da actividade laboratorial no professor, e este nos factos em si mesmos.

As experiências são realizadas pelo professor, ou por um grupo de alunos escolhidos por ele, segundo instruções dadas por este e/ou pela ficha de trabalho, que encaminham o aluno para a observação dos factos.

Este modelo tem uma base epistemológica indutivista e empirista.

Como Yager et al. (1969, cit., Hodson, 1985) tinham proposto, pode não haver vantagem no trabalho prático baseado na demonstração pelo professor, embora Shulman e Tamir (1973, cit., Hodson, 1987) argumentem que os cursos

que eles orientam (Chem Study e BSCS) permitem poucas oportunidades para o inquérito genuíno e aberto.

As demonstrações podem ser úteis em diversas situações.

Johnston e Wham (1980, cit., Miguéns, 1991) consideram a demonstração forte na sua capacidade para ilustrar a teoria, Woolnough e Allsop (1985, cit., Miguéns, 1991) admitem que as demonstrações podem ser úteis para ajudar os alunos a estabelecerem a ligação entre a realidade e as teorias abstractas, e possibilitar a construção de concepções mais estruturadas e interligadas.

As demonstrações são por vezes necessárias e desejáveis, quando somos levados a considerar particularmente, elevados custos na realização de algumas experiências, procedimentos perigosos e a manipulação apropriada de algum equipamento.

Com as conclusões obtidas através deste método pretende-se ilustrar, certificar e dar credibilidade aos conceitos, e às teorias subjacentes.

2.1.4.3. Modelo de trabalho experimental tipo indutor conceptual

Este modelo circunscreve-se na linha da aprendizagem por descoberta.

Parte-se do pressuposto que o aluno é capaz de chegar aos conceitos e/ou teorias através da observação de factos.

Tendo por base a pedagogia do OHERIC (Observação, Hipótese, Experimentação, Resultados, Interpretação dos resultados e Conclusões), a actividade experimental assume um papel crucial e central no ensino-aprendizagem das Ciências.

As capacidades manipulativas e os aspectos técnicos são sobrevalorizados dada a importância que assumem na obtenção dos bons resultados.

Neste método a colocação do problema é geralmente feita pelo professor, podendo solicitar a participação dos alunos. Este define os objectivos da actividade de trabalho experimental.

O objectivo principal deste método é fazer de cada aluno um "pequeno cientista".

Quando o aluno participa na sua planificação, esta assume um formato tendencialmente investigativo, visando dar resposta ao problema proposto, é dada a possibilidade ao aluno para desenvolver capacidades cognitivas, tais como, a tomada de decisão relativamente ao procedimento, variáveis a controlar, tratamento de informação, etc.

Quando o aluno segue as instruções dadas pelo professor ou pela ficha de trabalho experimental, o formato será de verificação, pouco contribuindo para o desenvolvimento de capacidades cognitivas associadas à resolução de problemas.

Neste método destacam-se os exercícios controlados e a descoberta orientada, veiculada pelos projectos Physical Science Study Communittee (PSSC), Chemical Education Material Study (Chemical Study) e Nuffield Science. Este último foi desenvolvido no início dos anos 60, com o patrocínio da Nuffield Foundation. Neste método identifica-se uma fusão das teorias indutivistas, acerca do método científico, com as visões progressistas de educação centrada na criança. Os objectivos declarados deste projecto eram criar um clima de interrogação, em que cada aluno recolhia os dados, a partir dos quais iriam surgir as generalizações. As discussões subsequentes eram deixadas para a formação dos conceitos e sua compreensão (Hodson, 1993).

Promovendo o valor da experiência directa e um currículo orientado para o inquérito, destacando o valor motivacional de descobrir por si e o uso de termos como observação, experiência e investigação, os psicólogos produziram um modelo de aprendizagem que parecia adaptar-se perfeitamente às visões tradicionalmente indutivistas e empiristas da metodologia científica (Cawthron e Rowell, 1978; Harris e Taylor, 1983, cit., Hodson, 1985).

Em parte, pelo pouco tempo, e em parte pela genuína abertura de espírito poder conduzir a problemas de disciplina na aula, a aprendizagem por descoberta degenera, frequentemente, numa "pseudo descoberta do inevitável". Conduzida por etapas sendo posto de lado os benefícios de tornar activos os alunos e envolvê-los em actividades cognitivas, pela necessidade de guiar o processo de descoberta de tal modo que a "emoção da descoberta" é estragada.

Os alunos ficam frustrados porque, frequentemente, fazem observações e

descobertas que o professor, pelo seu conhecimento teórico prévio, despreza como irrelevantes ou erradas. Perante tais experiências, eles rapidamente perdem a confiança e o incentivo para iniciar tais actividades (Hodson, 1993).

As experiências de descoberta guiada, nas quais os procedimentos são realizados pelos estudantes em direcção a uma pré-determinada e única resposta certa, parecem estar sob o signo do falhanço e da crítica.

As leis, os princípios científicos e os conceitos, não parecem susceptíveis de descoberta, mesmo (re)descoberta, pelos alunos, e a natureza convergente destas actividades conduz ao "jogo da resposta certa" (Driver, 1983).

Neste modelo a comunicação de resultados permite ao aluno sintetizar a informação. No caso de trabalho em pequenos grupos, possibilita comparar os resultados obtidos pelos diferentes grupos e promover uma discussão em turma.

Quando os resultados não estão de acordo com o desejado, a avaliação centra-se nas técnicas, procedimentos e leituras efectuadas, podendo ocorrer neste modelo, o identificar dos métodos de aprendizagem apenas com os processos de Ciência, levando a negligenciar a importância das estruturas conceptuais existentes.

2.1.4.4. Modelo de trabalho experimental tipo refutador

Este modelo insere-se numa linha construtivista da aprendizagem.

O aluno assume um papel fundamental na (re)construção do conhecimento, dado que constrói modelos mentais acerca do que o rodeia.

Todas as novas experiências são interpretadas e compreendidas em função desses modelos ou esquemas mentais (Osborne e Freyberg, 1985; Driver et al., 1988).

Na tentativa de tornar objectiva a aprendizagem da Ciência é necessário ter em conta as recentes pesquisas com alunos acerca das suas compreensões em Ciência, e que foram reveladas acerca da aquisição de conceitos e o desenvolvimento desses conceitos, principalmente a aprendizagem como processo activo em que o aluno constrói e reconstrói a sua compreensão à luz das suas experiências (Osborne e Wittrock, 1983, 1985; Driver e Bell, 1986; Shuell,

1987, cit., Hodson, 1993).

Lovell (1971, cit., Hodson, 1993) considera que a compreensão conceptual requer ir além do concreto, em última instância, o conceito relevante tem que existir como conceito abstracto para ser inteiramente operacionalizado.

As actividades laboratoriais, segundo este modelo são, em geral, as mais consistentes e apropriadas na resposta a dar às necessidades dos diferentes alunos, se forem capazes de interessar os estudantes que estão em diferentes níveis de capacidades intelectuais e de desenvolvimento conceptual (Lunetta, 1991).

Neste modelo, há que desenvolver esforços no sentido de convergir a psicologia da aprendizagem com a Filosofia da Ciência, segundo orientação construtivista que Resnick e Nieto (1983, cit., Lopes, 1994; Nieto et al. 1992) resumem em três pontos:

1. Quem aprende constrói significados. Não reproduz simplesmente o que lê ou o que se lhe ensina;
2. Compreender algo supõe estabelecer relações. Os fragmentos de informação isolados são ignorados ou são inacessíveis à memória;
3. Toda a aprendizagem depende da existência de conhecimentos prévios.

As estratégias de ensino de natureza construtivista que pretendem a mudança conceptual, apresentadas por diversos autores (Driver et al., 1988; Santos, 1991; Pérez, 1992; Nieto et al., 1992), genericamente apontam para três fases principais:

- 1ª. Fase de explicitação, identificação, e clarificação das concepções alternativas dos alunos;
- 2ª. Fase de (re)estruturação pela criação de conflitos cognitivos;
- 3ª. Fase de aplicação das novas ideias a diferentes contextos.

A planificação do trabalho experimental deve ser construída tendo em conta as concepções alternativas dos alunos, de forma a estimular os conflitos cognitivos e levar os alunos a abandonarem os seus modelos e substituí-los por outros que consideram mais adequados. Para isso, é necessário criar situações que não sejam compatíveis com os modelos explicativos que os alunos utilizam, criando

desiquilíbrios que facilitem a (re)estruturação dos conceitos.

Com vista à mudança conceptual e relativamente ao trabalho experimental, Hodson (1988) sugere um conjunto de passos que se enquadram nas duas primeiras fases anteriormente apresentadas:

- a) Permitir aos alunos explicitar as suas ideias através de trabalhos escritos, ou da discussão entre eles e o professor;
- b) Explorar as implicações dessas ideias;
- c) Fazer corresponder e testar essas ideias com a "experiência de vida" de cada aluno;
- d) Permitir aos alunos criticar as ideias dos outros e submeter à crítica as próprias ideias;
- e) Usar ideias para explicar as observações, fenómenos e acontecimentos;
- f) Aplicar as ideias a novas situações;
- g) Modificar e refinar as ideias para assegurar uma melhor correspondência com a "realidade";
- h) Fazer previsões. Submeter as teorias e previsões a uma testagem na procura de bases, refutações e refinamentos;
- i) Introduzir experiências que desafiem e contradigam as ideias dos alunos;
- j) Encorajar o aparecimento de modelos conceptuais alternativos, e explicações através de actividades de discussão;
- l) Se for necessário, apresentar o modelo explicativo "oficial" como um dos modelos alternativos;
- m) Explorar e testar todas as alternativas (repetição dos passos de a) a h);
- n) Comparar, avaliar e seleccionar a alternativa que mostra ser a mais aceitável para o grupo de aprendizagem, incluindo o professor procurando-se o consenso.

De acordo com Inhelder e Piaget, o estímulo para o desenvolvimento conceptual é o reconhecer das contradições e das incongruências entre ideias, através de exercícios de laboratório ubíquos muitas vezes providenciando aos alunos, com pequenas oportunidades, considerar objectivos conceptuais subjacentes.

Incentivar o aluno a "pensar em voz alta", pode ajudar o professor a entender

os mecanismos de construção e funcionamento, assim como, encontrar pontos contraditórios, sendo importante submeter a(s) ideia(s) do(s) aluno(s) à auto e heterocrítica, reforçando a ideia de subjectividade e abrindo espaço para a resolução do conflito com vista à procura de um modelo explicativo alternativo.

O professor deverá ter o papel de moderador nas discussões, organizando as ideias principais e incentivando os alunos para a resolução do conflito.

O grau de abertura deste modelo deve ser tendencialmente fechado, para o aluno não se afastar da tarefa, visto que o principal objectivo centra-se na obtenção de dados que refutem as suas hipóteses, e não tanto no desenvolvimento de capacidades, tais como a planificação da experiência.

Segundo Gunstone (1991, cit., Hodson, 1993), os alunos poderão estar a olhar para o lugar errado, de forma errada, e fazer interpretações erradas, algumas vezes ver negadas evidências observadas que entram em conflito com as ideias pré-existentes.

2.1.4.5. Modelo de trabalho experimental tipo investigativo

Neste modelo o ponto chave é o desenvolvimento de capacidades, dando ao aluno a possibilidade de se aperceber da natureza da Ciência e dos processos inerentes à sua produção, estando direccionado para a resolução de problemas e tendo como suporte a teoria aceite pela comunidade científica.

Neste modelo, parte-se do princípio que o aluno conhece e compreende a teoria aceite pela comunidade científica.

Investigação ou projectos nos quais os alunos resolvem problemas, pesquisam, experimentam, estudam um problema particular e trabalham as possíveis soluções, são actividades cada vez mais relevantes, para a educação científica dos alunos (Miguéns, 1991).

Ao realizarem estas investigações, projectos ou actividades de resolução de problemas abertos, os alunos podem trabalhar como verdadeiros cientistas na resolução de problemas.

Este tipo de actividade prática encerra, o verdadeiro, compensador, útil e significativo trabalho prático.

Envolver os alunos na realização das suas próprias investigações não visa estabelecer, ilustrar ou verificar um princípio ou uma lei científica, mas, dá-lhes a oportunidade e a experiência de planear uma experiência, usando a sua própria iniciativa, prestando atenção ao desenho da experimentação, à escolha e uso dos recursos, à recolha cuidadosa dos dados e à interpretação dos resultados (Driver, 1983).

Segundo Lopes (1994), o modelo tipo investigativo tem como principais finalidades:

1. Fazer o balanço sobre a mudança conceptual, isto é, proporcionar aos alunos a possibilidade de aplicar as ideias (re)estruturadas a situações novas (Miguéns, 1991);
2. Aproximar as actividades de trabalho experimental com os processos e metodologias de Ciência na resolução de problemas (ênfase na relação Ciência/Sociedade);
3. Incentivar a realização de projectos e inventos (ênfase na relação Técnica/Sociedade).

Se pretendermos aproximar as actividades de trabalho experimental dos passos usados na investigação científica, será necessário repensar a actividade experimental geralmente proporcionada aos alunos.

Segundo Lock (cit., Miguéns, 1991), a introdução da investigação e trabalhos de campo no currículo de Ciência pode ajudar a fomentar a confiança dos professores e alunos para operarem em situações nas quais as respostas pré-determinadas não estão disponíveis, mostrando-se capazes de responder à necessidade de se privilegiarem abordagens holísticas da actividade científica na educação em Ciência, para além de serem, talvez, o melhor caminho de "libertar as práticas da tirania da teoria" (Woolnough, 1983; cit., Miguéns, 1991).

Com este tipo de trabalho experimental, pretendem-se atingir os seguintes objectivos:

- . desenvolver competências para trabalhar como um cientista na resolução

- de problemas, e desenvolver a capacidade de realizar investigações científicas genuínas (Woolnough e Allsop, 1985, cit., Miguéns, 1991);
- . compreender a natureza do inquérito científico;
 - . ampliar o conhecimento acerca dos fenómenos físicos e naturais, através de novas experiências (Driver, 1985);
 - . explorar o alcance e limitações de certos modelos ou teorias, testar ideias alternativas experimentalmente, e ganhar confiança na sua aplicação prática (Brook et al. 1989, cit., Miguéns, 1991);
 - . explorar e comprovar as estruturas teóricas da experimentação (Reid e Hodson, 1987);
 - . desenvolver algumas capacidades científicas práticas, como sejam as competências de observação e manipulação;
 - . desenvolver atitudes positivas, como sejam as de comunicar e cooperar (Hofstein e Lunetta, 1982).

Nesta proposta de organizar a aprendizagem dos alunos, como na construção do conhecimento numa base investigativa, o professor assume o papel de "director da investigação", acompanha, participa e encoraja a discussão dos projectos, colocando questões consideradas pertinentes, a fim de levar o aluno a reflectir com vista a algumas reformulações, tanto a nível de definição do problema, como da planificação da experiência, das técnicas de execução e avaliação final.

1.5. A eficácia do trabalho experimental no ensino das Ciências

O laboratório de Ciências tem um papel central e muito importante na educação em Ciência, apresentando-se como um meio único para ensinar e aprender Ciência.

Desenvolvimentos recentes das ciências cognitivas em educação, provaram a importância do peso empírico das experiências baseadas em fenómenos do mundo físico, no domínio de competências práticas e dos conceitos abstractos (Macdermott et al., 1983, cit., Thornton, 1987).

De acordo com Hofstein e Lunetta (1982) actividades de laboratório apropriadas podem ser muito eficazes e promover o desenvolvimento intelectual, de questionamento e de resolução de problemas.

Alguns investigadores defendem que o trabalho de laboratório permite a compreensão de conceitos abstractos, a partir do desenvolvimento de situações concretas, podendo ser um veículo para estimular a curiosidade dos alunos.

O laboratório é um dos vários lugares em que os alunos podem participar verdadeiramente nos processos de ciência, obtendo os conhecimentos em primeira mão, construindo eles próprios as teorias necessárias para a compreensão do mundo e formular as suas próprias questões, posteriormente envolvidas no processo da aprendizagem.

Através de experiências de carácter investigativo, os alunos aprendem mais acerca dos conceitos e fenómenos, têm oportunidade de planificar, adquirir competências de desenho experimental, como se fossem cientistas criativos.

Aprendem que a Ciência é feita por pessoas pensantes, que formulam hipóteses e tentam "coisas" que umas vezes funcionam e outras não. Assim, essas experiências desempenham um papel importante para a desmistificação da Ciência, tornando-a acessível a todos (Hodson, 1992).

No entanto, estas actividades necessitam de uma planificação mais estruturada, uma vez que os professores poderão ter alguma dificuldade no controlo do comportamento, questionamento e respeito pelo tempo de aprendizagem de todos os alunos da turma, durante uma actividade experimental de cariz investigativo (Tobin, 1986).

Sugerir que os alunos possam adquirir um conceito novo envolvendo-se numa descoberta guiada, ou num trabalho sem guia, é absurdo. Algumas experiências dão resultados imprevistos, deixando aos alunos a oportunidade de descobrir uma Ciência alternativa ao paradigma prevalecente (Hodson, 1985; 1990). Grande parte da informação recolhida é desnecessária para os objectivos que se pretendem atingir, contribuindo para um "ruído" excessivo e desnecessário (Blosser, 1988; Clackson e Wright, 1992; Hodson, 1992; 1993; Cardoso, 1993). Segundo os mesmos autores, esse "ruído" pode ser reduzido substancialmente através de um melhor desenho experimental, melhor instrução e técnicas

experimentais mais adequadas.

Segundo alguns investigadores (Tobin, 1986; Hodson, 1990; Lunetta, 1991; Clackson e Wright, 1992) o trabalho prático como é conduzido pelos professores em muitas escolas é usado sem objectivo, é trivial e mal planeado. É usado sem pensar, sem olhar adequadamente para o seu papel pedagógico e epistemológico (Hodson, 1985; 1990) .

Segundo Hodson (1990), a principal causa de grande parte da insatisfação da natureza do trabalho prático nas escolas, é o facto de os professores o usarem sem reflectirem sobre a melhor metodologia a utilizar nas actividades propostas. Não porque os professores sejam pessoas não reflexivas, mas porque foram sujeitos a uma teoria que defendia que o trabalho prático só funcionaria se os alunos manuseassem todo o equipamento experimental. Nesta teoria o trabalho experimental apresentava-se como "panaceia universal" e solução educacional para os problemas da aprendizagem.

Segundo Tamir e Lunetta (1981, cit., Tobin, 1986) a discrepância existente entre alguns objectivos propostos pelo professor e as práticas nas salas de aula, pode ser atribuída à opção de muitos professores por apresentar algumas demonstrações e verificações típicas nos laboratórios. Essas opções são por vezes devidas ao elevado número de alunos por turma, ao elevado custo de muitas experiências, a algum perigo envolvido na realização de certas experiências, entre outras razões.

Algumas experiências propostas não estão longe de muitas "experiências cozinhadas", não apenas porque envolvem os alunos num trabalho não exploratório de actividades pré-destinadas, como estes têm que recolher dados em demasia e apresentar cálculos extensos e tediosos (Tobin, 1986; Hodson, 1990; 1992).

A morosidade com que são efectuados os cálculos, e o facto de muitas vezes se realizarem em diferido, põe em perigo a aprendizagem dos alunos, apresentado-se como excessivos e indesejáveis, para inspirar nos alunos uma carreira em Ciência e os motivar para a aprendizagem (Mackenzie, 1988; Stein, 1990).

Para os alunos mais hábeis, o caminhar forçado por actividades de trabalho

prático pré-programadas, de forma a deduzir o que é demasiado óbvio, poderá ser muito frustrante para os alunos.

Para haver uma aprendizagem é necessário que o aluno esteja interessado, e a obrigação da realização de tarefas que o trabalho prático convencional proporciona, pode não facilitar essa mesma aprendizagem.

Um ensino de sucesso, centrado num curso de Ciências, necessita de induzir os alunos a tornarem-se participantes activos no processo científico e a explorarem o mundo físico, procederem à análise de dados, tirar as suas conclusões e generalizar os seus recentes ganhos científicos. Compreenderem os fenómenos faz parte do seu mundo do dia a dia (Thornton, 1987).

Segundo o mesmo autor, as experiências directas acerca dos fenómenos físicos são especialmente importantes para a aprendizagem simples da Ciência, em qualquer idade.

Embora o ensino laboratorial possa conceder a um aprendiz uma participação activa na investigação científica, os problemas do ensino laboratorial são complexos quando estão dirigidos para os alunos que têm pouca, ou nenhuma, experiência em Ciência.

A maior parte das vezes os alunos novos estão mais motivados para a simples possibilidade e oportunidade de manipular o aparato experimental, do que para fazer observações, explorações e investigações sobre a inconsistência das suas ideias, ou para procederem às confrontações dos problemas (Hodson, 1990).

Para Hofstein e Lunetta (1982), as actividades laboratoriais devem ser definidas como contribuindo para experiências de aprendizagem em que cada aluno interacciona com o aparato experimental para observar o fenómeno.

Os contributos das experiências devem ter níveis diferentes de estruturas específicas para o professor, ou guia de laboratório, e devem incluir fases de planificação, desenho, análise, interpretação e aplicação, como também uma fase central de realização.

Segundo os mesmos autores, as actividades de laboratório tem potencial para realçar relações sociais construtivas, assim como atitudes positivas de crescimento cognitivo.

Um esforço cooperativo de equipa, requerido por muitas actividades de

laboratório, pode promover interacções sociais positivas, envolvendo de forma coesiva em tarefas e objectivos de orientação, democracia, satisfação, e o desenvolvimento de outros factores, como a autonomia e respeito pelo trabalho de todos os elementos da equipa.

Lynch (cit., Hodson, 1990) refere que quando os professores são interrogados acerca do porquê da utilização do trabalho prático nas suas aulas, apresentam uma série de justificações desconcertantes, cada uma com um propósito, mas que podem ser agrupadas em cinco categorias:

1. Motivar e estimular o interesse e a satisfação dos alunos;
2. Ensinar competências laboratoriais;
3. Realçar a aprendizagem do conhecimento científico;
4. Dar conhecimento do método científico e desenvolver competências para o utilizar em variadas situações;
5. Desenvolver algumas "atitudes científicas", como a abertura de espírito, objectividade e prontidão para tirar conclusões.

Contrariamente às expectativas dos professores, o interesse dos alunos e a sua satisfação pela realização de actividades experimentais, não é proporcional à utilização crescente do trabalho prático.

Apesar de alguns anos de práticas orientadas, muitos alunos são incapazes de executarem alguns processos simples de laboratório de forma correcta, satisfatória e compreensível (Hodson, 1993).

A partir dos anos 60, o projecto Nuffield defendeu o provérbio chinês "Foi-me dito e esqueci; eu vi e lembrei-me; eu fiz e compreendi", para basear o seu lema para o uso extensivo do trabalho prático; investigações recentes evidenciam que muitos alunos não conseguiam dizer o que fizeram, porque o fizeram e o que descobriram, e como Driver (1983) demonstrou, o seu uso baseava-se mais no lema "Eu fiz e estou ainda mais confuso" (Hodson, 1992; 1993).

Embora os alunos entendam o laboratório como um lugar onde estão activos, muitos são incapazes de estabelecer a ligação entre aquilo que estão a fazer e o que estão a aprender.

Assim, para que ocorra uma aprendizagem eficaz no trabalho experimental, é necessário proceder a uma personificação das experiências laboratoriais, focando os aspectos conceptuais da experiência, identificando por si só o problema em que o aluno está interessado, envolvendo-o na investigação, ou no desenho dos processos a adoptar (Hodson, 1990).

O professor deverá planear as suas actividades de forma a tornar a teoria mais válida, e pedagogicamente mais efectiva, nos currículos de Ciência, devendo alargar consideravelmente a uma série de aprendizagens experimentais, e ser mais cauteloso acerca dos propósitos de uma lição em particular (Hodson, 1992).

Uma sessão prática a que falta clareza, quanto à finalidade, ou que tenta atingir vários objectivos diferentes ao mesmo tempo, não tem utilidade pedagógica (Hodson, 1985).

Nessa planificação deverá ter-se o cuidado de respeitar um modelo de Ciência filosoficamente válido, não indutivista, não apresentar a Ciência como um algoritmo de um processo discreto, baseado em pontos de vista popperianos, mas um modelo de Ciência que no mínimo admita as discrepâncias falíveis da observação e experimentação, incorporar a consciência dos dias em que o conhecimento é negociável com a comunidade científica, e reconhecer que a Ciência é influenciada por modelos sócio-económicos, culturais, políticos, morais e éticos, e tomar nota das distinções entre as teorias realistas e os modelos instrumentais (Chalmers, 1991).

O trabalho prático deverá ser mais frequentemente usado para ajudar na exploração, manutenção e desenvolvimento dos conceitos, e para os tornar mais compreensíveis aos olhos dos alunos.

A aprendizagem com sucesso necessita de um longo e repetido contacto com o que é necessário aprender.

Os alunos necessitam que lhes seja dado tempo e oportunidades suficientes para reconstruírem a sua compreensão por si mesmos, e encontrar razões para alterarem os seus pontos de vista (Hodson, 1992). Além disso, muitas facilidades não garantem boas práticas, e o aparecimento de aprendizagens favoráveis pode

certamente virar-se contra os professores (Ainlay, 1990, cit., Hodson, 1993). Frequentemente, devido ao poder do desenho de actividades de laboratório, facilidades inadequadas, como o suporte técnico e um tempo inadequado de exploração curricular, poderá tornar os professores incapazes de operacionalizar o trabalho prático como queriam (Hodson, 1993).

Face ao que anteriormente foi exposto, poderemos sistematizar algumas das razões apontadas para a ineficácia, muitas vezes verificada, do trabalho experimental nas escolas:

- a) As lições são percebidas pelos alunos como fenómenos isolados, e não como parte integrante de uma série de experiências;
- b) Os objectivos dos alunos são diferentes dos do professor. Muitas vezes os professores não dizem qual é o seu objectivo, e quando o fazem, não se asseguram de se os alunos os entenderam.
- c) Muitas vezes, os alunos limitam-se a seguir instruções e tentar chegar à "resposta correcta", defrontando-se por vezes com um Ciência alternativa que não está de acordo com os resultados previstos;
- d) Os alunos falham na compreensão da relação entre os objectivos da investigação e o desenho da experiência que se pretende executar;
- e) Muitas vezes alunos não possuem os pré-requisitos de conhecimento assumidos pelo professor;
- f) Os alunos são incapazes de alcançar o "estado mental" requerido;
- g) As percepções dos alunos relativamente ao significado das tarefas sugeridas não são assumidas pelo professor;
- h) Os professores deverão ter em linha de conta o desenvolvimento psicológico dos alunos.

Se os professores forem mais reflexivos quanto às suas práticas de trabalho experimental, a compreensão da Ciência poderá ser apontada como uma maneira de obter melhores práticas no futuro (Clackson e Wright, 1992).

O trabalho laboratorial, quando adequadamente estruturado e provido das ligações apropriadas, aumenta o entendimento, é capaz de construir atributos de interesse e ser factor de realização e de autoconfiança do aluno (Cardoso, 1993).

2.2. As teorias construtivistas no ensino/aprendizagem da Termodinâmica

"Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um simples princípio diria: o factor mais importante que influencia a aprendizagem de qualquer aprendiz é aquilo que ele já sabe."

(Ausubel, 1968, cit. Erickson, 1979)

2.2.1. O modelo das concepções alternativas no processo de ensino/aprendizagem

Os alunos desde muito jovens e antes da aprendizagem de Ciência na escola, atribuem significados às palavras e têm perspectivas do mundo que são razoáveis e úteis do seu ponto de vista.

Em geral, tais perspectivas não coincidem com o ponto de vista científico (Nieto et al., 1992; Thornton, 1987) e podem ser fortemente conservadas durante toda a aprendizagem formal, não sendo, muitas vezes, reconhecidas pelos professores. Contudo, influenciam a aprendizagem formal de muitas maneiras não previstas (Osborne e Tasker, 1985, cit., Santos, 1991).

De acordo com Santos (1991) pressupomos que a realidade é sempre apercebida de forma pessoal pelo sujeito sendo essa percepção dependente das concepções pré-existentes em cada um. Deste modo, as concepções do mundo real são sempre subjectivas.

Há na actualidade um grande interesse por parte de investigadores e professores, em conhecer essas perspectivas identificadas por diferentes autores como: ideias prévias; ideias intuitivas; concepções intuitivas; pré-concepções; concepções alternativas; ideias alternativas; esquemas conceptuais ou mesmo concepções erróneas¹.

¹ As concepções erróneas não devem ser confundidas com simples "erros primeiros" resultado, por exemplo, de simples distrações, lapsos de memória ou erros de cálculo, mas sim como potenciais modelos explicativos podendo unificar mais do que um tipo de fenómenos e resultados de um esforço consciente de teorização (Cachapuz, 1993).

As concepções alternativas (designação que decidimos adotar) têm um papel constitutivo no acto de conhecer. Daí, não serem apenas acidentes de percurso, que desaparecem facilmente por si próprias, à medida que o aluno vai compreendendo os conceitos científicos. São antes representações positivas, mais ou menos: estruturadas; espontâneas e imediatas que, como todo o conhecimento primeiro, ainda que erradas e ingénuas, são condições necessárias à aquisição do saber científico e ao progresso da razão (Rogan, 1988; Santos 1991).

Para Driver et al. (1988), as concepções alternativas (referidas pelos autores como esquemas conceptuais) são aquelas estruturas construídas pelas crianças como resultado da sua interacção com o meio ambiente.

Uma grande quantidade de trabalhos de investigação realizados em todo o mundo sobre as concepções alternativas, vieram pôr em destaque um modelo de ensino/aprendizagem de Ciências, proposto por Posner et al. (1982), designado por modelo de mudança conceptual. Segundo este modelo, aprender Ciência consiste em desenvolver ou reestruturar conceitos que as crianças já possuem acerca de fenómenos do mundo físico (Faria, 1991). Muitos desses resultados têm sido generalizados através de níveis etários, de culturas e dos curricula (Veiga, 1991).

Nessas linhas de investigação, em geral todos os autores concordam em que as ideias se caracterizam por:

- . terem uma certa coerência interna, apesar dos alunos as usarem de modo aparentemente contraditório;
- . serem comuns a alunos de diferentes meios e idades;
- . estarem fortemente enraizadas e serem muito resistentes à mudança.

Segundo Nieto et al. (1992) como causas da existência nos nossos alunos de concepções alternativas podemos enumerar:

- . a necessidade humana em encontrar soluções para questões que nos são colocadas;
- . linguagem do quotidiano;
- . influência da cultura popular;
- . escola, através de livros de texto, professor, companheiros, metodologias

inadequadas, curriculum escolar (inadequado e apresentado em compartimentos estanques).

Actualmente, é do conhecimento geral a existência e aceitação (por parte de todos os educadores) de concepções alternativas nos alunos, bem como a sua persistência após o ensino formal (Cachapuz et al., 1991; Caldeira e Martins, 1990; Driver e Erickson, 1983; Driver, 1985; Driver e Oldham, 1986; Erickson, 1979; Erickson e Tiberghien, 1985; Nieto et al., 1992; Santos, 1991; Solomon, 1982, 1983; Veiga, 1991).

Vários estudos empíricos longitudinais têm demonstrado que os métodos tradicionais de ensino são frequentemente impotentes para vencer a resistência das ideias dos alunos à mudança, estando por vezes mascarada pelo verbalismo de certas aquisições escolares (Santos, 1991), não estando directamente relacionadas com o seu nível de instrução formal (Veiga, 1991).

Numa investigação desenvolvida por Driver e Oldham (1986) verificou-se que, embora alguns alunos apliquem ideias científicas em contextos escolares estereotipados, como por exemplo em situações de exame, não o fazem fora das situações formais escolares.

As concepções alternativas dos alunos, bem como os raciocínios usados pela maior parte dos adultos (incluindo professores e cientistas) em situações de dia a dia, diferem do pensamento científico num número considerável de aspectos (Driver, 1986; Lewis e Linn, 1994; Veiga, 1991).

Este novo paradigma (perspectiva construtivista de ensino/aprendizagem) não pretende que os alunos eliminem as suas concepções alternativas mas, pelo contrário, se tornem aptos no desenvolvimento de tarefas metacognitivas e a operar em dois domínios do conhecimento diferentes, sabendo estabelecer a distinção entre eles. Acontece todavia, que, como aponta Viennot (1979, cit., Santos, 1991), os alunos muitas vezes não se apercebem da sua duplicidade de raciocínio.

A persistência das concepções alternativas é, segundo Solomon (1983), facilmente compreensível se admitirmos que tal conhecimento é um "conhecimento socializado", uma vez que as concepções alternativas estão, a seu ver, profundamente enraizadas na sociedade: na conversação diária e através dos *media* os nossos alunos são confrontados com suposições sobre: como as coisas

se movem; a sua energia, e outras propriedades que não podem ser directamente questionadas pelas explicações científicas que aprendem na escola.

O professor necessita ter ideias claras acerca do ponto de partida do(s) aluno(s), face a todos os factores que podem envolver as dificuldades de aprendizagem, devendo fazer um levantamento das concepções alternativas que os alunos eventualmente possuem acerca dos aspectos considerados relevantes no programa de ensino.

O papel fundamental do professor é o de ajudar os seus alunos a (re)construírem novos significados a partir de conhecimentos que já lhes são familiares, através de desestruturações sucessivas do seu conhecimento - processo de mudança conceptual- e não acumularem conhecimentos de acordo com a lógica da aquisição conceptual (Cachapuz, 1991, 1993). Só assim o professor pode dirigir a sua intervenção de modo a gerar e melhorar as concepções dos conceitos pelos seus alunos (Cachapuz, 1991; Tiberghien, 1988).

O professor deverá ter em consideração que, como refere Tiberghien (1988), toda a aquisição de novos conceitos necessita de tempo, e isso pode significar pelo menos alguns meses ou talvez alguns anos. Devido a esta longa duração, o trabalho de pesquisa desenvolvido pelo professor, na aprendizagem dos seus alunos necessita de uma metodologia específica, sendo necessário estabelecer observações rigorosas em diferentes tempos de aprendizagem. Mas segundo Cachapuz e Martins (1991), qualquer proposta de inovação curricular, por muito válida que seja, arrisca-se a ser inócua se não se articular com adequadas estratégias de formação de professores.

Em suma, a análise dos resultados de muita bibliografia existente sobre as implicações das concepções alternativas dos alunos no processo de ensino/aprendizagem, leva-nos a reflectir sobre a importância de os professores que ensinam Ciências adquirirem uma concepção de ensino por mudança conceptual. Só assim eles terão em conta o que os alunos já sabem, quando planificam e implementam as actividades na sala de aula (Faria, 1991).

2.2.2. Estratégias de ensino com vista a uma aprendizagem por mudança conceptual

Os problemas que a epistemologia e a pedagogia contemporâneas enfrentam, sob a designação genérica de mudança conceptual, dizem respeito a dispositivos pelos quais conceitos e teorias podem substituir outros conceitos e outras teorias (Santos, 1991).

Iremos agora tratar de modelos de aprendizagem e de propostas didácticas epistemologicamente fundamentadas (condições, situações, estratégias e tipos de intervenção dos professores) que favorecem a mudança conceptual.

O problema da modificação das concepções alternativas por mudança conceptual implica conhecer e discutir as origens de tais concepções (Martins, 1989).

A tentativa de aplicar uma pedagogia de mudança conceptual exige que, para cada conteúdo, o aluno seja capaz de repensar o que, de uma forma imediata e a nível sensorial já tenha pensado antes (Santos, 1991). Isto é tanto mais importante, quando nos referimos a conceitos com que o aluno é confrontado no seu dia a dia, como sejam (por exemplo) os fenómenos envolvendo os conceitos de calor, temperatura e entropia.

Muitos investigadores (Caldeira e Martins, 1990; Mak et al., 1987; Rogan, 1988; Tiberghien, 1988; Veiga, 1991) referem que uma das regras de ouro para consolidar a aprendizagem de conceitos é ilustrá-los com exemplos concretos, principalmente no que diz respeito ao domínio da Termodinâmica.

Neste modelo dever-se-á considerar, como refere Tiberghien (1988), que um conceito não é definido por si, mas através da relação com outros conceitos num modelo matemático; esta modelação é complexa e, a confrontação entre modelos e o mundo real necessita de uma situação experimental, pois estes conceitos podem não estar directamente ligados a objectos, factos ou acontecimentos.

Como refere Santos (1991) é difícil ao aluno compreender os conceitos científicos se primeiro não os criticou, desorganizou, e se desembaraçou

conscientemente, das suas primeiras formas e das suas concepções alternativas.

A teoria das concepções alternativas é útil para focar a nossa atenção na causa dos problemas de cada aluno, e procurar estratégias de ensino mais eficazes (Mokros, 1987).

Experiências inovadoras levadas a cabo recentemente no ensino das Ciências (CLIS², 1987; Licht, 1989, cit., Cachapuz, 1993) utilizando estratégias de ensino baseadas em modelos de aprendizagem de mudança conceptual, são encorajadas no que diz respeito à superação das concepções alternativas dos alunos. No essencial, tais estratégias são organizadas de modo a que o aluno possa participar activamente na reconstrução do seu próprio saber.

Para Santos (1991) o grande desafio que se coloca ao professor é o de ajudar o aluno a utilizar de forma consciente, produtiva e racional o potencial de pensamento do aluno - ensinar a pensar - bem como, a tornar-se consciente das estratégias de aprendizagem a que recorre para construir (reconstruir) conceitos científicos.

Whetley (1991, cit., Cachapuz e Martins, 1991) sugere uma maior ênfase na exploração pelos alunos de situações problemáticas organizadas com base em conceitos centrais da disciplina, e aponta vários critérios (por exemplo encorajar os alunos a utilizarem os seus próprios métodos), de modo a que tal formato de instrução possa ser educacionalmente válido.

Para tentar congregiar todas estas necessidades vários grupos de investigadores (Driver e Oldham, 1986; Mak e Young, 1987, cit., Nieto et al. 1992) desenharam um modelo didáctico de ensino, de forma a redundar num ensino mais eficaz (figura 2.2).

Como se pode observar, este modelo estabelece no início um paralelo entre a situação de partida do aluno e a estrutura da disciplina que se pretende ensinar. Estas linhas integram-se coerentemente numa visão construtivista de todo o processo de ensino/aprendizagem (Nieto et al., 1992).

² Abreviatura do projecto "Childrens Learning in Science Project" radicado na Universidade de leeds e coordenado pela investigadora e autora Rosalind Driver.

Outros investigadores (Cachapuz e Martins, 1991a; Cachapuz et al., 1991b; Caldeira e Martins, 1990; Driver e Erickson, 1983; Erickson e Tiberghien, 1985; Lewis e Linn, 1994; Mak e Young, 1987; Kesidou e Duit, 1993; Rogan, 1988; Solomon, 1982; Summers, 1983; Tiberghien, 1988), consideram que qualquer estratégia de formação (de alunos ou professores) de índole construtivista deve ter em consideração três princípios orientadores básicos:

- 1º. ter como ponto de partida (e de chegada) os próprios sujeitos em formação;
- 2º. o processo de formação deve, tanto quanto possível, ser continuamente modelado pelas mudanças conceptuais dos alunos; razão porque é vital que o professor dê tempo e oportunidade para as actividades de reflexão, conflito cognitivo, e discussão entre os alunos;
- 3º. o professor deve estar em condições de poder apreciar o desenvolvimento do processo de ensino/aprendizagem, sem o que não poderá ajustar os mecanismos de retro-acção apropriados.

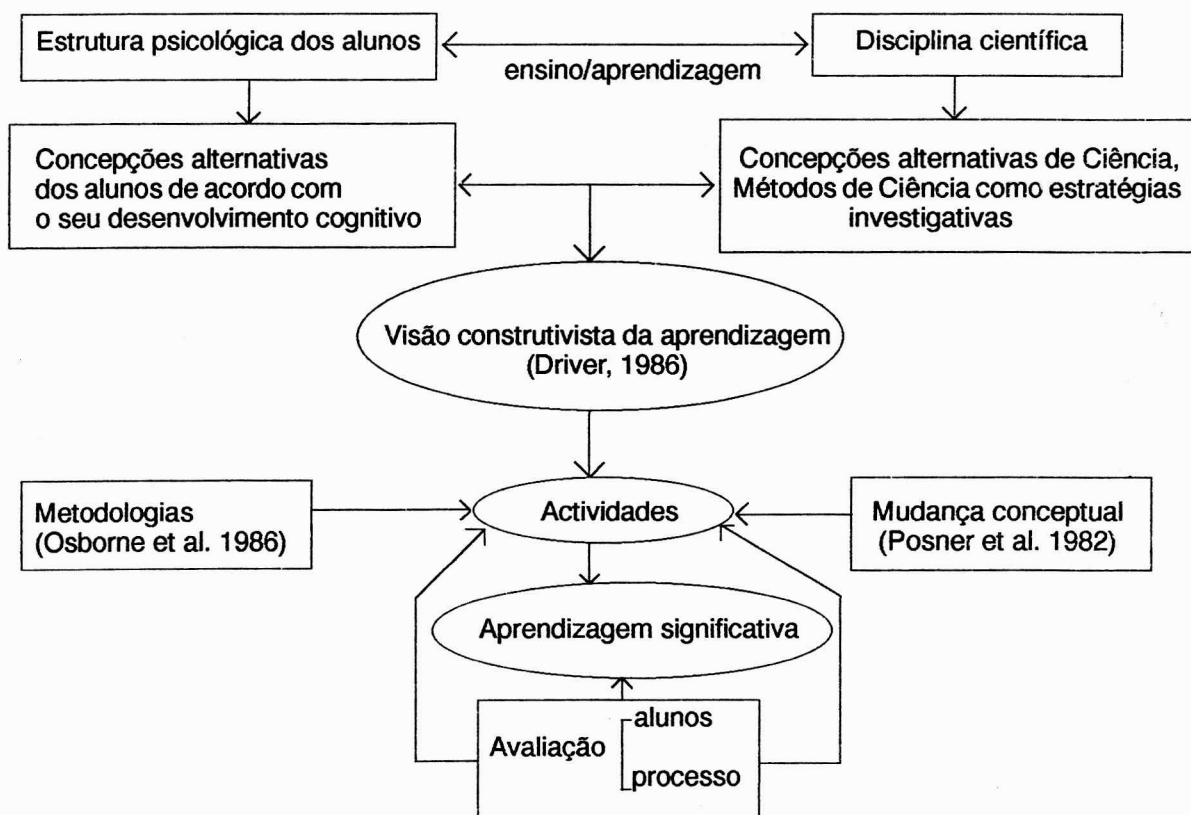


Figura 2.2: Modelo didáctico com vista à mudança conceptual (adaptado de Nieto et al., 1992)

Cachapuz e Martins (1991a), sugerem uma estratégia para a formação dos alunos na aprendizagem de um conceito qualquer (figura 2.3).

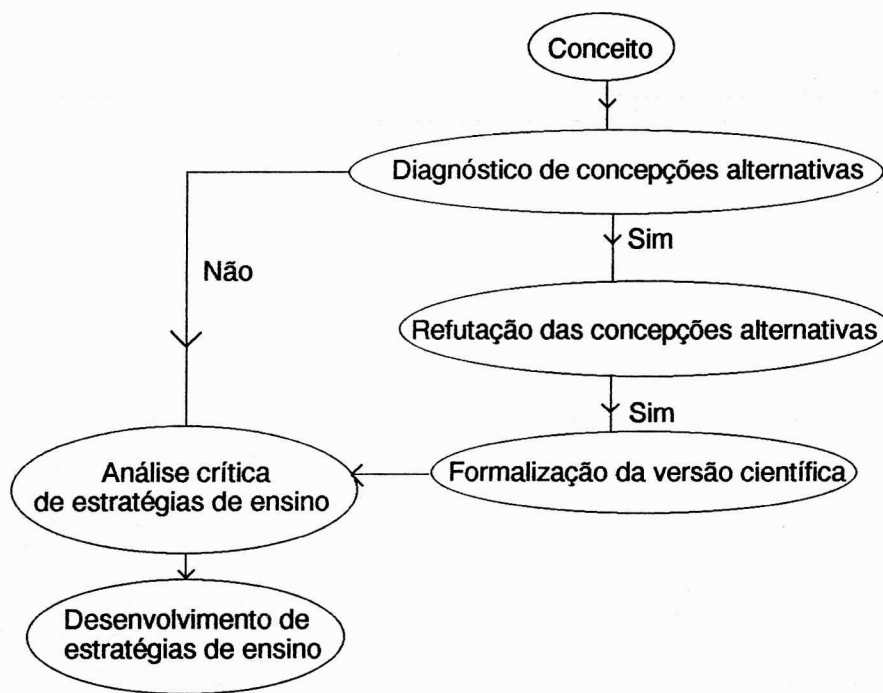


Figura 2.3: Estratégia de formação para a aprendizagem de um conceito (Cachapuz e Martins, 1991).

Neste modelo são abertas duas possibilidades ao professor, consoante são ou não detectadas no aluno, e numa fase diagnóstica, concepções alternativas.

O diagnóstico das concepções alternativas pode ser feito através de testes onde são formuladas simples questões escritas ou orais (entrevistas).

As opções de refutação e formalização estão estreitamente articuladas no espaço e no tempo e, são por certo, as mais problemáticas no modelo de estratégia proposto.

A fase de refutação tem como objectivo a desestruturação das concepções alternativas dos alunos, como primeiro passo para a preparação racional à mudança. A fase de formalização visa a reestruturação do conhecimento dos alunos, por forma à apreensão por estes da versão científica aceite do conceito em estudo. Este processo global não é certamente linear, sendo pois de prever



ciclos de desestruturação/reestruturação sucessivos (Cachapuz e Martins, 1991).

Segundo Cachapuz e Martins (1991) a reestruturação é formalmente equivalente à fase maêutica do método socrático.

Ao professor compete pois, tomadas de decisões importantes sobre as práticas pedagógicas precisas especificadas pela natureza das concepções alternativas dos alunos, mas também, pela natureza dos conceitos científicos a ensinar (Nieto et al., 1992; Santos, 1991). Essas práticas pedagógicas deverão encorajar o aluno a reflectir sobre a sua própria aprendizagem e permitir: num primeiro tempo, consciencializar-se das suas concepções alternativas, para num segundo tempo as desorganizar e, num terceiro tempo, construir dialecticamente as novas ideias.

Quer o trabalho de grupo quer o trabalho experimental (Thornton, 1987; Rogan, 1988) podem desempenhar um papel importante, sobretudo se usados articuladamente: o trabalho de grupo como espaço onde pode ser gerado o conflito inter-pares; o trabalho experimental por permitir a criação de desequilíbrios (conflito conceptual) entre o que o aluno acredita (concepção alternativa) e o que observa. Em ambos os casos, torna-se mais fácil ao aluno tomar consciência do seu próprio "erro" e substituí-lo pelo novo conceito (troca conceptual) (Cachapuz, 1993; Erickson, 1979; Rogan, 1988).

Segundo Cachapuz et al. (1991b) abordagem do trabalho experimental deverá processar-se segundo três etapas:

- . aplicar aos alunos um teste diagnóstico adequado;
- . inventariar as respostas fornecidas;
- . confrontar os alunos com a validade/aplicabilidade das suas respostas face a situações experimentais.

Como indicou claramente Gil e Carrascosa(1985, cit., Nieto et al., 1992), a existência das concepções alternativas poderá estar ligada ao que estes autores definem como: metodologia da superficialidade. Esta metodologia conduz a respostas "seguras e rápidas" a partir de generalidades acríticas, a trabalhar com ausência de dúvidas, ou se possível, soluções alternativas para os problemas colocados.

Nesta linha, a principal dificuldade na aquisição correcta dos conhecimentos científicos não reside tanto na existência de concepções alternativas, mas na metodologia que está na sua origem.

Alguns investigadores (Erickson, 1979; Solomon, 1983) consideram que a melhor maneira dos alunos se desembaraçarem dos seus "erros", é pedir-lhes para não explicarem os acontecimentos que ocorrem em ambiente de laboratório, mas para escreverem de forma livre sobre esses acontecimentos, e partir em seguida para uma discussão em classe sobre "os porquês" da ocorrência desses fenómenos.

Segundo Caldeira et al. (1990), dever-se-á para isso, recorrer a experiências diversificadas com diferentes materiais proporcionando um caminho em que o diálogo entre professor-aluno e aluno-aluno contribua para o esclarecimento das ideias ainda deficientemente adquiridas.

No que se refere ao estudo da Termodinâmica (área sobre a qual nos iremos debruçar), Erickson (1979), define uma série de estratégias que poderão ser utilizadas na exploração dos conceitos específicos calor, temperatura e entropia.

Uma primeira estratégia de ensino destes conceitos poderá ser: encorajar os alunos a familiarizarem-se com uma larga gama de fenómenos associados a estes conceitos, e desenvolver as ideias intuitivas e crenças através de um questionamento constante. Essas experiências deverão ser suficientemente fáceis para conduzirem os alunos a uma clarificação das suas ideias para desenvolverem a confiança na formulação de previsões (Erickson, 1979).

Se no entanto, os alunos manifestarem as mesmas crenças, o professor poderá envolvê-lo em situações que sejam inesperadas para ele, e que entrem em conflito com as suas ideias (conflito conceptual). Esta estratégia (definida pelo autor como "manobra anormal") deverá ser estruturada para introduzir um elemento de incerteza nas crenças dos alunos, com a expectativa de que a incerteza (conflito conceptual) possa eventualmente ser resolvida com um tipo de reorganização e reestruturação das intuições das crianças e das suas crenças (Erickson, 1979).

Se o aluno é agora capaz de compreender uma larga gama de fenómenos, então estes passos poderão ser considerados como uma estratégia válida e,

como mais poder no que diz respeito à substituição das concepções alternativas acerca dos conceitos de calor, temperatura e entropia.

As estratégias de reestruturação podem ser acompanhadas de diferentes maneiras através de pequenas interações entre grupos, ou interações e procedimentos mais ligadas ao professor.

Esta abordagem construtivista é, segundo Caldeira e Martins (1990), difícil de concretizar em toda a sua plenitude, com as condições actualmente existentes nas nossas escolas. Mesmo assim, será preferível desenvolver este tipo de atitude, ainda que na aproximação possível, do que continuar a seguir estratégias de ensino formal.

Para Nieto et al. (1992) os materiais desenhados e a metodologia de trabalho na aula são condições necessárias, mas não suficientes, para se conseguir uma mudança conceptual desejada para a totalidade dos alunos.

Isto coloca em evidência a extraordinária complexidade do processo de aprendizagem, assim como a diversidade das variáveis que intervêm neste processo.

2.2.3. Concepções alternativas identificadas no domínio da Termodinâmica

Na disciplina de Física o conhecimento conceptual é o substracto dos nossos conhecimentos intelectuais usados para comunicar ideias aos outros (Erickson, 1979).

Muitas crianças parecem ter construído explicações várias e simples para justificarem situações do dia a dia quanto a fenómenos, envolvendo os conceitos de calor, temperatura e entropia.

Essas explicações podem ulteriormente tornar-se parte integrante das concepções alternativas, que ela ou ele têm que enfrentar face à diversidade de problemas colocados pela escola (Erickson e Tiberghien, 1985).

Estes conceitos são particularmente interessantes e, todos os nossos alunos

possuem uma experiência considerável com situações do dia a dia que envolvem estes conceitos e que são a base das suas crenças (Erickson, 1979).

Estes conceitos têm despertado a atenção dos investigadores para a identificação das concepções alternativas dos alunos nas últimas duas décadas. Apesar destes estudos envolverem amostras diversificadas, há concepções que são igualmente identificadas nos diferentes estudos.

No quadro 2.1 apresenta-se uma listagem, ordenada cronologicamente por data de publicação, de alguns estudos empíricos conhecidos neste domínio de conteúdos, dos quais a seguir se sumarizam as principais conclusões.

Quadro 2.1. Exemplos de estudos empíricos sobre as concepções dos alunos relativas aos conceitos de calor, temperatura e entropia.

Autor(es) e ano	Amostra (idade ou ano de escolaridade)
Erickson, 1979, 1980	6-13 anos
Solomon ³ , 1982,1983	2º e 3º ciclos do ensino básico.
Linn et al., 1983	13-17 anos
Driver e Oldham, 1986	Alunos do ensino secundário
Tiberghien, 1988	6-7 anos e 11-13 anos
Rogan, 1988	14,61 anos (idade média)
Costa Pereira et al.,1989	Alunos do ensino universitário
Caldeira e Martins, 1990	Alunos do ensino universitário
Friedler et al., 1990	8º ano de escolaridade
Stein, et al., 1990	8º ano de escolaridade
Cordes, 1990	Alunos universitários
Stavy, 1990	6-15 anos
Veiga, 1991	10-15 anos
Caldeira et al., 1992	Alunos do 9º ano de escolaridade
Nieto et al. 1992	12-13 anos
Kesidou e Duit, 1993	15-16 anos
Lewis e Linn, 1994	12-14 anos e 19-45 anos

³Este autor debruçou-se fundamentalmente no estudo da energia, no entanto, fez uma análise das concepções dos alunos acerca dos conceitos de temperatura e calor.

Pode-se dizer que o início dos estudos sobre ideias dos alunos relativas às suas concepções sobre calor e temperatura foram conduzidas por Erickson (1979).

Este autor assinala que os modelos dos alunos relativos a estes tópicos evoluem desde uma explicação dos fenómenos limitados por impressões sensoriais, e baseados no senso comum (Ciência das crianças), até à visão mais abstracta e próxima do modelo cinético, passando por épocas de transição em que estão presentes ideias análogas às mantidas pela teoria do calórico⁴, não havendo, segundo Lewis e Linn (1994), nenhuma relação entre o nível de educação dos indivíduos e a exactidão das suas respostas.

Essas concepções são apenas produto de muitos anos de observação de fenómenos ocorridos no dia a dia.

Os alunos não estabelecem nenhuma diferença entre calor e temperatura e, segundo Erickson (1979), parece que os utilizam independentemente nas diversas ocasiões em que são interrogados.

A familiarização com estes termos faz-se a partir dos 12-13 anos. Nesta idade a noção de temperatura está muito limitada e só é usada para descrever espontaneamente as condições em que um objecto se encontra (Erickson, 1979; Erickson e Tiberghien, 1985).

Para os alunos a temperatura de um objecto obtém-se frequentemente, como resultado de uma mistura de calor e frio que os corpos possuem. Este "critério de quantidade" pode ser uma das causas da confusão existente entre calor e temperatura (quantidade de calor e intensidade de calor), existente, não só, nas mentes de muitas crianças, mas também de alguns adultos (Kesidou e Duit, 1993; Lewis e Linn, 1994; Nieto et al., 1992).

Diversos estudos assinalam que as dificuldades dos alunos estão na compreensão intensiva e extensiva da temperatura e do calor "a temperatura é uma medida da intensidade do calor" ou, "o calor e a temperatura são consideradas da mesma forma como propriedades extensivas".

Stavy (1990), encontrou nos seus estudos, uma variação do comportamento dos alunos em forma de U: antes dos 5 anos e face a um problema de misturas de água "fria" à mesma temperatura, as crianças mais pequenas, incapazes de quantificar as quantidades de água, respondem intuitivamente de forma correcta.

⁴ Segundo esta teoria o que conserva uma substância quente é o que esta contém dentro de si, que são uns "corpos" que passam do corpo quente para o frio quando estes são postos em contacto (Mak et al., 1987).

Dos 5 aos 8 anos aplicam um raciocínio parcialmente quantificado e afirmam que a mistura é o dobro de fria pois "há o dobro de água". Aos 12 anos separam as magnitudes físicas extensivas e intensivas e aplicam a aditividade e a não aditividade de forma apropriada.

Poucos alunos resolvem, antes dos 11 anos, tarefas quantitativas de determinação da temperatura intermédia e aos 13 anos os resultados são de 45% das crianças.

As ideias erradas são típicas. Podemos mesmo detectar uma tendência para os alunos identificarem o calor como uma substância material típica, que está acumulada no objecto (que se transforma em temperatura) com propriedades normalmente atribuídas às substâncias materiais. Para alguns alunos a temperatura é apenas uma medida da importância do calor contido no objecto.

Em alguns estudos de investigação (Erickson, 1979; Kesidou e Duit, 1993) a maioria dos alunos identificam frequentemente o calor com "fumos" ou "bolhas de ar" que são capazes de se moverem para dentro ou para fora dos objectos (Erickson, 1979).

Maior parte dos alunos atribuem ao calor propriedades aditivas e subtractivas qualquer que seja a temperatura do objecto "frio" alterado por outro através da adição e subtracção de calor do objecto (Erickson, 1979; Nieto et al., 1992).

O conceito de calor é sem dúvida um dos tópicos mais difíceis a nível conceptual dos currículos do Ensino Básico (Summers, 1983).

Algumas crianças referem que os metais atraem o calor para os objectos (identificação com a teoria do calórico).

Uma concepção interessante, é expressa pela ideia de que a temperatura de um corpo está relacionada com o seu tamanho ou até com a importância do material presente no corpo (fortaleza, tacto, brilho da sua superfície, e sua utilização no quotidiano) (Erickson, 1979; Erickson e Tiberghien, 1985; Tiberghien, 1988).

Esta noção de importância no julgamento da temperatura, é uma das causas da grande confusão entre calor e temperatura que parece existir nas mentes de muitas crianças e de alguns adultos. Tiberghien (1985) assinala que as dificuldades que, apesar do ensino formal, os alunos têm é em reconhecer a mesma

temperatura dos objectos em equilíbrio térmico prolongado.

O seu raciocínio baseia-se na convicção de que há substâncias (água) que aquecem e outras (areia) que não (Brook et al., 1984, cit. Nieto et al., 1992; Erickson, 1988; Lewis e Linn, 1994), igualmente há materiais em si quentes (madeira e algodão) e em si frios (metal).

Os alunos referem ainda (Erickson 1988) que a temperatura dos objectos (à temperatura ambiente), depende prioritariamente da substância de que são feitos os corpos. Em situações de equilíbrio térmico, por exemplo "a água atinge a temperatura do meio circundante embora o mesmo não aconteça com outras substâncias colocadas nas mesmas condições".

Num estudo desenvolvido por Lewis e Linn (1994) os alunos manifestam algumas crenças quanto às propriedades de substâncias isoladoras, e condutoras em situação de equilíbrio térmico. Para eles "os isoladores conduzem o calor rapidamente, de forma a que "o isolador não se sinta quente". Outros alunos referem também que "os isoladores absorvem ou armadilham o calor" no caso dos condutores "conduzem o calor mais lentamente que os isoladores".

No que se refere às mudanças de estado, uma maioria dos alunos com 12 anos (Erickson, 1985) pensam que há sólidos fundem (ferro, ouro, chumbo) e outros não (alumínio, diamante, sal). As suas previsões baseiam-se em experiências directas ou visualizadas (o ouro funde-se para fazer lingotes) ou em propriedades observáveis (é duro).

O caso do gelo resulta de forma curiosa, os alunos atribuem-lhe a propriedade de fundir ou de arrefecer algo, mas não consideram que se pode alterar a sua temperatura (aquecer ou arrefecer a si mesmo). Para muitos alunos o gelo só pode estar a 0°C (Tiberghien, 1983, 1985). Por essa razão, os alunos compreendem melhor a ebulição da água do que a fusão do gelo. Ainda referente a este ponto, os alunos ignoram (no início do ensino secundário) que a temperatura se mantém constante durante um processo de mudança de estado (Tiberghien, 1985, 1988; Driver et al., 1985).

Kesidou e Duit identificaram algumas concepções interessantes do modelo microscópico das partículas (teoria cinética) utilizado para explicar as mudanças de estado. Segundo alguns alunos:

- . as partículas dos corpos no estado sólido movem-se a uma velocidade menor em relação aos outros estados, ou simplesmente nem se movem;
- . é mais difícil as partículas dos corpos no estado sólido entrarem em movimento, apresentando como razão o facto da inércia das partículas ser diferente nos três estados físicos;
- . alguns alunos estão convencidos de que as partículas não continuam em movimento ou que "abrandam" quando eventualmente se cessa o fornecimento de energia no aquecimento. Os alunos referem ainda que as partículas são neste caso, impedidas nos seus movimentos, ou não se movem por não terem espaço de oscilação;
- . os alunos explicam o calor como um corpo que é friccionado de uma determinada maneira. As partículas friccionam-se umas nas outras e a partir dessa altura tornam-se quentes (transferência do modelo macroscópico para o microscópico).

Os alunos quando executam experiências de determinação do ponto de ebulição da água (por exemplo) ficam mais interessados nas "bolhas" e no "vapor que se liberta" do que nas leituras das temperaturas no termómetro (Erickson, 1979; Tiberghien, 1988). Para este fenómeno os alunos apresentam justificações interessantes dizendo: "Quando aquecemos alguma coisa formam-se bolhas de ar, e as bolhas ocupam muito espaço sendo essa a razão pela qual a água sobe quando a aquecemos" (Erickson, 1979).

Após o ensino formal, uma grande parte dos alunos não sabem que a temperatura de ebulição da água é independente da quantidade e das condições de aquecimento a que esta se processa. Para muitos alunos, é mais fácil compreender que os pontos de fusão e de ebulição são independentes do ritmo de aquecimento que compreender a sua independência do volume aquecido (Nieto et al., 1992).

O conceito de entropia surge numa região restrita do saber e progressivamente, "invade" outras regiões adquirindo em cada uma delas um lugar importante na quantificação e no sentido da evolução dos processos estudados (Ramos et al., 1992).

No que se refere a este conceito é reconhecido por muitos investigadores a dificuldade na compreensão do seu significado (Caldeira, 1991) embora existam poucos estudos sobre as concepções dos alunos acerca deste tópico (Kesidou e Duit, 1993).

O estudo da 2ª lei da Termodinâmica parece ser ignorada por grande parte dos professores do Ensino Básico. Os alunos entre os 12 e 16 anos raramente ouvem falar acerca das ideias base desta lei, embora seja indiscutível a sua importância na compreensão da 1ª lei. Alguns autores (Kesidou e Duit, 1993; Caldeira e Martins, 1990), referem que a 2ª lei da termodinâmica, deveria ser introduzida no início da instrução em Física, dada a sua importância no estudo de muitos fenómenos.

A sua dificuldade parece estar ligada à compreensão do conceito de irreversibilidade considerando que todos os processos "reais" têm lugar por eles mesmos apenas numa direcção, justificando assim a passagem do calor de um corpo quente para um frio (Kesidou e Duit, 1993).

Num estudo de investigação com alunos universitários (4º ano da licenciatura em Física e Química) desenvolvido por Pereira et al. (1989), foram identificadas concepções interessantes relacionadas com este conceito. Assim, para alguns destes alunos "reversibilidade significa atingir um estado de equilíbrio e irreversibilidade não atingir esse estágio"; "uma reacção é irreversível se não se obtém outra vez os reagentes".

Neste mesmo estudo os autores identificaram algumas concepções por parte dos alunos referentes ao conceito de entropia. Para os alunos "a entropia do Universo nunca aumenta; diminui ou mantém-se constante", atribuindo ao conceito de entropia o princípio da conservação da entropia. Os alunos consideram ainda que a entropia "é uma medida da desordem que aumenta com o número de colisões, aumenta com o número das partículas, aumenta com o espaço disponível, e só varia com a mudanças de estado".

Os alunos usualmente valorizam o aspecto "destrutivo" da 2ª lei, referindo por vezes o aspecto construtivo, "a criação de novas estruturas não ocorrem em oposição à 2ª lei, mas devido à existência desta lei." Atkins (1983, cit., Kesidou e Duit, 1993) apresenta esta ideia de forma muito clara: "diariamente a natureza é enfraquecida, mas o enfraquecimento leva à criação".

Kesidou e Duit (1993) concluíram na sua investigação que o estudo da 2ª lei da Termodinâmica nos currículos tradicionais de Física não tem sido bem sucedida. A compreensão do conceito de irreversibilidade num contexto conceptual, necessita de uma compreensão adequada da temperatura de equilíbrio e de processos de transformação de energia.

No quadro 2.2 (páginas seguintes) é apresentado em forma de resumo do inventário conceptual, dos diferentes aspectos gerais de raciocínios espontâneos dos alunos com base em algumas das suas concepções alternativas sobre os conceitos de calor, temperatura e entropia, identificadas em diferentes estudos (Caldeira e Martins, 1990; Caldeira et al., 1992; Cordes, 1990; Costa Pereira et al., 1989; Driver e Oldham, 1986; Erickson, 1979; Friedler et al., 1990; Kesidou e Duit, 1993; Lewis e Linn, 1994; Linn et al., 1983; Nieto et al. 1992; Rogan, 1988; Santos, 1991; Stavy, 1990; Stein, et al., 1990; Solomon, 1982; Tiberghien, 1988; Veiga, 1991).

Muitos investigadores atribuem a dificuldade de aprendizagem destes conceitos à linguagem utilizada: no dia a dia; pelo professor e nos livros de texto.

Parece difícil que o aluno chegue aos conceitos de calor, temperatura e entropia, a partir dos livros de texto, devido ao caos linguístico que oferecem como consequência da não utilização dos termos num sentido unívoco (Caldeira, 1991; Caldeira e Martins, 1991; Lewis e Linn, 1994; Mak e Young, 1987; Rubio et al., 1992).

Frases como, por exemplo, "calor perdido" e "calor ganho" podem também criar no aluno uma miscelânea de ideias dentro da noção de que os corpos contêm algum calor que pode ser "perdido" ou "ganho".

A menção da passagem de calor, fluxo de calor, quantidade de calor leva o aluno incauto à materialização de um conceito cujo significado profundo é algo de essencialmente diferente (Cadeira, 1991). O mesmo autor considera que o estudo do conceito de temperatura, deve ser feito em conjugação com a 2ª lei da Termodinâmica e, conseqüentemente, com a noção de entropia, ajudando a ter dele uma visão mais ampla.

Tabela 2.2.3.2. Inventário conceptual relacionado com os conceitos de calor, temperatura e entropia (continuação).

Quadro 2.2. Inventário conceptual relacionado com os conceitos de calor, temperatura e entropia.

Conceitos	Concepções alternativas identificadas nos alunos
Calor e temperatura	. algumas crianças mencionam a existência do frio em oposição ao calor. Os alunos não estabelecem nenhuma diferença entre calor e temperatura, utilizando-os da mesma forma em diferentes ocasiões em que são interrogados.
Calor e temperatura	. tendem a considerar que os objectos "identificados como quentes" e os "identificados como frios" não estão à mesma temperatura.
Calor	. tendem a associar o calor a uma substância material, a um "fluido" ou a "fumos". A algo parecido com o ar ou o vapor, que passa de um ponto para o outro de um objecto e que flui de objecto para objecto, implicando a existência de orifícios, espaços vazios, através dos quais o calor passa. "As substâncias quentes contêm fumos, e quando as aquecemos esses fumos escapam para o ar". O "frio" e o "quente" adquirem para os alunos uma existência autónoma, existindo dois tipos de calor: o "calor frio" e o "calor quente". O "calor frio é mais poderoso que o calor quente". "O aspecto do calor frio é diferente do calor quente, mas não se sabe muito bem como é". "Um objecto pode arrefecer quando cede algum do seu calor através de fumos". O calor pode ainda ser visto como um corpo que é friccionado de uma determinada maneira: "as partículas friccionam umas nas outras e a partir dessa altura tornam-se quentes".
Calor e temperatura	. tendem a fazer depender a temperatura dos objectos da natureza do material de que são feitos, sem estabelecer relação com o meio (em equilíbrio térmico). Assim, consideram que os objectos metálicos têm temperaturas inferiores a objectos de plástico colocados lado a lado. Os objectos podem ainda servir para "aquecer" ou "arrefecer" outros materiais. "A lã pode ser utilizada para aquecer os objectos, mas não para os manter frios, assim como o alumínio pode ser usado para arrefecer os objectos mas nunca para os manter quentes". O equilíbrio térmico é explicado pelos alunos através da cedência de calor do objecto quente para o objecto frio. "Um objecto arrefece quando dá algum do seu calor ao objecto frio".
Calor e temperatura	. tendem a admitir dois tipos de espécies isoladoras: umas constituídas por materiais intrinsecamente quentes "capazes de acumular calor" outras, feitas de materiais intrinsecamente frios "capazes de acumular frio". Os metais podem ter ainda características para atrair ou agarrar o frio, assim como os condutores para conduzirem mais lentamente o

Quadro 2.2. Inventário conceptual relacionado com os conceitos de calor, temperatura entropia (continuação).

Conceitos	Concepções alternativas identificadas nos alunos
Calor e temperatura	<p>(continuação) calor do que os isoladores. Os isoladores podem conduzir o calor rapidamente, de forma a que estes não se sintam quentes Os isoladores podem "armadilhar" o calor.</p> <p>. alguns alunos justificam os diferentes pontos de fusão das substâncias (gelo e açúcar) devido há existência no seu interior de "bolhas de ar". Para alguns alunos todas as substâncias contém "bolhas de ar". Algumas dessas bolhas contém "ar aquecido" e outras "ar frio".</p>
Calor e temperatura	. os dois conceitos são usados frequentemente como sinónimos.
Calor	. tendem a fazer confusão entre a luz e o calor. Atribuindo por vezes ao calor as mesmas propriedades que atribuem à luz. Tal como o calor, o frio está dentro do material e é transferido, por exemplo, do cubo de gelo para a água.
Temperatura	. tendem a estabelecer relações entre o tamanho do objecto e a temperatura de fusão dizendo: "um cubo de gelo grande demora mais tempo a fundir do que um cubo pequeno, porque o cubo grande tem uma temperatura mais fria dentro do objecto. "Todos os objectos contém uma mistura de calor e frio. A temperatura pode ser mensurável e/ou quantificada.
Calor	. o calor não pode ser visto como mensurável ou como um conceito quantificável.
Entropia	. tendem a considerar que todos os "processos reais" têm lugar por eles mesmos apenas numa só direcção. "O calor atravessa os corpos apenas para os aquecer". Enquanto o processo que transformação de trabalho em calor só poderá ocorrer se alterarmos a temperatura e não é possível inverter o processo.
Entropia	. tendem a considerar que em todos os processos que ocorrem no mundo real há sempre perdas de energia (degradação de energia). "A entropia aumenta com o movimento, portanto aumenta sempre que seja retirado ou fornecida energia a um sistema".
Entropia	. os alunos atribuem à 2ª lei da termodinâmica aspectos construtivos e destrutivos. Normalmente o aspecto destrutivo é valorizado pelos

Quadro 2.2. Inventário conceptual relacionado com os conceitos de calor, temperatura e entropia (continuação).

Conceitos	Concepções alternativas identificadas nos alunos
Entropia	<p>(continuação) alunos, assim como a desordem salientada nesta lei. Os alunos podem ainda considerar que a entropia do Universo mantém-se, mas também pode aumentar: "a entropia aumenta com a desordem, movimento das partículas: mais espaço para se moverem menos colisões."</p> <p>. os alunos têm grande dificuldade na compreensão do conceito de irreversibilidade, não considerando possível que processos reversíveis ocorram sem fornecimento de energia.</p>
Entropia e temperatura	<p>. os alunos consideram que o processo de subida da temperatura pode continuar mesmo após ser atingido o equilíbrio térmico, não sendo este processo espontaneamente reversível.</p>

Como afirmam Hewson e Hamlyn (1984, cit., Nieto et al., 1992) o uso do termo calor específico também poderá reforçar nos alunos a ideia de que o calor é uma quantidade de algo, o qual apoia a persistência do conceito de calor como calórico. Para evitar isto devemos utilizar o termo capacidade calorífica em lugar de calor específico.

Uma das críticas que neste contexto se pode fazer ao ensino formal é que o caminho da Ciência não é uma via única, pré-determinada e evidente, como geralmente é induzível da maior parte dos manuais escolares de Ciências, em que quase tudo é apresentado de forma definitiva e completa (Caldeira e Martins, 1990).

Num estudo de investigação desenvolvido por Veiga (1991) verificou-se que as concepções alternativas dos professores podem influenciar o desenvolvimento das ideias dos alunos tendo-se reconhecido características comuns nas conceptualizações de calor e temperatura desenvolvidas pelos dois grupos. Os resultados desta investigação reforçam a ideia da impossibilidade de pensar a cultura do quotidiano, também dita informal, como algo exterior à sala de aula de Ciências e que não a perpassa.

2.3. Professores, computadores e a supervisão

2.3.1. A supervisão das tecnologias no laboratório

Entende-se por supervisão como um processo em que um professor, em princípio mais experiente e mais informado, orienta um outro professor ou candidato a professor no seu desenvolvimento humano e profissional (Alarcão e Tavares, 1987).

Neste contexto a prática pedagógica incide directamente sobre o processo ensino-aprendizagem que, por sua vez, num processo de desenvolvimento e aprendizagem.

A função do supervisor deve ser, antes de mais, a de ajudar o professor a fazer a observação do seu próprio ensino, a analisar, interpretar e reflectir sobre os dados recolhidos e a procurar as melhores soluções para as dificuldades e problemas que vão surgindo. Nessa altura e, se necessário, poderá levá-lo também a consultar estudos feitos sobre esses problemas ou pô-lo em contacto com experiências e soluções tentadas por outros colegas para resolver problemas semelhantes.

No domínio das tecnologias de informação este processo de supervisão não se pode cingir a um ensino da informática, em que o computador é usado como objecto de estudo, ou seja, o aluno usa o computador para adquirir conceitos informáticos, como: princípios de funcionamento do computador; noções de programação e implicações sociais do computador na Sociedade (Valente, 1993).

Lewis (1991) e, Grandbastien (1991, cit., Leite, 1994), sublinham o papel das tecnologias de informação para a melhoria do ensino e para o desenvolvimento pessoal e profissional dos professores, como agentes de mudança característicos do processo de supervisão.

A integração das tecnologias de informação nos processos de supervisão

de ensino-aprendizagem, em vez de virem substituir o professor, vêm valorizar a sua importância.

Este processo pretende desenvolver o ensino reflexivo. Os supervisores têm a obrigação de ajudarem os futuros professores a interiorizarem, durante a formação inicial, a disposição e a capacidade de estudarem a maneira como ensinar e de melhorar com o tempo, responsabilizando-se pelo seu próprio desenvolvimento pessoal (Zeichner, 1993).

Mas o supervisor deverá evitar que o seu formando adopte a metáfora do professor como técnico, herdada do positivismo, que prevaleceu durante o século XX, responsável por muitas interpretações erradas, da introdução das tecnologias no processo de ensino-aprendizagem. Segundo este modelo de racionalidade técnica, a actividade profissional é sobretudo instrumental, dirigida para a solução de problemas, mediante a aplicação rigorosa de teorias e técnicas científicas (Gómes, 1992).

Os professores em formação em conjunto como os supervisores com que trabalham, e em função do seus interesse e necessidades, não devendo relegar para a situação de estágio o desenvolvimento de capacidades de tomadas de decisão, nesta ou noutra área da sua formação (Vieira, 1993).

Neste contexto salienta-se a formação dos supervisores que deverão ser profissionais activos, informados, com o poder de arriscar inovações e tomar decisões que lhe advêm de um reflexão crítica, consciente e comprometida (Alarcão e Tavares, 1987).

Só uma atitude verdadeiramente reflexiva, ao lado de um saber de experiência criticamente feita, permite ser um supervisor inteligente, co-construtivo, inovador, flexível, psicológica e profissionalmente desenvolvido, isto é, ter uma visão superior, identificando e ajudando na solução dos problemas, sem se apresentar ou deixar que o concebam como a figura que sabe tudo e de quem se espera que tudo comande.

A integração das tecnologias de informação no domínio do trabalho experimental e a sua supervisão, poderão apresentar-se como problemáticas para um professor em início de formação. O número de factores que um professor, com

pouca experiência docente, tem que controlar em ambiente de laboratório com recurso às tecnologias é elevado, podendo criar situações de angústia e insegurança. Aqui o supervisor desempenha um papel fundamental no processo de crescimento do formando, sendo-lhe exigidas novas tarefas e responsabilidades, na formação e desenvolvimento da criatividade profissional do formando, podendo caminhar na via de uma efectiva transformação do sistema educativo, e das práticas de supervisão (Ponte, 1994).

É do conhecimento geral, que uma mudança significativa implica sempre, nas suas primeiras fases, ansiedade e incerteza. O acompanhamento e o apoio, não apenas no plano técnico mas igualmente no plano humano, são fundamentais para ultrapassar esta etapa.

Os professores envolvidos num processo de mudança têm necessidade de interiorizar novas ideias, criar novos materiais, adquirir novas competências (Teodoro, 1991).

Segundo Cardoso (1993), uma formação para o futuro exige uma melhor preparação na maneira de pensar e de reflectir perante situações novas, motivando os alunos para o valor dos métodos da Ciência, fomentando a imaginação e a criatividade. Segundo o mesmo autor isto só é possível, no ensino laboratorial, rompendo com o modelo correntemente praticado e relaçando um outro cujos propósitos e natureza têm de ser ajustados, por um lado, às características do perfil-saída dos alunos.

Face a estas propostas supervisores e futuros professores terão que possuir uma formação para o futuro, e estarem alertados para os possíveis modelos de formação, e para a integração das tecnologias nesses modelos.

A definição de estratégias adaptadas a estas inovações terão um papel primordial na supervisão das tecnologias de informação no trabalho laboratorial.

Como referem Alarcão e Sá Chaves (1994, cit., Simão e Simão, 1995), a organização de uma matriz conceptual pelo supervisor é indispensável para a

construção contextualizada sobre os problemas profissionais. Por conseguinte, o processo formativo deverá facilitar uma adequada evolução neste domínio, o que pode ser concretizado com vantagem mediante a promoção de estratégias reflexivas, tal como se preconiza actualmente, na sequência de vários autores que, influenciados por Schon, têm desenvolvido pressupostos por ele apontados no sentido de otimizar o processo de supervisão.

Para Vieira (1993) quando nos questionamos sobre a situação de formação de professores em Portugal, não podemos evitar um sentimento de insatisfação, provocada por imagens de organização caótica, de metas e estratégias indefinidas, onde à idiossincracia das práticas não é alheia a falta de preparação especializada dos seus responsáveis.

Para o supervisor como para o professor, uma abordagem reflexiva da formação representa um desafio relativamente a modelos mais directivos ou prescritivos, na medida em que exige deles novas competências e funções, acompanhadas de uma linguagem especializada.

o supervisor e o professor devem ser capazes de encarar a sua actividade num sentido investigativo, questionando sistematicamente as suas concepções práticas, reformulando-as num processo contínuo de aprendizagem (Vieira, 1993).

Neste contexto os papéis do futuro professor e o supervisor devem ser concebidos como profissionais do ensino - no que diz respeito à sua actividade com os alunos- e como profissionais da aprendizagem - no que se refere à sua própria educação. A utilização educativa dos computadores não é excepção a esta concepção (Teodoro e Freitas, 1992).

2.3.2. A supervisão da formação contínua

A formação de um professor não termina, no momento da sua profissionalização; pelo contrário, ela deve prosseguir na formação contínua. (Alarcão e Tavares, 1987).

A auto-supervisão (assim definida por Alarcão e Tavares, 1987) torna mais importante a ajuda do supervisor-colega no âmbito do grupo disciplinar, da turma, da escola, adquire uma nova dimensão.

A supervisão do uso da informática na educação poderá ser visto como a soma de informática e educação, mas a integração dessas duas áreas. Para haver integração é necessário que haja um domínio dos assuntos que estão integrados. O domínio da informática implica, entre outras coisas, no domínio do computador (Valente, 1993).

Segundo este mesmo autor, formar um professor que seja capaz de usar a informática como recurso de ensino-aprendizagem, não significa adicionar ao seu conhecimento as técnicas ou conhecimentos de informática, é necessário que o professor domine o computador afim de integrá-lo na sua disciplina.

O domínio do computador não ocorre imediatamente. Depende do conhecimento do profissional, a capacidade de dominar o computador pode passar por um processo de formação de conceitos .

Formozinho (1987, cit., Cardos, 1993), refere que perante a velocidade vertiginosa do progresso que cada vez mais nos deixa antever menos caminho à nossa frente, perante a falta de correspondência entre os objectivos de um sistema educativo moldado à nossa geraçãox daqui a 10 ou 15 anos, perante a obsolescência veloz do conhecimento, como educar e formar jovens, preparando-os para um futuro que nos é desconhecido? A formação para o futuro exige ainda uma melhor preparação na maneira de pensar e de reflectir perante situações novas, motivando os alunos para o valor dos métodos da Ciência, fomentando a imaginação e criatividade.

A formação contínua pode desempenhar um papel decisivo no processo de produção de uma nova profissionalidade docente, na dupla perspectiva dos saberes e dos valores (Nóvoa, 1991).

Segundo o mesmo autor, a supervisão da formação contínua no domínio das tecnologias da informação deverá centrar-se num modelo construtivista (personalista, investigativo, contratual, interactivo, reflexivo), que parte de uma reflexão contextualizada para a montagem dos dispositivos de formação contínua, no quadro de uma reflexão permanente das práticas e dos processos de trabalho.

Uma perspectiva construtivista implica, uma maior humildade e aprender a usar os contributos científicos de um modo criativo na construção das soluções para os problemas (Soares, 1995).

A tarefa do supervisor (visto como formador) consiste em organizar o meio em que o sujeito em formação desenvolve a sua acção de modo que os novos comportamentos esperados se manifestem e venham a fazer parte do seu reportório comportamental (Berbaum, 1993).

Demilly (1992), define um modelo de formação contínua baseado na forma interactiva-reflexiva, que abrange as iniciativas de formação ligadas à resolução de problemas reais, com a ajuda mútua de formandos e a uma ligação à situação de trabalho.

A competência estimulada neste modelo é a capacidade de resolução de problemas, isto é, um misto de saberes com estatutos muito diversos, que são parcialmente produzidos e não transmitidos na relação pedagógica que caracteriza a formação.

Este modelo apresenta-se, por vezes, como um caso mais delicado. Formador e formandos são colaboradores. Pode dizer-se que o formador é um "apoio técnico" dos formandos. Os saberes devem ser produzidos em cooperação, e devem ajudar a resolver os problemas práticos.

Os processos de formação contínua no domínio das tecnologias apresentam-se com problemáticas, principalmente se se pretender fazer uma integração com as práticas docentes.

Segundo Teodoro e Freitas (1992) a formação sobre as "questões de natureza técnica" sobre a exploração das tecnologias são as menos problemáticas sendo a sua perspetivação em termos educativos o que se afigura complexa, devendo ter em conta:

- o potencial inovador em termos de novos objectivos, conteúdos metodologias e práticas de avaliação, que para o ensino representam as possibilidades das tecnologias de informação;
- o processo de mudança conceptual das atitudes e práticas pedagógicas dos professores;
- a questão das estruturas da escola (espaços, tempos, relações e práticas) procurando metodologias incentivadoras da actividade, participação, colaboração e espírito crítico e criatividade.

O Projecto MINERVA (Meios Informáticos no Ensino: Racionalização, Valorização, Actualização) desempenhou um papel importante na formação contínua dos professores sobre a integração das tecnologias no ensino, e na supervisão de projectos de investigação-acção que pretendiam proceder a essa integração (Ponte, 1994).

Aquando da avaliação deste projecto concluiu-se que este criou uma dinâmica fabulosa mas foi vítima do seu gigantismo. Provocou em muitas escolas de todos os níveis de ensino um verdadeiro choque cultural, estimulou o aparecimento de novas perspectivas de trabalho e proporcionou um importante espaço de formação (Ponte, 1994).

Esta experiência pode trazer vantagens na elaboração de projectos de

formação contínua desenvolvidos por instituições de Ensino Superior ou em Centros de Formação Contínua de Professores nas Escolas. Não basta ensinar informática para que os professores integrem as tecnologias nas suas aulas é necessário apresentar e desenvolver com os professores materiais que podem ser testados com os seus alunos.

A necessidade de apoio de materiais testados que dêem o apoio ao professor e de uma formação geral de professores poderá ser um passo para a integração total das tecnologias na Educação (Friedler, 1990).

Impõe-se, na verdade, uma reforma radical e profunda. Uma tal reforma que passa essencialmente pela formação dos professores e a formação dos professores deverá assentar numa boa articulação de duas vertentes imprescindíveis: as da formação inicial e contínua. A formação inicial deve desembocar naturalmente na formação contínua e esta deverá servir de "feedback" permanente à formação inicial para não deixar anquilosar em esquemas mais ou menos rígidos e perder o contacto com a realidade da escola e as necessidades dos alunos (Alarcão e Tavares, 1987).

Segundo os mesmos autores, neste quadro a supervisão da prática pedagógica, emerge não apenas como um caso particular de ensino-aprendizagem, mas como uma auto e hetero-supervisão comprometida e colaborante em que os professores se entreajudem a desenvolver-se e a melhorar o seu próprio ensino.

2.3.3. A (auto)formação; realidade e fantasia

Correia (1994) considera que das experiências retiradas de diferentes situações de formação, podemos acompanhar e orientar no âmbito das aplicações informáticas em docência, podemos atrever-nos a fazer um tipologia de quatro atitudes típicas manifestadas por professores, que dificultam à partida uma correcta adopção das tecnologias:

- em primeiro lugar, encontramos o professor que tem pavor aos computadores. Trata-se de uma sensação, muitas vezes provocada por um receio de danificar peças, programas e materiais. È necessário promover um ambiente descontraído e garantir que talvez seja mais difícil do que parece danificar irremediavelmente o equipamento. Para seduzir este professor, é necessário destacar o lado alegre, colorido e lúdico do computador;
- em segundo lugar, está o professor para quem o computador é, essencialmente, um adversário. Trata-se de uma atitude habitualmente suscitada por todo um passado de costas voltadas para a tecnologia. Caracteriza-se por uma manifestação constante de desconfiança quanto às reais potencialidades do computador e um receio excessivo da alienação que o computador consegue exercer sobre as pessoas. Atrair este professor para a informática pode passar pela reafirmação da convicção de quem sabe que o computador nunca se substitui à eminência educativa do professor;
- em terceiro lugar, temos o professor para quem os computadores apenas servem interesses lúdicos, afirmando que "é coisa de gente jovem". Geralmente, trata-se de professores com filhos que, de facto, usam o computador com esses intuitos. Não raras vezes, estes professores são extremamente difíceis de atrair à formação sobre a informática. Para tal, é

essencial promover a visão da informática como ferramenta de trabalho e demonstrar, o mais cedo possível, resultados práticos e "sérios" decorrentes da utilização dos computadores;

- finalmente, deparamos vulgarmente com quem vê o computador a solução para todos os problemas; professores que possuem do computador a imagem de uma máquina extraordinária que permite transformar e revolucionar completamente todos os campos do saber. Geralmente, possuem algum conhecimento de informática, normalmente desarticulados e oriundos de leituras rápidas e interpretações amplificadas das reais potencialidades da Informática.

Esperar que um professor seja capaz de proceder a uma integração das tecnologias nas suas práticas educativas, sem uma formação especializada pode ser utópico. Segundo Friedler (1990), é necessário proceder ao desenho de actividades baseadas na análise do processo de resolução de problemas.

Neste processo a auto-avaliação, aliada à observação e reflexão de outro colega, tem um valor inestimável (Alarcão e Tavares, 1987).

2.4. Meios tradicionais de medida e automação por computador

Os computadores não são, em si mesmos, bons ou maus, é a maneira como são usados que determina o seu valor.

(Mackenzie, 1988)

2.4.1. A automação por computador

A utilização de computadores caracteriza de uma maneira cada vez mais proeminente a aplicação prática das Ciências em todas as áreas que as envolvem.

Uma das maiores vantagens do computador é a sua capacidade de processar grandes quantidades de dados numéricos num espaço de tempo muito reduzido. Os dados, são frequentemente representados na forma gráfica, o que poderá ser útil quando, por exemplo, se calculam curvas de soluções, ou se resolvem problemas de dinâmica de reacções, ou da lei de acção das massas.

O computador tornou-se numa ferramenta importante no planeamento de sínteses, além de ter aberto novas possibilidades através da utilização da bases de dados bibliográfica Asselborn (1987).

Mas quando se refere a integração das tecnologias de informação nos laboratórios de Ciência, a primeira inclinação natural dos professores é pensar no computador como um novo meio de grande utilidade, em áreas que apresentam dificuldades no ensino tradicional, sejam estas ao nível da experimentação, de avaliação de dados, ou da explicação de modelos abstractos.

O controlo simultâneo dos diversos instrumentos de medida, a aquisição directa de dados e o tratamento imediato dos mesmos, com a consequente extracção da informação mais ampla e mais precisa, vieram pôr em relevo novos fenómenos, desafiando os teóricos para o desenvolvimento de novos modelos (Gonçalves, 1993).

Com a apresentação gráfica da informação, os computadores podem também ajudar na compreensão de estruturas complexas abstractas, sendo portanto utilizados normalmente para esclarecer modelos que lidam com a composição da matéria nos seus componentes menores, ou para o estudo de processos industriais.

Se os alunos poderem ver no ecrã do computador o resultado concreto da

manipulação das variáveis, ficarão mais susceptíveis para estudarem a relação entre essas variáveis, por contrapartida com a recolha e a análise da dados, de forma tradicional e manual.

No futuro, o computador poderá tornar-se comum em laboratórios de escolas do ensino secundário, ou superior, tal como um voltímetro, um osciloscópio, ou uma balança (Nicklin, 1985; Mackenzie, 1988; Igelsrud, 1988).

No laboratório podemos utilizar o computador como uma ferramenta contendo simulações mas, como adição, podemos interfacear o computador nos aparatos dos laboratórios tradicionais, para exteriorizar a função de recolha de dados, seu tratamento e apresentação (Stein, 1990).

Existem duas metodologias possíveis, usadas nos laboratórios de Ciência, que se apresentam como dois extremos: uma correspondente ao uso de simulações com o computador, em substituição das experiências tradicionais; e uma outra, correspondente às experiências tradicionais. O sistema de aquisição e tratamento de dados (SATD) poderá funcionar como a junção destas duas metodologias (Mackenzie, 1988).

Na figura 2.4 está esquematizado, de forma geral, evitando particularidades dos processos de medida que a utilização do computador implica, envolvendo conhecimentos particulares de electrónica ou de programação, em que consiste o sistema de aquisição e tratamento de dados.

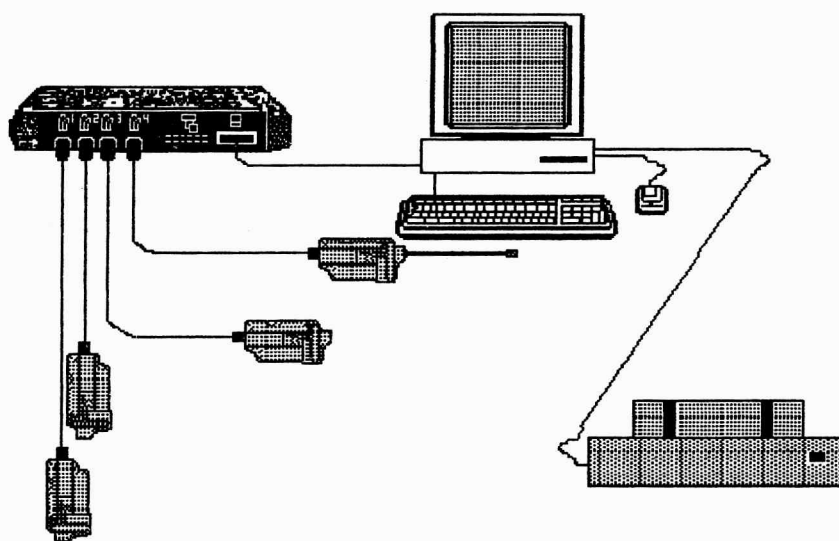


Fig. 2.4. Exemplo de um sistema de aquisição e tratamento de dados

Nas aplicações típicas do SATD, o computador é ligado à interface, por cabos de ligação, e a sensores que medem fenómenos físicos como temperatura, luz, força, pressão, som, campos magnéticos, entre outros.

O computador está ligado a uma impressora, estando munido de software específico que permite ao aluno o acesso, de forma fácil e simples, aos dados (Bettencourt, 1994). Este sistema não corresponde a uma simulação, um programa de texto ou um tutorial (Stein, 1990).

Em termos de exploração deste sistema em ambiente de laboratório, pretende-se que os alunos atribuam a mesma importância, no seu uso, que a um instrumento electrónico, excepto no que se refere à sua extrema flexibilidade e economia de tempo (Nicklin, 1985; Mokros, 1987; Stein, 1990).

É cada vez mais apropriado ao mundo de hoje, e às exigências científicas, trabalhar com computadores e transdutores ligados ao mundo físico. No entanto, existem algumas deficiências que limitam a eficácia de um SATD de forma a dar resposta às necessidades do currículo de Ciência (Mackenzie, 1988).

Um simples interface converte os sinais eléctricos dos “inputs” recebidos num número de saídas, de forma a que o computador possa reconhecer e processar a informação recebida.

Com o apoio de um conversor analógico/digital (A/D), o computador pode coligir, processar e apresentar sinais de uma grande variedade de sensores.

Os A/D são basicamente constituídos por transdutores que convertem dados analógicos variáveis (mundo real) em dados digitais variáveis (mundo do computador) (Nicklin, 1985, cit., Igelsrud, 1988; Mackenzie, 1988).

Utilizando este sistema os alunos poderão utilizar um sensor de temperatura, por exemplo, para reunir dados sobre a forma como uma substância arrefece, num período de tempo estabelecido. Os valores da temperatura podem ser apresentados na forma gráfica, ou sob a forma de tabela e armazenados para utilização à posteriori. Esses valores podem ainda ser visualizados por um maior número de alunos, comparando com os valores obtidos usando um termómetro (Goodfellow, 1991).

Os alunos podem, no entanto, fazer um conjunto de leituras com um termómetro, com o objectivo de experimentar as dificuldades práticas que esta

situação pode comportar, desenvolvendo depois técnicas para as ultrapassar.

Mas segundo Blondel et al. (1987) são algumas as vantagens apresentadas no uso das actividades, com recurso ao SATD:

- 1º alguns alunos poderão sentir-se algo inseguros e pouco confiantes nas suas aptidões práticas. Estar apto a seguir o perfil da temperatura que se desenvolve no ecrã do computador pode tranquilizá-los relativamente à sua própria experiência.
- 2º se, por alguma razão, o aluno não produzir um conjunto de dados retirados da sua própria experiência, isso poderá, eventualmente, significar que ele não está totalmente apto a seguir experiências futuramente estabelecidas pelo professor. Uma listagem de dados do computador poderia ser tornada acessível aos alunos, nestes casos.
- 3º a saída gráfica no ecrã do computador pode ser impressa e fotocopiada para todos os alunos. Este procedimento poderá ser útil na medida em que funciona como uma base para a discussão professor/aluno, e aluno/aluno.

As diferenças entre os resultados obtidos pelos alunos, e aqueles que foram produzidos pelo computador, poderão ser a causa imediata para a discussão sobre, a resolução e a precisão das medições.

O professor pode ainda ligar o computador a instrumentos que tenham um sinal de saída, como um eléctrodo de pH, um espectrofotómetro, cromatógrafo, ou a uma balança analítica. Se as medidas forem variáveis, como temperatura, ou intensidade da luz, é necessário utilizar um conversor analógico/digital (A/D) para ajudar a fazer a conversão.

Os sistemas permitem ainda que se efectuem registos simultâneos, provenientes de origens diversas (Kanh, 1985, cit., Bettencourt, 1994). Esta característica dá a possibilidade, aos alunos, de serem eles próprios a decidir quais as medições a efectuar (Thornton, 1987) e em que intervalos de tempo.

Se pretendermos fazer uma escolha entre um termómetro e um sensor de temperatura, não devemos esquecer que um sensor permite-nos a aquisição de valores de temperatura com um intervalo de 0,33 °C, e em intervalos de tempo da ordem das milésimas de segundo, o que seria impossível de obter por qualquer

utilizador usando um meio instrumental tradicional. Poderemos ainda guardar todas as medidas, para futuras utilizações, ou poderemos decidir se o computador deverá desligar quando a temperatura atingir, por exemplo, 37 °C (Nicklin, 1985).

Uma boa oportunidade para o desenvolvimento da criatividade, resolução de problemas e de competências, é uma consequência indirecta, dos benefícios directos, do uso do SATD (Brasell, 1987; Igelsrud e Leonard, 1988).

Existem algumas desvantagens notáveis acerca das experiências tradicionais, não fazendo uso dos computadores. Os dados adquiridos pelos alunos podem ser inadequados, por terem sido recolhidos por humanos¹. O método de aquisição de dados e a quantidade são limitados pelo processo manual envolvido no mesmo.

Os alunos que têm maior aptidão para utilizarem uma metodologia baseada no “aprender fazendo”, são os que mais beneficiam com este tipo de modalidade de integração do computador nas Ciências.

Para Cordes (1990) são várias as vantagens apresentadas pelo SATD quando comparado com os aparelhos tradicionais de medida:

- o reconhecimento da consecução dos objectivos cognitivos levados adiante, foi considerado melhor do que no método tradicional;
- o SATD mostrou-se mais flexível, de fácil utilização na recolha de dados;
- o SATD é menos tedioso e mais agradável que os laboratórios tradicionais;
- o SATD providencia uma aquisição de dados mais exacta. Os tempos exactos, e a facilidade com que o utilizador pode obter esses tempos, seria difícil, senão impossível, de obter por outros meios.

O computador usado com o SATD adiciona outras peculiaridades à actividade que o aluno desenvolve, permitindo que sejam explorados aspectos pedagógicos que são impossíveis de serem trabalhados com o material tradicional, como a facilidade de depuração de processos; ou que não são explorados pelo simples facto de o aluno estar envolvido com o produto (como o gráfico) e não com o processo de como os fenómenos acontecem. O computador obriga à explicitação do processo (Valente, 1993).

¹ A observação é notoriamente insegura, pois não é baseada numa segura base do conhecimento. O que o observador vê depende em parte do que é a realidade para ele, e em parte, da experiência de observador, conhecimento e expectativas (Peixoto, 1994).

Segundo Kant (cit., Hodson, 1982) tudo aquilo de que tomamos consciência é total, e completamente ajustado, simplificado, esquematizado e interpretado.

2.4.2. Vantagens na utilização do SATD no trabalho experimental

A introdução dos computadores nos laboratórios de Ciência poderá trazer enormes benefícios, quer na velocidade com que as experiências podem ser realizadas, quer na importância dos materiais que podem ser produzidos pela disponibilidade de tempo (Macleod, 1994).

Em condições normais de observação experimental, os intervalos de tempo envolvidos poderão ser da ordem de, ou mesmo inferiores, ao milésimo de segundo. Qualquer erro de estimativa nos instantes em que ocorrem os eventos, assim como, quanto à duração dos mesmos, produzirá erros finais tão grandes que impedirão a interpretação dos resultados. Nestas circunstâncias torna-se conveniente a introdução de um computador dotado de uma interface de comunicação, como meio que permita detectar a ocorrência de sinais eléctricos gerados pelos sensores (Gonçalves, 1993).

O SATD possui características supramencionadas que dão ao ensino das Ciências um poder sem precedentes para explorar, medir e aprender com o mundo físico (Adams et al., 1990; Bettencourt, 1994; Brasell, 1987; Cordes, 1990; Gonçalves, 1993; Igelsrud, 1988; Mackenzie, 1988; Mokros e Tinker, 1987; Thornton, 1987; entre outros).

No processo de automação de dados o computador interfaceado permite ao aluno conhecer o resultado da experiência de forma imediata à sua realização, podendo actuar sobre a mesma de forma a corrigir comportamentos anómalos (por defeito de montagem, avarias de mau funcionamento dos aparelhos ou problemas de calibração dos sensores) e, em alguma ocasião, planear novas hipóteses ou experiências, relacionadas com os resultados obtidos, e iniciar de forma imediata a sua verificação experimental (Stein, 1990; Meseguer et al., 1992).

O uso dos SATD nos laboratórios dá aos alunos a possibilidade de construírem as experiências, como se eles estivessem na sua interacção diária com o mundo físico, mas também os torna aptos para um profundo conhecimento científico dessas experiências, através de um "feedback" imediato de dados, de forma variada, e poderem mover-se livremente através das suas concepções alternativas (Thornton, 1987).

A aquisição automática de dados, liberta os alunos de terem de se concentrar por inteiro na recolha dos mesmos, podendo prestar mais atenção ao decorrer da experiência (Rogers, 1988).

O uso deste sistema torna mais atractivas as práticas de uma unidade temática, que por estar apenas indirectamente relacionada com os seus estudos, resulta em princípio como pouco motivadora, de forma a que os alunos possam estudar fenómenos físicos, podendo recorrer a ferramentas informáticas que dominem e os motivam.

Uma consequência bastante positiva do SATD é libertar os alunos das tarefas repetitivas de recolha de dados, dando-lhes mais tempo para produzir e alterar as actividades e análise dos mesmos, desenvolver inferências, estudar mais variáveis, improvisar a ocorrência de medidas, fazer mais medidas e escrever relatórios. Mais tempo é aproveitado para a análise dos conceitos e ajustes de mecanismos (Igelsrud, 1988).

Segundo o mesmo autor existem alguns benefícios específicos em termos de aprendizagem dos alunos no uso do sistema de interface ligado ao computador em ambiente de laboratório, passando a enumerar algumas delas:

1. a interface tem um custo muito baixo;
2. a interface pode salvar o tempo do aluno e evitar as tarefas maçadoras;
3. aprender a utilizar instrumentos de tecnologia moderna motiva os alunos;
4. os alunos gostam de usar tecnologia e, apreciam a oportunidade de aprender a usar instrumentos que podem vir a usar fora da escola;
5. o uso de interfaces pode tornar a análise de dados mais simples e as conceptualizações mais significativas. Grande parte do aparato criado pela interface, permite aos alunos uma visão instantânea do gráfico no ecrã, e ilustra a relação entre variáveis independentes e dependentes. Pode-se também ver de forma instantânea o efeito da manipulação das variáveis independentes.
6. os estudantes podem aprender de forma eficaz os conceitos e as competências usando interfaces.

A utilização do SATD em laboratório (em tempo real) demonstrou a eficácia do ensino sobre as competências, na construção de gráficos e providenciou uma poderosa motivação para os estudantes no laboratório (Mokros e Tinker, 1987; Nachmias e Linn, 1987; Igelsrud, 1988).

Com a utilização do SATD a experiência ganha em precisão e rapidez, deixando em aberto a possibilidade de colocar maior incidência na análise dos resultados (Meseguer, 1992).

Ao registar os dados experimentais no computador, o aluno tem a possibilidade de utilizar outros programas matemáticos e estatísticos (por exemplo, folhas de cálculo) que o ajudam a manejar e interpretar os dados experimentais.

Segundo Goodfellow (1991) são várias as vantagens na utilização do SATD, pois permite:

- ao computador, fazer o trabalho desagradável que, provavelmente, o utilizador não faria com tanta exactidão (como este o faz);
- a visualização dos dados, adquiridos durante uma experiência, por um maior número de alunos;
- armazenamento, processamento, fornecimento de informação e controlo e aquisição de experiências duradoiras;
- isolamento de informação de qualidade;
- tornar a Ciência mais acessível e menos misteriosa, aos olhos dos alunos;
- que a aquisição e tratamento de dados sejam feitos através de meios mais exactos, que as observações humanas; isto pode ser contestado, mas pode ser demonstrado como sendo consistente.

Finalmente, apresenta-se como mais uma ferramenta, principalmente para os que acreditam que o computador só pode ser utilizado como máquina de escrever com: folhas de cálculo; programas de animação e simulação; programas multimedia, etc.

Rogers (1987) apresenta também, algumas vantagens, na utilização do SATD. Nelas inclui a capacidade do computador para:

- alargar o poder de observação dos alunos;
- aumentar a qualidade das medidas;
- facilitar a interpretação de dados, a partir de uma larga quantidade e qualidade de informação;
- providenciar a motivação através de um rápido "feedback".

Nicklin (1983, cit., Cordes, 1990) refere que o computador pode recolher dados sobre fenómenos que acontecem de forma muito rápida, para o observador humano poder capturar e parar o cronómetro, ou esperar indefinidamente que o fenómeno ocorra.

O SATD dá aos alunos a oportunidade de investigar e corrigir a sua compreensão do “senso comum” de Ciência, é um passo necessário e um meio de construir, por si só, a intuição em Ciência, estudando o alcance da investigação para fenómenos familiares.

Mokros (1987) refere que o SATD encoraja a aprendizagem entre pares.

A imediata apresentação dos dados de uma forma, que pode ser pensada e entendida, deixa também à discussão entre pares no laboratório, os resultados da aprendizagem.

Segundo o mesmo autor, o SATD poderá ajudar aqueles que são ansiosos em Ciência. Este sistema poderá ser um meio de reduzir a “ansiedade em Ciência” (que conduz à desistência de muitos estudantes), a partir da experiência previamente aborrecida, de aprendizagem em Ciência.

Os estudantes parecem sentir o controlo da sua auto-aprendizagem e descobrem uma forma fácil e bem sucedida, de investigar os seus pensamentos.

A rapidez de aquisição dos gráficos, construídos com ajuda deste sistema, e a forma como são recolhidos, ajuda a focar a atenção de forma selectiva, para o acontecimento e o tempo, em detrimento dos detalhes técnicos (Brasell, 1987; Linn, 1986, cit., Friedler 1990).

Utilizado desta maneira, o computador pode proporcionar tarefas que não podem ser de forma conveniente realizadas por alunos, como recolher dados ao longo de um fim de semana, ou à noite, ou tarefas que são normalmente consideradas lentas ou maçadoras na recolha de dados, na construção de gráficos ou em intervalos de tempo (Thornton, 1987; Adams, 1990).

O computador, auxiliado pelo processo de aquisição de dados e pela representação dos resultados, pode ser utilizado, quer pelo professor, em aula magistral, quer directamente pelos alunos, em aulas de laboratório (Gonçalves, 1993).

2.4.3. Contributo do SATD na análise e interpretação de gráficos

Os gráficos constituem uma fonte de informação comum nos manuais escolares, no software e nas tarefas dos alunos de Ciência (Peixoto, 1995).

Apresentando-se como símbolos chave e como meio central de comunicação com os alunos para o sistema de aprendizagem científica, é através deles que se analisam grande parte dos fenómenos físicos em função do tempo, se estabelecem os resultados e as variáveis que intervêm nesses fenómenos.

Quando confrontados com os gráficos, os alunos raramente os criticam, embora tenham que os interpretar, considerando-os apenas como imagens e não como representações simbólicas de acontecimentos (Clement, 1985, cit, Nachmias e Linn, 1987).

Um grupo de investigação em Educação em Física da Universidade de Washington, defende que os estudantes, frequentemente, erram na análise e construção de gráficos, em consequência da dificuldade de ligação entre o gráfico e o mundo real (MacDermott et al., 1986, cit., Thornton, 1987). Outros estudos de investigação (Adams, 1990; Brasell, 1987; Cordes, 1990; Mokros e Tinker, 1987; Nachmias, 1987; Thornton, 1987) demonstraram que os alunos apresentam dificuldades quando interpretam e analisam gráficos, usando processos de ensino com recurso a métodos tradicionais (gráficos de papel e lápis).

É importante para professores e investigadores de modo idêntico, identificar desde logo, os padrões de desenvolvimento dos problemas de interpretação de gráficos, manifestados pelos alunos. É igualmente importante, saber mais acerca do desenvolvimento das competências, de construção e interpretação de gráficos gráficos, como se fossem representações simbólicas, não estão a contribuir para uma construção sólida do conhecimento científico (Mokros, 1987).

O inadequado domínio das competências de construção de gráficos é apontado nas investigações, como o maior impedimento para a compreensão dos conceitos científicos (Sham, Padilla e MacKenzie, 1986, cit., por Mokros, 1987).

Existem segundo Brasell (1987), pelo menos, três possíveis razões para as dificuldades apresentadas pelos alunos na concepção, análise e interpretação dos gráficos:

- 1º a tarefa apresentada pode exceder as capacidades de memória dos alunos;
- 2º a tarefa pode requerer mais esforço do que os alunos estão preparados para difundir (motivação);
- 3º os alunos podem não saber o que se pretende da informação adquirida, até ao início da construção do gráfico.

Com o computador associado ao SATD, os gráficos adquirem uma grande importância, pois são em si mesmos um método compacto de historiar os dados (Rogers, 1986).

Os gráficos construídos em tempo real, através do computador, são rápidos e funcionais. A velocidade e o dinamismo podem ter um impacto considerável no processo de informação e/ou motivação.

Alguns investigadores (Mokros, 1986; Mokros e Tinker, 1987; Nachmias, 1987; Thornton, 1986) sugerem que a ligação dos fenómenos físicos com a consequente construção de gráficos em tempo real, facilita a equivalente ligação na memória.

A memória visual dos alunos que utilizam o SATD também é melhorada. Eles podem facilmente lembrar-se da linha do gráfico quando se juntava, por exemplo, gelo à água quente.

Segundo Adams (1990) não é irrealista esperar que os alunos sejam capazes de transferir esta imagem para o seu conhecimento, de como se apresentaria um gráfico numa situação similar. Para os alunos que recorrem ao método tradicional de construção de gráficos, a única imagem que lhes fica é como descia o mercúrio do termómetro.

Através da forma gráfica e com a utilização do SATD o aluno estabelece uma ligação directa entre o tempo real em que se efectua a experiência, e a representação simbólica dessa experiência.

Brasell (1987) e Mokros e Tinker (1987) consideram que o SATD pode ser

particularmente útil no estudo da cinemática, tema em que normalmente o aluno apresenta dificuldades na análise e interpretação de gráficos de distância, velocidade e aceleração.

O professor, poderá levar o aluno a fazer uma previsão dos resultados em termos de gráfico e, se houver discrepâncias entre os gráficos finais e as suas observações e previsões, o aluno pode reorganizar a experiência e fazer as necessárias correcções de previsão, com base na informação gráfica (Mokros e Tinker, 1987).

Este método é extremamente informativo, porque apresenta todos os dados num contexto visual, podendo ser observados em simultâneo, por um grande número de alunos. Estes, podem de forma sistemática seleccionar pontos que queiram colocar manualmente, fazer um “zoom” das escalas (o que poderá ajudar os alunos a dar uma nova vida aos gráficos do ponto de vista técnico, criativo, e apresentar-se como um meio com uma versatilidade excitante), para a exploração experimental de dados (Rogers, 1987). Pode ainda ser utilizado como uma livraria de dados, para comparar com diferentes fenómenos físicos.

Podemos ainda através de algum software, estabelecer cálculos matemáticos entre diferentes variáveis, fazer a representação gráfica desses cálculos, podendo proceder à integração e diferenciação num determinado intervalo de amostragem (Harris, 1994).

Independentemente da forma de visualizar os dados experimentais, o SATD providencia uma grande quantidade de informação, sendo esta considerada por Nakhleh e Krajcik (1993, cit., Bettencourt, 1994) como informação de elevado nível, quando comparada com a informação proveniente de outras tecnologias, tais como, indicadores químicos ou medidores de determinadas grandezas.

Para Mokros (1987) o SATD aparece-nos como um veículo poderoso para a aprendizagem da análise e interpretação de gráficos, que advém da combinação de quatro factores: apresentações variadas dos dados (gráficos ou tabelas); ponte de ligação em tempo real entre o concreto e o abstracto; extraordinário contexto e a eliminação da morosidade.

Mas, apesar das vantagens apresentadas por este sistema na interpretação e análise de dados, todos os investigadores defendem a necessidade da construção de gráficos, ponto a ponto pelos alunos, de forma a possibilitar um

sentido concreto da construção de gráficos; mas também defendem, que os alunos necessitam de executar poucos exercícios de construção de gráficos em papel e lápis, servindo apenas para eles entender o significado da utilidade dos gráficos (Mokros, 1987).

Para Brasell (1987) os gráficos construídos em tempo real aparecem, aos olhos dos alunos como mais: compreensíveis, manipuláveis e concretos.

Quando os alunos estão sobre total controlo da aprendizagem, e estão libertos dos cuidados das tarefas de produção de gráficos, encontram-se na posição ideal para aprenderem o que o gráfico tem para lhes ensinar e sobre o seu significado (Mokros, 1987).

Devido ao movimento de aquisição de dados necessitarem da atenção dos alunos, os gráficos construídos em tempo real mostram o momento em que ocorre a modificação nos acontecimentos físicos, e podem motivar os alunos a encontrarem modificações nos gráficos (Brasell, 1987).

Os dados controlados por computador tornam possível a exploração de outro nível de fenómenos que não se contornam com as necessidades matemáticas. Isto pode abrir uma oportunidade para a resolução de problemas de actividades e pensamento criativo para os alunos (Rogers, 1987). Mais tarde pode ser desenvolvido, reduzindo o número de escolhas dos objectos de uma experiência em particular, o retirar da amostra de pequenos intervalos de tempo, duração de longos períodos, escolha de eixos, etiquetagem, unidades e traçados de escalas que podem ser pré-ajustadas.

Para Mokros e Tinker (1987) as dificuldades encontradas, em torno da análise e construção de gráficos, podem ser facilmente ultrapassadas com o uso deste sistema, e os gráficos poderão ser um veículo natural para expressar ideias acerca da Ciência.

2.4.4. Ponte de ligação entre as operações concretas e formais

Com a utilização do SATD podemos estabelecer uma ligação imediata de medidas concretas de um actual sistema físico com a simultânea produção de representações simbólicas. Essa ligação pode tornar o "abstracto" concreto, podendo-se obter algumas vantagens pedagógicas através da imediata apresentação dos dados sob a forma gráfica (Thornton, 1987).

Segundo o mesmo autor, a ponte para a conceptualização providenciada pela ligação entre acções físicas e a descrição simbólica das apresentações gráficas em tempo real, fornece mesmo ao estudante mais desfavorecido, uma oportunidade de obter os meios necessários a partir de uma incompreensão da normalidade dos dados.

O SATD pode fornecer aos estudantes uma oportunidade de investigar o seu "senso comum" de Ciência, e ligar essas compreensões a uma aprendizagem mais formal.

Mokros (1986) e Piaget (1987, cit., Cordes, 1990) consideram que os gráficos construídos em tempo real podem operar nos alunos, como uma ponte de ligação entre as operações concretas e formais.

Aprender a interpretar gráficos envolve uma aprendizagem com um apropriado nível de abstracção dos alunos.

Os aprendizes de uma tarefa particular podem estar pouco seguros quanto às principais actividades que devem abordar, e podem ser susceptíveis de sobrecarregar as tarefas cognitivas com actividades pouco relevantes (Brasell, 1987).

Como muitos dos alunos das escolas secundárias ainda se encontram no estágio de desenvolvimento das operações concretas (Piaget, cit., Sprinthall e Sprinthall, 1993), o uso do SATD concede um exemplo concreto de uma representação abstracta que pode ser muito útil para os alunos (Mokros, 1986 cit., Adams, 1990).

Para os alunos estabelecerem uma ligação cognitiva efectiva entre os dois elementos (fenómeno e gráfico), têm que integrar os dois e transferir a informação acerca dos fenómenos físicos para a memória longa, ou mantê-la na memória curta através de técnicas de repetição até o gráfico estar construído.

Estas actividades impõe uma carga cognitiva adicional mas, se se tiver o

cuidado de não exceder o limite individual das capacidades cognitivas do aluno, pode ser promovida a aprendizagem e a retenção da informação (Bransford 1979, cit. Brasell, 1987)

Segundo alguns investigadores(Bransford, 1979, cit., por Brasell, 1987; Mokros, 1987) a curto prazo, quando trabalhamos a memória curta está limitada na retenção do tempo, e na relação que pode transferir informação para a memória longa. Assumindo que a entrada inicial e processamento de informação ao cérebro tem lugar na memória curta, gráficos construídos em tempo real podem conceder uma rápida ligação cognitiva para a memória curta, aumentando a possibilidade de a informação ser transferida para a memória longa como uma informação só.

Estudos de investigação (Adams, 1990) e análises estatísticas evidenciam que as diferenças entre as habilidades de construção e análise de gráficos são atribuídas ao nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Quando os alunos são interrogados sobre a interpretação de um gráfico, podem não ter um bom algoritmo que os ajude na interpretação, como os ajuda na construção.

Os alunos terão que ser capazes de representar mentalmente a relação entre a fórmula, o gráfico, e a sua interpretação; e têm que a entender, para sempre que necessário o colocarem em palavras. Essas palavras podem comunicar-lhes o que o gráfico significa a outra pessoa, ou ser usado em grande medida para fornecer uma descrição por escrito que explique o que aconteceu com exactidão (Adams, 1990).

3. Metodologia

3.1. Introdução

Este capítulo tem como principais objectivos: identificar a natureza e pressupostos do estudo; descrever e analisar sistemas de aquisição e tratamento de dados; caracterizar a população envolvida; apresentar o desenvolvimento da construção dos instrumentos de medida e condições de aplicação; identificar o processo de codificação usado na análise desses instrumentos e apresentar a versão final dos instrumentos usados neste estudo.

3.2. Natureza do estudo

Tendo em consideração as perspectivas anteriormente expostas, delineou-se uma estratégia de formação de professores de Ciências (formandos) que conciliasse as vertentes mencionadas: contributo das tecnologias de informação na formação de professores de raiz construtivista, e sua integração no modelo de trabalho experimental do tipo refutador, tomando como questões fulcrais, aspectos didácticos, pedagógicos e logísticos. Desta conciliação resultou uma estratégia focada numa metodologia qualitativa (observação participante e entrevista não-estruturada) e quantitativa (tratamento estatístico dos questionários). Tendo resultado numa metodologia semi-qualitativa, em que se efectuou uma análise de conteúdo da II parte dos questionários de forma descritiva.

A metodologia usada na sala de aula (entrevista não-estruturada) foi encaminhada de forma a que os formandos: formulassem hipóteses sobre os resultados previstos nas experiências; estabelecessem uma comparação das suas hipóteses com os resultados obtidos; confrontassem as suas ideias com as dos colegas; proferissem opiniões acerca do comportamento de determinados

sistemas e por fim aplicassem as novas ideias a situações análogas.

3.3. Pressupostos do estudo

Com vista a dar resposta às questões de investigação formuladas, partiu-se dos seguintes pressupostos:

- 1º os formandos possuíam um *background* teórico dos conceitos em estudo, em consequência do ensino formal e da sua interacção diária com fenómenos do quotidiano;
- 2º os formandos apresentavam concepções alternativas referentes aos conceitos de calor, temperatura e entropia, e o sistema de aquisição e tratamento de dados, integrado no trabalho experimental, poderia contribuir para a alteração dessas concepções de forma a substituí-las por concepções cientificamente válidas;
- 3º os formandos apresentavam um domínio das tecnologias de informação (nos conceitos considerados como básicos) estando a sua atenção centrada na realização, interpretação e análise das tarefas propostas;
- 4º os formandos possuíam competências práticas, desenvolvidas na realização de actividades experimentais;
- 5º a formação técnica no sistema de aquisição e tratamento de dados, efectuada neste estudo, era suficiente para que os formandos pudessem efectuar todas as actividades experimentais;
- 6º o sistema de aquisição e tratamento de dados apresentava vantagens em relação aos meios tradicionais de medida, nomeadamente na aquisição de dados em tempo real e apresentação dos resultados sob a forma gráfica;

7º os formandos apresentavam uma postura de futuros professores, interessados no seu desenvolvimento pessoal e profissional, sendo capazes de manter um distanciamento que lhes permitisse analisar criticamente toda a estratégia envolvida durante o processo experimental.

8º as opiniões dos formandos sobre a utilização do sistema de aquisição e tratamento de dados numa aula de trabalho experimental, poderão ser dados importantes e válidos na apreciação e integração do equipamento e diversos constituintes no ensino.

Considerando que todos os formandos estiveram integrados no currículo antigo do Ensino Básico e Secundário (anterior a 1991), podemos verificar que todos estudaram os conceitos calor, temperatura e entropia (1º pressuposto) ao longo do seu ensino formal, nomeadamente no 5º, 9º, 11º, e em alguns casos, 12º anos de escolaridade (alunos da área Científico-Natural). No entanto, consideramos importante manter este factor sob controlo no questionário piloto que se efectuou no início deste estudo.

Os 3º e 4º pressupostos baseiam-se no facto de todos os formandos terem frequentado com aproveitamento, a disciplina "Introdução às Tecnologias de Informação" integrada no plano curricular do Curso de Formação de Professores do Ensino Básico- variante Matemática e Ciências. O mesmo se verifica em relação à vertente experimental, uma vez que os formandos efectuavam com frequência trabalhos experimentais, principalmente nas disciplinas da área de Biologia (4º pressuposto), razão pela qual apenas mantivemos estes factores sob controlo, utilizando metodologias qualitativas (observação participante e entrevista não-estruturada).

Aquando da realização deste estudo todos os formandos já se encontravam em prática pedagógica nas escolas; por essa razão consideramos importante manter sob controlo o factor experiência docente (7º e 8º pressupostos). Consideramos que todos poderiam fazer uma análise distanciada: dos fenómenos analisados e das vantagens/desvantagens do uso do equipamento no trabalho

experimental.

Tendo como referência cursos de formação de professores na utilização do SATD, efectuados em situações análogas (Peixoto, 1993; Peixoto et al. 1993b), consideramos que a formação técnica inicial desenvolvida com os formandos era suficiente (anexos A e C), no entanto, tentamos saber a opinião dos formandos sobre este assunto, tendo mantido este factor sob controlo.

Em conformidade com outros estudos de investigação desenvolvidos por Cachapuz et al. (1991b), Cachapuz (1993), Lewis e Linn (1994) e Veiga (1991), consideramos a possibilidade da existência de concepções alternativas nos formandos no domínio dos conceitos de calor, temperatura e entropia (2º pressuposto). Para isso, tivemos necessidade de efectuar o seu diagnóstico, assim como, identificar cada formando de forma codificada, de forma a possibilitar a comparação das suas ideias, antes e após, a realização das experiências com recurso ao SATD. Essa codificação foi efectuada de modo a garantir o anonimato de cada um dos formandos, utilizando para isso, cartões de identificação numérica (anexo B).

Como foi supramencionado em diferentes investigações desenvolvidas por Cordes (1990), Friedler et al., (1990), Goodfellow (1991), Igelsrud et al.(1988), Mackenzie (1988), Nachmias (1987), Nicklin (1985), Rhodes (1988), Rogers (1988), Stein et al., (1990), Whyman (1988) e Wu et al., (1993) a monitorização dos dados, através da utilização do SATD, apresenta vantagens em relação aos meios tradicionais de medida (6º pressuposto), no entanto, consideramos importante controlar se os formandos identificavam, ou não, essas vantagens.

3.4. Descrição do sistema de aquisição e tratamento de dados (SATD)

O SATD é composto por uma interface ligada, por cabos de ligação à porta de série de um computador ou, através da inserção de uma placa de comunicação no seu interior. Este equipamento necessita de *software* adequado de gestão

compatível de dados.

O controlo dos fenómenos físicos (medição ou alteração) é efectuado através de transdutores (sensores e transdutores) ligados ao computador via interface electrónica.

Para se obter uma melhor rentabilização, o sistema pode ser ligado (via computador) a uma impressora, de forma a obter a impressão de toda a informação monitorizada.

Este sistema permite ainda o armazenamento e aquisição remota de dados em laboratório, ou em trabalho de campo, se substituirmos a interface pela EMU (*Easy Memory Unit*), aparelho que possui uma bateria que permite o seu funcionamento de forma autónoma.

Na figura 3.1 está representado, de forma esquemática, um exemplo completo de um SATD, bem como, o tipo de explorações permitidas.

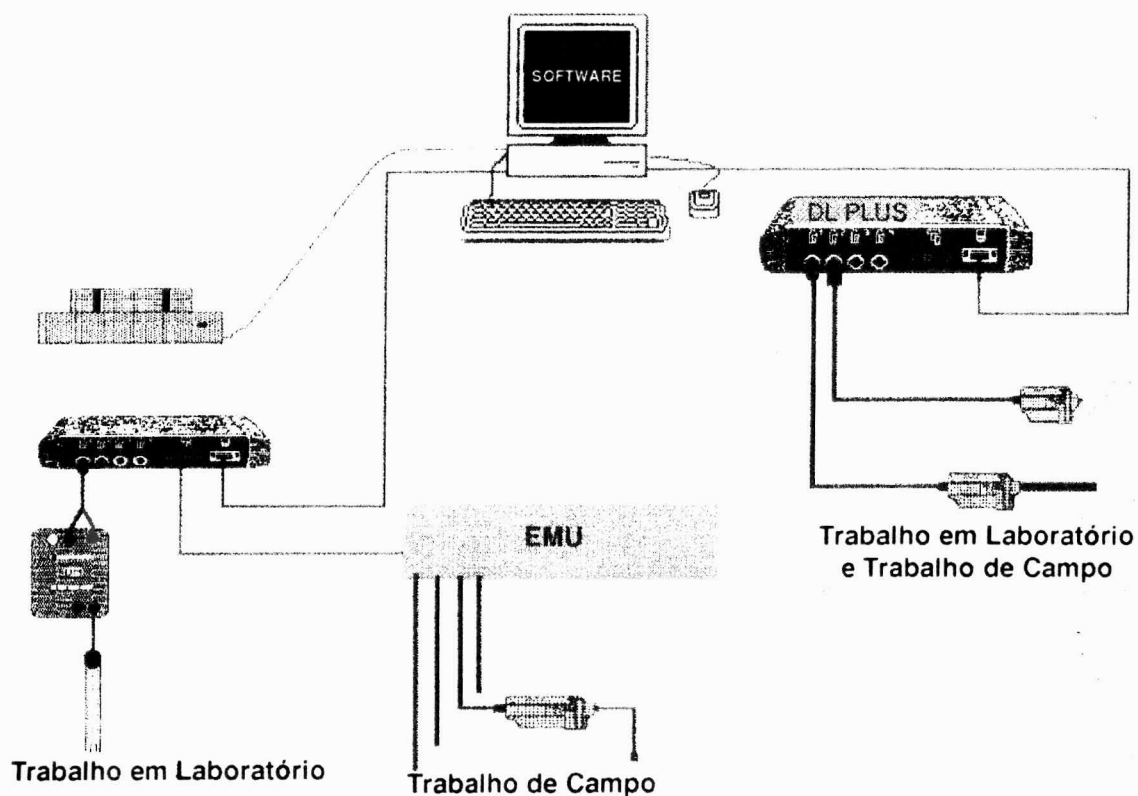


Figura 3.1: Exemplo completo de um sistema de aquisição, armazenamento e tratamento de dados e possíveis utilizações.

Existem no mercado vários tipos de SATD. Iremos de seguida analisar alguns deles, não só no que se refere às interfaces, mas também, ao software específico e diferentes sensores que podem ser utilizados.

3.4.1. Tipos de interfaces e suas incompatibilidades

Uma simples interface ADC tem como função converter sinais eléctricos de entrada num número de *bits* de saída. Esses *bits* são fornecidos ao computador que os reorganiza através do *software* específico de forma a traduzi-los em informação (Goodfellow, 1991).

A interface apresenta no seu interior circuito electrónico que contém um conversor A/D (analógico/digital) que converte dados analógicos (mundo real) em dados digitais (mundo do computador) cujos valores podem ser manipulados através de um *software* adequado (Nicklin, 1985). Para isso, é necessário um transdutor que converte as variáveis físicas correspondentes (por exemplo, a temperatura, pH, som) num sinal eléctrico.

A figura 3.2, esquematiza o funcionamento de transdutores (sensores e geradores de sinal ou simplesmente transdutores).

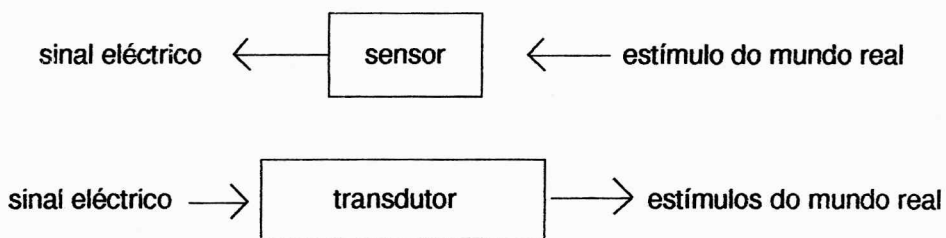


Figura 3.4.1.1: Funcionamento dos transdutores (adaptado de Mackenzie, 1988)

Os sensores são transdutores que convertem os sinais do mundo real em sinais eléctricos. Existem transdutores que são o oposto dos sensores, convertem sinais eléctricos em sinais do mundo real comparando, através de um sistema de "feedback", o valor de saída com o valor de referência (entrada) e reduzindo a diferença entre eles.

A variedade de interfaces, e o leque de modelos estandardizados existentes no mercado são, segundo Mackenzie (1988), um dos sérios impedimentos ao desenvolvimento, distribuição e aplicação de materiais com recurso ao SATD.

A incompatibilidade existente entre diferentes tipos de interfaces cria também alguns problemas de aplicação generalizada nas nossas escolas.

Embora as interfaces possam ser construídas nas escolas a baixo custo, poucos professores de Ciências possuem os conhecimentos necessários para a sua construção. Para isso, seria necessário um domínio dos conhecimentos nas áreas de: Informática, Ciências (nomeadamente no domínio da Física) e Electrónica.

Grande parte das experiências citadas em diferentes estudos de investigação apresentados na literatura, são resultados de projectos desenvolvidos com consideráveis esforços multidisciplinares, entre Universidades e Escolas de Ensino Básico e Secundário, como por exemplo, o TERC e NCET (capítulo 1, pág. 4, que constroem os próprios equipamentos, desenvolvem materiais didácticos, em projectos de investigação-acção).

Em Portugal não existe nenhum grupo de investigação que desenvolva projectos análogos (pelo menos com estas dimensões) e, mesmo que se criassem grupos de interesse nesta área, o desenvolvimento de experiências alargadas a todas as escolas, poderia ser dificultado pela necessidade de conhecimentos específicos, na aquisição de certos conhecimentos nos vários domínios do saber.

Uma das soluções para este problema poderá ser o uso de SATD já construídos existentes no mercado. Estes SATD diferem: no preço; número de sensores que permitem ligar; compatibilidade com diferentes computadores; velocidade de aquisição de dados e número de registos por unidade de tempo.

Podemos encontrar no mercado, ou em determinadas Universidades (por exemplo, de Coimbra e Évora) diferentes tipos de interfaces que possibilitam a ligação de 4, 8, 16 ou 32 sensores em simultâneo. Essas interfaces podem ser ligadas a computadores IBM e compatíveis ou Macintosh (Apple).

As interfaces ECAO (EuroCiência, 1993), VELA Users Group (Educational Electronics, cit. Binney, 1991), CENT, COBRA e COMEX (Phyme, 1986) e Interface Universal (Philip Harris, 1993), por exemplo, possuem apenas 4 canais de entrada e saída analógica/digital.

O módulo de aquisição de dados VME possui 64 entradas analógicas unipolares ou 32 diferenciais tendo sido desenvolvido pelo Departamento de Física

da Universidade de Coimbra (Domingues et al., 1992). Este departamento é também responsável pelo desenvolvimento de outros sistemas de aquisição de dados com diferente número de entradas e saídas analógicas (Isidoro et al., 1992; Matos et al., 1992).

Como foi já referido (capítulo 1, pág. 4) o Ministério da Educação Português, através do GEP (Gabinete de Estudos e Planeamento), forneceu aos Pólos do Projecto Minerva, Projecto FORJA e a algumas escolas que funcionavam como escolas piloto na aplicação da Refoma Curricular, equipamentos para a aquisição e tratamento de dados, da marca Philip Harris (razão pela qual foi utilizado este equipamento neste estudo).

A interface Universal da Philip Harris possibilita a aquisição de dados provenientes de 4 sensores em simultâneo, possuindo uma precisão de convenção de 10 *bits*.

A interface não necessita de comandos externos e a sua ligação é directa ao porto série do computador. A interface funciona com 8 pilhas de 1,5 Volts do tipo AA, o que permite um total isolamento eléctrico do computador. O consumo das pilhas depende do número, e do tipo de sensores utilizados que podem ser alimentados pela interface, embora isso se torne minimizado pois esta desliga automaticamente ao fim de 18 s sem ser utilizada (Philip Harris, 1995).

A unidade possui ainda uma porta auxiliar que permite a ligação da Unidade de Aquisição e Armazenamento de Dados (EMU). Possibilita também a ligação de periféricos que permitem efectuar experiências controladas por computador (com a introdução de dispositivos, como por exemplo, campainhas ou lâmpadas), ou mesmo a ligação a interfaces do tipo LEGO e CONTROL.

A utilização destes periféricos pode ser muito úteis se o utilizador pretender, por exemplo, que uma campainha seja accionada quando a temperatura atingir um certo valor.

3.4.2. Sensores para a aquisição de dados

O SATD da marca Philip Harris, possui três diferentes gamas de sensores: uma mais indicada para efectuar experiências simples, e fabricada para ser manuseada por alunos do 1º e 2º ciclo do E.B., identificada como sensores First

Sense; os Blue Box mais precisos, adaptados a experiências que poderão ser efectuadas por alunos do 3º Ciclo e Ensino Secundário e Tecnológico; e os SensorMeters que permitem uma dupla função de funcionarem como sensores ou como aparelhos de medida, indicados para o Ensino Secundário, Tecnológico e Universitário.

Em termos de calibração, os sensores First Sense são pré-calibrados, os Blue Box são de calibração ajustável, permitindo uma escolha de gamas de leitura, e os SensorMeters funcionam como aparelhos de medida calibráveis.

Os sensores First Sense não necessitam de pilhas, pois são alimentados, pela interface (pelas pilhas da parte inferior). Devido à sua precisão, estes sensores não são indicados para se efectuarem estudos quantitativos. A pré-calibração não permite ajustes de escalas ao nível dos sistemas de leituras, e precisão entre sensores iguais. Isto pode ser apontado como uma crítica a este tipo de sensores.

No quadro 3.1 estão representados os sensores existentes da gama First Sense e os intervalos em que permitem efectuar as leituras.

Quadro 3.1. Tipos de sensores First Sense da gama Philip Harris

Tipo de sensor	Intervalos de leitura
Luz	0 a 100 lux (escuridão total a máximo de luminosidade)
Temperatura	-20 a 110 °C
Pressão	850 a 1150 mB (ao nível do mar)
Som	0 a 100 dB (silêncio absoluto e ruído intenso)
Humidade	10 e 90%
Rotação	3 a 100 rev/segundo
Posição	controla modificações de posição

Os sensores Blue Box necessitam de 4 pilhas de 1,5 V do tipo AA, ou uma única pilha de 6 V do tipo PP3, o que possibilita uma alimentação própria não necessitando do fornecimento de energia por parte da interface. Alguns dos sensores possuem uma sonda (campo magnético, humidade, infravermelhos, luz e temperatura) ou eléctrodos (pH, oxigénio) que são ligados aos sensores permitindo a aquisição do sinal eléctrico.

Estes sensores apresentam uma maior precisão de leitura em relação à gama anterior podendo ser indicados para experiências de investigação, ou mesmo, para estudos quantitativos de fenómenos físicos.

No quadro 3.2 estão representados os sensores da gama Blue Box existentes, bem como os intervalos em que efectuam as leituras.

Quadro 3.2. Tipos de sensores Blue Box da gama Philip Harris

Tipo de sensor	Intervalos de leitura
Luz linear	0,1 a 10 000 lux
Temperatura	-10 a 100 °C
Pressão	10^{-5} Pa; 1×10^3 Pa e 2×10^4 Pa
Som	50 a 110 dB
Humidade	10 e 90%
Posição	0 a 40 mm e 0 a 90 mm
Condutividade	100 μ S A 1 S
Voltímetro	2 a 20 V
Amperímetro	0 a 10 A
Miliamperímetro	0 a 1000 mA
Barómetro	-250 a 250 mV e 0 a 1 V
pH	0 a 10 e 4 a 14
Oxigénio	0 a 100% dissolvido em água
Pulsção	0 a 200 pulsações por minuto
Termopar	0 a 500 °C
Campo magnético	0 a 10 mT e 0 a 100 nT
Infravermelhos	-2 a 800 mWcm ⁻²
Voltímetro digital	0 a 19,99 c.a

A Philip Harris (1995) lançou uma nova gama de sensores: os SensorMeters que funcionam como aparelhos de medida de leitura digital, com precisão superior a qualquer um dos sensores já referidos. Estes sensores possuem um mostrador de cristais líquidos de 13 mm. Possuem ainda uma indicação visual de alterações na leitura, e de deficiência de carga das baterias, por flutuação de uma barra analógica. Os sensores são alimentados por pilhas de 9 V MN alcalinas e um adaptador de alimentação 220-240 V para maior flexibilidade em laboratório

e trabalho de campo (Harris, 1995). O seu custo é mais elevado (podendo atingir o triplo do preço em relação aos sensores anteriores).

No quadro 3.3. estão representados os tipos de SensorMeters existentes, bem como, as escalas e precisões de leitura.

Quadro 3.4.2.3. Tipos de sensores SensorMeters da gama Philip Harris

Tipo de sensor	Intervalos de leitura	Precisão de leitura
Luz linear	0 a 100 %	1% (mais ou menos)
Temperatura	-20 a 110 °C	0,4 a 0°C e 1°C a 100 °C
Pressão atmosférica	900 a 1100 Mb	4 mbar
Pressão de gases	-10 Pa a 5KPa	± 0,5 %
Som	9 a 30 Hz ou 50 a 110 dB	± 4%
Humidade relativa	10 e 90%	± 1%
Posição	0 a 60 mm	± 1%
Condutividade	0 Sm ⁻¹ a 100 mSm ⁻¹	± 8%
Voltímetro	-20 a 20 V	± 1,5%
Amperímetro	-10 a 10 A	± 1,5%
Miliamperímetro	-1000 a 100 A	± 1,5%
Distância	0 a 10 m	± 1,5%
pH	0 a 10 e 4 a 14	± 1,5%
Oxigénio dissolvido	0 a 100% de saturação	
Altas temperaturas	-20 a 1000 °C	± 0,5%
Diferenças de temperatura	-5 a 50 K	± 1,5%
Fluxo magnético	-100 a 100 nT	± 3%
Infravermelhos	2 a 800mWcm ⁻²	± 0,5%
Ultravioletas	0 a 100Wm ⁻²	
Radioactividade	0 a 1000 imps-1	± 2%

De todos os sensores atrás referidos, apenas foram fornecidos às escolas 7 sensores First Sense (posição, rotação, humidade, temperatura, pressão, luz e som) e 7 sensores da gama Blue Box (temperatura, luz, pH, oxigénio, voltímetro, amperímetro e campo magnético), para além da Interface Universal e EMU.

Neste estudo foram utilizados sensores de: luz, temperatura, rotação, humidade e pressão da gama First Sense e sensores de: pH, temperatura,

pressão, da gama Blue Box (formação técnica, anexo C).

Nas experiências de termodinâmica, incluídas neste estudo (anexos H e I) foram utilizados os sensores: amperímetro, voltímetro e temperatura da gama Blue Box e First Sense.

O utilizador deverá ter alguns cuidados na utilização destes sensores, pois podem ser tecidas algumas críticas quanto à qualidade das medições efectuadas concretamente pelos sensores da gama First Sense e Blue Box (utilizados no nosso estudo), e aos princípios físicos que estão subjacentes. Essas críticas estão relacionadas com: sensibilidade; calibração; exactidão; linearidade dos sensores; e utilidade e importância das medidas que contribuem para a qualidade do processo de medida. Este segundo aspecto, depende em grande parte dos métodos do software, e da forma como se processam e comunicam os dados (Rogers, 1988). Por exemplo, os sensores de temperatura Blue Box, poderão apresentar uma diferença na aquisição de valores na ordem dos 2%, o que numa leitura efectuada a 100° C poderá chegar aos 2° C.

Quando se efectuam estudos quantitativos rigorosos, utilizando vários sensores iguais, estes poderão ser posto em causa face aos diferentes valores obtidos, devendo os utilizadores estar alertados para este facto (Mackenzie, 1988).

3.4.3. Unidade de aquisição e armazenamento de dados (EMU e DL Plus): vantagens educacionais.

Incluído no equipamento para a aquisição, armazenamento e tratamento da dados da Philip Harris, estão dois aparelhos a EMU (Easy Memory Unit) e DL Plus que permitem a aquisição e armazenamento de dados de forma autónoma do computador.

Estes aparelhos são indicados para se efectuarem trabalhos de campo e pesquisas longitudinais, em que a utilização directa do computador seja dificultada por aspectos logísticos, ou pela impossibilidade de transporte e de ligação do computador a uma fonte de energia.

Assim, o utilizador poderá usar uma EMU ou a DL Plus para fazer a sua

aquisição de dados em campo, para posteriormente no laboratório, converter os dados para o computador.

Alguns aspectos pedagógicos/didáticos podem ser valorizados com o uso destes aparelhos. O utilizador poderá fazer aquisições de dados fora dos tempos escolares (à noite ou durante um fim de semana), de fenómenos que demoram dois dias ou mesmo semanas a ocorrer (por exemplo, crescimento de uma planta, fotosíntese, estudo do comportamento dos pássaros, etc.).

O utilizador pode ainda proceder à aquisição de dados resultante de, por exemplo, uma prova de atletismo, para posteriormente os tratar no computador. Estas utilizações didáticas poderão ter um impacto inovador junto dos alunos podendo despertá-los para o uso das tecnologias nas suas práticas escolares.

Este aparelho é constituída basicamente por: um conversor A/D (analógico/digital) de 8 bits; um relógio de cristal de quartzo e controlo lógico. Este aparelho possui 4 entradas/saídas analógicas, tendo a capacidade de efectuar, no total, 8192 leituras.

A EMU possibilita a aquisição de dados de forma autónoma do computador, por um período máximo de 10 semanas (à temperatura ambiente de 10° C), razão pela qual, poderá ser de grande utilidade em trabalhos de campo. Os valores adquiridos nestes trabalhos poderão ser mais tarde convertidos para o computador via Interface Universal.

Embora a EMU permita gravar informações até 2 Mb, não permite a sua visualização *in loco* durante o funcionamento de forma autónoma. Este facto apresentam-se como uma desvantagem na utilização deste aparelho, pois por vezes, poderão surgir aquisições incorrectas que não são detectadas, podendo inutilizar toda aquisição e resultar num impacto negativo junto dos alunos. Por essa razão este aparelho já não é comercializável (desde 1995) pela Philip Harris, tendo sido substituído por outro denominado DL Plus.

A DL Plus funciona como aparelho de aquisição, armazenamento remoto de dados, e como interface. Permite a ligação a computadores IBM e compatíveis, Apple Macintosh, via porto de série.

Esta interface possui um conversor analógico/digital de 10 bits e um ecrã de cristais líquidos que permite: visualizar aquisições de dados na forma analógica ou digital; identificar os sensores que se encontram ligados; visualizar ou apagar ficheiros e gravar dados até 2 Mb de informação.

Esta interface possui ainda um pequeno teclado que permite o acesso a

todas as funções anteriores.

A operar autónoma do computador, permite registar dados de vários modos, visualizar as leituras no modo gráfico ou tabela, gravar informação e organizar ficheiros para posterior análise.

A DL Plus poderá ser parametrizada para a aquisição de dados durante um período de tempo específico.

O número de leituras que efectua numa aquisição depende do intervalo de tempo escolhido, que poderá ser de: uma em cada 250 ms numa aquisição de 2 minutos; 256 por segundo numa aquisição de 24 horas; ou uma em cada 2 horas numa aquisição de 47 dias.

Contrariamente à EMU a DL Plus não necessita de ser recarregada através de um transformador de corrente, funcionando com pilhas de 1,5 V (8 pilhas tipo AA da mesma forma que a Interface Universal), e software específico para a aquisição da dados.

Quando a DL Plus detecta tensão baixa, dispara uma mensagem de aviso antes de iniciar um registo de dados, e desliga o aparelho para manter a tensão mínima. Na próxima aquisição de dados alertará para a falta de carga através de um sinal sonoro de três "bips".

Se o utilizador pretender utilizar este aparelho como interface pode fazê-lo, obtendo todas as possibilidades permitidas pela Interface Universal.

Apesar deste último equipamento apresentar algumas vantagens em relação ao anterior, só as escolas contempladas pelo projecto FORJA, ou equipadas através do financiamento de Cursos de Formação Contínua de Professores (Peixoto, 1995) o possuem. Uma das razões poderá ser o facto do seu custo quadruplicar o de uma Interface Universal.

3.4.4. O Software para o tratamento de dados

Na selecção do *software* a utilizar neste estudo, atendeu-se a determinados critérios. Assim, ele deveria:

- i) apresentar um aspecto gráfico agradável;
- ii) ser compatível com diferentes tipos de *hardware* e *software*, nomeadamente, com computadores de baixa resolução, diferentes tipos de impressoras e com a folha de cálculo Excel.

- iii) ser de fácil utilização, não criando no utilizador tensões derivadas da insegurança criada pela sofisticação do programa;
- iv) possibilitar uma interactividade com o utilizador de forma a poder identificar de modo imediato qualquer anomalia que ocorra durante a aquisição de dados;
- v) permitir aquisições rigorosas de vários sensores em simultâneo, e a apresentação dos resultados sob a forma gráfica ou tabela;
- vi) possibilitar ao utilizador uma aprendizagem rápida, isenta de conhecimentos específicos do domínio da Informática.

O SATD da Philip Harris oferece uma variada gama de *software* com diferentes graus de dificuldade por parte do utilizador possibilitando diferentes níveis de exploração. Assim, o utilizador poderá optar pelo *software*:

1. First Sense
2. Datadisc Plot Plus (datadisc PP)
3. Datadisc Pro
4. SoftLab

Qualquer uma destas peças de *software* reconhece os dois tipos de sensores, First Sense e Blue Box¹.

O *software* **First Sense** foi concebido para ser de fácil utilização, sendo indicado para os primeiros passos experimentais usando um SATD. Operando através das teclas de função do computador e por selecção de campos de menu, reconhece automaticamente os sensores First Sense ligados à Interface Universal, através de um ícon no ecrã. Este *software* não pode ser utilizado com a interface DL Plus.

O **First Sense** permite a visualização da aquisição de dados em tempo real de 4 sensores sob a forma digital e a comparação de valores máximos e mínimos obtidos durante a aquisição.

As aquisições de dados em tempo real sob a forma de gráfico de coordenadas só são permitidas para um sensor de cada vez, e a comparação dos dados adquiridos, sob esta forma, só é possibilitada através de gráficos de barras ou de tabelas.

Este *software* não permite sobrepor gráficos de diferentes aquisições, o que se apresenta como uma limitação na sua utilização.

¹ Não iremos referir os sensores SensorMeters por não terem sido usados durante este estudo.

Esta foi uma das razões pela qual só utilizamos esta peça de software, numa das experiências da formação técnica (anexo C), no nosso estudo.

O *software Datadisc PP* apresenta um elevado grau de interactividade de grande interesse pedagógico. Não necessita para o seu funcionamento de computadores com grande capacidade de memória de massa, podendo mesmo funcionar de uma disquete.

Esta peça de *software* procede à calibração automática dos sensores First Sense, permitindo a calibração dos sensores Blue Box.

O *software* associa as possibilidades de organização de gráficos em função do tempo e de uma variável em função de outra. As escalas dos eixos são automaticamente reajustadas permitindo a visualização global ou, através de zoom, de um sector do gráfico.

Associada a uma aprendizagem rápida, já comprovada em diferentes acções de formação de professores (Peixoto, 1993; Peixoto et al., 1993b), esta visualização imediata dos canais da interface ocupados, bem como, a sobreposição de várias aquisições de dados (até um máximo de 4) faz com que esta peça de software se apresente com algumas vantagens para a sua utilização neste estudo.

Uma das desvantagens apresentadas por este software é o facto de após a aquisição de dados, redimensionar o eixo das coordenadas do gráfico a partir do valor mínimo obtido, não permitindo ao utilizador voltar a redimensionar a partir do valor 0. Este facto poderá ter um impacto negativo, em termos da aprendizagem dos alunos na construção e análise de gráficos pelos alunos. O professor deverá estar alertado para este facto, e proceder às devidas correcções na análise e construção dos gráficos.

O *software Datadisc Pro* está baseado em menus descendentes e possui uma função de ajuda para os principais comandos, de modo a prestar assistência ao utilizador. Pode ser usado para registar dados de sensores, ou para os introduzir através do teclado. Esta peça de *software* possui oito canais de informação análoga disponíveis para registo ou armazenamento de dados embora, tal como os anteriores, só possibilite a ligação de 4 sensores em simultâneo (limitação imposta pela interface).

Os registos dos dados podem ser efectuados em função do tempo ou em intervalos irregulares.

Este *software* requer um sistema PC IBM compatível com as seguintes especificações mínimas: uma placa gráfica VGA ou EGA; processador 286; disco duro e um rato Microsoft. Existe também uma versão idêntica para o Apple Mac-

intosh.

Apresenta uma vantagem em relação ao anterior, pois possibilita a execução de diferentes cálculos dos dados adquiridos e a sua visualização sob a forma gráfica, permitindo redimensionar o eixo das coordenadas de um gráfico a partir do valor 0.

Esta peça de *software* apresenta uma desvantagem que limita a sua utilização que é o facto de só permitir a ligação de impressoras Epson ou compatíveis. Esta razão fez com que não usássemos este *software* neste estudo, pois poderia apresentar-se como uma limitação na sua utilização em algumas escolas.

Tanto o *software* **Datadisc PP** como o **Datadisc Pro** podem ser usados com a Interface Universal ou a DL Plus. Reconhecem todos os tipos de sensores usados e podem transferir dados da EMU da Philip Harris ou VELA.

Os dados registados podem ser projectados de diversas formas, por exemplo, por ampliação sobre certas porções de resultados, o que permite ao utilizador analisar determinados aspectos com um maior número de alunos.

Os canais individuais de dados podem ser colocados dentro ou fora da apresentação. Os dados podem ser apresentados em forma de tabelas ou impressos, para o caso do professor pretender que os seus alunos construam eles próprios os seus gráficos.

Por último o *software* **SoftLab** consiste numa aplicação desenvolvida em "Microsoft Windows", fornecido pela National Council for Education Technology (NCET) apresentando todas as facilidades específicas do próprio ambiente "Windows". Permite a utilização, em ambiente multitarefa, com outros programas (processadores de texto, folhas de cálculo ou bases de dados), não sendo tão intuitivo como qualquer um da família *datadisc*.

Como neste estudo se pretendia que os formandos procedessem à aquisição de dados, gravassem, imprimissem e os exportassem, por exemplo, para uma folha de cálculo, o *software* deveria ser o mais amigável possível, para que o formando não centrasse a sua atenção no equipamento experimental, mas sim, ao decorrer da experiência. Por essa razão optamos por um *software* intuitivo, como é recomendado por Binney (1991).

Como refere Rogers (1988), é importante que o desenho das experiências e a sofisticação do *software*, sejam equilibrados de forma a promover actividades abertas, envolvendo os formandos em processos activos de: discussão; previsão; interpretação; e comparação de resultados.

Pelas razões apresentadas anteriormente optamos por utilizar neste estudo o *software* Datadisc PP.

3.5. População

Dado o nosso estudo se situar no âmbito da formação de professores de Ciências, esta investigação decorreu na Escola Superior de Educação de Viana do Castelo. Os critérios que presidiram à selecção desta instituição prenderam-se fundamentalmente com os seguintes aspectos:

- em primeiro lugar, a facilidade em contactos e trabalho devido ter exercido (no ano em que se desenvolveu a primeira parte das experiências) funções técnico-pedagógicas no Pólo do Projecto Minerva nesta escola, por outro lado, o interesse pessoal em obter um conhecimento aprofundado dos conhecimentos teóricos dos estudantes de Ciências que frequentam esta instituição;
- um segundo aspecto relaciona-se com os objectivos e pressupostos já referidos (pág. 7 e pág. 80), ou seja, os formandos apresentarem todas as condições necessárias à realização deste estudo, relacionadas: com o fim do ensino formal; domínio das tecnologias de informação; prática na realização de trabalhos experimentais e prática docente, o que sem dúvida assegurava uma maior facilidade de concretização dos objectivos da investigação que pretendíamos levar a efeito.

Assim, a nossa amostra é constituída por todos os estudantes do Curso de Formação de Professores do Ensino Básico- variante Matemática e Ciências, que frequentaram, nos anos lectivos de 1993/1994 e 1994/1995 (o que fez com que este estudo se desenvolvesse em duas fases), do 4º ano da Escola Superior de Educação Viana do Castelo, e que acederam participar neste estudo.

Este estudo foi integrado na unidade didáctica "Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino das Ciências", correspondente à disciplina de Processos de Ensino do 4º ano do Curso acima referido.

Estes formandos encontravam-se em prática pedagógica em diferentes escolas do 2º Ciclo do Ensino Básico no distrito de Viana do Castelo, a leccionar as disciplinas de Matemática e Ciências da Natureza dos 5º e 6º anos de escolaridade.

As observações, feitas durante 3 sessões de aulas experimentais (3 horas cada), envolveram um total de 38 formandos.

Os dados obtidos através da aplicação de questionários dizem respeito a duas amostras, constituídas por 18 formandos (1ª amostra) e 20 formandos (2ª amostra), sendo a 1ª amostra referente aos alunos que frequentaram o 4º ano durante o ano lectivo de 1993/1994 e a 2ª amostra referente aos alunos que frequentaram o 4º ano em 1994/1995. Nenhum aluno da 1ª amostra integrou, no ano seguinte a 2ª amostra..

Todos os formandos envolvidos neste estudo tinham estudado os conteúdos programáticos sobre os quais as experiências incidiram (1º pressuposto).

Aquando da realização das duas fases do estudo, os formandos que compunham a 1ª amostra (1ª fase) encontravam-se no fim da sua prática pedagógica (Junho) e os da segunda amostra (2ª fase) encontravam-se no final do 2º Período do calendário escolar (Março), possuindo alguma prática docente (7º pressuposto).

3.6. Instrumentos de recolha de dados

3.6.1. Elaboração da primeira versão dos instrumentos.

Os instrumentos de observação que permitiram a recolha de dados para a realização deste estudo foram de dois tipos: por um lado, dois questionários, que designamos por "Questionário piloto" e "Questionário final" e, por outro lado, as observações das aulas experimentais *in loco* (observação participante e entrevista não-estruturada).

Os objectivos do "Questionário piloto" eram: obter resultados de acordo com o plano delineado e, diagnosticar as concepções dos alunos acerca dos tópicos calor, temperatura e entropia.

O "Questionário final" tinha como objectivos: obter a opinião dos formandos acerca do SATD e verificar se os formandos após as experiências desenvolvidas com o SATD, apresentavam ou não, as concepções identificadas inicialmente. Com este questionário também se pretendia verificar se os formandos reconheciam no SATD potencialidades para aumentar a eficácia do trabalho experimental.

Foi nossa intenção que os questionários apresentassem, uma ordenação lógica das questões, que possibilitassem aos formandos seguir uma linha de raciocínio contínua, sem grandes quebras de assunto.

Relativamente à forma, procurou-se que a aparência fosse o mais agradável possível, tentando evitar assim um hipotético impacto inicial negativo de poder ser encarado como demasiado denso ou pouco motivante.

Os dois questionários em causa (piloto e final) são estruturalmente constituídos por duas partes, contendo perguntas de opinião dos tipos fechado e aberto.

Na primeira versão, o "Questionário piloto" era constituído por duas partes. A primeira parte destinava-se a recolher dados que permitissem caracterizar os formandos do ponto de vista pessoal. A segunda parte deveria facilitar uma recolha de dados que permitissem diagnosticar as concepções dos formandos relativamente aos conceitos calor, temperatura e entropia.

A definição das duas partes do "Questionário piloto" permitiram a elaboração

de um primeiro conjunto de itens, num total de vinte perguntas de resposta aberta, todas elas relacionadas com fenómenos ocorridos no dia a dia, e retiradas de estudos de investigação idênticos (Caldeira, 1991; Friedler et al., 1990; Igelsrud, 1988; Nachmias, 1987; Nieto et al., 1989; Stein, 1986; Stein et al., 1990; Tiberghien, 1988; Veiga, 1991).

O desenvolvimento desses itens deram origem a uma primeira versão do instrumento, tendo sido submetida à apreciação de um painel de professores para a validação de conteúdo, clareza de linguagem e adequação às questões de investigação.

As sugestões recebidas por esse painel permitiram modificar a primeira versão do instrumento através de alterações na redacção, conteúdo das questões, ordem de apresentação e número de itens.

Esta segunda versão (anexo D) compreendia, numa primeira parte, cinco itens destinados à identificação das características pessoais dos formandos usando, para isso, 4 perguntas fechadas (1.1; 1.2; 1.4 e 1.5) e 1 pergunta de resposta aberta (1.3).

Na questão 1.5 pretendia-se verificar se os formandos tinham, durante o seu ensino formal, estudado os conceitos de calor, temperatura e entropia (1º pressuposto).

Numa segunda parte, incluíam-se nove questões constituídas por perguntas de opinião de escolha múltipla e de leque aberto (questões: 2.1; 2.2; 2.7; 2.9; 2.10; 2.11; 2.12; 2.13; 2.14), ligadas a fenómenos do dia a dia, e sete perguntas abertas de opinião que correspondiam a afirmações em que o formando deveria analisar, justificando, da sua veracidade (questões: 2.3, 2.4; 2.5, 2.6; 2.8; 2.15 e 2.16).

Esta segunda versão do "Questionário piloto" foi então administrada aos formandos que integravam a primeira amostra deste estudo (a versão deste instrumento encontra-se no anexo D).

A partir da análise de conteúdo efectuada ao "Questionário piloto" procedeu-se à elaboração do "Questionário final".

O "Questionário final" era também constituído por duas partes. Os seis primeiros itens (1.1; 1.2; 1.3; 1.4; 1.5 e 1.6) eram constituídos por escalas de atitude e opinião do tipo Lickert (parte I) e debruçavam-se sobre a formação técnica

efectuada com o SATD.

Nesta primeira parte pretendia-se analisar em que medida a formação técnica ministrada foi suficiente para dar resposta a situações particulares que poderão ter surgido durante a realização das experiências efectuadas nos trabalhos experimentais.

Estas escalas de atitude e opinião do tipo Lickert (assim identificado por Pardal et al., 1995) são compostas por afirmações, relativamente às quais os formandos manifestavam o seu grau de concordância, numa escala discreta de cinco níveis: Discordo totalmente; Discordo; Concordo com reservas; Concordo; Concordo totalmente.

O sétimo item (1.7) era constituído por uma pergunta de opinião aberta na qual se pretendia que os formandos se manifestassem acerca das diferenças entre a utilização do SATD e dos meios tradicionais de medida, no trabalho experimental.

A segunda parte do "Questionário Final", era composto por quatro perguntas de escolha múltipla de leque aberto (2.1; 2.2; 2.3 e 2.4), às quais os formandos teriam que justificar a sua opção, e duas perguntas abertas em que se confrontava os formandos com fenómenos do dia a dia e pedia-se a sua opinião acerca dessas ocorrências.

Este questionário possuía ainda uma terceira pergunta de escolha múltipla de leque fechado em que se pretendia que os formandos analisassem um gráfico e completassem uma tabela de forma cientificamente correcta.

A versão deste instrumento encontra-se no anexo E.

As questões apresentadas na segunda parte do "Questionário final" eram idênticas (a nível do conteúdo) às formuladas na segunda parte do "Questionário piloto" tendo como objectivo verificar se, após o trabalho experimental com recurso ao SATD, ocorreu ou não, alguma modificação na opinião dos formandos, acerca dos conceitos envolvidos.

3.6.2. Condições de aplicação e análise dos resultados dos instrumentos com vista ao seu aperfeiçoamento.

As versões dos questionários referidas anteriormente foram aplicadas à primeira amostra de formandos, num total de dezoito.

A situação dos formandos foi descrita através de dois tipos de dados: quantitativos (primeira parte dos questionários) e semi-qualitativos (segunda parte dos questionários).

Relativamente ao seu preenchimento tivemos sempre presente algumas preocupações, com vista a garantir idênticas condições de aplicação para as duas amostras. Assim, a fim de uniformizar essas condições, informaram-se os formandos de que as respostas dadas seriam totalmente confidenciais, sendo apenas utilizadas para efeitos de pesquisa. Apelou-se então, para que as suas respostas fossem sinceras e traduzissem a sua opinião pessoal.

Aquando da recolha de dados da 1ª amostra, foram recolhidos 18 questionários (piloto e final), não tendo sido inutilizado nenhum. Todos os questionários foram recolhidos, imediatamente após, terem sido preenchidos.

A duração média do seu preenchimento, no que se refere ao "Questionário piloto" foi de 45 minutos, e 30 minutos para o "Questionário final".

As respostas do "Questionário piloto" foram sujeitas a uma análise de conteúdo, de forma a identificar as concepções dos formandos referentes aos conceitos em estudo.

Antes de iniciarmos a análise de conteúdo das respostas às questões colocadas, procedeu-se a uma identificação codificada dos questionários, através do número de identificação do formando (anexo B).

À primeira parte do questionário foi feita uma análise de natureza quantitativa (numérica, percentual e representação gráfica sob a forma de diagramas).

Para a segunda parte do questionário procedeu-se a uma análise semi-qualitativa, tendo-se efectuado uma análise de conteúdo com base em categorias de resposta, e correspondente construção de gráficos sob a forma de diagramas de colunas do número de respostas obtido em cada categoria.

Para a categorização das respostas da II parte do "Questionário piloto"

estabeleceram-se oito categorias de resposta, corespondentes às questões 2.1; 2.2; 2.7; 2.9; 2.10; 2.11; 2.12; 2.13; 2.14.

As oito categorias foram caracterizadas da seguinte forma:

- categoria A - opção correcta; justificação correcta;
- categoria B - opção correcta; justificação parcialmente correcta;
- categoria C - opção correcta; justificação incorrecta;
- categoria D- opção correcta; não justificada;
- categoria E - opção incorrecta; justificação coerente;
- categoria F - opção incorrecta; justificação parcialmente correcta;
- categoria G - opção incorrecta; justificação incorrecta;
- categoria H- opção incorrecta; não justificada;

Foi também decidido que nos itens em que não fosse obtida nenhuma resposta, esta seria incluída na categoria H; opção incorrecta e não justificada.

Para as questões 2.4; 2.5; 2.6 e 2.8, foram apenas criadas quatro categorias de resposta (A'; B'; C' e D').

As categorias de resposta foram:

- categoria A' - justificação correcta;
- categoria B' - justificação parcialmente correcta;
- categoria C' - justificação incorrecta;
- categoria D' - não justificada;

As tabelas referentes ao tratamento de dados foram organizadas de modo a indicar o tema da pergunta, o número de respostas e a respectiva percentagem de respostas obtidas para cada categoria.

As respostas analisadas em cada um dos itens, da segunda parte do "Questionário piloto", foram agrupadas consoante os conceitos em análise.

Assim, dividimos em três secções: 1) calor; 2) temperatura e 3) entropia. Procedeu-se também a uma análise qualitativa das perguntas abertas em que foram identificados, em cada um dos tópicos, as concepções alternativas que consideramos mais relevantes, de forma a procedermos à selecção dos trabalhos práticos que iriam rebater essas concepções.

Após a análise ponderada dos resultados obtidos, quer nas categorias de

resposta quer na duração no preenchimento do "Questionário piloto", decidimos proceder a uma alteração no número de respostas deste questionário. Assim, decidimos retirar as questões 2.15 e 2.16. Esta decisão teve como principal objectivo termos concluído que os formandos apresentavam concepções erradas em relação ao conceito físico de irreversível, facto que também tinha sido identificado num estudo de investigação em condições análogas, efectuado por Pereira et al. (1989).

Na análise de conteúdo das respostas obtidas no "Questionário piloto" correspondentes à primeira amostra de formandos, verificamos que estes apresentavam algumas confusões na aplicação deste conceito no que concerne a fenómenos físicos e químicos. Este facto verificou-se quando os formandos tentavam justificar as suas respostas com base em reacções químicas.

Por essa razão decidimos substituir o termo irreversível pelo termo espontâneo, tendo no entanto, mantido as questões 2.12; 2.13 e 2.14 (referentes ao conceito de entropia).

A versão final deste instrumento encontra-se no anexo F.

Esta mesma decisão foi mantida para o "Questionário final". Assim, mantivemos todas as questões deste questionário, bem como, a sua estrutura, apenas procedendo à alteração das questões 2.6 e 2.7 deste instrumento, retirando estas questões e substituindo por outras em que não se incluía o termo irreversível (a versão final deste instrumento encontra-se no anexo G), mantendo a relação do conteúdo das questões com o conceito de entropia.

Na análise das categorias de resposta, confirma-se a necessidade e pertinência de controlar os factores já mencionados, por outro lado, não se identificaram outros factores que, para além destes, viessem a interferir nos objectivos do estudo.

3.6.3. Versão definitiva do questionário piloto.

Perante os resultados obtidos, passou-se à elaboração do questionário piloto definitivo (anexo F), tendo-se decidido manter a estrutura inicial deste questionário.

O "Questionário piloto" definitivo possui duas partes, sendo a primeira

destinada à identificação das características pessoais dos formandos, tais como: sexo; idade; área frequentada no ensino complementar; experiência docente e identificação do estudo formal dos conceitos calor, temperatura e entropia; correspondentes às questões 1.1; 1.2; 1.3; 1.4 e 1.5, respectivamente.

Em relação à segunda parte do questionário, as questões deste instrumento foram remodeladas tendo em consideração inventários de concepções alternativas (referidos nas páginas 61 a 63 deste estudo) encontradas em diferentes estudos de investigação desenvolvidos por: Caldeira (1991), Erickson e Tiberghien (1985), Nieto et al., (1992), Pereira et al., (1989) e Veiga (1991), tendo também contribuído algumas ideias provenientes dos estudos de investigação de Cordes (1990), Hodson (1985), Nachmias e Friedler (1990), Stein (1990), dos quais se consideraram as recomendações que a seguir enumeramos :

- 1º - as questões foram formuladas utilizando uma linguagem familiar aos formandos, de forma a despertar as suas concepções intuitivas;
- 2º - para a maior parte das questões e sempre que possível, foi dada ao formando a possibilidade de escolher entre várias opções de resposta positiva ou negativa (as opções de resposta positiva são do tipo "Sim, porque..." as de resposta negativa são "Não, porque...");
- 3º - foi dada uma sequência lógica às questões apresentadas, independentemente da sua relação com as questões de investigação do estudo, correspondendo as questões aos conceitos de temperatura; calor e entropia;
- 4º - as 14 questões apresentadas nesta secção do questionário pretendiam estabelecer uma relação entre as concepções dos formandos e as identificadas no inventário de concepções alternativas dos diferentes estudos de investigação supramencionados (pág. 61, 62 e 63).

Os objectivos específicos de cada uma das questões destinam-se a dar resposta às questões de investigação formuladas neste estudo. A relação entre cada questão do questionário e as questões de investigação encontram-se sistematizadas no quadro 3.4 (pág. seguinte).

Quadro 3.4. Relação entre as questões de investigação e as perguntas do "Questionário piloto".

Questões de investigação	Perguntas do questionário
1. Que concepções manifestam os formandos acerca do conceito de calor?	Q. 2.2
	Q. 2.4
	Q. 2.7
	Q. 2.8
	Q. 2.9
2. Que concepções manifestam os formandos acerca do conceito de temperatura?	Q. 2.10
	Q. 2.1
	Q. 2.3
	Q. 2.5
	Q. 2.6
3. Que concepções manifestam os formandos acerca do conceito de entropia?	Q. 2.11
	Q. 2.12
	Q. 2.13
	Q. 2.14

3.6.4. Versão definitiva do "Questionário final".

O "Questionário final" definitivo foi elaborado tendo em consideração os resultados obtidos no "Questionário piloto", tendo por base os mesmos estudos de investigação já identificados neste instrumento.

Como uma das questões de investigação deste estudo pretendeu-se analisar a influência do SATD no trabalho experimental e na aprendizagem, e a identificação das concepções alternativas dos formandos, consideramos importante manter o mesmo nível de conteúdo e estrutura deste instrumento.

Assim, para este questionário definimos duas secções. Na primeira secção pretende-se obter a opinião dos formandos referente à formação técnica efectuada com o SATD, bem como, a sua opinião acerca da influência deste sistema na aprendizagem dos alunos. Para isso foram formuladas questões de natureza técnica e didáctica.

As questões de natureza técnica tinham os seguintes objectivos:

- analisar a interactividade dos sensores e software (Q. 1.1; Q. 1.2);
- a receptividade dos formandos relativamente à utilização deste equipamento nas suas aulas (Q. 1.3).

As questões de natureza didáctica tinham como objectivos:

- verificar se os formandos reconheciam no SATD algum contributo para o trabalho experimental (Q. 1.4);
- verificar se os formandos reconheciam no SATD mais um meio para contribuir para um ensino mais eficaz (Q. 1.5 e 1.6);
- obter a opinião dos formandos relativamente às diferenças fundamentais entre a utilização do SATD e os meios tradicionais de medida (Q. 1.7).

O número de questões apresentadas na segunda parte do "Questionário final" foram em menor número, uma vez que se pretendia verificar a permanência, ou não, das concepções identificadas no "Questionário piloto".

Assim, mantiveram-se as questões em que foi detectada alguma dificuldade, por parte dos formandos, no domínio do conceito de equilíbrio térmico (Q. 2.1) e a questão em que analisava a influência da natureza do material, na sua temperatura final (pressupondo que os diferentes materiais estavam expostos à temperatura ambiente) (Q. 2.2).

Manteve-se também a questão relativa a diferentes materiais colocados a temperaturas elevadas (Q. 2.3), uma vez que foram detectadas diferentes justificações, por parte dos formandos, em função da temperatura em que se encontravam os corpos (temperatura baixas ou elevadas).

Com vista a analisar o contributo positivo da construção gráfica em tempo real, possibilitada pelo SATD, e defendido por vários autores (Adams et al., 1990; Bettencourt, 1994; Brasell, 1987; Cardoso, 1993; Cordes, 1990; Igelsrud, 1988; Mackenzie, 1988; Mokros e Tinker, 1987; Peixoto et al., 1995; Thornton, 1987), foram introduzidas duas questões (Q. 2.4 e Q. 2.5) relacionadas as temperaturas envolvidas numa mudança de estado e respectiva construção gráfica.

As questões 2.6 e 2.7 pretendiam verificar se os formandos possuíam, ou não, as mesmas concepções identificadas no "Questionário piloto" acerca do conceito de entropia.

Apesar de se ter mantido o conteúdo das questões atrás referidas, elas apresentavam-se como idênticas às do "Questionário piloto", tendo apenas sido alterada a sua redacção.

No quadro 3.5 estão identificadas as relações entre as perguntas deste instrumento e as questões de investigação deste estudo.

Quadro 3.5. Relação entre as questões de investigação e as perguntas do "Questionário final"

Questões de investigação	Perguntas do questionário
1. Que concepções manifestam os formandos acerca do conceito de calor?	Q. 2.4 Q. 2.3
2. Que concepções manifestam os formandos acerca do conceito de temperatura?	Q. 2.1 Q. 2.1
3. Que concepções manifestam os formandos acerca do conceito de entropia?	Q. 2.6 Q. 2.7
4. É possível, utilizando o SATD, contribuir para uma melhor compreensão dos conceitos de calor, temperatura e entropia?	Q. 25

As respostas às questões de investigação 5 e 6 (páginas. 8 e 9) deste estudo poderão ser respondidas através das conclusões obtidas a partir dos resultados do "Questionário final".

3.6.5. Observação participante e entrevista não-estruturada.

Para além dos instrumentos referidos nos pontos anteriores, utilizamos como instrumento de recolha de dados, a observação participante situada num plano de observação-acção (Estrela, 1986).

A observação participante permitiu-nos recolher informação acerca do desenvolvimento dos formandos em relação às tarefas realizadas (manuseamento dos equipamentos e das actividades experimentais), bem como, detectar com

alguma facilidade as suas concepções alternativas relativamente às aquisições que consideravam correctas (se o formando considerava que no laboratório a perna da bancada deveria ter uma temperatura inferior em relação ao teclado do computador, ele iria proceder a uma recolha de dados que fosse de encontro às suas expectativas).

Esta metodologia integrada com a entrevista não-estruturada, permitiu-nos por em prática o modelo didáctico, defendido por Nieto et al., (1992), com vista à mudança conceptual de raiz construtivista, integrado numa estratégia para a aprendizagem de um conceito, defendido por Cachapuz e Martins (1991) (referidos nas pág. 50 e 51).

Optamos pela escolha de uma entrevista não-estruturada por permitir maior liberdade de actuação, podendo o formando ser questionado individualmente à medida que adquiria os dados de forma que as suas respostas reproduzissem o seu pensamento.

Como com a utilização deste sistema as vantagens identificadas por diferentes investigadores (Brasell,1987; Cordes,1990; Mokros, 1987), na visualização da aquisição de dados, em tempo real estava facilitada pela sua apresentação no ecrã do computador e impressão, não havia dificuldade em detectar se os grupos de formandos tinham procedido a uma aquisição correcta de dados. A observação e participação era apenas colocada de modo a questionar os formandos acerca da aquisição de dados, com questões que iam ao encontro da construção do gráfico e que se cingiam pequenos questionamento (exemplo, "esses valores de temperatura são diferentes?"; "o valor da temperatura não deveria ser constante?").

Com a utilização desta metodologia tínhamos como nosso objectivo era criar no formando o conflito conceptual de forma a que os formandos colocassem em questão as suas concepções acerca dos fenómenos visualizados.

A recolha de dados efectuada nesta parte da investigação foi apenas centrada nas sessões experimentais, não se tendo procedido a nenhum registo áudio ou video destas observações e entrevistas, não se tendo efectuado uma análise sistemática das respostas dos alunos, nem das observações do observador. Esta decisão foi tomada pela dificuldade em controlar um elevado número de variáveis.

3.7. Organização das aulas experimentais

3.7.1. Formação técnica no SATD e recursos materiais.

Para a concretização deste estudo decidimos adoptar a seguinte metodologia: numa primeira fase, e como já foi referido (pág. 12) foi ministrada aos formandos uma formação técnica no SATD; numa segunda fase passou-se à realização das actividades experimentais escolhidas para este estudo, relacionadas com os conceitos de calor, temperatura e entropia.

Iremos de seguida fornecer alguma informação acerca das estratégias utilizadas na formação técnica.

Nesta formação, para além de informações técnicas acerca do funcionamento do SATD (anexo A), efectuadas pela investigadora com carácter demonstrativo (Lopes, 1994), e relacionadas com: princípios de funcionamento; alimentação (colocação de pilhas na interface e sensores *Blue Box*); cuidados de manuseamento e calibração; identificação dos diferentes tipos de sensores; exploração de diferentes tipos de *software*; ligações dos sensores e interface ao computador; análise do equipamento compatível com este sistema, os formandos puderam realizar quatro actividades experimentais (anexo B), que tinham como objectivo utilizar o SATD em situações diversas.

Nestas actividades experimentais os formandos puderam utilizar diferentes tipos de *software* (*First Sense* e *Datadisc PP* da marca *Philip Harris*) e diferentes sensores.

Na primeira actividade experimental os formandos utilizaram o *software* e sensores *First Sense* de: luz; temperatura; rotação e humidade. Esta actividade tinha como principal objectivo proceder à recolha de dados de forma a elaborar (no próprio *software*) um relatório do estado de tempo.

Nas restantes actividades experimentais os formandos utilizaram o *software* *Datadisc PP*, tendo efectuado calibrações de diferentes sensores *Blue Box* (pH; temperatura e pressão).

Na segunda actividade experimental os formandos utilizaram o sensor de pH para determinações de valores de pH de um solo e de diferentes sumos.

Na terceira actividade experimental, os formandos analisaram o abaixamento crioscópico provocado pela adição de sal da cozinha a gelo. E por fim, na quarta actividade experimental puderam medir variações de pressão com o sensor de pressão *Blue Box*, tendo efectuado registos de diferentes situações: sopro; sucção; variações de pressão no interior de um balão com ar quando submetido a diferentes compressões, e diferenças de pressão medidas no interior de um balão com ar e introduzido dentro de uma tina com água.

Estas actividades experimentais tinham como objectivo familiarizar os formandos com o SATD e desenvolver neles competências referentes a:

- calibrações de sensores;
- exploração do *software Datadisc PP e First Sense*;
- ligação de sensores e da interface ao computador e à impressora;
- realização de tarefas que envolviam actividades de gravação, impressão e sobreposição de diferentes ficheiros;
- preparação dos eléctrodos de pH;
- sensibilização para a possibilidade de aquisições erradas de dados efectuadas pelas deficientes calibração dos sensores;
- escolha dos intervalos de tempo mais adequados a cada actividade;

Como se pretendia que os formandos no final desta sessão adquirissem os conhecimentos mínimos para poderem utilizar o SATD, foi necessário elaborar protocolos experimentais bastante dirigidos, contrariando um pouco, toda a filosofia subjacente a este estudo, e indicações fornecidas por diferentes autores (Hodson, 1985, 1992, 1993; Lopes, 1994; Lunetta, 1991), no que concerne às metodologias que deverão ser utilizadas no trabalho experimental.

Todas as tarefas referidas anteriormente, foram desenvolvidas durante uma sessão (com a duração de 3 horas), em que o grupo de formandos realizou cada uma das tarefas com carácter rotativo. Para isso, foi necessário distribuir previamente, todo o equipamento por 4 bancadas do laboratório de Ciências da ESE de Viana do Castelo, possuindo cada bancada todo o material necessário para a realização de uma actividade em particular. Identificada essa bancada coma respectiva actividade os formandos organizados em 4 grupos de 4 ou 5

elementos (4+4+5+5 na 1ª amostra e 5+5+5+5 na segunda amostra) íam efectuando as diferentes tarefas propostas.

As bancadas ficaram distribuídas no laboratório da seguinte forma:

- duas bancadas individuais;
- duas bancadas unidas, para possibilitarem a ligação de dois computadores a uma impressora, através de um *Data Switch*.

Nas duas bancadas individuais foram montados (em cada uma delas) um computador, uma impressora, dois sensores de temperatura e um SATD.

Nas bancadas unidas, montaram-se (nas extremidades opostas) dois computadores, uma impressora (colocada no meio das duas bancadas) ligadas a um *Data Switch*, dois sensores de temperatura e um SATD. As ligações dos computadores ao *Data Switch* foram previamente identificadas de forma a permitirem aos formandos a impressão dos gráficos e tabelas de dados.

Como na realização das diferentes tarefas não era exigida uma ordem de execução, este processo foi realizado sem qualquer problema.

Todas as tarefas foram realizadas pelos formandos, sem uma intervenção directa, participando apenas para elucidar alguma dúvida de natureza técnica, não estando, nesta fase, preocupados com questões relacionadas com as concepções dos formandos relativamente às actividades em curso.

Esta postura tinha como principal objectivo possibilitar aos formandos a resolução de qualquer anomalia que pudesse surgir durante a aquisição de dados.

Durante a formação técnica, tivemos o cuidado de verificar se todos os formandos:

- sabiam ligar os equipamentos, nomeadamente, a interface e os sensores;
- tinham explorado individualmente o *software*;
- estavam alertados para as calibrações dos sensores e procediam à sua calibração exacta;
- realizavam as tarefas de: gravar; imprimir e sobrepor ficheiros, com segurança;
- sabiam introduzir as pilhas nos sensores *Blue Box* e na interface e verificar a sua carga.

Como cada uma das actividades atrás referidas estava calendarizada para 5 minutos de duração. Todos os formandos tiveram tempo e oportunidade, para realizarem todas as tarefas sem dificuldade.

Esta metodologia foi utilizada com as duas amostras de formandos, tendo a professora de Processos de Ensino, adoptado uma postura de formando, não tendo interferido na execução das actividades por parte dos outros formandos, nem participou no preenchimento dos questionários.

Em termos de recursos técnicos, para a concretização da formação técnica foram necessários 4 computadores, 4 Interfaces Universais e respectivos cabos de ligação, 2 sensores de pressão (1 *Blue Box* e 1 *First Sense*), 2 sensores de temperatura (1 *First Sense* e 1 *Blue Box*), 1 sensor de pH *Blue Box*, 1 sensor de luz, 1 sensor de humidade e 1 sensor de rotação (todos *First Sense*), 3 impressoras de agulhas e um *Data Switch* (para estabelecer a ligação de dois computadores a uma impressora).

Tal como já se referiu o material necessário para a realização das actividades encontrava-se todo em cima das bancadas, pelo que os formandos não necessitaram de proceder à sua selecção.

A demonstração técnica efectuada foi desenvolvida com recurso a acetatos (anexo A), retroprojector e um *Data Display*.

As actividades apresentadas na formação técnica foram retiradas, como já foi referido (pág. 12) de cursos de formação de professores de Ciências, efectuados no Pólo do Projecto Minerva da ESE de Viana do Castelo (Peixoto, 1993).

3.7.2. Trabalhos experimentais dirigidos aos conceitos de calor, temperatura e entropia, com recurso ao SATD.

Em face dos resultados obtidos na análise de conteúdo efectuada ao "Questionário piloto" decidimos proceder a uma selecção de nove actividades experimentais (que se encontram no anexo H), com as quais se pretendia rebater

as concepções identificadas nos formandos.

As actividades experimentais foram retiradas de estudos de investigação análogos e de propostas protocolos experimentais desenvolvidos por Caldeira (1994), Friedler et al., (1990), Mokros (1987), Nachmias (1987), Nieto et al., (1992), Stein (1990) e Thornton (1987).

Todas as actividades propostas eram de execução simples e poderiam ser facilmente identificadas pela ordem numérica que lhes foi atribuída, no entanto, essa ordem não impunha uma execução sequencial. Assim, cada grupo de formandos realizava as suas actividades com a organização que achava mais conveniente, tendo como meta a realização de todas as tarefas no fim da segunda sessão, correspondente a esta fase da experiência.

Para esta fase do estudo foram destinadas duas sessões no total de 6 horas (3+3).

Para a concretização das actividades foi necessário colocar, antecipadamente, vários tubos de ensaio com: a mesma quantidade de água, e as mesmas características num banho térmico, programado para 80°C.

Para consecução das tarefas propostas os formandos teriam que:

- escolher o grupo de formandos que pretendiam integrar (que se mantida até ao final do estudo);
- retirar do banho térmico os tubos de ensaio com água sempre que necessário;
- proceder à montagem e selecção de todo o material;
- executar as tarefas pela ordem que desejavam e proceder às respectivas gravações e impressões;
- realizar as actividades segundo as propostas indicadas, ou apresentar alternativas de execução, desde que os resultados fossem idênticos;

Todas as actividades foram realizadas no laboratório de Ciências, e no início das sessões, já se encontravam montados em cada uma das 4 bancadas disponíveis: um computador; uma impressora; uma Interface Universal; dois sensores de temperatura e respectivos cabos de ligação.

Iremos de seguida proceder à explicação de cada uma das actividades em particular.

Com a primeira actividade pretendia-se que os formandos registassem os valores de temperatura de diferentes materiais (madeira, teclado do computador, metal) e os comparassem com as suas impressões sensoriais. No final desta tarefa, os formandos teriam de preencher uma tabela em que confrontariam as sensações de "quente" e "frio" com o valor da temperatura a que o material se encontrava.

Esta actividade pretendia confrontar as concepções dos formandos de "frio" e "quente" com os valores reais das temperaturas dos materiais quando colocados à temperatura ambiente.

Na segunda actividade eram retirados do banho termostático, dois tubos de ensaio com água à temperatura de 80 °C e era medido, com dois sensores de temperatura, o abaixamento de temperatura da água durante 5 minutos. A recolha de dados era efectuada em tempo real, tendo os formandos no final da actividade, que gravar e imprimir as aquisições de dados.

Na terceira actividade, era alterada uma das condições de colocação de um dos tubos de ensaio, que passava a estar mergulhado num recipiente com água retirada do banho termostático (80 °C), e os formandos efectuavam uma recolha de dados durante 5 minutos. Nesta actividade era dada aos formandos a liberdade de sobrepor esta aquisição de dados com a recolha de dados da actividade anterior.

A quarta actividade era idêntica à segunda apenas com a diferença de a experiência se realizar em sistema fechado. Para isso, o tubo de ensaio com água era colocado dentro de uma caixa isoladora (de esferovite). Os formandos procediam à recolha de dados durante o mesmo intervalo de tempo das actividades anteriores. Nesta actividade os formandos teriam que sobrepor os resultados obtidos nesta actividade com os da 2ª actividade e imprimir o gráfico final.

A quinta actividade era constituída por duas partes, e pretendia demonstrar a influência da natureza das substâncias e da sua quantidade na variação da temperatura. Assim, os formandos procediam a uma aquisição de dados efectuados:

- na primeira parte, com metade da quantidade de água colocada num tubo de ensaio, comparando o abaixamento de temperatura obtido com o dobro

de água;

- na segunda parte, num tubo de ensaio só com água e com outro água e areia e, comparar o abaixamento de temperatura obtido nos dois casos.

No final desta actividade os formandos preenchem uma tabela em que referiam: a substância utilizada; a sua quantidade; a temperatura inicial e a temperatura final, após os 5 minutos de aquisição.

A sexta actividade pretendia-se que os formandos determinassem a quantidade de calor libertada num tubo de ensaio com água a 80 °C, e colocado em contacto com a temperatura ambiente, durante 5 minutos. Os dados obtidos nesta experiência eram exportados para uma folha de cálculo (Excel 3.0) na qual os formandos procediam ao cálculo da quantidade de calor libertada.

Com a sétima actividade foi adaptada de uma proposta de actividades da autoria de Caldeira et al. (1994) e pretendia-se que os formandos estabelecessem a primeira lei da Termodinâmica. Nesta actividade era utilizado um calorímetro com agitador, ao qual estava ligado: uma bateria de 12 V ; um sensor amperímetro e um sensor voltímetro. Nesta actividade os formandos colocariam uma determinada quantidade de água no calorímetro e procediam à aquisição de dados durante 5 minutos. No final (tal como na actividade anterior) exportavam os dados para a folha de cálculo (Excel 3.0), introduzindo a fórmula matemática que lhes permitia estabelecer a 1ª lei da termodinâmica e calcular a variação da energia interna.

Todas as actividades anteriores estavam directamente relacionadas com os conceitos de calor e temperatura.

Com a actividade oito pretendia-se que os formandos procedessem à recolha de dados correspondente à fusão de gelo.

Com a actividade nove pretendia-se medir o abaixamento crioscópico provocado pela adição de cloreto de amónia a água à temperatura ambiente.

As actividades oito e nove estavam relacionadas com o conceito de entropia (embora envolvessem os conceitos de temperatura e calor).

Durante todas as actividades procedeu-se a uma observação participante e

entrevistas individualizadas, de modo a questionar os formandos sobre as suas aquisições de dados.

Os formandos poderiam ainda trocar ideias entre si e, através de um trabalho de grupo cooperativo, proceder a uma discussão dos resultados em grupo.

No final dos trabalhos procedeu-se a uma discussão na turma, sobre os resultados obtidos em cada uma das experiências, tendo-se preenchido individualmente, um quadro de sistematização das nove experiências.

Nesse quadro (anexo J) eram identificadas, para além das substâncias utilizadas em cada actividade, o tipo de sistema, e as variações de temperatura verificadas.

Os formandos foram ainda interrogados sobre: "na possibilidade poderem preencher novamente os "Questionário piloto", se dariam, ou não, as mesmas respostas".

Em nenhuma das actividades anteriores se procedeu à discussão prévia dos assuntos envolvidos, apenas os formandos trocavam ideias entre si e quando tinham alguma dúvida questionava-nos a esse respeito. Esse questionamento era conduzido de forma a que eles próprios chegassem à resposta correcta.

Após a análise de conteúdo das resposta do "Questionário final", aplicado à 1ª amostra de formandos, decidiu-se proceder a uma alteração das actividades experimentais, tendo-se introduzido uma nova actividade, com um procedimento experimental idêntico ao da actividade sete, apenas com a alteração de gelo em vez de água no estado líquido. A introdução desta actividade impôs uma remodelação nos trabalhos experimentais (no que diz respeito à ordem de numeração) e no quadro final de sistematização das experiências. Esta alteração encontra-se no anexo J.

O modelo de trabalho experimental usado nestas actividades, foi o tipo refutador (Lopes, 1994), já referenciado por nós (pág. 31). Foi escolhido este modelo por considerarmos que as actividades laboratoriais, com recurso a este modelo, são mais consistentes e apropriadas às necessidades dos diferentes formandos, podendo interessar da mesma forma os formandos com diferentes níveis de capacidades intelectuais e de desenvolvimento conceptual (Lunetta, 1991).

A metodologia usada nestas actividades foi a indicada por Nieto et al., (1992) adoptando um modelo de aprendizagem por mudança conceptual.

O quadro 3.6 resume os exposto sobre os aspectos de ordem organizacional das diferentes sessões de formação técnica e diferentes actividades sobre calor, temperatura e entropia (formação específica).

Quadro 3.6. Resumo dos aspectos de ordem organizacional das diferentes sessões de aulas experimentais.

Amostra	Nº da sessão	Data	Tipo de formação	Conceitos envolvidos	Nº grupos	Nº de alunos por grupo
1ª	1ª	8 de Junho 94	técnica	pH, temperatura pressão velocidade humidade luz	4	5+5+4+4
1ª	2ª	15 de Junho 94	específica	calor temperatura	4	5+5+4+4
1ª	3ª	22 de Junho 94	específica	calor temperatura entropia	4	5+5+4+4
2ª	1ª	13 de Março 95	Técnica	pH, temperatura pressão velocidade humidade luz	4	5+5+5+5
2ª	2ª	20 de Março 95	específica	calor temperatura	4	5+5+5+5
2ª	3ª	27 de Março 95	específica	calor temperatura entropia	4	5+5+5+5

3.8. Recolha e tratamento de dados.

A recolha de dados das observações participantes, entrevistas não-estruturadas e questionários, foi efectuada ao longo de três sessões de aulas experimentais.

A recolha de dados referente ao preenchimento do "Questionário piloto" foi efectuada no final da sessão de formação técnica e a correspondente ao preenchimento do "Questionário final" foi efectuada no final da terceira sessão experimental, após a discussão pela turma de todas as experiências efectuadas, bem como, do preenchimento do quadro resumo de sistematização das experiências.

Esta metodologia foi adoptada para as duas amostras de formandos.

Os dados obtidos através da observação participante e das entrevistas não estruturadas não sofreram nenhum tratamento estatístico. Os dados obtidos pelo preenchimento dos questionários foram tratados mediante uma estatística descritiva de cálculos de percentagem e tratamento gráfico.

O quadro 3.7 expõe os objectivos com que se efectuou cada uma das sessões experimentais, salientando-se se em todas ocorreu recolha de dados através de: questionários; observação participante e entrevista não- estruturada.

Quadro 3.7. Recolha de dados em função dos instrumentos

Sessão	Objectivos	Nº de formandos de (1ª+2ª amostra)	Tempo de execução dos objectivos (min)	Instrumentos recolha de dados
1ª	Proceder à formação técnica. Aplicar o "Questionário Piloto"	18 + 20	135 45	"Questionário piloto"
2ª	Proceder à formação específica.	18 + 20	180	Observação participante e entrevista não-estruturada
3ª	Proceder à formação específica. Aplicar o "Questionário final"	18 + 20	150 30	Observação participante e entrevista não-estruturada "Questionário final"

3.9. Dificuldades encontradas na preparação dos trabalhos experimentais

3.9.1. Preparação das experiências

Para a concretização das actividades experimentais deparamo-nos com algumas limitações de ordem prática.

Como não possuíamos todo o equipamento para a consecução dos trabalhos experimentais, foi necessário estabelecer contactos (telefónicos) com diferentes Pólos do Projecto MINERVA para abordar a possibilidade de nos fornecerem a título de empréstimo algum equipamento em falta.

Como o Pólo do Projecto MINERVA da Escola Superior de Educação de Viana do Castelo só possuía dois equipamentos para a aquisição e tramento de dados, e três sensores de temperatura (2 *First Sense* e 1 *Blue Box*) foi necessário conseguir mais dois equipamentos, nomeadamente, 2 Interfaces Universais e 5 sensores de temperatura.

Assim, o Pólo do Projecto MINERVA da Universidade de Aveiro, cedeu-nos 2 interfaces e 3 sensores de temperatura (2 *First Sense* e 1 *Blue Box*), e o Pólo do Projecto MINERVA da Universidade o Minho cedeu-nos 2 sensores de temperatura *First Sense* e 1 *Blue Box*.

Podemos assim, realizar as actividades experimentais em que foi necessário:

- 4 Interfaces Universais e respectivos cabos de ligação;
- 4 pares de sensores de temperatura (cada grupo teria necessidade de usar dois sensores)
- 1 sensor de pH *Blue Box*;
- 1 sensor de humidade *First Sense*;
- 2 sensores de pressão (1 *Blue Box* e 1 *First Sense*);
- um sensor de rotação *First Sense*;
- 4 computadores;
- 3 impressoras;
- 1 Data Switch;

Dos computadores e impressoras necessários para a concretização deste estudo, foram cedidos 3 computadores e 2 impressoras pelo Pólo do Projecto

MINERVA de Viana do Castelo. Um computador e uma impressora foram cedidos pelo Gabinete de Motricidade Humana da mesma Instituição.

Para a preparação das actividades tivemos necessidade de proceder antecipadamente à: distribuição do equipamento pelas bancadas; montagem e testagem.

Foi também necessário proceder à selecção prévia de 50 tubos de ensaio com as mesmas características e enchê-los, antecipadamente com a mesma quantidade de água destilada. Estes tubos foram colocados num suporte de tubos de ensaio e colocados num banho térmico programado para 80 °C. Esta preparação teve que ser feita com alguma antecedência de forma a permitir a sua utilização no início das actividades experimentais.

3.9.2. Procura do equipamento mais adequado

As principais dificuldades encontradas na preparação das actividades experimentais foram a selecção dos sensores de temperatura que apresentassem a mesma calibração e a escolha de uma fonte de energia que possibilitasse uma diferença de potencial contínua.

Quando tentamos proceder às leituras com os oito sensores de temperatura que iriam ser utilizados deparamo-nos com variações nas leituras na ordem dos 2 °C. Face a isso foi necessário proceder à selecção dos sensores que apresentavam as mesmas leituras, para a formação de conjuntos de dois sensores que deveriam ser utilizados pelos grupos de formandos. Os conjuntos foram formados por sensores First Sense e Blue Box. Mas dentro da mesma gama de sensores, tivemos de proceder à selecção dos que apresentavam valores idênticos. Esta selecção obrigou-nos a solicitar um empréstimo de dois sensores (1 *Blue Box* e 1 *First Sense*), há Escola Secundária de santa Maria Maior de Viana do Castelo.

Formados os grupos de sensores, foram divididos pelos grupos tendo o

cuidado para não serem trocados.

Na consecução das actividades experimentais 7 e 9 deparamos-nos com a dificuldade de encontrar uma fonte de alimentação que apresentasse um valor contínuo de 12 V. Todas as fontes de alimentação a que recorremos apresentavam grandes variações nas leituras dos sensores amperímetro e voltímetro, não conseguindo obter leituras contínuas dos valores de diferença de potencial e intensidade de corrente. Assim, foi necessário proceder à aquisição de uma bateria de 12 V (gentilmente oferecida pelo Pólo do Projecto MINERVA de Viana do Castelo), com a qual conseguimos obter um valor constante da diferença de potencial lida nos terminais do calorímetro.

4. Resultados e discussão

4.1. Introdução

Este capítulo tem por objectivo: descrever, analisar e discutir os resultados encontrados. Estes serão apresentados e organizados em três etapas distintas.

Primeiro, far-se-á a apresentação e discussão de todos os resultados relativos à caracterização, de cada uma das amostras de formandos em particular, do ponto de vista pessoal através de quadros e gráficos, de: sexo; idade; área de ensino frequentada no complementar; experiência docente e estudo prévio dos conceitos de calor, temperatura e entropia. Em seguida apresenta-se uma síntese referente ao conjunto das duas amostras, tendo em consideração os factores submetidos a controlo. Em alguns casos procedemos à junção de alguns factores em particular.

Em seguida far-se-á uma análise das opiniões dos formandos relativamente ao SATD e, a questões relacionadas com o trabalho experimental e com organização das aulas.

No final, apresentar-se-ão e discutir-se-á os resultados sobre as concepções alternativas identificadas nos formandos, antes e depois, das aulas experimentais com recurso ao SATD, após estas terem sido objecto de tratamento estatístico descritivo e percentual, focando algumas comparações efectuadas. Esta análise será efectuada para cada um dos conceitos: calor, temperatura e entropia.

A ordem apresentada é a seguida nos instrumentos de recolha de dados e não, a ordem das questões de investigação.

No final de cada tema, será elaborada uma breve síntese, na qual se apresenta um quadro resumo com as opções de resposta que, em cada questão, foram seleccionadas pelo, número e percentagem de respostas, obtidas em cada questão e respectiva representação gráfica.

Para cada uma das partes dos questionários serão apresentados os

resultados sob a forma de quadros e de gráficos, possuindo os quadros um tratamento em função do número de respostas e da sua percentagem, enquanto que os gráficos serão construídos em função do número de formandos obtidos em cada uma das opções de resposta.

No que se refere à segunda parte dos questionários serão construídos quadros e gráficos de barras a três dimensões, do número de respostas detectadas em cada uma das categorias por nós formuladas, bem como, uma análise descritiva das concepções que consideramos mais relevantes.

4.2. Caracterização do perfil dos formandos

4.2.1. Primeira amostra de formandos

Para caracterizar o perfil dos formandos apresentam-se os resultados obtidos nas questões de carácter pessoal sobre: sexo; idade; área frequentada no ensino complementar; experiência docente; estudo dos tópicos calor, temperatura e entropia, recolhidos na primeira parte do "Questionário piloto", referentes às questões 1.1; 1.2; 1.3; 1.4 e 1.5. Os quadros referentes ao tratamento dos dados destas cinco questões encontra-se no anexo L.

A primeira amostra de formandos é constituída por 18 elementos, que frequentaram o 4º ano do Curso de Formação de Professores do Ensino Básico-variante de Matemática e Ciências no ano lectivo de 93/94. Pela análise do quadro L.1 correspondente ao tratamento de dados obtidos na questão 1.1. do "Questionário piloto" constata-se que esta amostra, é constituída por uma população maioritariamente feminina (61%).

O tratamento gráfico encontra-se ilustrado na figura 4.1 da página seguinte, representa o número de formandos do sexo masculino e feminino que integram esta amostra

Nesta questão, não obtivemos resposta por parte de um dos formandos, relativamente à questão 1.1, razão pela qual acrescentamos a categoria de resposta "não assinalado".

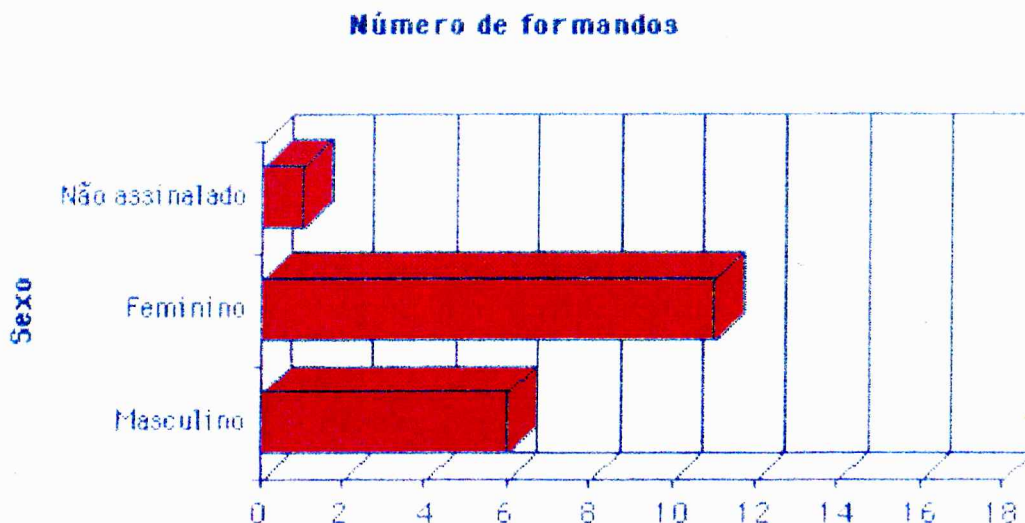


Figura 4.1: Caracterização dos formandos da 1ª amostra relativamente ao sexo

No que se refere à idade dos formandos, verificamos que todos os formandos se encontram na idade adulta (quadro L.2), tendo grande parte, entre os 21 a 23 anos (44%), 33% entre os 24 a 26 anos e 22% mais de 26 anos.

A opção "menos do que 21 anos" foi escolhida considerando os formandos que iniciaram a sua vida de estudante com 6 anos (contabilizados até Dezembro do mesmo ano) o que nesta amostra é de 0%. A segunda categoria de resposta (21 a 23 anos) que progrediram sempre ao longo da sua vida académica, ou que tiveram uma retenção correspondente a um ano lectivo, o que nesta amostra equivale a 44%. A terceira categoria de resposta (24 a 26 anos) inclui os formandos que tiveram dois anos de retenção ao longo da sua vida escolar, sendo nesta amostra de 33%. Por fim a última categoria (mais de 26 anos) inclui os formandos com mais de três anos de retenção na sua vida académica, correspondente, nesta amostra a 22%.

No resultado do tratamento gráfico da figura 4.2. (página seguinte) das respostas correspondente à questão 1.2 do "Questionário piloto", pode ser analisado o número de formandos existentes entre cada uma das categorias de idades, por nós estipuladas.

No que se refere às áreas de formação dos formandos do ensino complementar (quadro L.3), verificamos que 78% dos formandos frequentaram a área A (Científico Naturais), no entanto, não temos qualquer informação acerca

da sua formação específica.

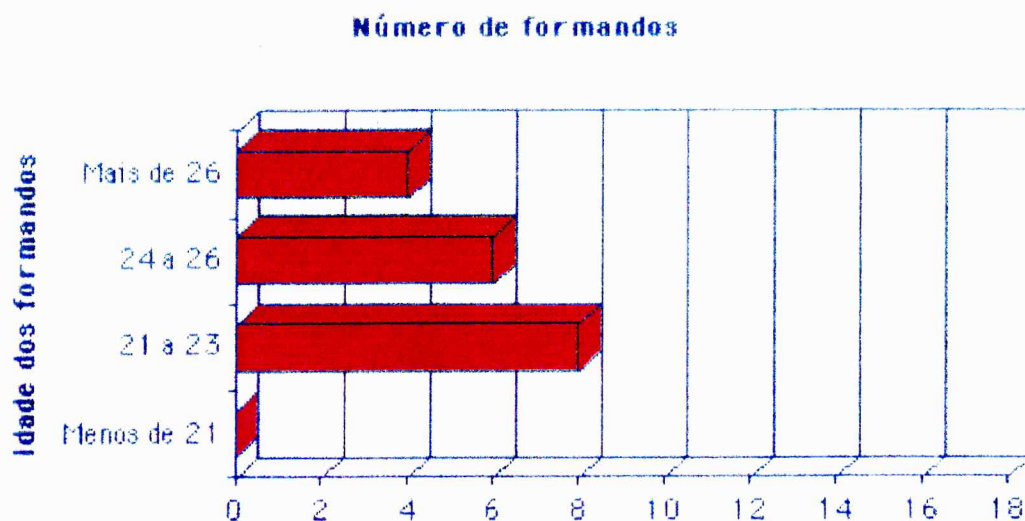


Figura 4.2: Caracterização dos formandos da 1ª amostra relativamente à idade

A figura 4.3. representa o gráfico correspondente ao número de formandos em cada uma das áreas de formação assinaladas por estes.

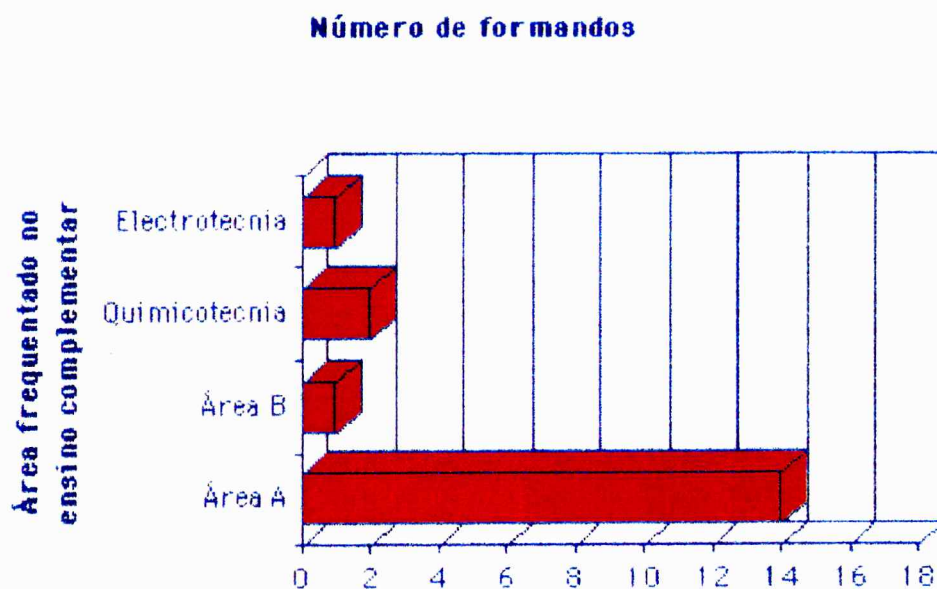


Figura 4.3: Caracterização dos formandos da 1ª amostra relativamente às áreas de formação frequentadas durante o ensino complementar.

Relativamente à prática docente (quadro L.4) apenas um formando (6%) assinalou ter seis anos de prática docente, e 94% dos formandos assinalaram não terem prática docente. No entanto, convém salientar que todos os formandos que compõem esta amostra encontram-se no final da sua prática pedagógica, o que pode ser interpretado como possuindo um ano de prática docente, como estagiários.

Face aos valores apresentados consideramos não ser relevante apresentar o tratamento destes dados sob o ponto de vista gráfico.

Na questão 1.5 correspondente ao estudo prévio dos conceitos de calor, temperatura e entropia, verificamos que 100% dos formandos (quadro L.5) assinalam já terem estudado estes conceitos ao longo do seu ensino formal. Por essa razão, não procedemos ao tratamento gráfico dos dados.

4.2.2. Segunda amostra de formandos

A segunda amostra de formandos é constituída por todos os alunos que frequentaram durante o ano lectivo de 94/95, o 4º ano do Curso de Formação de Professores do Ensino Básico- variante de Matemática e Ciências, num total de 20 formandos.

Para o tratamento de dados no que concerne à caracterização pessoal desta amostra procedeu-se como referido no ponto anterior. Os quadros correspondentes a esse tratamento encontram-se no anexo M, dizendo apenas respeito ao tratamento das questões 1.1; 1.2; 1.3; 1.4 e 1.5 do "Questionário piloto".

Como podemos verificar no quadro M.1, esta amostra de formandos é maioritariamente feminina (65%).

A figura 4.4 (da página seguinte) representa a caracterização pessoal dos formandos que compõe esta amostra relativamente ao número de formandos existentes do sexo feminino e masculino.

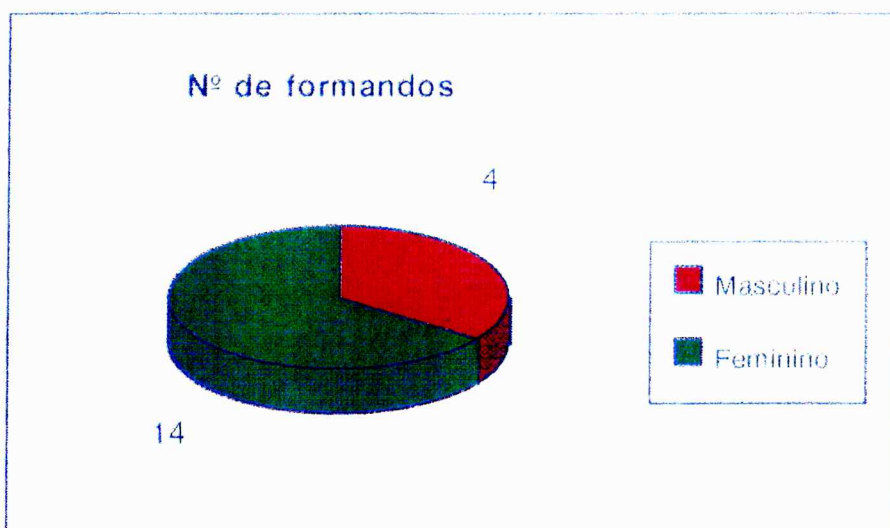


Figura 4.4: Caracterização dos formandos da 2ª amostra relativamente ao sexo

No que se refere às idades dos formandos que compõe a 2ª amostra de dados, verificamos que 45% dos formandos têm entre 24 a 26 anos, com se pode verificar no quadro M.2 (anexo M). De considerar que nesta amostra existe uma parte significativa dos formandos que tem mais do que 26 anos (35%). De acordo com estes valores e com as categorias de resposta formuladas, poderemos verificar que grande parte destes formandos já esteve retido ao longo da sua vida de estudante mais do que dois anos.

A figura 4.5, representa um gráfico de barras, a três dimensões, correspondente ao número de formandos existentes em cada um dos patamares de idades por nós formulados, tendo em vista a idade de ingresso na escola primária.

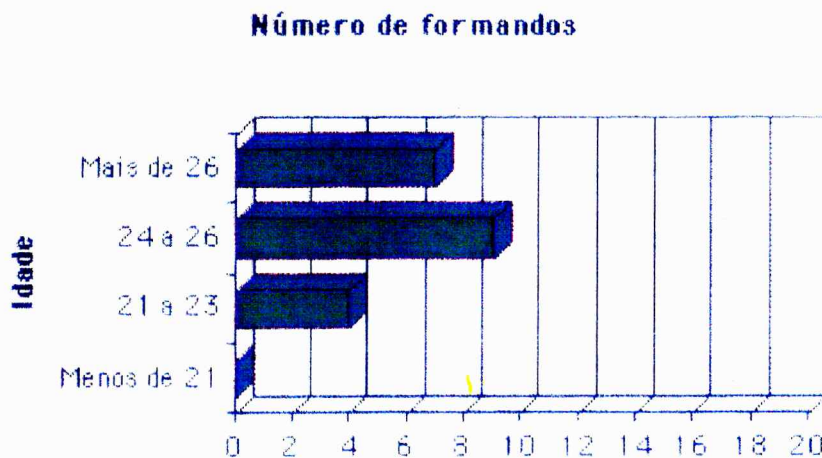


Figura 4.5: Caracterização dos formandos da 2ª amostra relativamente à idade

Como se pode analisar pelo gráfico todos os formandos que compõe esta amostra atingiram a idade adulta.

No que se refere à área de formação dos formandos que compõe esta amostra poderemos verificar, no quadro M.3 (anexo M), que (40%) frequentaram no ensino secundário, a área A (Saúde), existindo uma percentagem considerável que frequentaram nesta mesma área a opção de desporto. Tal como aconteceu relativamente à caracterização do sexo dos formandos da 1ª amostra, nesta questão, tivemos necessidade de incluir uma nova categoria de resposta que identificamos como: "não assinalado".

A figura 4.6 representa um gráfico do número de formandos identificados em cada uma das áreas de formação correspondentes às áreas de formação vocacional no ensino secundário.

Como se pode analisar pelo gráfico, grande parte dos formandos que compõem esta amostra, possuem uma formação no ensino secundário na área das Ciências (área A, quimicotecnia; electrotecnica).

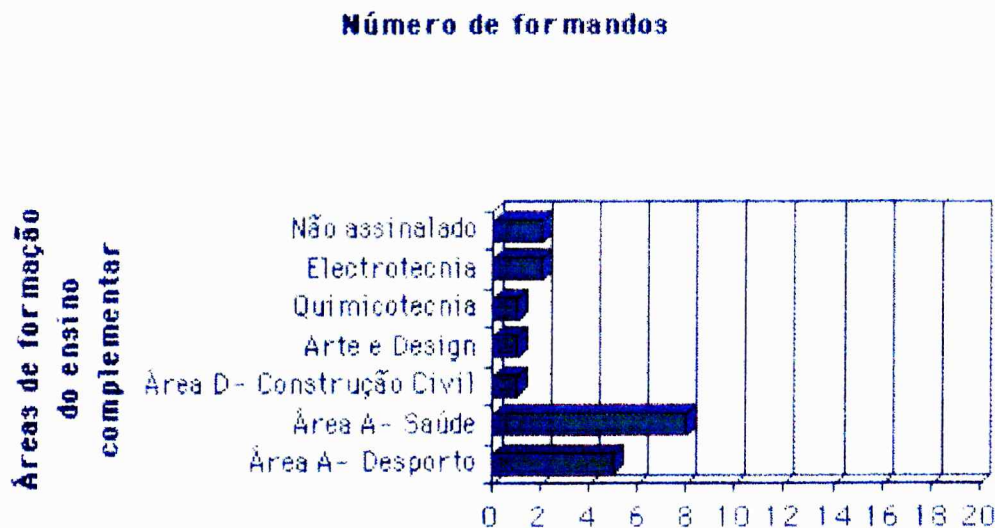


Figura 4.6: Caracterização dos formandos da 2ª amostra relativamente às áreas de formação frequentadas durante o ensino complementar.

No que se refere à questão 1.4 do "Questionário piloto" correspondente à experiência pedagógica, podemos verificar (quadro M.4) que 25% dos formandos

possuem experiência pedagógica, um dos formandos com 5 anos, dois com quatro anos, um com três anos e um com um ano de experiência docente. No entanto, 75% dos formandos assinalaram não terem experiência docente. Convém salientar que tal como acontece com a amostra anterior todos os formandos que compõem esta amostra encontravam-se em prática pedagógica (no fim do 2º período lectivo) o que poderá corresponder aproximadamente a seis meses de experiência docente.

Na figura 4.7 está representado um gráfico do número de formandos com experiência docente que compõe esta amostra (experiência superior a um ano lectivo).

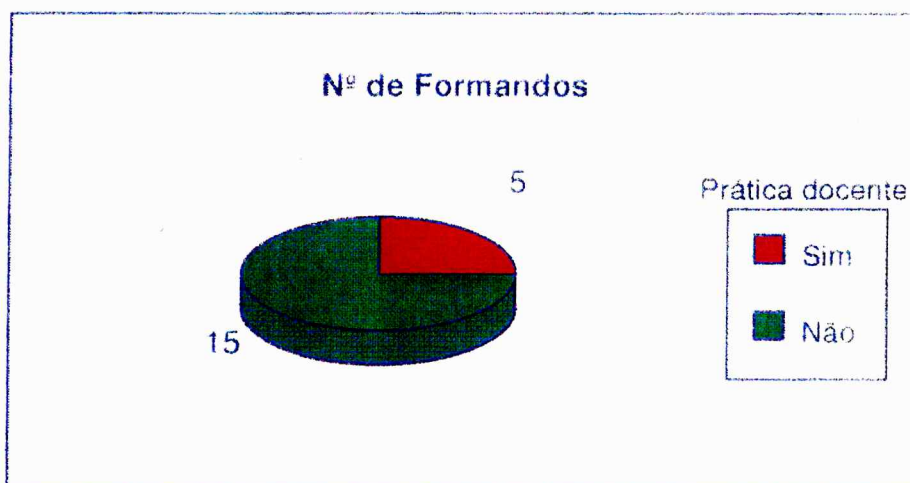


Figura 4.7: Caracterização da 2ª amostra de formandos relativamente à experiência docente

No que se refere ao conhecimento prévio dos conceitos de calor, temperatura e entropia, podemos verificar no quadro M.5 (anexo M) que 80% dos formandos referem já terem estudado estes conceitos ao longo do seu ensino formal, no entanto, 20% dos formandos assinalaram terem estudado os conceitos de calor e temperatura, mas não terem estudado o conceito de entropia. Um dos formandos chegou mesmo a acrescentar o comentário "pelo menos que eu me lembre...", com o que se poderá inferir que talvez os formandos não se recordem, se estudaram ou não este conceito.

Na figura 4.8 está representado um gráfico que estabelece a relação do número de formandos com o estudo prévio dos conceitos envolvidos neste estudo.

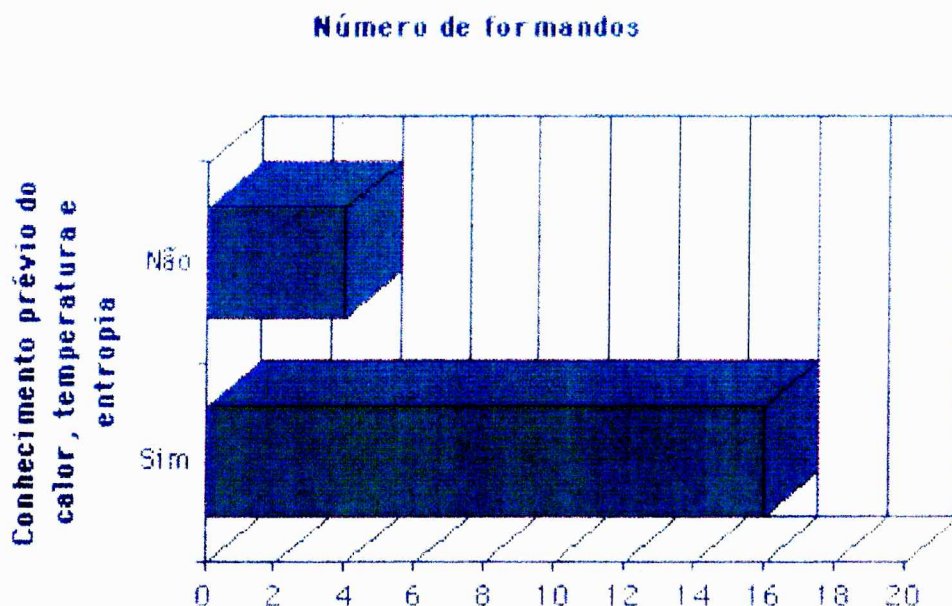


Figura 4.8: Caracterização da 2ª amostra de formandos relativamente ao estudo prévio dos conceitos de calor, temperatura e entropia.

Pela análise dos dados obtidos nas duas amostras de formandos, podemos encontrar algumas semelhanças na caracterização pessoal dos componentes destas amostras. Por essa razão passaremos a uma síntese das características pessoais submetidas a controlo das duas amostras.

4.2.3. Síntese da caracterização do perfil dos formandos referentes aos factores submetidos a controlo

4.2.3.1. Sexo e idade

Nos pontos que se seguem, iremos analisar e comparar as duas amostras de formandos, no que se refere às características pessoais, bem como, ao número e percentagem de respostas obtidas em cada uma das categorias. As duas

amostras de formandos prefazem um total de 38 formandos.

No que se refere ao sexo e à idade poderemos verificar que ambas as amostras são maioritariamente femininas, sendo a percentagem total de elementos do sexo feminino de 63% e do sexo masculino 34%.

Como já referimos, no tratamento de dados da questão 1.1 do "Questionário piloto", referente à primeira amostra de formandos, foi adicionada a categoria "não assinalado", devido a um dos formandos não ter respondido a esta questão.

No quadro 4.1, poderemos observar o resumo dos resultados obtidos pela junção das duas amostras, referente ao sexo.

Quadro 4.1- Resultados percentuais, por sexo, correspondentes ao total dos formandos

Sexo	Nº de formandos 1ª amostra	Nº de formandos 2ª amostra	Total da 1ª e 2ª amostras	Percentagem total de formandos
Masculino	6	7	13	34%
Feminino	11	13	24	63%
Não assinalado	1	0	1	3%
Total	18	20	38	100%

No que se refere à idade dos formandos poderemos verificar através da análise do quadro 4.2 (página seguinte), que 39% dos formandos têm idades compreendidas entre os 24 e os 26 anos, seguindo-se (por ordem decrescente), 32% com idades compreendidas entre os 21 e os 23 anos e, 29% com idades superiores a 26 anos.

Pela análise dos dados poderemos inferir, a maioria dos formandos (32% + 29%), não obteve uma progressão contínua ao longo da sua carreira de estudante, que em alguns casos poderiam ser de mais do que um ano.

Essas interrupções poderiam ser de variada ordem (reprovações, interrupção nos estudos, médias baixas para o ingresso no ensino superior, doença, etc.).

O quadro apresenta também um valor de 0% para os formandos com menos de 21 anos. Esta opção de resposta poderia ter sido retirada do "Questionário

piloto", uma vez que implicava que os formandos ingressassem na escola primária com 6 anos (feitos até Dezembro do mesmo ano), e tivessem sempre progredido ao longo da sua carreira de estudante, o que não se verifica em nenhum dos formandos submetidos a este estudo.

Quadro 4.2 - Resultados percentuais, por idade, correspondentes ao total dos formandos

Idade (anos)	Nº de formandos 1ª amostra	Nº de formandos 2ª amostra	Total da 1ª e 2ª amostras	Percentagem total de formandos
Menos de 21	0	0	0	0%
21 a 23	8	4	12	32%
24 a 26	6	9	15	39%
Mais de 26	4	7	11	29%
Total	18	20	38	100%

4.2.3.2. Área, opção frequentada no ensino complementar e experiência docente

Como já tínhamos referido 81% dos formandos (58% + 8% + 8%) têm uma formação de ensino complementar na área das Ciências Naturais (área A, quimicotecnia e electrotecnia), tendo sido possível na segunda amostra, identificar as opções vocacionais frequentadas. Na primeira amostra não foi possível identificar a opção vocacional frequentada pelos formandos, razão pela qual, estão todos agrupados nas áreas de formação e não, nas opções vocacionais.

No quadro 4.3 (página seguinte), poderemos observar um resumo dos resultados percentuais obtidos pela junção das duas amostras, relativamente às áreas de formação.

No que se refere à experiência docente, apenas 25% do total dos formandos assinalaram terem experiência docente. Essa experiência varia entre os seis e um ano. Os formandos que integram a segunda amostra têm mais experiência

docente. No entanto, como já referimos anteriormente todos os formandos encontram-se em estágio pedagógico, razão pela qual, poderemos inferir que todos eles apresentam algum docente, embora inferior a um ano lectivo, em 75% dos casos.

Quadro 4.3 - Resultados percentuais, por área de formação e opção vocacional correspondentes ao total dos formandos

Áreas de formação/ opção	Nº de formandos 1ª amostra	Nº de formandos 2ª amostra	Total da 1ª e 2ª amostras	Percentagem total de formandos
Área A/ Desporto	0	5	5	13%
Área A/ Saúde	14	8	22	58%
Área B	1	0	1	3%
Área D/Construção Civil	0	1	1	3%
Arte e Design	0	1	1	3%
Quimicotecnia	2	1	3	8%
Electrotecnia	1	2	3	8%
Não assinalado	0	2	2	5%
Total	18	20	38	100%

No quadro 4.4, poderemos observar um resumo referente aos resultados obtidos pela junção das duas amostras, correspondente à experiência docente.

Quadro 4.4- Resultados percentuais, correspondentes à experiência docente do total dos formandos

Prática docente	Nº de formandos 1ª amostra	Nº de formandos 2ª amostra	Total da 1ª e 2ª amostras	Percentagem total de formandos
Sim	1	5	6	25%
Não	17	15	32	75%
Total	18	20	38	100%

4.2.3.3. Conhecimentos prévios dos conceitos de calor, temperatura e entropia

Como referimos nos pontos anteriores todos (100%) os formandos que integram as duas amostras, assinalaram já terem estudado os conceitos de calor, temperatura, ao longo do seu ensino formal. No entanto, 11% dos formandos (da segunda amostra) assinalaram não terem estudado o conceito de entropia. No total temos então 89% dos formandos que estudaram previamente todos os conceitos referidos e 11% que não estudaram.

O quadro 4.5, traduz os resultados sob a forma de percentagem total do número de formandos que estudaram os conceitos, calor, temperatura e entropia.

Quadro 4.5 - Resultados percentuais, correspondentes ao estudo prévio dos conceitos de calor, temperatura e entropia, do total dos formandos

Estudo prévio do calor, temperatura e entropia	Nº de formandos 1ª amostra	Nº de formandos 2ª amostra	Total da 1ª e 2ª amostras	Percentagem total de formandos
Sim	18	16	34	89%
Não	0	4	4	11%
Total	18	20	38	100%

Como podemos verificar as características pessoais correspondentes aos formandos que compõem as duas amostras são muito idênticas, razão pela qual passaremos a proceder a um tratamento conjunto dos dados das duas amostras, especificando, no entanto, os resultados obtidos em cada uma delas.

Como não faz parte dos objectivos deste estudo não é comparar os resultados obtidos nas duas amostras, pensamos ser correcto do ponto de vista metodológico proceder a essa junção.

4.3. Opiniões dos formandos sobre o S.A.T.D.

4.3.1. Utilização dos sensores

Na I parte do "Questionário final" foram elaboradas várias afirmações (num total de sete) com o intuito de fazer um levantamento das opiniões dos formandos acerca do S.A.T.D. de forma a poder responder a algumas questões formuladas neste estudo.

O resultado do tratamento estatístico efectuado às respostas obtidas a essas questões pelas duas amostras de formandos encontra-se no anexo N, em que se procede a uma análise por amostra e uma análise total correspondente ao somatório das duas amostras, no caso de não se verificarem diferenças significativas nos resultados obtidos em cada uma das amostras.

No que respeita à questão 1.1 os formandos face à afirmação "**Os sensores são de fácil utilização**", manifestaram o seu grau de concordância numa escala discreta de Lickert, como foi referido atrás (pág 100). O tratamento estatístico desta questão encontra-se no quadro N.1. Pela sua análise verificamos que 61% concordaram com esta afirmação, tendo 23% concordado com reservas e 18% concordado totalmente.

O tratamento gráfico desta questão, através de um gráfico de barras a três dimensões, pode ser observado na figura 4.9, em que é apresentado o número total de concordâncias, face à escala por nós formulada.

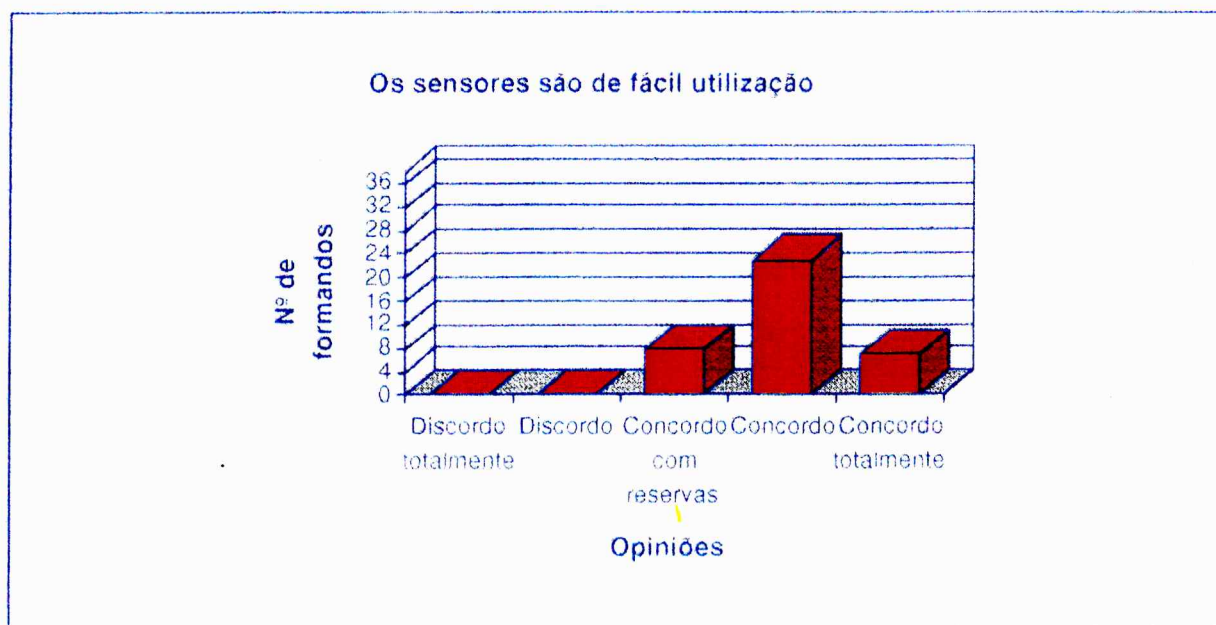


Fig. 4.9. Opiniões dos formandos relativamente à utilização dos sensores

Relativamente à utilização dos sensores, nenhum formando, discorda total ou parcialmente da facilidade na sua utilização.

4.3.2. Facilidade na utilização do *software*

No que se refere à facilidade na utilização do *software* Datadisc PP, podemos verificar que a maioria (66%) dos formandos concorda com a afirmação "**o *software* é de fácil utilização**", tendo 32% concordado com reservas e 3% discorda (o que corresponde a um formando da 2ª amostra). Estes valores podem ser confirmados por consulta do quadro N.2.

Em relação a estes resultados podemos colocar algumas dúvidas relativamente à interactividade deste *software*, tendo em consideração que estes formandos possuem alguma formação ao nível das tecnologias. Se 35% destes formandos (32+3%) colocam algumas reservas, ou simplesmente, discordam da afirmação, o resultado poderia ser diferente (desfavorecendo o *software*), em formandos que nunca utilizaram as tecnologias de informação na sua prática de estudante ou docente. De salientar, no entanto, que nenhum formando discorda ou concorda totalmente com esta afirmação.

O tratamento gráfico acerca da afirmação 1.2 da I parte do "Questionário final" está representado no gráfico da figura 4.10.

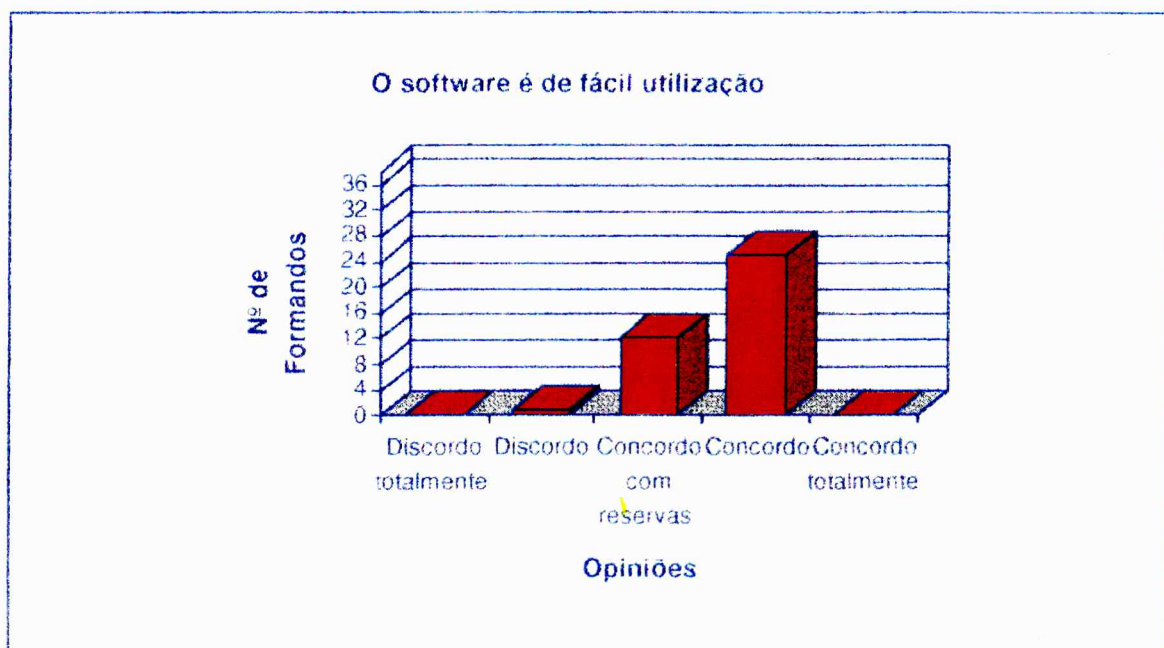


Fig. 4.10. Opiniões dos formandos relativamente ao *software* datadisc PP

4.3.3. Utilização do S.A.T.D. pelo docente

No que concerne à questão 1.3 referente à formação técnica fornecida antes de se terem efectuado as experiências específicas, verificamos que (quadro N.3) 55% dos formandos concorda com reservas, acerca do se sentir seguro para utilizar este equipamento nas suas aulas, tendo 37% concordado e 8% concordado totalmente. De salientar que nenhum formando discordou total ou parcilamente desta afirmação.

A formação técnica fornecida neste estudo correspondeu, como já foi referido anteriormente, a uma sessão de 3 horas, e pela análise destas respostas podemos verificar que esta formação não foi suficiente para que os formandos se sentissem com conhecimentos suficientes para utilizar este equipamento nas suas aulas sem dificuldades.

O tratamento gráfico referente à afirmação 1.3 encontra-se na figura 4.11.

Com a formação técnica de base, o utilizador sente-se seguro para aplicar este tipo de equipamento nas suas aulas.

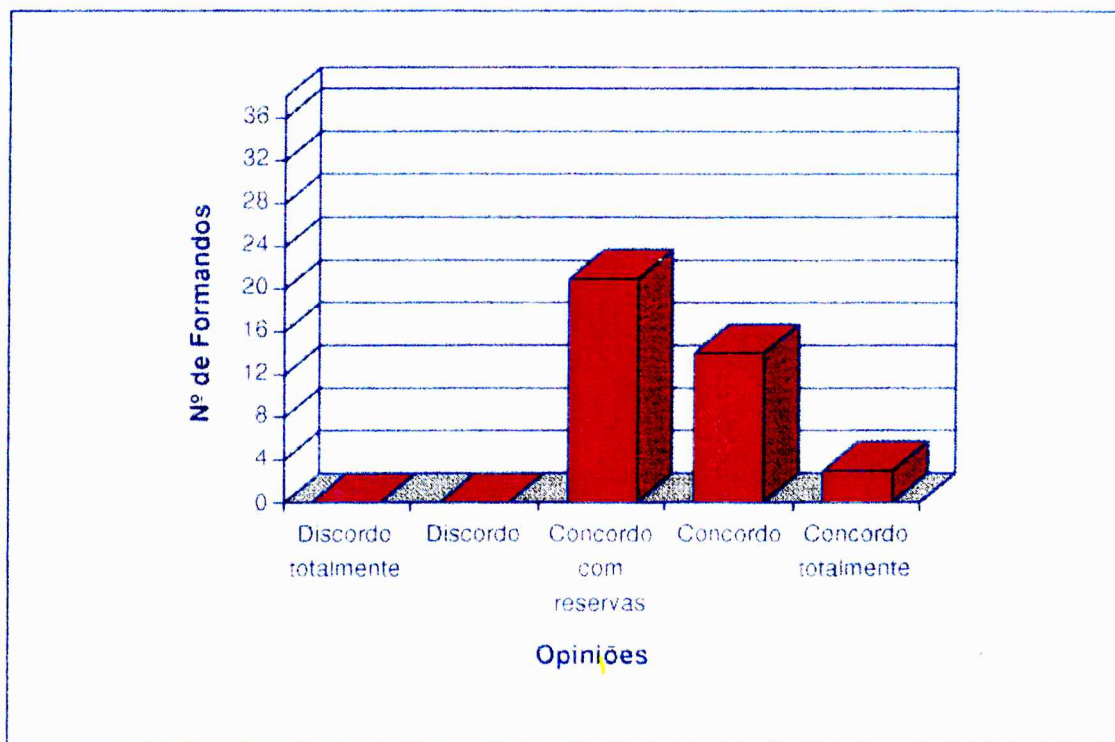


Fig. 4.11. Opiniões dos formandos relativamente à afirmação 1.3 do "Questionário final"

4.3.4. Auxílio do S.A.T.D no trabalho experimental

No que se refere à afirmação 1.4 "este equipamento poderá ajudar o professor no trabalho experimental", a maioria dos formandos (68%) concordou com esta afirmação, tendo 21% concordado totalmente e 8% concordado com reservas. Nesta alínea não se obteve resposta por parte de um dos formandos que integrava a 1ª amostra (por não ter respondido a esta página), razão pela qual não foi contabilizado, como pode ser verificado no quadro N.4 do anexo N.

Como podemos verificar pela análise do quadro N.4, nenhum dos formandos discordou total ou parcilamente com a afirmação acima transcrita.

Na figura 4.12 está representado um gráfico de barras a três dimensões correspondente ao número de concordâncias face à escala por nós formulada.

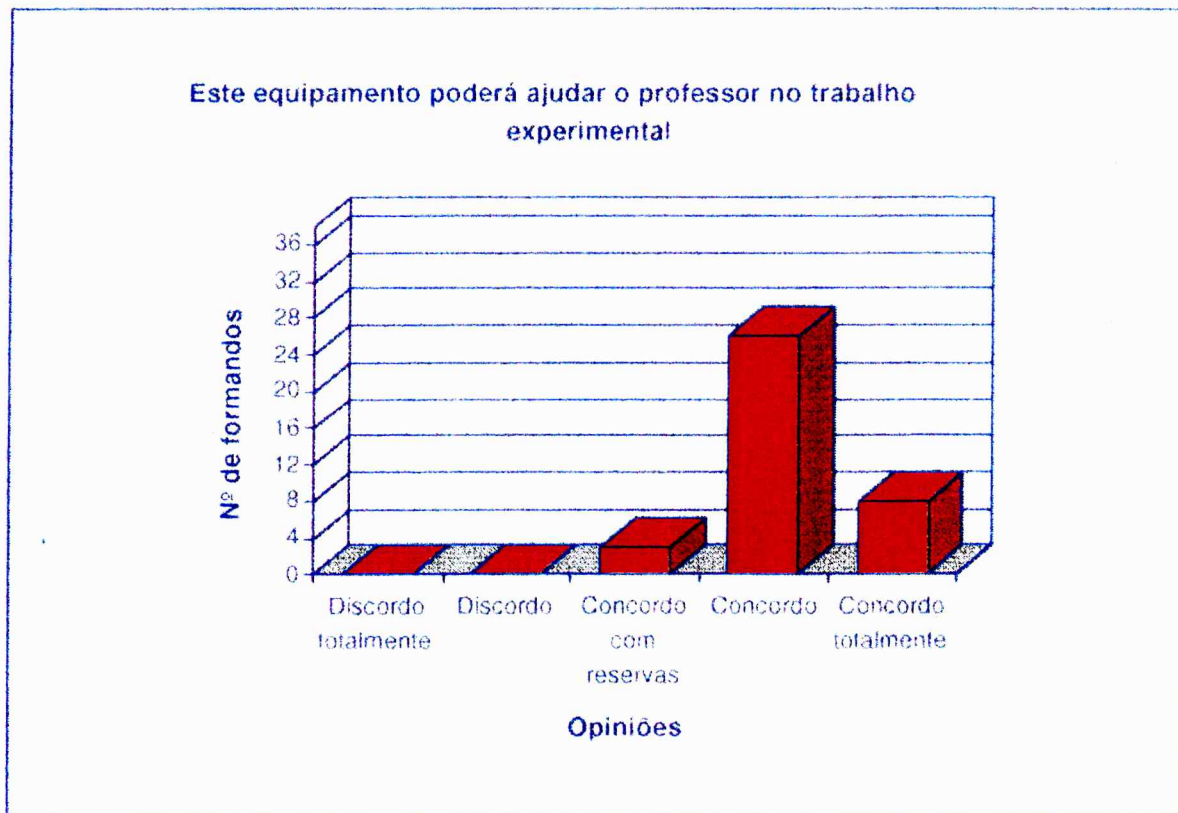


Fig. 4.12. Opiniões dos formandos relativamente à afirmação 1.4 do "Questionário final"

4.3.5. Discussão dos fenómenos

Relativamente à afirmação 1.5 "este equipamento permite ao aluno maior discussão dos fenómenos", podemos verificar através da análise do quadro N.5, que a maioria dos formandos 55% concordam com esta afirmação, tendo 26% concordado totalmente, 13% concordado com reservas e 3% discordado. Este último valor corresponde a um formando que integrava a 2ª amostra.

Tal como aconteceu em relação à afirmação anterior, um dos formandos que integrava a 1ª amostra não respondeu a esta questão (pela mesma razão), pelo que não foi contabilizado. Tal como aconteceu nos casos anteriores, nenhum dos formandos discorda totalmente desta afirmação.

O tratamento gráfico correspondente a estes dados encontra-se na figura 4.13.

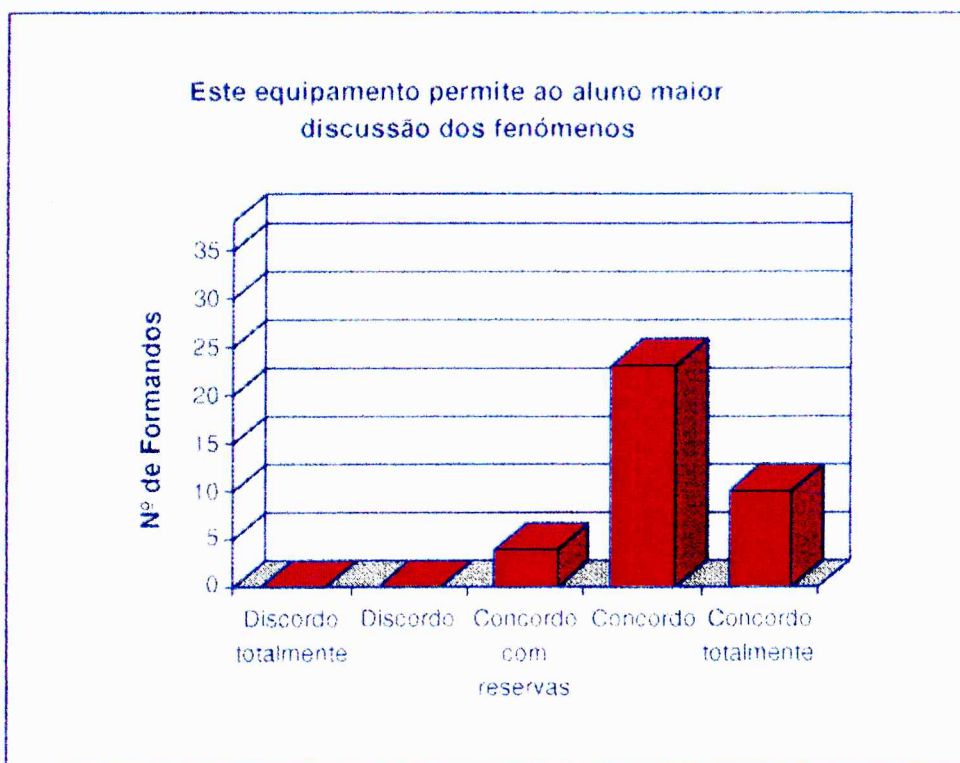


Fig. 4.13. Opiniões dos formandos relativamente à afirmação 1.5 do "Questionário final"

4.3.6. Confronto de ideias

Na questão 1.6 cuja afirmação pretendia verificar o grau de concordância dos formandos relativamente à afirmação "este equipamento poderá estimular o confronto de ideias entre os alunos", podemos verificar (quadro N.6), que a maioria dos formandos (61%) concordaram com esta afirmação, tendo 26% concordado totalmente e 11% concordado com reservas. Tal como nos casos referidos anteriormente, não contabilizamos um formando da 1ª amostra por este não ter respondido à questão. De salientar que nesta questão nenhum dos formandos assinalou a opção discordo, ou discordo totalmente, tendo-se verificado um elevado número de formandos (10) que concordava totalmente.

O tratamento gráfico desta questão pode ser analisado na figura 4.14.

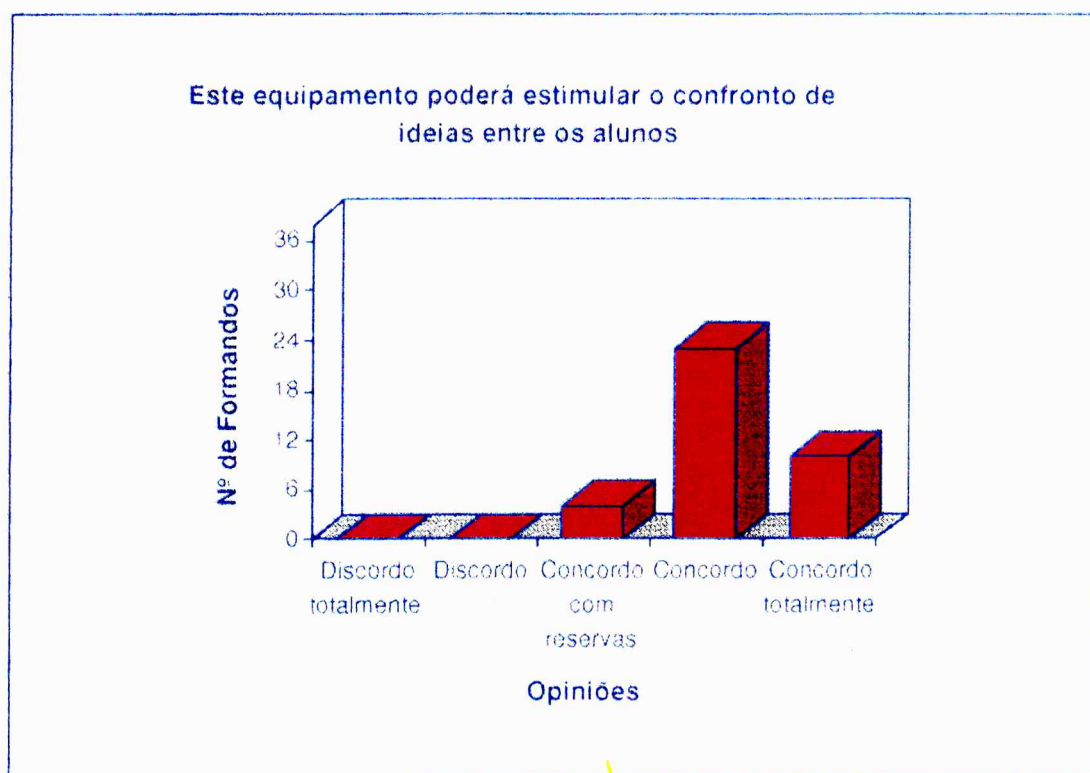


Fig. 4.14. Opiniões dos formandos relativamente à afirmação 1.6 do "Questionário final"

4.3.7. Diferenças entre os instrumentos de medida tradicionais e o S.A.T.D.

A afirmação 1.7 sofreu três tipos de tratamento de dados. Um estatístico, representado no quadro N.7, um tratamento gráfico sob a forma de gráfico circular a três dimensões e, por fim, um tratamento descritivo, em que se procedeu a uma análise de conteúdo das opiniões dos formandos relativamente à afirmação **"na sua opinião haverá diferenças na exploração do trabalho experimental utilizando o método de aquisição e tratamento de dados e os instrumentos de medida clássicos"**. Relativamente a esta afirmação os formandos poderiam optar por **"Sim"** ou **"Não"**, tendo-se verificado que 84% dos formandos optou por **"Sim"** e 13% dos formandos optou por **"Não"**. Tal como nos casos anteriores não obtivemos resposta por parte de um dos formandos que integrava a 1ª amostra, por este não ter respondido a esta página do questionário.

Na figura 4.15 está representado um gráfico circular correspondente ao tratamento de dados referentes à questão 1.7.

Na sua opinião haverá diferenças na exploração do trabalho experimental utilizando o método de aquisição e tratamento de dados e os instrumentos de medida clássicos

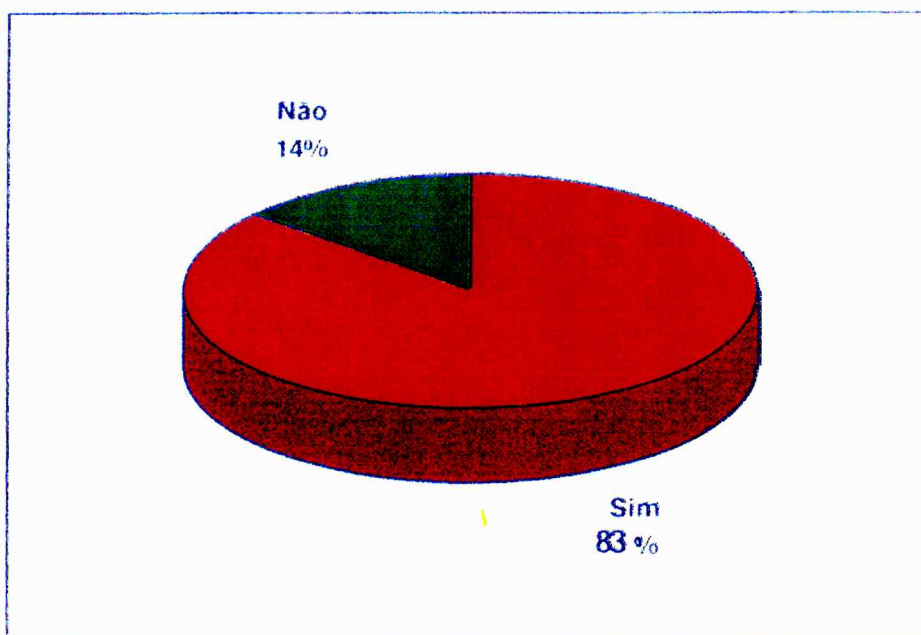


Fig. 4.15. Opiniões dos formandos relativamente à afirmação 1.7 do "Questionário final"

As principais diferenças apontadas pelos formandos podem ser analisadas no anexo O, o qual possui algumas das transcrições que consideramos mais relevantes.

Dessas opiniões destacam-se o facto de os formandos considerarem que o S.A.T.D. apresenta algumas vantagens em relação aos meios tradicionais de medida, nomeadamente, no que se refere (retirado da análise de conteúdo):

- a serem mais sofisticados e complexos, sendo os dados apresentados mais precisos, e evitando erros de leitura;
- permitirem maior facilidade na interpretação de dados e gráficos, o que implica maior rapidez nas conclusões;
- apresentar facilidade de guardar, sistematizar, visualizar os dados e voltar a utilizar;
- maior rigor no trabalho experimental;
- melhor aproveitamento do tempo;
- permite controlar e melhorar outras variáveis que poderiam interferir, ou mesmo alterar os resultados;
- simplifica a aquisição de dados, sem recurso a cálculos longos;
- facilita o trabalho experimental;
- permite observar alguns fenómenos com mais pormenor;
- pode incentivar os alunos, pois são confrontados com novos materiais e aparelhos;
- permite observar vários fenómenos ao mesmo tempo;
- maior rigor científico e aquisições de dados mais facilitadas;
- permite a obtenção de conclusões mais rapidamente.

4.3.8. Síntese sobre as opiniões dos formandos relativamente ao SATD

Pela análise dos resultados obtidos podemos verificar que os formandos apresentam uma opinião bastante positiva acerca da utilização deste sistema no trabalho experimental, mas apresentam algumas restrições no que se refere à

utilização deste sistema nas suas aulas, com base apenas, numa formação técnica inicial.

Os formandos reconhecem algumas dificuldades no manuseamento dos sensores e do *software*, mas concordam com as vantagens na utilização deste sistema no trabalho experimental, e na sua contribuição para uma aprendizagem mais eficaz por parte dos alunos.

Em relação à sua utilização em detrimento dos materiais tradicionais de medida, uma grande maioria de formandos apresentam várias vantagens na utilização deste equipamento, não só, como benefício para o trabalho experimental, como a nível das aprendizagens dos alunos, e na possibilidade do professor explorar essas aquisições em diferentes situações, dada a facilidade de gravação e transporte dos dados.

Verificou-se também que nenhum dos formandos discorda totalmente, das sete afirmações atrás referidas, tendo havido apenas 6% de respostas (3+3%) de formandos que discorda de algumas afirmações.

De salientar que, apesar dos formandos reconhecerem alguma dificuldade no manuseamento dos sensores e do *software*, reconhecem também vantagens na utilização do equipamento. Pela análise das respostas abertas à questão 1.7, podemos verificar que todos os formandos reconhecem vantagens na utilização deste equipamento nas suas aulas.

4.4. A organização das aulas experimentais

4.4.1. Tarefas realizadas pelos formandos durante as aulas

Como já foi referido (pág. 110) durante a realização das actividades experimentais, os formandos tiveram ao seu encargo toda a montagem do equipamento (ligações da interface e sensores, verificação das pilhas, ligações dos cabos ao computador), e também toda a selecção do material necessário para a realização das experiências. Os equipamentos informáticos (computadores e impressoras) encontravam-se já ligados e distribuídos pelas bancadas do laboratório, bem como, a instalação do *software* necessário para as aquisições dos dados.

Durante a formação técnica sobre a utilização do S.A.T.D., os formandos eram alertados para possíveis erros (por exemplo, a colocação errada da sonda de temperatura, que deve ser mergulhada pelo menos 1/3 do seu comprimento), que poderiam interferir nos valores obtidos.

A montagem do equipamento, bem como a sua selecção, tinha por base o protocolo experimental fornecido para cada uma das actividades (anexos C, H e I).

Foi interessante verificar que os formandos estavam tão alertados para essas possibilidades que chegavam a fazer montagens espectaculares, para evitar contactos da sonda com as extremidades dos tubos de ensaio, tentar mergulhá-la o mais possível, evitar movimentos nas sondas que pudessem interferir nas leituras. Todo este procedimento era decidido por eles sem intervenção directa do observador.

Quando necessitavam de recorrer ao banho termostático, para retirar os tubos de ensaio com água, verificava-se que os formandos tinham o cuidado de os colocar nas mesmas condições e só os retiravam, quando o equipamento estava apto para proceder à aquisição de dados, este procedimento podia demonstrar que os formandos estavam alertados para as transferências de energia que podiam ocorrer, antes do início da aquisição de dados.

No que se refere à ordem na realização das actividades, os formandos, organizados por grupos realizavam as actividades com base nos seus critérios, tendo procedido a recolha de dados, impressões, repetição de novas aquisições de dados, tendo apenas como limitação o tempo máximo da realização das dez tarefas propostas (9 para a 1ª amostra).

Verificou-se também que as tarefas foram realizadas pelos formandos sem ter surgido nenhum contratempo, que o tempo destinado para a sua realização foi suficiente. Em alguns grupos os formandos no fim da 2ª sessão (1ª relativa às experiências específicas) tinham já realizado 6 das 10 tarefas propostas.

As tarefas eram realizadas por todos os elementos do grupo num clima de entendimento mútuo.

Quando os formandos eram confrontados com algum problema relacionado com impressões, gravações de dados, dúvidas sobre as aquisições, pediam a participação do observador, que através de um questionamento tentava criar o conflito conceptual nos formandos. Este processo era também utilizado quando o observador detectava alguma aquisição incorrecta, questionando os formandos acerca da sua aquisição de dados e das possíveis interferências nessas aquisições.

Para além destas tarefas os formandos responderam aos dois questionários no final da 1ª e 3ª sessões, tendo-o feito sem dificuldade e sem nunca terem questionado o observador, por não entenderem alguma das questões colocadas.

4.4.2. A formação dos grupos

Os grupos foram formados na 1ª sessão (formação técnica), tendo sido apenas imposta a condição de em cada um deles não haver mais do que 5 elementos, distribuídos por 4 grupos. Assim, na 1ª amostra formaram-se 4 grupos, dois com 4 elementos e dois com 5 elementos. Na 2ª amostra foram formados 4 grupos todos com 5 elementos.

A formação dos grupos processou-se com normalidade não se tendo verificado nenhum desentendimento entre os elementos do grupo.

Os grupos foram mantidos ao longo de toda a experiência e a sua formação necessitou apenas de cinco minutos do tempo destinado para a 1ª sessão (formação técnica).

A conservação dos elementos no grupo era importante, uma vez que cada grupo decidia a tarefa que iria realizar pela ordem que pretendia, e verificou-se que, de uma sessão para outra, alguns grupos realizaram um maior número de tarefas do que outros.

4.4.3. O funcionamento do trabalho de grupo

O trabalho de cada um dos grupos das duas amostras de formandos desenvolveu-se com normalidade, não se tendo verificado nenhum contratempo entre os elementos do grupo, nem entre grupos.

Na decisão efectuada pelo grupo sobre as tarefas a realizar, nunca se verificou algum desentendimento, nem mesmo na relação entre grupos, em que se verificava uma constante troca de aquisições e comparações de dados e dos gráficos.

Por vezes, quando o grupo não tinha muita confiança nos seus resultados

obtidos em alguma aquisição, trocavam informações com outros grupos, e procediam a correcções nas suas montagens, num clima de perfeita harmonia.

Tanto em relação à turma, como aos grupos em particular verificou-se um clima de camaradagem e de um certo profissionalismo, por parte dos formandos, em tentar obter os melhores resultados possíveis nas experiências efectuadas.

Os grupos que necessitavam de partilhar algum equipamento, como impressoras, sensor voltímetro, sensor amperímetro, bateria, entre outros, organizavam as suas actividades tendo o cuidado de fornecer esse equipamento aos restantes grupos (quando já não necessitava dele).

Em relação à impressora os grupos organizavam as suas impressões de dados de forma a que as actividades decorressem com normalidade, tendo a penas o cuidado de verificar se o *Data Switch* se encontrava na selecção adequada.

Em relação ao trabalho do grupo verificou-se que os formandos procediam à repetição das aquisições que consideravam mais duvidosas, bem como, à sobreposição de dados adquiridos noutras aquisições, construção dos respectivos gráficos e impressões.

4.4.4. A disposição do equipamento e a organização da sala de aula

A forma como foi organizado o equipamento no laboratório permitiu que os formandos realizassem as suas tarefas sem dificuldade. Como já foi referido (pág. 100) todo o equipamento foi distribuído por 4 bancadas, estando duas delas separadas e duas unidas.

Como o tamanho das bancada permitia a colocação de todo o equipamento (computador, impressora, S.A.T.D e material de vidro) os grupos de formandos puderam realizar as suas tarefas sem dificuldade. Apesar dos grupos serem numerosos, os seus elementos puderam-se distribuir ao longo das bancadas sem criar problemas de falta de espaço.

Nas duas bancadas unidas o trabalho também se desenvolveu sem dificuldade uma vez que os equipamentos estavam montados nas extremidades

opostas de cada uma das bancadas o que permitia que os formandos circulassem no laboratório sem dificuldade.

4.4.5. Síntese sobre a organização das aulas experimentais

Como já foi referido as aulas experimentais decorreram com normalidade, tendo-se salientado o interesse, empenhamento e o envolvimento dos formandos em todas as tarefas propostas.

Verificou-se também que os formandos estavam interessados, não só em aprender como funcionava o equipamento como na realização das tarefas, tendo as aulas experimentais decorrido, sem que os formandos fizessem uso do seu direito a um intervalo durante cada uma das sessões.

Convém salientar que todas as sessões se realizaram num horário pouco favorável para os formandos (das 17 às 20 horas), no entanto, isso não se apresentou como uma razão para o insucesso das experiências.

Com já se referiu não se verificou nenhum problema relacionado com o uso do equipamento, quando alguma dificuldade surgia, era pedida a intervenção do observador para a sua resolução.

Durante as aulas experimentais surgiram alguns contratemplos relacionados com os computadores, principalmente nas tarefas de gravação dos dados, que prontamente era solucionada pelo observador, o que não inviabilizou a realização das tarefas propostas.

Convém salientar o grau de profissionalismo dos formandos envolvidos neste estudo que tiveram uma postura de questionadores de todo o processo à medida que se envolviam em todas as tarefas.

O tempo destinado à realização das tarefas foi suficiente e permitiu aos formandos fazerem várias aquisições para a mesma actividade e compararem essas aquisições com outras já realizadas.

No final de todas as tarefas os formandos demonstraram empenhados na resposta ao "Questionário final", tendo dispendido menos tempo na realização desta tarefa.

4.5. Compreensão dos assuntos em estudo

4.5.1. Concepções alternativas identificadas antes do trabalho experimental nas duas amostras de formandos

As concepções alternativas identificadas nas duas amostras de formandos, foram obtidas através de um tratamento estatístico (quadros e gráficos) e da análise de conteúdo efectuada à II parte dos questionários piloto utilizados nas duas amostras.

Uma vez que se procedeu a uma alteração destes instrumentos, como já foi referido (pág.), iremos proceder a um tratamento estatístico dos dados por amostra de formandos, passando depois, a uma identificação das principais concepções por nós identificadas e, que serviram de base para a selecção das experiências específicas.

No que se refere a 1ª amostra de formandos, procedemos ao tratamento de dados sob a forma numérica e de percentagem, podendo ser analisados no anexo P (quadro P. 1 e P.2)

No quadro P.2, podemos verificar que, no que se refere às questões relacionadas com o conceito de calor (Q 2.2; 2.4; 2.7; 2.8; 2.9 e 2.10), uma pequena percentagem de formandos escolheu a opção correcta e justificou de forma correcta estas questões.

Os resultados obtidos em termos de percentagens foram: 17% para a questão 2.2; 33% para a questão 2.4; 11% para a questão 2.7; 22% para a questão 2.8; 0% para a questão 2.9 e , finalmente 56% para a questão 2.10.

A questão 2.10, que apresenta um número mais elevado de opções correctas e justificações correctas. Dentro deste tópico pretendia-se que os formandos, face à afirmação " **se formos sair, num dia frio, qual será o melhor agasalho?**" optassem por "**um casaco grosso**" ou "**várias camisolas leves**". Podemos verificar (quadro P.2) que a maioria (56+22%) optou por "**várias camisolas leves**", no entanto, só 56% dos formandos dão a justificação correcta para essa opção, havendo uma percentagem considerável (23%) que opta por "**um casaco grosso**", não sabendo justificar essa opção.

Na 2ª amostra de formandos, e relativamente às mesmas questões verificamos que (quadro P.4 anexo P), as percentagens são: 25% para a questão 2.2; 25% para a questão 2.4; 10% para a questão 2.7; 20% para a questão 2.8; 10% para a questão 2.9 e 50% para a questão 2.10.

Tal como no caso anterior, a maior percentagem verifica-se na questão 2.10, atrás referida, tendo esta amostra de formandos apresentado maior número de justificações parcialmente correctas (40%).

Em relação à questão 2.4, em que o formando era confrontado com a questão **"porque será que dentro de um carro fechado está usualmente mais quente do que fora dele"**, verificou-se um elevado número de respostas parcialmente correctas nas duas amostras (61% para a 1ª amostra e 70% para a segunda amostra). Esta resposta estava apenas categorizada com 4 categorias de resposta.

A questão 2.2 apresenta um elevado número de opções incorrectas e justificações incorrectas, sendo o seu valor de 33% para a 1ª amostra e 30% para a 2ª amostra.

Nesta questão o formando era confrontado com a afirmação **"pretende-se arrefecer rapidamente um copo com leite que se encontra muito quente. O que sugere que se faça: colocar o copo com leite dentro de um recipiente com água fria; colocar o copo com leite dentro de um recipiente metálico e este dentro de outro com água fria. Verificou-se 55% dos formandos da 1ª amostra escolheu a opção incorrecta, o mesmo se verificando com a 2ª amostra (50%).**

A figura 4.16 (da página seguinte) representa o número de respostas obtidas em cada uma das categorias formuladas das questões 2.2, 2.7, 2.9 e 2.10, relacionadas com o conceito de calor correspondente ao somatório das duas amostras de formandos. As questões 2.4 e 2.8 foram tratadas de forma diferenciada devido ao número de categorias de resposta (4 categorias de resposta).

Os valores negativos representados nos gráficos e nos quadros correspondem ao número de respostas obtidas para as opções incorrectas.

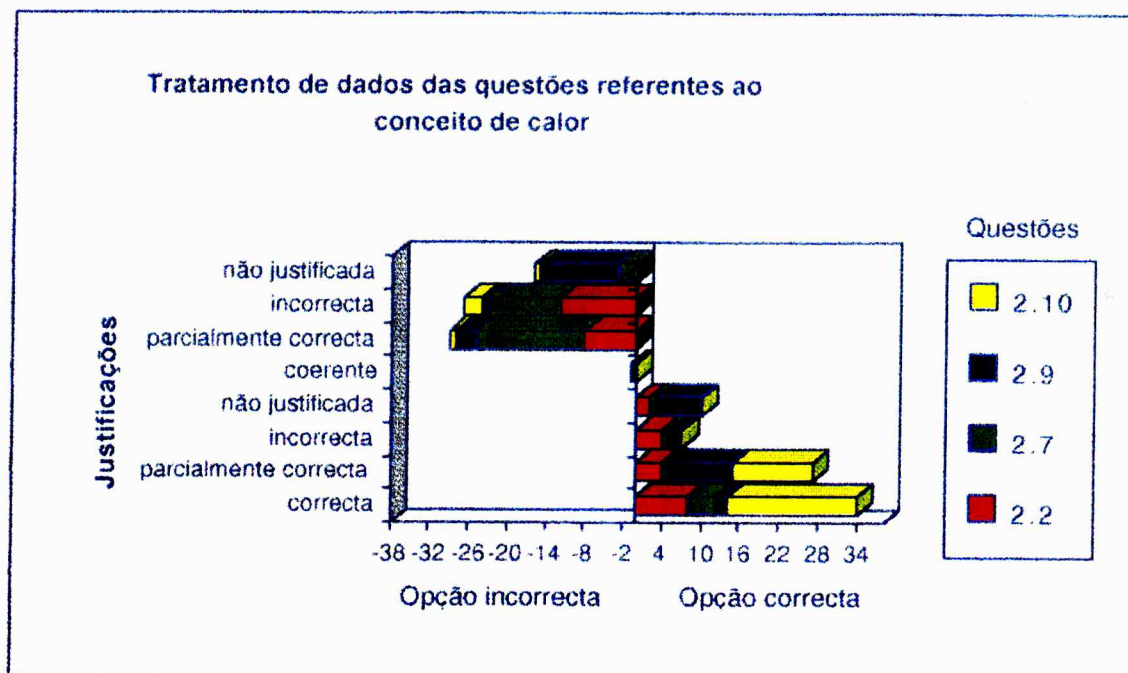


Fig. 4.16 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário piloto" para as duas amostras de formandos referentes às questões 2.2, 2.7, 2.9 e 2.10

No quadro P.5 (anexo P) procedeu-se ao tratamento estatístico comparando as respostas obtidas em cada uma das amostras e estabelecendo o somatório em cada uma das categorias de resposta.

Assim, pela análise do quadro P.2 e P.4 (1ª e 2ª amostras), podemos verificar que ambas as amostras apresentam um elevado número de respostas parcialmente correctas (61% para a 1ª amostra e 70% para a 2ª amostra), seguindo-se, em ambos os casos, as respostas correctas (33% para a 1ª amostra e 25% para a 2ª amostra).

Podemos ainda verificar, no que se refere à questão 2.8, a existência de um elevado número de respostas não justificadas (39% para a 1ª amostra e 30% para a 2ª amostra).

Como os resultados não são muito diferenciados, procedemos a um tratamento gráfico conjunto destas duas amostras que está representado na figura 4.17 da página seguinte.

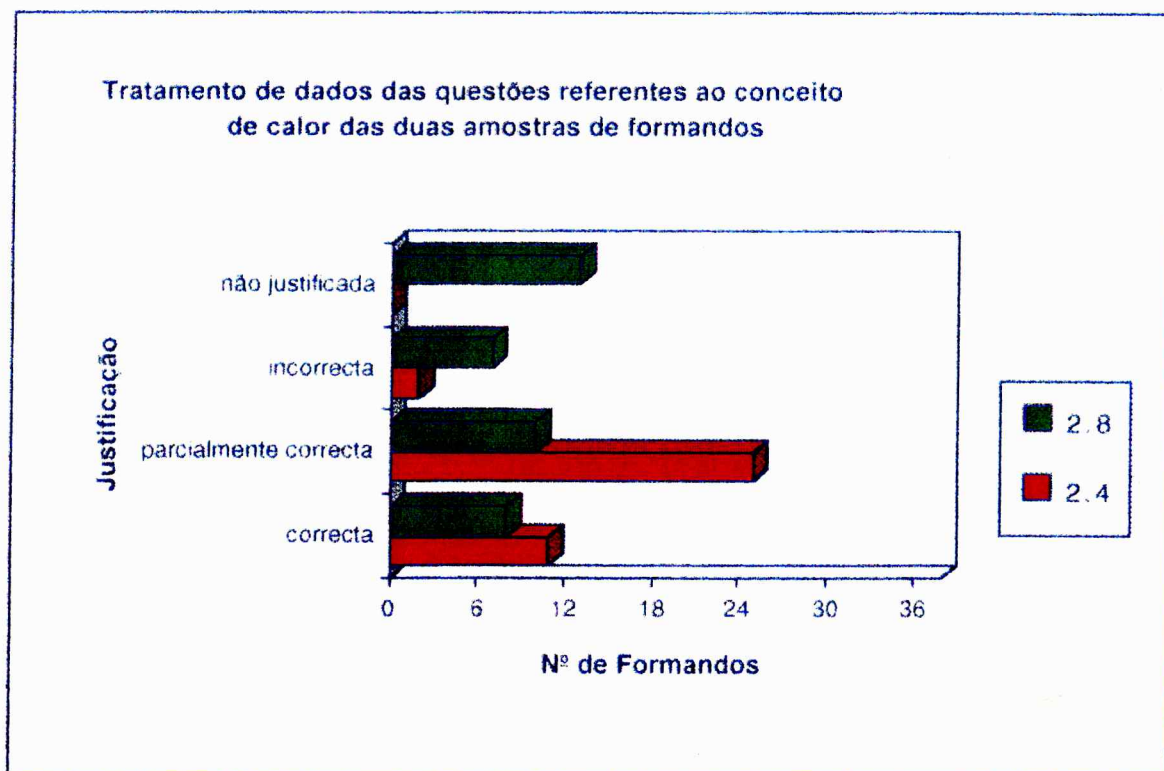


Fig. 4.17 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário piloto" para as duas amostras de formandos referentes às questões 2.4 e 2.8

Nas questões 2.8 e 2.9 os formandos eram questionados acerca da razão pela qual sentimos frio, quando agitamos as mãos molhadas com água ou álcool, respectivamente. Em ambas as questões destaca-se um elevado número de respostas não justificadas (32% no que se refere à questão 2.9 e 34% no que se refere à questão 2.8).

Pela análise de conteúdo efectuada às respostas abertas relacionadas com o conceito de calor, procedemos à elaboração de um inventário das concepções alternativas, que consideramos mais relevantes, identificadas nos formandos. Assim, verificamos que (as citações que se seguem foram retiradas dos questionários piloto):

- os materiais acumulam calor;
- o calor pode estar diluído nos gases ;
- as mãos juntam o calor contido nas camadas da pele;
- o álcool aquece as mãos;
- os metais são bons receptores de calor;

- o ar contido dentro de um carro torna-se mais quente devido à respiração das pessoas ou devido ao facto de estar isolado e não perder calor;
- o vapor arrefece porque perde calor;
- a água capta melhor o calor do que o gelo;
- o álcool é um bom receptor de calor;
- o calor natural do corpo perde-se nas várias camadas do vestuário;
- o casaco é um isolador térmico;
- os materiais retêm o calor;
- o metal conserva o frio, podendo absorver calor;
- as camisolas funcionam como filtros de calor;
- o carro é um sistema fechado

Em síntese verificamos que existe uma grande identificação do conceito de calor com a teoria do calórico, em que o calor é visto como algo que entra e sai dos corpos e, uma grande confusão entre o conceito de calor e temperatura. Verifica-se também pela análise de conteúdo, que os formandos atribuem aos diferentes materiais propriedades de reter o calor, absorver calor (no caso dos metais), filtrar o calor (camisolas), ou acumular o calor (Q. 2.4).

Verificamos que os formandos utilizam os termos calor e temperatura de forma indiferente, não tendo o cuidado, nesta fase, em dar respostas cientificamente correctas, denotando-se o uso de uma linguagem corrente.

Para detectarmos as concepções alternativas dos formandos relativamente ao conceito de temperatura, procedemos da mesma forma como anteriormente, tendo efectuado um tratamento estatístico (quadros e gráficos) e procedendo à análise de conteúdo das questões 2.1; 2.3; 2.5; 2.6 e 2.11 da II parte dos questionários piloto.

O tratamento de dados relativo a estas questões encontra-se nos quadros P.1; P.2; P. 3; P.4 e P.6 do anexo P.

Pela análise dos quadros podemos verificar que, no que se refere à 1ª amostra, 44% dos formandos (quadro P.2) assinalam a opção correcta e justificam correctamente esta questão. O mesmo não se verifica em relação à 2ª amostra,

pois 30% de formandos (quadro P. 4), escolhem as opções incorrectas e dão justificações incorrectas.

Nesta questão os formandos eram questionados sobre, as eventuais diferenças de temperatura, existentes entre um tapete de lã e o chão de pedra, numa manhã fria de Inverno. De salientar que 45% dos formandos da 2ª amostra escolhem a opção incorrecta (15 + 30%) e 17% dos formandos da 1ª amostra também manifestam esse comportamento.

Relativamente à questão 2.3, em que os formandos eram confrontados com a possibilidade de ferver água num copo de papel, verifica-se que apenas 23% dos formandos da 1ª amostra escolhem a opção correcta, e justificam de forma correcta, enquanto que na 2ª amostra esse valor é de 25%.

Nesta questão existe uma grande percentagem de opções incorrectas e justificações incorrectas que se situa nos 22% para a 1ª amostra e nos 70% para a 2ª amostra. O total de opções incorrectas para a 1ª amostra relativamente a esta questão é de 57% (28 + 22 + 17%).

A questão 2.5 apresenta uma elevada percentagem de respostas não justificadas (39% para a 1ª amostra e 15% para a 2ª amostra). A 2ª amostra apresenta, nesta questão, 45% de justificações incorrectas. A percentagem de justificações correctas situa-se nos 39% para a 1ª amostra e, 15% para a 2ª amostra.

Relativamente à questão 2.6 verifica-se um elevado número de justificações parcialmente correctas, cujo valor é de 39% para a 1ª amostra e de 60% para a 2ª amostra.

Nas questões 2.5 e 2.6 os formandos eram confrontados com uma situação do dia a dia, sendo questionados acerca das razões pelas quais, nos queimamos quando colocamos a mão no vapor de água à saída de uma panela de pressão (Q. 2.5), mas se tivermos esse procedimento longe dessa saída isso já não se verifica (Q. 2.6). De notar que 20% dos formandos da 2ª amostra responderam de forma correcta à questão 2.6, sendo o valor de 22% para a 1ª amostra. Nesta amostra verifica-se um elevado número de respostas incorrectas (33%).

Na questão 2.11, em que os formandos eram confrontados com a situação de colocarmos num forno a 60 °C, um garfo de alumínio, farinha e água, perguntando, qual seria a temperatura de cada um destes objectos. Verificou-se que apenas 33% dos formandos da 1ª amostra responderam de forma correcta, em comparação com 60% dos formandos da 2ª amostra. Nesta questão salientou-se um elevado número de opções incorrectas e justificações incorrectas por parte dos formandos da 1ª amostra (22%), sendo o valor de 15% para a 2ª amostra.

No quadro P. 6 do anexo P, podemos observar um quadro síntese do tratamento de dados correspondentes às duas amostras de formandos.

A figura 4.18 representa o gráfico conjunto das duas amostras de formandos, relativos às questões 2.1, 2.3 e 2.11, envolvendo o conceito de temperatura.



Fig. 4.18 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário piloto" para as duas amostras de formandos referente às questões 2.1, 2.3 e 2.11.

Pela razão atrás referida (pág. 149), procedemos a um tratamento diferenciado das questões 2.5 e 2.6.

A figura 4.19 representa o gráfico conjunto das duas amostras referentes às questões 2.5 e 2.6 relacionadas com o conceito de temperatura.

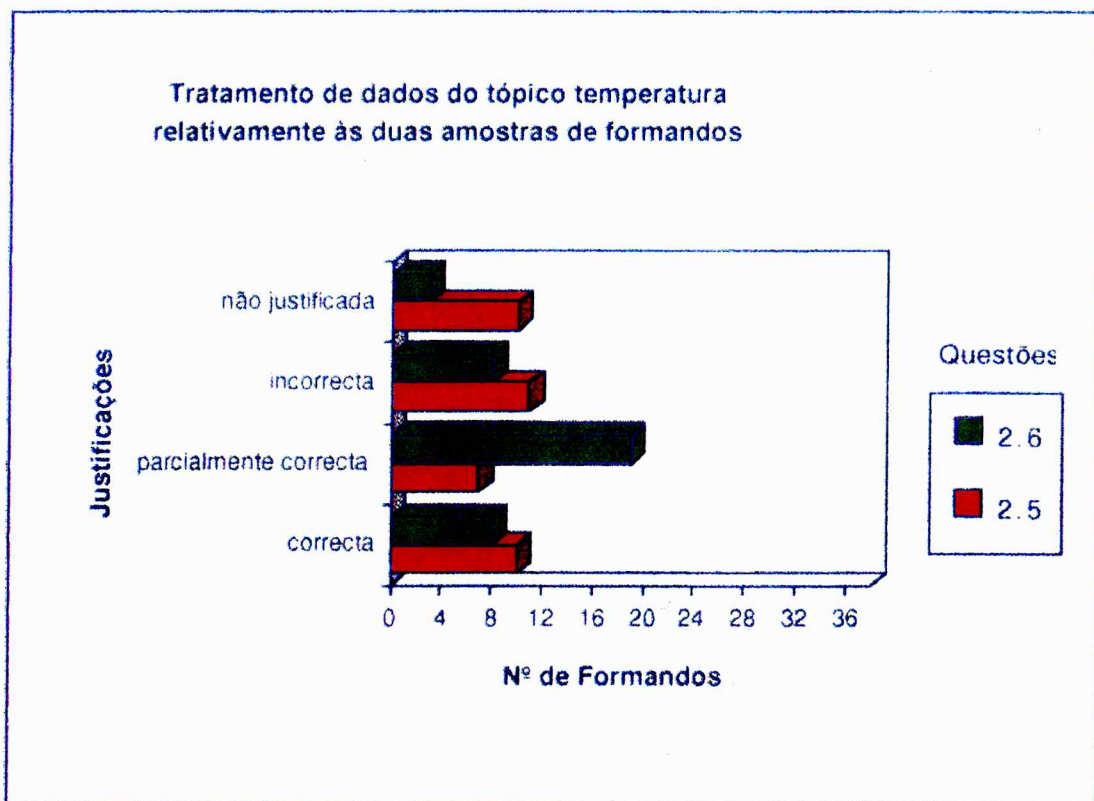


Fig. 4.19 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário piloto" para as duas amostras de formandos referente às questões 2.5 e 2.6.

Pela análise de conteúdo efectuado as respostas abertas relacionadas com este conceito, podemos, tal como anteriormente, efectuar um inventário das concepções alternativas identificadas nos formandos. Assim, verificamos que (as citações que se seguem foram retiradas dos questionários piloto):

- o vapor queima a mão devido à pressão;
- o tapete de lã conserva a temperatura;
- absorções de calor provocam diferenças de temperatura;
- a temperatura impõe vibrações às moléculas;
- o alumínio tem a capacidade de atingir valores maiores de temperaturas (quando colocado nas mesmas condições);
- o alumínio atinge maior temperatura porque no garfo as moléculas estão mais unidas e portanto, conservam mais o calor absorvido;

- a disposição das moléculas é diferente daí a temperatura também ser diferente;
- a panela de pressão é um sistema isolado;
- a temperatura varia com a velocidade das partículas.

Em síntese verifica-se que os formandos apresentam grande confusão entre conceito de temperatura e de pressão, não diferenciando, como já referimos, calor de temperatura. Por vezes verifica-se uma identificação do conceito de temperatura com o de condutibilidade térmica. Quando os formandos tentam explicar os fenómenos do ponto de vista microscópico verifica-se uma grande predominância de modelos relativos aos estados físicos das substâncias. Verificou-se alguma dificuldade em identificar o tipo de sistemas existentes em algumas questões.

Verificou-se também que, os formandos justificavam de forma diferente as questões consoante a temperatura a que se encontravam os materiais. Assim, se as temperaturas fossem elevadas (Q.2.11) obtinha-se um maior número de respostas incorrectas e justificações incorrectas, em relação a fenómenos que ocorrem à temperatura ambiente. Os formandos atribuem aos metais características de armazenar o frio, ou conservar o calor, ficando por consequência a uma temperatura mais elevada.

O conceito de entropia irá sofrer tratamento diferenciado por parte das duas amostras, uma vez que o "Questionário piloto" sofreu remodelações da 1ª para a 2ª amostras. Assim trataremos conjuntamente as questões 2.12; 2.13, 2.14 e separadamente as questões 2.15 e 2.16 (integradas na 1ª amostra).

Em relação à 1ª amostra de formandos as questões relacionadas com este conceito são: Q. 2.12; 2.13; 2.14; 2.15 e 2.16. O tratamento de dados referente a estas questões encontra-se no anexo P nos quadros P. 1, P.2 e P. 7. Para a 2ª amostra o tratamento de dados encontra-se nos quadros P.3, P.4 e P.8. Nesta amostra não existem as questões 2.15 e 2.16.

Relativamente à questão 2.12 verificamos que 72% dos formandos (quadro P. 2), seleccionaram a opção correcta e deram a resposta correcta a esta questão,

havendo ainda 17% que justifica de forma parcialmente correcta. Na 2ª amostra verifica-se uma percentagem de 60%. Nesta amostra 15% dos formandos seleccionou a opção incorrecta, resposta incorrecta, sendo a percentagem de 22% para os formandos da 1ª amostra.

Em relação às restantes questões verificou-se que os valores das percentagens eram idênticos às anteriores, com excepção da questão 2.16, em que a percentagem obtida para a opção correcta, justificação correcta foi de apenas, 28% para a 1ª amostra, tendo-se verificado um elevado número na escolha de opções incorrectas e respostas parcialmente correctas e mesmo não justificadas (28% e 17%). Pela análise de conteúdo efectuado às respostas abertas verificamos que os formandos não dominavam o conceito de irreversível, razão pela qual retiramos as questões 2.15 e 2.16 do "Questionário piloto" e substituímos o termo irreversível pelo termo espontâneo.

Na figura 4.20 está representado, um gráfico correspondente ao tratamento de dados das questões que envolvem o conceito de entropia, para a 1ª amostra de formandos.

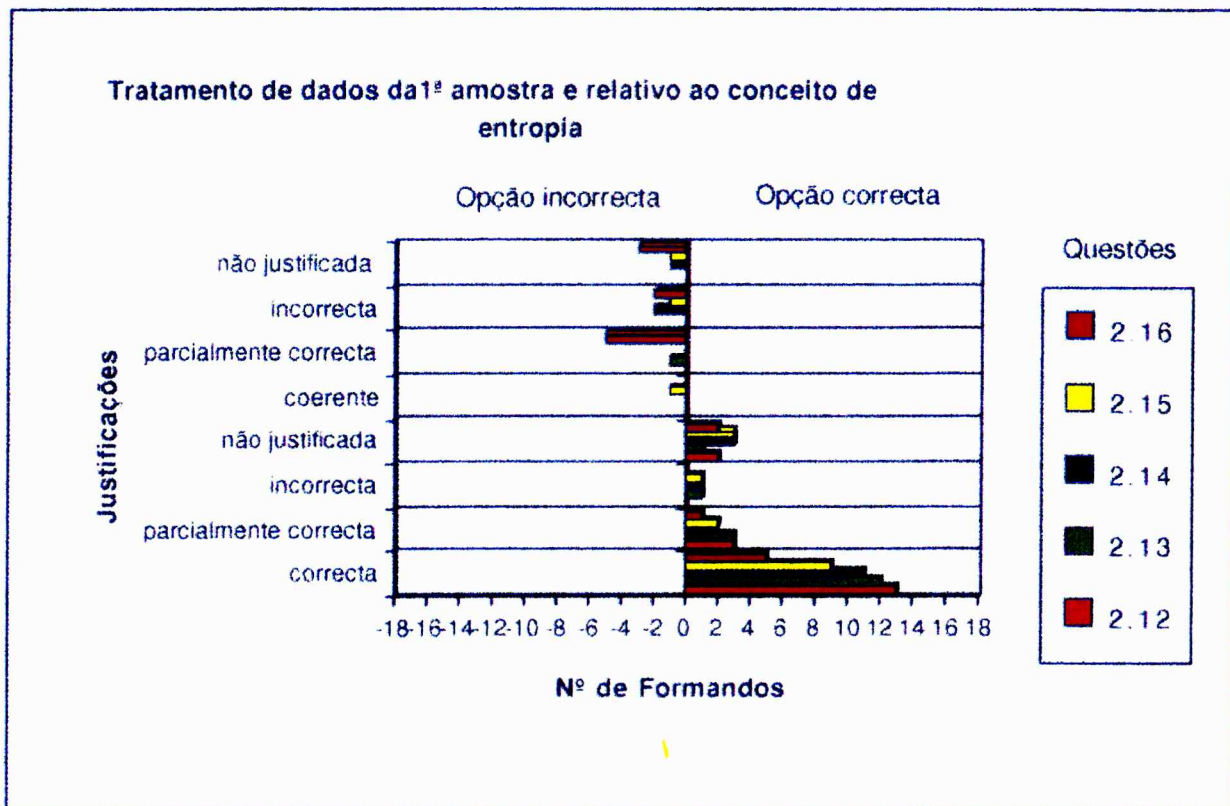
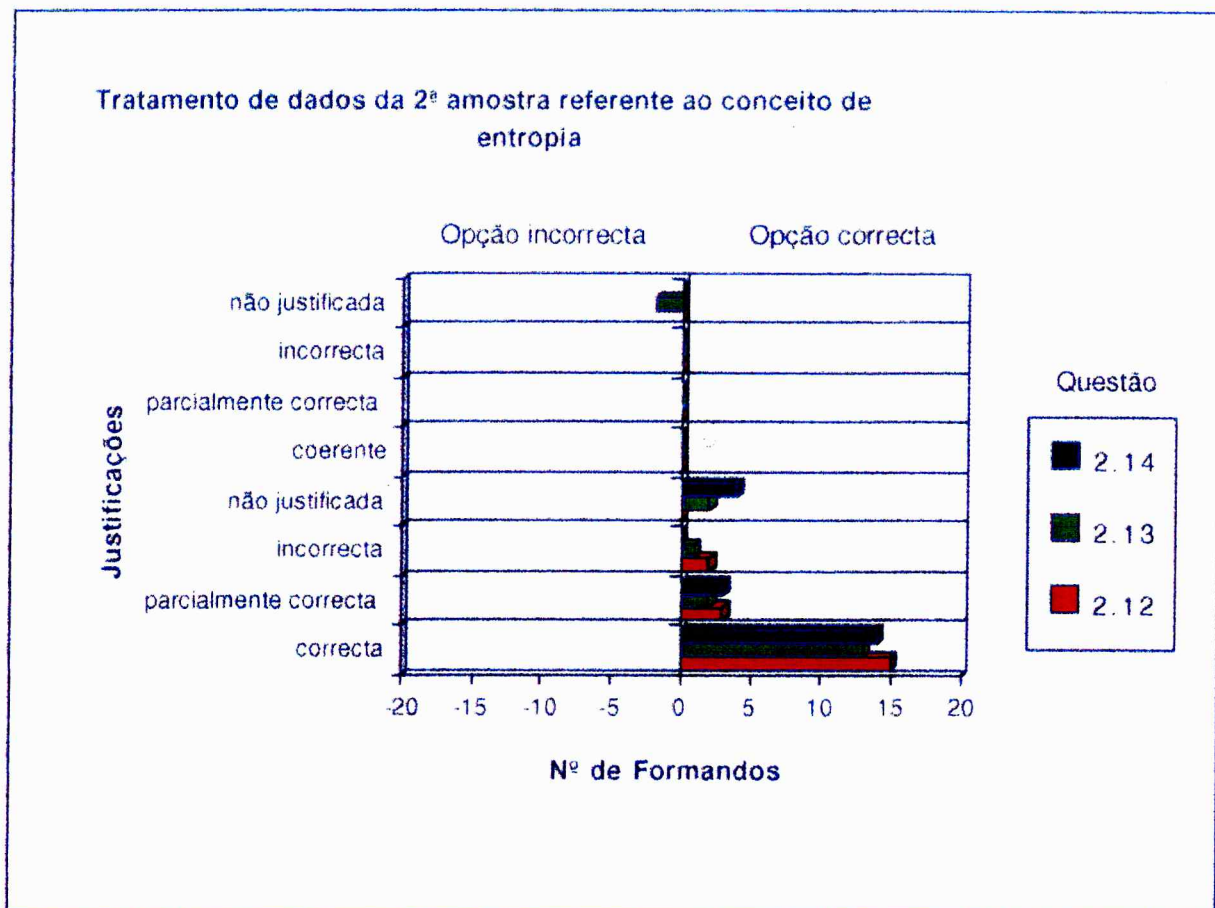


Fig. 4.20 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário piloto" para a 1ª amostra de formandos referente às questões relativas ao conceito de entropia.

Neste gráfico destacam-se, nas questões 2.12 e 2.13, as respostas correctas, bem como, as respostas não justificadas, nas opções correctas.

A figura 4.21 corresponde ao tratamento gráfico das questões de entropia utilizadas para a 2ª amostra de formandos.



ig. 4.21 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário piloto" para a 2ª amostra de formandos referente às questões relativas ao conceito de entropia.

Neste gráfico destacam-se as opções correctas e justificações correctas para as questões 2.12, 2.13 e 2.14, bem como, algumas justificações parcialmente correctas e não justificadas, dentro da mesma opção. Na questão 2.14 o número de resposta não justificadas é considerável.

A análise de conteúdo efectuada às respostas abertas relativas ao conceito de entropia, permitiu-nos proceder a um inventário das concepções alternativas dos formandos das duas amostras, assim verificamos que (as citações que se

seguem foram retiradas das respostas dos questionários piloto):

- o calor passa de onde está mais concentrado para onde está menos concentrado;
- gás é a forma mais estável das substâncias;
- os gases expandem-se porque é próprio da sua natureza;
- a expansão é influenciada por condições ambientais;
- o processo da quebra do ovo é irreversível porque não se sabe onde as partículas encaixam;
- o partir o ovo é reversível se utilizarmos um processo de gravação das imagens;
- tirando energia o gás comprime-se;
- podemos comprimir o espaço e o gás pode ser também comprimido;
- numa menor altitude o gás comprime-se;
- a batata quente pode absorver o frio por parte da batata fria arrefecendo-se.

Como síntese verificamos que os formandos não dominam o conceito de irreversibilidade, tendo tendência para confundir este conceito do ponto de vista físico e químico. Alguns dos exemplos referidos pelos formandos compara a irreversibilidade dos fenómenos com a irreversibilidade de um processo físico. Isto pode ser verificado através do elevado número de respostas não justificadas ou mesmo incorrectas, por parte das duas amostras de formandos, relativamente às questões 2.14 e 2.15 (da queda dos feijões e do ovo).

Por todas as razões apresentadas procedemos a uma selecção de 9 (10 para a 2ª amostra) experiências que rebateriam essas concepções com o intuito de criar no formando o conflito conceptual. Essas experiências tiveram em linha de conta diferentes sistemas (abertos, fechados e isolados), diferentes materiais, determinação de pontos de fusão de substâncias, fornecimento de diferentes formas de energia, medição da temperatura de diferentes materiais colocados à temperatura ambiente, abaixamento crioscópicos e arrefecimentos de diferentes quantidades de substâncias (as experiências encontram-se nos anexos H e I).

4.5.2. Concepções identificadas após o trabalho experimental

Após a realização das experiências (anexos H e I) os formandos preencheram o "Questionário final", o qual sofreu o mesmo tipo de tratamento, efectuado aos questionários piloto. Esse tratamento consistiu na construção de quadros e de gráficos das sete questões incluídas na II parte deste instrumento.

Todo o tratamento estatístico pode ser observado nos anexos Q (para a 1ª amostra), R (para a 2ª amostra) e S (tratamento global para as duas amostras). Nestes questionários as questões 2.1 e 2.4 estão relacionadas com o conceito de calor, as questões 2.2, 2.3 e 2.5 com o conceito de temperatura e as questões 2.6 e 2.7 com o conceito de entropia.

Na questão 2.1 pretendia-se que os formandos calculassem a temperatura final (depois de atingido o equilíbrio térmico), resultante da adição um litro de água à temperatura de 100 °C, à mesma quantidade à temperatura de 20 °C. Nesta questão verificou-se que, 39% dos formandos da 1ª amostra escolheram a opção correcta e justificaram correctamente, tendo esse valor sido de 35% em relação à 2ª amostra. Nesta questão verificou-se que em ambas as amostras, o número de opções incorrectas e respostas incorrectas é bastante elevado, de 44% para a 1ª amostra (quadro Q.1) e 20% para a 2ª amostra (quadro R.1).

Na 2ª amostra verifica-se também de 15% dos formandos (quadro R.1) optam pela opção incorrecta e não justificam essa opção. Alguns dos formandos, embora seleccionem a opção incorrecta, dão justificações parcialmente correctas (11% para a 1ª amostra e 20% para a 2ª amostra).

Em relação à questão 2.4, que envolvia o mesmo conceito (calor), verificamos que, 78% dos formandos (quadro Q.4) da 1ª amostra escolhem a opção correcta e justificam de forma correcta, enquanto que na 2ª amostra o resultado é de 70%, para a mesma categoria de resposta. Esta questão estava directamente relacionada a temperatura a que ocorre o ponto de ebulição da água.

Nesta questão salientam-se ainda, a percentagem de respostas não justificadas, na 1ª amostra, referentes às opções incorrectas (11%) e a percentagem de justificações parcialmente correctas nas opções correctas na 2ª amostra (25%). Apesar do conceito envolvido ser o mesmo, os resultados obtidos nestas duas

questões foi bastante diferente.

Na figura 4.22 está representado o gráfico correspondente ao tratamento conjunto das duas amostras de formandos, para as questões 2.1. e 2.4 da II parte dos questionários finais.

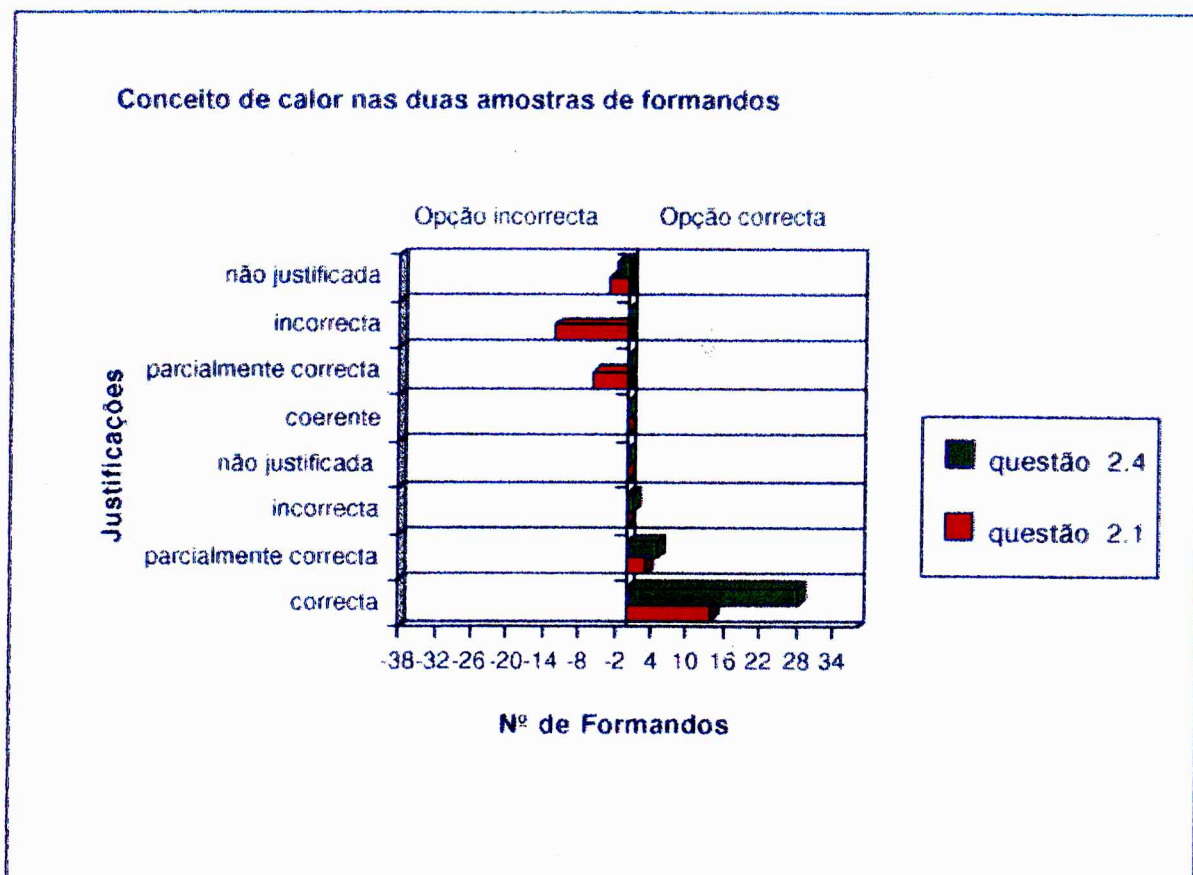


Fig. 4.22 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário final" para as duas amostras de formandos relativamente ao conceito de calor.

Pela análise do gráfico podemos verificar que o número de opções correctas e justificações correctas ou parcialmente correctas é praticamente idêntico, ao número de opções incorrectas e justificações incorrectas ou parcialmente correctas. Denotam-se ainda, algumas respostas não justificadas.

As questões 2.2, 2.3 e 2.5 estão relacionadas com o conceito de temperatura.

Na questão 2.5 os formandos deveriam preencher uma tabela em função de um gráfico representado numa figura. Pela especificidade das respostas iremos proceder ao um tratamento individualizado desta questão.

Em relação à questão 2.2, em que se pretendia que os formandos identificassem a temperatura de diferentes materiais (colocados à temperatura ambiente), verifica-se que 89% dos formandos da 1ª amostra, escolhem a opção correcta e dão a justificação correcta (quadro Q.2), sendo o valor de 90% em relação à 2ª amostra (quadro R.2).

Nesta questão destacam-se ainda, o número de opções incorrectas e justificações incorrectas (11%), relativamente à 1ª amostra de formandos. Na segunda amostra os restantes 10% correspondem a justificações parcialmente correctas enquadradas na opção correcta.

Na questão 2.3 pretende-se saber a temperatura final de dois corpos que são retirados de um forno à temperatura de 200 °C. Em relação à 1ª amostra verificou-se que, 78% dos formandos (quadro Q.3) escolheram a opção correcta e deram a justificação correcta, enquanto que a percentagem foi de 90%, para a 2ª amostra (R.3). Nesta mesma questão destaca-se o número de justificações incorrectas e opções incorrectas relativamente à 1ª amostra (17%), enquanto que na 2ª amostra os restantes 10% estão concentrados na opção correcta justificação parcialmente correcta.

Em relação à questão 2.5 verificou-se que a maioria (50 a 55%) dos formandos (quadro S.1), identifica correctamente os aumentos de temperatura representadas nos gráficos, correspondentes aos segmentos OA, BC, e DE, no entanto, apresenta algumas dificuldades em assinalar correctamente os aumentos de energia interna. Por essa razão, as percentagens obtidas para a categoria parcialmente correcta é bastante considerável.

Os formandos assinalam aumentos de energia interna, quando ocorre aumento de temperatura, mas não assinalam o seu aumento, nas mudanças de estado (segmentos AB e CD). Na 1ª amostra de formandos o valor de respostas incorrectas foi muito elevado (56 e 67%), denotando uma falta de compreensão do conceito de energia interna (quadro Q.5). Por essa razão que decidimos incluir

uma nova experiência, no conjunto das experiências específicas (anexo H), em que efectuamos uma mudança de estado (gelo) efectuada num calorímetro, de modo que os formandos pudessem verificar que apesar do fornecimento de energia, a temperatura se mantinha constante enquanto se verificasse a coexistência dos dois estados físicos (anexo I). Verificou-se que o resultado anterior diminuiu substancialmente, na 2ª amostra de formandos (50 e 45%), como se pode verificar no quadro R.5.

A figura 4.23 , representa o tratamento gráfico das questões 2.2 e 2.3 relativas ao conceito de temperatura para as duas amostras de formandos.

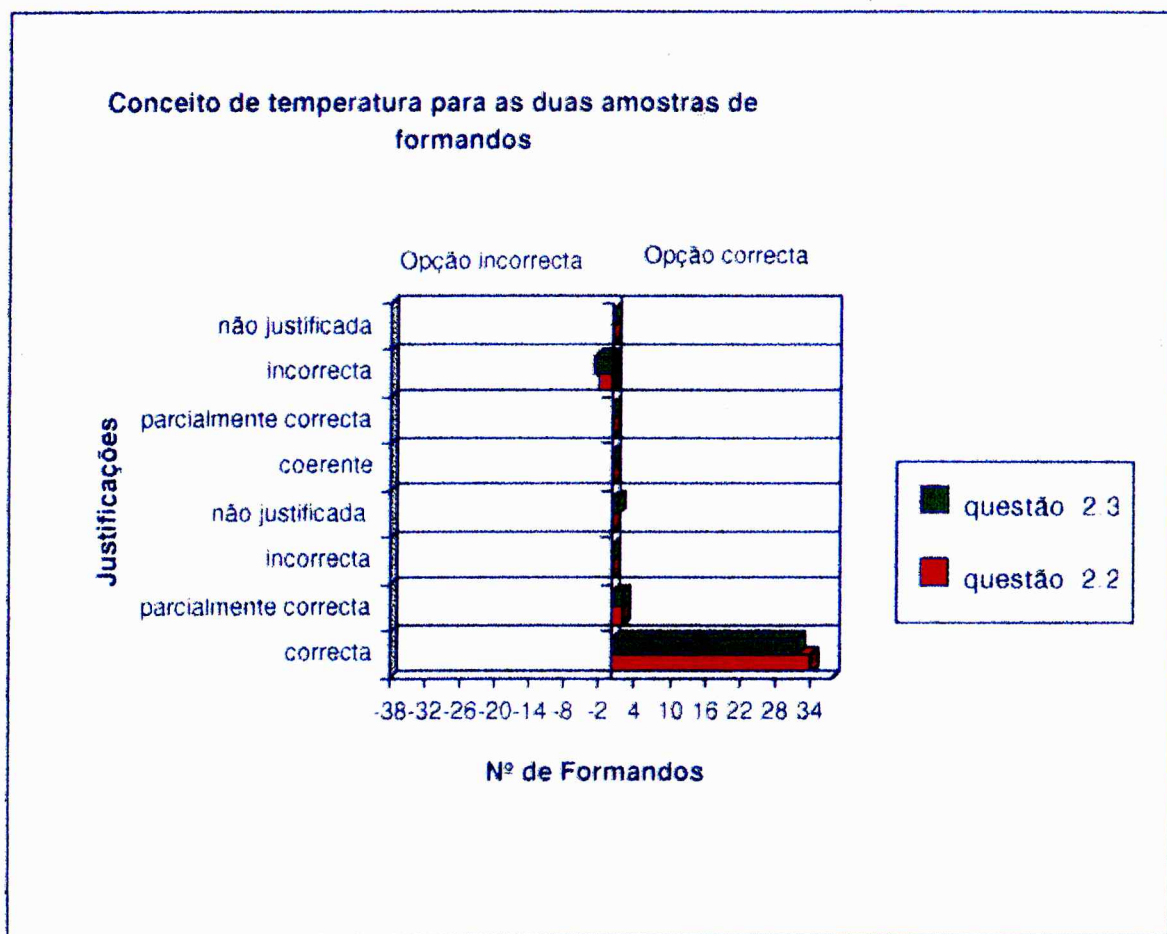


Fig. 4.23 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário final" para as duas amostras de formandos relativamente ao conceito de temperatura.

Os valores totais referentes às duas amostras de formandos podem ser analisadas no anexo S (quadro S.1).

Na figura 4.24 está representado o tratamento gráfico da questão 2.5 para as duas amostras de formandos.

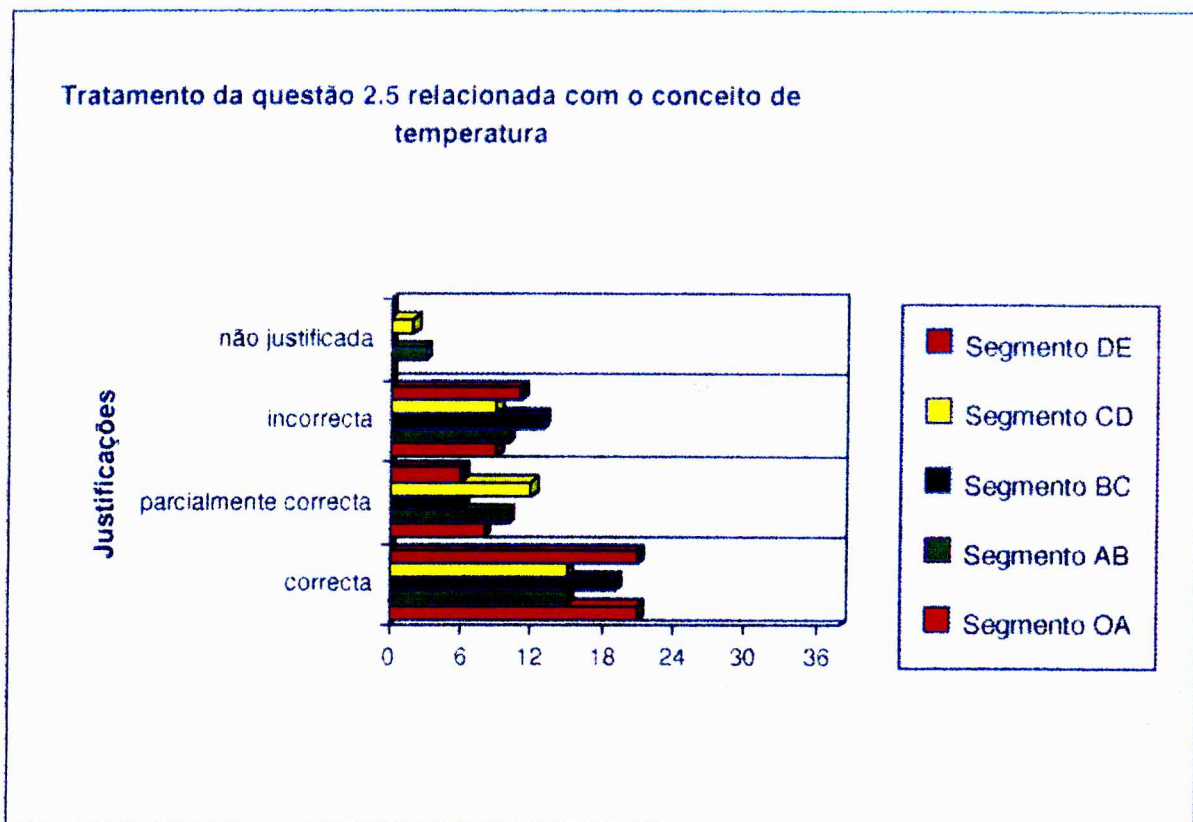


Fig. 4.24 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário final" para as duas amostras de formandos relativamente ao conceito de temperatura, para a questão 2.5.

Pela análise do gráfico podemos verificar que o número de respostas correctas, apresenta-se em vantagem em relação às restantes categorias de resposta verificando-se, no entanto, valores consideráveis de respostas incorrectas.

As questões 2.6 e 2.7 estão relacionadas com o conceito de entropia. Na questão 2.6 podemos verificar, no que se refere à 1ª amostra de formandos (quadro Q.6), 72% dos formandos assinalam a opção correcta e justificam correctamente

a sua resposta. Para a 2ª amostra este valor é de 35% (quadro R.6). Esta amostra apresenta o mesmo valor de justificações incorrectas e opções incorrectas.

Na 1ª amostra verificou-se que, um dos formandos não respondeu à questão 2.6. Em relação à questão 2.7, esse valor foi de 3 dos formandos sem resposta.

Em relação à questão 2.7 verifica-se que 44% dos formandos da 1ª amostra (quadro Q.7), escolhe a opção correcta e dá a justificação correcta a esta questão, enquanto que, para a 2ª amostra esse valor é de 65% (quadro R.7).

Como já se referiu anteriormente, no questionário final procedeu-se à alteração do conteúdo das questões 2.6 e 2.7, por se ter concluído que os formandos não dominavam o conceito de irreversibilidade, tendo sido substituído esse termo por espontâneo. As questões foram reformuladas, centram-se, no entanto, sobre o mesmo tema, razão pela qual efectuamos o tratamento destas questões conjuntamente.

Na figura 4.25 está representado o tratamento gráfico correspondente às questões 2.6 e 2.7, relacionadas com o conceito de entropia para as duas amostras de formandos.

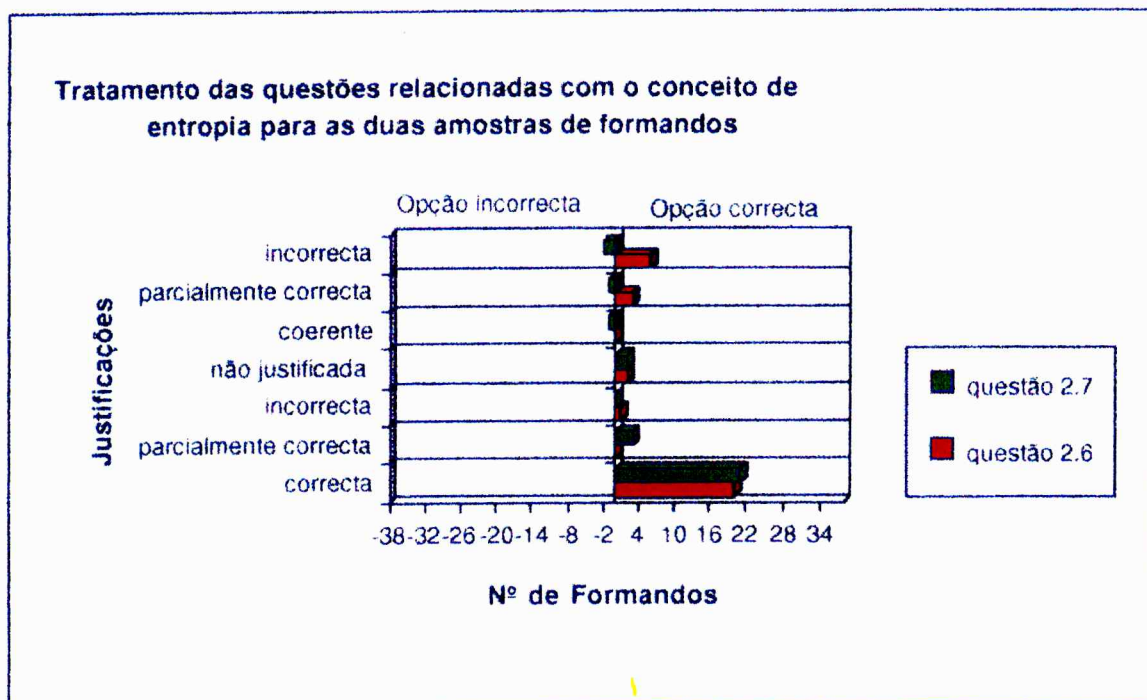


Fig. 4.25 - Tratamento de dados relativo à II parte do "Questionário final" para as duas amostras de formandos relativamente ao conceito de entropia, para as questões 2.6 e 2.7.

Pela análise do gráfico destacam-se o número de opções correctas e justificações incorrectas, no entanto, a sua percentagem não é muito elevada.

4.5.3. Aprendizagens ocorridas no decorrer das aulas experimentais

Para a análise das aprendizagens ocorridas durante as aulas experimentais, iremos comparar os resultados obtidos nos questionários piloto e questionários finais, para os mesmos tipos de questões. Para isso, iremos proceder a uma análise do tratamento estatístico das diferentes questões envolvidas com cada um dos conceitos.

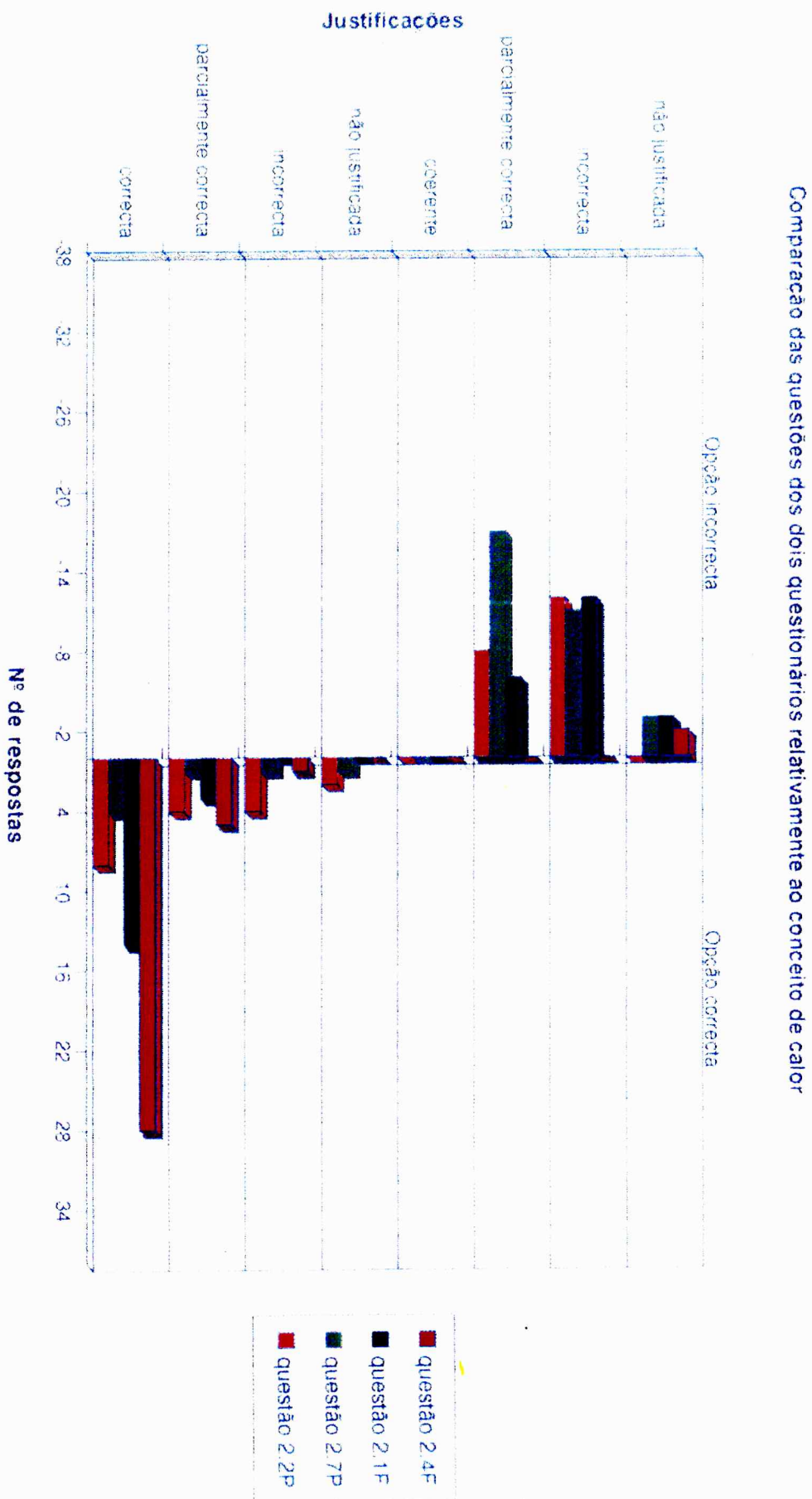
O tratamento consistirá, tal como nos casos anteriores, em quadros (anexo T) e gráficos. Faremos também uma análise do conteúdo de algumas respostas abertas, comparando as justificações dadas, antes da realização das experiências, com as justificações do questionário final. Como suporte iremo-nos servir da codificação efectuada a cada um dos formandos que integram as duas amostras.

Relativamente ao conceito de calor, podemos verificar um aumento substancial na escolha de opções correctas, justificações correctas (quadro T.4) que passa de 21% e 11%, nas questões 2.2 e 2.7 do questionário piloto, para 37% e 74%, nas questões 2.1 e 2.4 do questionário final. Através da análise do quadro podemos ainda verificar uma diminuição na percentagem de justificações incorrectas relativas às opções correctas (11 e 3% para 0 e 3%) e respectiva diminuição na percentagem de justificações parcialmente correctas relativas às opções incorrectas (21 e 45% para 16 e 0%). O número de justificações incorrectas relativas às opções incorrectas também diminuiu passando de 32 e 29% para 32 e 0%. Ainda relativo a estas questões verifica-se uma diminuição no número de opções correctas e não justificadas (5 e 3% para 0 e 0%).

Na figura 4.26 da página seguinte está representado o gráfico correspondente ao tratamento das questões relacionadas com o conceito de calor, nos dois instrumentos.

Pela análise do gráfico podemos verificar o elevado número de opções

Fig. 4.26 - Tratamento de dados das questões relativas ao conceito de calor nos dois questionários (piloto e final)



correctas e justificações correctas relativas à questão 2.4 do questionário final, bem como, a diminuição de justificações parcialmente correctas e mesmo incorrectas verificadas nos questionários piloto, embora relativamente à questão 2.4 do questionário final o número de justificações incorrectas ainda é elevado.

Pela análise de conteúdo efectuada às respostas dos formandos verifica-se um cuidado no tipo de resposta em cada uma das questões como também uma análise dos fenómenos em função das temperaturas iniciais e finais. Nas respostas aos questionários finais destaca-se a correcta identificação do tipo de sistema envolvido em cada uma das questões, contrariamente ao que se verificava em relação ao questionário piloto.

Por exemplo o formando 18, na questão 2.7 do questionário piloto justifica que "o gelo derrete mais facilmente em contacto com a água" mas na questão 2.4 do questionário final a sua justificação é diferente, aqui a sua justificação é "se a água está a ferver então é porque continua a 100°C". Embora estejamos perante duas mudanças de estado diferentes o formando já interiorizou que enquanto ocorre a mudança de estado a temperatura mantém-se constante. Pela análise das suas respostas em relação à questão 2.5 verifica-se que este assinala correctamente o aumento de temperatura, identifica o aumento de energia interna para todos os segmentos.

Um outro exemplo poderá ser o formando 1, que na questão 2.7 do questionário piloto, assinala que: "se misturarmos a água com o gelo, esta vai derreter mais depressa e arrefecer mais rapidamente, pelo que se utilizarmos a mistura de gelo e água esta vai permitir que a garrafa arrefeça mais rapidamente". Nesta questão o formando não relaciona a coexistência dos dois estados físicos com a temperatura da mistura. Já em relação à questão 2.4 do questionário final, ele justifica dizendo: "se ao fim de 5 minutos a temperatura da água é de 100°C, nos próximos 5 minutos com certeza que será a mesma porque não se variou qualquer dos factores." Em relação a este formando assinala de forma correcta todas as opções relativas à questão 2.5.

Em relação ao conceito de temperatura, podemos verificar através da análise do quadro T.5 que a percentagem de opções correctas e justificações correctas aumentou de forma bastante significativa (34% e 47% para 89% e 84%). Em

relação a este conceito consideramos que a aprendizagem dos formandos foi bastante positiva, devido aos resultados obtidos nas questões 2.2 e 2.3 dos questionários finais. Nestas questões apenas há a salientar 5% de justificações parcialmente correctas em relação às opções correctas e 8% de justificações incorrectas e opções incorrectas para a questão 2.3 final, no entanto, este resultado é menor em relação às questões dos questionários piloto (24 e 18%).

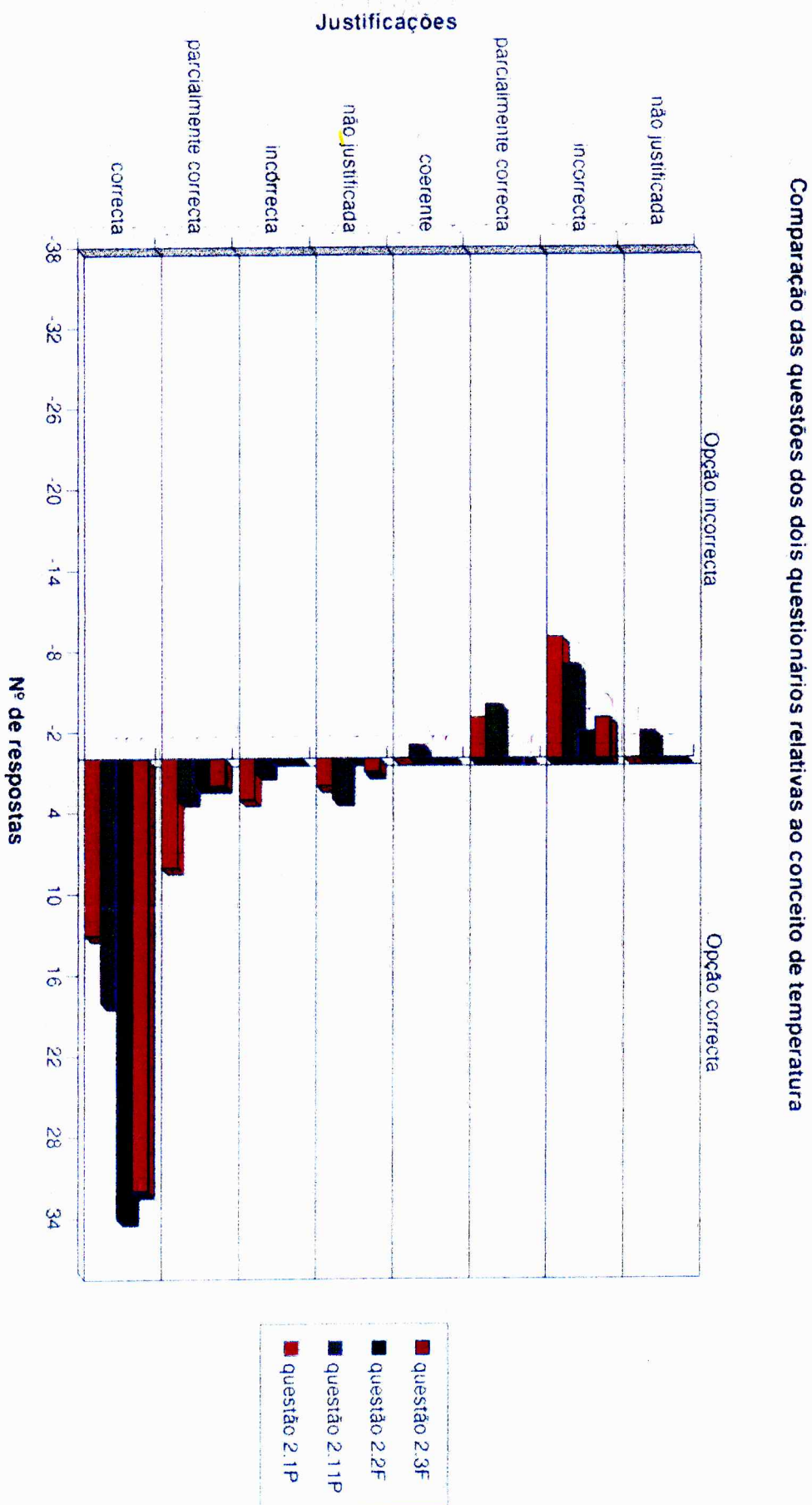
Na figura 4.27 (da página seguinte), podemos observar o gráfico correspondente ao tratamento das questões relativas ao conceito de temperatura par aos dois questionários.

Pela análise do gráfico podemos verificar uma maior concentração de opções correctas e justificações correctas e uma diminuição de opções parcialmente correctas, incorrectas ou não justificadas em relação às questões referentes aos dois questionários.

Tal como se verificou em relação ao conceito de calor, também à um cuidado nas justificações das respostas abertas. Se analisarmos, por exemplo, as justificações dadas pelo formando 3, em relação à questão 2.2 do questionário piloto (arrefecer rapidamente um copo de leite), refere: " se optasse pela segunda a água fica quente, e este calor vai ser acumulado no recipiente metálico, no primeiro caso é mais fácil pois não existe nenhum recipiente metálico". Relativamente à questão 2.1 do questionário final ele refere: "ao acrescentar água à temperatura ambiente à água a 100 °C vai sofrer uma diminuição de temperatura".

O formando 7, por exemplo, demonstra uma aprendizagem bastante positiva em relação a este conceito, pois relativamente às mesmas questões ele refere: " a água fria absorve a temperatura do copo, com tendência para equilibrar a temperatura.", mas na questão 2.1 do questionário final a sua justificação é diferen

Fig. 4.27 - Tratamento de dados das questões relativas ao conceito de temperatura nos dois questionários (piloto e final)



Em relação ao conceito de entropia verifica-se (quadro T.6) que a percentagem de opções correctas e justificações correctas no questionário final diminuiu em relação às questões do questionário piloto. As percentagens observadas foram de 74% (questão 2.12), 66% (questão 2.13) e 66% (questão 2.14) no que se refere ao questionário piloto. Para o questionário final os valores obtidos foram, 53% (questão 2.6) e 55% (questão 2.7).

Como já foi referido da 1ª para a 2ª amostras procedeu-se a uma alteração no conteúdo das questões de entropia

As questões referidas no questionário piloto eram questões simples, como por exemplo: "será irreversível o processo de quebrar um ovo"; ou "se deixar cair uma lata com feijões de diferentes qualidades qual a probabilidade de ficarem separados por qualidades", nestas questões os formandos respondem quase que intuitivamente. Nas questões do questionário final os formandos teriam que pensar um pouco, face aos fenómenos apresentados. Tal como se tinha verificado em relação ao conceito de irreversibilidade os formandos não dominam a noção de entropia e a substituição do termo não foi suficiente para que os formandos conseguissem compreender melhor esta noção.

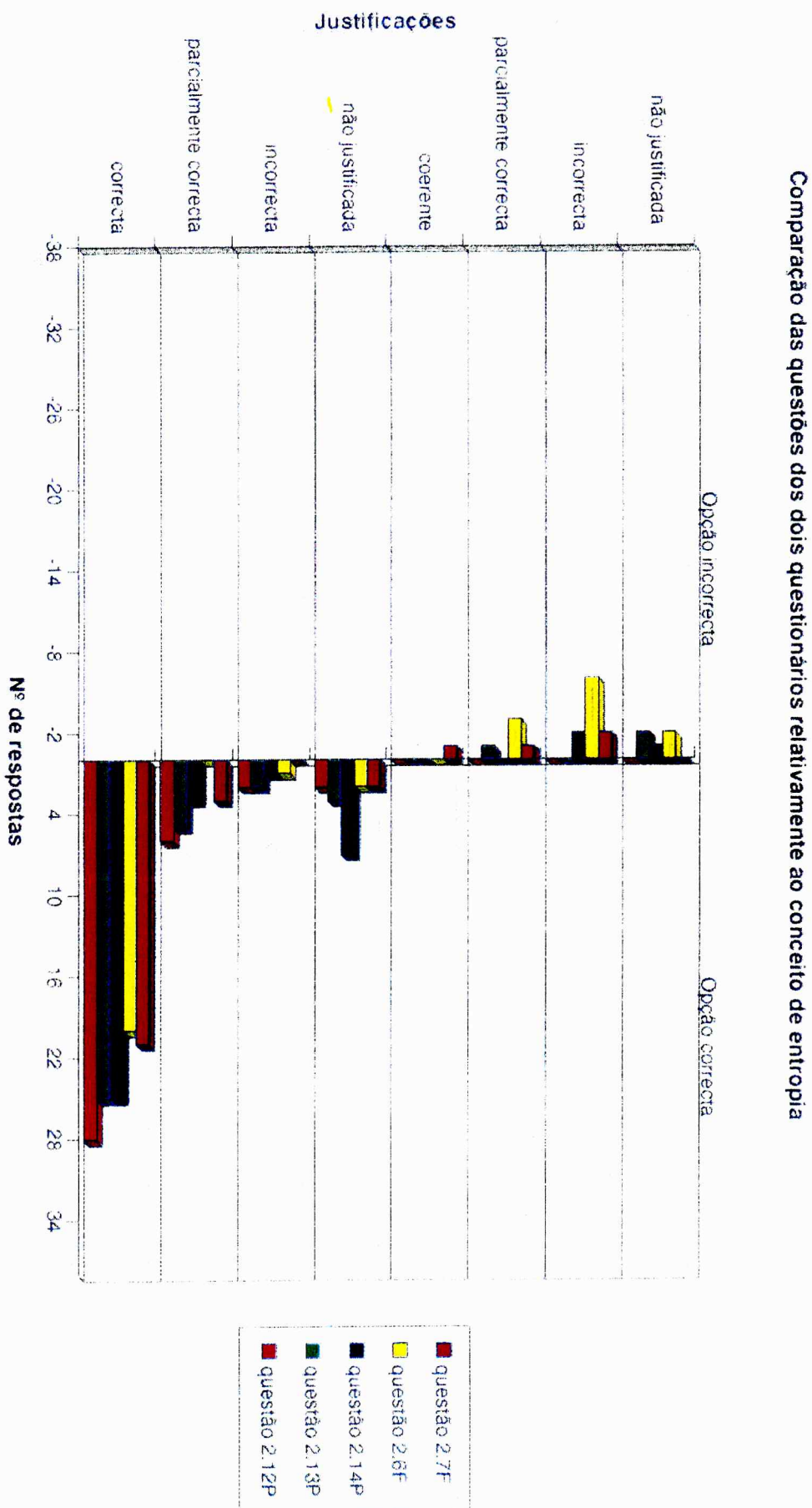
No entanto, apesar dos resultados e do grau de dificuldade das questões do questionário final, verifica-se que a maioria dos formandos (53 e 55%) escolhem as justificações correctas e opções correctas para estas questões.

Foi interessante verificar que alguns formandos consideram apesar de se misturarem água e álcool, eles consideram que ao fim de muito tempo estes se podem separar, por terem pontos de ebulição diferentes. O uso da noção de ponto de ebulição aplicado a este conceito pode demonstrar que os formandos têm dificuldade em interpretar os fenómenos do ponto de vista microscópico.

De salientar que pela análise do quadro T.6, verifica-se que o número de opções não justificadas nestas questões diminuiu (5, 8 e 18 % no questionário piloto para 5 e 5% no questionário final). Em relação às opções incorrectas verifica-se que os formandos apesar de escolherem esta opção, justificam-na de forma coerente ou mesmo parcialmente correcta (3, 8 e 3%). Verifica-se também que a percentagem de opções incorrectas e justificações incorrectas também diminuiu do questionário piloto para o final.

Na figura 4.28 (página seguinte) está representado o gráfico referente ao

Fig. 4.28- Tratamento de dados das questões relativas ao conceito de entropia nos dois questionários (pilot o e final)



tratamento destas questões.

Pela análise do gráfico destacam-se as opções incorrectas e justificações parcialmente correctas, incorrectas e mesmo não justificadas, em relação à questão 2.6 do questionário final, o mesmo não se verificando, em relação à questão 2.7.

Na análise de conteúdo efectuada às respostas relativas à questão 2.6, do questionário final, por exemplo que (as citações são da autoria dos formandos):

- o álcool evapora mais facilmente do que a água e de modo espontâneo, sem ser necessário o fornecimento de energia (formando 20);
- o álcool fica dissolvido na água. o álcool é uma substância solúvel (formando 17);
- a temperaturas muito elevadas o álcool separar-se-ia da água, nomeadamente por evaporação (formando 12);
- devido ao álcool ter ponto de ebulição diferente. O álcool como tem um ponto de ebulição inferior ao da água evapora mais rapidamente do que esta (formando 8).

Podemos verificar que as justificações apresentadas pelos formandos fazem sobressair uma noção incorrecta de espontâneo, mas que está relacionada com as classificações dos processos irreversíveis efectuada na disciplina de Química, nomeadamente, nas misturas (homogéneas ou heterogéneas).

Como a questão 2.7 do questionário final, envolvia indirectamente o conceito de temperatura o resultado foi diferente obtendo-se um número considerável de opções correctas e justificações correctas.

Em relação a este conceito seria necessário um acompanhamento mais individualizado de cada um dos formandos, de forma a que o conflito conceptual, gerado em função das experiências do abaixamento crioscópico e da mudança do estado com recurso ao calorímetro fosse mais eficaz.

4.5.4. Sensibilização para o eficaz funcionamento dos sensores e análise crítica dos dados

Como já foi referido, os formandos tiveram o cuidado de nas suas aquisições de dados, procederem à colocação correcta das sondas e sensores de temperatura, principalmente se utilizavam os sensores *Blue Box*. Alertados para a possibilidade de poderem obter aquisições incorrectas se, pelo menos 1/3 da sonda não estivesse mergulhada na solução e para o facto de se poder alterar os valores registados por contacto das mãos com a sonda, os formandos efectuavam montagens aparatosas de forma a obterem melhor rigor nas medições. Estes cuidados contribuía indirectamente, para que o grupo de formandos, discutissem acerca dos factores que poderiam influenciar a aquisição de dados. Quando os resultados não estavam de acordo com as suas expectativas eles efectuavam as correcções que consideravam terem influenciado nos seus resultados.

Estas discussões entre os formandos sobre a melhor colocação dos sensores apresentou-se como um dos factores mais positivos que contribuíram para os resultados obtidos. Como cada uma das experiências estavam programadas para 5 minutos, os formandos poderiam repetir as experiências o número de vezes que desejassem.

Nas primeiras experiências e uma vez que tinham sido alertados para as correctas calibrações dos sensores, foi interessante verificar o ar incrédulo com que mediram a temperatura dos diferentes materiais que se encontravam nas bancadas, colocando como 1ª alternativa para os resultados obtidos o facto dos sensores estarem mal calibrados. Nesta fase foi necessário proceder a um questionamento, do grupo em geral e de alguns formandos em particular de forma a que estes concluíssem quais as temperaturas a que deveriam estar os diferentes materiais. Esta discussão foi bastante frutífera, como podemos verificar pelos resultados das questões relacionadas com o conceito de temperatura.

Verificou-se que os formandos tinham o cuidado em colocar os tubos de ensaio em locais que não provocassem o arrefecimento da água antes de se proceder à aquisição dos dados. Esta atitude desenvolvia nos formandos as noções de sistema, muito precárias, como detectado no início deste estudo.

4.5.5. Domínio do S.A.T.D. durante o trabalho experimental

Como já foi referido aquando do tratamento de dados relativo à I parte do questionário final, os formandos não apresentaram dificuldades no domínio do sistema de aquisição e tratamento de dados ao longo das actividades experimentais (como se pode verificar no anexo N).

Apesar de alguns formandos (32%) apresentarem algumas reservas em relação à interactividade do *software* e à facilidade no uso dos sensores (21%) a maioria considera que este sistema apresenta várias vantagens. Pelos resultados da observação participante efectuada nas sessões experimentais, bem como, das entrevistas não-estruturadas, verificamos que os formandos à medida que decorriam as sessões iam apresentando competências que se desenvolviam através de um clima de ajuda mútua entre os elementos do grupo.

Como foi referido, no ponto anterior, os formandos após as aquisições procediam à sobreposição dos dados impressões, comparavam os dados com outros já adquiridos, independentemente de isso, ser ou não sugerido, comparavam os seus resultados com os dos colegas gerando um clima de interesse e empenhamento durante as actividades.

As maiores dificuldades foram verificadas nos cuidados a ter com a calibração dos vários sensores, e com a adaptação inicial ao *software*.

Por vezes surgiam problemas não relacionados com o sistema mas com a falta de espaço nos discos dos computadores, tendo sido solucionados com a utilização de disquetes de trabalho para cada um dos grupos.

4.5.6. Envolvimento dos formandos na realização das tarefas

Como já foi referido, aquando da descrição das actividades experimentais, os formandos demonstraram bastante empenhamento, no decorrer de todas as tarefas. Saliente-se mais uma vez, que as sessões decorreram num período de fim de tarde (17 às 20 h), e que muitos dos formandos, principalmente da 1ª amostra encontravam-se em prática pedagógica, o que poderia ter criado um

clima de tensão e mesmo desinteresse por parte desses formandos. Tal não se verificou, antes pelo contrário, alguns formandos referiram a importância na utilização deste equipamento com os seus alunos e mostraram-se interessados acerca das possibilidades de o poderem utilizar.

O envolvimento e empenhamento dos formandos foi tão intenso que, alguns grupos realizaram 6 actividades experimentais na primeira sessão das experiências específicas.

4.5.7. Síntese sobre o efeito da utilização do SATD na compreensão dos assuntos em estudo

Pela análise dos resultados obtidos em cada uns dos itens atrás referidos, verificamos que o S.A.T.D teve um impacto muito positivo na aprendizagem dos formandos relativamente aos conceitos, calor temperatura e entropia, despertando nos formandos uma atitude de envolvimento crítico face aos resultados obtidos. Verificamos também que os formandos apresentavam nas justificações às repostas abertas, um cuidado em substituir a linguagem corrente (usada para explicar alguns dos fenómenos referidos nos questionários piloto), por uma linguagem mais cuidada e baseada nos conceitos físicos objecto de estudo.

No final das experiências em que se procedeu ao preenchimento do quadro síntese das dez experiências (anexo J), questionou-se os formandos acerca de: "se voltassem a responder ao questionário piloto dariam as mesmas respostas" a maioria dos formandos respondeu que não (esta questão não foi alvo de tratamento estatístico uma vez que este documento ficou na posse dos formandos, tal como aconteceu, com os protocolos experimentais).

Verificamos para além das vantagens apresentadas pela visualização imediata dos resultados experimentais, o facto de essas actividades de desenvolverem num período de tempo mais reduzido, possibilita ao utilizador mais tempo para discutir os fenómenos e para pensar acerca dos resultados obtidos, podendo recorrer à sua memória longa.

5. Conclusões e sugestões

5.1. Conclusões

A exploração de novos sinergismos entre práticas inovadoras de ensino, e estratégias de formação de professores podem ser concomitantes para aprendizagens mais eficazes desenvolvidas em processos de actividades experimentais nos laboratórios de Ciências.

O papel das tecnologias de informação na melhoria do ensino e no desenvolvimento pessoal e profissional dos professores, constituiu um dos temas centrais de supervisão em Educação (por exemplo, Alarcão e Tavares, 1987).

A supervisão no domínio das tecnologias de informação terá de assumir uma atitude particularmente crítica, para que a sua integração se processe num quadro de valores como a emancipação e realização pessoal.

Os laboratórios de Ciências, poderão ser o local ideal para desenvolver práticas reflexivas no professor, relacionadas com as suas práticas, com o processo ensino-aprendizagem dos alunos, e com o desenvolvimento de materiais didácticos que poderão contribuir para a melhoria dessas aprendizagens.

Os laboratórios de Ciências são aos olhos dos alunos, locais interessantes, eficazes para o desenvolvimento da intuição científica. O interesse manifestado pelos alunos não deverá ser absorvido por tarefas morosas, cálculos extensos e repetitivos, que por vezes envolvem e desviam a atenção, dos objectivos principais traçados para o trabalho experimental.

A integração das tecnologias de informação nos laboratórios de Ciência poderão apresentar-se como uma inovação curricular e poderão contribuir para um ensino-aprendizagem mais eficaz.

Esta integração não deve ser apenas considerada como uma mudança tecnológica, mas deverá desempenhar um papel importante e válido na instrumentação e monitorização das experiências, testagem de novos modelos e na improvisação de novas pesquisas, análise de dados em tempo real, como têm sido identificado em diferentes estudos sobre esta temática (por exemplo,

Schrock, 1988; Ponte, 1988; Ribeiro et al., 1993).

Este estudo, entre outros sobre a mesma temática (por exemplo, Nieto et al., 1992, Mackenzie, 1988, Mokros e Tinker, 1987), indiciam que a integração das tecnologias de informação, acompanhadas de estratégias de ensino de raiz construtivistas poderão apresentar-se como uma solução para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Pela análise dos resultados e pela sua discussão, concluímos que os professores, envolvidos neste estudo, reconhecem vantagens na utilização do S.A.T.D. no trabalho experimental, como um veículo poderoso e permitindo ao aluno: maior discussão dos fenómenos; maior confronto de ideias e apresentando-se como um substituto eficaz dos instrumentos de medida clássicos.

Estas vantagens são apontadas, tal como é referido por diferentes autores (por exemplo Mokros e Tinker, 1987; Rogers, 1987; Mackenzie; 1988) pela possibilidade de fazer uma previsão dos resultados em termos gráficos, reorganizar a experiência e proceder às respectivas correcções nas previsões, versatilidade para a exploração experimental, funcionando como livraria de dados.

Todas estas vantagens foram reconhecidas pelos professores envolvidos neste estudo, que também salientam o impacto positivo criado nos alunos pela introdução das tecnologias na sala de aula.

Este sistema poderá ser estimulante para o reconhecimento de contradições e incongruências entre as ideias, providenciando aos alunos e professores pequenas oportunidades para reconsiderarem os objectivos conceptuais subjacentes.

Os resultados deste estudo apresentam indícios de que as actividades experimentais, desenvolvidas nas aulas de Ciências durante o ensino formal, são ineficazes para rebaterem as concepções alternativas que se desenvolveram ao longo do ensino formal, apresentadas pelos professores no final do seu ensino.

Essas concepções são idênticas às apresentadas pelos alunos com 12 e 13 anos, como referenciado em outros estudos sobre a mesma temática (por exemplo, Calderira, 1992; Driver, 1981; Erickson, 1979; Osborne et al., 1983), podendo colidir com explicações de momento aceites, com particular destaque para as

ideias transportadas para a sala de aula e dizendo respeito a explicações de fenómenos do mundo natural. Esta identificação das concepções alternativas em professores de Ciências foi já objecto de estudo por parte de diferentes investigadores (por exemplo, Caldeira e Martins, 1990; Cordes, 1990; Costa Pereira et al., 1989).

Assim, em função da análise e discussão dos resultados, podemos sugerir as seguintes conclusões:

- as concepções identificadas pelos formandos relativamente aos conceitos de calor, temperatura e entropia, são idênticas às apresentadas por diferentes autores (por exemplo, Erickson, 1979; Nieto et al., 1992; Erikson e Tiberghien, 1985; Tiberghien, 1988), havendo indícios de que essas concepções são apoiadas: na teoria do calórico; na crença de que alguns materiais podem: captar; filtrar; acumular; reter; ou absorver o calor; os metais podem conservar o frio, enquanto que a lã conserva o calor; o conceito de calor é identificado com o de temperatura, sendo estes utilizados de forma indiscriminada; dificuldade em identificar a temperatura final de corpos em situação de equilíbrio térmico (quando colocados em contacto com temperaturas iniciais diferentes); o fluir do calor de corpos frios para corpos quentes.

Pensamos que o problema se centra na dificuldade de os formandos distinguirem e caracterizarem os sistemas usados em cada uma das situações com que são confrontados.

Como se concluiu em diferentes estudos de investigação (Costa Pereira et al., 1989) o conceito de entropia apresentou-se como um conceito de difícil aprendizagem. Pela análise dos resultados apresentados no capítulo anterior, há indícios de que os alunos, apesar de terem estudado este conceito ao longo do seu ensino formal, não dominam o conceito de irreversibilidade e espontaneidade. Neste caso o uso do S.A.T.D. não se apresenta como suficiente para combater e rebater as suas concepções e dificuldades de aprendizagem.

Pela análise efectuada aos resultados deste estudo, tudo aponta para que o uso do S.A.T.D. no trabalho experimental, não seja suficiente para ajudar na interpretação de fenómenos ao nível microscópico.

Pensamos que os resultados poderiam ser melhorados se, à medida que ocorriam as experiências os formandos pudessem ter sido acompanhados individualmente de forma a serem promovidas discussões acerca do comportamento microscópico das partículas. Aqui pensamos que a utilização de simulações por computador poderão desenvolver um papel muito importante (por exemplo, utilizando o programa Mutatio, comercializado pelo DEPGEP).

Os resultados indicam ainda, que o uso do S.A.T.D. provoca nos formandos uma mudança de atitude em relação à aprendizagem das Ciências (como também foi verificado por Bettencourt, 1994, Nieto et al., 1993; Mackenzie, 1988), nessas atitudes salientamos os seguintes aspectos:

- envolvimento dos formandos no decorrer das actividades experimentais, tentando obter aquisições de dados, cientificamente correctas;
- desenvolvimento de atitudes críticas relativamente aos dados adquiridos;
- desenvolvimento de uma dinâmica de grupo, promovendo situações de questionamentos constantes;
- boa harmonia no trabalho de grupo, desenvolvendo atitudes de entreajuda no desempenho de diferentes funções da responsabilidade do grupo;
- atitudes críticas, como professores preocupados com as aprendizagens dos seus alunos;
- interesse por parte dos professores em compreenderem, analisarem, interpretarem e criticarem as experiências que realizavam;
- satisfação com a metodologia utilizada em confronto com a metodologia tradicional;
- interesse em desenvolverem actividades experimentais ligadas a fenómenos do quotidiano.

Os materiais didácticos desenvolvidos para o estudo destes conceitos não podem ser vistos como produtos acabados, mas como, um ponto de partida para o desenvolvimento de materiais didácticos adaptados aos alunos e às suas concepções acerca de determinados fenómenos.

A construção destes materiais é importante para que os professores possuam referenciais, com os quais possam desenvolver as suas experiências. Mas, como referem os formandos, aquando das suas opiniões acerca dos equipamentos e

da utilização do software, uma simples formação de base poderá não ser suficiente para que possam crescer sem problemas de integração deste sistema nas suas práticas experimentais.

Aqui salientamos a contribuição determinante das Universidades e das Escolas Superiores de Educação, na criação de uma dinâmica de interdisciplinaridade, como defendida por Tavares (1991), desenvolvendo um acompanhamento mais directo dos professores em constante formação.

As tecnologias de informação poderão inserir-se na promoção de um clima de entreatajuda e de solidariedade entre os professores, respeitando o grau de liberdade indispensáveis a um verdadeiro envolvimento numa actividade com uma acentuada componente criativa, reflectindo sobre as aprendizagens dos alunos e induzindo nestes, o desenvolvimento de valores sociais, cada vez mais necessários.

Actualmente a formação de professores de base já contempla e integração das tecnologias de informação no ensino e nos currícula, mas será necessário proceder a um acompanhamento desses professores, e à formação dos restantes professores, de forma a que a sua integração se processe de forma normal. Essa integração poderá passar por projectos ou cursos de formação contínua.

As tecnologias de informação constituem uma importante ferramenta intelectual que permite estender as capacidades de pensamento e de acção dos seres humanos nos diversos domínios. O importante não é a ferramenta mas o que se pode fazer com ela (Ponte, 1994).

5.2. Limitações do estudo e sugestões

Para a obtenção de conclusões mais congruentes, em relação a este estudo, era interessante proceder ao acompanhamento de um, ou de vários formandos na sua prática docente, de forma a analisar a integração deste sistema nas suas

práticas. Um estudo do tipo longitudinal seria o mais aconselhável para este caso. Se o estudo, se tivesse desenrolado num período de tempo mais alargado, pensamos que os resultados poderiam ter sido mais satisfatórios (apesar de os considerarmos bastante satisfatórios), mas tal não foi possível por questões de tempo.

Pensamos que seria interessante a criação de um grupo a nível Nacional que promove-se a troca de experiências, tal como tem acontecido em diferentes seminários organizados nesta área, e que se desenvolvessem estudos de investigação, sobre os benefícios da utilização do S.A.T.D. na aprendizagem dos alunos.

A troca de materiais didácticos entre os professores, deveria ser feita com maior frequência, e não apenas, num seminário em cada ano.

Pensamos que a criação de uma revista da especialidade, sobre esta temática, poderia ser um veículo interessante para a introdução destes sistemas nos laboratórios de Ciências, e apresentar-se como um meio de troca de informação, de materiais didácticos e estudos de investigação.

Só com experiências que resultem eficazmente, materiais didácticos construídos, sujeitos a remodelações, informações técnicas detalhadas e uma rede de comunicações (para dar resposta a eventuais dúvidas ou problemas), longe da política comercialista das empresas que fornecem os equipamentos, se poderá chegar a uma aplicação e rentabilização eficaz e positiva destes equipamentos nos laboratórios.

A aquisição de equipamentos por parte das Escolas poderá ser conseguida através de projectos subsidiados pelo Ministério da Educação, ou de projectos de formação contínua de professores, apresentando-se este último com grandes potencialidades na formação de professores e no reequipamento dos laboratórios de Ciências das Escolas do Ensino Secundário.

Bibliografia

- Adams, D. D. e Shrum, J. W. (1990). The Effects of Microcomputer-Based Laboratory Exercises on the Acquisition of Line Graph Construction and Interpretation Skills, by High School Biology Students. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, nº 8, pp. 777-787.
- Adams, R. C. (1991). Sometimes the Heat Drives You Nuts. *The Computing Teacher, Journal of the Internacional Society for Technology in Education*, vol. 18, nº 7, pp. 43-44.
- Afonso, C. (1993). *Professores e Computadores*. Coleção Horizontes da Didáctica, Edições Asa.
- Alarcão, I. e Tavares, J. (1987). *Supervisão da Prática Pedagógica: uma perspectiva de desenvolvimento e aprendizagem*. Coimbra: Livraria Almedina.
- Andaloro, G., Bellomonte, L., Lupo, L. e Sperandeo-Mineo, R. M. (1994). Construction and Validation of a Computer-Based Diagnostic Module on Average Velocity. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 31, nº 1, pp. 53-63.
- Bello, A., Costa, E. e Caldeira, H. (1994). *Ritmos e Mudanças. Física 10.º ano. Ciências Físico-Químicas*. Porto: Porto Editora.
- Bernardes, A. e Veloso, E. (org.) (1990). *Actas do Encontro: O Computador na Sala de Aula*. Projecto Minerva, Departamento de Educação, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Bettencourt, T. M. (1994). *Um estudo sobre a utilização de um sistema de aquisição e tratamento de dados no laboratório de Biologia do ensino secundário*. Tese de Mestrado. Braga: Universidade do Minho.

- Binney, D. (1991). Sense and Control: A computer interface for present and future Computers. *Computer Education*, nº 67, pp. 8-12.
- Blansdorf, K. e Frey, K. (Eds.) , Asselborn, W., Fielding, H., Koschwitz, H., Tagg, D., Taylor, J. e Wedekind, J. (1987). *A Utilização dos Computadores no Ensino das Ciências: uma recolha de objectivos educativos, exemplos e recursos nas Comunidades Europeias*. Comissão das Comunidades Europeias Direcção-Geral para o Emprego, Assuntos Sociais e Educação.
- Blosser, P. E. (1988). Labs-Are They Really as Valuable as Teachers Think They Are? *Science Teacher*, vol. 55, nº 5, pp. 57-59.
- Brandon, E. P. (1981). Logic in the Laboratory. *School Science Review*, vol. 62, nº 221, pp. 763-765.
- Brasell, H. (1987). The effect of Real-Time Laboratory Graphing on Learning Graphic Representations of Distance and Velocity. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 24, nº 4, pp. 385-395.
- Cachapuz, A., e Martins, I. (1991a). Formação em Química dos Professores e Ensino para a Mudança Conceptual. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química* , vol. 46, pp. 13-18.
- Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I.P., Pedrosa, M. A., Loureiro, M. J., Thomaz, M. F. e Costa, N. (1991b). Problemática das concepções alternativas na formação inicial de professores de Física e Química. *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, 6-8 de Fevereiro, Aveiro: Universidade de Aveiro, pp. 173-183.
- Caldeira, A. T., Camboa, D., Santos, L., Pais, M. J., Valente, M., Pombino, N. e Baptista, O. (1992). Temperatura, Calor e Trabalho: uma abordagem fenomenológica apoiada pelo computador. *8ª Conferência Nacional de Física-Física 92*, 15-18 de Setembro, Vila Real: pp. 603.

- Caldeira, B. A. e Figueira, J. A. (1993). *O Laboratório de Física revisitado*. Série Tecnologia, Gabinete de Estudos e Planeamento, Ministério da Educação.
- Caldeira, M. H. (1991). Calor e Temperatura.. mais uma vez. *Boletim da sociedade Portuguesa de Química*, vol. 46, pp. 61-66.
- Caldeira, M. H. e Martins, D. R. (1990). Calor e Temperatura: Que noções têm os alunos universitários destes conceitos? *Gazeta de Física*, vol. 13, Fasc. 2, pp. 85-94.
- Cardoso, A. C. (1993). *A Centralidade do Trabalho Laboratorial nos Novos Programas de Química*. Lisboa: Plátano Editora.
- Chalmers, A. F. (1991). *Qué es esa cosa llamada ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos*. 9ª edição, Espanha, Siglo Veintiuno Editores.
- Clackson, S. G. e Wright, D. K. (1992). An Appraisal of Pratical Work in Science Education. *School Science Review*, vol. 74, nº 266, pp. 39-42.
- Cordes, A. E. (1990). Using Computers in the Physics Laboratory. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, vol. 9, nº 3, pp. 53-63.
- Costa, A. A. (1992). A Física, o seu Ensino e a Formação de Formadores. 8ª Conferência Nacional de Física- Física 92, 15-18 de Setembro, Vila Real: pp. 579-580.
- Domingues, J., Matos, A. e Correia, C. (1992). Módulo VME de Aquisição de Dados para Aplicações em Física Experimental. 8ª Conferência Nacional de Física- Física 92, 15-18 de Setembro, Vila Real: pp. 501.
- Donnelly, J. F. (1992). Technology in the School Curriculum: A Critical Bibliography. *Studies in Science Education*, vol. 20, pp.123-156.

- Dores, A. P. (1994). Mudança Social e Tecnológica com a Informatização das Escolas. *II Congresso Ibero-Americano de Informática na Educação*, 24-28 de Outubro, Lisboa: pp. 85-97.
- Driver, R. e Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, vol. 13, pp. 105-122.
- Driver, R. e Scanlon, E. (coord.) (1988). Conceptual change in science: a research programme. *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 5, nº 1, pp. 25-36.
- Driver, R., e Erickson, G. (1983). Theories-in-Action: Some Theoretical and Empirical Issues in the Study of Students' Conceptual Frameworks in Science. *Studies in Science Education*, vol. 10, pp. 37-60.
- Duschl, R. A. e Gitomer, D. H. (1991). Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 28, nº 9, pp. 839-858.
- Erickson, G. e Tiberghien, A. (1985). Heat and Temperature. *Children's ideas in Science*, Chap.4, In Driver et al. (ed.), Milton Keynes: Open University Press, pp. 52-83.
- Erickson, G. L. (1979). Children's Conception of Heat and Temperature. *Science Education*, vol. 63, nº 2, pp. 221-230.
- Estrela, A. (1986). *Teoria e Prática de observação de Classes. Uma estratégia de Formação de Professores: Novas Perspectivas*. I.N.I.C, Lisboa.
- Estrela, A. e Nóvoa, A. (org.) (1993). *Avaliação em Educação: Novas Perspectivas*. Coleção Ciências da Educação, Porto: Porto Editora.

- Faria, M. A. (1991). Concepção dos professores do 1º ciclo do ensino Básico sobre Ciência, Ciência na Escola, Ensinar e Aprender Ciência. *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, 6-8 de Fevereiro, Aveiro: Universidade de Aveiro, pp. 239-245.
- Fiolhais, C. (1994). *Universo, Computadores e Tudo o Resto*. Colecção Ciência Aberta, Lisboa:Gradiva.
- Foley, J. D. (1986). Interfaces for Advanced Computing. *Scientific American*, vol. 257, pp. 83-90.
- Fonseca, J. (1992). Formação de Professores para Aprendizagem Cognitiva dos Alunos. *Inovação*, vol. 5, nº 2-3, pp. 81-92.
- Friedler, Y., Nachmias, R. e Linn, M. C. (1990). Learning Scientific Reasoning Skills in Microcomputer-Based Laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, nº 2, pp. 173-191.
- Germann, P. J. (1994). Testing a Model of Science Process Skills Acquisition: An Interaction with Parents' Education, Preferred Language, Gender, Science Attitude, Cognitive Development, Academic Ability, and Biology Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 31, nº 7, pp. 749-783.
- Geymonat, L. e Giorello, G. (1986). *As Razões da Ciência*. O Saber da Filosofia, Lisboa: Edições 70.
- Gilbert, J. K. e Watts, D. M. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: changing perspective in Science Education. *Studies in Science Education*, vol. 10, pp. 61-98.
- Glasson, G. E. (1989). The Effects of Hands-on and Teacher Demonstration Laboratory Methods on Science Achievement in Relation to Reasoning Ability and Prior Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, vol 26, nº 2, pp. 121-131.

- Gonçalves, A. M. (1993). Laboratório Didático Assistido por Computador. *Gazeta de Física*, vol. 16, Fasc. 1, pp. 15-21.
- Goodfellow, T. (1991). Datalogging- A way of satisfying AT1 and AT12?. *School Science Review*, vol. 73, nº 263, pp. 43-52.
- Goodyear, P. (1991). A Knowledge-Based Approach to Supporting the Use of Simulation Programs. *Computers Education*, vol. 16, nº 1, pp. 99-103.
- Harris, P. (1994). *Software Data Disc Pro: Manual de Instruções de Utilização*. Versão 1.2.
- Hartley, J. R. (1988). Learning from Computer Based Learning in Science. *Studies in Science Education*, vol. 15, pp. 55-76.
- Hodson, D. (1982). Is there a scientific method?. *C.I.D.E.*, Education in Chemistry, July.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education*, vol. 12, pp. 25-57.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, vol. 70, nº 256, pp. 33-40.
- Hodson, D. (1991). Practical Work in Science: Time for a Reappraisal. *Studies in Science Education*, vol. 19, pp. 175-184.
- Hodson, D. (1992). Redefining and reorienting practical work in school science. *School Science Review*, vol. 73, nº 264, pp. 65-78.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards a More Critical Approach to Practical Work in School Science. *Studies in Science Education*, vol. 22, pp. 85-142.

- Hofstein, A. e Lunetta, V. N. (1982). The Role of the Laboratory: Neglected Aspects of Research. *Review of Education Research*, vol. 52, nº 2, pp. 201-217.
- Hunt, N. e Alford, L. (1991). Involving Students in Computer-Based Cooperative Lessons. *The Computing Teacher, Journal of the Internacional Society for Technology in Education*, vol. 19, nº 4, pp. 34-37.
- Igelsrud, D. e Leonard, W. H. (1988). Labs. Interfacing in the Biology Laboratory: State of the Art. *The American Biology Teacher*, vol. 50, nº 8, pp. 523-526.
- Imhof, H. (1989). Computers in the Science Classroom: The Resources Keep on Getting Better. *The Computing Teacher, Journal of the Internacional Society for Technology in Education*, vol. 16, nº 9, pp. 30-32.
- Jackson, D. F., Edwards, B. J. e Berger, C. F. (1993). Teaching the Design and Interpretation of Graphs Through Computer-Aided Graphical Data Analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, nº 5, pp. 483-501.
- Johnson, S. (1987). Assessment in Science and Technology. *Studies in Science Education*, vol. 14, pp. 83-108.
- Kesidou, S. e Duit, R. (1993). Students' Conceptions of the Second Law of Thermodynamics-An Interpretive Study. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, nº 1, pp. 85-106.
- Kolodiy, G. O. (1991). Logo in the Science Laboratory. *The Computing Teacher, Journal of the Internacional Society for Technology in Education*, vol. 18, nº 5, pp. 41-43.
- Leite, C. A. (1994). *O Computador na Supervisão em Educação*. Tese de Mestrado, Aveiro: Universidade de Aveiro .
- Leonard, W. H. (1985). Biology Education with Interactive Videodisc (II): Develop-

- ment of Laboratory Simulations. *The American Biology Teacher*, vol. 47, nº 1, pp. 38-40.
- Lewis, E. L. e Linn, M. C. (1994). Heat Energy and Temperature Concepts of Adolescents, Adults, and Experts: Implications for Curricular Improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 31, nº 6, pp. 657-677.
- Linn, M. C., Clement, C. e Pulos, S. (1983). Is it formal if it's not physics? (The Influence of Content on Formal Reasoning). *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 20, nº 8, pp. 755-770.
- Linn, M. C., Clement, C. e Sullivan, P. (1989). Scientific Reasoning During Adolescence: The Influence of Instruction in Science Knowledge and Reasoning Strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, vol 26, nº 2, pp. 171-187.
- Lopes, J. M. (1994). *Supervisão do Trabalho Experimental no 3º Ciclo do Ensino Básico: um Modelo Inovador*. Tese de Mestrado. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Lunetta, V. N. (1991). *Actividades Práticas no Ensino das Ciências*. Tradução de Marinha, J., *Revista de Educação*, Lisboa: Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, vol. II, nº 1, pp. 81-90.
- Macdonald, W., Redish, E. e Wilson, J. (1993). Uso de Microcomputadores no Ensino de Física. *Gazeta de Física*, vol. 16, Fasc. 2, pp. 19-24.
- Machado, M. J. (1992). Porquê as Tecnologias da Informação e Comunicação nas Ciências? *Informática & Educação*, nº 3, pp. 80-83.
- Mackenzie, I. S. (1988). Issues and Methods in the Microcomputers-Based Lab. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, vol. 7, nº 3, p. 12-18.

- MacLeod, A. M. (1994). Microcomputer interfacing for physics experiments. *Physics Education*, vol. 22, nº 4, pp. 219-224.
- Mak, S. e Young, K. (1987). Misconceptions in the teaching of heat. *School Science Review*, vol. 68, nº 244, pp. 464-470.
- Martins, A. (1992). Atitudes de alunos de 9º ano em relação à Tecnologia. *Gazeta de Física*, vol. 15, Fasc. 1, pp. 1-16.
- Martins, M. I. (1989). *A energia nas reacções químicas.: modelos interpretativos usados por alunos do ensino secundário*. Tese de Doutoramento, Aveiro: Universidade de Aveiro .
- Matos, A., Simões, J. e Correia, C. (1992). Módulo IBM PC de Entrada, Saída e Processamento de Dados. *8ª Conferência Nacional de Física- Física 92*, 15-18 de Setembro, Vila Real: pp. 504-505.
- Mcculloch, G. (1987). School Science and Technology in Nineteenth and Twentieth Century England: A Guide to Published Sources. *Studies in Science Education*, vol. 14, pp. 1-32.
- Melo, A. e Gonçalves, A. (1992). Movimentos Unidimensionais: medição directa da posição, velocidade e aceleração. *8ª Conferência Nacional de Física- Física 92*, 15-18 de Setembro, Vila Real: pp. 592-593.
- Meseguer, J., Robles, M., Bonet, E., Romero, F. e Mas, J. (1992). Rentabilidad y Conveniencia del uso del Ordenador en la Automatizacion de las Practicas de Fisica. *8ª Conferência Nacional de Física- Física 92*, 15-18 de Setembro, Vila Real: pp. 596-597.
- Miguéns, M. (1991). Actividades Práticas na Educação em Ciência: Que Modalidades? *Aprender*, nº 14, pp. 39-44.

- Millar, R. (1987). Towards a role for experiment in the Science Teaching Laboratory. *Studies in Science Education*, vol. 14, pp. 109-118.
- Mokros, J. R. e Tinker, R. F. (1987). The Impact of Microcomputer-Based Labs on Children's Ability to Interpret Graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 24, nº 4, pp. 369-383.
- Montenegro, T. (1987a). A Ciência é para todos. *Revista Ciência/Tecnologia/Sociedade*, nº 1, Janeiro, pp. 27-29.
- Montenegro, T. (1987b). A compreensão da Ciência pelo público. *Revista Ciência/Tecnologia/Sociedade*, nº2, Maio/Agosto, pp.83-90.
- Nachmias, R. e Linn, M. C. (1987). Evaluations of Science Laboratory Data: The Role of Computer-Presented Information. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 24, nº 5, pp. 491-506.
- Nicklin, R. C. (1985). The Computer as Lab Partner. *Journal of College Science Teaching*, vol. 15, pp. 31-35.
- Nieto, P. V., Martinez, A. F., Campo, M. J. e Landazabal, M. C. (1992). *Iniciacion a la Física en el Marco de la Teoría Constructivista*. Dirección General de Renovación Pedagógica, Madrid: Secretaría de Estado de Educación.
- Norris, S. P. (1985). The Philosophical Basis of Observation in Science and Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 22, nº 9, pp. 817-833.
- Nóvoa, A. (coord.) (1992). *Os Professores e a sua Formação*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, Instituto de Inovação Educacional.
- Osborne, R.J. e Freyberg, P., eds. (1985). *Learning in Science. The implications of children's science*. Auckland, Heinemann, pp. 136-148.

- Peixoto, A. (1993). *Aquisição e Tratamento de Dados em Ciências*. Curso de formação de professores efectuado na Escola Superior de Educação de Viana do Castelo, organizado pelo Projecto Minerva Pólo da ESE de Viana do Castelo, 19, 25 e 26 de Novembro.
- Peixoto, A. (1994). *Epistemologia do método científico*. Trabalho desenvolvido no âmbito da disciplina opcional *Epistemologia da Ciência*, sob orientação de Cachapuz, A., do Curso de Mestrado em Supervisão - especialidade em Física e Química, Aveiro: Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro.
- Peixoto, A. (1995). *A Tecnologia de Informação no Laboratório de Física e Química*. Curso de formação contínua de professores efectuado na Escola Secundária Rocha Peixoto, organizado pelo Centro de Formação de Professores da Póvoa de Varzim, 10 de Outubro a 12 de Dezembro.
- Peixoto, A. e Ferrer Correia, A. (1995). *Contributo do SATD na análise e interpretação de gráficos*. Comunicação apresentada no encontro "O computador no laboratório de Ensino-sistemas de aquisição e tratamento de dados, Sector de Informática do Centro Integrado de Formação de Professores, 17 de Novembro, Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Peixoto, A., Branco, C., Ribeiro, H., Martins, M. F., Cristino, R. M. e Cerqueira, T. (1993 b). *Aplicação da folha de cálculo na Física e na Química*. Comunicação apresentada no "II Seminário de aquisição e Tratamento de Dados em Ciências", organizado pelo Projecto Minerva Pólo da Universidade do Porto, 17 e 18 de Junho, Porto.
- Peixoto, A., Branco, C., Ribeiro, H., Martins, M. F., Cristino, R. M. e Cerqueira, T. (1993a). *Ciências Físico-Químicas: manual de actividades de Química*. Porto: Porto Editora.

- Penzias, A. (1992). *Ideias e Informação*. Coleção Ciência Aberta, Lisboa: Edições Gradiva.
- Pereira, D. C. (1991). Energia: um Conceito Integrador. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, nº 46, pp. 31-35.
- Pereira, M. P. (1991). Trabalho Experimental-finalidades e recursos. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, vol. 46, pp. 75-78.
- Pina, E. M. e Patrício, M. A. (1992). Utilização da folha de cálculo no ensino/aprendizagem da Física: Algumas sugestões. *Gazeta de Física*, vol. 15, Fasc. 4, pp. 121-124.
- Ponte, J. (1988). *O Computador um Instrumento da Educação*. 3ª Edição, Lisboa: Texto Editora.
- Ponte, J. P. (1991). A Formação contínua na estaca zero?. *Formação Contínua de Professores. Realidade e Perspectivas*, Universidade de Aveiro, pp. 129-132.
- Ponte, J. P. (1993). Os Professores e as Novas Tecnologias : Desafios Profissionais e Experiências de Formação. *Informática & Educação*, nº 4, pp. 56-67.
- Ramos, M. (1992). Entropia: sua Evolução e Ensino. *8ª Conferência Nacional de Física- Física 92*, 15-18 de Setembro, Vila Real: pp. 626.
- Report of an International Conference organised by the Portuguese Ministry of Education and the OECD (1991). *New information technologies in schools: Teacher training, research and the role of higher education*. Gabinete de Estudos e Planeamento, Ministério da Educação.
- Rhodes, S. B. (1986). A microcomputer kymograph. *Journal of College Science Teaching*, vol. 15, pp. 523-527.

- Ribeiro, C. e Rocha, M. L. (1993). *Novas Perspectivas no Ensino da Física e da Química*. Série Tecnologia, Gabinete de Estudos e Planeamento, Ministério da Educação.
- Ribeiro, L. C. (1993). *Avaliação da Aprendizagem*. 4ª Edição, Lisboa: Texto Editora.
- Rivers, R. H. e Vockell, E. (1987). Computer Simulations to Stimulate Scientific Problem Solving. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 24, nº 5, pp. 403-416.
- Rodrigues, A. e Esteves, M. (1993). *A Análise de Necessidades na Formação de Professores*. Colecção Ciências da Educação, Porto: Porto Editora.
- Rogan, J. M. (1988). Development of a Conceptual Framework of Heat. *Science Education*, vol. 72, nº 1, pp. 103-113.
- Rogers, L. T. (1987). The computer-assisted laboratory. *Physics Education*, vol. 29, nº 1, pp. 46-50.
- Ronen, M., Eylon, B., Rivlin, O. e Ganiel, U. (1993). Designing and Using an Open Graphic Interface for Instruction in Geometrical Optics. *Computers & Education, An International Journal*, vol. 20, nº 4, pp. 299-309.
- Rubio, S., Calvo, J., Suero, M., Pérez, A., Peña, J. e Montanero, M. (1992). Evolucion de los Conceptos en Torno a Calor y Temperatura en los Diferentes Niveles del Sistema Educativo Mediante Mapas Conceptuales. *8ª Conferência Nacional de Física- Física 92*, 15-18 de Setembro, Vila Real: pp. 622-623.
- Santos, B. S. (1993). *Um Discurso Sobre as Ciências*. 6ª Edição, Porto: Edições Afrontamento.
- Santos, E. e Praia, J. (1992). Percurso de Mudança na Didáctica das Ciências. sua Fundamentação Epistemológica. *Ensino das Ciências e Formação de Professores, Projecto MUTARE*, nº1, pp. 7-51.

- Santos, M. E. (1991). *Mudança Conceptual na Sala de Aula: um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Schatz, M. (1989). Mixing Science and Spreadsheets: A Recipe for Success. *The Computing Teacher, Journal of the International Society for Technology in Education*, vol. 16, nº 7, pp. 27-30.
- Schrock, J. R. (1984). Computers in Science Education: Can they go far enough? Have we gone too far? *The American Biology Teacher*, vol. 46, nº 5, pp. 252-256.
- Seddon, T. (1991). Rethinking Teachers and Teacher Education in Science. *Studies in Science Education*, vol. 19, pp. 95-117.
- Solomon, J. (1982). How children learn about energy. Does the first law come first. *The School Science Review*, vol. 63, nº 224, pp. 415-422.
- Solomon, J. (1983). Messy, contradictory and obstinately persistent: a study of children's out-of-school ideas about energy. *The School Science Review*, vol. 65, nº 231, pp. 225-229.
- Solomon, J. (1988). Learning Through Experiment. *Studies in Science Education*, vol. 15, pp. 103-108.
- Solves, J. e Viches, A. (1989). Interacciones Ciencia-Técnica-Sociedade: Um Instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 7, nº 1, pp. 14-20.
- Sprinthall, N. e Sprinthall, R. (1993). *Psicologia Educacional. Uma abordagem desenvolvimentista*. Editora McGraw-Hill, Lisboa: Portugal
- Stavy, R. (1990). Pupils' problems in understanding conservation of matter. *International Journal of Science Education*, vol. 12, nº 5, pp. 501-512.

- Stawinski, W. e Pedagogiczna, W.-(1986). Research into the effectiveness of student experiments in biology teaching. *European Journal of Science Education*, vol. 8, nº 2, pp. 213-224.
- Stein, J. S., Nachmias, R. e Friedler, Y.(1990). An Experimental Comparison of Two Science Laboratory Environments: Traditional and Microcomputer-Based. *Journal of Educational Computing Research*, vol. 6, nº 2, pp. 183-202.
- Summers, M. K. (1983). Teaching heat- an analysis of misconceptions. *School Science Review*, vol. ?, nº ?, pp. 670-676.
- Tavares, J. (1992). *A aprendizagem como construção de conhecimento pela via da resolução de problemas e da reflexão*. Aveiro: Centro de Investigação, Difusão e Intervenção Educacional.
- Tavares, J. (1993). *Dimensão Pessoal e Interpessoal na Formação*. Aveiro: Centro de Investigação, Difusão e Intervenção Educacional.
- Teodoro, V. D. (1992). Educação e computadores. *Educação e Computadores*, Org. Teodoro e Freitas, Série Desenvolvimento dos Sistemas Educativos, Gabinete de Estudos e Planeamento, Ministério da Educação.
- Thornton, R. K. (1987). Tools for scientific thinking: microcomputer-based laboratories for physics teaching. *Physics Education*, vol. 22, nº 4, pp. 230-238.
- Tiberghien, A. (1988). *Learning and teaching at middle school level of concepts and phenomena in physics: the case of temperature*. (preprint)
- Tobin, K. , W. (1986). Secondary Science Laboratory Activities. *European Journal of Science Education*, vol. 8, nº 2, pp. 199-211.
- Valente, J. A.(org.) (1993). *Computadores e Conhecimento. Repensando a Educação*, Universidade Estadual de Campinas, Campinas,Brasil.

- Valente, M. O. (1991). A investigação em didáctica. *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, Universidade de Aveiro, pp. 9-21.
- Veiga, M. L. (1991). Calor e Temperatura- as ideias dos alunos do Ensino Básico. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, nº 46, pp. 53-66.
- Vieira, F. (1993). *Supervisão: uma Prática Reflexiva de Formação de Professores*. Colecção em FOCO, Edições Asa.
- Watson, J. (1990). Cooperative Learning and Computer: One Way to Adress Student Differences. *The Computing Teacher, Journal of the Internacional Society for Technology in Education*, vol. 19, nº 4, pp. 9-12.
- Whyman, D. (1988). An Introductory Experiment in Automatic process Control Using a Microcomputer as Controlier. *Computers & Education, An International Journal*, vol. 12, nº 4, pp. 493-500.
- Winders, A. e Yates, B. (1990). The Traditional Science Laboratory versus a Computerized Science Laboratory: Think Carefully before Supplanting the Old with the New. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, vol. 9, nº 3, pp. 11-15.
- Wu, C., Wen, C. e Wu, L. (1993). A Microcomputer-Controlled Welder Training System. *Computers & Education, An International Journal*, vol. 20, nº 3, pp. 271-274.
- Zeichner, K. M. (1993). *A Formação Reflexiva de Professores: Ideias e Práticas*. Lisboa : Educa-Professores.

Anexo A

**Acetatos sobre o equipamento para o
S.A.T.D**

EQUIPAMENTO PARA A AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

EQUIPAMENTO

- Interface
- Sensores
- Eléctrodos (oxigénio e pH)
- Sondas do sensor de temperatura (vidro e metálica)
- Sondas do sensor de campo magnético

SOFTWARE

- First Sense (aconselhado para o 1º Ciclo do E.B.)
- Datadisc (aconselhado para o 2º e 3º Ciclo do E.B.)
- SoftLab (aconselhado para o 3º Ciclo do E.B. e Secundário)

EQUIPAMENTO PARA A AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

SENSORES PHILIP HARRIS

FIRST SENSE

- Temperatura
- Luz
- Pressão
- Posição
- Rotação
- Som
- Humidade

BLUE BOX

- Amperímetro
- Voltímetro
- Luz
- Temperatura
- Campo magnético
- pH
- Oxigénio
- Filtro de infra-vermelhos
- Pressão

EQUIPAMENTO PARA A AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

EXPERIÊNCIAS

- Medição do estado do tempo;**
- Medição do valor de pH de um solo e de sumos variados;**
- Variação da temperatura de uma substância por adição de outra;**
- Variação de pressão em diferentes meios.**

Anexo B

Cartões de identificação dos formandos



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 01



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 02



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 03



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 04



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 05



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 06



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 07



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 08



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 09



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 10



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 11



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação:12



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 13



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 14



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 15



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 16



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação:17



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 18



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação:19



**Sistema para a Aquisição e
Tratamento de Dados em
tempo real**

Número de Identificação: 20

Anexo C

Formação técnica no S.A.T.D.



Actividade 1

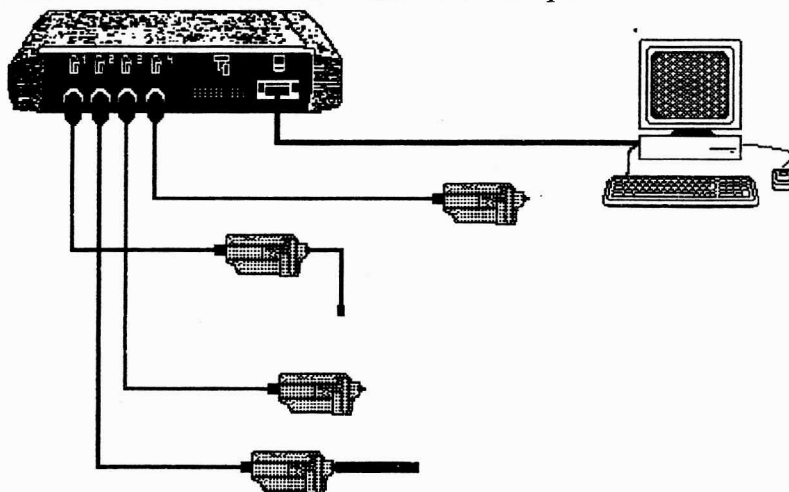
com Sensores

Estado do Tempo

Pretendemos com esta actividade fazer um relatório do estado do tempo.

Material necessário

Sensor de luz
 Sensor de temperatura
 Sensor de rotação
 Sensor de humidade
 Catavento
 Secador de cabelo
 Interface Universal
 Computador
 Impressora



Esquema 1: Ligação dos sensores há interface.

Modo de proceder

1.1 - Ligue os sensores de luz, temperatura, rotação e humidade aos canais da interface conforme representado no esquema 1.

1.2 - Carregue o *software* First Sense.

1.3 - Verifique se todos os sensores estão activos.

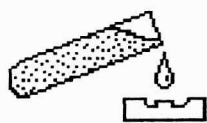
1.4 - Se possuir um sensor de temperatura Blue Box, identifique o sensor activando o canal aonde este se encontra ligado.
 ex: nome do sensor (Temperatura); escala (C); Valor correspondente a 0 V (0); valor correspondente a 1V (100).

1.5 - Accione a tecla f_4 do teclado e escolha a opção Iniciar estado do tempo.

1.6 - Introduza o seu nome no relatório.

1.7 - Imprima o relatório com a ajuda da tecla f_2 ¹.

¹Verifique se a impressora está ligada antes de efectuar esta operação.



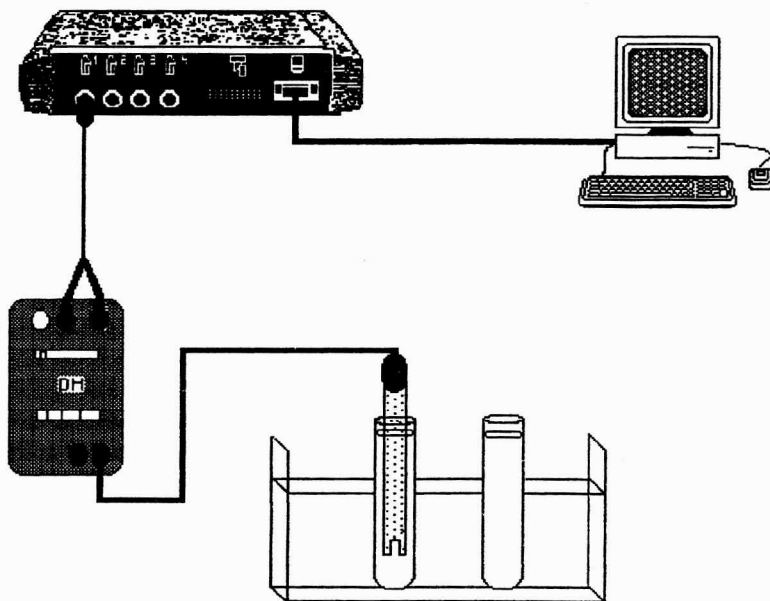
Actividade com Sensores 2

Determinação do pH de um solo e de alguns sumos

Pretendemos com esta actividade determinar o valor do pH de um solo e de diferentes sumos.

Material necessário

Tubos de ensaio
 Suporte de tubos de ensaio
 Espátulas
 Sensor de pH
 Eléctrodo de pH
 Solução tampão com pH=4
 Computador
 Impressora
 Interface Universal
 Água destilada



Reagentes

Terra
 Sulfato de magnésio
 Água destilada
 Coca-cola
 Sumos variados

Esquema 2: Esquema de montagem da experiência

Modo de proceder

CALIBRAÇÃO DO SENSOR DE pH

- 2.1 - Ligue o sensor pH à interface, conforme está representado no esquema 2.
- 2.2 - Carregue o *software* Datadisc.
- 2.3 - Identifique o sensor (pH).
- 2.4 - Posicione a ligação OFF/BATT/ON em **BATT**¹.

¹ Atenção: Não deixe a unidade de ligação muito tempo na posição **BATT**, pois o consumo de corrente no teste é superior ao gasto em todas as operações normais.

2.5 - Coloque a ligação em ON.

PREPARAÇÃO DO ELÉCTRODO DE pH

2.6 - Coloque o eléctrodo de pH em água destilada².

2.7 - Quando pretender calibrar o eléctrodo coloque-o na solução tampão³ e, com a ajuda da ligação SET BUFFER, regule o eléctrodo para o valor exacto de pH (pH = 4).

2.8 - No menu principal escolha a opção **Adquirir Dados Analógicos**.

2.9 - Defina o intervalo de tempo necessário para realizar a experiência.

PROCESSO EXPERIMENTAL

2.10 - Num tubo de ensaio coloque um pouco de terra de um solo, até 1,5 cm de altura e 1 cm de sulfato de magnésio (neutro).

2.11 - Junte depois 3 cm de altura de água.

2.12 - Agite bem o tubo de ensaio e deixe depositar os sólidos.

2.13 - Introduza o sensor de pH de forma a não entrar em contacto com o sólido.

2.14 - Meça o valor de pH do solo.

2.15 - calibre novamente o sensor com o tampão (pH = 4). Faça as medições do valor de pH para as seguintes substâncias:

- coca-cola
- sumos variados

² Se pretender obter outras informações sobre o eléctrodo de pH, consulte o anexo 1.

³ O eléctrodo de pH deve ser calibrado pelo menos de quatro em quatro medições.



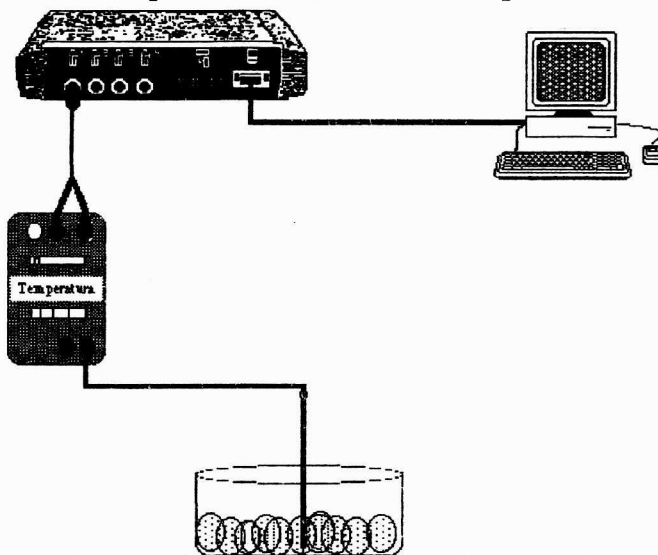
Actividade 3 com Sensores

Ânalise da variação da temperatura numa mistura de gelo e sal da cozinha.

Com a actividade que se segue pretende-se analisar o que acontece ao valor da temperatura quando se adiciona sal da cozinha a gelo.

Material necessário

Gelo
Sal da cozinha
Espátula
Tina de vidro
Sensor de temperatura Blue Box
Computador
Impressora
Interface Universal



Esquema 3: Esquema de montagem da experiência

Modo de proceder

CALIBRAÇÃO DO SENSOR DE TEMPERATURA

- 3.1 - Ligue o sensor temperatura à interface, conforme está representado no esquema 3.
- 3.2 - Carregue o software Datadisc.
- 3.3 - Escolha a opção **Calibrar canal de entrada**.
- 3.4 - Identifique o canal aonde o sensor está ligado (canal 1).
- 3.5 - Identifique o sensor (**temperatura**).
- 3.6 - Coloque o botão regulador na escala **-10 a 40 °C** e faça a respectiva opção no *software*.

3.7 - Posicione a ligação OFF/BATT/ON em BATT¹.

3.8 - Coloque a ligação em ON.

3.9 - No menu principal escolha a opção **Adquirir Dados Analógicos**.

3.10 - Defina o **intervalo de tempo (5 min)** necessário para realizar a experiência.

PROCESSO EXPERIMENTAL

3.11 - Coloque um pequena porção de gelo na tina de vidro. Introduza o sensor de temperatura².

3.12 - Carregue na barra de espaços do teclado do computador para começar a efectuar a leitura.

3.13 - Após 2 minutos adicione sal da cozinha ao gelo e agite. Meça o valor da temperatura durante 3 minutos.

3.14 - Grave e imprima o gráfico obtido.

3.15 - Analise o gráfico obtido.

¹ **Atenção:** Não deixe a unidade de ligada muito tempo na posição BATT, pois o consumo de corrente no teste, é superior ao gasto em todas as operações normais.

² **Atenção:** Antes de fazer a experiência, deixe estabilizar o sensor.



Actividade 4 com Sensores

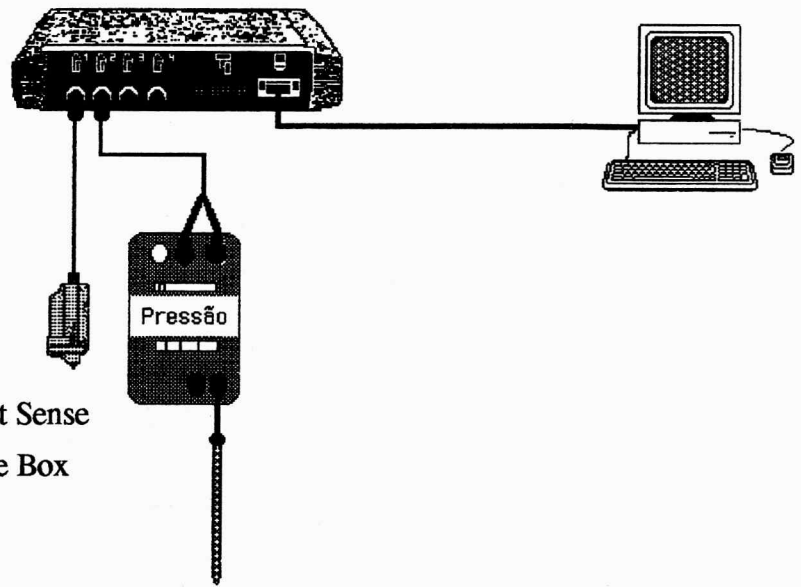
Sensor de pressão First Sense e Blue Box

O sensor de pressão **First Sense** mede a pressão do ar. Mede também a variação de pressão provocada pelo efeito de **sucção**, de **sopro** e, se tiver um balão ligado, a **profundidade** da água. Este sensor pode ainda ser utilizado como **barómetro**.

É possível fazer um registo simultâneo das pressões máximas e mínimas durante uma experiência.

Material necessário

- Balão
- Álcool
- Algodão
- Fio
- Tina com água
- Sensor de pressão First Sense
- Sensor de pressão Blue Box
- Interface Universal
- Computador
- Impressora



Esquema 4: Esquema de montagem da experiência.

Modo de proceder

- 4.1 - Ligue o sensor pressão à interface, conforme está representado no esquema 4.
- 4.2 - Carregue o *software* Datadisc.
- 4.3 - Ligue o sensor First Sense¹ ao canal 1.

¹ Os sensores First Sense não necessitam de calibração, o próprio *software* faz a calibração automática

- 4.4 - Selecione a opção **Adquirir Dados Analógicos**.
- 4.5 - Escolha um tempo determinado para realizar a experiência (1 min).
- 4.6 - Faça várias leituras de sopro e sucção efectuadas, quer directamente no sensor, quer à distância (sopro).
- 4.7 - Grave o registo efectuado.
- 4.8 - Imprima o gráfico resultante.

CALIBRAÇÃO DO SENSOR DE PRESSÃO (BLUE BOX)

- 4.9 - Repita as operações anteriores com o sensor Blue Box, para isso, siga as seguintes instruções:
 - 4.9.1 - no menu principal seleccione a opção **Calibrar canal de entrada**.
 - 4.9.2 - escolha o canal aonde está ligado o sensor (canal 2).
 - 4.9.3 - escolha a opção Philip Harris.
 - 4.9.4 - identifique o tipo de sensor utilizado (pressão).
 - 4.9.5 - seleccione a escala 10 KPa.
 - 4.9.6 - siga as instruções indicadas no software, regulando a barra com ajuda do botão para o valor da pressão atmosférica (101,3 KPa).

PROCESSO EXPERIMENTAL

- 4.10 - Introduza o tubo do sensor de pressão num balão cheio de ar.
- 4.11 - Faça a leitura da pressão no interior do balão.
- 4.12 - Comprima o balão com cuidado e observe os valores assinalados no gráfico.
- 4.13 - Grave o gráfico obtido.
- 4.14 - Introduza o balão dentro de uma tina com água e faça a leitura do valor da pressão no interior deste.
- 4.15 - Compare os resultados com os obtidos na alínea 4.12.

ANEXO 1

PREPARAÇÃO DO ELÉCTRODO DE pH

- Sempre que se retirar o resguardo da membrana sensitiva, deve lavar-se esta com água destilada, para remover possíveis depósitos de sal do exterior do eléctrodo.
- Verificar se a meia célula de referência contém solução até, pelo menos, 80%. Se não estiver, deve encher-se com o electrólito apropriado.
- O eléctrodo de pH é um medidor de alta precisão de pH, por isso, antes de efectuar as primeiras medições, o eléctrodo deve estar em repouso durante aproximadamente, 30 minutos.
- Para calibrar o sensor de pH devem utilizar-se soluções tampão com um valor conhecido que, idealmente, deve cobrir os valores de pH esperados para a amostra.
- As soluções tampão estão definidas para temperaturas de 20 °C. Qualquer variação de temperatura verificada na solução, interfere no valor final do pH.
- Sempre que não for necessário utilizar o eléctrodo de pH, deve-se mergulhá-lo em água destilada.
- Sempre que pretendermos guardar o eléctrodo, devemos lavá-lo com água destilada e secá-lo cuidadosamente.
- O eléctrodo deve ser recalibrado de quatro em quatro medições .
- Deve ter-se o cuidado de manter sempre húmida a membrana sensitiva.

Anexo D

Primeira versão do

"Questionário piloto"

QUESTIONÁRIO

Este questionário integra-se num trabalho de investigação inserido no Mestrado em Supervisão, especialidade em Física e Química e tem como principal objectivo analisar a utilização do equipamento para a aquisição e tratamento de dados na compreensão dos conceitos de calor, temperatura e entropia.

Destina-se a ser aplicado a alunos/futuros professores de Matemática e Ciências da Natureza do 2º Ciclo do Ensino Básico.

Não é um teste de classificação e os dados recolhidos serão anónimos quando divulgados. Obrigado pela sua colaboração.

PARTE I

Características Pessoais

1. Assinale com um X o que corresponde à sua situação:

1.1. *Sexo*: Masculino Feminino

1.2. *Idade*

Menos de 21

21 a 23

24 a 26

Mais de 26

1.3. Qual a área que frequentou no complementar? _____

1.4. Já leccionou alguma vez?

Sim

Não

Se assinalou “Sim”, por favor, explicita o número de anos. _____

1.5. Durante a sua vida de estudante estudou os tópicos de calor, temperatura e entropia?

Sim

Não

Se assinalou “Não”, por favor, assinale com um X o referente ao(s) tópico(s) que não estudou.

Calor

Temperatura

Entropia

PARTE II

Com esta parte do questionário pretendemos saber a sua opinião acerca da ocorrência de determinados fenómenos. Para isso, responda às seguintes questões.

Quando se tratarem de questões de escolha múltipla, coloque um X no correspondente à resposta que considera correcta. Sempre que o for solicitado, justifique a resposta.

2.1. Numa manhã de Inverno haverá diferenças entre a temperatura de um tapete de lã e o chão de pedra?

Sim

Não

Justifique a sua resposta. _____

2.2. Pretende-se arrefecer rapidamente um copo com leite que se encontra muito quente. O que sugere que se faça:

2.2.1. colocar o copo com leite dentro de um recipiente com água fria.

2.2.2. colocar o copo com leite dentro de um recipiente metálico e este dentro de outro com água fria.

Justifique a sua resposta. _____

2.3. Será possível ferver água num copo de papel? Porquê?

2.4. Porque será que dentro de um carro fechado está usualmente mais quente que fora dele?

2.5. Por que será que a queimadura do vapor de água à saída de uma panela de pressão é mais dolorosa que a de água a ferver?

2.6. Se se colocar a mão no vapor de água, longe da saída da panela, notamos que este já não queima, pelo contrário está mais frio. Por que será?

2.7. Para arrefecer rapidamente uma garrafa de vinho, devemos:

2.7.1. colocar a garrafa num balde com gelo.

2.7.2. colocar a garrafa num balde com gelo misturado com água.

Justifique a sua resposta. _____

2.8. Se agitarmos as mãos molhadas em água sentimos frio. Por que será?

2.9. Se agitarmos as mãos molhadas em álcool, sentiremos:

—mais frio do que em 2.8.

—menos frio do que em 2.8.

Justifique a sua resposta. _____

2.10. Se formos sair, num dia muito frio, qual será o melhor agasalho?

2.10.1. um casaco grosso.

2.10.2. várias camisolas leves.

Justifique a sua resposta. _____

2.11. Introduzimos num forno a 60°C , farinha, água e um garfo de alumínio, durante 10 minutos.

Assinale, justificando, a resposta que considera correcta.

2.11.1. A farinha é a que atinge maior temperatura.

2.11.2. O garfo de alumínio é o que atinge maior temperatura.

2.11.3. A água é a que atinge maior temperatura.

2.11.4. Ficam todos à mesma temperatura.

2.12. Se colocarmos em cima de uma mesa à temperatura ambiente (25°C),

— uma batata quente (80°C);

— uma batata fria (25°C);

qual considera mais provável:

2.12.1. que a batata quente arrefeça espontaneamente?

2.12.2. que a batata fria aqueça espontaneamente até atingir 80°C ?

Justifique a sua resposta. _____

2.13. Qual das seguintes frases poderá ser verdadeira para um gás:

2.13.1. tem tendência a expandir-se espontaneamente?

2.13.2. tem tendência a comprimir-se espontaneamente?

Justifique a sua resposta. _____

2.14. Se deixarmos cair ao chão duas latas com feijões de duas qualidades diferentes, como pensa que ficariam espalhados os feijões?

2.14.1. Alinhados 5 a 5.

2.14.2. Todos os de uma qualidade para um lado e os de outra qualidade para o outro.

2.14.3. Espalhados de forma aleatória.

Justifique a sua resposta _____

2.15. Poder-se-á considerar irreversível o acto de partir um ovo? Justifique a sua resposta. _____

2.16. Poder-se-á considerar irreversível a expansão livre de um gás? Justifique a sua resposta. _____

Muito obrigado pela sua colaboração

Anexo E

Primeira versão do

"Questionário final"

QUESTIONÁRIO

A ser administrado a alunos/futuros professores das disciplinas de Matemática e Ciências da Natureza do 2º Ciclo do Ensino Básico, sobre a utilização do equipamento para a aquisição e tratamento de dados na compreensão dos conceitos de calor, temperatura e entropia.



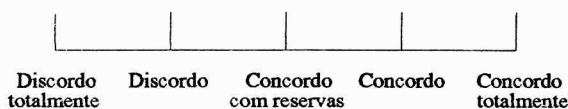
PARTE I

Com as questões incluídas nesta parte do questionário pretende-se recolher dados acerca da formação técnica, nomeadamente, da utilização dos equipamentos (interface, sensores, software) e perspectivas futuras de utilização por parte dos inquiridos. Para isso, coloque um círculo (○) em volta da opção que melhor satisfaz a sua opinião.

Exemplo:



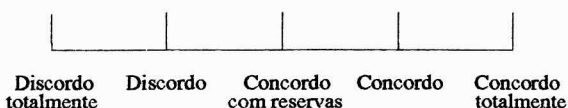
1.1. Os sensores são de fácil utilização.



1.2. O software é de fácil utilização.



1.3. Com a formação técnica de base, o utilizador sente-se seguro para aplicar este tipo de equipamento nas suas aulas.



PARTE II

Com esta parte do questionário pretendemos saber a sua opinião acerca da ocorrência de determinados fenómenos. Para isso, responda às seguintes questões.

Quando se tratarem de questões de escolha múltipla, coloque um X no correspondente à resposta que considera correcta. Sempre que for solicitado, justifique a resposta.

2.1. Adicionou-se um litro de água a 100 °C, a um litro de água à temperatura ambiente (20 °C). Assinale a opção que corresponde ao valor da temperatura final da água.

- 2.1.1. 100 °C
- 2.1.2. 60 °C
- 2.1.3. 120 °C
- 2.1.4. 20 °C
- 2.1.5. 80 °C
- 2.1.6. Nenhum dos valores anteriores é correcto

Justifique a sua resposta. _____

2.2. Quando Jorge pega na sua bicicleta, depois de estar a jogar futebol, num dia de Inverno, sente mais frio quando toca no metal do guiador, do que no punho de plástico. Assinale a afirmação que considera correcta.

- 2.2.1. A manete e o punho estão à mesma temperatura.
- 2.2.2. A manete está a uma temperatura inferior à do punho.
- 2.2.3. Nenhuma das afirmações anteriores é correcta.

Justifique a sua resposta. _____

2.3. Os dois corpos de A e B, representados na figura 1, acabam de ser tirados de um forno a 200 °C após uma estadia prolongada. Assinale a afirmação que considera correcta.

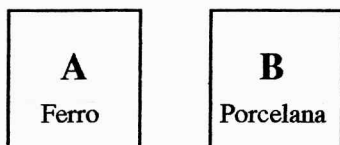


Figura 1: Esquema de representação dos corpos A e B.

- 2.3.1. A temperatura do corpo A é superior à do corpo B.
- 2.3.2. A temperatura do corpo B é superior à do corpo A.
- 2.3.3. Os corpos A e B estão ambos à mesma temperatura.
- 2.3.4. Nenhuma das afirmações anteriores é correcta.

Justifique a sua resposta. _____

2.4. Aqueceu-se água num recipiente, utilizando para isso, uma placa eléctrica na posição máxima de aquecimento. Ao fim de cinco minutos a água começou a ferver, marcando a temperatura de 100 °C. Manteve-se o recipiente com água sobre a placa, nas mesmas condições, durante mais 5 minutos. Que temperatura marcará o termómetro ao fim desse período?

- 2.4.1. mais de 100 °C.
- 2.4.2. 100 °C.
- 2.4.3. menos de 100 °C.

Justifique a sua resposta. _____

2.5. Realizou-se uma experiência que consistiu no aquecimento, em recipiente fechado, de uma determinada massa de gelo inicialmente a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, obtendo-se o gráfico representado na figura 2.

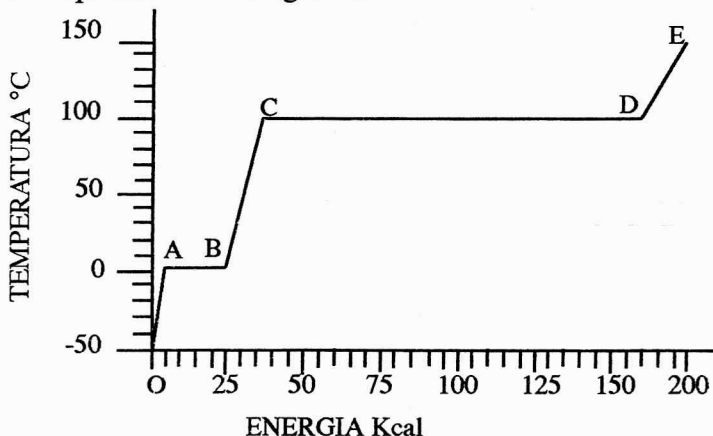


Figura 2: Gráfico de aquecimento de uma determinada massa de água

2.5.1. Complete a seguinte tabela, colocando um X no(s) local(ais) que considera correcto(s):

Tabela nº 1: Análise do gráfico da figura 2

Segmento	Aumenta a temperatura	Aumenta a energia interna	Mudança de estado
OA			
AB			
BC			
CD			
DE			

2.6. Poder-se-á considerar irreversível o acto de queimar uma folha de papel?

Justifique a sua resposta. _____

2.7. Poder-se-á considerar irreversível misturar uma porção de álcool num vaso com água? Justifique a sua resposta. _____

Muito obrigado pela sua colaboração

Anexo F

Versão final do

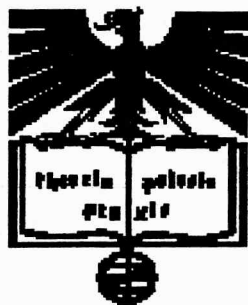
"Questionário piloto"

QUESTIONÁRIO

Este Questionário integra-se num trabalho de investigação inserido num Mestrado em Supervisão, especialidade em Física e Química e tem como principal objectivo analisar a utilização do equipamento para a aquisição e tratamento de dados na compreensão dos conceitos de Calor, Temperatura e Entropia.

Destina-se a ser aplicado a alunos/futuros professores de Matemática e Ciências da Natureza do 2º Ciclo do Ensino Básico.

Não é um teste de classificação e os dados recolhidos serão anónimos quando divulgados. Obrigado pela sua colaboração.



PARTE I

Características Pessoais

1. Assinale com um X o que corresponde à sua situação:

1.1. *Sexo*: Masculino Feminino

1.2. *Idade*

Menos de 21

21 a 23

24 a 26

Mais de 26

1.3. Qual a área e opção que frequentou no ensino complementar? _____

1.4. Já leccionou alguma vez?

Sim

Não

Se assinalou "Sim", por favor, explicita o número de anos. _____

1.5. Durante a sua vida de estudante estudou os tópicos de calor, temperatura e entropia?

Sim

Não

Se assinalou "Não", por favor, assinale com um X o referente ao(s) tópico(s) que não estudou.

Calor

Temperatura

Entropia

PARTE II

Com esta parte do questionário pretendemos saber a sua opinião acerca da ocorrência de determinados fenómenos. Para isso, responda às seguintes questões.

Quando se tratarem de questões de escolha múltipla, coloque um X no correspondente à resposta que considera correcta. Sempre que o for solicitado, justifique a resposta.

2.1. Numa manhã de Inverno haverá diferenças entre a temperatura de um tapete de lã e o chão de pedra?

Sim

Não

Justifique a sua resposta. _____

2.2. Pretende-se arrefecer **rapidamente** um copo com leite que se encontra muito quente. O que sugere que se faça:

2.2.1. colocar o copo com leite dentro de um recipiente com água fria.

2.2.2. colocar o copo com leite dentro de um recipiente metálico e este dentro de outro com água fria.

Justifique a sua resposta. _____

2.3. Será possível ferver água num copo de papel? Porquê?

2.4. Porque será que dentro de um carro fechado está usualmente mais quente que fora dele?

2.5. Por que será que a queimadura do vapor de água à saída de uma panela de pressão é mais dolorosa que a de água a ferver?

2.6. Se se colocar a mão no vapor de água, longe da saída da panela, notamos que este já não queima, pelo contrário está mais frio. Por que será?

2.7. Para arrefecer rapidamente uma garrafa de vinho, devemos:

2.7.1. colocar a garrafa num balde com gelo.

2.7.2. colocar a garrafa num balde com gelo misturado com água.

Justifique a sua resposta. _____

2.8. Se agitarmos as mãos molhadas em água sentimos frio. Por que será?

2.9. Se agitarmos as mãos molhadas em álcool, sentiremos:

—mais frio do que em 2.8.

—menos frio do que em 2.8.

Justifique a sua resposta. _____

2.10. Se formos sair, num dia muito frio, qual será o melhor agasalho?

2.10.1. um casaco grosso.

2.10.2. várias camisolas leves.

Justifique a sua resposta.

2.11. Introduzimos num forno a 60°C , farinha, água e um garfo de alumínio, durante 10 minutos.

Assinale, justificando, a resposta que considera correcta.

2.11.1. A farinha é a que atinge maior temperatura.

2.11.2. O garfo de alumínio é o que atinge maior temperatura.

2.11.3. A água é a que atinge maior temperatura.

2.11.4. Ficam todos à mesma temperatura.

2.12. Se colocarmos em cima de uma mesa à temperatura ambiente (25 °C),

— uma batata quente (80 °C);

— uma batata fria (25 °C);

qual considera mais provável:

2.12.1. que a batata quente arrefeça espontaneamente?

2.12.2. que a batata fria aqueça espontaneamente até atingir 80 °C?

Justifique a sua resposta. _____

2.13. Qual das seguintes frases poderá ser verdadeira para um gás:

2.13.1. tem tendência a expandir-se espontaneamente?

2.13.2. tem tendência a comprimir-se espontaneamente?

Justifique a sua resposta. _____

2.14. Se deixarmos cair ao chão duas latas com feijões de duas qualidades diferentes, como pensa que ficariam espalhados os feijões?

2.14.1. Alinhados 5 a 5.

2.14.2. Todos os de uma qualidade para um lado e os de outra qualidade para o outro.

2.14.3. Espalhados de forma aleatória.

Justifique a sua resposta _____

Muito obrigado pela sua colaboração

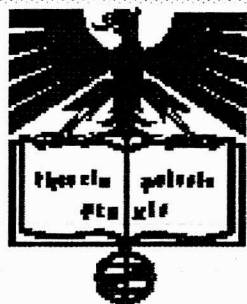
Anexo G

Versão final do

"Questionário final"

QUESTIONÁRIO

A ser administrado a alunos/futuros professores das disciplinas de Matemática e Ciências da Natureza do 2º Ciclo do Ensino Básico, sobre a utilização do sistema para a aquisição e tratamento de dados na compreensão dos conceitos de calor, temperatura e entropia.



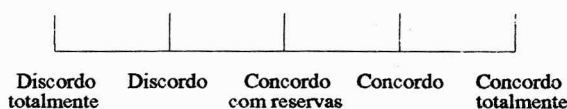
PARTE I

Com as questões incluídas nesta parte do questionário pretende-se recolher dados acerca da formação técnica, nomeadamente, da utilização dos equipamentos (interface, sensores, software) e perspectivas futuras de utilização por parte dos inquiridos. Para isso, coloque um círculo (○) em volta da opção que melhor satisfaz a sua opinião.

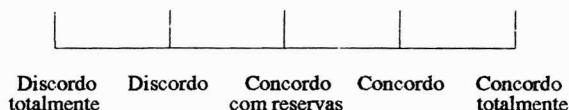
Exemplo:



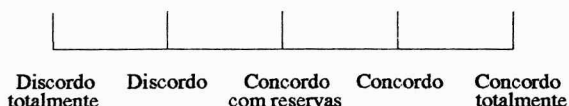
1.1. Os sensores são de fácil utilização.



1.2. O software é de fácil utilização.



1.3. Com a formação técnica de base, o utilizador sente-se seguro para aplicar este tipo de equipamento nas suas aulas.




1.4. Este equipamento poderá ajudar o professor no trabalho experimental.




 Discordo totalmente Discordo Concordo com reservas Concordo Concordo totalmente

1.5. Este equipamento permite ao aluno maior discussão dos fenómenos.



 Discordo totalmente Discordo Concordo com reservas Concordo Concordo totalmente

1.6. Este equipamento poderá estimular o confronto de ideias entre os alunos.



 Discordo totalmente Discordo Concordo com reservas Concordo Concordo totalmente

1.7. Na sua opinião haverá diferenças na exploração do trabalho experimental utilizando o método de aquisição e tratamento de dados e instrumentos de medida clássicos (termómetro, barómetro, gráficos em papel)?

Sim Não

Se assinalou "Sim", por favor, explicita as diferenças que considera mais importantes.

PARTE II

Com esta parte do questionário pretendemos saber a sua opinião acerca da ocorrência de determinados fenómenos. Para isso, responda às seguintes questões.

Quando se tratarem de questões de escolha múltipla, coloque um X no correspondente à resposta que considera correcta. Sempre que for solicitado, justifique a resposta.

2.1. Adicionou-se um litro de água a 100 °C, a um litro de água à temperatura ambiente (20 °C). Assinale a opção que corresponde ao valor da temperatura final da água.

- 2.1.1. 100 °C
- 2.1.2. 60 °C
- 2.1.3. 120 °C
- 2.1.4. 20 °C
- 2.1.5. 80 °C
- 2.1.6. Nenhum dos valores anteriores é correcto

Justifique a sua resposta. _____

2.2. Quando Jorge pega na sua bicicleta, depois de estar a jogar futebol, num dia de Inverno, sente mais frio quando toca no metal do guiador, do que no punho de plástico. Assinale a afirmação que considera correcta.

- 2.2.1. A manete e o punho estão à mesma temperatura.
- 2.2.2. A manete está a uma temperatura inferior à do punho.
- 2.2.3. Nenhuma das afirmações anteriores é correcta.

Justifique a sua resposta. _____

2.3. Os dois corpos de A e B, representados na figura 1, acabam de ser tirados de um forno a 200 °C após uma estadia prolongada. Assinale a afirmação que considera correcta.

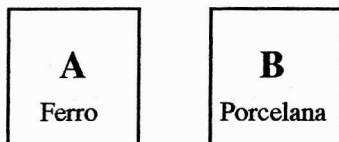


Figura 1: Esquema de representação dos corpos A e B.

2.3.1. A temperatura do corpo A é superior à do corpo B.

2.3.2. A temperatura do corpo B é superior à do corpo A.

2.3.3. Os corpos A e B estão ambos à mesma temperatura.

2.3.4. Nenhuma das afirmações anteriores é correcta.

Justifique a sua resposta.

2.4. Aqueceu-se água num recipiente, utilizando para isso, uma placa eléctrica na posição máxima de aquecimento. Ao fim de cinco minutos a água começou a ferver, marcando a temperatura de 100 °C. Manteve-se o recipiente com água sobre a placa, nas mesmas condições, durante mais 5 minutos. Que temperatura marcará o termómetro ao fim desse período?

2.4.1. mais de 100 °C.

2.4.2. 100 °C.

2.4.3. menos de 100 °C.

Justifique a sua resposta.

2.5. Realizou-se uma experiência que consistiu no aquecimento, em recipiente fechado, de uma determinada massa de gelo inicialmente a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, obtendo-se o gráfico representado na figura 2.

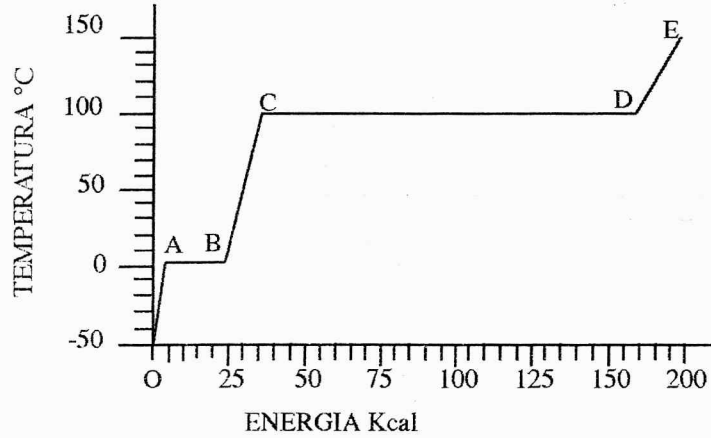


Figura 2: Gráfico de aquecimento de uma determinada massa de água

2.5.1. Complete a seguinte tabela, colocando um X no(s) local(ais) que considera correcto(s):

Tabela nº 1: Análise do gráfico da figura 2

Segmento	Aumenta a temperatura	Aumenta a energia interna	Mudança de estado
OA			
AB			
BC			
CD			
DE			

2.6. Adicionou-se uma porção de água a uma mesma porção de álcool. Ao fim de algum tempo, poder-se-á esperar que estes dois líquidos se separem espontaneamente? Justifique a sua resposta. _____

2.7. Um balde de água em ebulição é adicionado a uma certa quantidade de água fria de uma banheira. A mistura resultante fica a uma temperatura intermédia, quando se tiver atingido o equilíbrio térmico. Será possível obter espontaneamente o volume inicial de água quente separado da restante água fria? Justifique a sua resposta. _____

Muito obrigado pela sua colaboração

Anexo H

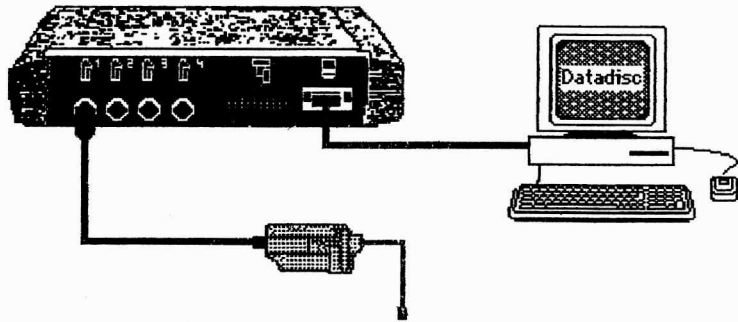
**Primeira versão dos protocolos
experimentais relacionados com os
conceitos de calor, temperatura e
entropia**

1ª Actividade

Com esta actividade pretendemos mostrar como os nossos sentidos podem influenciar as observações e análises que fazemos de determinados fenómenos, e como as nossas sensações não permitem uma apreciação objectiva e rigorosa da temperatura de um sistema.

Material necessário

- Interface universal
- 1 sensor de temperatura First Sense
- 1 computador
- Impressora
- Software (Datadisc)
- Diferentes materiais



Esquema 1- Esquema de montagem do equipamento para a realização da experiência.

Modo de proceder

- 1.1. Com a ajuda de um sensor de temperatura, faça o registo da temperatura de vários objectos que se encontram na sua bancada de laboratório, conforme representado no esquema 1.
- 1.2. Compare os valores das várias temperaturas registadas com as sensações obtidas quando se colocam as mãos nos mesmos materiais.
- 1.3. Para obter os valores correctos das temperaturas, dos diferentes materiais, recorra aos seus valores, sob a forma de tabela fornecido pelo *software*.

Quadro nº 1: Registo de dados

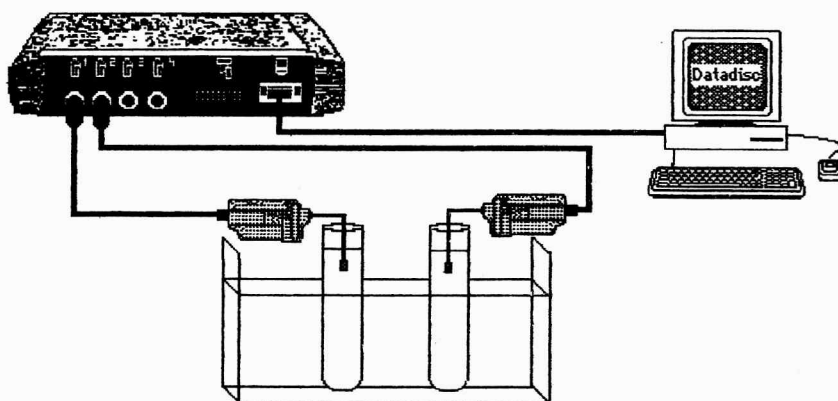
Materiais	Valor da temperatura	Sensação
Madeira		
Teclado do computador		
Metal		

2ª Actividade

Com esta actividade pretendemos analisar a variação da temperatura em duas substâncias iguais colocadas nas mesmas condições.

Material necessário

Interface Universal
 2 sensores de temperatura First Sense
 1 computador
 1 impressora
 Software (Datadisc)
 2 tubos de ensaio
 Suporte de tubos de ensaio
 Água destilada
 Mola de madeira



Esquema 2. Esquema de montagem da experiência.

Modo de proceder

- 2.1. Coloque em dois tubos de ensaio, a mesma quantidade de água, a uma temperatura 25 °C superior à temperatura ambiente.
- 2.2. Em cada tubo de ensaio, coloque um sensor de temperatura First Sense, de acordo com o esquema 2.
- 2.3. Verifique se a temperatura da água é igual nos dois tubos de ensaio.
- 2.4. Proceda à recolha dos valores das temperaturas durante 5 minutos.
- 2.5. Imprima o gráfico obtido.
- 2.6. Grave o gráfico, sem utilizar nomes com mais de oito caracteres.

3ª Actividade

Esta experiência pretende analisar a variação de temperatura em corpos com diferentes superfícies de contacto com o meio ambiente.

Material necessário

Interface Universal

1 computador

Software (Datadisc)

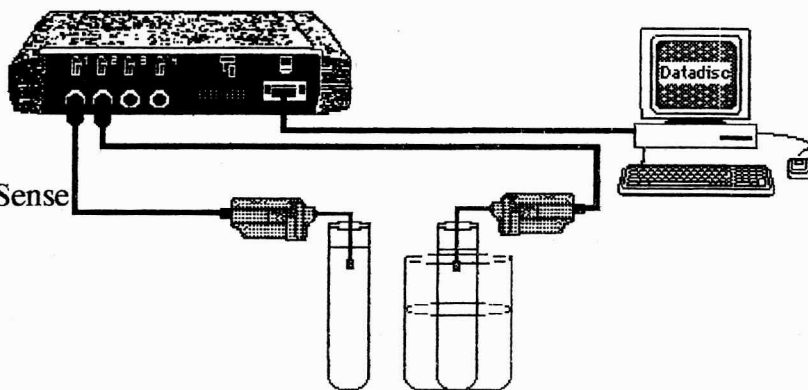
1 impressora

2 sensores de temperatura First Sense

2 tubos de ensaio

Água destilada

Recipiente de vidro



Esquema 3: Esquema da montagem da experiência.

Modo de proceder

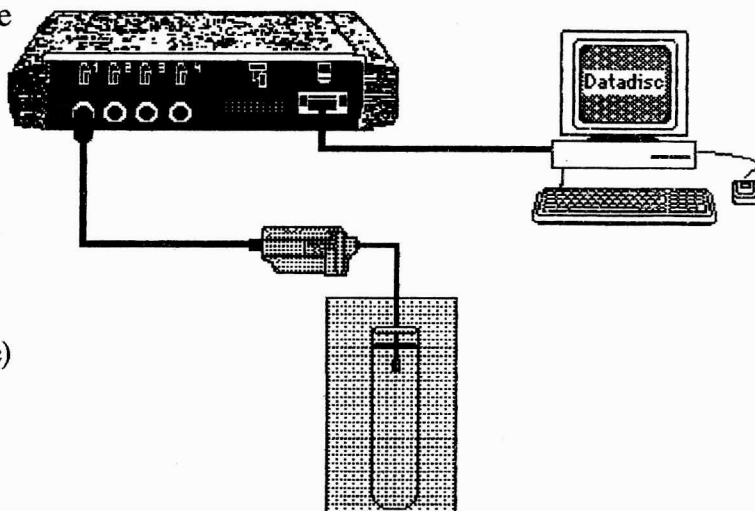
- 3.1. Faça a leitura do valor da temperatura ambiente com ajuda do sensor de temperatura.
- 3.2. Coloque água quente ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$ superior à temperatura ambiente) dentro de um recipiente de vidro, e dentro dos dois tubos de ensaio, de forma a que os dois tubos fiquem com a mesma quantidade de água.
- 3.3. Coloque os dois tubos de ensaio dentro de um recipiente com água quente, de forma a estabilizar o valor da temperatura.
- 3.4. Retire um dos tubos de ensaio do recipiente, e faça a montagem da experiência de acordo com o esquema 3, tendo o cuidado, de colocar os sensores de temperatura, dentro dos tubos de ensaio.
- 3.5. Faça a recolha dos valores das temperaturas durante 5 minutos.
- 3.6. Grave os dados obtidos e imprima o gráfico.
- 3.7. Analise o gráfico obtido.

4ª Actividade

Esta actividade pretende analisar o que ocorre quando se efectua a experiência em sistema aproximadamente isolado.

Material necessário

- 1 sensor de temperatura First Sense
- Interface Universal
- 1 computador
- Software (Datadisc)
- Impressora
- 1 tubo de ensaio
- Água destilada
- Uma caixa isoladora (de esferovite)



Esquema 4: Esquema de montagem da experiência

Modo de proceder

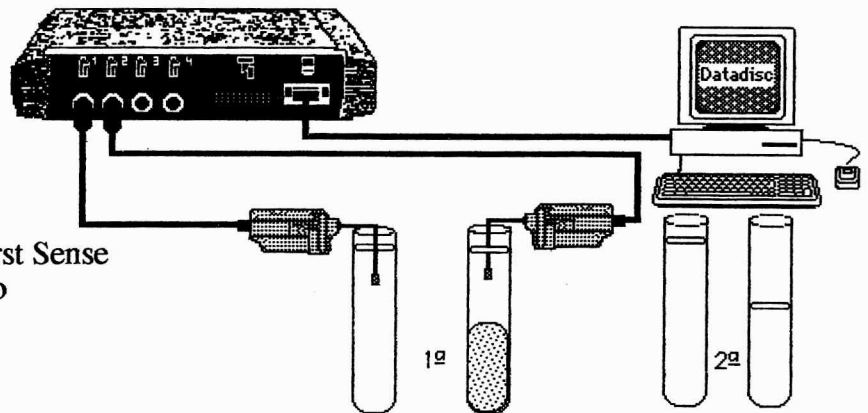
- 4.1. Coloque água quente (a 25 °C superior à temperatura ambiente) dentro de um tubo de ensaio.
- 4.2. Faça uma montagem de acordo com o esquema 4.
- 4.3. Coloque um sensor de temperatura no tubo de ensaio.
- 4.4. Faça a recolha dos valores da temperatura durante 5 minutos.
- 4.5. Grave os dados obtidos e imprima o gráfico.
- 4.6. Sobreponha este gráfico com o obtido na segunda actividade.
- 4.7. Analise e compare os gráficos.
- 4.8. Imprima o gráfico identificando-o convenientemente.

5ª Actividade

Esta actividade pretende analisar qual a influência, da natureza e quantidade das substâncias, na rapidez com que se atinge o equilíbrio térmico.

Material necessário

Interface Universal
1 impressora
1 computador
Software (Datadisc)
Areia
2 tubos de ensaio
Água destilada
1 sensor de temperatura First Sense
Suporte de tubos de ensaio



Esquema 5: Montagem das duas experiências sequenciais

Modo de proceder

- 5.1. Coloque em dois tubos de ensaio a mesma quantidade de água à mesma temperatura (25 °C superior à temperatura ambiente).
- 5.2. Num dos tubos de ensaio adicione um pouco de areia de acordo com o esquema 5 (1ª experiência).
- 5.3. Coloque um sensor de temperatura em cada um dos tubos de ensaio.
- 5.4. Faça a recolha dos valores das temperaturas durante 5 minutos.
- 5.5. Grave os dados obtidos e imprima o gráfico.
- 5.6. Analise o gráfico obtido.
- 5.7. Coloque num dos tubos metade da quantidade de água em relação ao outro tubo de ensaio (2ª experiência).
- 5.8. Repita as operações a partir da alínea 5.3..
- 5.9. Preencha o quadro nº 2, recorrendo aos valores das temperaturas sob a forma de tabela.

Quadro nº 2: Recolha de dados obtidos nas experiências.

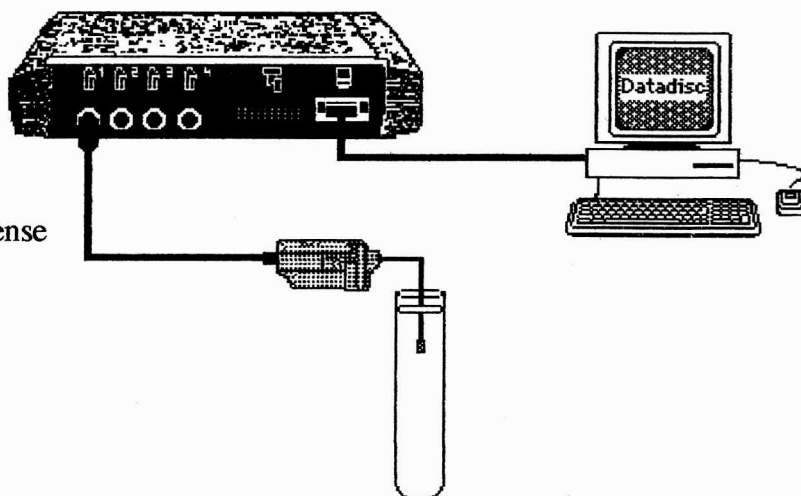
	Substâncias	Quantidade	Temperatura inicial	Temperatura final
1ª experiência				
2ª experiência				

6ª Actividade

Com esta actividade pretende-se determinar a quantidade de calor libertado num sistema aberto.

Material necessário

Interface Universal
 1 impressora
 1 computador
 Software (Datadisc)
 1 sensor de temperatura First Sense
 1 tubo de ensaio
 Água destilada
 Proveta



Esquema 6: Esquema de montagem da experiência

Modo de proceder

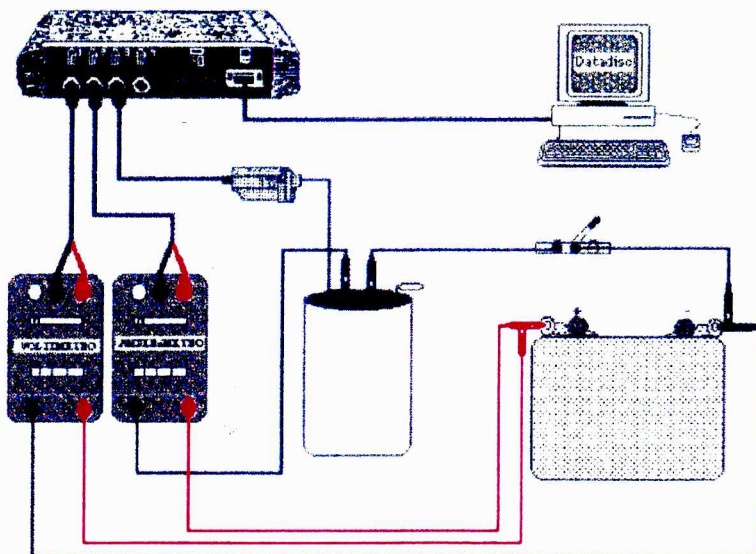
- 6.1. Meça 20 mL de água quente 25 °C superior à temperatura ambiente.
- 6.2. Coloque um sensor de temperatura no tubo de ensaio, conforme representado no esquema 6.
- 6.3. Faça a recolha dos valores das temperaturas, até que a água fique, aproximadamente à temperatura ambiente.
- 6.4. Grave os dados obtidos.
- 6.5. Exporte os valores obtidos para uma folha de cálculo.
- 6.6. Calcule a quantidade de calor libertado nesta experiência.

7ª Actividade

Com esta actividade pretende-se comprovar o princípio de conservação de energia.

Material necessário

Interface Universal
 1 sensor temperatura First Sense
 1 sensor amperímetro Blue Box
 1 sensor voltímetro Blue Box
 1 computador
 Software (Datadisc)
 Impressora
 Calorímetro + agitador
 1 resistência de 6 ohms
 Bateria de 12 V
 Interruptor
 Fios de ligação
 Água destilada



Esquema 7: Montagem do circuito eléctrico.

Modo de proceder

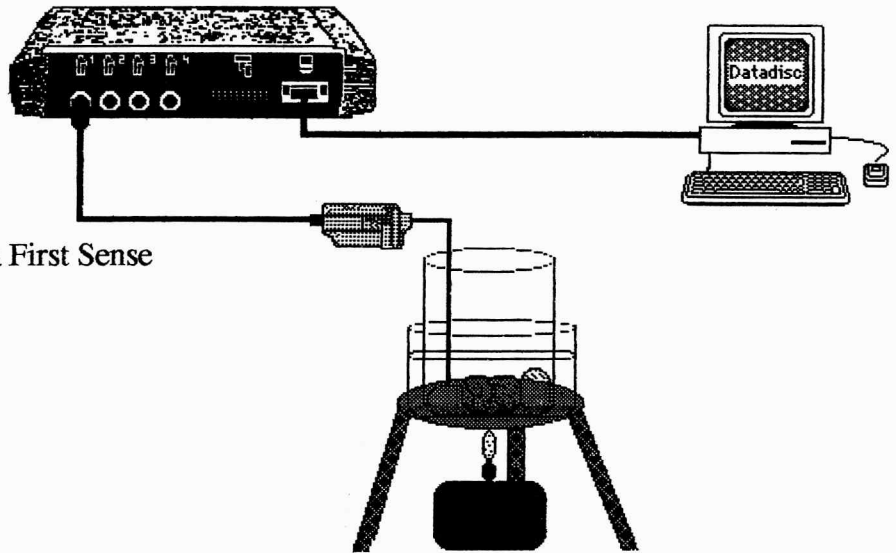
- 7.1. Proceda à calibração dos sensores amperímetro e voltímetro.
- 7.2. Coloque no calorímetro 200 mL de água destilada.
- 7.3. Monte um circuito representado no esquema 7.
- 7.4. Ligue o interruptor.
- 7.5. Adquira os dados fornecidos pelos sensores durante 5 minutos.
- 7.6. Analise os dados obtidos, tendo em atenção as alterações surgidas nesta experiência.
- 7.7. Estabeleça para esta experiência a 1ª Lei da Termodinâmica.

8ª Actividade

Nesta experiência será efectuada a fusão do gelo. Pretende-se com esta actividade analisar os resultados obtidos e interpretá-los à luz do conceito de entropia.

Material necessário

Interface Universal
 1 computador
 Software Datadisc
 Impressora
 Gelo
 1 sensor de temperatura First Sense
 Gobelé
 Tina de vidro
 Lamparina
 Tripé



Esquema 8: Esquema de montagem da experiência

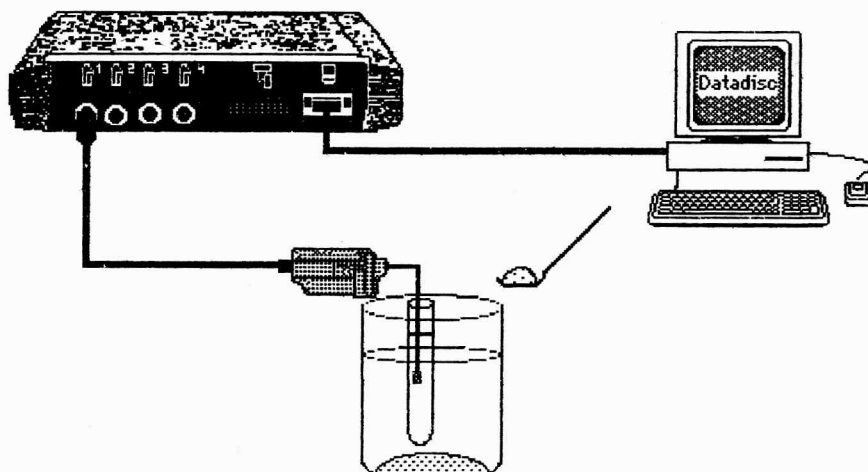
- 8.1. Coloque uma pequena quantidade de água (gelo) num gobelé.
- 8.2. Coloque o gobelé dentro de uma tina com água.
- 8.3. Introduza o sensor de temperatura no gobelé em contacto com o gelo, de acordo com o esquema 8.
- 8.4. Coloque a tina em cima de um tripé, aquecendo o conjunto com a ajuda de uma lamparina .
- 8.5. Faça o registo dos dados no momento em que começa a aquecer o conjunto tina + gelo + água, durante pelo menos 5 minutos.
- 8.6. Imprima o gráfico obtido.
- 8.7. Analise os valores obtidos.

9ª Actividade

Esta actividade surge em sequência da actividade nº 8. Tem como principal objectivo, analisar a variação de temperatura, efectuada sem a realização de trabalho exterior.

Material necessário

- 1 sensor de temperatura First Sense
- Interface Universal
- 1 computador
- Software Datadisc
- Impressora
- Água destilada
- Cloreto de amónia
- Tubo de ensaio
- Gobelé



Esquema 10: Esquema de montagem da experiência

Modo de proceder

- 10.1. Coloque uma pequena porção de cloreto de amónia num gobelé.
- 10.2. Coloque um tubo de ensaio, com uma pequena quantidade de água, dentro de um gobelé, conforme representado no esquema 10.
- 10.3. Coloque o sensor de temperatura em contacto com a água do tubo de ensaio.
- 10.4. Faça a recolha do valor da temperatura da água, que se encontra no tubo de ensaio.
- 10.5. Adicione um pouco de cloreto de amónia à água destilada, tendo o cuidado de continuar a fazer o registo do valor da temperatura.
- 10.6. Faça a aquisição dos valores das temperaturas durante pelo menos 5 minutos.
- 10.7. Imprima o gráfico.
- 10.8. Analise o gráfico obtido.

Anexo I

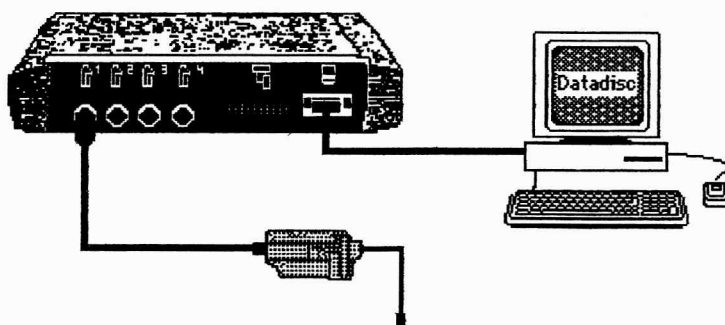
**Versão final dos protocolos
experimentais relacionados com os
conceitos de calor, temperatura e
entropia**

1ª Actividade

Com esta actividade pretendemos mostrar como os nossos sentidos podem influenciar as observações e análises que fazemos de determinados fenómenos, e como as nossas sensações não permitem uma apreciação objectiva e rigorosa da temperatura de um sistema.

Material necessário

- Interface universal
- 1 sensor de temperatura First Sense
- 1 computador
- Impressora
- Software (Datadisc)
- Diferentes materiais



Esquema 1- Esquema de montagem do equipamento para a realização da experiência.

Modo de proceder

- 1.1. Com a ajuda de um sensor de temperatura, faça o registo da temperatura de vários objectos que se encontram na sua bancada de laboratório, conforme representado no esquema 1.
- 1.2. Compare os valores das várias temperaturas registadas com as sensações obtidas quando se colocam as mãos nos mesmos materiais.
- 1.3. Para obter os valores correctos das temperaturas, dos diferentes materiais, recorra aos seus valores, sob a forma de tabela fornecido pelo *software*.

Quadro nº 1: Registo de dados

Materiais	Valor da temperatura	Sensação
Madeira		
Teclado do computador		
Metal		

2ª Actividade

Com esta actividade pretendemos analisar a variação da temperatura em duas substâncias iguais colocadas nas mesmas condições.

Material necessário

Interface Universal

2 sensores de temperatura First Sense

1 computador

1 impressora

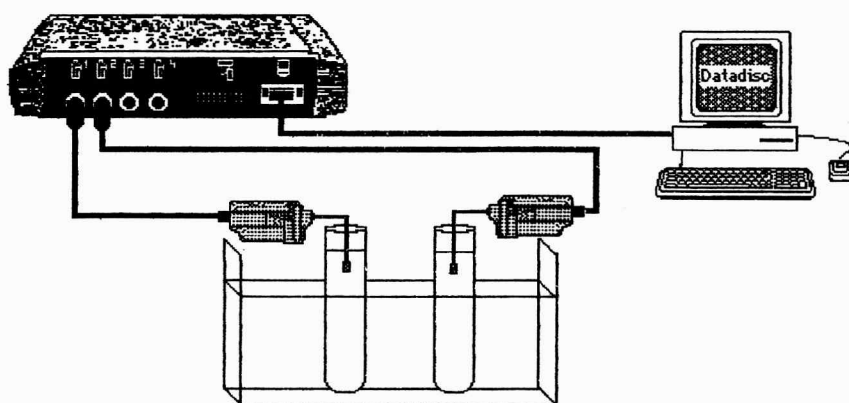
Software (Datadisc)

2 tubos de ensaio

Suporte de tubos de ensaio

Água destilada

Mola de madeira



Esquema 2. Esquema de montagem da experiência.

Modo de proceder

- 2.1. Coloque em dois tubos de ensaio, a mesma quantidade de água, a uma temperatura 25 °C superior à temperatura ambiente.
- 2.2. Em cada tubo de ensaio, coloque um sensor de temperatura First Sense, de acordo com o esquema 2.
- 2.3. Verifique se a temperatura da água é igual nos dois tubos de ensaio.
- 2.4. Proceda à recolha dos valores das temperaturas durante 5 minutos.
- 2.5. Imprima o gráfico obtido.
- 2.6. Grave o gráfico, sem utilizar nomes com mais de oito caracteres.

3ª Actividade

Esta experiência pretende analisar a variação de temperatura em corpos com diferentes superfícies de contacto com o meio ambiente.

Material necessário

Interface Universal

1 computador

Software (Datadisc)

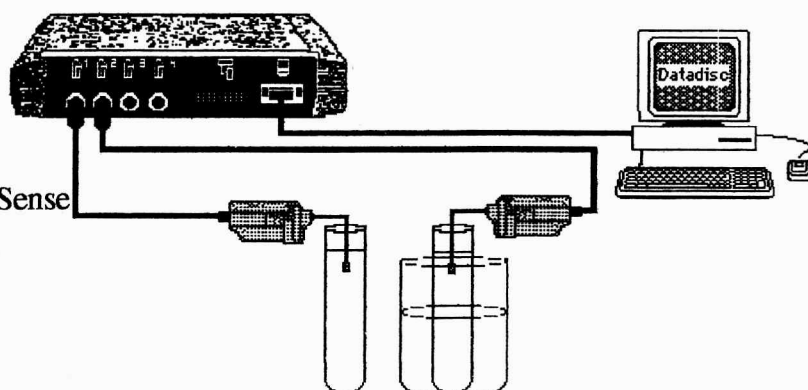
1 impressora

2 sensores de temperatura First Sense

2 tubos de ensaio

Água destilada

Recipiente de vidro



Esquema 3: Esquema da montagem da experiência.

Modo de proceder

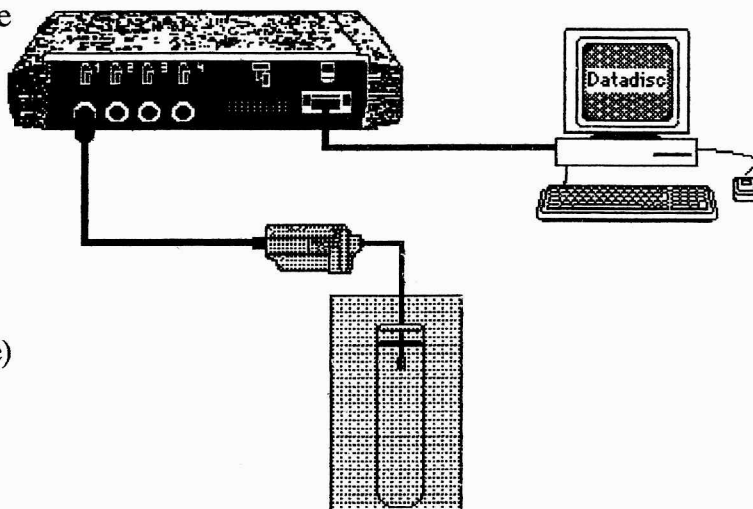
- 3.1. Faça a leitura do valor da temperatura ambiente com ajuda do sensor de temperatura.
- 3.2. Coloque água quente ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$ superior à temperatura ambiente) dentro de um recipiente de vidro, e dentro dos dois tubos de ensaio, de forma a que os dois tubos fiquem com a mesma quantidade de água.
- 3.3. Coloque os dois tubos de ensaio dentro de um recipiente com água quente, de forma a estabilizar o valor da temperatura.
- 3.4. Retire um dos tubos de ensaio do recipiente, e faça a montagem da experiência de acordo com o esquema 3, tendo o cuidado, de colocar os sensores de temperatura, dentro dos tubos de ensaio.
- 3.5. Faça a recolha dos valores das temperaturas durante 5 minutos.
- 3.6. Grave os dados obtidos e imprima o gráfico.
- 3.7. Analise o gráfico obtido.

4ª Actividade

Esta actividade pretende analisar o que ocorre quando se efectua a experiência em sistema aproximadamente isolado.

Material necessário

- 1 sensor de temperatura First Sense
- Interface Universal
- 1 computador
- Software (Datadisc)
- Impressora
- 1 tubo de ensaio
- Água destilada
- Uma caixa isoladora (de esferovite)



Esquema 4: Esquema de montagem da experiência

Modo de proceder

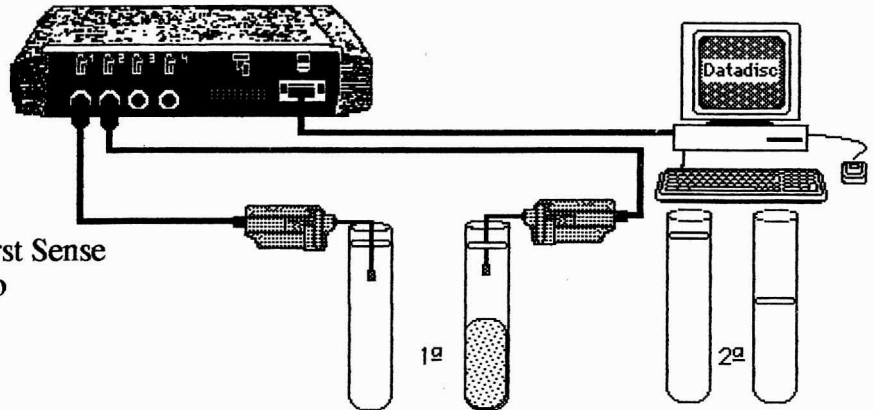
- 4.1. Coloque água quente (a 25 °C superior à temperatura ambiente) dentro de um tubo de ensaio.
- 4.2. Faça uma montagem de acordo com o esquema 4.
- 4.3. Coloque um sensor de temperatura no tubo de ensaio.
- 4.4. Faça a recolha dos valores da temperatura durante 5 minutos.
- 4.5. Grave os dados obtidos e imprima o gráfico.
- 4.6. Sobreponha este gráfico com o obtido na segunda actividade.
- 4.7. Analise e compare os gráficos.
- 4.8. Imprima o gráfico identificando-o convenientemente.

5ª Actividade

Esta actividade pretende analisar qual a influência, da natureza e quantidade das substâncias, na rapidez com que se atinge o equilíbrio térmico.

Material necessário

Interface Universal
 1 impressora
 1 computador
 Software (Datadisc)
 Areia
 2 tubos de ensaio
 Água destilada
 1 sensor de temperatura First Sense
 Suporte de tubos de ensaio



Esquema 5: Montagem das duas experiências sequenciais

Modo de proceder

- 5.1. Coloque em dois tubos de ensaio a mesma quantidade de água à mesma temperatura (25 °C superior à temperatura ambiente).
- 5.2. Num dos tubos de ensaio adicione um pouco de areia de acordo com o esquema 5 (1ª experiência).
- 5.3. Coloque um sensor de temperatura em cada um dos tubos de ensaio.
- 5.4. Faça a recolha dos valores das temperaturas durante 5 minutos.
- 5.5. Grave os dados obtidos e imprima o gráfico.
- 5.6. Analise o gráfico obtido.
- 5.7. Coloque num dos tubos metade da quantidade de água em relação ao outro tubo de ensaio (2ª experiência).
- 5.8. Repita as operações a partir da alínea 5.3..
- 5.9. Preencha o quadro nº 2, recorrendo aos valores das temperaturas sob a forma de tabela.

Quadro nº 2: Recolha de dados obtidos nas experiências.

	Substâncias	Quantidade	Temperatura inicial	Temperatura final
1ª experiência				
2ª experiência				

6ª Actividade.

Com esta actividade pretende-se determinar a quantidade de calor libertado num sistema aberto.

Material necessário

Interface Universal

1 impressora

1 computador

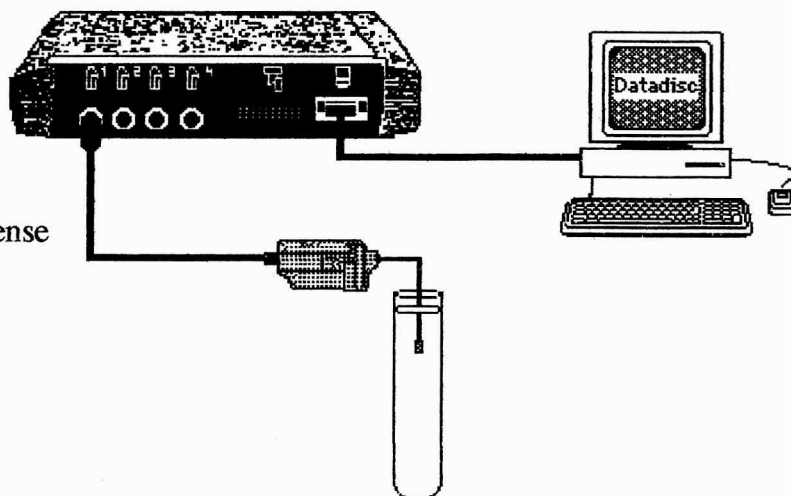
Software (Datadisc)

1 sensor de temperatura First Sense

1 tubo de ensaio

Água destilada

Proveta



Esquema 6: Esquema de montagem da experiência

Modo de proceder

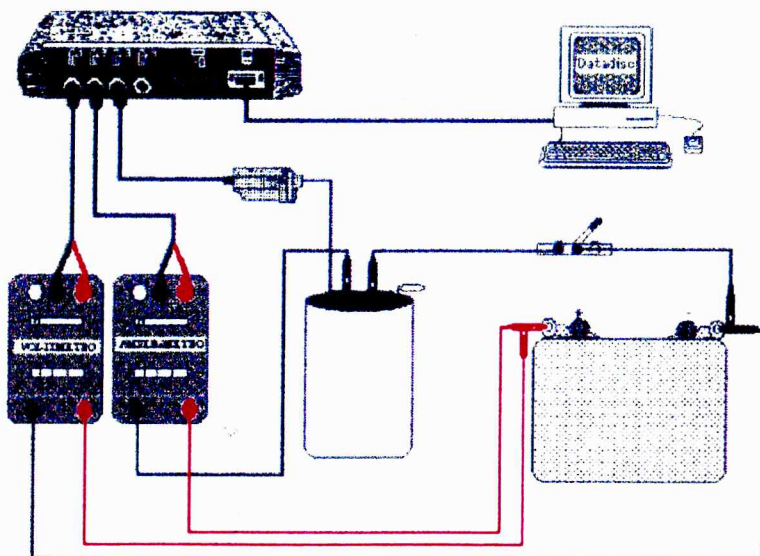
- 6.1. Meça 20 mL de água quente 25 °C superior à temperatura ambiente.
- 6.2. Coloque um sensor de temperatura no tubo de ensaio, conforme representado no esquema 6.
- 6.3. Faça a recolha dos valores das temperaturas, até que a água fique, aproximadamente à temperatura ambiente.
- 6.4. Grave os dados obtidos.
- 6.5. Exporte os valores obtidos para uma folha de cálculo.
- 6.6. Calcule a quantidade de calor libertado nesta experiência.

7ª Actividade

Com esta actividade pretende-se comprovar o princípio de conservação de energia.

Material necessário

Interface Universal
 1 sensor temperatura First Sense
 1 sensor amperímetro Blue Box
 1 sensor voltímetro Blue Box
 1 computador
 Software (Datadisc)
 Impressora
 Calorímetro + agitador
 1 resistência de 6 ohms
 Bateria de 12 V
 Interruptor
 Fios de ligação
 Água destilada



Esquema 7: Montagem do circuito eléctrico.

Modo de proceder

- 7.1. Proceda à calibração dos sensores amperímetro e voltímetro.
- 7.2. Coloque no calorímetro 200 mL de água destilada.
- 7.3. Monte um circuito representado no esquema 7.
- 7.4. Ligue o interruptor.
- 7.5. Adquirir os dados fornecidos pelos sensores durante 5 minutos.
- 7.6. Analise os dados obtidos, tendo em atenção as alterações surgidas nesta experiência.
- 7.7. Estabeleça para esta experiência a 1ª Lei da Termodinâmica.

8ª Actividade

Nesta experiência será efectuada a fusão do gelo. Pretende-se com esta actividade analisar os resultados obtidos e interpretá-los à luz do conceito de entropia.

Material necessário

Interface Universal

1 computador

Software Datadisc

Impressora

Gelo

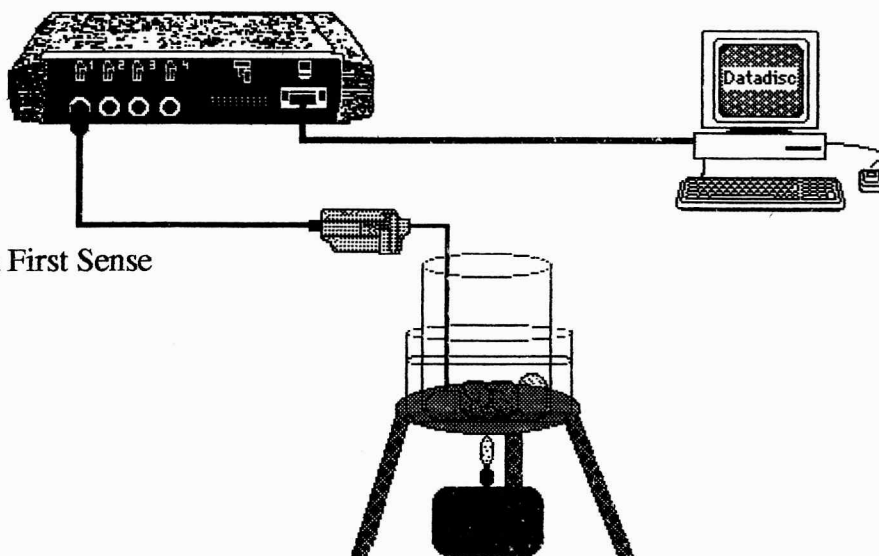
1 sensor de temperatura First Sense

Gobelé

Tina de vidro

Lamparina

Tripé



Esquema 8: Esquema de montagem da experiência

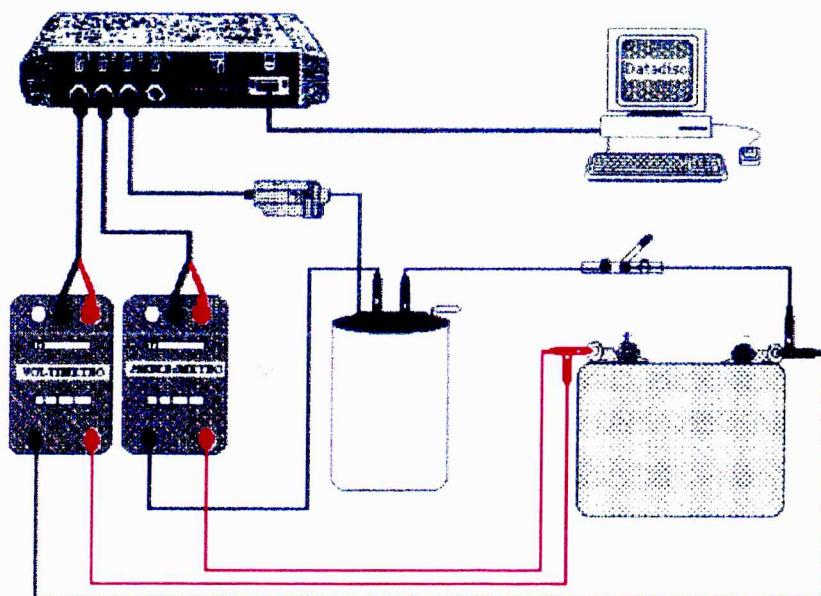
- 8.1. Coloque uma pequena quantidade de água (gelo) num gobelé.
- 8.2. Coloque o gobelé dentro de uma tina com água.
- 8.3. Introduza o sensor de temperatura no gobelé em contacto com o gelo, de acordo com o esquema 8.
- 8.4. Coloque a tina em cima de um tripé, aquecendo o conjunto com a ajuda de uma lamparina .
- 8.5. Faça o registo dos dados no momento em que começa a aquecer o conjunto tina + gelo + água, durante pelo menos 5 minutos.
- 8.6. Imprima o gráfico obtido.
- 8.7. Analise os valores obtidos.

9ª Actividade

Com esta actividade pretende-se efectuar a fusão do gelo, mas em sistema fechado. Esta actividade surge em sequência da actividade nº 8 e pretende analisar os resultados obtidos e interpretá-los à luz do conceito de entropia.

Material necessário

Interface Universal
 1 sensor temperatura First Sense
 1 sensor amperímetro Blue Box
 1 sensor voltímetro Blue Box
 1 computador
 Software (Datadisc)
 Impressora
 Calorímetro + agitador
 1 resistência de 6 ohms
 Bateria de 12 V
 Interruptor
 Fios de ligação
 Gelo



Esquema 9: Montagem do circuito eléctrico.

Modo de proceder

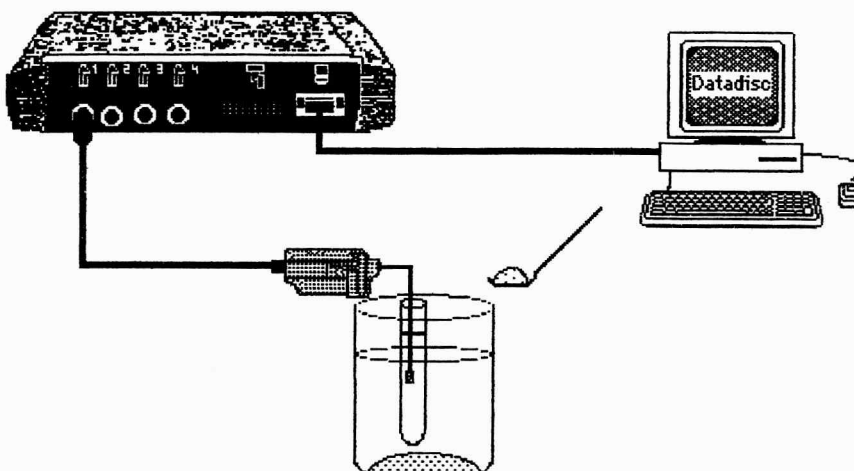
- 9.1. Proceda à calibração dos sensores amperímetro e voltímetro.
- 9.2. Coloque no calorímetro uma pequena quantidade de água (gelo).
- 9.3. Monte o circuito representado no esquema 9, idêntico ao circuito montado no esquema 7.
- 9.4. Ligue o interruptor.
- 9.5. Adquira os dados fornecidos pelos sensores durante 5 minutos.
- 9.6. Analise os dados obtidos, e compare-os com os resultados obtidos na experiência nº 8.
- 9.7. Analise as diferenças existentes nas actividades 8 e 9. Apresente uma justificação para as diferenças observadas.

10ª Actividade

Esta actividade surge em sequência da actividade nº 8. Tem como principal objectivo, analisar a variação de temperatura, efectuada sem a realização de trabalho exterior.

Material necessário

- 1 sensor de temperatura First Sense
- Interface Universal
- 1 computador
- Software Datadisc
- Impressora
- Água destilada
- Cloreto de amónia
- Tubo de ensaio
- Gobelé



Esquema 10: Esquema de montagem da experiência

Modo de proceder

- 10.1. Coloque uma pequena porção de cloreto de amónia num gobelé.
- 10.2. Coloque um tubo de ensaio, com uma pequena quantidade de água, dentro de um gobelé, conforme representado no esquema 10.
- 10.3. Coloque o sensor de temperatura em contacto com a água do tubo de ensaio.
- 10.4. Faça a recolha do valor da temperatura da água, que se encontra no tubo de ensaio.
- 10.5. Adicione um pouco de cloreto de amónia à água destilada, tendo o cuidado de continuar a fazer o registo do valor da temperatura.
- 10.6. Faça a aquisição dos valores das temperaturas durante pelo menos 5 minutos.
- 10.7. Imprima o gráfico.
- 10.8. Analise o gráfico obtido.

Anexo J

Quadros de sistematização das experiências

QUADRO DE SISTEMATIZAÇÃO DAS NOVE EXPERIÊNCIAS

Assinale no quadro com um X as variações ocorridas em cada uma das experiências.

	Substância	Sistema			Variação de temperatura	
		Aberto	Fechado	Isolado	Sim	Não
1ª Experiência						
4ª Experiência						
6ª Experiência						
7ª Experiência						
8ª Experiência						
9ª Experiência						

	Substância	Quantidade	Sistema			Diferença de temperatura entre os 2 sensores	
			Aberto	Fechado	Isolado	Sim	Não
2ª Experiência							
3ª Experiência							
5ª Experiência							

Se fosse permitido voltar a responder ao questionário daria as mesmas respostas?

Sim Não

Se respondeu "Não", por favor, assinale aquelas em que alteraria a sua resposta.

QUADRO DE SISTEMATIZAÇÃO DAS DEZ EXPERIÊNCIAS

Assinale no quadro com um X as variações ocorridas em cada uma das experiências.

	Substância	Sistema			Variação de temperatura	
		Aberto	Fechado	Isolado	Sim	Não
1ª Experiência						
4ª Experiência						
6ª Experiência						
7ª Experiência						
8ª Experiência						
9ª Experiência						
10ª Experiência						

	Substância	Quantidade	Sistema			Diferença de temperatura entre os 2 sensores	
			Aberto	Fechado	Isolado	Sim	Não
2ª Experiência							
3ª Experiência							
5ª Experiência							

Se fosse permitido voltar a responder ao questionário daria as mesmas respostas?

Sim Não

Se respondeu "Não", por favor, assinale aquelas em que alteraria a sua resposta.

Anexo L

Tratamento de dados da I parte de
"Questionário piloto" relativo
à 1^a amostra de formandos

Tratamento dos dados da I Parte do Questionário Piloto

População alvo

1ª amostra

Quadro L.1- Tratamento de dados da questão 1.1 do questionário piloto

<i>Sexo</i>	<i>Nº de formandos</i>	<i>Percentagem de formandos</i>
Masculino	6	33%
Feminino	11	61%
Não assinalado	1	6%
Total	18	100%

Quadro L.2- Tratamento de dados da questão 1.2 do questionário piloto

<i>Idade</i>	<i>Nº de formandos</i>	<i>Percentagem de formandos</i>
Menos de 21	0	0%
21 a 23	8	44%
24 a 26	6	33%
Mais de 26	4	22%
Total	18	100%

Quadro L.3- Tratamento de dados da questão 1.3 do questionário piloto

<i>Áreas de formação</i>	<i>Nº de formandos</i>	<i>Percentagem de formandos</i>
Área A	14	78%
Área B	1	6%
Quimicotecnia	2	11%
Electrotecnia	1	6%
Total	18	100%

Quadro L.4- Tratamento de dados da questão 1.4 do questionário piloto

<i>Prática docente</i>	<i>Nº de formandos</i>	<i>Percentagem de formandos</i>
Sim	1	6%
Não	17	94%
Total	18	100%

Quadro L.5- Tratamento de dados da questão 1.5 do questionário piloto

<i>Conhecimento prévio dos tópicos de calor, temperatura e entropia</i>	<i>Nº de formandos</i>	<i>Percentagem de formandos</i>
Sim	18	100%
Não	0	0%
Total	18	100%

Anexo M

**Tratamento de dados da I parte de
"Questionário piloto" relativo
à 2ª amostra de formandos**

Tratamento dos dados da I Parte do Questionário Piloto

População alvo 2ª Amostra

Quadro M.1- Tratamento de dados da questão 1.1 do questionário piloto

Sexo	Nº de formandos	Percentagem de formandos
Masculino	7	35%
Feminino	13	65%
Total	20	100%

Quadro M.2- Tratamento de dados da questão 1.2 do questionário piloto

Idade	Nº de formandos	Percentagem de formandos
Menos de 21		
21 a 23	4	20%
24 a 26	9	45%
Mais de 26	7	35%
Total	20	100%

Quadro M.3- Tratamento de dados da questão 1.3 do questionário piloto

Áreas de formação	Nº de formandos	Percentagem de formandos
Área A- Desporto	5	25%
Área A- Saúde	8	40%
Área D- Construção Civil	1	5%
Arte e Design	1	5%
Quimicotecnia	1	5%
Electrotecnia	2	10%
Não assinalado	2	10%
Total	20	100%

Quadro M.4- Tratamento de dados da questão 1.4 do questionário piloto

Prática docente	Nº de formandos	Percentagem de formandos
Sim	5	25%
Não	15	75%
Total	20	100%

Nº de anos-5-1; 4-2; 1-1; 3-1

Quadro M.5- Tratamento de dados da questão 1.5 do questionário piloto

Conhecimento prévio dos tópicos de calor, temperatura e entropia	Nº de formandos	Percentagem de formandos
Sim	16	80%
Não	4	20%
Total	20	100%

Entropia não está assinalada-5

Anexo N

Tratamento de dados da I parte de
"Questionário final" da 1^a e 2^a
amostras de formandos

Tratamento de dados do Questionário Final da 1ª e 2ª amostra

Parte I

Quadro N.1. Os sensores são de fácil utilização

Opiniões	Discordo totalmente	Discordo	Concordo com reservas	Concordo	Concordo totalmente
Nº de respostas (1ª amostra)	0	0	4	9	5
Nº de respostas (2ª amostra)	0	0	4	14	2
Nº total de respostas	0	0	8	23	7
Percentagem %	0%	0%	21%	61%	18%

Quadro N.2. O software é de fácil utilização

Opiniões	Discordo totalmente	Discordo	Concordo com reservas	Concordo	Concordo totalmente
Nº de respostas (1ª amostra)	0	0	7	11	0
Nº de respostas (2ª amostra)	0	1	5	14	0
Nº total de respostas	0	1	12	25	0
Percentagem %	0%	3%	32%	66%	0%

Quadro N.3. Com a formação técnica de base, o utilizador sente-se seguro para aplicar este tipo de equipamento nas suas aulas.

Opiniões	Discordo totalmente	Discordo	Concordo com reservas	Concordo	Concordo totalmente
Nº de respostas (1ª amostra)	0	0	12	4	2
Nº de respostas (2ª amostra)	0	0	9	10	1
Nº total de respostas	0	0	21	14	3
Percentagem %	0%	0%	55%	37%	8%

Quadro N.4. Este equipamento poderá ajudar o professor no trabalho experimental

Opiniões	Discordo totalmente	Discordo	Concordo com reservas	Concordo	Concordo totalmente
Nº de respostas (1ª amostra)	0	0	0	14	3
Nº de respostas (2ª amostra)	0	0	3	12	5
Nº total de respostas	0	0	3	26	8
Percentagem %	0%	0%	8%	68%	21%

Sem resposta - 1

Quadro N.5. Este equipamento permite ao aluno maior discussão dos fenómenos.

Opiniões	Discordo totalmente	Discordo	Concordo com reservas	Concordo	Concordo totalmente
Nº de respostas (1ª amostra)	0	0	1	13	3
Nº de respostas (2ª amostra)	0	1	4	8	7
Nº total de respostas	0	1	5	21	10
Percentagem %	0%	3%	13%	55%	26%

Sem resposta - 1

Quadro N.6. Este equipamento poderá estimular o confronto de ideias entre os alunos.

Opiniões	Discordo totalmente	Discordo	Concordo com reservas	Concordo	Concordo totalmente
Nº de respostas (1ª amostra)	0	0	1	12	4
Nº de respostas (2ª amostra)	0	0	3	11	6
Nº total de respostas	0	0	4	23	10
Percentagem %	0%	0%	11%	61%	26%

Sem resposta - 1

Quadro N.7. Na sua opinião haverá diferenças na exploração do trabalho experimental utilizando o método de aquisição e tratamento de dados e instrumentos de medida clássicos.

Opções	Sim	Não
Nº de respostas (1ª amostra)	14	3
Nº de respostas (2ª amostra)	18	2
Nº total de respostas	32	5
Percentagem %	84%	13%

Sem resposta - 1

Anexo O

**Análise descritiva das respostas da I
parte do "Questionário final"
correspondente à questão 1.7**

**Tratamento de dados do questionário final
correspondente à questão 1.7**

I Parte

**Opiniões dos formandos da 1ª e 2ª amostras
(Transcrições)**

- Os métodos de aquisição e tratamento de dados são sem dúvida mais sofisticados e complexos. É necessária toda uma preparação numa formação técnica de base. O que não acontece a nível dos instrumentos de medida.
- Porque os instrumentos de medida clássicos são meios artesanais, sujeitos portanto a erros de precisão humanos na medição e preparação.
- A utilização do computador e dos outros meios permite um estudo mais rigoroso e menos demorado.
- Os gráficos permitem uma maior facilidade na interpretação dos dados, e logo, uma maior rapidez nas conclusões.
- Não justificou (vê diferenças).
- As diferenças mais consideráveis são a fiabilidade dos resultados obtidos pela possibilidade de sistematizar, a obtenção de dados e o seu tratamento e a mais fácil visualização dos mesmos registos, isto é, a possibilidade de os guardar e voltar a utilizar facilmente.
- Penso que o método permitirá um maior rigor no trabalho, embora deva ser também utilizado com cuidado e tenha, como tudo, as suas reservas. Mas penso que o utilizador depois de um pouco familiarizado com ele poderá obter resultados mais correctos, e para além disso, a sua análise estará facilitada.
- Há maior rigor utilizando as novas tecnologias, há um maior aproveitamento do tempo.
- Penso que as experiências realizadas com os sensores são mais exactas e controladas, pois são evitadas variáveis ou factores que poderiam alterar os seus resultados como é o caso do uso dos termómetros.

- Porque neste tipo de aquisição os valores são mais correctos , os gráficos são traçados claramente.
- Não justificou (não vê diferenças)
- Não justificou (não vê diferenças)
- Penso que o tempo gasto na aquisição dos dados é menor quando se utiliza o novo método.
- A principal diferença a registar é uma relação ao tempo de execução da experiência e principalmente em relação à aquisição de dados.
- As medições utilizando este método permite a obtenção de dados mais rigorosos. Simplifica em muito a recolha dos dados. Permite muito menos interferências do meio exterior sobre a experiência.
- Não respondeu a esta página.
- Quase sempre haverá má avaliação nas leituras, com este material este problema não se põe.
- Não justificou (não vê diferenças).
- Os dados são armazenados mais facilmente para posterior tratamento, reduzem-se erros de leitura e obtém-se variações grandes, devido à velocidade e sensibilidade com que os dados são recolhidos.
- Com este tratamento de dados permite visualizar e analisar melhor os resultados.
- No método de aquisição e tratamento de dados existe uma maior precisão no registo de dados.
- Exploração de trabalho experimental mais fácil e com maior precisão nos resultados obtidos utilizando o método de aquisição e tratamento de dados.
- Permite observar pormenores que não é possível utilizando os instrumentos de medida clássicos.

- Este equipamento (método de aquisição de dados) permite obter mais facilmente os dados e permite a construção de gráficos, permite analisá-los, sem ser necessário cálculos longos.
- Sem dúvida que as diferenças existem, nomeadamente ao nível do rigor na aquisição dos dados, assim como, na análise final dos resultados obtidos - a aquisição de dados através de um sistema computadorizado e substancialmente mais rigoroso e preciso.
- Não justificou (não vê diferenças).
- Não justificou (não vê diferenças).
- Haver um tratamento de dados mais específico e rigoroso. o incentivo dos alunos ao se confrontarem com novos materiais e aparelhos.
- Existe uma maior facilidade no registo dos dados e na sua apresentação gráfica.
- Utilizando o método de aquisição e tratamento de dados é possível observar com maior rigor as variações, bem como, as amplitudes destas.
- Os novos materiais incentivam mais os alunos e o tratamento de dados é mais exacto.
- Os resultados são mais rigorosos; permite observar vários fenómenos ao mesmo tempo na mesma experiência.
- O método de aquisição e tratamento de dados permite obter logo após a aquisição de dados os valores da experiência e os gráficos. Os alunos podem assim visualizar e interpretar os resultados das experiências e permite uma obtenção de uma conclusão mais rapidamente.
- A aquisição de dados é facilitada pelos sensores utilizados, assim como o tratamento de dados é deste modo, imediato, facilitando a análise.
- Em relação ao tratamento de dados haverá um maior rigor científico e a aquisição de dados é mais facilitada.

Anexo P

**Tratamento de dados da II parte do
"Questionário piloto" relativo à 1^a e 2^a
amostras de formandos**

Tratamento dos dados da II Parte do Questionário Piloto da 1ª amostra de formandos

Quadro P.1. Referente ao tratamento de dados da II parte do questionário piloto da 1ª amostra

Opção	Correcta			Incorrecta				
	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Alinea								
2.1	8	4	2	1	0	0	-3	0
2.2	3	1	3	1	0	-4	-6	0
2.3	4	1	1	0	0	-5	-4	-3
2.7	2	1	1	1	0	-2	-8	-3
2.9	0	3	1	2	-1	-2	0	-9
2.10	10	4	0	0	0	-1	-2	-1
2.11	6	2	1	1	0	-3	-4	-1
2.12	13	3	0	2	0	0	0	0
2.13	12	3	1	1	0	-1	0	0
2.14	11	0	1	3	0	0	-2	-1
2.15	9	2	1	3	-1	0	-1	-1
2.16	5	1	0	2	0	-5	-2	-3

Alinea	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
2.4	6	11	1	0
2.5	7	2	2	7
2.6	4	7	6	1
2.8	4	4	3	7

Tratamento dos dados da II Parte do Questionário Piloto da 1ª amostra de formandos

Quadro P.2. Referente ao tratamento de dados da II parte do questionário piloto da 1ª amostra em percentagem

Opção		Correcta				Incorrecta					
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada		
Alinea											
	2.1	44%	22%	11%	6%	0%	0%	-17%	0%		
	2.2	17%	6%	17%	6%	0%	-22%	-33%	0%		
	2.3	22%	6%	6%	0%	0%	-28%	-22%	-17%		
	2.7	11%	6%	6%	6%	0%	-11%	-44%	-17%		
	2.9	0%	17%	6%	11%	-6%	-11%	0%	-50%		
	2.10	56%	22%	0%	0%	0%	-6%	-11%	-6%		
	2.11	33%	11%	6%	6%	0%	-17%	-22%	-6%		
	2.12	72%	17%	0%	11%	0%	0%	0%	0%		
	2.13	67%	17%	6%	6%	0%	-6%	0%	0%		
	2.14	61%	0%	6%	17%	0%	0%	-11%	-6%		
	2.15	50%	11%	6%	17%	-6%	0%	-6%	-6%		
	2.16	28%	6%	0%	11%	0%	-28%	-11%	-17%		

Alinea	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
2.4	33%	61%	6%	0%
2.5	39%	11%	11%	39%
2.6	22%	39%	33%	6%
2.8	22%	22%	17%	39%

Tratamento dos dados da II Parte do Questionário Piloto da 2ª amostra de formandos

Quadro P.3. Referente ao tratamento de dados da II parte do questionário piloto da 2ª amostra

Opção	Correcta				Incorrecta			
	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Alinea								
2.1	5	4	1	1	0	-3	-6	0
2.2	5	3	1	1	0	-4	-6	0
2.3	5	1	0	0	0	0	-14	0
2.7	2	0	0	0	0	-15	-3	0
2.9	2	7	1	5	0	-1	-1	-3
2.10	10	8	0	0	0	0	-1	0
2.11	12	1	0	2	-1	-1	-3	1
2.12	15	3	2	0	0	0	0	0
2.13	13	2	1	2	0	0	0	-2
2.14	14	3	0	4	0	0	0	0

Alinea	Justificação	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
2.4		5	14	1	0
2.5		3	5	9	3
2.6		4	12	2	2
2.8		4	6	4	6

Tratamento dos dados da II Parte do Questionário Piloto da 2ª amostra de formandos

Quadro P.4. Referente ao tratamento de dados da II parte do questionário piloto da 2ª amostra em percentagem

Opção	Correcta			Incorrecta				
	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Alinea								
2.1	25%	20%	5%	5%	0%	-15%	-30%	0%
2.2	25%	15%	5%	5%	0%	-20%	-30%	0%
2.3	25%	5%	0%	0%	0%	0%	-70%	0%
2.7	10%	0%	0%	0%	0%	-75%	-15%	0%
2.9	10%	35%	5%	25%	0%	-5%	5%	0%
2.10	50%	40%	0%	0%	0%	0%	-5%	-15%
2.11	60%	5%	0%	10%	5%	-5%	-15%	0%
2.12	75%	15%	10%	0%	0%	0%	0%	5%
2.13	65%	10%	5%	10%	0%	0%	0%	0%
2.14	70%	15%	0%	20%	0%	0%	0%	0%

Alinea	Justificação	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
2.4		25%	70%	5%	0%
2.5		15%	25%	45%	15%
2.6		20%	60%	10%	10%
2.8		20%	30%	20%	30%

Tratamento dos dados da II Parte do Questionário Piloto da 1ª amostra de formandos

Quadro P.5. Tratamento de dados da II parte do questionário piloto da 1ª amostra relativo ao tópico calor

Opção		Correcta				Incorrecta			
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
2.2	Alinea	Amostra							
	1ª amostra	3	1	3	1	0	-4	-6	0
	2ª amostra	5	3	1	1	0	-4	-6	0
	Total	8	4	4	2	0	-8	-12	0
2.7	Alinea	Amostra							
	1ª amostra	2	1	1	1	0	-2	-8	-3
	2ª amostra	2	0	0	0	0	-15	-3	0
	Total	4	1	1	1	0	-17	-11	-3
2.9	Alinea	Amostra							
	1ª amostra	0	3	1	2	-1	-2	0	-9
	2ª amostra	2	7	1	5	0	-1	-1	-3
	Total	2	10	2	7	-1	-3	-1	-12
2.10	Alinea	Amostra							
	1ª amostra	10	4	0	0	0	-1	-2	-1
	2ª amostra	10	8	0	0	0	0	-1	0
	Total	20	12	0	0	0	-1	-3	-1

Justificação		correcta				incorrecta			
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
2.4	Alinea	Amostra							
	1ª amostra	6	11	1	0	1	1	1	0
	2ª amostra	5	14	1	0	1	1	1	0
	Total	11	25	2	0	2	2	2	0
2.8	Alinea	Amostra							
	1ª amostra	4	4	3	7	3	4	3	7
	2ª amostra	4	6	4	6	4	6	4	6
	Total	8	10	7	13	7	10	7	13

Tratamento dos dados da II Parte do Questionário Piloto da 1ª e 2ª amostras de formandos

Quadro P.6. Tratamento de dados da II parte do questionário piloto da 1ª e 2ª amostras referente ao tópico temperatura

Opção		Correcta			Incorrecta			
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	
Alinea	Justificação	Amostra		não justificada				
		1ª amostra	8	4	2	1	0	0
		2ª amostra	5	4	1	1	0	0
	Total	13	8	3	2	0	0	
2.3	Justificação	Amostra		não justificada				
		1ª amostra	4	1	1	0	0	-3
		2ª amostra	5	1	0	0	0	0
	Total	9	2	1	0	0	-3	
2.11	Justificação	Amostra		não justificada				
		1ª amostra	6	2	1	1	0	-1
		2ª amostra	12	1	0	2	-1	-3
	Total	18	3	1	3	-1	-7	

Opção		Correcta			Incorrecta		
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	correcta	parcialmente correcta	incorrecta
Alinea	Justificação	Amostra		não justificada			
		1ª amostra	7	2	2	7	0
		2ª amostra	3	5	9	3	0
	Total	10	7	11	10	0	
2.6	Justificação	Amostra		não justificada			
		1ª amostra	4	7	6	1	0
		2ª amostra	4	12	2	2	0
	Total	8	19	8	3	0	

Tratamento dos dados da II Parte do Questionário Piloto da 1ª amostra de formandos

Quadro P.7. Tratamento de dados da II parte do questionário piloto da 1ª amostra referente ao conceito de entropia

Opção Justificação	Correcta			Incorrecta				
	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Alinea								
2.12	13	3	0	2	0	0	0	0
2.13	12	3	1	1	0	-1	0	0
2.14	11	0	1	3	0	0	-2	-1
2.15	9	2	1	3	-1	0	-1	-1
2.16	5	1	0	2	0	-5	-2	-3

Quadro P.8. Tratamento de dados da II parte do questionário piloto da 2ª amostra referente ao conceito de entropia

Opção Justificação	Correcta			Incorrecta				
	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Alinea								
2.12	15	3	2	0	0	0	0	0
2.13	13	2	1	2	0	0	0	-2
2.14	14	3	0	4	0	0	0	0

Anexo Q

**Tratamento de dados da II parte do
"Questionário final" relativo à
1ª amostra de formandos**

**Tratamento dos dados da II Parte do Questionário Final
da 1ª amostra de formandos**

Quadro Q.1- Tratamento de dados da questão 2.1

Adicionou-se um litro de água a 100 °C, a um litro de água à temperatura ambiente (20 °C).

Assinale a opção que corresponde ao valor da temperatura final da água.

Opção		Correcta				Incorrecta			
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Respostas	Justificação								
Número (n)		7	1	0	0	0	2	8	0
Percentagem (%)		39%	6%	0%	0%	0%	11%	44%	0%

Quadro Q.2- Tratamento de dados da questão 2.2

Quando Jorge pega na sua bicicleta, depois de estar a jogar futebol, num dia de Inverno, sente mais frio quando toca no metal do guiador, do que no punho de plástico. Assinale a afirmação que considera correcta.

Opção		Correcta				Incorrecta			
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Respostas	Justificação								
Número (n)		16	0	0	0	0	0	2	0
Percentagem (%)		89%	0%	0%	0%	0%	0%	11%	0%

Quadro Q.3- Tratamento de dados da questão 2.3

Os dois corpos A e B, representados na figura 1, acabam de ser retirados de um forno a 200 °C após uma estadia prolongada. Assinale a afirmação que considera correcta.

Opção		Correcta				Incorrecta			
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Respostas	Justificação								
Número (n)		14	0	0	1	0	0	3	0
Percentagem (%)		78%	0%	0%	6%	0%	0%	17%	0%

Quadro Q.4- Tratamento de dados da questão 2.4

Aqueceu-se água num recipiente utilizando, para isso, uma placa eléctrica na posição máxima de aquecimento. Ao fim de cinco minutos a água começou a ferver, marcando a temperatura de 100 °C.

Manteve-se o recipiente com água sobre a placa, nas mesmas condições, durante mais 5 minutos.

Que temperatura marcará o termómetro ao fim desse período?

Opção		Correcta				Incorrecta			
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Respostas	Justificação								
Número (n)		14	0	1	0	0	0	1	2
Percentagem (%)		78%	0%	6%	0%	0%	0%	6%	11%

Quadro Q.5- Tratamento de dados da questão 2.5

Realizou-se uma experiência que consistiu no aquecimento em recipiente fechado, de uma massa de gelo inicialmente a -50°C , obtendo-se o gráfico representado na figura 2.

Opção \ Segmento	OA	AB	BC	CD	DE
Nº Correcta	11	5	10	4	11
% Correcta	61%	28%	56%	22%	61%
Nº Incorrecta	1	0	5	0	3
% Incorrecta	6%	0%	28%	0%	17%
Nº Não justificada	0	3	0	2	0
% Não justificada	0%	17%	0%	11%	0%
Nº Parcialmente correcta	6	10	3	12	4
% Parcialmente correcta	33%	56%	17%	67%	22%

Quadro Q.6- Tratamento de dados da questão 2.6

Poder-se-á considerar irreversível o acto de queimar uma folha de papel?

Opção \ Respostas Justificação	Correcta				Incorrecta			
	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Número (n)	13	0	1	2	0	0	1	0
Percentagem (%)	72%	0%	6%	11%	0%	0%	6%	0%

não respondido -1

Quadro Q.7- Tratamento de dados da questão 2.7

Poder-se-á considerar irreversível misturar uma porção de álcool num vaso com água?

Opção \ Respostas Justificação	Correcta				Incorrecta			
	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Número (n)	8	2	0	0	1	1	3	0
Percentagem (%)	44%	11%	0%	0%	6%	6%	17%	0%

não respondido- 3

Anexo R

Tratamento de dados da II parte do

"Questionário final" relativo à

2ª amostra de formandos

**Tratamento dos dados da II Parte do Questionário Final
da 2ª amostra de formandos**

Quadro R.1- Tratamento de dados da questão 2.1

Adicionou-se um litro de água a 100 °C, a um litro de água à temperatura ambiente (20 °C). Assinale a opção que corresponde ao valor da temperatura final da água

Opção		Correcta				Incorrecta			
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Respostas	Justificação								
Número (n)		7	2	0	0	0	-4	-4	-3
Percentagem (%)		35%	10%	0%	0%	0%	20%	20%	15%

Quadro R.2- Tratamento de dados da questão 2.2

Quando Jorge pega na sua bicicleta, depois de estar a jogar futebol, num dia de Inverno, sente mais frio quando toca no metal do guiador, do que no punho de plástico. Assinale a afirmação que considera correcta.

Opção		Correcta				Incorrecta			
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Respostas	Justificação								
Número (n)		18	2	0	0	0	0	0	0
Percentagem (%)		90%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Quadro R.3- Tratamento de dados da questão 2.3

Os dois corpos A e B, representados na figura 1, acabam de ser retirados de um forno a 200 °C após uma estadia prolongada. Assinale a afirmação que considera correcta.

Opção		Correcta				Incorrecta			
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Respostas	Justificação								
Número (n)		18	2	0	0	0	0	0	0
Percentagem (%)		90%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Quadro R.4- Tratamento de dados da questão 2.4

Aqueceu-se água num recipiente utilizando, para isso, uma placa eléctrica na posição máxima de aquecimento. Ao fim de cinco minutos a água começou a ferver, marcando a temperatura de 100 °C. Manteve-se o recipiente com água sob a placa, nas mesmas condições, durante mais 5 minutos. Que temperatura marcará o termómetro ao fim desse período

Opção		Correcta				Incorrecta			
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Respostas	Justificação								
Número (n)		14	5	0	0	0	0	1	0
Percentagem (%)		70%	25%	0%	0%	0%	0%	5%	0%

Quadro R.5- Tratamento de dados da questão 2.5

Realizou-se uma experiência que consistiu no aquecimento em recipiente fechado, de uma massa de gelo inicialmente a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, obtendo-se o gráfico representado na figura 2.

Opção \ Segmento	OA	AB	BC	CD	DE
Nº Correcta	10	10	9	11	10
% Correcta	50%	50%	45%	55%	50%
Nº Incorrecta	8	10	8	9	8
% Incorrecta	40%	50%	40%	45%	40%
Nº Não justificada	0	0	0	0	0
% Não justificada	0%	0%	0%	0%	0%
Nº Parcialmente correcta	2	0	3	0	2
% Parcialmente correcta	10%	0%	15%	0%	10%

Quadro R.6- Tratamento de dados da questão 2.6

Adicionou-se uma porção de água a um porção de álcool. Ao fim de algum tempo, poder-se-á esperar que estes dois líquidos se separem espontaneamente? Justifique a sua resposta.

Opção \ Respostas Justificação	Correcta				Incorrecta			
	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Número (n)	7	0	0	0	0	3	7	3
Percentagem (%)	35%	0%	0%	0%	0%	15%	35%	15%

Quadro R.7- Tratamento de dados da questão 2.7

Um balde de água em ebulição é adicionado a uma certa quantidade de água fria de uma banheira. A mistura resultante a uma temperatura intermédia, quando se tiver atingido o equilíbrio térmico. Será possível obter espontaneamente o volume inicial de água quente separado da restante água fria? Justifique a sua resposta.

Opção \ Respostas Justificação	Correcta				Incorrecta			
	correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Número (n)	13	1	0	2	0	0	1	3
Percentagem (%)	65%	5%	0%	10%	0%	0%	5%	15%

Anexo S

Tratamento de dados da II parte do
"Questionário final" relativo à 1^a
e 2^a amostras de formandos

**Tratamento dos dados da II Parte do Questionário Final
das duas amostras de formandos**

Quadro S.1- Tratamento de dados das duas amostras de formandos relativas às questões da II parte do questionário final

Alinea	Opção	Correcta				Incorrecta			
		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
2.1	1ª amostra (n=18)	7	1	0	0	0	-2	-8	0
	2ª amostra (n=20)	7	2	0	0	0	-4	-4	-3
	Total (n)	14	3	0	0	0	-6	-12	-3
	Percentagem total(1ª+2ª)	37%	8%	0%	0%	0%	-16%	-32%	-8%
2.2	1ª amostra (n=18)	16	0	0	0	0	0	-2	0
	2ª amostra (n=20)	18	2	0	0	0	0	0	0
	Total (n)	34	2	0	0	0	0	-2	0
	Percentagem total(1ª+2ª)	89%	5%	0%	0%	0%	0%	-5%	0%
2.3	1ª amostra (n=18)	14	0	0	1	0	0	-3	0
	2ª amostra (n=20)	18	2	0	0	0	0	0	0
	Total (n)	32	2	0	1	0	0	-3	0
	Percentagem total(1ª+2ª)	84%	5%	0%	3%	0%	0%	-8%	0%
2.4	1ª amostra (n=18)	14	0	1	0	0	0	-1	-2
	2ª amostra (n=20)	14	5	0	0	0	0	1	0
	Total (n)	28	5	1	0	0	0	0	-2
	Percentagem total(1ª+2ª)	74%	13%	3%	0%	0%	0%	0%	-5%
2.6	1ª amostra (n=18)	13	0	1	2	0	0	-1	-1
	2ª amostra (n=20)	7	0	0	0	0	3	7	3
	Total (n)	20	0	1	2	0	3	6	2
	Percentagem total(1ª+2ª)	53%	0%	3%	5%	0%	8%	16%	5%
2.7	1ª amostra (n=18)	8	2	0	0	-1	-1	-3	-3
	2ª amostra (n=20)	13	1	0	2	0	0	1	3
	Total (n)	21	3	0	2	-1	-1	-2	0
	Percentagem total(1ª+2ª)	55%	8%	0%	5%	-3%	-3%	-5%	0%

2.5

Segmento	Opção Amostras		correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
OA	1ª amostra (n=18)		11	6	1	0
	2ª amostra (n=20)		10	2	8	0
	Total (n)		21	8	9	0
	Percentagem total(1ª+2ª)		55%	21%	24%	0%
AB	1ª amostra (n=18)		5	10	0	3
	2ª amostra (n=20)		10	0	10	0
	Total (n)		15	10	10	3
	Percentagem total(1ª+2ª)		54%	36%	36%	11%
BC	1ª amostra (n=18)		10	3	5	0
	2ª amostra (n=20)		9	3	8	0
	Total (n)		19	6	13	0
	Percentagem total(1ª+2ª)		50%	16%	34%	0%
CD	1ª amostra (n=18)		4	12	0	2
	2ª amostra (n=20)		11	0	9	0
	Total (n)		15	12	9	2
	Percentagem total(1ª+2ª)		39%	32%	24%	5%
DE	1ª amostra (n=18)		11	4	3	0
	2ª amostra (n=20)		10	2	8	0
	Total (n)		21	6	11	0
	Percentagem total(1ª+2ª)		55%	16%	29%	0%

Anexo T

Comparação dos resultados do
"Questionário final" e "Questionário
piloto" para as duas amostras de
formandos

Comparação dos resultados do Questionário Final e Questionário Piloto para as duas amostras de formandos

Quadro T.1. Comparação dos resultados obtidos nas questões relacionadas com o conceito de calor nos dois questionários

Questionário	Opção		Correcta				Incorrecta			
	Respostas	Justificação	Alinea		Correcta		Incorrecta		Incorrecta	
			correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Piloto	Número (n)		8	4	4	2	0	-8	-12	0
Piloto	Número (n)		4	1	1	1	0	-17	-11	-3
Final	Número (n)		14	3	0	0	0	-6	-12	-3
Final	Número (n)		28	5	1	0	0	0	0	-2

Quadro T.2. Comparação dos resultados obtidos nas questões relacionadas com o conceito de temperatura nos dois questionários

Questionário	Opção		Correcta				Incorrecta			
	Respostas	Justificação	Alinea		Correcta		Incorrecta		Incorrecta	
			correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Piloto	Número (n)		13	8	3	2	0	-3	-9	0
Piloto	Número (n)		18	3	1	3	-1	-4	-7	-2
Final	Número (n)		34	2	0	0	0	0	-2	0
Final	Número (n)		32	2	0	1	0	0	-3	0

Quadro T.3. Comparação dos resultados obtidos nas questões relacionadas com o conceito de entropia nos dois questionários

Questionário	Opção		Correcta				Incorrecta			
	Respostas	Justificação	Alinea		Correcta		Incorrecta		Incorrecta	
			correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Piloto	Número (n)		28	6	2	2	0	0	0	0
Piloto	Número (n)		25	5	2	3	0	-1	0	-2
Piloto	Número (n)		25	3	1	7	0	0	-2	-1
Final	Número (n)		20	0	1	2	0	-3	-6	-2
Final	Número (n)		21	3	0	2	-1	-1	-2	0

Comparação dos resultados do Questionário Final e Questionário Piloto para as duas amostras de formandos

Quadro T.4. Comparação das percentagens obtidas nas questões relacionadas com o conceito de calor nos dois questionários

Questionário	Opção		Correcta				Incorrecta			
			correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Piloto	Respostas	Justificação	21%	11%	11%	5%	0%	-21%	-32%	0%
Piloto	Percentagem (%)		2.2 P							
Final	Respostas	Justificação	11%	3%	3%	0%	0%	-45%	-29%	-8%
Final	Percentagem (%)		2.7 P							
Final	Respostas	Justificação	37%	8%	0%	0%	0%	-16%	-32%	-8%
Final	Percentagem (%)		2.1 F							
Final	Respostas	Justificação	74%	13%	3%	0%	0%	0%	0%	-5%
Final	Percentagem (%)		2.4 F							

Quadro T.5. Comparação das percentagens obtidas nas questões relacionadas com o conceito de temperatura nos dois questionários

Questionário	Opção		Correcta				Incorrecta			
			correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Piloto	Respostas	Justificação	34%	21%	8%	5%	0%	-8%	-24%	0%
Piloto	Percentagem (%)		2.1 P							
Final	Respostas	Justificação	47%	8%	3%	8%	-3%	-11%	-18%	-5%
Final	Percentagem (%)		2.11 P							
Final	Respostas	Justificação	89%	5%	0%	0%	0%	0%	-5%	0%
Final	Percentagem (%)		2.2 F							
Final	Respostas	Justificação	84%	5%	0%	3%	0%	0%	-8%	0%
Final	Percentagem (%)		2.3 F							

Quadro T.6. Comparação das percentagens obtidas nas questões relacionadas com o conceito de entropia nos dois questionários

Questionário	Opção		Correcta				Incorrecta			
			correcta	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada	coerente	parcialmente correcta	incorrecta	não justificada
Piloto	Respostas	Justificação	74%	16%	5%	5%	0%	0%	0%	0%
Piloto	Percentagem (%)		2.12 P							
Final	Respostas	Justificação	66%	13%	5%	8%	0%	-3%	0%	-5%
Final	Percentagem (%)		2.13 P							
Final	Respostas	Justificação	66%	8%	3%	18%	0%	0%	-5%	-3%
Final	Percentagem (%)		2.14 P							
Final	Respostas	Justificação	53%	0%	3%	5%	0%	-8%	-16%	-5%
Final	Percentagem (%)		2.6 F							
Final	Respostas	Justificação	55%	8%	0%	5%	-3%	-3%	-5%	0%
Final	Percentagem (%)		2.7 F							