



Universidade de Aveiro Departamento de Física
2008

Marta Andreia Almeida Carvalho da Silva **A Temperatura e a Humidade Relativa do ar num Contexto Educacional**



Universidade de Aveiro Departamento de Física
2008

Marta Andreia Almeida Carvalho da Silva **A Temperatura e a Humidade Relativa do ar num Contexto Educacional**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Mário Talaia, Professor Auxiliar do Departamento de Física da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à minha família e a todos que sempre me apoiaram.

o júri

presidente

Doutora Nilza Maria Vilhena Nunes da Costa
Professora catedrática da Universidade de Aveiro

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

Doutor Mário de Almeida Rodrigues Talaia
Professor auxiliar da Universidade de Aveiro (orientador)

agradecimentos

Para que a realização desta dissertação fosse possível contei com a incansável colaboração do meu Orientador, o professor Doutor Mário Talaia, a quem muito agradeço todo o apoio e dedicação dispensado.

palavras-chave

Bem-Estar, Educação Ambiental, Humidade relativa do ar, Índices Bioclimáticos, Questões-Problema, Stress térmico, Temperatura do ar, Trabalho Prático e Turismo

resumo

A Atmosfera é um fascinante laboratório de ensino, pois nela podem-se verificar todos os processos físicos leccionados ao longo dos diversos anos de escolaridade. Assim, podem-se fazer diversos estudos simples que são capazes de responder a diferentes questões relacionadas com o Bem-Estar e turismo, que inquietam todos nós (principalmente os nossos alunos) e que possam ir surgindo aquando da leccionação das temáticas “Mudança Global”, leccionada no 8º ano de escolaridade, e “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”, leccionada no 10º ano de escolaridade.

Esperamos que esta dissertação ajude os profissionais de ensino a promoverem o desenvolvimento de competências de literacia científica e de cidadania, de modo a podermos contribuir para a formação de futuros cidadãos activos e conscientes defensores da Sustentabilidade da Terra.

keywords

Welfare, Environmental Education, Air relative Humidity, Bioclimate Indices, Issues-Problem, Heat Stress, Air Temperature, Practical Activities and Tourism.

abstract

The atmosphere is a fascinating laboratory teaching as it is where numerous physical processes happen, which are taught in different subjects during the school years. It may be planned and developed several practical activities able to answer to the different issues related to the impact it can cause due to the "Climate Changes".

The humidity and the air temperature considered essential to our well-being are investigated in a certain region. In fact, we know that our well-being is an issue that worries not only any citizen but also the politicians and the researchers.

Topics such as "Global Change", taught in 8th form and "In Earth's atmosphere: radiation, composition and structure," taught in the 10th form can lead to the use of new teaching strategies through practical activities.

In this piece of writing are shown different practical activities able to become teaching more pleasant and motivating.

We hope the professionals find in this piece of writing strategies capable to promote skills of scientific literacy and citizenship.

So that we may have in the future dynamic and conscious citizens defenders of the "Earth Sustainability".

Índice

Lista de Figuras	5
Lista de Tabelas	9
Grandezas	11
Capítulo 1. Introdução	13
1.1. Enquadramento	15
1.2. Pertinência do Tema.....	16
1.3. Etapas do Estudo	16
Capítulo 2. Revisão Bibliográfica	19
2.1. Evolução das Perspectivas de Ensino das Ciências	21
2.2. Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências	24
2.2.1. Diversidade de formas do Trabalho Laboratorial	26
2.2.2. Finalidades e Limitações do Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências	
.....	27
2.2.4. Avaliação do Trabalho Laboratorial.....	28
2.3. Resolução de Problemas no Ensino das Ciências	30
2.3.1. Conceito de Problema.....	31
2.3.2. Algumas categorias de Problemas.....	32
2.3.3. Definição de “Problema” versus “Exercício”	33
2.3.4. Resolução de Problemas no Ensino das Ciências.....	35
2.3.5. Dificuldades no âmbito do ensino aprendizagem da Resolução de Problemas	
.....	37

Capítulo 3. A Atmosfera - Um Laboratório de Ensino.....	41
3. Introdução	43
3.1. Equação de estado dos gases perfeitos.....	42
3.2. Equação de Clausius-Clapeyron.....	43
3.3. Conceitos Físicos.....	46
3.3.1. Pressão de vapor	46
3.3.2. Humidade absoluta ou massa volúmica.....	47
3.3.3. Razão de mistura	47
3.3.4. Razão de mistura de saturação	48
3.3.5. Humidade relative	49
3.3.6. Temperatura do ponto de orvalho	50
3.3.7. Temperatura do termómetro molhado.....	50
Capítulo 4. Actividades Experimentais - casos de estudo.....	53
4. Actividades Práticas – casos de estudo	55
4.1. Introdução	55
4.2. Temperatura do Ar e Humidade relativa do Ar.....	56
4.3. Temperatura do Ar	64
4.4. A Temperatura e a Humidade Relativa do Ar no Bem-Estar.....	84
4.5. O Bem-Estar na Actividade Intelectual – Um estudo de Caso	88
4.6. O Bem-Estar: Dias de Inverno e Dias de Verão.....	100
Capítulo 5. Oficina Pedagógica.....	107
5.1. Descrição do grupo participante	110
5.2. Descrição da Oficina Pedagógica.....	110

5.3. Considerações.....	111
Capítulo 6. Considerações Finais e Perspectivas Futuras.....	115
Considerações finais e perspectivas futuras.....	117
Bibliografia.....	121

Lista de Figuras

Figura 2. 1. Os quatro diferentes tipos de Trabalho Prático	25
Figura 2. 2. Importância da Resolução de Problemas no ensino das ciências (Gouveia, 1997).....	37
Figura 2. 3. Dificuldades dos alunos no âmbito da Resolução de Problemas (Gouveia, 1997)	38
Figura 3. 1. Psicrómetro, (a) termómetro de bolbo seco e (b) termómetro de bolbo molhado	51
Figura 3. 2. Tabela que permite avaliar a humidade relativa do ar, quando se aumentam os valores da temperatura do ar e da temperatura do termómetro molhado.....	52
Figura 4. 1. Humidade relativa “ <i>versus</i> ” temperatura do ar	57
Figura 4. 2. Humidade relativa “ <i>versus</i> ” visibilidade horizontal.....	58
Figura 4. 3. Temperatura do ar “ <i>versus</i> ” visibilidade horizontal.....	58
Figura 4. 4. Humidade relativa “ <i>versus</i> ” temperatura do ar: INVERNO	61
Figura 4. 5. Humidade relativa “ <i>versus</i> ” temperatura do ar: PRIMAVERA	61
Figura 4. 6. Humidade relativa “ <i>versus</i> ” temperatura do ar: VERÃO.....	62
Figura 4. 7. Humidade relativa “ <i>versus</i> ” temperatura do ar: OUTONO	62
Figura 4. 8. Humidade relativa “ <i>versus</i> ” temperatura do ar e modelo de um “pacote de ar”	63

Figura 4. 9. Evolução da temperatura global média (IPCC, 2001a)	64
Figura 4. 10. Percepção de um público acerca da alteração do clima e da temperatura do ar	65
Figura 4. 11. Padrão de variação temporal	70
Figura 4. 12. Variação interanual	71
Figura 4. 13. Flutuações para o período em estudo da média da temperatura mínima	72
Figura 4. 14. Flutuações para o período em estudo da média da temperatura máxima	72
Figura 4. 15. Flutuações para o período em estudo da média da temperatura média	73
Figura 4. 16. Oscilação térmica anual (°C).....	75
Figura 4. 17. Amplitude térmica (°C)	75
Figura 4. 18. Número de ocorrências e frequências acumuladas: Janeiro a Maio	77
Figura 4. 19. Número de ocorrências e frequências acumuladas: Junho a Outubro ..	78
Figura 4. 20. Número de ocorrências e frequências acumuladas: Novembro e Dezembro	79
Figura 4. 21. Variabilidade das médias mensais: Janeiro a Junho.....	79
Figura 4. 22. Variabilidade das médias mensais: Julho e Dezembro	80
Figura 4. 23. Variabilidade das médias mensais: Janeiro, Fevereiro, Março e Abril ..	80
Figura 4. 24. Variabilidade das médias mensais: Maio, Junho, Julho e Agosto	81
Figura 4. 25. Variabilidade das médias mensais: Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro	81

Figura 4. 26. Temperatura ao longo do ano	82
Figura 4. 27. Variação anual média da temperatura	82
Figura 4. 28. Dados registados às 9:00, ao longo do ano [adaptado de W.M.O. (1987)]	86
Figura 4. 29. Humidade relativa e temperatura do ar – duas situações	87
Figura 4. 30. Instrumentos de medida usados em dois locais diferentes (interior e exterior).....	91
Figura 4. 31. Ficha de registo para a actividade de bem-estar.....	92
Figura 4. 32. Registos efectuados para a actividade de bem-estar.....	92
Figura 4. 33. Registos para os dois ambientes: interior e exterior.....	93
Figura 4. 34. Humidade relativa “versus” temperatura do ar (interior).....	94
Figura 4. 35. Conforto / desconforto para o interior e exterior da sala	94
Figura 4. 36. Índices Bioclimáticos para o interior da sala	97
Figura 4. 37. Relação entre <i>ITE</i> e <i>ITH</i>	98
Figura 4. 38. <i>ITH</i> para o interior e exterior	98
Figura 4. 39. <i>ITH</i> e <i>ITE</i> para o interior da sala	99
Figura 4. 40. Dados para a região do Porto (interior da sala).....	101
Figura 4. 41. Dados e linhas de tendência para a região do Porto (interior da sala)	101
Figura 4. 42. Dados para a região do Porto e Aveiro	102
Figura 4. 43. Bem-estar Porto e Aveiro [adaptado de WMO (1987)].....	103

Figura 5. 1. Fase de trabalhos: montagem de um psicrómetro111

Figura 5. 2. Fase de trabalhos: o termómetro molhado.....112

Figura 5. 3. Fase de trabalhos: registo de dados113

Lista de Tabelas

Tabela 2. 1. Critérios para distinguir os tipos de trabalho prático.....	26
Tabela 2. 2. Tipos de actividades laboratoriais e respectivos materiais e instrumentos de avaliação, adaptado de Leite (2001)	29
Tabela 2. 3. Tipo de Problemas segundo Watts (1991), adaptado de Bastos (1997)	33
Tabela 2. 4. Enigmas <i>versus</i> Problemas: Implicações Pedagógicas (Neto, 1995)....	34
Tabela 2. 5. Características diferenciadoras de exercício e problema (Gouveia, 1997).....	35
Tabela 3. 1. Temperatura e pressão parcial de saturação do vapor de água em relação a uma superfície plana de água (Varejão, 2005)	46
Tabela 4. 1. Declives por ano e da série: humidade relativa “vs” temperatura do ar.	57
Tabela 4. 2. declives entre parâmetros meteorológicos	57
Tabela 4. 3. Humidade relativa do ar – valores médios máximos	59
Tabela 4. 4. Humidade relativa do ar – valores médios	59
Tabela 4. 5. Declives, por mês, entre humidade relativa e temperatura do ar	60
Tabela 4. 6. Declives, por estação, entre humidade relativa e temperatura do ar.....	60
Tabela 4. 7. Valores mínimos da temperatura mínima por mês e por ano.....	67
Tabela 4. 8. Valores máximos da temperatura mínima por mês e por ano	67
Tabela 4. 9. Valores mínimos da temperatura máxima por mês e por ano	68

Tabela 4. 10. Valores máximos da temperatura máxima por mês e por ano	68
Tabela 4. 11. Valores mínimos da temperatura média por mês e por ano.....	68
Tabela 4. 12. Valores máximos da temperatura média por mês e por ano	68
Tabela 4. 13. Temperatura média por mês e por ano	69
Tabela 4. 14. Temperatura média por mês e por ano (a cores)	69
Tabela 4. 15. Temperatura média mínima	70
Tabela 4. 16. Temperatura média máxima.....	70
Tabela 4. 17. Tendência da Temperatura mínima por mês e por ano.....	73
Tabela 4. 18. Tendência da Temperatura máxima por mês e por ano.....	74
Tabela 4. 19. Tendência da Temperatura média por mês e por ano.....	74
Tabela 4. 20. Valores “resumo” da temperatura (°C)	83
Tabela 4. 21. Valores limites para o Índice <i>ITE</i> [adaptado de Mikani e Amorim (2005)]	96
Tabela 4. 22. Valores limites para o índice <i>ITH</i> [adaptado de Emmanuel (2004)].....	97
Tabela 4. 23. Valores registados e calculados para o dia 28 de Julho de 2007	104
Tabela 4. 24. Valores registados e calculados para o dia 29 de Julho de 2007	105

<u>Grandeza</u>	<u>Símbolo</u>
Constante dos gases perfeitos	R
Constante particular para o “ar seco”	R_a
Constante particular para o vapor de água	e_s
Energia interna	u
Entropia	s
Função de Gibbs	g
Humidade relativa	U
Índice de Temperatura Efectiva	ITE
Índice de Temperatura e Humidade	ITH
Massa	m
Massa de ar seco	m_a
Massa de vapor de água	m_w
Massa Molar	M
Massa molar para o “ar seco”	M_a
Massa molar para o vapor de água	M_w
Massa Volúmica do ar seco	ρ_a
Massa Volúmica do vapor de água	ρ_w
Massa volúmica parcial de saturação	M_{ws}
Pressão de saturação de vapor de água	e_s
Pressão de vapor	e
Pressão parcial exercida pelo ar seco	e_a
Pressão parcial exercida pelo vapor de água	e_w

Pressão standard	p
Quantidade de Substância	n
Razão de mistura	r
Razão de mistura de saturação	r_s
Temperatura Absoluta	T
Temperatura do ponto de orvalho	T_d
Variação de entalpia ou calor de transformação	ΔH
Volume	V
Volume específico	v
Volume molar	V_m

Capítulo 1

Introdução



1.1. Enquadramento

O Homem tem tentado desde sempre estabelecer relações entre si, o tempo e o clima, de forma a poder melhorar as suas próprias condições de vida. Assim, sabendo que a temperatura do ar é o elemento do clima que mais interfere na variação do estado do tempo, é importante, por exemplo avaliar a sua influência na alteração do tempo atmosférico, uma vez que este tema está directamente relacionado com a desertificação e o turismo ao nível mundial, sendo estes temas bastante mediáticos.

O público em geral tem, para a região onde habita, uma noção sobre alguns efeitos provocados pelas alterações climáticas. Apresenta-se como um exemplo típico o caso de Trinidad, que mereceu alguma visibilidade nos meios científicos ao ser considerado na obra da National Geographic (2004). Nesta obra é referido que a subida da temperatura média do ar não se faz sentir por ser uma região, já de si considerada quente. Os cientistas, nomeadamente na área da medicina, começaram a observar que as pessoas estavam a ter problemas de saúde, nomeadamente de foro respiratório. Uma médica afirmou que Trinidad era, há poucos anos, um lugar excelente para o ser humano. Agora, diz ela, é um lugar de preocupação, quer para a investigação quer para a saúde pública. As pessoas começaram a perceber que, o simples acto de respirar está a suscitar muita angústia. As crises asmáticas apareceram e passaram a ser uma preocupação, em particular para a medicina. Hoje tornou-se um problema comum. As alterações climáticas alteraram e afectaram a saúde pública da região. Outras regiões do planeta Terra seguirão os problemas de Trinidad. Assim, é de esperar que os impactos na saúde pública, na medicina, na economia e na política terão de ser adaptados à nova realidade, com custos imprevisíveis.

O IPCC (Painel Intergovernamental de Trocas Climáticas) tem fornecido muita informação relacionada com os impactos das alterações climáticas que, actualmente, estão a condicionar o bem-estar e a qualidade de vida da população em todas as regiões do mundo. Há inúmeros cenários divulgados pela comunidade científica. De acordo com o IPCC (2001a;2001b; 2007), as alterações climáticas poderão produzir um impacto muito prejudicial no ambiente e causar importantes problemas económicos e sociais. Segundo um painel de eminentes peritos internacionais, a temperatura média à superfície da Terra poderá aumentar entre 1.4 °C a 5.8 °C até ao fim do século, se nada se fizer para o impedir.

Assim, sendo, o futuro obrigará à adaptação dos ecossistemas, é necessário que as pessoas se adaptem cada vez mais às alterações climáticas.

É de salientar que, actualmente, os turistas são cada vez mais exigentes e dão cada vez mais importância à localização e implantação de hotéis. Os turistas procuram locais de bem-estar com características paradisíacas. Também, um ambiente interior é afectado, em termos de índice de conforto, pelas condições ambientais exteriores. Os materiais de construção usados condicionam as trocas de energia sob a forma de calor (interior “*versus*” exterior).

1.2. Pertinência do Tema

Assim, atendendo ao que anteriormente foi referido, a temática apresentada nesta dissertação é bastante oportuna, visto que se podem fazer estudos bastante interessantes usando diversos temas mediáticos, tais como o Bem-Estar, a Desertificação e o Turismo, nunca descorrendo a contextualização sugerida pelas Novas Orientações Curriculares, mais especificamente no Ensino da Físico-Química do 8º ano de escolaridade (Tema Sustentabilidade na Terra), bem como do 10º ano de escolaridade, nomeadamente na temática “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”.

Com esta dissertação pretendemos mostrar que é possível criar numa escola uma cultura meteorológica, pois surge, também, como uma tentativa de articulação entre a Investigação em Ciências (Física) e as Práticas de Ensino dos Professores.

1.3. Etapas do Estudo

Para a realização desta dissertação começou-se por efectuar uma pesquisa exaustiva de forma a verificarmos tudo o que tinha sido publicado acerca do tema abordado.

Nesta dissertação utilizaram-se diversos parâmetros atmosféricos, registados na estação meteorológica da Universidade de Aveiro e, também, dados recolhidos em duas regiões distintas. Todos os dados recolhidos foram tratados com a ajuda de programas adequados, como por exemplo o “Microsoft Excel” e, também, o “StatSoft”. Chamamos à atenção ao leitor que a série de anos seleccionada foi condicionada

devido à grande dificuldade em adquirir uma série mais recente. Infelizmente no nosso País a maioria dos dados está “bloqueada”!

Construímos psicrómetros e realizaram-se actividades experimentais.

É importante referir que se realizou uma Oficina Pedagógica para professores, no entanto, esta foi realizado numa conferência internacional, onde a grande maioria dos presentes eram professores de várias áreas e alguns eram estrangeiros (de língua espanhola).

Durante a realização dos diferentes estudos de caso e actividades experimentais, que irão ser apresentados em capítulos posteriores, tentamos, sempre que possível responder a diversas questões-problema.

Esta dissertação é composta por seis capítulos.

O Capítulo 1 inicia com o enquadramento desta dissertação. Ainda neste capítulo apresenta-se a pertinência do tema escolhido e apresenta-se, ainda, as diferentes etapas de estudo para a realização desta dissertação.

O Capítulo 2 apresenta uma breve revisão de bibliografia de forma a podermos fundamentar alguns dos estudos efectuados ao longo das diferentes etapas de estudo.

O Capítulo 3, intitulado “A Atmosfera – um laboratório de ensino”, apresenta diversos conceitos físicos que são fundamentais para a realização dos diferentes estudos apresentados no Capítulo IV.

O Capítulo 4 é constituído pelos diferentes estudos realizados, sendo eles introduzido sempre com pertinentes questões-problema.

O Capítulo 5 apresenta a Oficina Pedagógica realizada com diversos Professores de Ciência.

O Capítulo 6 são feitas as considerações finais e, apresenta, ainda, perspectivas para o futuro.

Por fim, é apresentada toda a bibliografia consultada de forma a ajudar-nos a elaborar esta dissertação.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica



2. Revisão Bibliográfica

Neste Capítulo apresenta-se uma revisão bibliográfica realizada para fundamentar o estudo desta dissertação.

Inicialmente é feita uma breve análise acerca das principais perspectivas de ensino e de que forma estas foram evoluindo e como contribuíram para a orientação do Ensino das Ciências. De seguida é apresentada uma breve síntese acerca do Trabalho Laboratorial utilizado no currículo das Ciências. Por fim, aborda-se o tema Resolução de Problemas e apresenta-se a forma como a Resolução de Problemas melhora a qualidade do ensino das Ciências.

2.1. Evolução das Perspectivas de Ensino das Ciências

Como é sabido existem diversas perspectivas de Ensino das Ciências. Destacamos a Perspectiva de Ensino Por Transmissão (EPT), a Perspectiva de Ensino Por Descoberta (EPD), a Perspectiva de Ensino Por Mudança Conceptual (EMC) e a Perspectiva de Ensino por Pesquisa (EPP).

Segundo Cachapuz *et al.* (2002), a EPT baseia-se no pressuposto de que os conhecimentos existem fora de nós e de que para aprender basta ouvir com atenção. Assim, a didáctica que prevalece é de raiz repetitiva, baseada nas exposições orais do professor e, onde o erro não pode existir. Então, a avaliação, meramente de índole classificatória, mede apenas os conhecimentos memorizados pelos alunos. Quanto ao papel do professor é o de mero transmissor activo, detentor do saber, enquanto que o aluno tem uma função passiva, ou seja, apenas tem o papel de receptor de informação usando a sua actividade mental para acumular, armazenar e reproduzir a informação.

Atendendo ao que foi exposto anteriormente, o trabalho em sala de aula é essencialmente individual e as diferenças sociais entre os alunos não é tida em conta. Então, o professor orienta-se por um grupo de alunos considerados de nível médio e a comunicação é quase sempre no sentido do professor para o aluno. O professor debita a matéria sem a intencionalidade de provocar articulações quer horizontais quer verticais entre os conteúdos.

Almeida (2003) refere que nesta perspectiva de ensino “dar o programa” é confundido com “aprender o programa”.

Os trabalhos experimentais, quando existem, têm um grau de abertura reduzido, pois estão direccionados principalmente para a demonstração, uma vez que contêm um protocolo experimental minuciosamente detalhado. Assim, pretende-se registos neutros e rigorosos.

Quanto ao EPD, Cachapuz *et al.* (2002) referem que os alunos passam a ser mais interveniente no seu processo de ensino/aprendizagem. Os trabalhos práticos dão um papel mais activo ao aluno, uma vez que a partir deles os alunos conseguem descobrir factos e conhecimento científico. Assim, esta perspectiva de ensino considera que os conceitos nascem espontaneamente a partir das experiências, não havendo lugar para uma construção activa do conhecimento, porque não existe diálogo de ideias e não há a preocupação com o que os alunos já sabem.

É de salientar que nesta perspectiva, o erro é evitado e as experiências mecanicistas são estimuladas. A aprendizagem centra-se na descoberta, ou seja, no observável. O significado, a elaboração e a construção pessoal do conhecimento fica fragilizado e confunde-se o “descobrir que” com o “descobrir porque” (Ruivo, 2003).

Na EPD, o trabalho experimental é o instrumento privilegiado, tem-se a convicção de que as capacidades processuais melhoram a capacidade de pensar e aprender. No entanto, o que está em jogo é um exercício mecânico, independente do conteúdo e do contexto. Nesta perspectiva só se valorizam os resultados, não se questiona nem o porquê nem o significado dos resultados, cria-se a ilusão de que aprender é fácil e que não é necessário um grande esforço.

A EMC considera que a aprendizagem não se centra na simples aquisição de conhecimentos, mas deve contribuir para a mudança de conceitos ou, mais propriamente, para reorganização conceptual. Então, a EMC baseia-se essencialmente na perspectiva construtivista da aprendizagem assentado na actividade cognitiva do aluno. Nesta perspectiva o aluno é responsabilizado pelo seu envolvimento cognitivo, atitudinal e emocional, o que origina a mudança de ideias e de saberes através de reconstruções sucessivas “os alunos que constroem e (re)constroem os seus conhecimentos, que transformam a informação em conhecimento e que de forma progressiva – contínua ou descontínua – irão adquirir e desenvolver instrumentos para pensar melhor” (Cachapuz, 2001).

Também, segundo Cachapuz (2001) o professor tem ao seu dispor três instrumentos de trabalho se actuar numa perspectiva de EMC:

▪ **Mapas de Conceitos**

Pode ser um instrumento didáctico para monitorizar a aprendizagem de conceitos pelos alunos e facilitar ao professor o acompanhamento do evoluir dessa mesma aprendizagem;

▪ **História da Ciência**

Pode ajudar, quer o professor quer o aluno, a compreender algumas concepções alternativas e as razões que levaram à mudança de ideias ao longo da História;

▪ **Trabalho Experimental**

Pode ajudar a diminuir as dificuldades de aprendizagem existentes, não só pela natureza das interpretações que tais trabalhos exigem, mas sobretudo porque permitem a discussão e a controvérsia entre os próprios alunos; o professor deve pedir com relativa frequência previsões acerca do que os alunos esperam encontrar e pedir justificações para as afirmações que fazem, tal, permite ao professor tomar consciência das dificuldades e da falta de elementos teóricos que os alunos possuem, pois são estes que servem, de base ao diálogo que os alunos têm de desenvolver entre si e às interpretações e conclusões a que importa chegar.

Cachapuz (2001) apresenta algumas críticas a esta perspectiva de ensino, destacando-se:

- Sobrevalorização da aprendizagem de conceitos, vistos como um fim em si mesmo e não como meios para se atingir objectivos educacionais socialmente relevantes;
- Subvalorização de outras dimensões educativas como a afectiva;
- Subvalorização dos contextos sociais, culturais e éticos na construção do conhecimento científico e, sua ausência no ensino das ciências;

Apesar de se considerar que o EMC é uma importante referência na evolução da Didáctica das Ciências, sendo precursora da Perspectiva do Ensino Por Pesquisa, vários autores afirmam que se deve abandonar a visão puramente académica da ciência e adoptar uma evolução científica que já não é só educação em ciência, mas também através e sobre a ciência.

No que diz respeito à Perspectiva de Ensino Por Pesquisa, esta é uma nova visão didáctica, mais ligada aos interesses quotidianos e pessoais dos alunos e, por este facto, mais motivadora e mais relevante do ponto de vista educacional, social e cultural. É de salientar que esta, actualmente, parece corresponder às actuais exigências no âmbito da

Educação em Ciência. Nesta perspectiva, os conteúdos deverão ser vistos enquanto meios necessários ao exercício de pensar, pois, segundo Cachapuz (2001), a informação que se procura cresce mais da discussão dos alunos com a ajuda do professor e menos de um processo curricular muito estruturado e exaustivo. Assim, é importante mudar esta atitude, bem como os processos metodológicos e organizacionais de trabalho. Assim, procura-se que todos os alunos obtenham uma educação científica mais humanizada, mais cultural, e, também, tecnologicamente mais avançado, no entanto é importante a alfabetização científica.

Nesta perspectiva de ensino o aluno desenvolve capacidades, atitudes, valores e competências face à ciência, reflectindo criticamente, cooperando com os colegas, familiarizando-se com as características do trabalho científico e envolve-se em tarefas que promovam um exercício continuado sobre o pensar.

2.2. Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências

Apesar de existir uma longa tradição de Trabalho Laboratorial no currículo das Ciências, a maioria dos professores não tem uma noção clara do seu papel: ou sobreutilizam o Trabalho Laboratorial usando-o como panaceia para atingir todos os objectivos, ou subutilizam-no, uma vez que pouca vezes exploram o seu real valor educativo (Silva, 2001). Encarar o Trabalho Laboratorial como a solução para atingir todos os objectivos da Educação em Ciência é imprudente e ingénuo. Até porque, o Trabalho Laboratorial é válido para mostrar *como* acontece, mas raramente *porque* acontece (Wellington *et al.*, 1994). Igualmente errada é a visão do Trabalho Laboratorial como algo que deve prevalecer a todos os aspectos do processo de ensino/aprendizagem, sendo preciso ter bem presente que funções são exclusivas do Trabalho Laboratorial e qual o seu grau de eficiência para o desenvolvimento de certas capacidades que também são desenvolvidas por outros meios (Hodson, 1998; Thomaz, 1999).

Hodson (1998a), Thomaz (1999), Lopes (1999) e Lopes *et al.* (2000) são unânimes em reconhecer o inestimável valor educativo do Trabalho Laboratorial e da sua longa tradição na Educação em Ciência, mas a verdade é que a designação “Trabalho Laboratorial” não está livre de ambiguidade. Leite (2001) refere que, segundo Hodson (1998a), os termos “Trabalho Laboratorial” (expressão usada na América do Norte) “Trabalho Prático” (mais usado na Europa, Austrália e Ásia) e “Experiências” são empregues praticamente como sinónimos, embora exista uma diferença entre estes

trabalhos; ou seja, nem todo o “Trabalho Prático” se realiza no laboratório e nem todo o “Trabalho de Laboratório” contempla “Experiências”.

Leite (2001) esclarece a questão terminológica do Trabalho Prático, diferenciando-o em quatro tipos, conforme se ilustra na Figura 2.1.



Figura 2. 1. Os quatro diferentes tipos de Trabalho Prático
[Fonte: adaptado de Hodson (1988a) por Leite (2001)]

Então, segundo Leite (2001):

- Trabalho Prático (TP) é o conceito mais geral e inclui todas as actividades que exigem que o aluno esteja activamente envolvido, tais como, actividades laboratoriais, trabalhos de campo, actividades de resolução de exercícios ou de problemas de papel e lápis, utilização de um programa informático de simulação ou de modelização de fenómenos, pesquisa de informação na Internet ou biblioteca, realização de entrevistas a membros da comunidade, ...
- Trabalho Laboratorial (TL) inclui actividades que envolvem a utilização de materiais de laboratório. Apesar destes materiais também poderem ser usados nas actividades de campo ou numa sala de aula normal, desde que não hajam problemas de segurança, geralmente as actividades laboratoriais realizam-se num laboratório.
- Trabalho de Campo (TC) realiza actividades exclusivamente ao ar livre, no local onde os fenómenos acontecem ou onde os materiais existem como, por exemplo, visitas a museus, reservas florestais, indústrias...
- Trabalho Experimental (TE) inclui actividades que envolvem controlo e manipulação de variáveis e podem ser:
 - Laboratoriais como, por exemplo, o estudo dos factores que influenciam a resistência de um condutor eléctrico [trabalho laboratorial experimental – (TLE)];
 - Campo, estudo da influência da exposição ao Sol no crescimento das plantas;
 - Outro tipo de Actividades Práticas, como o estabelecimento das leis da queda dos graves com recurso a um programa de modelização.

A Tabela 2.1 apresenta os critérios utilizados para a distinção do Trabalhos Prático que é fundamental para uma racional utilização destes pelos docentes.

Tabela 2. 1. Critérios para distinguir os tipos de trabalho prático [Fonte: Leite (2001)]

Tipos de trabalho prático	Critérios
Trabalho experimental	Envolve controle e manipulação de variáveis
Trabalho de campo e laboratorial	Local onde a actividade decorre

Leite (2001) chama, no entanto, a atenção para a possível existência de Trabalho Laboratorial não-experimental (como, por exemplo, actividades de laboratório que visem a identificação de materiais bons condutores de calor ou a utilização de aparelhos, tais como, a balança, o osciloscópio ou o microscópio, entre outras).

2.2.1. Diversidade de formas do Trabalho Laboratorial

O Trabalho Laboratorial utilizado no Ensino das Ciências pode ser classificado de acordo com uma grande diversidade de critérios (Silva, 1999).

Millar *et al.* (1998) sugerem cinco tipos de Trabalho Laboratorial, tais como:

- **Exercício laboratorial típico** – experiências realizadas pelos estudantes em pequenos grupos;
- **Demonstração feita pelo professor** – os alunos não realizam a tarefa, apenas observam o professor a executá-la;
- **Uso de modernas tecnologias** – os alunos obtêm informações a partir de vídeos, simulações de computador, de um CD-Rom ou mesmo de relatórios escritos;
- **Experiências fortemente orientadas** – apenas algumas decisões cabem ao aluno, como por exemplo, escolher a metodologia a utilizar;
- **Execução de parte de uma tarefa** – o aluno é solicitado a realizar apenas parte de uma tarefa, como propor o plano de uma investigação ou interpretar dados fornecidos.

Esta classificação não inclui, porém, a realização de investigações por parte dos alunos, em pequenos projectos de trabalho. Este tipo de actividades laboratoriais é muito importante, pois permite associar o conhecimento conceptual e o conhecimento processual na resolução de um problema. A classificação sugerida por Leite (2001) para a tipologia de Trabalho Laboratorial é baseada no grau de abertura da actividade relativamente a uma investigação:

- Trabalho Laboratorial com grau de abertura similar ao das investigações;
- Trabalho Laboratorial com grau de abertura inferior ao das investigações;
- Trabalho Laboratorial demonstrativo.

Leite (2001) defende que nem toda actividade laboratorial pode ser apelidada de “investigação”. Apenas algumas se apresentam como problemas que o aluno tem que resolver recorrendo ao laboratório, com um grau de liberdade similar ao da investigação. Em relação ao trabalho demonstrativo, efectuado pelo professor e observável pelos alunos, é importante salientar que este ainda pode (e deve) ser utilizado pelos professores. Nomeadamente quando as situações assim o exigirem como, por exemplo, experiências complexas, excessivamente dispendiosas, perigosas ou que demorem muito tempo ou mesmo pela inexistência de materiais suficientes para todos os alunos. Leite (2001) acrescenta, que mesmo numa actividade demonstrativa o professor pode envolver activamente os seus alunos, desde que lhes dê oportunidade antes, durante e depois da actividade (utilizando, por exemplo, a estratégia Prevê-Observa-Explica-Reflecte) para participarem, nomeadamente na previsão dos resultados, nas explicações e discussão das explicações dos colegas e, até mesmo, permitindo que alguns alunos manuseiem, se possível, os materiais.

2.2.2. Finalidades e Limitações do Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências

Silva (1999) baseando-se na análise de vários estudos de caso, realizados por diferentes autores, apresenta um conjunto de três grupos de objectivos, a atingir com o Trabalho Laboratorial, ou seja,

- promover a compreensão de conceitos;
- promover a competência metodológica;
- promover competências investigativas.

Enquanto os dois primeiros são objectivos mais tradicionais, o terceiro, raramente explicitado nas tarefas, relaciona-se mais com diferentes abordagens à investigação, planeamento de experiências e processamento de dados. Estes grupos de objectivos estão interligados, influenciando-se mutuamente.

Leite (2001) propõe também razões a favor da utilização do Trabalho Laboratorial (experimental ou não experimental) no Ensino das Ciências:

- **Domínio cognitivo** (reforça a aprendizagem de conhecimento conceptual);
- **Domínio afectivo** (ao motivar os alunos);

- **Domínio associado a capacidades/habilidades** que propiciam ensinar procedimentos laboratoriais e metodologia científica, além de desenvolver atitudes científicas.

Uma categorização semelhante à de Leite (2001) é também defendida por Wellington (1998). Todavia este autor acrescenta, a cada um dos argumentos acima indicados a favor da realização do Trabalho Prático nas aulas de Ciências, alguns contra-argumentos igualmente fortes, nomeadamente:

- O “Trabalho Prático” também pode aumentar a confusão em vez de tornar os conhecimentos mais claros e compreensíveis, além de não ser a melhor ferramenta para ensinar teorias, pois estas envolvem ideias abstractas que, segundo Millar *et al.* (1998) têm de ser transmitidas ao estudante pelo professor.
- Nem todos os alunos consideram o “Trabalho Prático” interessante ou motivador, sobretudo se desconhecem os objectivos que o mesmo pretende atingir e muitas vezes o que recordam são acontecimentos secundários e que deveriam ser considerados irrelevantes, em vez de recordarem os aspectos principais.
- O “Trabalho Prático” desenvolve as capacidades de manipulação dos instrumentos e as técnicas de medição, mas não está provado que as competências práticas adquiridas na aprendizagem das Ciências sejam generalizáveis a outros contextos (Millar e Osborne, 1998).

2.2.4. Avaliação do Trabalho Laboratorial

Silva (1999), refere que a avaliação das actividades práticas começa sempre antes de se iniciar a actividade sendo concluída depois de esta ter terminado. Sendo realizada em três níveis diferentes:

- **Formativo:** para decidir qual será o próximo passo destinado àquele individuo ou grupo;
- **Diagnóstico:** para encontrar falhas na compreensão de alguns alunos ou grupos, de modo a que possam ser realizadas acções de remediação;
- **Sumativo:** para medir o nível de competência do aluno, necessário à sua progressão para o ano/nível de ensino seguinte.

Silva (1999), também, refere que devido à enorme diversidade de aprendizagens que o Trabalho Prático oferece, são necessárias diversas técnicas de avaliação, como por exemplo, técnicas de observação na sala de aula e provas práticas ou escritas. A técnica de observação directa é aquela que oferece uma informação mais completa dos

progressos dos alunos, sobretudo quando é possível trabalhar em pequenos grupos. As observações podem ser registadas em grelhas ou em fichas do professor e podem ser complementadas com um registo elaborado pelo estudante no final da actividade. A auto-avaliação é considerada muito importante. Gott e Duggan (1995) referem que esta deve ser feita logo após a actividade experimental, tendo a vantagem de fornecer um “feedback” que permite converter a avaliação numa situação de aprendizagem e, ainda, servir para o aluno como guia na elaboração do relatório escrito. O professor fica, desta forma, com uma visão global das informações recolhidas sobre o aluno, para depois proceder à sua avaliação. Na Tabela 2.2. sugerem-se alguns instrumentos de avaliação de acordo com o tipo de “Trabalho Laboratorial”.

Tabela 2. 2. Tipos de actividades laboratoriais e respectivos materiais e instrumentos de avaliação
[adaptado de Leite (2001)]

Tipos de actividades laboratoriais	Laboratoriais com grau de abertura similar ao das investigações	Laboratoriais com grau de abertura inferior ao das investigações	Laboratorial demonstrativo
Material de orientação	Não dispõe de um protocolo	Protocolo	Não dispõe de um protocolo
Instrumentos de Avaliação	Relatório é o mais aconselhável pois constitui uma oportunidade para o próprio aluno fazer a descrição da actividade realizada e justificar não só as decisões, de diversas naturezas que teve que tomar ao longo do processo, como as conclusões que retirou da respectiva actividade. Testes escritos em último caso	O relatório tradicional terá, nestes casos, uma importância duvidosa, no que respeita à promoção e avaliação de <i>conhecimentos procedimentais</i> ¹ . V de Gowin e grelhas de observação são aconselháveis neste caso. Testes escritos	Grelha de avaliação de discussão em grupo Actividades escritas com resolução de problemas que envolvam os princípios/ conceitos demonstrados empiricamente Testes escritos

É de salientar que a forma e os objectivos do Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências têm sofrido modificações radicais e mais ou menos cíclicas, ao longo dos tempos (Leite, 2001).

Parafraseando Gunstone (1991) *“para que o trabalho prático tenha algum efeito sério na reconstrução das ideias dos alunos e no relacionamento de conceitos, os alunos precisam de passar mais tempo a interagir com ideias e menos tempo a interagir com apparatus”*. Assim, a qualidade do “Trabalho Laboratorial” é mais importante do que a

¹ Os conhecimentos procedimentais relacionados com a medição, domínio de técnicas e destrezas manuais, só podem ser avaliados por observação do trabalho realizado pelo aluno no laboratório. No entanto, os relacionados com a formulação de problemas, realização de previsões, planificação de actividades, análise de dados, podem ser avaliados quer por observação do trabalho realizado pelos alunos nas aulas laboratoriais quer através de relatórios (desde que, como já referimos, estes incidam em investigações) e até mesmo de testes escritos.

quantidade, mas essa qualidade, implica uma utilização de actividades diversificadas e estruturadas de acordo com o objectivos a atingir; uma avaliação da consecução desses mesmos objectivos com recurso a técnicas de avaliação devidamente seleccionadas.

Hodson (1998a) reflectiu acerca desta problemática da utilização do Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências e propôs a combinação de exercícios práticos com o estudo de casos sobre História da Ciência e com inquéritos dirigidos aos próprios alunos. Woolnough (1997), citado em Silva (1999), apoia a inclusão de demonstrações, de pequenas experiências (para os alunos terem oportunidade de sentir os fenómenos básicos em estudo) e do recurso a projectos investigativos. Hodson (1998b), considera importante a discussão prévia do procedimento experimental com os alunos, assim como das técnicas a utilizar, da forma do eventual registo de dados e das dificuldades que poderão surgir, estando subjacente a todo este processo um constante diálogo construtivo. Segundo, ainda, este autor, os alunos recorrem às competências que vão adquirindo, de forma criativa e integrada, na resolução de novos problemas e na construção de novos conhecimentos.

Por fim o TP tem um grande potencial na promoção de competências relevantes no contexto da sociedade do conhecimento (Wellington, 1998) sendo, hoje em dia, objecto de particular atenção por parte dos decisores políticos (Veríssimo *et al.*, 2001), dos professores (Marques, 2001) e dos investigadores (Praia e Marques, 1997; Leite, 2001; Praia *et al.*, 2002).

Não devemos, por isso, usá-lo nem por tradição nem por obrigação, mas como forma de melhorar verdadeiramente a qualidade de aprendizagem dos alunos (Leite, 2001).

2.3. Resolução de Problemas no Ensino das Ciências

A partir da reforma curricular dos anos sessenta, tem sido atribuída uma importância crescente à resolução de problemas no Ensino das Ciências o que levou a um aumento significativo da investigação nesta área, a qual se caracteriza por uma vasta quantidade de trabalhos existentes. Apesar desta grande diversidade existe alguma desorganização, criando, por isso, algumas ambiguidades o que dificulta fazer uma revisão de literatura sobre o tema (Faria, 1998).

Entre as ambiguidades supracitadas reside, por exemplo, o elevado número de definições do conceito de “Problema”.

2.3.1. Conceito de Problema

É prática frequente dos professores de Física recorrerem à utilização de “Problemas” com o objectivo de consolidar conceitos aplicando fórmulas ensinadas durante as aulas. A actividade dos alunos na resolução deste tipo de “Problemas” resume-se a procurar fórmulas que se encaixam com os dados contidos nos enunciados sem fazerem uma reflexão prévia da situação em causa (Bastos, 1997).

Ainda que não seja consensual o conceito de “Problema” e da sua resolução defendidos pelos diversos autores estes, contudo são concordantes em definir um problema como uma situação em que existe um obstáculo a vencer para o qual o aluno deverá encontrar uma, várias ou nenhuma solução, e para a qual se desconhecem os caminhos a seguir nesse processo.

No início do século vinte, John Dewey considera que um problema é uma dificuldade que por mais insignificante e banal que seja, cria um estado de embaraço de curiosidade, de desafio e de incerteza que perturba, originando a necessidade de através de pesquisa e investigação encontrar a causa desta perturbação e dissipar a dúvida (Faria, 1998).

Bastos (1997) considera um problema como uma situação que impõe dificuldades ao aluno para as quais não conhece à partida o processo de resolução. Um problema surge sempre que se verifique uma descontinuidade, ou uma lacuna entre o estado cognitivo actual do aluno e um outro que se pretende alcançar e de que se desconhece, de início, o caminho para superar essa descontinuidade (Pizzini *et al.*, 1987; Hayes, 1987).

Tendo em conta a associação de problema a obstáculo, os “problemas” que são trabalhados nas aulas e, normalmente, aparecem em manuais escolares e livros de exercícios/problemas não são efectivamente problemas, já que muitas vezes não constituem para o aluno um verdadeiro obstáculo a ser ultrapassado; são antes exercícios de treino, pois na maioria dos casos podem ser resolvidos recorrendo a regras e procedimentos memorizados que foram previamente exemplificados pelo professor ou pelo manual do aluno (Neto, 1995).

Uma questão importante ligada à noção de problema é a relevância do mesmo para o aluno. Bastos (1997), refere que o aluno quando enfrenta um problema tem de o reconhecer como tal e interessar-se por ele, assim sendo, o problema deve surgir num contexto relevante para o aluno. Desse modo, existirá por parte do aluno um envolvimento e a vontade em ultrapassar o obstáculo por este reconhecido (Lopes, 1994).

Alguns autores consideram importante a definição do contexto quando o problema é colocado. Deste modo argumentam que associado ao conceito de problema deve, por sua vez, estar ligado o conceito de pesquisa (Garret *et al.*, 1990; Stewart e Van Kirk, 1990). Outros autores referem ainda que na sala de aula o problema deve surgir de um contexto de discussão, sendo necessária a análise e questionamento até que o problema efectivamente surja e se constitua um problema para o aluno (Bastos 1997).

Então, um “Problema” é entendido em geral como uma situação nova, envolvente para aquele que o soluciona, ainda que desconheça o caminho a seguir para encontrar as respostas.

2.3.2. Algumas categorias de Problemas

Uma abordagem ao conceito de “Problema” é aquela que procura agrupar os problemas em categorias.

De acordo com Faria (1998), numa tentativa de resumo da investigação realizada na área da resolução de problemas no Ensino das Ciências as definições de problema usadas pelos diversos investigadores podem organizar-se numa espécie de espectro.

Num dos extremos desse espectro encontram-se os problemas fechados ou com uma única solução correspondentes a situações conhecidas e assumidas como resolúveis dentro de um determinado paradigma. Nesta extremidade incluem-se os exercícios ou aplicações numéricas que se encontram em geral no final de cada capítulo nos manuais escolares.

No extremo oposto do referido espectro situam-se os problemas propriamente ditos, ou seja, situações para as quais podem não ser aplicáveis os paradigmas existentes ou para as quais não existe uma única solução.

Outra classificação apresentada ao longo da literatura é a das dicotomias de Watts (1991), formal – informal, curricular – não curricular, livre – orientado e dado – apropriado, como se indica na Tabela 2.3.

Faria (1998), refere que alguns autores fazem uma categorização diferente começando por distinguir entre problemas estruturados (well – defined) e não estruturados (ill – defined). Um problema estruturado é aquele cujas etapas conducentes à obtenção de uma solução podem ser explícita e claramente expostas. Neste tipo de problema é dada ao aluno toda a informação de que ele necessita para resolver o problema. Dessa informação constam as condições iniciais, o objectivo, os operadores (coisas que são permitidas/admitidas durante a resolução) e os respectivos constrangimentos (factores que

governam ou restringem a aplicação dos operadores). Ao contrário, num problema não estruturado, este tipo de informação não é pormenorizado, o objectivo é vago e incompleto o que torna a pesquisa de solução difícil e a sua avaliação ainda mais difícil. As etapas de resolução terão que ser encontradas pelo próprio aluno durante o processo. Além disso, pouca ou nenhuma informação lhe é dada como guia ao longo do processo de resolução.

Tabela 2. 3. Tipo de Problemas segundo Watts (1991) [adaptado de Bastos (1997)]

Tipo de Problema	Definição
Formal	Previamente pensado pelo Professor e apresentado com a formulação desejada.
Informal	Surge de contextos de discussão, a sua formulação é pouco clara, podendo vir a tornar-se num problema formal.
Curricular	É resolvido na sala de aula, só se podendo resolver com conhecimentos adquiridos na escola.
Não Curricular	Não está directamente relacionado apenas com conhecimentos adquiridos na escola.
Livre	Não sugerida nenhuma abordagem aquando da formulação do problema.
Orientado	São sugeridas abordagens aquando da formulação do problema.
Dado	O problema é colocado pelo Professor, mas pode ser negociado com os alunos.
Apropriado	O aluno participa no processo de formulação e na forma como este é colocado.

A distinção entre problemas estruturado e não estruturado, descritos anteriormente, leva a uma reflexão sobre a distinção entre os conceitos de problema e exercício.

2.3.3. Definição de Problema “*versus*” Exercício

Os conceitos de Problema e Exercício surgem muitas vezes indiferenciados.

Bodner (1987), considera que o estatuto de uma questão como problema ou exercício “não é uma característica intrínseca” a essa questão; é “uma interacção subtil” entre a questão considerada em si mesma e o indivíduo que a tenta resolver.

Segundo Neto (1995), os conceitos de problema e exercício são relativos e pessoais e não entidades de significado absoluto e geral. Este, por sua vez, corresponde à fronteira, diferente de aluno para aluno, para além da qual se pode afirmar que uma dada situação constitui efectivamente um problema real para um aluno que a enfrenta e não um mero exercício.

Para Garrett (1988), a distinção entre problema e exercício propriamente dito, este último designado por pelo autor por enigma ou *puzzle*, pode ser feita com base na condição de ser ou não resolúvel dentro de um dado paradigma pessoal.

A Tabela 2.4, procura ilustrar a linha de separação entre problemas e enigmas/exercícios.

Tabela 2. 4. Enigmas *versus* Problemas: Implicações Pedagógicas (Neto, 1995)

<i>Conhecimento Total</i>		Limite Pessoal	<i>Desconhecimento Total</i>
ENIGMAS		← →	PROBLEMAS
<i>Mecanização</i>	Zona de Interesse Ótimo		<i>Bloqueamento</i>

Na Tabela 2.4 identificam-se três zonas que conduzem a situações educacionais distintas:

- **Mecanização**, que inclui tarefas que se revelam demasiado fáceis, podendo ser resolvidas mediante o recordar de um conjunto de regras já apreendido pelo aluno;
- **Bloqueamento**, inclui tarefas que para o aluno são demasiado complexas e que podem, por isso, desmotivá-lo;
- **Zona de Interesse Ótimo**, que inclui tarefas que não são demasiado difíceis para o aluno, de modo a provocar-lhe bloqueamentos de ordem afectiva ou cognitiva, nem são demasiado fáceis de modo a que estes se limitem a reproduzir esquemas já aprendidos.

A maioria dos Problemas habitualmente apresentados aos alunos não são verdadeiros problemas, mas puros exercícios de treino. Ao contrário, os problemas autênticos confrontam o aluno com uma dificuldade que não implica apenas pensamento meramente reprodutivo mas autêntico pensamento produtivo capaz de gerar novas soluções (Neto, 1995).

Alguns investigadores estabelecem ainda a distinção entre problema e situação problemática, apesar desta distinção nem sempre parecer clara.

Ponte (1993) considera que num problema existe uma formulação mais ou menos explícita do que é dado e do que é pedido, enquanto que numa situação problemática existe um grande grau de indefinição, pressupondo-se que cabe ao próprio aluno um papel importante na sua precisão.

Gouveia (1997) procurando resolver um certo impasse e alguma indefinição associada à enorme diversidade de definições de problema e ainda que não exista uma fronteira claramente definida entre exercício e problema, podendo este depender do aluno que o resolve tendo por base diversos elementos de definição e critérios de análise, resume as principais diferenças entre “Exercícios” e “Problemas” como se indica na Tabela 2.5.

Tabela 2. 5. Características diferenciadoras de exercício e problema (Gouveia, 1997)

Elementos de definição	Crítérios de Análise	<u>Exercício</u>	<u>Problema</u>
<u>Tarefa</u>	Apresentação da informação	Explícita e na quantidade certa	Não explícita e/ou por excesso ou defeito
	Tipo de pergunta	Orientadora da resolução	Global
	Nº de passos de resolução	Poucos	Vários
	Obstáculo	Tipificado e explícito; a resolução necessita apenas da mobilização do algoritmo	Apenas implícito
	Conceito para a resolução	Poucos	Vários
	Tipo de situação	Académica	Real
<u>Sujeito</u>	Conhecimento prévio do algoritmo	O sujeito reconhece-o	O sujeito não reconhece ou o algoritmo não existe
	Reconhecimento do obstáculo	Tipificado para o sujeito	O sujeito precisa de o identificar
	Atitude face à aprendizagem	Passivo	Activo
	Atitude face à resolução	Recorre imediatamente a fórmulas de acordo com os dados	É obrigado a analisar informação e a arranjar uma representação do problema antes de utilizar fórmulas
<u>Atmosfera Envolvente</u>	Função das tarefas	Mecanização dos procedimentos	Uso de alguns conceitos e construção/reconstrução de outros
	Características do ensino aprendizagem	Centrado na exposição do professor	Centrado na resolução de problemas

2.3.4. Resolução de Problemas no Ensino das Ciências

É clara a importância dos problemas e da resolução dos problemas como motor da actividade de pensar. Pelo que, em princípio, a actividade educativa escolar lhe deveria consagrar uma parte significativa do seu tempo. Segundo Vygostky, citado por Neto e Valente (2001), os objectivos educativos orientados para o desenvolvimento de tarefas mecânicas e rotineiras, ou seja, para aquilo que o aluno já sabe realizar dá lugar a uma educação conservadora pouco capaz de servir de motor ao desenvolvimento do aluno. Este investigador define uma *zona de desenvolvimento próximo* (ou potencial) que caracteriza como a distância entre o *nível real de desenvolvimento* da criança determinado pela sua capacidade de resolver um problema independentemente e o *nível de desenvolvimento potencial* determinada através da sua capacidade de resolução de um problema em cooperação com um adulto ou um colega mais competente.

Dada a riqueza dos seus conceitos e o desafio cognitivo que os mesmos podem implicar, a Física é uma disciplina especialmente vocacionada para criar situações de sala de aula enquadradas na zona de desenvolvimento próximo ou potencial dos alunos.

Dewey, foi o primeiro pensador do século passado a chamar a atenção para o papel potencialmente relevante que os problemas podem ter no processo educativo (Valente *et al.*, 1989). Estes autores argumentavam que o método didáctico para o Ensino das Ciências deveria pôr ênfase na resolução de problemas com um constante apelo ao pensamento reflexivo.

Watts (1991), considera igualmente importante ensinar os alunos a resolverem problemas uma vez que estes aprendem conceitos e técnicas que estão relacionados com a sua vida quotidiana. Este reforça a ideia da necessidade de ensinar a resolver problemas, considerando a resolução de problemas como um meio da aprendizagem de muitas capacidades e conteúdos científicos, proporcionando ainda a possibilidade de se fazerem aprendizagens em contextos da vida real relevantes para os alunos.

Bastos (1997), afirma mesmo que ensinar os alunos a resolver problemas deve ser uma actividade fundamental no Ensino das Ciências. Gouveia (1997), considera que uma educação científica deve promover o desenvolvimento intelectual dos jovens afim de que possam lidar com situações problemáticas, com confiança, tomar decisões e estar à vontade com a incerteza e a mudança. Este autor refere, ainda, a importância da resolução de problemas, quer numa perspectiva construtivista, quer, também, numa perspectiva CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade). Desse modo, apresenta a aprendizagem da ciência como construção de conhecimentos em que a formulação ou resolução de problemas deve ser o ponto de partida.

Do ponto de vista cognitivo da aprendizagem deve-se proporcionar aos alunos oportunidades de pensar de modo a interrogarem-se sobre os processos pelos quais aprendem, tornando-se conscientes deles, e sobre as causas das suas dificuldades quando não aprendem (Gouveia, 1997).

Lopes (1994), destaca que a resolução de problemas desempenha um papel fundamental no crescimento dos conceitos e do conhecimento, pois o próprio conhecimento científico normalmente avança pela identificação sistemática de problemas a resolver e pela sua resolução. Assim sendo, este processo arrasta consigo o alargamento dos saberes e o desenvolvimento de capacidades, atitudes e técnicas. Este autor refere ainda que *“a resolução de Problemas pode ser utilizada para produzir saber e saber-fazer e não apenas para justificar saberes e saberes-fazer”*.

Gouveia (1997) sintetiza a importância da resolução de problemas no Ensino das Ciências como se mostra na Figura 2.2.

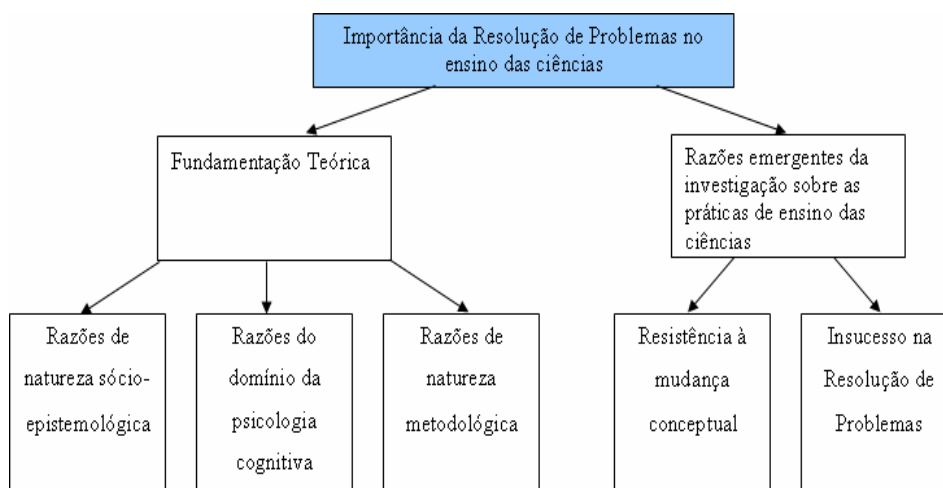


Figura 2. 2. Importância da Resolução de Problemas no ensino das ciências (Gouveia, 1997)

2.3.5. Dificuldades no âmbito do ensino aprendizagem da Resolução de Problemas

A maioria dos professores continua a seguir o livro de texto à risca com a “ilusão” de que é possível ao ser humano vir a aprender assim tudo aquilo que vale a pena ser conhecido (Newman, 1988). Contudo, o facto dos alunos estudarem/memorizarem o que está nos livros não é garantia de que consigam resolver problemas posteriormente, pois os livros de texto são muito mais explícitos em enunciar as leis que regem os fenómenos do que em referir algo acerca de como e quando essas leis se podem tornar úteis para resolver problemas. Deste modo, o aluno por certo não desenvolve competências na resolução de “Problemas” – a não ser, possivelmente, de “problemas tipo” (eles, também, memorizados) – por não ter apreendido o imprescindível conhecimento processual (Neto, 1995).

A Figura 2.3 sintetiza as dificuldades dos alunos no âmbito da resolução de problemas citadas pelos diversos investigadores nesta área (Gouveia, 1997).

Mais do que saber como resolver um conjunto de problemas tipo, um cientista/perito/“expert” em Física tem competência de se adaptar e enfrentar novos problemas” (Gerace e Beatty, 2005). Uma diferença importante é a forma como estruturam o seu conhecimento, os cientistas não só têm mais conhecimento, mas têm-no organizado de forma a tornar-se útil, este está interrelacionado de uma forma rica, estruturado hierarquicamente, organizado por princípios fundamentais. Ao contrário, os aprendizes têm um conhecimento disperso, com falhas e armazenado cronologicamente tal como foi aprendido. Enquanto os cientistas integram múltiplas representações das ideias, os

aprendizes têm apenas uma única representação ou são incapazes de relacionar diferentes representações (Gerace e Beatty, 2005). Huffman (1997) partilha desta ideia referindo que os cientistas fazem primeiro uma análise qualitativa do problema e elaboram um plano de acção antes de manipularem as equações matemáticas. Por sua vez, os aprendizes recorrem frequentemente, de forma imediata a equações matemáticas sem fazerem qualquer descrição do problema e desenvolverem um plano de acção.

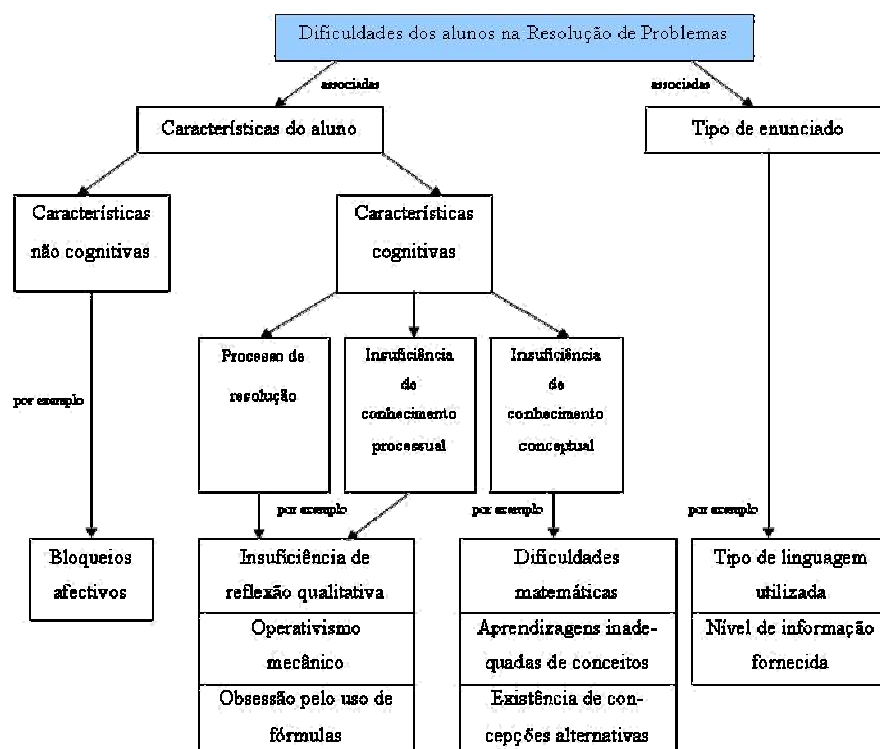


Figura 2. 3. Dificuldades dos alunos no âmbito da Resolução de Problemas (Gouveia, 1997)

Em suma, somos da opinião que se deve aliar a Resolução de Problemas ao Trabalho Prático/Experimental, tal como é sugerido nas Orientações Curriculares fornecidas pelo Ministério da Educação. É, ainda, importante, salientar que tanto a Resolução de Problemas, bem como as Actividades Práticas devem ter sempre em conta uma Perspectiva CTS-A.

Capítulo 3

Atmosfera – Um Laboratório de Ensino



3. Introdução

O estudo da atmosfera mais concretamente a Troposfera – camada adjacente à superfície terrestre – é fascinante. Nela estão presentes todos os processos físicos que são leccionados em diferentes unidades temáticas ao longo do ensino formal.

A Atmosfera é, por isso, um laboratório de excelência e que está disponível a todos. Neste laboratório podem-se fazer estudos bastante simples recorrendo ao uso de instrumentos que estão ao alcance de todos nós e que são capazes de fornecer informações que permitem responder a diversas questões que inquietam os nossos alunos e que podem surgir aquando da leccionação de matérias relacionadas com este tema, como por exemplo, na temática “Mudança Global”, leccionada no 8º ano de escolaridade e na temática “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”, leccionada no 10º ano de escolaridade.

É importante referir que esta dissertação tem como objectivo contribuir para que os professores de Ciências, principalmente docentes de Físico-Química possam desfrutar de mais uma visão de articulação entre alguns conceitos teóricos ligados à atmosfera e o trabalho de campo/experimental.

Diversos estudos permitem concluir que grande parte do trabalho prático realizado nas escolas pode ser considerado como ilustrativo, ou seja, conduz apenas a experiências do tipo receita e a um desinteresse por parte dos alunos. No entanto uma das novas teorias sugeridas por Hodson (1998a) é a reconceptualização do trabalho experimental, baseado em três vertentes essenciais, tais como ajudar os alunos a aprender ciência, aprender acerca da ciência e fazer ciência. É com base nestas vertentes que se pretende que esta dissertação possa contribuir para abordar conceitos ligados à atmosfera, tornando-os mais cativantes/motivadores de modo a não serem leccionados através de meras exposições que muitas das vezes são “cópias” dos manuais adoptados.

No entanto, antes de apresentarmos algumas actividades de campo/experimental relacionados com temperatura e humidade relativa do ar, parece-nos oportuno e importante considerar alguns conceitos físicos que são determinantes para uma melhor compreensão e análise de resultados que serão apresentados mais adiante.

Admite-se que o “ar” que constitui a atmosfera, denominado de “ar húmido” é constituído por dois gases perfeitos ou ideais, ou seja, ar seco e vapor de água. O ar seco é uma mistura de diversos gases, como por exemplo o N_2 , o CO_2 , o O_2 , entre outros em proporções fixas, enquanto que a proporção de vapor de água é considerada variável.

É importante referir que a análise termodinâmica do *ar húmido* se baseia na combinação das propriedades individuais do ar seco e do vapor de água, que a seguir se analisam individualmente.

3.1. Equação de estado dos gases perfeitos

As variáveis pressão (p), volume (V) e temperatura (T) são designadas por variáveis termodinâmicas ou variáveis de estado do gás por ser o conjunto dos seus valores que define o estado do gás.

A equação geral de estado dos gases perfeitos é dada por

$$pV = nRT \quad (3.01)$$

Sabendo que a quantidade de substância pode ser calculada a partir de

$$n = \frac{m}{M} \quad (3.02)$$

em que m representa a massa correspondente à quantidade de substância e M a massa molar do gás, a equação (3.01) pode tomar o aspecto

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad (3.03)$$

onde R representa a constante dos gases perfeitos.

Considerando que a massa volúmica de um gás é dada por $\rho = \frac{m}{V}$, pode-se reescrever (3.03) como

$$p = \rho R^* T \quad (3.04)$$

em que R^* representa a constante particular do gás (que no nosso caso é ar seco ou vapor de água).

É importante referir que a equação de estado indicada pela expressão (3.04) é independente da quantidade de gás considerada e todos os gases, nas condições consideradas anteriormente, seguem aproximadamente a mesma equação de estado.

Relativamente ao ar seco, se a pressão parcial exercida pelo ar seco e a massa volúmica do ar seco forem respectivamente p_a e ρ_a , a expressão toma o aspecto

$$p_a = \rho_a R_a T \quad (3.05)$$

em que R_a representa a constante particular para o ar seco e o índice “a” corresponde ao “ar seco”.

Igualmente para o vapor de água teremos

$$e = \rho_w R_w T \quad (3.06)$$

onde e representa a pressão parcial exercida pelo vapor de água, ρ_w , a massa volúmica do vapor de água, R_w a constante particular para o vapor de água e “w” o índice para o “vapor de água”.

É importante referir que a pressão parcial de um gás corresponde à pressão que o próprio gás exerceria, à mesma temperatura da mistura, se ocupasse sozinho o volume ocupado pela mistura.

3.2. Equação de Clausius-Clapeyron

As pressões de saturação do vapor de água dependem apenas da temperatura e aumentam rapidamente com o aumento da temperatura.

A função de Gibbs, g , referente à unidade de massa do sistema é dada pela seguinte expressão

$$g = u + pv - Ts \quad (3.07)$$

em que u representa a energia interna, p a pressão v o volume específico, T a temperatura e s a entropia específica.

Para o caso particular da mudança de fase verifica-se $g_1=g_2$. Nesta situação p é substituída pela pressão parcial de vapor de saturação, ou seja, $p=e_s$.

Se a expressão (3.07) for diferenciada obtém-se,

$$dg = du + e_s dv + v de_s - T ds - s dT \quad (3.08)$$

É sabido pelas leis da termodinâmica que $\delta q = Tds$ e $\delta q = du + e_s dv$. Se estas expressões forem introduzidas na expressão (3.08) resulta

$$dg = vde_s - sdT \quad (3.09)$$

Como na mudança de estado se verifica $dg_1 = dg_2$, onde o índice 1 corresponde à fase líquida e o índice 2 a fase gasosa, tem-se

$$v_1 de_s - s_1 dT = v_2 de_s - s_2 dT \quad (3.10)$$

ou

$$\frac{de_s}{dT} = \frac{s_2 - s_1}{v_2 - v_1} \quad (3.11)$$

Se o segundo membro da expressão for multiplicado e dividido por T (por ser $T \neq 0$), e se $T(s_2 - s_1)$ for substituído por L (variação de entalpia ou calor de transformação por unidade de massa), a expressão (3.11), torna-se

$$\frac{de_s}{dT} = \frac{L}{T(v_2 - v_1)} \quad (3.12)$$

que é designada como Equação Geral de Clausius-Clapeyron.

Em condições atmosféricas normais tem-se sempre $v_1 \ll v_2$, ou seja, na atmosfera o volume específico da água é desprezado em face do volume específico do vapor de água, pelo que a expressão (3.12) reduz-se a

$$\frac{de_s}{dT} = \frac{L}{Tv_2} \quad (3.13)$$

e dado ser

$$v_2 = \frac{R_w T}{e_s} \quad (3.14)$$

a expressão (3.13) pode ser reescrita como

$$\frac{de_s}{dT} = \frac{Le_s}{R_w T^2} \quad (3.15)$$

Na camada da atmosfera, que nos interessa, ou seja, na Troposfera é aceite considerar o calor de transformação por unidade de massa, L , como constante para as temperaturas que se registam. Sendo assim,

$$\int_{e_{s0}}^{e_s} \frac{de_s}{e_s} = \frac{L}{R_w} \int_{T_0}^T \frac{dT}{T^2} \quad (3.16)$$

e

$$\ln \frac{e_s}{e_{s0}} = \frac{L}{R_w} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \quad (3.17)$$

onde e_{s0} corresponde à pressão de saturação de vapor de água correspondente à temperatura T_0 . Para $T_0 = 273,15$ K o valor determinado experimentalmente para e_{s0} é de 6,11 hPa.

Para os meteorologistas o calor de transformação aceite é de $2,5 \times 10^6$ Jkg⁻¹.

Como vimos anteriormente, a pressão parcial de vapor de saturação, e_s , pode ser determinada a partir da Equação de Clausius-Clapeyron, mas os alunos quer do ensino básico quer do ensino secundário podem ter dificuldade em manusear a expressão (3.17).

Para eliminar este problema aparente existem tabelas que fornecem os valores da pressão parcial de vapor de saturação, e_s , em função da temperatura, T .

A Tabela 3.1 indica para cada valor de temperatura o correspondente valor da pressão parcial de vapor de saturação.

De notar que 1 mb (lê-se milibar) é igual a 1 hPa (lê-se hectoPascal).

Tabela 3. 1. Temperatura e pressão parcial de saturação do vapor de água em relação a uma superfície plana de água (Varejão, 2005)

T (°C)	e _s (mb)	T (°C)	e _s (mb)	T (°C)	e _s (mb)
-24	0.8826	2	7.054	28	37.793
-23	0.9647	3	7.574	29	40.052
-22	1.0536	4	8.128	30	42.427
-21	1.1498	5	8.718	31	44.924
-20	1.2538	6	9.345	32	47.548
-19	1.3661	7	10.012	33	50.303
-18	1.4874	8	10.720	34	53.197
-17	1.6183	9	11.473	35	56.233
-16	1.7594	10	12.271	36	59.418
-15	1.9114	11	13.118	37	62.759
-14	2.0751	12	14.016	38	66.260
-13	2.2512	13	14.967	39	69.930
-12	2.4405	14	15.975	40	73.773
-11	2.6438	15	17.042	41	77.798
-10	2.8622	16	18.171	42	82.011
-9	3.0965	17	19.365	43	86.419
-8	3.3478	18	20.628	44	91.029
-7	3.6171	19	21.962	45	95.850
-6	3.9055	20	23.371	46	100.89
-5	4.2142	21	24.858	47	106.15
-4	4.5444	22	26.428	48	111.65
-3	4.8974	23	28.083	49	117.40
-2	5.2745	24	29.829	50	123.39
-1	5.6772	25	31.668		
0	6.1070	26	33.506		
1	6.565	27	35.546		

3.3. Conceitos Físicos

Para o estudo do ar húmido é importante relacionar alguns conceitos, nomeadamente, a pressão de vapor (e), a humidade absoluta ou massa volúmica (ρ_w), a razão de mistura (r), a razão de mistura de saturação (r_s), a humidade relativa (U ou HR), a temperatura do ponto de orvalho (T_d), a temperatura do termómetro molhado (T_w) e o nível de condensação.

3.3.1. Pressão de vapor

A pressão de vapor corresponde à pressão parcial do vapor de água, ou seja, é a pressão exercida pelo vapor de água sobre a superfície terrestre e sobre os objectos em contacto com a atmosfera (Rebelo e Rebelo, 2007).

Nesta investigação a pressão parcial de vapor de água aparece nas expressões (3.06) e (3.17) e nas expressões que definem a razão de mistura de saturação e humidade relativa do ar.

3.3.2. Humidade absoluta ou massa volúmica

Define-se pela razão entre a massa do gás (ar seco ou vapor de água) m , e o volume, V , de ar húmido que o contém (Fiolhais *et al.*, 2007). A expressão matemática escreve-se como

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.18)$$

Para o ar seco será

$$\rho_a = \frac{m_a}{V} \quad (3.19)$$

e para o vapor de água será

$$\rho_w = \frac{m_w}{V} \quad (3.20)$$

3.3.3. Razão de mistura

Define-se pela razão entre a massa de vapor de água, m_w e a massa de ar seco, m_a ou seja, corresponde à massa de vapor de água existente numa determinada massa de ar seco. O seu valor pode ser determinado através da expressão,

$$r = \frac{m_w}{m_a} \quad (3.21)$$

e é expressa em gramas de vapor de água por cada quilograma de ar seco, g.kg^{-1} .

Se o segundo membro for multiplicado e dividido por V (volume de ar húmido), dado ser $V \neq 0$, a expressão (3.21) pode ser reescrita como

$$r = \frac{\rho_w}{\rho_a} \quad (3.22)$$

Se as expressões (3.05) para o ar seco e (3.06) para o vapor de água forem introduzidas na expressão (3.22) e sabendo que a lei de Dalton permite escrever,

$$p = p_a + e \quad (3.23)$$

então, por manipulações matemáticas, a razão de mistura é determinada através da expressão

$$r = \varepsilon \frac{e}{p - e} \quad (3.24)$$

em que ε representa o cociente entre R_a e R_w .

Para as temperaturas observadas na atmosfera terrestre verifica-se que $p \gg e$, pelo que a expressão (3.24) pode ser simplificada, obtendo-se

$$r \cong \varepsilon \frac{e}{p} \quad (3.25)$$

O valor de p é registado num barómetro e indica o valor da pressão atmosférica.

3.3.4. Razão de mistura de saturação

Define-se pela razão entre a massa de vapor de água, m_{ws} num determinado volume de ar saturado relativamente a uma superfície líquida e à massa de ar seco, m_a . A razão de mistura de saturação é calculada através da expressão

$$r_s = \frac{m_{ws}}{m_a} \quad (3.26)$$

ou

$$r_s = \frac{\rho_{ws}}{\rho_a} \quad (3.27)$$

em que ρ_{ws} representa a massa volúmica parcial do vapor de água necessária para saturar o ar à temperatura T .

Se as expressões (3.05) e (3.06) forem introduzidas na expressão (3.27), a razão de mistura de saturação é determinada através de

$$r_s = \varepsilon \frac{e_s}{p - e_s} \quad (3.28)$$

Para as temperaturas observadas na atmosfera pode-se considerar $p \gg e_s$, pelo que a expressão (3.28) torna-se

$$r_s \cong \varepsilon \frac{e_s}{p} \quad (3.29)$$

A expressão (3.29) mostra que se a pressão atmosférica permanecer constante, r_s aumenta quando a temperatura aumenta. Se a temperatura permanecer constante, r_s aumenta quando a pressão atmosférica diminui. A unidade usada para a razão de mistura de saturação é grama de vapor de água por cada quilograma de ar seco, ou seja, g.kg^{-1} .

3.3.5. Humidade relativa do ar

A humidade relativa do ar define-se pela razão entre a massa volúmica de vapor de água existente num determinado volume de ar e a massa de água correspondente à saturação a essa temperatura (Rebello e Rebello, 2007), ou seja, pode ser determinada através da razão, expressa em percentagem, entre a razão de mistura, r , e a razão de mistura de saturação, r_s , à mesma pressão e temperatura, através da expressão a forma

$$HR = \frac{r(T_d, p)}{r_s(T, p)} 100 \quad \text{ou} \quad U = \frac{r(T_d, p)}{r_s(T, p)} 100 \quad (3.30)$$

onde, T_d corresponde à temperatura do ponto de orvalho e p à pressão atmosférica.

Se as expressões (3.24) e (3.28) forem introduzidas na expressão (3.30) e considerando $p \gg e$ e $p \gg e_s$, resulta

$$HR \cong \frac{e(T_d)}{e_s(T)} 100 \quad (3.31)$$

ou

$$HR \cong \frac{e_s(T_d)}{e_s(T)} 100 \quad (3.32)$$

3.3.6. Temperatura do ponto de orvalho

A temperatura do ponto de orvalho é a temperatura até à qual o ar húmido deve ser arrefecido, a pressão e razão de mistura constantes, para que se atinja a saturação em relação à água líquida, ou seja, o ponto de orvalho é a temperatura à qual a razão de mistura se torna igual à razão de mistura de saturação.

É importante salientar que a temperatura do ponto de orvalho é um bom indicador do conteúdo do vapor de água existente na atmosfera. Assim, quando a temperatura do ponto de orvalho é igual à temperatura do ar forma-se um nível de condensação.

3.3.7. Temperatura do termómetro molhado

A temperatura do termómetro molhado, ou simplesmente temperatura húmida é a temperatura, T_w , até à qual uma “parcela de ar” tem de ser arrefecida por evaporação para que o ar se torne saturado à pressão constante.

A temperatura do termómetro molhado é determinada directamente recorrendo ao uso de um termómetro de mercúrio cujo bolbo está coberto com um “tecido” em contacto com um corpo de água destilada. Na atmosfera verifica-se sempre que $T_d \leq T_w \leq T$, onde o sinal de igual corresponde à situação de saturação, ou seja, indica um nível de condensação. Nestas situações, se houver condições atmosféricas para que a temperatura do ar diminua, o vapor de água começa a condensar.

A grande maioria dos manuais escolares, que estão disponíveis no mercado e que foram analisados para a determinação da humidade relativa, sugerem o uso de um higrómetro. Este é um instrumento de medida usado para indicar directamente o valor da humidade relativa. Como facilmente se conclui é um instrumento digital ou analógico que não ensina o aluno, pois é aquilo que se chama de instrumento “fechado”. Nós partilhamos da ideia que em contexto de sala de aula, o uso deste tipo de instrumentos torna o ensino/aprendizagem monótono, pois anula o envolvimento do aluno. Nestes termos consideramos que a determinação da humidade relativa pode ser muito mais interessante

para o aluno quando se usam instrumentos de medida simples e mais interactivos. A Figura 3.1 mostra um psicrómetro que foi construído com materiais de baixo custo e reciclados, de acordo com os 3R (Reduzir, Reaproveitar e Reciclar). Este instrumento de medida é constituído por dois termómetros de mercúrio iguais, um termómetro de bolbo seco [na Figura 3.1 indicado pela letra (a)] e um termómetro de bolbo húmido, por estar envolvido com uma em gaze que é introduzida num copo com água destilada [na Figura 3.1 é indicado pela letra (b)].

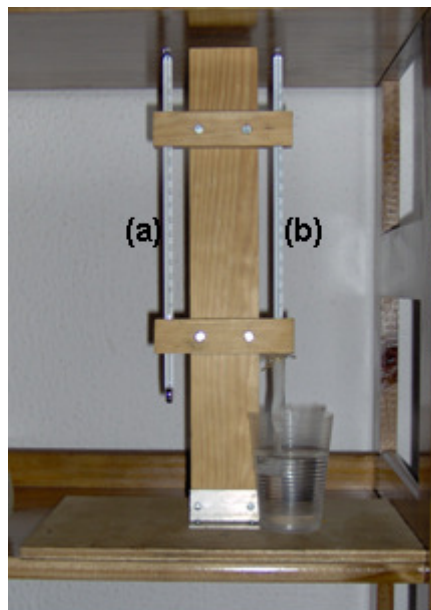


Figura 3. 1. Psicrómetro: (a) termómetro de bolbo seco e (b) termómetro de bolbo molhado

O uso do psicrómetro é muito interessante pois permite que o aluno para a determinação da humidade relativa percebam a influência da evaporação na diminuição da temperatura registada no termómetro molhado, ou seja, a influência de uma atmosfera considerada “secante” ou “saturada” e, a acção da velocidade do vento. Na prática, o aluno deve ter destreza motora e deve durante a recolha de dados entender a limitação da observação de dados por eliminação de eventuais erros de paralaxe. A observação visual deve ser perpendicular ao plano definido pela escala do termómetro.

O aluno aprende muito mais com este tipo de instrumentos simples, pois passa a compreender o que condiciona as características higrométricas do ar húmido.

É verdade que ao nível dos alunos do ensino básico e secundário não é necessário que os alunos usem expressões matemáticas para determinar a humidade relativa, pois há diversos manuais que apresentam tabelas simples que relacionam a temperatura do ar registada no termómetro de bolbo seco e a diferença entre a temperatura do ar e a temperatura do termómetro molhado. O cruzamento entre as duas linhas indica o valor da

humidade relativa do ar. A Figura 3.2 mostra uma tabela que foi construída. Como se indica na primeira coluna de cruzamento, para valores iguais de temperatura do ar e temperatura do termómetro molhado, a humidade relativa é 100%. À medida que $\Delta T = T - T_w$ aumenta, a humidade relativa do ar diminui, como seria esperado.

Diferença entre a Temperatura do ar e a Temperatura do termómetro molhado

	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0
5	100	97	94	90	87	84	81	78	75	72	69	66	63	60	57	54	51	48	45	42	39	36	33	30	28	25
6	100	97	94	91	88	85	82	79	76	73	70	67	64	61	58	56	53	50	47	44	42	39	36	33	31	28
7	100	97	94	91	88	85	83	80	77	74	71	68	66	63	60	57	55	52	49	47	44	41	39	36	34	31
8	100	97	94	92	89	86	83	81	78	75	72	70	67	64	62	59	57	54	51	49	46	44	41	39	36	34
9	100	97	95	92	89	87	84	81	79	76	73	71	68	66	63	61	58	56	53	51	48	46	44	41	39	36
10	100	97	95	92	90	87	84	82	79	77	74	72	69	67	65	62	60	57	55	53	50	48	46	43	41	39
11	100	97	95	92	90	87	85	83	80	78	75	73	71	68	66	64	61	59	57	54	52	50	48	45	43	41
12	100	98	95	93	90	88	86	83	81	79	76	74	72	69	67	65	63	60	58	56	54	52	50	47	45	43
13	100	98	95	93	91	88	86	84	81	79	77	75	73	70	68	66	64	62	60	58	55	53	51	49	47	45
14	100	98	95	93	91	89	86	84	82	80	78	76	73	71	69	67	65	63	61	59	57	55	53	51	49	47
15	100	98	96	93	91	89	87	85	83	81	78	76	74	72	70	68	66	64	62	60	58	56	54	53	51	49
16	100	98	96	94	91	89	87	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	62	60	58	56	54	52	50
17	100	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	78	76	74	72	70	68	66	65	63	61	59	57	55	54	52
18	100	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	78	77	75	73	71	69	67	66	64	62	60	58	57	55	53
19	100	98	96	94	92	90	88	86	85	83	81	79	77	75	74	72	70	68	67	65	63	61	60	58	56	55
20	100	98	96	94	92	91	89	87	85	83	81	80	78	76	74	73	71	69	67	66	64	62	61	59	57	56
21	100	98	96	94	93	91	89	87	85	84	82	80	78	77	75	73	72	70	68	67	65	63	62	60	59	57
22	100	98	96	95	93	91	89	87	86	84	82	81	79	77	76	74	72	71	69	67	66	64	63	61	60	58
23	100	98	96	95	93	91	89	88	86	84	83	81	79	78	76	75	73	71	70	68	67	65	64	62	61	59
24	100	98	97	95	93	91	90	88	86	85	83	82	80	78	77	75	74	72	71	69	68	66	65	63	62	60
25	100	98	97	95	93	92	90	88	87	85	84	82	80	79	77	76	74	73	71	70	68	67	65	64	63	61
26	100	98	97	95	93	92	90	89	87	85	84	82	81	79	78	76	75	73	72	70	69	68	66	65	63	62
27	100	98	97	95	94	92	90	89	87	86	84	83	81	80	78	77	75	74	72	71	70	68	67	66	64	63
28	100	98	97	95	94	92	91	89	88	86	85	83	82	80	79	77	76	74	73	72	70	69	68	66	65	64
29	100	98	97	95	94	92	91	89	88	86	85	83	82	81	79	78	76	75	74	72	71	70	68	67	66	64
30	100	98	97	95	94	92	91	89	88	87	85	84	82	81	80	78	77	75	74	73	71	70	69	68	66	65
31	100	98	97	96	94	93	91	90	88	87	85	84	83	81	80	79	77	76	75	73	72	71	69	68	67	66
32	100	99	97	96	94	93	91	90	88	87	86	84	83	82	80	79	78	76	75	74	73	71	70	69	68	66
33	100	99	97	96	94	93	91	90	89	87	86	85	83	82	81	79	78	77	76	74	73	72	71	69	68	67
34	100	99	97	96	94	93	92	90	89	88	86	85	84	82	81	80	78	77	76	75	73	72	71	70	69	67
35	100	99	97	96	94	93	92	90	89	88	86	85	84	83	81	80	79	78	76	75	74	73	72	70	69	68
36	100	99	97	96	95	93	92	91	89	88	87	85	84	83	82	80	79	78	77	76	74	73	72	71	70	69
37	100	99	97	96	95	93	92	91	89	88	87	86	84	83	82	81	79	78	77	76	75	74	72	71	70	69
38	100	99	97	96	95	93	92	91	90	88	87	86	85	83	82	81	80	79	77	76	75	74	73	72	71	70
39	100	99	97	96	95	93	92	91	90	88	87	86	85	84	82	81	80	79	78	77	75	74	73	72	71	70
40	100	99	97	96	95	94	92	91	90	89	87	86	85	84	83	82	80	79	78	77	76	75	74	73	71	70

Figura 3. 2. Tabela que permite avaliar a humidade relativa do ar, quando se aumentam os valores da temperatura do ar e da temperatura do termómetro molhado

No capítulo seguinte são apresentados diversos estudos de caso relacionados com diversas questões do dia-a-dia, nos quais podem ser facilmente demonstrados, ou até mesmo executados em sala de aula. São estudos capazes de melhorarem o ensino/aprendizagem, uma vez que se privilegiam as actividades de campo, numa perspectiva de investigação, proporcionando aos alunos de serem eles próprios os “investigadores”.

Capítulo 4

Actividades Experimentais – Casos de Estudo



4. Actividades Práticas – casos de estudo

4.1. Introdução

A Atmosfera, como já foi referido, pode ser considerada um laboratório de excelência e fascinante e a sua particularidade é que está disponível a todos nós. Assim sendo, recorrendo à camada mais baixa da Atmosfera, a Troposfera, podem-se fazer diversos estudos com um carácter simplista recorrendo à utilização de instrumentos simples de medida e que estão ao alcance de todos nós. De notar, que o carácter simplista que se possa introduzir nos modelos considerados não invalida a interpretação física correcta dos fenómenos envolvidos.

Hoje, quando se fala das “alterações climáticas” estamos, implicitamente, a falar do ar húmido e da sua alteração na Troposfera. Assim a alteração da humidade relativa e da temperatura do ar, condicionadas pela acção do vento, pode facultar importantes informações relacionadas com o bem-estar dos seres vivos, em particular do ser humano.

Neste Capítulo estamos particularmente interessados na apresentação de diferentes actividades a que chamamos de estudos de caso. Estes poderão contribuir para dar respostas a diversas questões problema que podem ser colocadas aquando da leccionação de matérias relacionadas com as temáticas “*Mudança Global*”, leccionada no 8º ano de escolaridade e “*Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura*”, leccionada no 10º ano de escolaridade.

Somos da opinião que os diferentes estudos aqui apresentados, e que partilhamos com leitores e profissionais de ensino, podem contribuir, como esperamos, a criar um espírito meteorológico *nas* e *para* as nossas escolas. Também, consideramos que estes estudos de caso podem provocar o envolvimento activo quer de professores e alunos, promover um espírito crítico e o respeito entre os intervenientes. É consensual, que o êxito do ensino/aprendizagem é mais eficaz quando se tem actividade de campo, numa perspectiva de investigação porque proporciona o envolvimento do “aluno – observador”.

Adicionalmente, é nossa convicção que os estudos de caso que realizamos e apresentamos possam promover o desenvolvimento de competências de literacia científica e de cidadania, de modo a termos futuros cidadãos activos e conscientes defensores da Sustentabilidade da Terra.

A metodologia usada em todas as actividades práticas tem como suporte questões problema que inquietam, de um modo geral, qualquer cidadão.

Nestes termos, surge a questão:

Há alguma relação entre a temperatura e a humidade relativa do ar? Como se pode interpretar fisicamente essa relação?

4.2. Temperatura do ar e Humidade relativa do ar

No Capítulo 2 foi feita a introdução da humidade relativa do ar. Basicamente a definição não é esclarecedora da relação existente entre estes dois parâmetros meteorológicos. A humidade relativa do ar está condicionada pela razão de mistura actual registada à temperatura do ponto de orvalho e a razão de mistura de saturação à temperatura do ar.

Consideremos uma certa quantidade de ar húmido (ar seco mais vapor de água) confinada a um determinado volume. Se não se alterar a quantidade de vapor de água existente, a razão de mistura actual será constante. A humidade relativa do ar pode ser alterada quando se altera a temperatura do ar. Se esta aumentar, estamos a aumentar a razão de mistura de saturação a essa temperatura e a humidade relativa do ar diminui. Se pelo contrário, se se registar uma diminuição da temperatura do ar a razão de mistura de saturação a essa temperatura diminui e, conseqüentemente, a humidade relativa do ar aumenta. Este processo é facilmente observado. Basta lembrar a situação de quando se entra numa viatura e os vidros interiormente se tornam embaciados. O processo de “transparência” do vidro passa por aumentar a temperatura. Situação semelhante é quando saímos de um banho de água quente e queremos usar o espelho. Normalmente, a melhor solução não é usar uma toalha para limpar o espelho, mas sim a utilização de um secador de cabelo que “projecta” ar quente.

Para se conhecer a relação entre a temperatura e a humidade relativa do ar recorreu-se a dados registados às 9 horas na estação meteorológica clássica da Universidade de Aveiro. A série estudada inclui os anos de 1990 a 1997 (Talaia e Silva, 2006). Conclusões semelhantes seriam obtidas se fosse usada uma diferente série de anos.

A Figura 4.1 mostra círculos de cor “azul claro” que indicam os dados experimentais obtidos e uma linha de cor “azul” que indica a tendência entre os parâmetros com um declive negativo. O sinal negativo indica, como seria esperado, que a humidade relativa do ar diminui quando se aumenta a temperatura do ar.

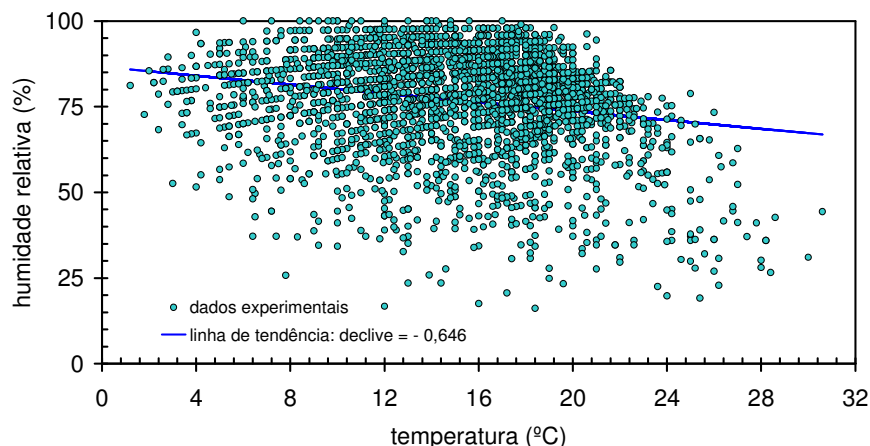


Figura 4. 1. Humidade relativa “versus” temperatura do ar

A Tabela 4.1 mostra para cada ano e para a série de anos o declive e a ordenada na origem quando se relaciona a humidade relativa e a temperatura do ar.

Tabela 4. 1. Declives por ano e da série: humidade relativa “vs” temperatura do ar

Ano	Declive da linha de tendência	Ordenada na origem da linha de tendência
1990	-0,506	82,8
1991	-0,797	86,9
1992	-0,200	79,5
1993	-0,535	84,2
1994	-0,771	91,0
1995	-1,005	93,1
1996	-0,660	87,4
1997	-0,804	90,4
Série 90-97	-0,646	86,6

A humidade relativa e da temperatura do ar condicionam a “transparência” da atmosfera, através da observação visual denominada de visibilidade horizontal.

A visibilidade horizontal mede a transparência da atmosfera e este parâmetro meteorológico é, também, avaliado à mesma hora (9 horas). A estação meteorológica clássica da Universidade de Aveiro dispõe de um estrato apropriado onde através dos órgãos sensoriais o observador avalia a visibilidade horizontal contra vários pontos de referência a distâncias diferentes.

A Tabela 4.2 mostra os declives entre os três parâmetros (humidade relativa *HR*, temperatura do ar *T* e visibilidade horizontal *vis*) para cada ano e série de anos.

Tabela 4. 2. Declives entre parâmetros meteorológicos

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Série 90-97
HR “vs” T	-0,51	-0,80	-0,20	-0,54	-0,77	-1,00	-0,66	-0,80	-0,65
HR “vs” vis	-1,21	-1,47	-1,48	-1,59	-1,63	-1,53	-1,41	-1,13	-1,32
T “vs” vis	0,06	0,07	0,11	0,18	0,12	0,01	0,06	0,08	0,10

Os valores indicados na Tabela 4.2 mostram que o declive entre a humidade relativa e temperatura do ar é sempre de sinal negativo, como se esperava. O declive entre a humidade relativa do ar e a visibilidade horizontal é também sempre negativo. Na prática quando a temperatura do ar aumenta a visibilidade horizontal aumenta, ou seja a transparência da atmosfera aumenta. Esta situação é confirmada pelos valores indicados na Tabela 4.2, em que entre os parâmetros meteorológicos da temperatura do ar e visibilidade horizontal há uma tendência positiva ou seja se um aumenta o outro também aumenta. É verdade que cada ano tem a sua particularidade, mas para a série de anos estudada as tendências têm o mesmo sinal.

A Figura 4.2 mostra a situação para a relação entre a humidade relativa e a visibilidade horizontal e a Figura 4.3 mostra a relação existente entre a temperatura do ar e a visibilidade horizontal.

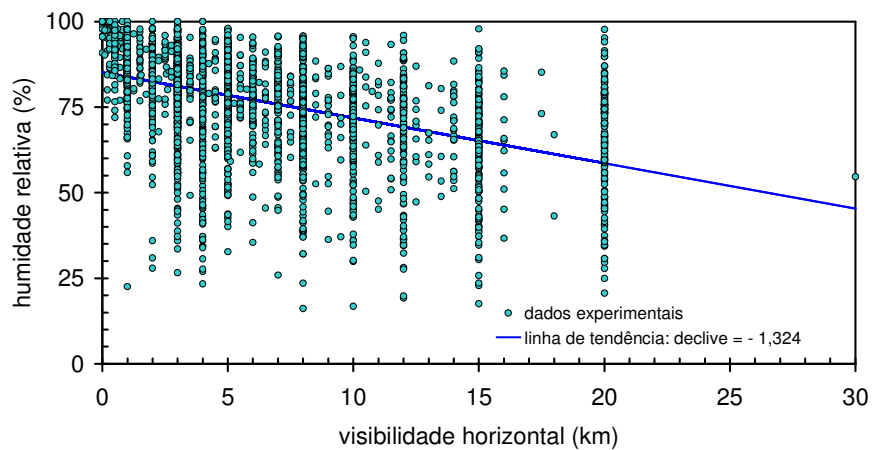


Figura 4. 2. Humidade relativa “versus” visibilidade horizontal

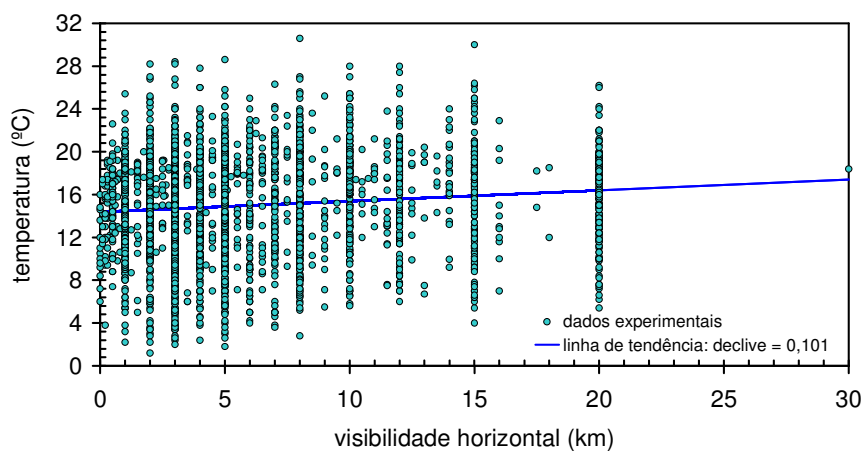


Figura 4. 3. Temperatura do ar “versus” visibilidade horizontal

A Tabela 4.3 indica os valores médios máximos, às 9 horas, da humidade relativa do ar registados para cada mês do ano e da média do ano.

Tabela 4. 3. Humidade relativa do ar – valores médios máximos

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	média
1990	94	98	95	95	87	92	95	98	98	96	95	98	95
1991	95	96	98	96	91	95	95	98	98	98	98	97	96
1992	93	93	100	97	98	92	98	94	96	98	99	95	96
1993	95	83	93	92	95	94	96	97	96	98	98	100	95
1994	100	100	100	98	98	96	96	98	96	98	100	100	98
1995	99	100	98	98	96	91	93	98	98	100	97	98	97
1996	96	95	96	88	96	86	89	96	97	98	94	95	94
1997	98	97	95	94	98	94	92	98	99	96	98	98	96
média	96	95	97	95	95	93	94	97	97	98	97	98	96

A Tabela 4.4 indica os valores médios, às 9 horas, da humidade relativa do ar registados para cada mês do ano e da média do ano.

Tabela 4. 4. Humidade relativa do ar – valores médios

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	média
1990	84	83	64	68	69	75	71	78	79	78	81	70	75
1991	78	82	79	68	56	73	75	75	81	79	81	80	76
1992	71	64	78	71	68	73	81	81	82	82	87	80	77
1993	80	62	68	77	77	79	67	77	81	78	82	91	77
1994	83	84	83	70	80	68	83	84	76	84	82	81	80
1995	84	82	69	73	75	75	79	71	78	79	84	79	77
1996	84	81	65	67	74	76	78	76	82	77	84	81	77
1997	83	81	64	65	74	77	76	84	85	76	85	82	78
média	81	77	71	70	72	75	76	78	81	79	83	81	77

Uma análise adicional pode ser obtida quando se estuda o comportamento entre a humidade relativa do ar e a temperatura do ar.

A Tabela 4.5 mostra os declives obtidos, para as duas variáveis meteorológicas, por mês e para cada ano. Na última linha são indicados os declives para toda a série de anos e por mês.

A observação atenta da Tabela 4.5 mostra que há declives com sinal positivo o que parece contrariar a definição da humidade relativa do ar. Apresentamos algumas justificações para esta situação. Já referimos que a humidade relativa do ar pode aumentar se a temperatura do ar se mantiver praticamente constante mas a razão de mistura à temperatura do ponto de orvalho aumentar. Para haver aumento da razão de mistura a temperatura do ponto de orvalho deve aumentar a quantidade de vapor de água na atmosfera. Assim sendo, ou há deslocação de um “pacote de ar” com características

higrométricas diferentes ou há evaporação de água [entrada de vapor de água no ar húmido – lembra-se que este contém ar seco (inalterável) e vapor de água (alterável)].

Tabela 4. 5. Declives, por mês, entre humidade relativa e temperatura do ar

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1990	0,622	-0,493	0,519	-3,315	-5,842	-1,894	-2,260	-3,415	-3,901	-2,629	-0,010	-0,253
1991	1,275	0,239	-1,473	-3,637	-1,970	-2,407	-2,526	-4,116	-1,572	0,683	1,192	0,207
1992	-1,896	-1,058	-0,687	-3,554	-2,012	-3,221	-5,527	-2,333	-2,409	-1,533	-1,140	0,335
1993	0,378	0,697	-0,042	-2,557	-2,104	-3,088	-4,601	-4,003	-0,213	2,383	0,052	0,673
1994	0,782	-0,656	-5,165	-0,314	-2,053	-4,344	-3,809	-5,144	-1,935	-2,460	-1,019	1,128
1995	2,015	2,515	-3,564	-3,504	-2,621	-4,203	-3,274	-5,582	-2,722	-3,738	-1,121	1,673
1996	1,006	-1,365	-5,051	-3,108	-2,163	-3,806	-2,540	-6,010	-2,338	1,378	-1,339	2,632
1997	-0,275	-3,674	-7,426	-6,184	-2,189	-0,805	-1,454	-1,993	-2,524	1,257	-0,676	3,053
d_m	0,713	0,037	-2,971	-2,836	-2,609	-3,158	-3,488	-4,332	-1,821	-0,808	-0,112	0,950

Na última linha da Tabela 4.5 são indicados valores com duas cores. Os de cor “azul” dão uma tendência com o sinal esperado, enquanto os de cor “vermelha” uma tendência com sinal diferente do esperado. Não se fez uma análise aos dados referentes aos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. No entanto, estes meses pertencem a um período de temperaturas baixas e humidades relativas altas e os dados podem aparecer em gráfico com um aspecto de “nuvem de pontos”. Nestes termos a tendência é prejudicada e os dois sinais podem aparecer. Esta dificuldade desaparece ou é anulada quando se considera uma escala de análise maior, ou seja de estações do ano, como se mostra na última linha da Tabela 4.6. É muito interessante a informação que se pode ler.

Tabela 4. 6. Declives, por estação, entre humidade relativa e temperatura do ar

Ano	Inverno	Primavera	Verão	Outono
1990	0,000	-0,742	-3,218	0,178
1991	1,275	-1,636	-3,779	0,184
1992	-0,796	-1,620	-3,703	-0,357
1993	-0,836	-0,491	-4,375	-0,640
1994	-0,287	-1,887	-3,122	-1,257
1995	1,609	-2,346	-4,163	-0,553
1996	-0,496	0,137	-4,114	-0,035
1997	-2,218	-2,302	-1,394	0,276
d_m	-0,098	-1,394	-3,495	-0,234

O declive para o Inverno é quase nulo; aumenta na Primavera e é máximo durante o Verão. Volta a diminuir em Outubro. O valor do declive para o Verão é justificado pela grande amplitude térmica que se regista (todos os anos apresentam a tendência esperada).

A Figura 4.4 indica os dados registados e a linha de tendência com um declive muito próximo de zero. São humidades relativas próximas de 100% para temperaturas entre cerca de 12 °C a 18 °C que condicionam o valor do declive.

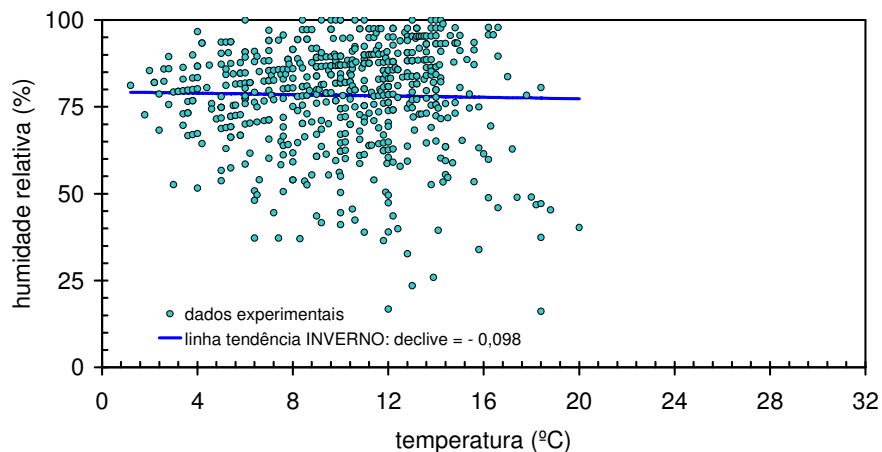


Figura 4. 4. Humidade relativa “versus” temperatura do ar: INVERNO

A Figura 4.5 indica os dados registados e a linha de tendência com um declive de -1,394 para a Primavera. A observação do gráfico mostra que para temperaturas mais altas a humidade relativa diminui o que favorece o valor do declive.

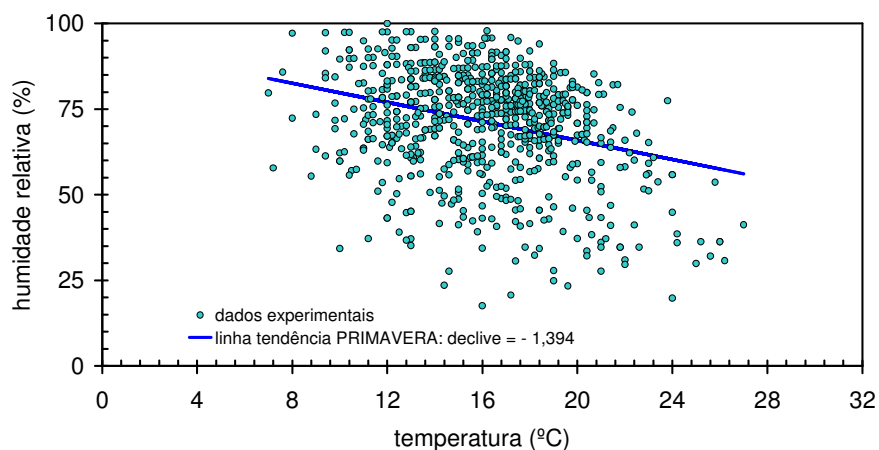


Figura 4. 5. Humidade relativa “versus” temperatura do ar: PRIMAVERA

Na Figura 4.6 são indicados os dados registados e a linha de tendência com um declive de -3,495 para o Verão. A observação do gráfico mostra que quanto maior for a temperatura mais baixa é a humidade relativa, o que torna o declive mais significativo.

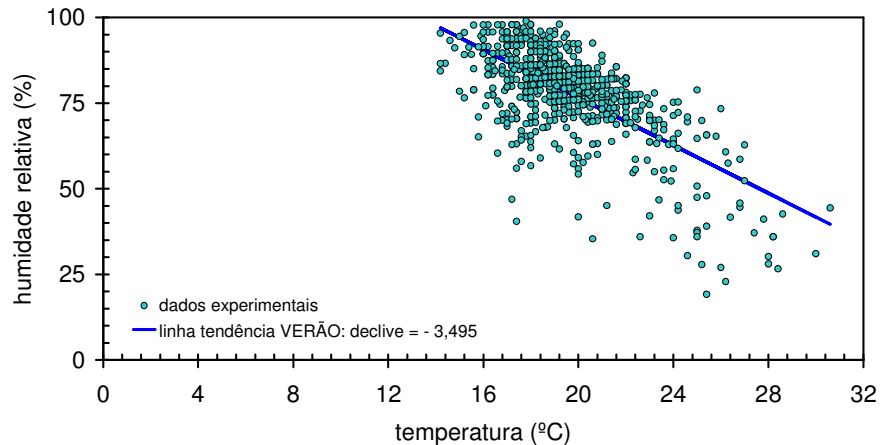


Figura 4. 6. Humidade relativa “versus” temperatura do ar: VERÃO

Por último, na Figura 4.7 são indicados os dados registados e a linha de tendência com um declive de -0,234 para o Outono. A observação do gráfico da Figura 4.7 mostra que o arrefecimento da atmosfera condiciona novamente o declive para um menor valor.

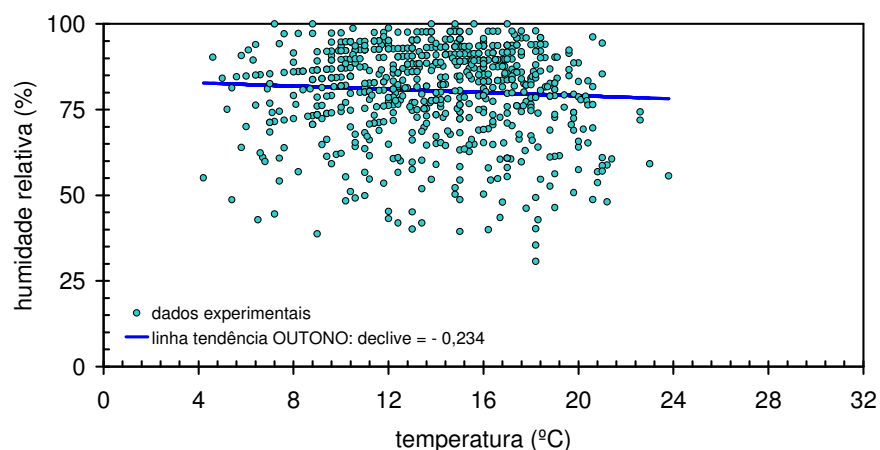


Figura 4. 7. Humidade relativa “versus” temperatura do ar: OUTONO

É sabido que na atmosfera os parâmetros meteorológicos apresentam grande variabilidade. A Figura 4.1 mostra como a humidade relativa e a temperatura do ar estão relacionados. Nessa figura foi indicada a cor “azul” a linha de tendência. Surgem novas questões:

Será que essa linha de tendência (obtida através do método dos desvios mínimos quadrados) dá uma interpretação correcta da relação entre os dois parâmetros meteorológicos?

Que papel tem a expressão que define a humidade relativa do ar?

Para responder temos de dar atenção à expressão (3.30). Esta expressão mostra que para um mesmo nível isobárico (pressão constante), quando a razão de mistura actual permanece constante e quando a temperatura do ar aumenta a humidade relativa do ar diminui.

Consideremos agora uma situação de bem-estar para uma actividade intelectual, em que a situação óptima é para condições de ar húmido próximas de uma temperatura de 20°C a 22°C e uma humidade relativa de 50%. Se este dado fosse representado na Figura 4.1, para uma razão de mistura actual constante, a expressão (3.30) permite traçar a linha de cor “vermelha” como se indica agora na Figura 4.8 (adaptada da Figura 4.1).

Deve-se dar especial atenção à linha de cor “vermelha” que indica o que se passa num compartimento de uma casa, escola ou escritório quando o ar húmido (“pacote de ar”) está confinado a um espaço. A grande dispersão dos pontos indicados na Figura 4.8, círculos de cor “azul claro”, mostra a grande variabilidade que se regista na atmosfera a céu aberto. Aqui temos um ar húmido que está em permanente alteração (lembramos a contribuição do vapor de água).

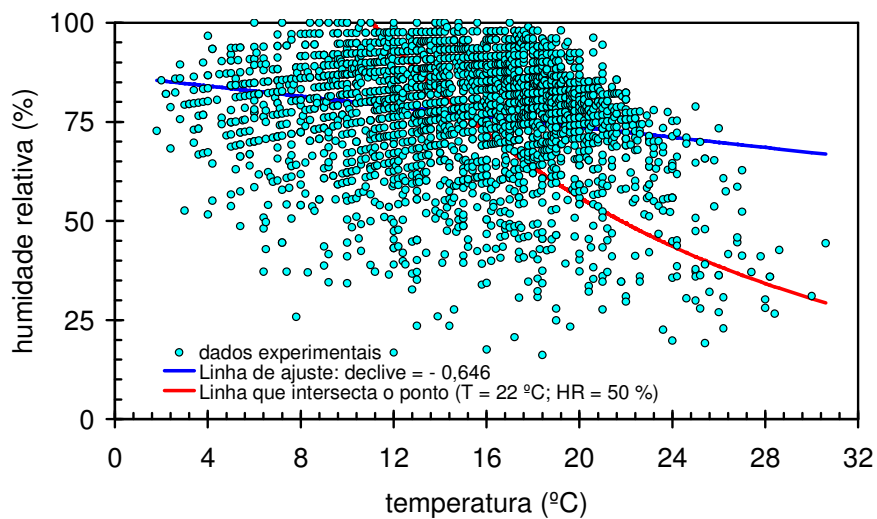


Figura 4. 8. Humidade relativa “versus” temperatura do ar e modelo de um “pacote de ar”

As tabelas e figuras até aqui apresentadas podem ser facilmente “feitas” numa escola. Não é necessário dispor de dados de uma série longa de anos. Esta pode ser obtida no tempo. No presente, os dados registados de uma semana e registados durante o dia e de hora em hora permitem uma análise de dados também muito interessante (Talaia e Silva, 2007a).

4.3. Temperatura do ar

A IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) estabelecida pela World Meteorological Organization – WMO e United Nations Environment Programme – UNEP em 1988 tem, nos últimos anos, disponibilizado muita informação acerca do impacto, adaptação e vulnerabilidade do planeta e seres vivos devido às mudanças climáticas. É aceite que o sistema climático do planeta, em termos de aquecimento global, se alterou, quer à escala nacional, quer à escala mundial, desde a época pré-industrial.

Estudos recentes, mostram que pessoas já com idade considerada algo “significativa” (na perspectiva de esperança média de vida) têm uma forte percepção da existência das alterações climáticas e consequentes efeitos e, que estas percepções estão em concordância com estudos científicos.

O sistema climático do Planeta tem-se alterado de maneira importante à escala nacional e mundial desde a época pré-industrial, e algumas destas alterações podem-se atribuir a actividades humanas, de acordo com IPCC (2001a; 2001b; 2007).

O aquecimento global está associado às alterações climáticas, conforme mostra a excelente obra científica publicada pela National Geographic (2004).

Como mostrou a IPCC (2001a) a temperatura global média à superfície aumentou de $(0,6 \pm 0,2)^\circ\text{C}$ desde o século dezanove. Na Figura 4.9 mostra-se a evolução da temperatura em dois períodos distintos, de 1910 a 1945 e desde 1976, respectivamente. A observação visual e directa do gráfico e, a análise de resultados mostra que, para ambos os períodos, o aumento da temperatura é de $0,15^\circ\text{C}/\text{década}$.

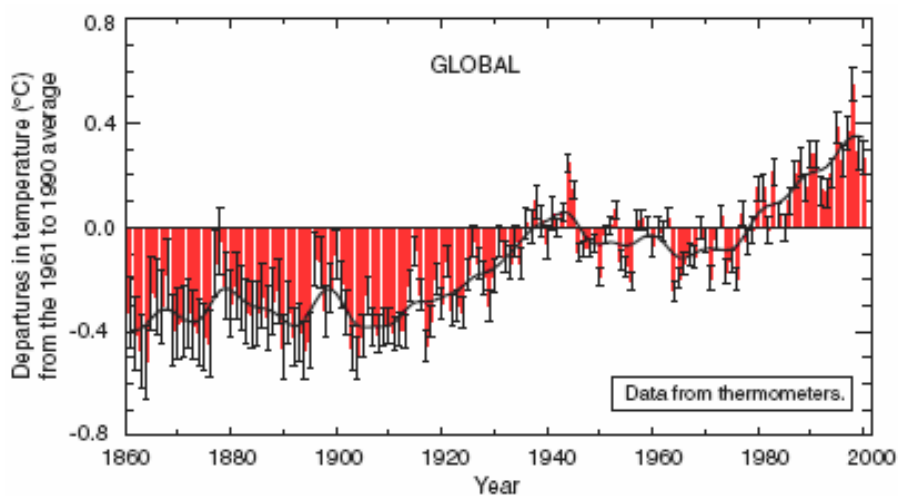


Figura 4. 9. Evolução da temperatura global média (IPCC, 2001a)

Também, os dados registados e disponíveis pela comunidade científica parecem mostrar que os combustíveis fósseis contribuíram em média, nas últimas décadas, para um aumento da temperatura média do ar em cerca de 0,5 °C. Se é verdade que este aumento não se faz sentir em algumas regiões do planeta, a verdade é que está a ter impacto relevante e preocupante em outras regiões do planeta, com alterações significativas nos ecossistemas.

Alguns cientistas relatam que se está a atingir o limiar do **patamar da tolerância**, quer na atmosfera quer nos oceanos. Os seres vivos forçosamente terão de se adaptar a novas situações.

Será esta “viragem” possível?

Talaia e Sousa (2004) mostraram como a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento estão relacionados. Na prática, o público em geral tem para a região onde habita uma noção muito exacta acerca dos efeitos inerentes às alterações climáticas. Neste respeito, são muito interessantes os resultados de Sousa e Talaia (2006) acerca de um inquérito aplicado a pessoas com idades superiores a 50 anos na região de Aveiro. O inquérito, de natureza simples e de uma página, aborda questões acerca da residência e idade da pessoa, formação académica, indicadores meteorológicos, indicadores físicos e biológicos e informação acerca da saúde. O estudo mostra que não foram inquiridas pessoas da especialidade, tendo por isso, um particular cuidado de “descartar” aqueles que mostravam ter formação “superior” na área da Física, Química, Meteorologia e Oceanografia.

A análise dos gráficos da Figura 4.10 mostra que a grande maioria dos inquiridos (cerca de 100%), tem a noção de que o clima se alterou e de que a temperatura aumentou ao longo das suas vidas.

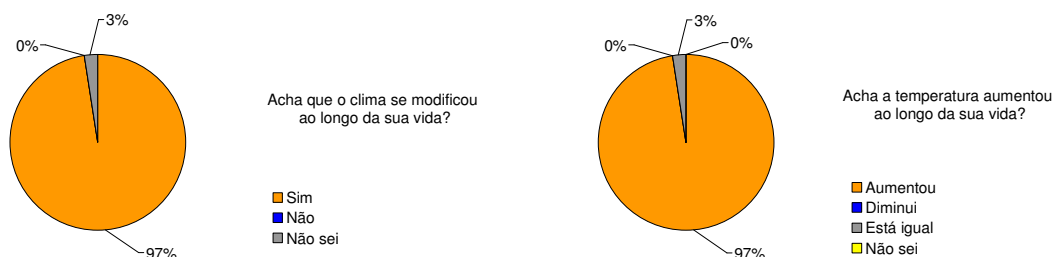


Figura 4. 10. Percepção de um público acerca da alteração do clima e da temperatura do ar

É sabido que a variação anual das condições de temperatura do ar, associada à repetição cíclica das estações, pode pôr-se em evidência considerando a evolução das médias das temperaturas diárias para os diferentes meses. As irregularidades dos valores

obtidos de ano para ano atenuam-se logo que se consideram médias para vários anos consecutivos, quer dizer, alargando o tempo de recolha das observações a uma escala superior à anual. Admitindo que não ocorre mudança climática significativa nesse período (variação de fundo, de carácter não accidental) verifica-se a estabilização dos parâmetros estatísticos que caracterizam a distribuição das temperaturas médias mensais e anuais ao fim dum certo número de anos.

O estado do tempo é por natureza instável. No entanto é possível para fins práticos representar as condições médias, sejam relativas a um mês ou ao ano, como sendo os valores normais ou habituais encontrados no espaço de uma ou várias gerações – esperando que esses mesmos valores possam ter ainda validade para as gerações seguintes. Cada lugar apresenta um padrão característico de variação anual que reflecte o regime estacional duma região mais alargada. A identificação de flutuações extremas e da sua frequência de ocorrência não é menos importante dado o impacto que têm sobre a vida das populações.

A experiência acumulada ao longo de muitos anos de observação em lugares muito diversos, mostrou ser necessário em regra reunir as observações de pelo menos 30 a 35 anos consecutivos para se poder obter números indicadores das condições gerais dum dado lugar. Pode acontecer que em determinadas regiões seja suficiente um período inferior de anos de observação. Contudo estabeleceu-se como normais climatológicas – padrão as médias calculadas para períodos ininterruptos de 30 anos.

Surge a questão:

Será que a partir de uma colecção de dados da temperatura é possível caracterizar a dinâmica da temperatura numa região?

A colecção de dados é importante. Conforme referido, é melhor usar uma série de anos, no entanto, numa escola o estudo que se segue pode ser realizado a partir da colecção de dados registados de uma semana, de um mês ou de um ano.

Neste trabalho considerou-se uma série de oito anos e, esta perspectiva está em concordância com orientações actuais da OMM (Organização Mundial de Meteorologia) que sugere estudos com séries curtas devido às alterações climáticas. Os dados meteorológicos foram registados na estação meteorológica da Universidade de Aveiro, identificada pelo nº 102, da rede nacional de estações, com as coordenadas geográficas de 40º 38' de latitude, 8º 40' de longitude, estando 5 metros acima do nível médio das águas do mar (consideraram-se os registos da estação como representativos para a região em estudo).

A Região de Aveiro é localizada na região central de Portugal, junto ao oceano Atlântico e é atravessada pelo rio Vouga, que desagua na Ria de Aveiro.

A região de Aveiro com características próprias e de elevada beleza natural, com uma extensão de praia que pode ser considerada muito importante no desenvolvimento socio-económica e no planeamento turístico, pode ser considerada temperada.

A temperatura do ar sendo um parâmetro meteorológico que condiciona as trocas climáticas a nível global tem suscitado o interesse de inúmeros investigadores.

O estudo incide sobre as temperaturas médias mensais e anuais, a variação anual e a variabilidade interanual. Com o fim de melhor caracterizar cada mês, analisam-se as distribuições das médias diárias pelos vários meses. Baseando-nos apenas numa observação diária (leituras dos termómetros de máxima e de mínima), as médias diárias são estimadas através da média das máximas e mínimas do dia (Talaia e Silva, 2007a).

Dado o volume de informação obtida optou-se por apresentar um conjunto de tabelas e gráficos, cuja observação visual permite tirar ilações.

Os valores indicados em tabela, nesta dissertação, permitem fazer, no futuro, estudos comparativos de regiões diferentes e para a mesma série de anos.

As Tabelas 4.7 à 4.12 mostram, para a série estudada, os valores mínimos e máximos por mês e por ano para a temperatura mínima, média e máxima. Em cada tabela, a cor “verde pálido” indica o valor mais baixo e a cor “dourada” indica o valor mais alto.

Tabela 4. 7. Valores mínimos da temperatura mínima por mês e por ano

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1990	-1,0	5,0	1,0	7,0	7,0	8,5	12,5	13,5	12,0	9,5	2,5	1,0
1991	2,0	2,0	5,5	7,0	6,0	10,5	12,5	11,5	11,0	9,0	2,0	1,5
1992	0,0	1,5	1,0	5,0	3,0	10,0	14,5	13,0	10,5	6,5	5,0	2,0
1993	1,0	3,5	0,0	5,0	8,0	12,0	12,5	12,0	8,5	9,0	4,5	3,5
1994	1,1	0,5	7,0	6,0	8,0	9,0	13,0	12,0	9,5	7,5	6,5	1,0
1995	3,5	4,5	4,0	4,0	9,0	13,0	13,5	14,0	10,0	9,0	6,0	3,5
1996	3,0	0,5	3,0	7,5	7,0	12,0	12,5	13,0	11,5	8,5	4,5	3,0
1997	0,0	5,0	9,0	10,5	7,0	11,5	12,0	13,5	12,5	9,0	6,5	5,0

Tabela 4. 8. Valores máximos da temperatura mínima por mês e por ano

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1990	11,5	14,0	13,0	14,0	17,0	19,0	21,0	19,5	19,5	17,7	15,0	13,0
1991	14,5	10,0	13,5	12,5	19,0	17,0	19,0	20,0	19,5	15,0	17,0	12,0
1992	7,5	12,0	13,5	16,5	18,0	18,5	18,0	19,5	19,0	15,5	14,0	13,0
1993	9,0	11,0	15,0	14,0	14,5	18,0	23,0	19,5	19,0	16,0	15,5	13,8
1994	13,5	13,8	13,0	14,5	14,5	19,5	18,5	18,5	19,0	18,0	16,7	16,0
1995	14,0	15,0	14,0	15,0	21,0	20,0	20,0	20,0	20,0	17,5	17,5	15,0
1996	14,0	11,5	14,5	15,0	15,5	19,0	19,0	18,5	19,0	16,0	15,0	13,0
1997	13,0	13,0	15,5	18,0	23,0	17,5	18,5	19,0	19,0	21,0	15,0	15,5

A Temperatura e a Humidade Relativa do ar num contexto Educacional

Tabela 4. 9. Valores mínimos da temperatura máxima por mês e por ano

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1990	10,0	13,5	13,0	13,5	19,8	20,5	21,0	21,0	21,0	16,5	12,0	10,5
1991	10,0	8,5	7,0	14,0	15,5	15,0	20,0	22,0	18,5	16,0	12,5	11,5
1992	10,5	10,0	13,5	13,5	16,5	17,5	20,5	21,0	17,0	14,0	13,5	12,5
1993	10,5	13,0	9,5	13,0	15,5	17,5	19,5	20,0	17,5	16,5	13,0	12,0
1994	10,0	4,5	14,0	14,5	14,5	19,0	20,5	21,0	9,5	15,5	14,5	12,0
1995	12,0	12,0	13,0	11,0	17,0	19,0	22,0	22,0	19,0	18,5	14,0	9,0
1996	9,5	10,5	12,0	16,0	15,0	18,0	20,0	20,5	19,0	17,0	9,0	10,0
1997	8,5	13,5	17,5	17,2	16,5	19,0	19,5	19,0	20,0	20,0	12,5	8,0

Tabela 4. 10. Valores máximos da temperatura máxima por mês e por ano

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1990	16,0	23,5	26,0	24,0	26,0	28,5	33,5	31,0	32,5	25,5	20,5	17,5
1991	17,5	19,6	22,0	23,0	31,5	31,0	34,0	34,5	30,5	26,0	22,0	18,5
1992	18,0	22,0	24,0	28,0	33,5	27,5	29,0	30,5	34,0	23,0	24,5	17,5
1993	18,5	20,5	26,0	21,5	23,5	30,0	39,0	30,5	29,5	21,0	21,0	18,0
1994	18,0	19,0	23,5	26,0	26,5	32,5	27,0	25,0	25,0	27,5	23,0	22,0
1995	18,0	19,0	27,0	27,5	29,0	30,5	34,0	34,0	28,0	29,5	25,0	19,5
1996	19,0	18,0	25,0	24,5	23,5	31,0	33,5	25,0	31,0	28,0	20,0	18,5
1997	20,0	25,0	27,5	28,0	32,5	24,5	32,5	27,0	29,5	27,5	23,0	19,0

Tabela 4. 11. Valores mínimos da temperatura média por mês e por ano

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1990	2,3	10,3	8,9	11,0	14,5	15,3	18,0	18,7	17,3	13,8	7,8	6,3
1991	7,3	5,5	8,5	11,5	11,0	15,0	16,5	16,8	15,8	12,8	7,5	7,8
1992	5,3	8,0	10,0	10,5	9,8	14,5	18,0	17,3	14,5	10,8	11,8	7,3
1993	6,3	9,0	5,3	9,8	11,8	15,5	16,0	16,8	13,3	13,0	9,0	7,8
1994	6,3	3,0	11,2	10,5	11,8	15,3	16,8	17,5	11,3	12,0	10,5	7,0
1995	8,5	8,5	8,8	7,5	13,0	16,8	18,3	19,0	15,5	13,8	10,3	7,0
1996	7,3	5,5	7,5	11,8	11,0	15,5	16,5	17,5	15,3	13,0	6,8	8,0
1997	5,0	10,0	14,0	14,1	11,8	15,3	16,0	17,8	16,8	15,0	9,5	8,8

Tabela 4. 12. Valores máximos da temperatura média por mês e por ano

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1990	12,7	17,8	18,8	17,5	21,3	22,3	26,8	24,0	24,8	20,8	16,5	14,0
1991	15,4	14,8	17,8	17,0	25,0	23,5	26,0	25,8	24,5	19,8	19,5	14,0
1992	12,0	15,0	18,0	20,5	25,8	22,5	23,0	24,5	26,5	18,3	18,8	15,0
1993	13,0	15,0	20,3	17,0	18,8	23,3	29,3	23,8	24,2	18,0	18,0	14,9
1994	14,3	16,4	17,3	20,3	20,5	25,5	21,8	21,5	21,5	21,5	17,9	18,0
1995	15,0	16,3	20,3	21,3	25,0	24,8	26,5	25,7	24,0	23,5	20,0	17,0
1996	16,3	13,3	19,5	19,8	19,5	24,8	25,5	21,0	24,5	21,5	16,0	15,8
1997	14,8	17,8	20,0	23,0	27,8	20,8	25,0	22,5	23,3	23,5	18,8	15,5

A Tabela 4.13 mostra os valores da temperatura média por mês e por ano. Nesta tabela para cada mês indicam-se os valores mais baixos e altos registados através da cor azul e vermelha.

Na penúltima linha, são indicados os valores médios mensais e na coluna à direita os valores médios anuais. Também, são indicados os valores mais baixos e mais altos através da cor adoptada. A intersecção destas duas linhas (horizontal e vertical) indica o valor médio da temperatura média da série estudada (valor de cor “verde”).

A última linha indica a tendência da temperatura média no tempo. Nesta linha os valores de cor “azul” indicam um declive negativo e os valores de cor “vermelha” indicam um declive positivo. A cor do declive mostra se para o mês indicado a temperatura aumenta ou diminui no tempo, ou seja, ao longo dos anos.

A coluna do lado direito da Tabela 4.13 indica os valores médios da temperatura média de cada ano e da série de anos, com um valor de 15,6°C.

Tabela 4. 13. Temperatura média por mês e por ano

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	ano
1990	9,5	13,3	14,3	12,8	18,0	19,0	21,3	20,5	20,5	17,0	12,9	9,6	15,7
1991	9,8	9,5	13,3	13,6	16,5	18,5	20,5	21,8	21,4	15,3	13,3	11,3	15,4
1992	9,3	11,3	12,8	13,4	17,8	17,6	19,3	19,5	17,6	14,8	14,0	12,0	14,9
1993	9,5	12,6	13,8	13,3	15,5	18,8	19,3	20,3	17,9	15,3	12,5	12,3	15,1
1994	9,1	10,4	13,5	13,0	15,0	19,3	19,0	19,7	17,9	17,3	15,0	13,1	15,2
1995	10,8	12,9	13,0	16,0	17,9	18,9	20,5	21,5	18,3	19,0	16,0	13,8	16,5
1996	12,5	10,5	13,8	14,5	15,5	19,5	20,0	19,5	18,5	14,5	13,3	11,3	15,3
1997	12,0	12,6	17,0	17,4	16,8	18,0	20,8	20,5	19,8	20,3	15,0	12,3	16,9
mês	10,3	11,6	13,9	14,2	16,6	18,7	20,1	20,4	19,0	16,7	14,0	11,9	15,6
d_m	0,421	0,039	0,265	0,528	-0,165	0,027	-0,030	-0,069	-0,211	0,399	0,278	0,296	

A Tabela 4.14 é igual à Tabela 4.13, mas com uma particularidade, os valores estão numa base de cor (“azul” para a temperatura mais baixa e “vermelha” para a temperatura mais alta). A tabela mostra o padrão de cores das temperaturas médias mensais observadas, bem como das médias de cada mês para a série de oito anos e das médias anuais.

Tabela 4. 14. Temperatura média por mês e por ano (a cores)

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	ano
1990	9,5	13,3	14,3	12,8	18,0	19,0	21,3	20,5	20,5	17,0	12,9	9,6	15,7
1991	9,8	9,5	13,3	13,6	16,5	18,5	20,5	21,8	21,4	15,3	13,3	11,3	15,4
1992	9,3	11,3	12,8	13,4	17,8	17,6	19,3	19,5	17,6	14,8	14,0	12,0	14,9
1993	9,5	12,6	13,8	13,3	15,5	18,8	19,3	20,3	17,9	15,3	12,5	12,3	15,1
1994	9,1	10,4	13,5	13,0	15,0	19,3	19,0	19,7	17,9	17,3	15,0	13,1	15,2
1995	10,8	12,9	13,0	16,0	17,9	18,9	20,5	21,5	18,3	19,0	16,0	13,8	16,5
1996	12,5	10,5	13,8	14,5	15,5	19,5	20,0	19,5	18,5	14,5	13,3	11,3	15,3
1997	12,0	12,6	17,0	17,4	16,8	18,0	20,8	20,5	19,8	20,3	15,0	12,3	16,9
mês	10,3	11,6	13,9	14,2	16,6	18,7	20,1	20,4	19,0	16,7	14,0	11,9	15,6

Consideramos importante mostrar, através das Tabelas 4.15 e 4.16, os valores da temperatura média mínima e da temperatura média máxima. Nestas tabelas são indicados os valores mais altos e valores mais baixos registados. Assim como a coluna do lado direito indica a média do ano, a penúltima linha os valores médios por mês para a série de anos e a última linha as tendências para cada mês da série de anos.

Tabela 4. 15. Temperatura média mínima

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	ano
1990	5,0	10,0	9,0	10,0	13,5	15,3	17,5	17,0	17,0	13,5	8,5	6,0	11,9
1991	6,0	5,8	10,0	9,3	11,5	15,0	16,0	17,0	16,8	12,0	9,8	8,0	11,4
1992	4,0	6,0	7,5	10,0	13,5	15,0	16,0	16,5	14,0	11,0	11,5	7,5	11,0
1993	4,5	7,9	9,5	9,5	12,5	15,3	15,5	15,5	15,5	12,5	8,5	10,0	11,4
1994	5,0	7,0	9,5	9,3	12,0	15,0	16,3	16,5	14,0	14,5	10,0	9,0	11,5
1995	8,0	9,0	10,0	11,3	14,8	15,5	17,0	17,0	14,5	14,0	13,0	10,5	12,9
1996	9,0	6,5	10,0	11,5	12,0	15,5	16,5	16,5	15,0	10,0	8,8	7,0	11,5
1997	8,0	8,5	10,5	13,5	13,5	15,0	17,0	17,5	16,5	17,0	12,3	10,0	13,3
média	6,2	7,6	9,5	10,5	12,9	15,2	16,5	16,7	15,4	13,1	10,3	8,5	11,9
D_m	0,577	0,016	0,214	0,467	0,069	0,024	0,042	0,042	-0,146	0,304	0,324	0,369	

Tabela 4. 16. Temperatura média máxima

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	ano
1990	13,5	16,5	19,0	16,5	22,0	22,5	26,5	24,0	24,3	20,0	16,0	14,5	19,6
1991	14,0	13,3	15,5	18,3	21,0	21,5	24,0	26,0	26,0	19,0	17,0	15,0	19,2
1992	14,5	16,0	17,5	16,8	22,5	20,5	22,5	23,0	21,3	18,0	17,0	16,0	18,8
1993	15,5	17,5	17,5	16,3	19,0	22,5	23,0	24,5	21,0	19,0	16,3	14,5	18,9
1994	14,3	14,3	16,5	16,0	18,0	22,5	21,5	22,5	21,5	20,5	18,8	17,0	18,6
1995	14,5	16,3	17,5	20,0	20,5	22,5	24,0	26,0	22,8	22,5	19,0	17,0	20,2
1996	16,0	13,5	18,0	18,0	19,0	23,0	23,5	22,5	21,5	19,5	16,7	14,5	18,8
1997	15,0	16,3	24,0	20,8	20,0	21,0	24,5	23,5	23,3	23,5	18,0	15,5	20,4
média	14,7	15,4	18,2	17,8	20,3	22,0	23,7	24,0	22,7	20,3	17,3	15,5	19,3
D_m	0,229	-0,036	0,554	0,452	-0,369	0,036	-0,161	-0,167	-0,292	0,500	0,247	0,119	

A Figura 4.11 mostra o padrão de variação temporal da temperatura média. A figura mostra a evolução da temperatura média ao longo da série de anos.

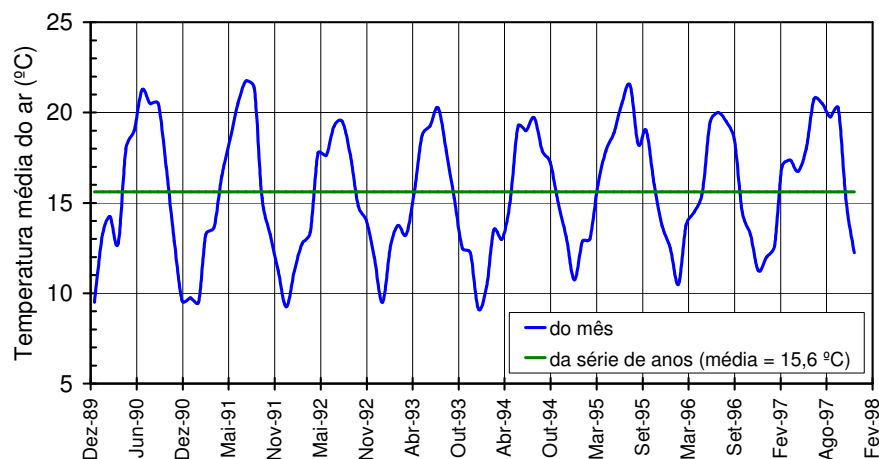


Figura 4. 11. Padrão de variação temporal

A observação do gráfico da Figura 4.11 indica alguma variação temporal entre os valores extremos. A variação da temperatura, conforme mostra a linha de cor “azul”, é bem

marcada entre cerca de 10 °C e 20 °C. De notar, que o limite inferior desta variação aumenta linearmente a partir de 1994, enquanto o limite superior “oscila” ao redor do valor de 20 °C, o que indicia uma diminuição da amplitude térmica anual. Na Figura 4.11 a linha traçada de cor “verde” indica a média das temperaturas médias da série.

Na Figura 4.12 é mostrada a variação interanual.

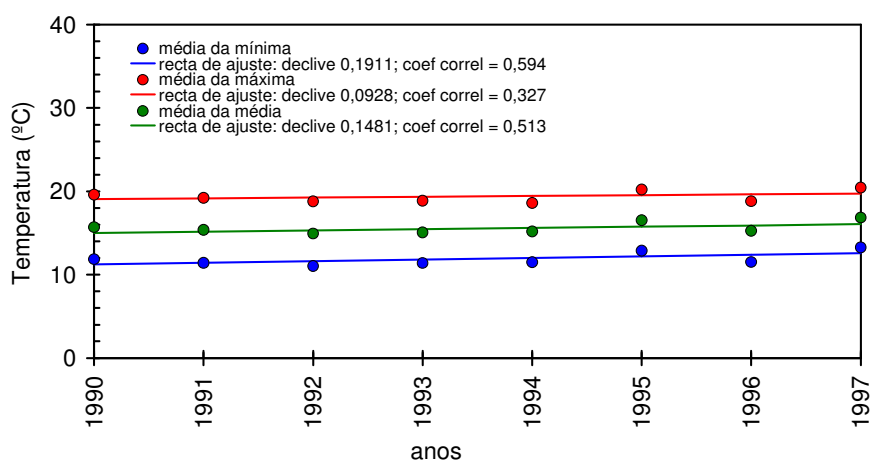


Figura 4. 12. Variação interanual

Os dados indicados na Figura 4.12 indicam valores da média anual da temperatura mínima (cor “azul”), da média anual da temperatura máxima (cor “vermelha”) e da média anual da temperatura média (cor “verde”).

As linhas traçadas indicam a tendência para cada conjunto de dados. As linhas de ajuste, traçadas através da aplicação do método dos mínimos desvios quadrados, mostram que a média anual da temperatura mínima apresenta o maior declive positivo, de 0,1911 °C.ano⁻¹, o que favorece uma diminuição da amplitude térmica anual, confirmando as conclusões já referidas anteriormente. Na prática, o declive positivo da tendência da temperatura média máxima é inferior e igual a 0,0928 °C.ano⁻¹.

Na Figura 4.13, para a série estudada, é apresentado o gráfico que indica as flutuações para a média anual da temperatura mínima. A observação das flutuações para a média anual da temperatura mínima mostra que apenas o mês de Setembro tem uma contribuição negativa. Outubro, Novembro, Dezembro, Janeiro e Abril são meses que condicionam positivamente o aumento da temperatura média mínima. Neste respeito, Janeiro e Abril apresentam um valor superior a $T + 2\sigma$.

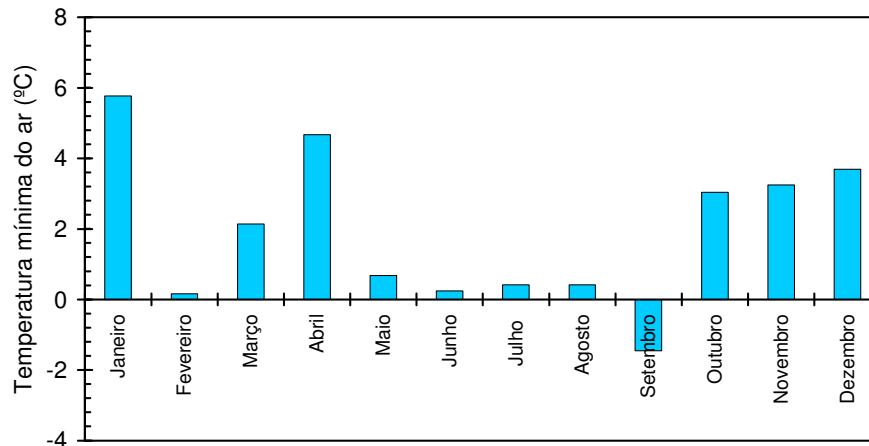


Figura 4. 13. Flutuações para o período em estudo da média da temperatura mínima

A Figura 4.14 indica as flutuações para a média anual da temperatura máxima e mostra que há grande variabilidade ao longo dos meses, apresentando a maior diferença entre meses sucessivos, Setembro e Outubro. Contribuem positivamente o mês de Março, Abril e Outubro (cerca de $T + 2\sigma$) e negativamente Maio e Setembro com valores superiores a $T - 2\sigma$. Conclui-se, que no geral, são os meses considerados mais frios que contribuem para o aumento de temperatura no final do período estudado.

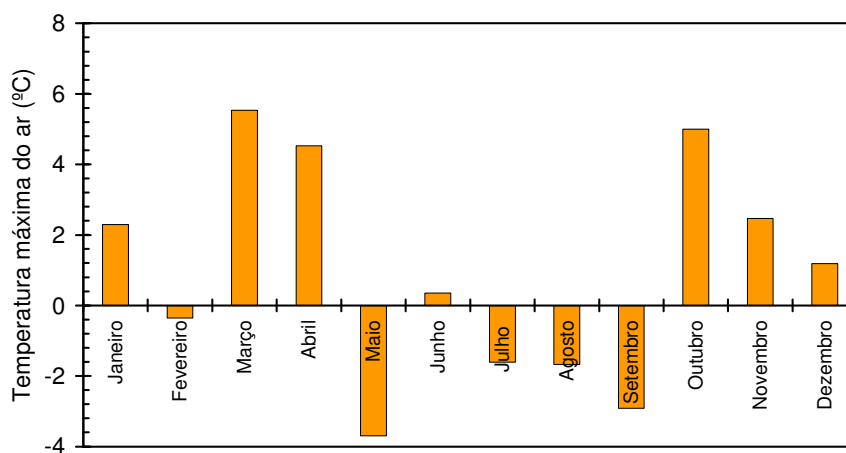


Figura 4. 14. Flutuações para o período em estudo da média da temperatura máxima

Na Figura 4.15 mostram-se as flutuações para a média anual da temperatura média. A observação do gráfico indica que há alguma variabilidade ao longo dos meses, com duas contribuições: uma positiva devido aos meses de Outubro a Abril e uma negativa de Maio a Setembro, se bem que Junho tenha contribuição positiva considerada insignificante em face das outras. A observação mostra ainda que os meses de Janeiro, Março, Abril,

Outubro, Novembro e Dezembro têm valores superiores a $T + 2\sigma$ e que Maio e Setembro contribuem negativamente com cerca de $T - 2\sigma$.

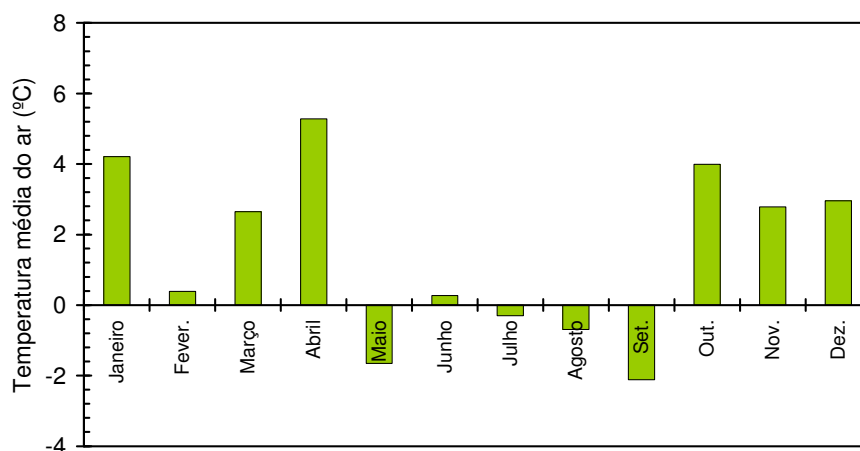


Figura 4. 15. Flutuações para o período em estudo da média da temperatura média

No geral, pode-se afirmar que os meses de Junho, Julho e Agosto podem ser considerados de normais durante a série de anos, se bem que a temperatura diminua de Junho a Setembro quase linearmente. O mês de Abril é considerado extremamente quente (valor superior a $T + 3\sigma$). Os meses de Janeiro, Março, Abril, Outubro, Novembro e Dezembro são considerados quentes pois registam valores superiores a $T + 2\sigma$. Observa-se uma tendência dos meses considerados de frios registarem um aumento significativo de temperatura.

As Tabelas 4.17 à 4.19 mostram os valores dos declives para cada mês e por ano. A cor “azul” representa o menor e a cor “dourada” o maior declive para cada mês.

A última linha mostra as tendências para cada mês durante a série de anos, em que a cor “vermelha” indica a tendência positiva no tempo e a cor “azul” indica a tendência negativa no tempo.

Tabela 4. 17. Tendência da Temperatura mínima por mês e por ano

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1990	0,056	-0,018	0,137	0,016	0,010	0,148	0,101	-0,036	0,088	-0,014	-0,247	0,165
1991	-0,132	0,118	-0,028	0,047	0,323	-0,030	-0,030	-0,007	-0,118	-0,016	-0,119	-0,305
1992	0,007	0,120	-0,039	0,135	0,173	0,147	0,025	0,038	-0,035	-0,056	-0,064	-0,151
1993	0,043	-0,038	0,178	0,009	-0,032	0,093	-0,053	0,047	-0,279	-0,129	0,165	0,101
1994	-0,175	0,296	0,078	0,102	-0,012	-0,007	0,028	-0,007	-0,067	-0,184	-0,165	-0,190
1995	0,221	-0,172	0,151	-0,072	-0,079	0,088	0,016	0,041	-0,180	0,087	-0,211	0,198
1996	-0,194	-0,160	0,179	0,015	0,129	0,050	-0,008	-0,055	-0,136	0,081	0,078	0,015
1997	0,135	0,071	0,056	0,013	0,001	-0,056	0,100	-0,040	0,024	-0,159	-0,103	0,051
d_m	0,003	-0,012	0,075	0,015	0,090	-0,020	0,024	-0,005	-0,031	-0,007	-0,050	0,016

Tabela 4. 18. Tendência da Temperatura máxima por mês e por ano

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1990	0,047	0,118	0,130	0,211	-0,016	-0,011	0,056	-0,090	0,156	-0,199	-0,213	-0,024
1991	-0,051	0,201	0,163	-0,029	0,455	0,082	0,047	-0,011	-0,105	-0,121	-0,107	-0,049
1992	-0,018	-0,068	-0,047	0,201	0,146	0,132	-0,001	-0,012	-0,032	-0,177	-0,043	0,000
1993	0,027	-0,052	0,170	-0,034	-0,021	0,169	-0,027	0,065	-0,284	-0,030	-0,131	-0,038
1994	0,014	0,226	0,025	0,179	-0,022	-0,079	-0,004	-0,047	-0,078	-0,204	0,043	-0,214
1995	0,057	-0,147	0,278	-0,289	-0,052	-0,049	0,051	0,243	-0,097	0,033	-0,202	0,103
1996	-0,163	-0,049	0,090	0,082	0,116	0,101	-0,016	-0,014	-0,319	0,062	-0,156	-0,004
1997	0,204	0,076	0,030	-0,168	0,027	-0,009	0,133	-0,058	0,053	-0,160	-0,144	-0,061
d_m	0,015	0,015	0,105	0,022	0,094	-0,038	0,007	0,001	0,002	-0,100	-0,093	-0,016

Os valores indicados na última linha da Tabela 4.19 sugerem que os meses entre Setembro a Janeiro e Maio e Junho têm uma contribuição negativa no aumento da temperatura média e os meses entre Fevereiro, Abril, Julho e Agosto têm uma contribuição positiva. Interessante é Abril ser considerado o mês com maior contribuição e Setembro o de menor contribuição para o aumento da temperatura média.

Tabela 4. 19. Tendência da Temperatura média por mês e por ano

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1990	0,037	0,050	0,133	0,113	-0,003	0,069	0,079	-0,063	0,122	-0,107	-0,230	0,085
1991	-0,091	0,160	0,067	0,009	0,389	0,026	0,048	-0,009	-0,112	-0,069	-0,113	-0,177
1992	-0,006	0,026	-0,043	0,168	0,159	0,140	0,012	0,013	-0,034	-0,117	-0,053	-0,075
1993	0,035	-0,045	0,174	-0,013	-0,027	0,131	-0,040	0,056	-0,281	-0,079	-0,169	0,031
1994	-0,081	0,261	0,052	0,141	-0,017	-0,026	0,012	-0,027	-0,072	-0,194	-0,061	-0,202
1995	0,139	-0,160	0,215	-0,180	-0,066	0,020	0,034	0,142	-0,139	0,060	-0,206	0,151
1996	-0,179	-0,104	0,134	0,048	0,122	0,076	-0,012	-0,034	-0,228	0,071	-0,039	0,005
1997	0,170	0,074	0,043	-0,078	0,014	-0,033	0,116	-0,049	0,039	-0,159	-0,123	-0,005
d_m	-0,031	0,042	0,073	0,081	-0,016	-0,007	0,005	0,005	-0,014	-0,070	-0,033	-0,028

A Figura 4.16 mostra a oscilação térmica anual. Os dados obtidos e indicados na figura mostram de uma maneira inequívoca uma diminuição da oscilação térmica anual ao longo da série estudada.

Na Figura 4.16 estão indicados os dados obtidos para a oscilação térmica anual e a recta de ajuste, determinada através do método dos mínimos desvios quadráticos, com um declive negativo de 0,0983 °C/ano e um coeficiente de correlação de 0,868. A observação do gráfico da figura mostra que, durante o período de estudo, a oscilação térmica diminuiu de cerca de 7,9 °C para 7,2 °C (uma variação negativa de cerca de 0,7 °C).

Na Figura 4.17 mostram-se as amplitudes térmicas anuais. Os dados representados por círculos de cor “vermelha” indicam a amplitude máxima (diferença entre o maior e menor valor registado), os dados representados por círculo de cor “amarela” indicam a amplitude térmica média anual e a linha a traço cheio de cor “verde” a amplitude média da

série. A observação do gráfico confirma as considerações, anteriormente referidas, a partir da leitura do gráfico da Figura 4.16.

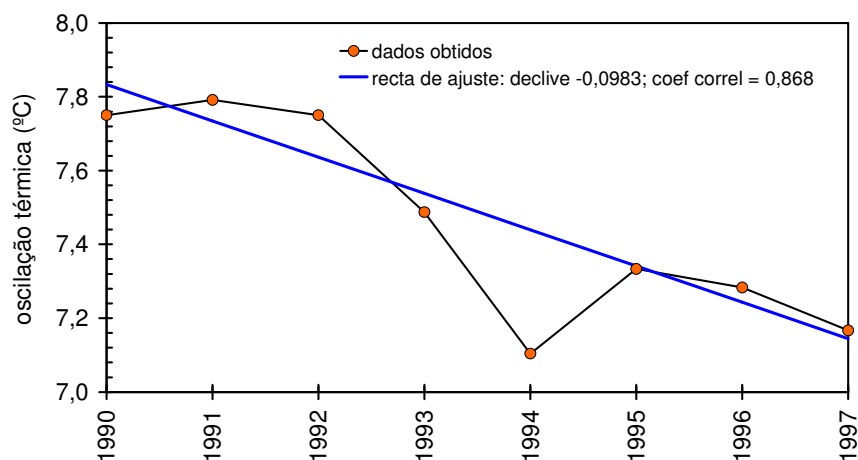


Figura 4. 16. Oscilação térmica anual (°C)

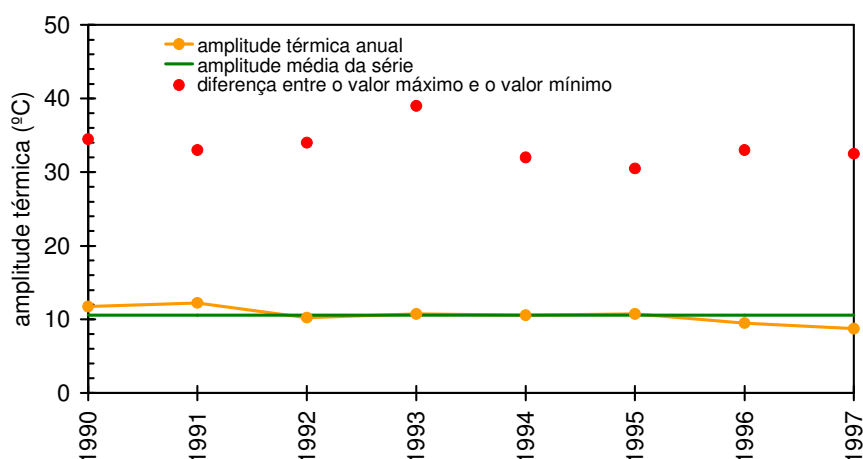


Figura 4. 17. Amplitude térmica (°C)

Nas Figuras 4.18 à 4.20 é indicado em ordenada o número de ocorrências em função da temperatura média, num intervalo de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (abscissa). À direita de cada gráfico que indica o mês, representa-se a frequência acumulada em percentagem função da temperatura do ar. A observação dos gráficos mostra coerência nos valores obtidos. À medida que os meses decorrem ao longo do ano, observa-se que o modelo gaussiano se desloca, deslocando o valor da sua “crista”.

Os valores registados, cerca de 70 %, estão no intervalo de $\langle T \rangle \pm \sigma$, ou seja, é de esperar que para cada mês cerca de $2/3$ dos valores a registar se encontrem dentro da gama de valores determinada.

Para os meses considerados mais quentes, registam-se temperaturas mais elevadas. Interessante é a confirmação que se obtém através da observação da frequência acumulada em percentagem. O valor médio da temperatura, como seria esperado, desloca-se do mês mais frio para o mês mais quente.

As Figuras 4.21 e 4.22 mostram a variabilidade das médias mensais anuais.

Nas Figuras 4.23 à 4.25 mostram-se os gráficos indicados das Figuras 4.21 e 4.22 com maior detalhe de informação. Agora, para uma melhor análise são mostrados os valores normais com a cor “cinza”, os valores acima de $\langle T \rangle + \sigma$ com a cor “laranja”, os valores abaixo de $\langle T \rangle - \sigma$ com a cor “azul” e valores acima de $\langle T \rangle + 2\sigma$ com a cor “vermelha”.

Na Figura 4.23, o mês de Janeiro apresenta valores anormais para 1996 e 1997, registando-se valores positivos. A partir de 1994 a temperatura passou a ter um declive positivo e bem marcado. De facto, antes de 1994 regista-se uma regularidade excelente nos valores. O mês de Fevereiro apresenta grande irregularidade e uma alternância de valores. O maior desvio positivo regista-se em 1990 e o maior desvio negativo em 1991. Março regista valores com pouca variabilidade durante toda a série, com excepção de 1997 que regista um valor superior a $\langle T \rangle + 2\sigma$. Conclusões idênticas podem ser tiradas do mês de Abril, com valores superiores a $\langle T \rangle + \sigma$ no ano 1995 e 1997.

São mostrados na Figura 4.24 os meses de Maio a Agosto e na Figura 4.25 os meses de Setembro a Dezembro.

Na Figura 4.24 o mês de Maio apresenta uma alternância de valores. Regista valores positivos superiores a $\langle T \rangle + \sigma$ em 1990 e 1995 e valores abaixo de $\langle T \rangle - \sigma$ em 1994.

Os meses de Junho, Julho e Agosto podem ser considerados os meses mais regulares, de facto registam menor dispersão. No entanto para Junho, o valor mais alto observa-se em 1996 e os mais baixos em 1992 e 1997. Para Julho o ano 1990 é considerado o mais quente e 1994 o ano mais frio. Agosto regista dois anos com maior anomalia positiva, 1991 e 1995.

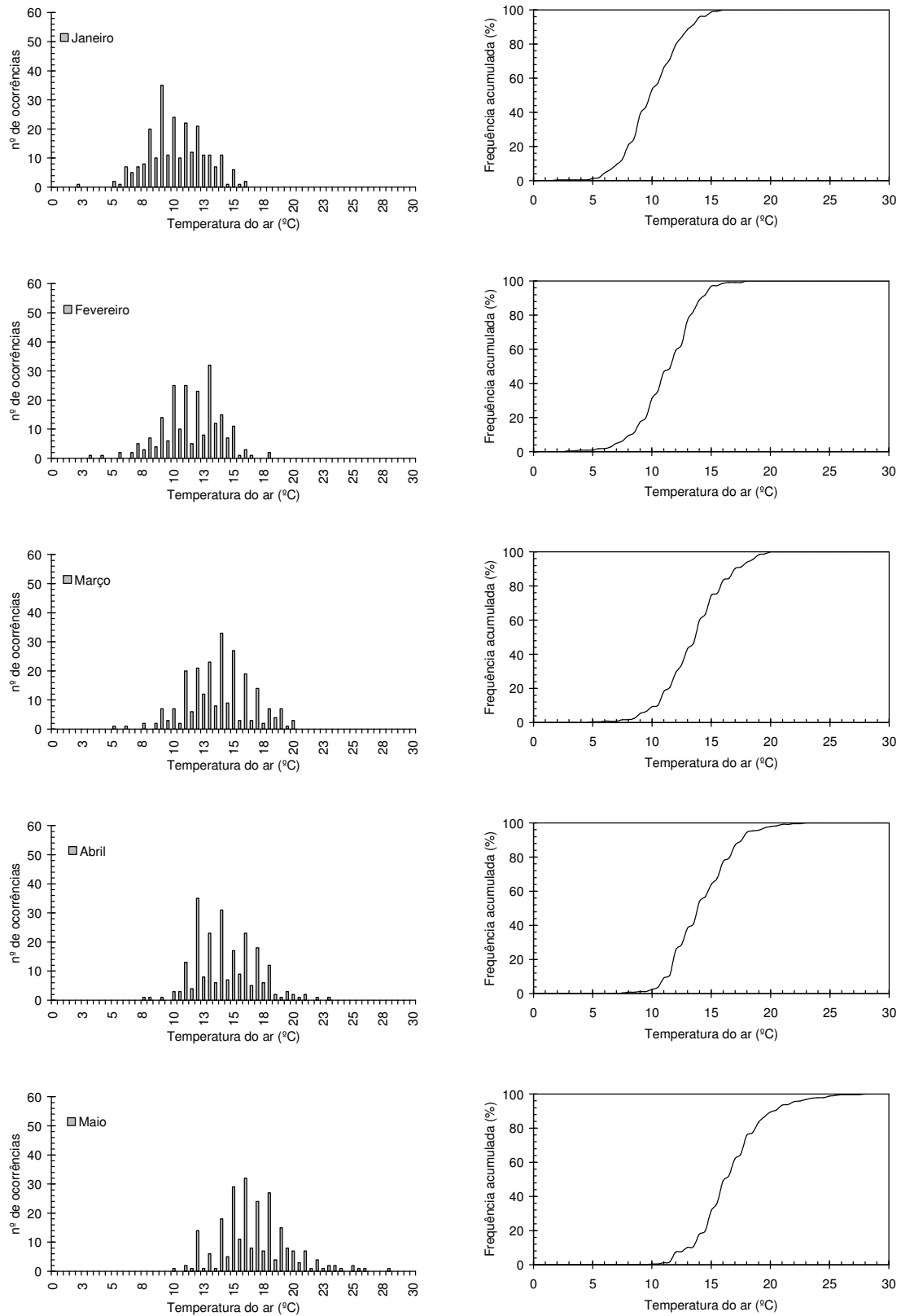


Figura 4. 18. Número de ocorrências e frequências acumuladas: Janeiro a Maio

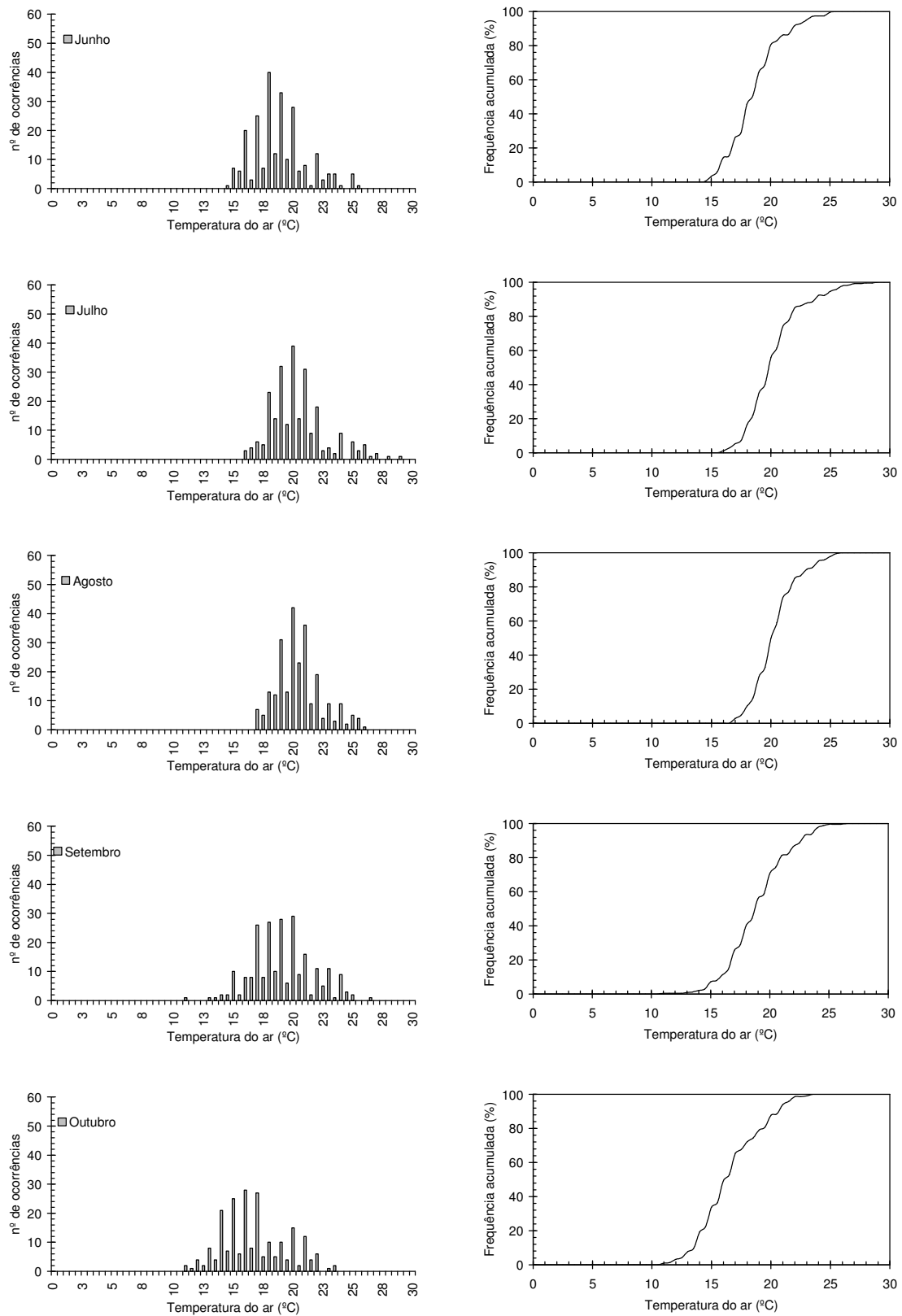


Figura 4. 19. Número de ocorrências e frequências acumuladas: Junho a Outubro

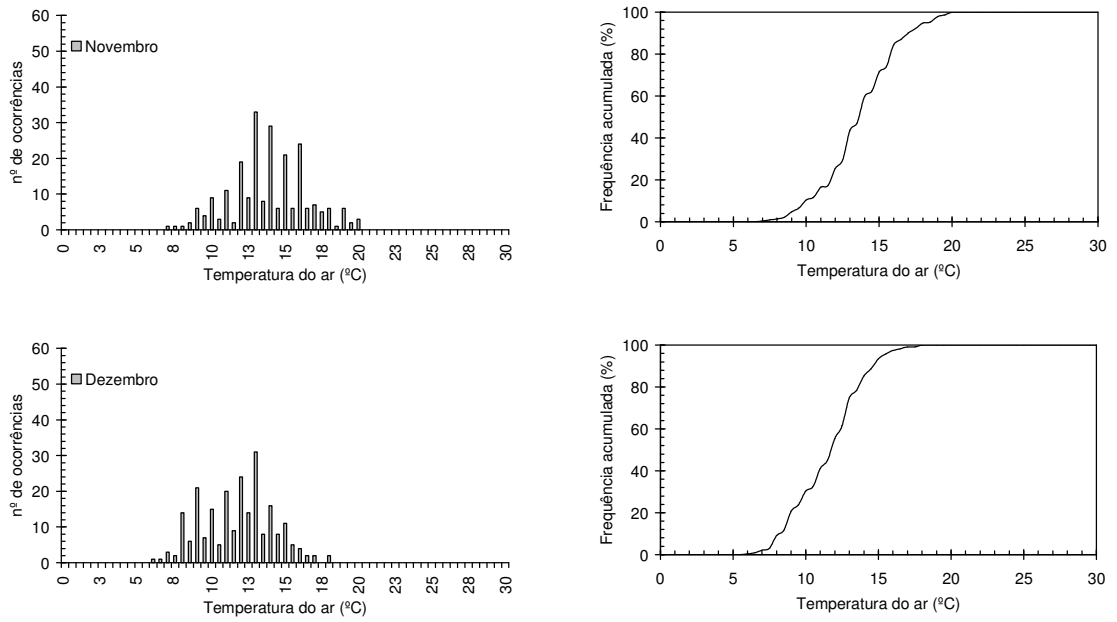


Figura 4. 20. Número de ocorrências e frequências acumuladas: Novembro e Dezembro

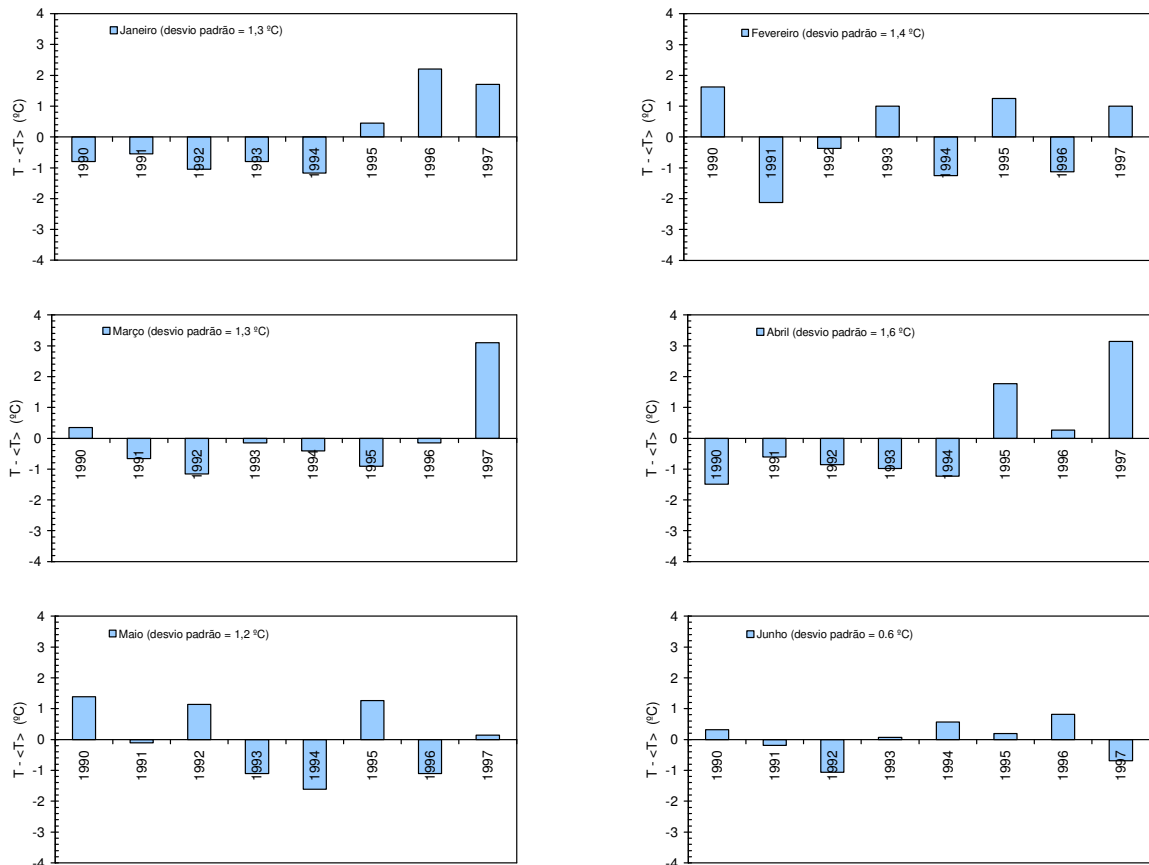


Figura 4. 21. Variabilidade das médias mensais: Janeiro a Junho

A Temperatura e a Humidade Relativa do ar num contexto Educacional

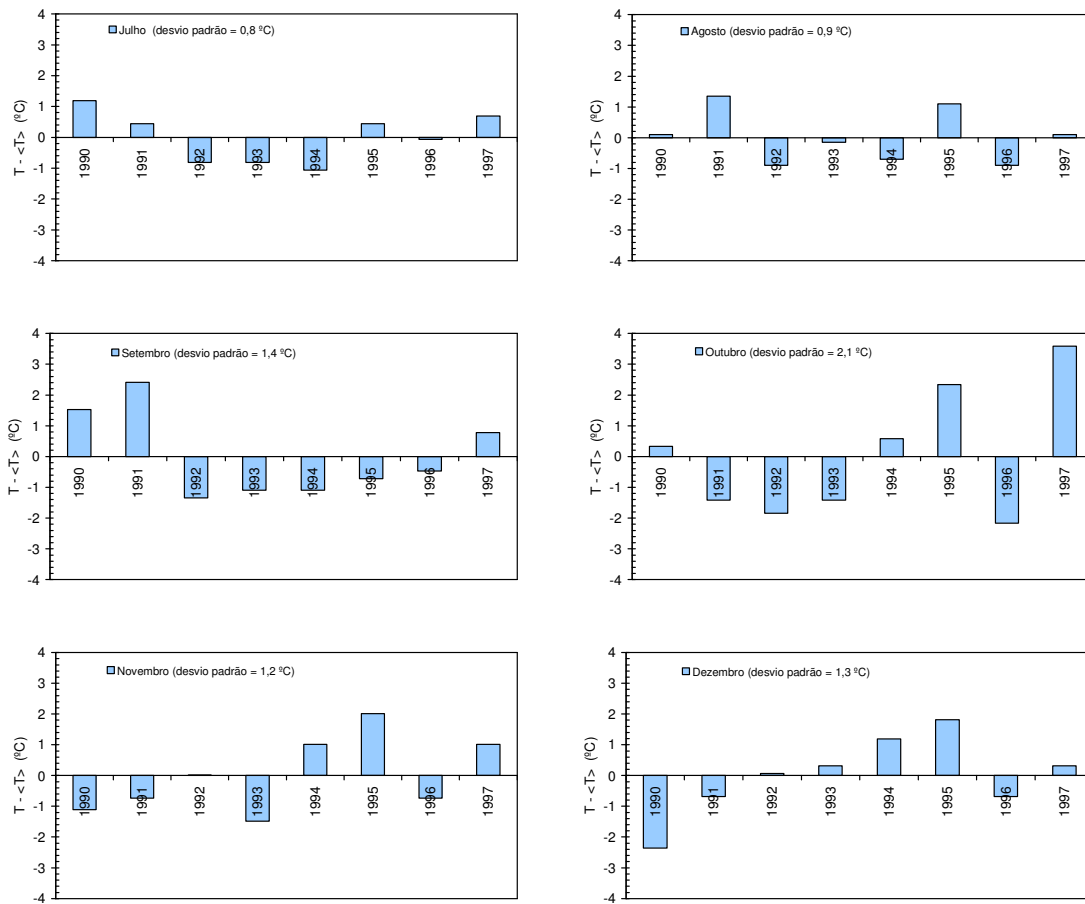


Figura 4. 22. Variabilidade das médias mensais: Julho e Dezembro

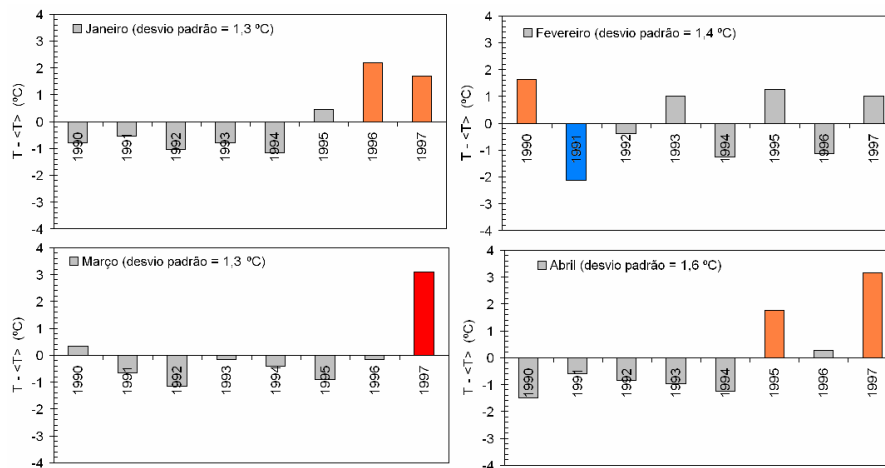


Figura 4. 23. Variabilidade das médias mensais: Janeiro, Fevereiro, Março e Abril

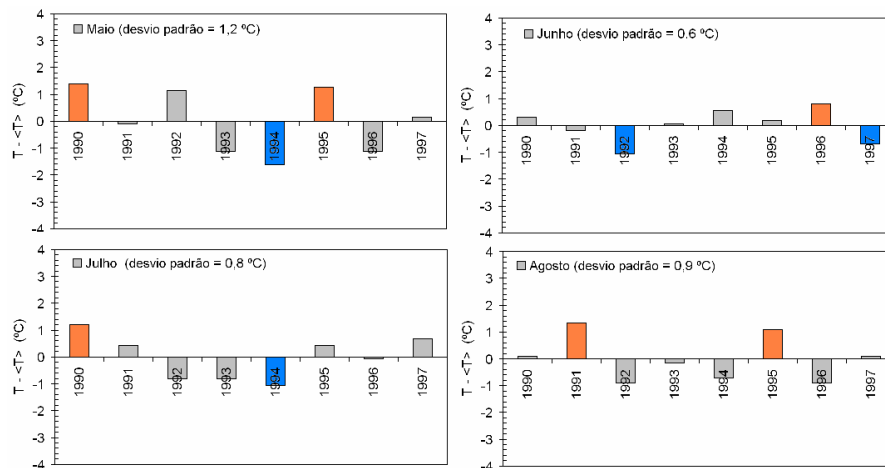


Figura 4. 24. Variabilidade das médias mensais: Maio, Junho, Julho e Agosto

Na Figura 4.25 Setembro apresenta desvios superiores a $\langle T \rangle + \sigma$ no ano 1990 e 1991. Há uma mudança abrupta do declive entre 1991 e 1992. A partir deste ano a tendência é bem marcada.

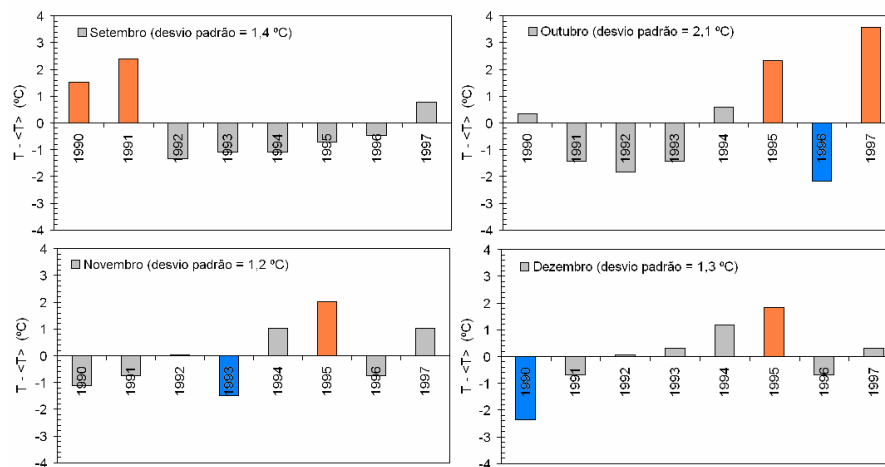


Figura 4. 25. Variabilidade das médias mensais: Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro

Outubro mostra uma curva interessante de desvio entre 1990 e 1995, com um declive positivo a partir de 1992. 1995 e 1997 registam valores superiores a $\langle T \rangle + \sigma$ e 1996 valores abaixo de $\langle T \rangle - \sigma$. Novembro mostra, no geral, uma tendência positiva. O valor mais baixo registou-se no ano 1993 e o valor mais alto no ano 1995. Dezembro mostra uma tendência positiva de 1990 a 1995. Sugere uma quebra abrupta com a mesma tendência.

É muito importante conhecer a dinâmica da temperatura ao longo do ano. A Figura 4.26 mostra a variação anual média da temperatura, com uma variação entre cerca de 10 °C e 20 °C para a temperatura média. Esta é uma excelente informação para o sector do turismo.

Como era esperado, os maiores valores da temperatura pertencem aos meses considerados mais “quentes”.

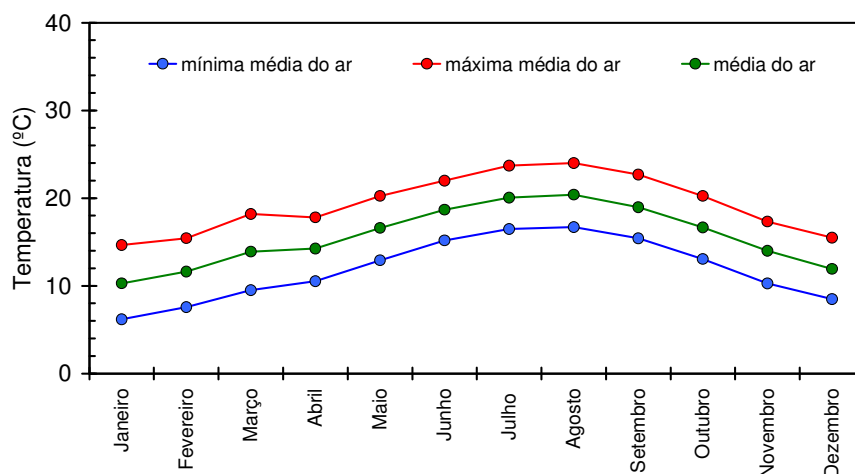


Figura 4. 26. Temperatura ao longo do ano

Na Figura 4.27 indicam-se as anomalias para a média da temperatura média anual. Interessante é a semelhante que existe entre este gráfico e o gráfico de Outubro da Figura 4.25.

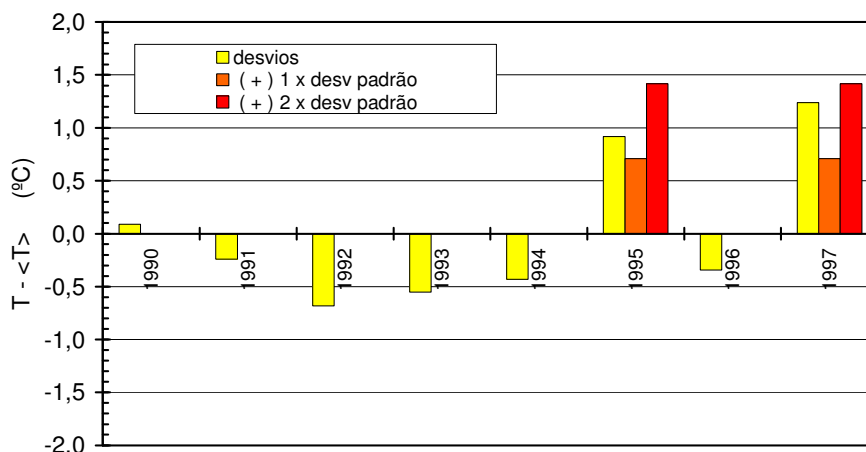


Figura 4. 27. Variação anual média da temperatura

A observação da Figura 4.27 mostra uma evolução muito interessante de 1990 a 1995, com uma quebra abrupta de 1995 para 1996 e subida abrupta de 1996 para 1997.

Os anos mais quentes, 1995 e 1997, apresentam valores muito acima de $\langle T \rangle + \sigma$. Para estes anos indicam-se as colunas cujos valores correspondem a $\langle T \rangle + \sigma$ e $\langle T \rangle + 2\sigma$.

Este trabalho mostra que 1997 é o ano mais quente da série estudada e apresenta um valor muito próximo da $\langle T \rangle + 2\sigma$.

Como mostrou Talaia e Pinhal (2002) o ano 1997 registou ao longo dos dias do ano temperaturas anormais, algumas das quais muito acima da média. Este ano considerado como excepcionalmente quente teve como cenário uma onda de calor. No estudo, em termos estacionais (período de três meses) a Primavera de 1997 registou uma anomalia muito intensa. Se bem que apenas um parâmetro meteorológico, não é suficiente para se tirarem ilações acerca do ano 1997, o certo é que trabalhando apenas com um parâmetro meteorológico não deixa de ser interessantes as considerações apresentadas. O ano 1997 é um ano anormal para a região de estudo. Se por um lado nada se pode afirmar da influência de El Niño em Portugal, também nada o pode negar. Daí que estudos de pormenor poderão ser oportunos.

Indicam-se na Tabela 4.20 um sumário de alguns valores para temperatura e para a série de 1990 a 1997.

Tabela 4. 20. Valores “resumo” da temperatura (°C)

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínima diária mais baixa	-1,0	0,5	0,0	4,0	3,0	8,5	12,0	11,5	8,5	6,5	2,0	1,0
Máxima diária mais alta	20,0	25,0	27,5	28,0	33,5	32,5	39,0	34,5	34,0	29,5	25,0	22,0
Média mensal	10,3	11,6	13,9	14,2	16,6	18,7	20,1	20,4	19,0	16,7	14,0	11,9
Mínima média mensal	6,2	7,6	9,5	10,5	12,9	15,2	16,5	16,7	15,4	13,1	10,3	8,5
Máxima média mensal	14,7	15,4	18,2	17,8	20,3	22,0	23,7	24,0	22,7	20,3	17,3	15,5
Média diária mais baixa	1,2	2,8	3,8	6,5	6,9	10,8	12,9	12,8	10,7	8,5	4,7	2,6
Média diária mais alta	18,1	20,8	25,1	25,3	28,3	29,4	32,8	29,7	30,0	26,0	22,4	18,8

Por fim, mesmo considerando que a análise realizada, neste estudo, é de carácter simplista, não deixa de ser muito interessante, por sugerir cenários de tendência para a temperatura e para a Região de Aveiro.

A análise dos resultados parece mostrar que no futuro a zona costeira de Aveiro terá tendência para registar condições atmosféricas diferentes, mesmo que suaves. Espera-se que os “limites” que agora definem as estações do ano sejam alterados, pois regista-se um aumento de 0,9 °C/década para a temperatura máxima e um aumento de 1,9 °C/década (o dobro) para a temperatura mínima. A oscilação térmica diminuirá a 1,0 °C/década, o que confere à região, no futuro, uma menor oscilação térmica, desfavorecendo as estações do ano.

Nesta perspectiva espera-se que as condições atmosféricas afectem os meses que hoje são considerados como quentes e como frios e como consequência será esperada uma alteração do ecossistema, quer em termos de saúde pública quer em termos de planeamento agrícola. Espera-se também um impacto nas estratégias de planeamento de turismo através de ajustes de política adequada.

4.4. A Temperatura e a humidade relativa do ar no bem-estar

Nos últimos anos, a análise de flutuações de alguns parâmetros meteorológicos tem contribuído para que se possa ter uma melhor compreensão acerca do que afecta o bem-estar ou conforto térmico do ser humano.

A norma ISO 7730 (2005) define o conforto térmico como sendo “*a satisfação expressa quando sujeito a um determinado ambiente térmico*”. Contudo, a definição dada pela referida norma, implica um certo grau de subjectividade, pressupondo a análise de dois tipos de aspectos: aspectos físicos (ambiente térmico) e aspectos subjectivos (o estado de espírito do individuo) (Krüger *et al.*, 2001). O conforto térmico é uma sensação que depende da opinião pessoal de cada um. Assim, um ambiente termicamente confortável para uma pessoa pode ser desconfortável para outra.

Segundo Lamberts (2002), a maioria dos estudos de conforto térmico têm sido efectuados para indivíduos desempenhando actividades sedentárias. Talaia *et al.* (2002) e Rodrigues *et al.* (2004), como profissionais do Ensino da Física e Química, mostraram que a partir, por exemplo, da **problemática do aquecimento global**, por ser um tema mediático, é possível ao professor, como mediador do processo ensino/aprendizagem, criar estratégias que possibilitem o desenvolvimento de competências por parte do aluno, visando a compreensão de conceitos físicos relacionados com a problemática, e que poderá ser abordada, no âmbito da unidade temática “Mudança Global”, no ensino básico e leccionada no 8º ano de escolaridade.

É consensual, que o êxito do ensino/aprendizagem é mais eficaz quando se tem actividade de campo, numa perspectiva de investigação porque proporciona o envolvimento do “aluno – observador”.

Diversos estudos permitem concluir que, a maioria do trabalho prático realizado nas escolas, pode ser considerado como ilustrativo, por conduzir a experiências do tipo receita e a um desinteresse por parte dos alunos. Uma das novas teorias sugeridas por Hodson (1994) é a reconceptualização do trabalho experimental, baseado em três vertentes essenciais, nomeadamente ajudar os alunos a aprender ciência, aprender acerca da

ciência e fazer ciência. Esta nova perspectiva de encarar o trabalho experimental determina a contribuição para uma actividade investigativa.

Esta actividade mostra como se pode avaliar o bem-estar num contexto de sala de aula (por exemplo), basicamente usando um instrumento de medida muito simples e de baixo custo, constituído por dois termómetros iguais, sendo um considerado *de seco* e outro *de molhado*.

Considere-se a situação num contexto de sala de aula, onde existe uma quantidade de ar isolada, ou seja, não existem quaisquer trocas com o meio exterior (portas e janelas estão fechadas). É sabido que as condições interiores de conforto são condicionadas pelas condições atmosféricas exteriores.

Nestes termos a questão problema que se põe é a seguinte:

Se as condições interiores de uma sala de aula (ou de estudo – trabalho intelectual) não criarem condições de conforto (valores típicos aceites são: temperatura do ar cerca de 20°C e humidade relativa do ar cerca de 50%) que estratégias devem ser usadas, para melhorar o ar ambiente?

Neste contexto, os profissionais de ensino devem fundamentalmente ter em conta alguns conceitos físicos, que poderão ser envolvidos no processo físico.

Como já referido a humidade relativa do ar condiciona o ambiente térmico. Por definição a humidade relativa é obtida através da razão, expressa em percentagem, entre a razão de mistura (quociente entre a massa de vapor de água e a massa de ar seco, expressa em gramas de vapor de água por quilograma de ar seco) e a razão de mistura de saturação (quociente entre a massa de vapor de água num dado volume de ar saturado, em relação a uma superfície líquida e a massa de ar seco).

Teoricamente é importante referir que se a pressão atmosférica permanece constante a razão de mistura de saturação aumenta quando há um aumento da temperatura. Se a temperatura permanece constante a razão de mistura de saturação aumenta quando a pressão atmosférica diminuiu.

A razão de mistura actual está intimamente ligada à temperatura do ponto de orvalho, sendo considerada um bom indicador da quantidade de água existente no ar húmido.

Então, atendendo ao contexto dado ao problema constata-se que se a humidade relativa está fortemente dependente da temperatura do ar, que poderá suscitar condições de conforto ou desconforto humano. Pensamos que o desconforto numa sala de aula pode afectar índices de aprendizagem.

Quem não gosta de ler num ambiente de conforto ou bem-estar?

A Organização Mundial de Saúde (W.M.O., 1987) tem disponibilizado muita informação acerca da avaliação do ambiente que nos rodeia em termos de condições de conforto.

Para compreendermos a dinâmica anual dos índices de conforto ou bem-estar recorremos a uma colecção de dados registados numa estação meteorológica clássica, às 9:00 horas, para um ano recente.

A Figura 4.28 mostra os dados registados, por mês, durante apenas um ano civil. Não houve nenhum critério para a escolha do ano, pois não é a escolha do ano ou período de estudo que alteram a interpretação física do fenómeno.

A observação do gráfico da Figura 4.28 é muito interessante por mostrar que a grande maioria dos pontos se localiza numa zona chamada de demasiado húmida. Esta situação confirma que a região de Aveiro é muito húmida. De facto, é uma zona influenciada pela chamada Ria de Aveiro e pelo Oceano Atlântico. Por ter características ventosas é uma região que favorece activamente a evaporação da água (denominada evaporação activa). A figura mostra que os meses considerados mais quentes têm uma percentagem significativa de dias (estamos a falar às 9:00 horas) com características de conforto humano ou bem-estar.

É verdade que a dinâmica da temperatura, ao longo do dia, pode criar condições de desconforto, o que levará a adopção de estratégias de prevenção. Existe uma mancha de pontos que indiciam necessidade de aquecimento, que poderá permitir uma gestão de consumo de energia ao longo do dia. Bastará um aumento da temperatura (favorecida pela radiação solar) ao longo do dia para se criarem naturalmente condições de conforto.

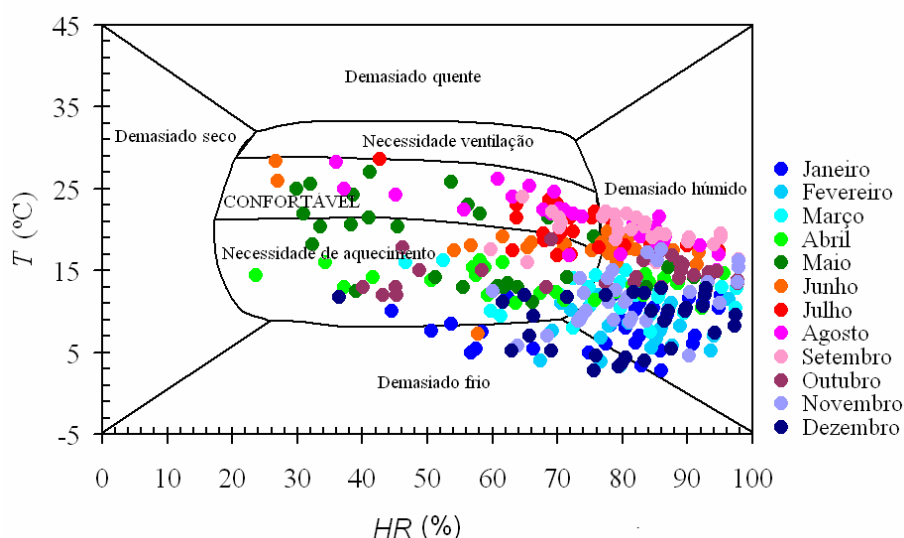


Figura 4. 28. Dados registados às 9:00, ao longo do ano [adaptado de W.M.O. (1987)]

As cores correspondentes a cada mês e indicadas na Figura 4.28 mostram a dinâmica do bem-estar que se regista às 9 horas ao longo de um ano. Podemos concluir que as condições de conforto são “um jogo” activo ao longo de cada dia. Atenção deve ser deixada, de facto as mesmas condições de ambiente podem suscitar sensações de conforto diferentes a pessoas diferentes.

A Figura 4.29 mostra no lado direito uma reprodução da Figura 4.8 e no lado esquerdo os valores registados ao longo do ano estudado (365 pontos).

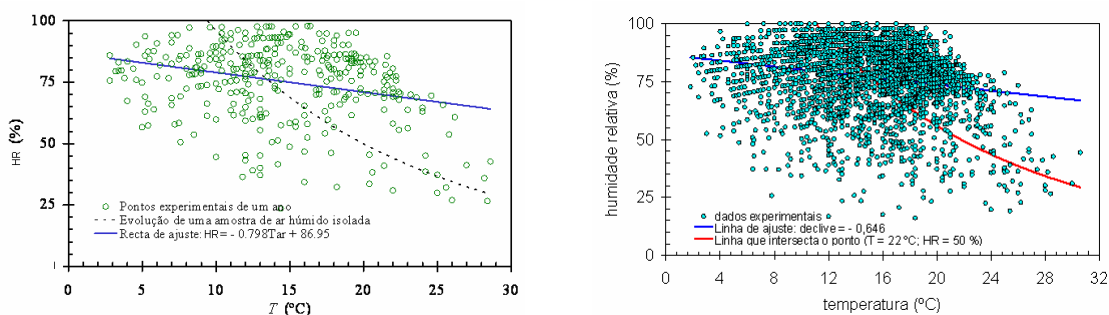


Figura 4. 29. Humidade relativa e temperatura do ar – duas situações

A observação dos gráficos da Figura 4.29 mostra de uma forma inequívoca a semelhança entre a colecção de dados de 1970-1997 e um ano aleatório. A linha de ajuste do conjunto de pontos permite avaliar a tendência da humidade relativa do ar em função da temperatura do ar (para o ano aleatório o declive é negativo de valor 0,798, muito próximo do da série 0,646). A linha de tendência está de acordo com a teoria em que se observa que quando a temperatura do ar aumenta a humidade relativa do ar diminui.

A linha de cor “negra” a tracejado e a linha de cor “vermelha” do gráfico da Figura 4.29 são iguais e mostram como varia a humidade relativa com a temperatura quando se mantém a razão de mistura à temperatura do ponto de orvalho. Estas duas linhas estão em concordância com o estudo de caso. Ou seja, as linhas coincidem com a condição óptima para uma actividade intelectual (humidade relativa do ar cerca de 50% e temperatura do ar cerca de 22°C). O trajecto deste ponto ($HR = 50\%$ e $T = 22^{\circ}\text{C}$) quando a temperatura aumenta ou diminui permite a adopção de estratégias de ventilação, de aquecimento, de humedificação e de desumidificação.

A interpretação física do desvio da linha a tracejado de cor “negra” em face da linha a cheio de cor “azul” indicadas na Figura 4.29 do lado esquerdo ou da linha de cor “vermelha” em face da linha de cor “azul” indicadas na Figura 4.29 do lado direito estão relacionadas com o que anteriormente referimos. Na ausência de um corpo de água não

há condições de alterar a razão de mistura condicionada pelo ponto de orvalho, ou seja não se pode alterar a pressão parcial de vapor do ar húmido.

Por fim, este estudo, não deixa de ser interessante para um eficaz ensino/aprendizagem dado o bem-estar ser algo que todos estamos interessados em ter. Adicionalmente, este estudo mostra que é possível conhecer algumas condições higrométricas de um espaço para a posterior adopção de aplicação de meios de ventilação, aquecimento, desumidificação e humedificação.

Este estudo permite fazer experimentação, observação e reflexão. É a metodologia capaz de motivar o ensino da Física, com assuntos do quotidiano, numa perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (dinâmica CTS).

4.5. O Bem-Estar na actividade intelectual – um estudo diferente

Conforme já referido, o Painel Intergovernamental de Trocas Climáticas, IPCC, tem facultado a todos os cidadãos muita informação acerca dos impactos das alterações climáticas. Os vários cenários facultados pelo IPCC (2001a; 2001b; 2007) indicam aumento da temperatura do ar. O futuro obrigará à adaptação dos ecossistemas. Por isso, o Homem tenta estabelecer relações entre si, o tempo e o clima, de forma a poder melhorar as suas próprias condições de vida.

É sabido que o problema que se coloca nos ambientes térmicos é a homeotermia (manutenção da temperatura interna do corpo), a qual garante um funcionamento optimizado das principais funções do organismo e em particular do sistema nervoso central.

Mesmo em repouso, o organismo gera “calor” ou regista energia em trânsito, denominado metabolismo basal. Este depende do tamanho do corpo, da idade, do peso e do género, e define-se como a quantidade mínima de energia sob a forma de calor produzida pelo indivíduo em repouso físico e intelectual a uma temperatura ambiente de 20°C, alguns instantes após o despertar matinal variando o seu valor entre 1.0 a 1.5 kcal.min⁻¹ (Miguel, 2001).

O metabolismo depende da posição e do movimento do corpo, tipo de trabalho e metabolismo basal. A idade e o género são, também, factores determinantes. Algumas das reacções do organismo ao frio são de tipo térmico (por exemplo, as funções cutâneas diminuem para reduzir a diferença entre a temperatura da pele e do ambiente), tipo circulatório (por exemplo, regista-se uma diminuição da frequência cardíaca do fluxo sanguíneo) e do tipo metabólico (por exemplo, o organismo aumenta o metabolismo para

compensar as perdas de energia em forma de calor). Alguns dos efeitos do calor sobre o homem tem a ver com mal-estar psicológico, clara diminuição da capacidade de trabalho com mal-estar fisiológico, sobrecarga do coração e aparelho circulatório e desequilíbrio no balanço de água e sais do organismo; transtornos causados por exposição a altos níveis de calor ambiental.

O balanço térmico do ser humano deve considerar a transferência de energia sob a forma de calor por convecção C , condução K , radiação R e evaporação E . Contudo, para efeitos de cálculo, normalmente a transferência de energia sob a forma de calor por condução não é considerada (o contacto das superfícies de contacto com algum elemento sólido é reduzido, em face da superfície total exterior do corpo humano). Assim, a equação de equilíbrio entre a produção interna de energia devida ao metabolismo M e a perda de energia sob a forma de calor para o meio ambiente é dada por

$$M = \pm C \pm R \pm E \quad (4.1)$$

Quando a temperatura do ambiente é inferior à temperatura da superfície do corpo (sem influência apreciável de fontes de calor radiante), o corpo dissipa energia sob a forma de calor e,

$$M = C + R + E \quad (4.2)$$

Se a temperatura do ambiente é inferior à temperatura da superfície do corpo (influência de fontes de calor radiante), o corpo recebe energia sob a forma de calor por radiação e,

$$M + R = C + E \quad (4.3)$$

Se a temperatura do ambiente é superior à temperatura da superfície do corpo (sem influência apreciável de fontes de calor radiante), o corpo recebe energia sob a forma de calor por convecção e,

$$M + C = R + E \quad (4.4)$$

Se a temperatura do ambiente é superior à temperatura da superfície do corpo (influência de fontes de calor radiante), o corpo recebe energia sob a forma de calor por radiação e por convecção e,

$$M + C + R = E \quad (4.5)$$

É importante saber que o conforto térmico varia de pessoa para pessoa e que depende das características dos materiais usados na vestimenta e na construção do edifício.

Actualmente o ser humano procura criar ambientes com certo grau de conforto preocupando-se com o mobiliário, local do posto de trabalho, ambiente térmico, adequação da iluminação e grau de ruído. Na prática o ser humano procura bem-estar e qualidade de vida.

A ligação da Ciência a contextos do dia-a-dia, não só motiva os alunos, como facilita a compreensão de muitas ideias científicas, facilitando o processo ensino/aprendizagem.

Os processos em Ciência, como referem Sá (2002) e Afonso (2002), envolvem um conjunto de formas de pensamentos e procedimentos práticos, frequentemente recorrendo à actividade experimental, utilizados na investigação, compreensão e conhecimento do mundo que nos rodeia. Assim, as actividades experimentais e/ou de campo assumem um papel fundamental no ensino e na aprendizagem das Ciências e, cada vez mais, é preocupação de todos, tanto professores, como investigadores, a forma como o trabalho prático é integrado nas suas actividades lectivas.

Com o estudo apresentado, neste subcapítulo, pretende-se que o ensino de alguns conteúdos da temática Mudança Global, leccionado no 8º ano de escolaridade, tenha uma ligação directa com contextos reais.

No subcapítulo 4.4 apresentamos um estudo de caso em que se recorreu basicamente a dados de um ficheiro. Agora por considerarmos muito mais interessante e motivador recorreremos a um estatuto diferente *por vivenciar* um estudo de caso de bem-estar.

As questões que se colocam são as seguintes:

Que dados meteorológicos e informações devem ser registados para avaliar as diferenças entre um estado de bem-estar num espaço fechado e interior?

Que modelos simples se podem usar?

Neste estudo são analisadas as condições ambientais interiores e exteriores de uma sala de estudo durante dois períodos com condições ambientais diferentes, durante um mês considerado de “frio” e um mês considerado de “quente” (Talaia e Silva, 2007c).

Foram construídos dois psicrómetros constituídos, cada um deles, por um termómetro de bolbo seco e um termómetro de bolbo húmido, como se mostra na Figura 4.30 (equipamento simples e de fácil aquisição e construção) usados no interior e exterior de uma sala de estudo.

Escolheu-se um período de cerca de 30 dias, iniciando no dia 12 de Dezembro de 2006 e terminando no dia 13 de Janeiro de 2007. Efectuaram-se registos de duas em duas horas.

Os valores registados pelos dois termómetros permitem avaliar directamente, recorrendo a tabelas disponíveis em alguns manuais ou a diagramas psicrométricos, a humidade relativa do ar.



Figura 4. 30. Instrumentos de medida usados em dois locais diferentes (interior e exterior)

Adicionalmente ao registo das temperaturas foram anotadas informações acerca do bem-estar no interior da sala e, sempre que se adoptava uma estratégia de melhoria do ambiente atmosférico, como por exemplo ligar aquecimento, era também anotada.

A Figura 4.31 mostra uma ficha de registo criada para anotar informações de duas em duas horas.

FICHA DE REGISTO - ACTIVIDADE EXPERIMENTAL

DATA: ____/____/____ HORA: _____

1. Registrar a Temperatura Interior e Temperatura Exterior

Interior **Exterior**

T (°C) _____ T_W (°C) _____ T (°C) _____ T_W (°C) _____

2. Assinalar com uma cruz a zona da sua sensação térmica

Muito-Frio Conforto Muito-Quente

3. Assinalar com uma cruz a zona do seu corpo que no momento do registo das temperaturas considera que se encontra em desconforto térmico

Pés	<input type="checkbox"/>	Tronco	<input type="checkbox"/>
Pernas	<input type="checkbox"/>	Cara	<input type="checkbox"/>
Mãos	<input type="checkbox"/>	Outra	<input type="checkbox"/>
Braços	<input type="checkbox"/>		

4. Existe desconforto térmico com algum do seu vestuário?

Sim	<input type="checkbox"/>	Qual?	<input type="text"/>
Não	<input type="checkbox"/>		

Figura 4. 31. Ficha de registo para a actividade de bem-estar

Na Figura 4.31 indica-se uma escala de cores que permitia a marcação pontual da situação de sensação térmica, entre muito frio e muito quente.

Na Figura 4.32 indicam-se, por coluna, algumas informações registadas. À mesma hora era registada a temperatura do ar e temperatura do termómetro molhado no interior e exterior da sala.

Dia	Hora	T _{int} (°C)	T _{Wint} (°C)	Observações	T _{ext} (°C)	T _{Wext} (°C)
12-Dez	16:00	11,0	10,0	Bastante frio, sensação de frio por todo o corpo, principalmente mãos e cara	11,0	9,0
12-Dez	18:00	11,0	10,0	Bastante frio, sensação de frio por todo o corpo, principalmente mãos e cara	10,0	9,0
12-Dez	20:00	11,0	10,0	Bastante frio, sensação de frio por todo o corpo, principalmente mãos e cara	9,0	8,0
12-Dez	22:00	10,5	10,0	Sensação de frio mãos e cara	8,0	7,0
13-Dez	0:00	13,0	11,0	Já não se sente tanto a sensação de frio	8,0	7,0
13-Dez	7:00	11,0	10,0	Bastante frio, sensação de frio por todo o corpo, principalmente mãos e cara	8,0	6,0
13-Dez	9:00	10,5	9,5	Bastante frio, sensação de frio por todo o corpo, principalmente mãos e cara	8,0	6,0
13-Dez	11:00	11,0	10,0	Bastante frio, sensação de frio por todo o corpo, principalmente mãos e cara	9,5	7,0
13-Dez	13:00	11,0	10,0	Bastante frio, sensação de frio por todo o corpo, principalmente mãos e cara	13,0	10,0
13-Dez	15:00	11,0	10,5	Sensação de frio por todo o corpo, principalmente mãos e cara	14,0	10,0
13-Dez	17:00	13,0	12,0	Já não se sente tanto frio, no entanto provoca mãos, cara e pés frios	10,0	8,5
13-Dez	19:00	13,0	12,0	Já não se sente tanto frio, no entanto provoca mãos, cara e pés frios	8,0	6,0
13-Dez	21:00	13,0	11,0	Já não se sente tanto frio, no entanto provoca mãos, cara e pés frios	7,0	5,0
13-Dez	23:00	14,0	12,0	Já não se sente tanto frio, no entanto provoca mãos, cara e pés frios	7,0	5,0
14-Dez	7:00	12,0	9,5	Sensação de frio por todo o corpo	6,5	4,0
14-Dez	9:00	11,0	10,0	Sensação de frio por todo o corpo	7,0	5,0
14-Dez	11:00	11,0	10,0	Sensação de frio por todo o corpo	11,0	8,0
14-Dez	13:00	12,0	10,0	Sensação de frio por todo o corpo	13,0	9,0
14-Dez	15:00	12,5	10,0	Sensação de frio por todo o corpo	14,5	10,0
14-Dez	17:00	11,5	10,0	Sensação de frio por todo o corpo	11,0	9,0
14-Dez	19:00	11,0	9,5	Sensação de frio por todo o corpo	8,5	7,0

Figura 4. 32. Registos efectuados para a actividade de bem-estar

As informações obtidas foram confrontadas, posteriormente, com valores de modelos que permitem obter índices bioclimáticos de carácter simplista, denominados Índice de Temperatura e Humidade, *ITH*, e Índice de Temperatura Efectiva, *ITE*.

Uma nova questão pode ser colocada:

Quais as melhores estratégias a serem tomadas para melhorar as condições de conforto de uma sala de aula?

A Figura 4.33 mostra ao longo dos dias como variou a temperatura e a humidade relativa do ar no interior e no exterior da sala.

Como seria de esperar o registo da temperatura interior da sala é na sua grande maioria superior aos valores exteriores. Isto acontece porque as paredes da sala impedem fluxos de energia “rápidos” entre o interior e o exterior. É sabido que há menos perdas de energia quando são usados materiais de condutividade térmica baixa. As janelas devem estar fechadas e é melhor a utilização de vidro duplo. Contudo, neste estudo não se avaliaram as perdas ou ganhos de energia através das paredes, portas, janelas, pavimento e tecto.

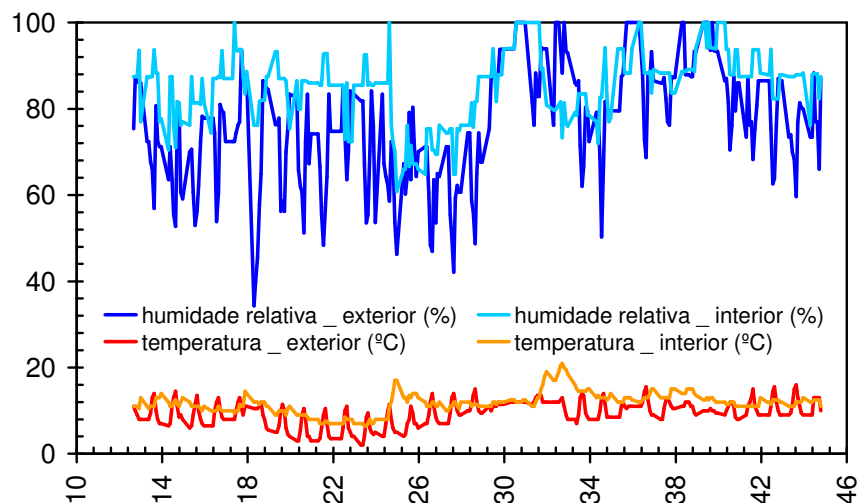


Figura 4. 33. Registos para os dois ambientes: interior e exterior

A Figura 4.34 mostra, para o período em análise, os valores registados para a temperatura e humidade relativa do ar, para a sala. Como seria de esperar, a humidade relativa do ar diminui quando a temperatura aumenta.

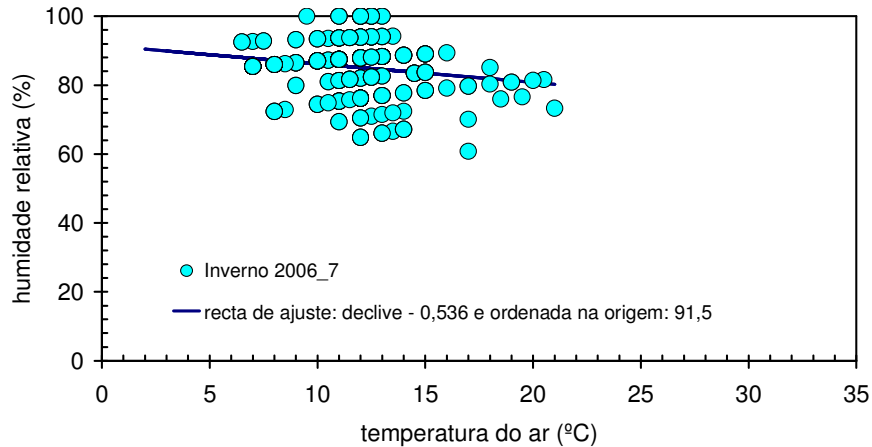


Figura 4. 34. Humidade relativa “versus” temperatura do ar (interior)

A observação do gráfico da Figura 4.34 indica que os meses de Dezembro e Janeiro registaram humidades relativas superiores a 60 % e temperaturas acima dos 6 °C.

De acordo com a informação disponível da W.M.O. (1987) avaliou-se o conforto/desconforto para todos os registos efectuados no interior e no exterior da sala. A Figura 4.35 mostra os valores para o exterior e interior da sala, em que os círculos de cor “azul” indicam o exterior e os círculos de cor “amarela” o interior.

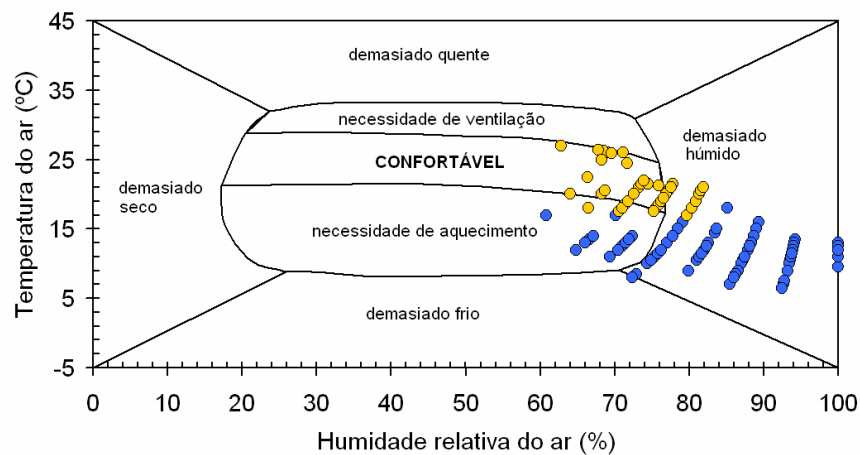


Figura 4. 35. Conforto/desconforto para o interior e exterior da sala

As conclusões tiradas da observação da Figura 4.35 são muito interessantes. São confirmados valores muito altos de humidade relativa. Para o exterior, a observação visual, sugere que uma grande maioria dos registos necessita de aquecimento e não há nenhum registo que se considere de situação confortável. Para o interior os registos apresentam uma pequena “mancha” de pontos considerados de demasiados húmidos. Um pequeno

número de registos (muito inferior aos do exterior) sugerem estratégias de aquecimento e um número apreciável de dados localiza-se na zona de confortável.

Uma explicação para a grande diferença da localização dos pontos, registados à mesma hora, para o ambiente interior e exterior, é de que o ar húmido confinado na sala apresenta transferência de energia muito “suave”, por ser fechado e as paredes não serem adiabáticas. O ar húmido do exterior está confinado ao que se chama de “céu aberto” (Talaia e Silva, 2007d).

Na literatura da especialidade é possível encontrar modelos simples que permitem avaliar a performance de um ambiente. Consideramos oportuno fazer a introdução de dois Índices Bioclimáticos, o *ITE* – Índice da Temperatura Efectiva e o *ITH* – Índice de Temperatura e Humidade, por serem de fácil aplicação e por necessitarem de parâmetros meteorológicos de fácil registo.

ITE – Índice da Temperatura Efectiva

O *ITE* é um dos índices de conforto térmico com uma maior área de aplicação. O *ITE* foi estabelecido por Houghten and Yaglou (1923) e permite relacionar os efeitos da temperatura do ar T e da humidade relativa HR no bem-estar do ser humano. Assim, dois ambientes com a mesma temperatura devem admitir a mesma resposta térmica, mesmo com valores diferentes de temperatura do ar e de humidade relativa do ar desde que se registre o mesmo valor da velocidade do ar (ASHRAE, 2001).

O índice *ITE* resultou de um estudo empírico realizado em câmaras climatizadas em que diferentes indivíduos foram questionados sobre o seu bem-estar quando sujeitos a distintas condições ambientais. Foram utilizadas duas câmaras de teste climatizadas ligadas por uma porta, que estavam sujeitas a diferentes valores de temperatura e humidade relativa do ar. Numa das câmaras, foram mantidas os registos da temperatura do ar e humidade relativa (100%) enquanto que na outra câmara a temperatura do ar e a temperatura do termómetro húmido eram alteradas. Através da porta de ligação os indivíduos circulariam de uma câmara para a outra relatando aos investigadores a sua sensação térmica por comparação das sensações térmicas vivenciadas nas duas câmaras.

Com esta metodologia, quando se variava os valores da temperatura e da temperatura húmida, ou seja, quando se variava a humidade relativa do ar, determinaram-

se linhas que correspondiam a uma sensação térmica de bem-estar através das respostas “imediatas” dos indivíduos.

O Índice da Temperatura Efectiva, de acordo com Thom (1959) pode ser determinado analiticamente recorrendo à expressão,

$$ITE = 0,4(T_{wn} + T) + 4,8 \quad (4.6)$$

em que T_{wn} representa a temperatura do termómetro de bolbo molhado ($^{\circ}\text{C}$) e T a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$). Na expressão (4.6) o índice ITE é expresso em $^{\circ}\text{C}$.

Mikani e Amorim (2005) disponibilizam valores limites para o índice ITE que são indicados na Tabela 4.21.

Tabela 4. 21. Valores limites para o Índice ITE [adaptado de Mikani e Amorim (2005)]

ITE	Sensação Térmica
$ITE \leq 18,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Stress provocado por ambiente frio
$18,9^{\circ}\text{C} < ITE < 25,6^{\circ}\text{C}$	Zona de conforto térmico
$25,6 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq ITE$	Stress provocado por ambiente quente

ITH – Índice de Temperatura e Humidade

O índice ITH (em inglês Temperature-Humidity Index) foi inicialmente desenvolvido por Thom (1959) e combinava a temperatura do termómetro de bolbo molhado T_{wn} ($^{\circ}\text{C}$) com a temperatura do ar T ($^{\circ}\text{C}$).

Nieuwolt (1977) modificou o índice ITH estabelecido por Thom (1959) usando a temperatura do ar T ($^{\circ}\text{C}$) e a humidade relativa HR (%). Esta alteração tinha como objectivo facilitar a sua aplicação e avaliação visto que os valores da humidade relativa do ar HR estão mais frequentemente disponíveis que os valores da temperatura do termómetro de bolbo molhado.

Segundo Nieuwolt (1977), o índice ITH é calculado a partir da expressão

$$ITH = 0,8T + T \frac{HR}{500} \quad (4.7)$$

em que T representa a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e HR a humidade relativa do ar (%).

Através de testes empíricos, Nieuwolt (1977) estabeleceu valores de referência que delimitam situações de conforto e stress térmico para seres humanos, como indica a Tabela 4.22.

Tabela 4. 22. Valores limites para o índice *ITH* [adaptado de Emmanuel (2005)]

<i>ITH</i>	
$21^{\circ}\text{C} \leq ITH \leq 24^{\circ}\text{C}$	100% dos indivíduos estão termicamente confortáveis
$24^{\circ}\text{C} < ITH \leq 26^{\circ}\text{C}$	50% dos indivíduos estão termicamente confortáveis
$ITH > 26^{\circ}\text{C}$	100% dos indivíduos estão termicamente desconfortáveis

Os valores indicados nas Tabelas 4.21 e 4.22 são aceites para indivíduos que residam nas latitudes médias. Os indivíduos que residem em zonas tropicais, devido ao efeito da aclimatização, toleram mais eficazmente ambientes com valores de índice *ITH* mais elevados, particularmente em ambientes exteriores.

Estes dois Índices Bioclimáticos foram aplicados ao estudo de caso.

A Figura 4.36 mostra a evolução do *ITH* e do *ITE*, para o interior, ao longo do período considerado.

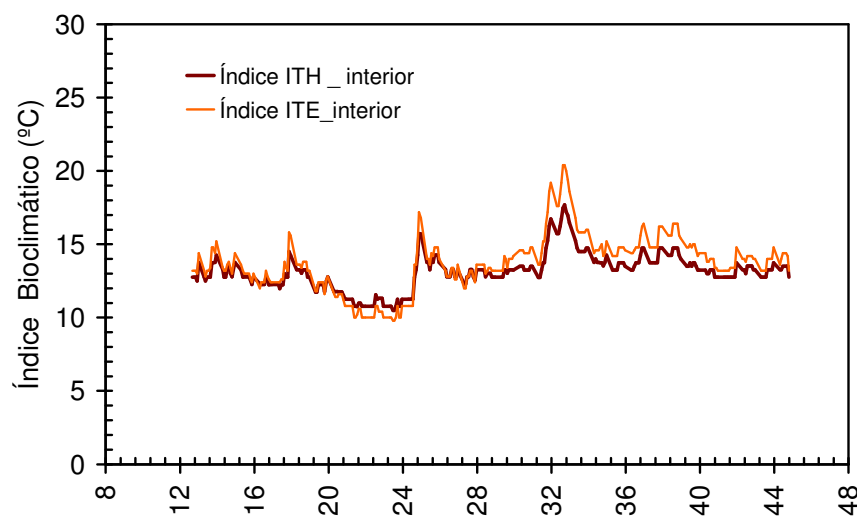


Figura 4. 36. Índices Bioclimáticos para o interior da sala

A observação do gráfico da Figura 4.36 mostra que *ITH* e *ITE* têm uma excelente concordância, o que sugere a aplicação de qualquer destes índices para avaliar a performance de um ambiente.

A Figura 4.37 indica a relação existente entre os dois índices. A linha de ajuste usando o método dos desvios mínimos quadrados permite obter um declive próximo de

1,56 com um coeficiente de correlação de 0,997. Na prática o *ITE* apresenta valores superiores aos de *ITH*, no entanto sugerem condições de conforto semelhantes.

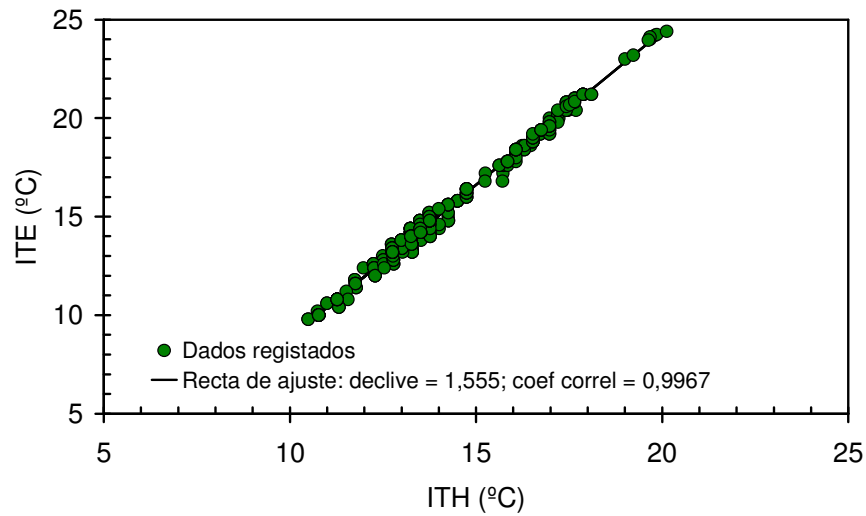


Figura 4. 37. Relação entre *ITE* e *ITH*

A análise de resultados e a informação registada durante os dias de colheita de dados permitiu criar as seguintes estratégias locais, por aplicação do *ITH*, como se mostra na Figura 4.38.

A Figura 4.38 mostra duas linhas que representam o *ITH* para o interior (linha de cor “azul”) e exterior (linha de cor “negra”). Os dois “picos” que *ITH* regista para o interior são função directa de se ter tomado como estratégia ligar o aquecimento.

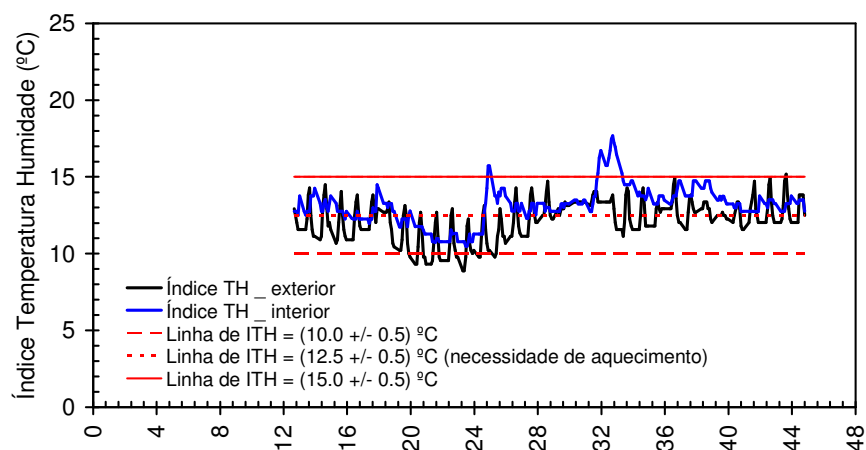


Figura 4. 38. *ITH* para o interior e exterior

Também, na Figura 4.38 mostram-se as linhas de avaliação de estratégias. De acordo com a informação retirada pelas pessoas na sala, os registos abaixo da linha de 10 °C indicam muito frio, os registos acima de 10 °C até 12 °C indicam frio. Aconselha-se aquecimento quando se regista um *ITH* de cerca de 12 °C. Os registos acima de 15 °C parecem favorecer condições de conforto. Deve-se salientar que os índices devem ser “calibrados” em função da região de estudo.

As informações recolhidas pela utilização do *ITH* foram confrontadas por um outro índice, denominado *ITE*, que é função dos valores registados das temperaturas do termómetro seco e molhado.

A Figura 4.39 mostra como evoluem as linhas *ITH* e *ITE* e a observação visual mostra uma excelente concordância. O índice *ITE* considera patamares de informação para conforto/desconforto. São criadas condições de ambiente muito frio quando *ITE* é inferior a 12 °C, ambiente frio quando *ITE* se situa entre 12 °C e 17 °C, ambiente fresco quando *ITE* se situa entre 17 °C e 22 °C e ambiente confortável quando *ITE* se situa entre 22 °C e 25 °C (Vega e Jaspe, 2005).

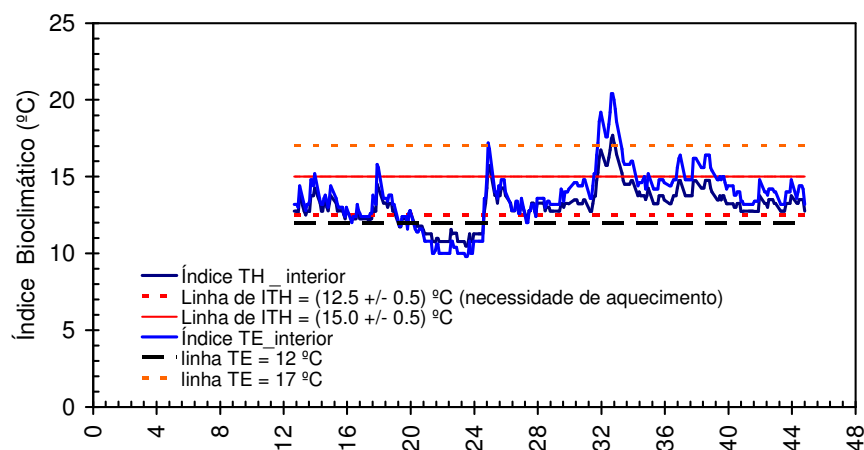


Figura 4. 39. *ITH* e *ITE* para o interior da sala

As considerações que se podem retirar deste estudo pode envolver os professores de Ciências Físico-Químicas e os alunos. É uma temática que desperta o interesse dos alunos. Este estudo é bastante interessante pois poderá proporcionar um melhoramento do processo de ensino/aprendizagem já que alia situações do quotidiano e de interesse geral a conceitos físicos de difícil compreensão.

Assim, o ensino CTS-A (Ciência – Tecnologia – Sociedade – Ambiente), enquanto mobilizador de um ensino por pesquisa, levanta ao aluno a necessidade de encontrar respostas para os vários problemas com que se defronta no seu quotidiano. Actividades

deste género são interessantes e enriquecedoras, pois para além de permitirem a construção de instrumentos de medida simples, os registos efectuados ajudam a interpretar fisicamente fenómenos atmosféricos e a desenvolver *na* e *para* a escola uma cultura meteorológica. E as experiências educativas deste nível, podem desenvolver nomeadamente a curiosidade, a perseverança e a seriedade no trabalho, respeitando e questionando os resultados obtidos, a reflexão crítica sobre o trabalho efectuado, a flexibilidade para aceitar o erro e a incerteza, a reformulação do seu trabalho, o desenvolvimento do sentido estético, de modo a apreciar a beleza dos objectos e dos fenómenos físico – naturais, respeitando a ética e a sensibilidade para trabalhar em Ciência, avaliando o seu impacto na sociedade e no ambiente.

4.6. O Bem-Estar: Dias de Inverno e Dias de Verão

O estudo desenvolvido no subcapítulo 4.5 foi orientado para um período de dias de Inverno.

Novas questões podem ser colocadas:

Como se comporta a sensação de bem-estar para um período de dias do Verão?

Que estratégias devem ser tomadas?

Este estudo de caso é semelhante na sua globalidade ao apresentado no subcapítulo 4.5.

É analisado o bem-estar de dois ambientes distintos (um na região do Porto e outro na região de Aveiro em que a distância entre eles é de cerca de 70 km). Foram usados dois psicrómetros constituídos, cada um deles, por um termómetro de bolbo seco e um termómetro de bolbo húmido. Durante as observações foram registadas informações acerca do bem-estar e das estratégias adoptadas para a melhoria do ambiente atmosférico, como por exemplo aquecimento ou ventilação. Alguns dados foram registados de duas em duas horas (Silva e Talaia, 2008).

A Figura 4.40 mostra os valores registados para a região do Porto. Na figura os círculos de cor “azul” representam os dias de Inverno e os círculos de cor “vermelha” os dias de Verão. Não há dúvidas, como era esperado, os dados registados para os dias de Verão deslocam-se para a direita (a temperatura é mais elevada e a humidade relativa é inferior, confirmando a excelente relação existente entre ambas as variáveis).

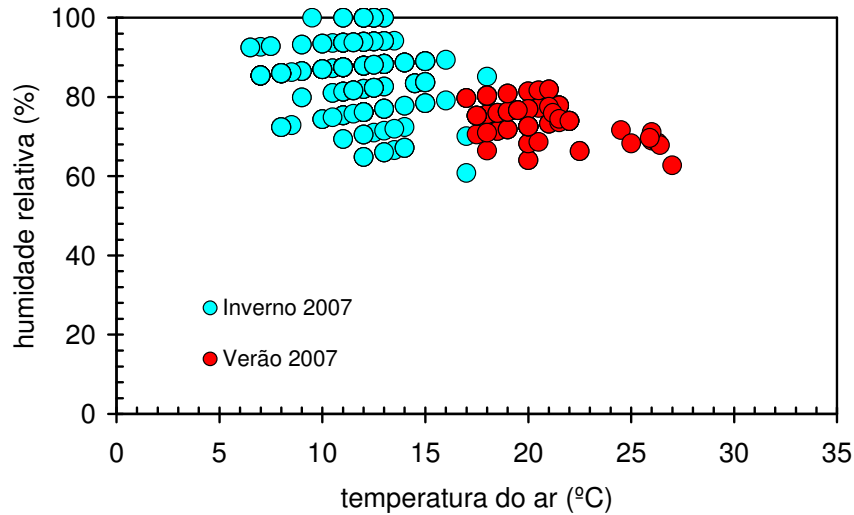


Figura 4. 40. Dados para a região do Porto (interior da sala)

A Figura 4.41 mostra os dados registados e as linhas de tendência para os dois períodos da região do Porto. É oportuno afirmar, como era esperado, que o declive para o mês considerado “frio” (0,536) é inferior ao declive registado para o mês considerado “quente” (0,783). O sinal menos confirma a teoria, em que a humidade relativa do ar diminui quando a temperatura do ar aumenta.

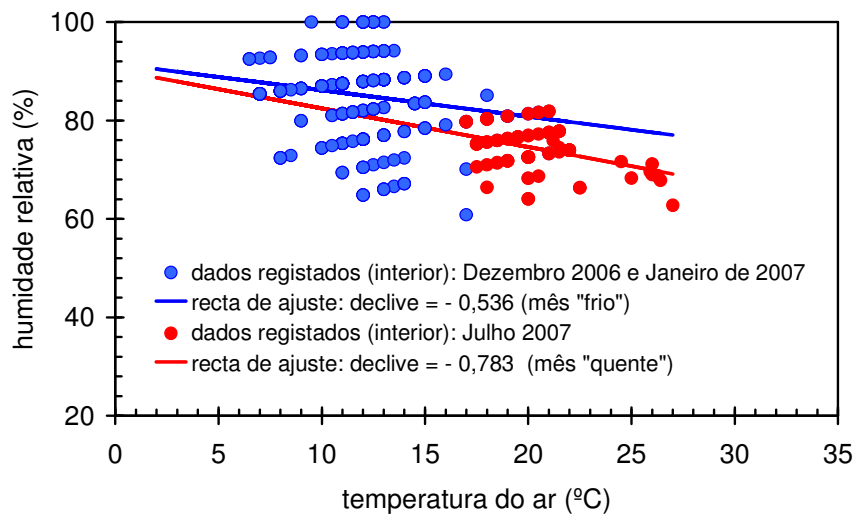


Figura 4. 41. Dados e linhas de tendência para a região do Porto (interior da sala)

A Figura 4.42 é análoga à Figura 4.40 mas agora são incluídos os dados da região de Aveiro, registados também em dias de Verão.

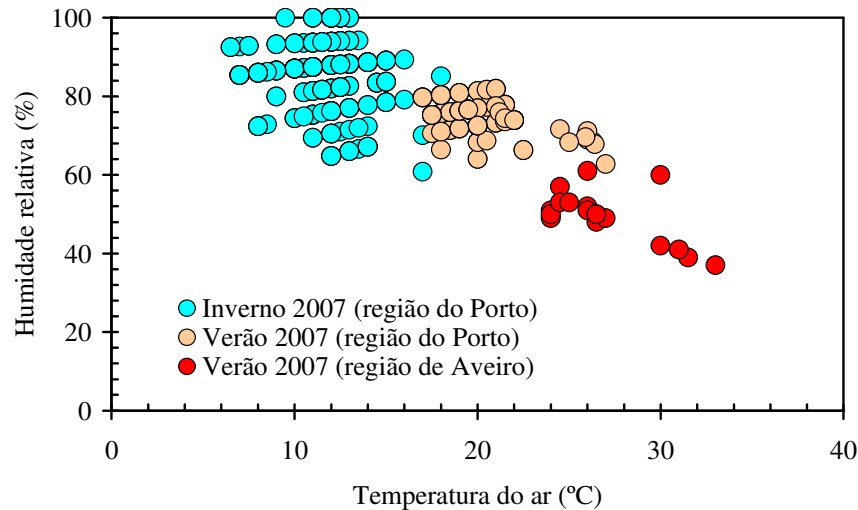


Figura 4. 42. Dados para a região do Porto e Aveiro (Talaia e Silva, 2008)

Assim sendo, a Figura 4.42 mostra a dinâmica temporal entre a relação da humidade relativa e a temperatura do ar no interior da mesma sala de estudo na região do Porto e para dois períodos diferentes (mês de Inverno e mês de Verão) e para uma sala de estudo na região de Aveiro. A observação visual indica, como era esperado, que para a região de Aveiro os dados registados estão ainda mais deslocados para a direita, por registarem uma temperatura ainda mais alta.

Na prática, significa que quando se aumenta a temperatura do ar a pressão parcial de saturação do ar húmido aumenta, o que favorece uma diminuição da humidade relativa do ar.

É sabido que um ambiente atmosférico é alterado pelas variáveis no tempo. O bem-estar de uma pessoa num ambiente exterior e/ou interior é condicionado pela relação entre três variáveis, nomeadamente a temperatura, a humidade relativa do ar e a velocidade do vento. Nas salas de estudo, os valores registados para a velocidade do vento (sempre inferiores a 0,2 m/s) foram considerados desprezáveis.

É verdade que um ambiente pode ser confortável para uma pessoa e desconfortável para outra pessoa. No entanto, pode haver mudança de opinião quando pessoas se deslocam para zonas diferentes, ou seja, quando alguém se desloca de uma região para uma outra região (caso de férias – envolvendo a questão de turismo).

A Figura 4.43 identifica cada situação em termos de conforto quando se usa o diagrama da W.M.O. (1987).

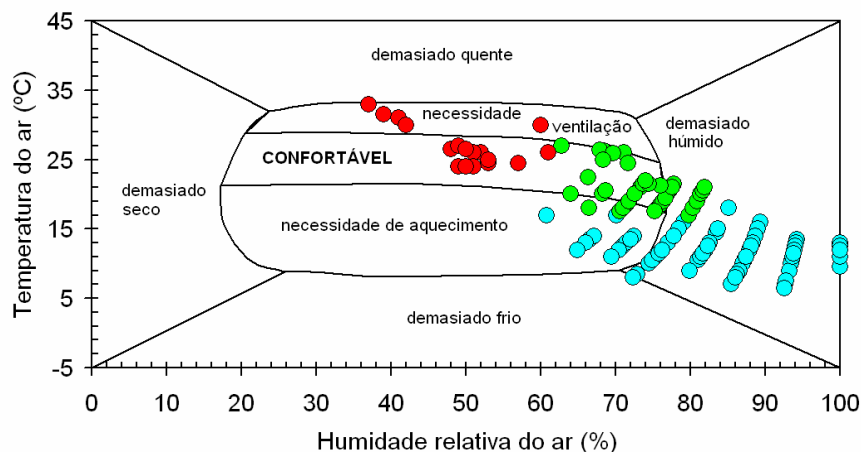


Figura 4. 43. Bem-estar Porto e Aveiro [adaptado de WMO (1987)]

A observação visual da Figura 4.42 mostra que os dados registados no Inverno estão em concordância com as conclusões obtidas a partir da utilização do índice *ITH*. Grande número dos registos indiciam um ar demasiado húmido e alguns registos indiciam a necessidade de aquecimento. O desconforto é notório e requer decisões apropriadas. Os dados registados no Verão estão, também, em concordância com as conclusões obtidas a partir do índice *ITH*. Agora, apenas um pequeno número de registos, normalmente nas primeiras horas de leitura – 7 horas da manhã, se localiza num ar demasiado húmido. Uma grande maioria de registos indiciam um ambiente confortável e apenas alguns registos, normalmente nas leituras após o meio-dia, indiciam desconforto e necessidade de ventilação.

Para a região de Aveiro, existem situações que necessitam de ventilação. Foram identificados casos em que o bem-estar das pessoas foi alterado. As condições atmosféricas suscitaram transpiração que era bem visível no rosto através da formação de “gotas de água”. De notar que o valor mais elevado para o índice *ITH* foi de 25,1 °C que, como indica a Tabela 4.22, é quando apenas 50% dos residentes estão termicamente confortáveis – aqueles que possuem boa robustez física.

A partir da informação obtida podem-se definir estratégias de prevenção.

Deve-se salientar a importância do gráfico indicado na Figura 4.43 pois sendo apenas de duas entradas (temperatura do ar e humidade relativa do ar) permite obter uma excelente informação acerca do bem-estar e informação adequada de estratégia de prevenção a adoptar.

Durante o dia 28 e 29 de Julho, devido a condições que criaram desconforto, adoptou-se a estratégia de manter a porta aberta.

Na Tabela 4.23 indicam-se, a título de exemplo, os valores registados e calculados durante o dia 28 de Julho de 2007. As leituras foram realizadas de duas em duas horas, iniciando às 7 horas e terminando às 23 horas.

Conforme indica a Tabela 4.23 os valores registados às 17 e 19 horas são de maior desconforto. Esta situação é justificada pela dinâmica da temperatura do ar durante o dia, na prática a temperatura máxima regista-se depois do meio-dia. A transferência de energia sob a forma de calor por condução (paredes da sala), por convecção (correntes ascendentes e descendentes de ar) e por radiação (a partir e entre os materiais) é importante na dinâmica da temperatura interior da sala.

Tabela 4. 23. Valores registados e calculados para o dia 28 de Julho de 2007

Horas	7	9	11	13	15	17	19	21	23
<i>T</i> seco (°C)	21,0	21,2	21,5	22,0	26,0	26,3	26,0	26,0	25,9
<i>T</i> húmido (°C)	18,5	18,5	18,6	19,0	22,0	22,2	22,3	22,3	22,0
<i>HR</i> (%)	77,5	75,9	74,5	74,0	69,0	68,5	67,8	71,2	69,6
<i>ITH</i> (°C)	17,4	17,5	17,7	17,9	19,7	19,8	19,9	19,7	19,6
<i>ITE</i> (°C)	20,6	20,7	20,8	21,2	24,0	24,2	24,2	24,1	24,0
Escala valor	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Escala cor	0,00	0,00	0,00	0,27	0,73	0,88	0,87	0,86	0,82

As duas últimas linhas da Tabela 4.23 indicam valores numa escala de sensação térmica, no momento dos registos. A escala de “sete pontos” vai desde o desconforto severo/stress por calor até ao desconforto severo/stress por frio, ou seja de +3, +2, +1, 0, -1, -2 e -3. Adicionalmente, no acto dos registos, numa escala de cores devia ser indicada a sensação térmica.

A construção desta escala baseou-se na escala sétima de ASHRAE (ANSI/ASHRAE 55, 2004) e teve como objectivo a ilustração dos resultados, nessa escala, numa forma visual de mais fácil interpretação, na informação de sensação térmica. A escala de cores foi graduada (sem números) desde a cor “vermelha” até à cor “azul escura” que simbolizava a situação de stress térmico – muito calor e stress térmico – muito frio, respectivamente.

Esta metodologia permite recolher valores intermédios da escala sétima de ASHRAE, na medida em que foi constituída por 15 cores, oferecendo uma informação com maior rigor acerca da sensação térmica.

Na Tabela 4.24 indicam-se os valores registados e calculados para o dia 29 de Julho de 2007.

Tabela 4. 24. Valores registados e calculados para o dia 29 de Julho de 2007

Horas	7	9	11	13	15
<i>T</i> seco (°C)	22,5	22,5	24,5	25,0	27,0
<i>T</i> húmido (°C)	18,5	18,5	21,0	21,0	22,0
<i>HR</i> (%)	66,3	66,3	71,7	68,3	62,8
<i>ITH</i> (°C)	18,1	18,1	19,0	19,2	20,1
<i>ITE</i> (°C)	21,2	21,2	23,0	23,2	24,4
Escala valor	1	1	1	1	1
Escala cor	0,41	0,50	0,82	0,99	1,09

Por razões imprevistas, só foi possível obter valores até às 15 horas. De notar que o dia 29 de Julho seria um bom indicador de sensação térmica, dado que a leitura às 7 horas já indicava uma temperatura do ar atípica e de 22,5 °C.

Os valores mais altos indiciam condições de desconforto, como mostra muito bem o diagrama da Figura 4.43, e os índices *ITH* e *ITE*.

Finalmente pode-se afirmar que os modelos apresentados neste estudo apresentam uma excelência concordância e que são adequados para investigar a sensação térmica de um ambiente interior/exterior. De notar, que o diagrama da World Meteorological Organization parece ser o mais simples de utilização e com indicações objectivas acerca da melhoria do ambiente.

Este estudo parece-nos muito interessante como proposta de actividade na sala de aula. Muitas vezes os alunos falam em desconforto. Os professores têm uma excelente oportunidade de colocarem na sala de aula um psícrómetro simples. A partir do registo da temperatura do ar e da temperatura do termómetro molhado podem envolver os alunos na avaliar da performance do ar húmido.

Este estudo pretende mostrar uma forma diferente, eficaz e motivante de leccionar “Mudança Global”, aliando sempre teoria e prática (objectivo das Orientações Curriculares cedidas pelo Ministério da Educação).

Pretende-se ainda que este estudo possa ser mais um exemplo a ter em conta pelos professores do 3º Ciclo, nomeadamente pelos professores de Ciências Físico-Químicas, que tenham o propósito de focalizar o tema “Mudança Global” numa base interdisciplinar em que a diversificação de estratégia engloba a visualização de vídeos, elaboração de críticas e comentários, trabalho experimental e debates entre outros, tendo sempre como ponto de partida uma abordagem CTS-A e a perspectiva de Ensino Por Pesquisa.

Capítulo 5.
Oficina Pedagógica



Oficina Pedagógica

A atmosfera é fascinante e o seu estudo continua a suscitar interesse por parte de muitos investigadores e, também, a curiosidade de muitos cidadãos.

Os profissionais de ensino, nomeadamente os professores, têm a grande responsabilidade de iniciar a formação dos seus alunos em meteorologia, aquando da abordagem da unidade temática “Mudança Global” no oitavo ano de escolaridade. No entanto, muitos professores sentem grandes dificuldades na leccionação da temática anteriormente referida, pelo motivo de não terem tido uma formação inicial adequada, e, por isto, muitas vezes esta temática deixa de ser leccionada. É de salientar, ainda, que alguns professores levam os seus alunos a visitarem estações meteorológicas clássicas, mas na realidade as competências adquiridas nestas visitas são questionáveis; ou até mesmo, algumas escolas instalam estações meteorológicas automáticas que apenas servem para registar dados meteorológicos, e muitas das vezes os dados registados nestas estações não são credíveis, pois é necessário que os sensores sejam regularmente calibrados, o que não se verifica!

A atmosfera é o melhor laboratório de ensino, é gratuito e, por isso, está disponível a todos aqueles que queiram fazer experiências simples. Neste laboratório encontramos todos os fenómenos físicos que envolvem o estudo da óptica, da cinemática, da dinâmica, da energia, da electricidade, e tantos outros.

Assim, com o intuito de envolver alguns professores nesta temática foi proposta, aceite e realizada uma Oficina Pedagógica para professores no “XIX Congresso ENCIGA”, na Escola Secundária Eça de Queirós – Póvoa do Varzim, a vinte e quatro de Novembro de 2006 (Talaia *et al.*, 2006).

Nesta Oficina Pedagógica avaliou-se a performance do ar húmido que nos rodeava, onde os participantes tiveram a oportunidade de se colocarem no lugar de um observador meteorológico, fazendo observações instrumentais e sensoriais.

O grupo participante construiu e usou equipamento simples (pode ser construído facilmente em qualquer escola) para se poder interpretar fisicamente o que condiciona o ar húmido e que condições atmosféricas favorecem, por exemplo a formação de nevoeiro, orvalho e geada. As peças do equipamento para a construção dos vários kits estavam disponíveis aos participantes.

5.1. Descrição do grupo participante

Nesta Oficina Pedagógica participaram 29 pessoas. É importante referir que o número máximo de pessoas previsto era de 20, no entanto, apareceram mais pessoas interessadas. Devido ao espaço da sala não foi possível aceitar mais interessados que não estavam inscritos.

Para nós foi bastante gratificante, uma vez que, a Oficina Pedagógica suscitou bastante interesse e, também, é importante salientar que ao mesmo tempo estavam a decorrer outras secções, nomeadamente: “Encontro: Sociedades Ibéricas Matemáticas: perspectivas acerca do ensino e da cooperacion entre as mesmas”; “Natureza da ciência nos currículos de ciências naturais/biológica e geologia do contexto educacional português”; “O trabalho de campo na formação inicial de professores de biologia e geologia: opinião dos estudantes sobre as praticas realizadas” e “Los erros sobre la evolución histórica del conocimiento del universo eu los libros de texto de promoer curso de ESO”.

O grupo participante era bastante heterogéneo, uma vez que era constituído por professores da área da Matemática, da área da Biologia, da área da Geografia e da área da Física e Química.

5.2. Descrição da Oficina Pedagógica

Inicialmente começou-se por fazer uma breve discussão em grande grupo, onde se ia gradualmente apresentando diversas definições relacionadas com os parâmetros meteorológicos, nomeadamente: temperatura do ponto de orvalho, humidade relativa do ar, temperatura do termómetro molhado, temperatura do ar, ... e também, foi-se colocando diversas questões problema, ao longo da exposição, entre as quais: como se forma o orvalho; diferença entre brisa marítima e brisa terrestre; porque há uma sensação de frescura quando saímos de um corpo de água (tomar banho)...

De seguida, o grupo participante foi dividido em grupos, onde tiveram a oportunidade de usar um equipamento simples constituído por apenas um termómetro seco, um termómetro molhado e um secador de cabelo. Foram distribuídos, ainda, diagramas e folhas para se poder estudar e prever alguns fenómenos físicos.

Conforme já referimos, devido ao interesse e presença de tantos profissionais de ensino, não foi possível caracterizar a amostra de presentes basicamente por se ter demorado algum tempo para organizar e iniciar a oficina.

5.3. Considerações

A Oficina Pedagógica decorreu com grande entrega e entusiasmo dos participantes. Na sua grande maioria todos estavam a construir e a usar equipamento simples de medida.

A Figura 5.1 mostra uma fase de trabalho de montagem de um dos grupos. As dúvidas que surgiam eram prontamente esclarecidas pela professora investigadora desta dissertação e pelo professor orientador da dissertação.



Figura 5. 1. Fase de trabalhos: montagem de um psicrómetro

Na Figura 5.2 a professora investigadora mostra como se constrói um termómetro molhado. Na prática, o bolbo do termómetro molhado deve ser envolvido numa gaze que está em contacto com um corpo de água e deve ser devidamente posicionado para se registarem leituras representativas do ar húmido.

A Figura 5.3 é muito interessante. Mostra os cuidados de observação no acto dos registos e uma discussão aberta entre participantes. Cada participante registou a temperatura do termómetro seco e do termómetro molhado. Em seguida e com o auxílio de

um retroprojector onde estava um acetato com a tabela de duas entradas, linhas horizontais com temperaturas do ar e linhas verticais com a diferença entre a temperatura do ar e temperatura do termómetro molhado, avaliou-se a humidade relativa do ar.



Figura 5. 2. Fase de trabalhos: o termómetro molhado

Os participantes puderam reconhecer que a influência da velocidade do vento é determinante para alterar a humidade relativa do ar (a presença de uma corrente de ar “acelera” o processo de evaporação “injectando” mais vapor de água no ar húmido).

Uma particular atenção deve ser considerada. A entrega e a motivação demonstrada pelos profissionais de ensino de áreas diversas (Biologia, Matemática e Geografia) parecem ter condicionado a prestação dos colegas de Ensino de Física e Química. Estes, ao contrário dos restantes, ao longo de todo o processo não responderam a qualquer questão colocada, permanecendo reservados. Os restantes professores tentavam procurar uma resposta credível para as questões colocadas ao longo de toda a apresentação. Foi muito encorajador e motivante. No entanto, todos os presentes mostraram bastante entusiasmo em aprender algo de novo e, principalmente, quando estavam com as “mãos na massa” na realização da actividade experimental.



Figura 5. 3. Fase de trabalhos: registo de dados

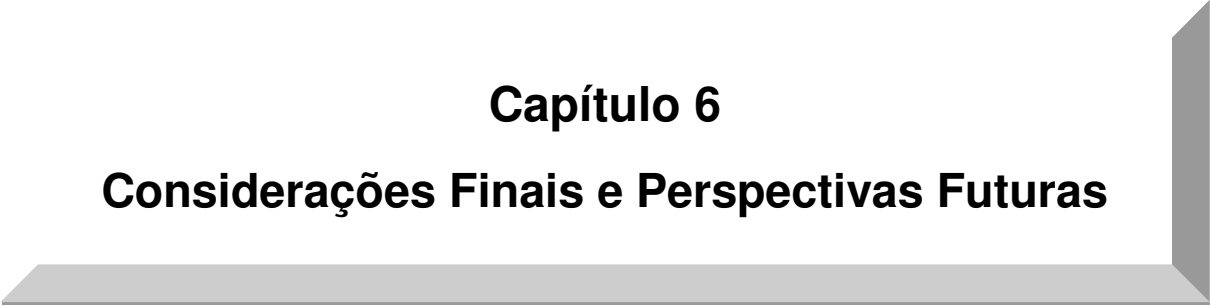
É, ainda, de salientar que a sala atribuída para a realização da Oficina Pedagógica era pequena (Laboratório de Física para uma média de 15 alunos), no entanto, a organização do Congresso foi incansável para o êxito da actividade, disponibilizando todos os meios necessários.

Adicionalmente, deve ser referido que os 90 minutos atribuídos para a realização desta Oficina Pedagógica fossem insuficientes devido às questões adicionais colocadas pelos participantes que gostariam de serem respondidas. A grande maioria ficou com o contacto dos dinamizadores da actividade.

No final da Oficina Pedagógica houve elogios acerca do seu funcionamento e na forma como foram conduzidos os trabalhos. Todos reconheceram a importância de terem estado presentes. Os resultados foram animadores e encorajaram no sentido de suscitar novas oportunidades.

Capítulo 6

Considerações Finais e Perspectivas Futuras



Considerações finais e perspectivas futuras

A realização desta dissertação motivou-me a continuar a trabalhar o laboratório aberto e acessível a todos, a nossa Atmosfera. Ao chegar a esta meta (não será a final) posso afirmar que, ao ler e reler, agora, esta dissertação parece-me uma contribuição que tinha gostado de ler antes de iniciar esta temática. Tinha melhorado, sem dúvida alguma, o meu conhecimento acerca da cultura meteorológica que faz parte das orientações curriculares.

Escolhi esta temática com o objectivo de aperfeiçoar os meus conhecimentos ao nível da atmosfera, em particular da relação entre diferentes parâmetros meteorológicos. Na realidade todos nós estamos interessados no tempo atmosférico e na sua relação com o nosso bem-estar. Estou confiante, mais do que isso, *estou convicta* que as minhas práticas lectivas serão melhoradas e que os alunos poderão desenvolver competências vivenciadas nesta temática, por recurso a dados, recolha de dados em instrumentos meteorológicos simples construídos por eles (por observação), transdisciplinaridade com a área de Geografia, área de Matemática, área de Projecto, e outras. Considero que a minha experiência na recolha de dados, tratamento e análise pode *transbordar* para os meus alunos.

Esta dissertação mostra como a partir de dados da temperatura do ar e da humidade relativa do ar se podem fazer fascinantes estudos capazes de fornecer importantes informações, tais como ao nível do tempo atmosférico, bem como ao nível do conforto e desconforto.

Em todos os trabalhos desenvolvidos nesta dissertação, tive sempre o cuidado de criar metodologias dinâmicas e motivadoras, aliadas sempre à perspectiva CTS-A, com vista ao melhoramento das minhas aulas e, também, de certa forma deixar esta contribuição para colegas, os profissionais de ensino, que eventualmente visionarem este documento.

É importante referir que, conforme o apresentado em capítulos desta dissertação a contínua busca a diversas questões-problema não limita o trabalho prático, pelo contrário, enriquece-o ainda mais. No presente ano lectivo, nas minhas aulas, tive sempre o cuidado de trabalhar com os meus alunos nesta perspectiva. Notei um maior envolvimento por parte deles em todas as actividades propostas, evidenciando-se o entusiasmo incessante pela busca de respostas válidas às suas principais inquietações, uma vez que, para formular as diversas questões-problema parti sempre dos pensamentos iniciais dos meus alunos.

Saliento que, aquando da leccionação do tema “Mudança Global” coloquei aos meus alunos algumas questões-problema que apresento nesta dissertação e envolvi-os directamente na recolha de dados para poderem fazer estudos semelhantes aos apresentados, nomeadamente na recolha de registos e avaliação de condições de bem-estar para promover um melhoramento do processo ensino/aprendizagem.

Alguns estudos apresentados nesta dissertação usaram dados que não foram recolhidos por mim, por motivos óbvios (tempo para a elaboração da dissertação), o que pode tornar um estudo um pouco impessoal e não tão motivador. Mas, o meu envolvimento directo na observação e recolha de dados permitiu-me tornar alguns estudos muito “pessoais”. Muitas vezes tornei-me como “vapor de água” para compreender a relação entre a temperatura e a humidade relativa.

Tive a oportunidade e o privilégio de enriquecer a minha sala de aula com algumas interpretações físicas que havia vivenciado. A atmosfera é de facto, um brilhante laboratório de ensino e encontra-se disponível a todos nós.

É de salientar que todos os estudos apresentados podem ser fruto de uma investigação, função da escala temporal; pode ser de um mês, de um ano, ou até de vários anos, mas os resultados obtidos serão sempre interessantes e a partir destes podem-se tirar excelentes conclusões.

Durante a realização desta dissertação tive sempre o cuidado e a preocupação de aplicar os estudos num contexto de sala de aula, fomentando o espírito crítico dos alunos.

Esta dissertação fez com que a minha cultura meteorológica ficasse mais enriquecida e será, num futuro próximo uma mais valia para melhorar a qualidade das minhas aulas, nomeadamente quando relacionadas com esta temática. No entanto, também, noutros temas poderei aplicar a metodologia usada, pois ganham os alunos e ganha o processo de ensino/aprendizagem.

Experiências deste nível podem desenvolver a curiosidade, a perseverança e a seriedade no trabalho, respeitando e questionando os resultados obtidos. Permite fazer experimentação, observação e reflexão. Assim, as metodologias usadas são capazes de motivar o ensino da Física, com assuntos do quotidiano, numa perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

Este trabalho permitiu, usando instrumentos de medida simples e disponíveis a todos nós, estudar o que condiciona um ambiente de conforto ou desconforto, todas as escolas podem fazer estudos neste âmbito.

É meu objectivo realizar, no futuro, diversas Oficinas Pedagógicas em Escolas para professores de forma a poder transmitir toda a experiência vivenciada com a realização

desta dissertação, de forma a que os professores de Ciências Físico-Químicas comecem a encarar, principalmente a temática “Mudança Global, leccionada no oitavo ano de escolaridade, com mais motivação, envolvendo activamente os alunos na recolha de dados, tornando-os “observadores” meteorológicos.

Para um futuro próximo pretendo avaliar os dados para a região de Aveiro para uma série de anos de 1998 a 2007. Esta investigação é oportuna, pois está em concordância com as orientações da Organização Mundial de Meteorologia. Tenciono também trabalhar dados registados numa estação meteorológica automática e comparar os resultados obtidos.

Por último, também tenho como objectivo dinamizar Clubes de Ciências, numa cultura meteorológica. Penso envolver diferentes escolas formando uma grelha de pontos de observação distanciados cerca de 60 km. O objectivo é traçar cada posto (escola) uma carta de superfície de tempo atmosférico e comparar previsões. A via da Internet e do correio electrónico será preponderante para troca de informação. Fóruns podem ser criados com orientação e supervisão de especialistas de meteorologia, mas com Educação em Ciências (aqueles com experiência no ensino, Básico e Secundário).

Bibliografia



Bibliografia

Afonso, M. (2002). *Os professores e a educação científica no primeiro ciclo do ensino básico – Desenvolvimento de processos de formação*. Tese de Doutoramento em Educação, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Almeida, P.A.P. (2003). *O Trabalho Prático de Física no Ensino Básico*. Dissertação de Mestrado em Ensino da Física e Química (não publicada). Universidade de Aveiro.

ASHRAE (2001). *Handbook of Fundamentals - Physiological Principles for Comfort and Health*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Chapter 8, Atlanta, 1-32.

Bastos, G.M.M. (1997). *O Ensino da Física centrado na Resolução de Problemas: Potencialidades de Implementação na Sala de Aula de Estratégias baseadas num Modelo Proposto pela Investigação em Didáctica – Um contributo para o Ensino/Aprendizagem da área temática “Produção, Distribuição e Utilização da Electricidade (8ºano)*. Dissertação de Mestrado (não publicada). Universidade de Aveiro.

Bordner, G.M. (1987). The role of algorithms in teaching problem solving. *Journal of Chemical Education*, 64 (6), 513-574.

Cachapuz, A. (2001). org. *Perspectivas de Ensino – Coleção Formação de Professores de Ciências, nº1*. Porto. Centro de Estudos de Educação em Ciências.

Cachapuz, A., Praia, J. e Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências – Temas de Investigação*. Lisboa. Ministério da Educação.

Emmanuel, R. (2005). Thermal comfort implications of urbanization in warm-humid city: the Colombo Metropolitan Region (CMR). *Building and Environment*, 40, 1591-1601.

Faria, M.T.S. (1998). *A Resolução de Problemas e o Pensamento Crítico no ensino da Física e da Química*. Dissertação de Mestrado não publicada, Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Fiolhais, C., Fiolhais, M., Gil, V., Paiva, J., Morais, C. e Costa, S. (2007). *CFQ 8 – Sustentabilidade na Terra*. Texto Editores, Lisboa. ISBN: 978-972-47-3321-0.

Garrett, R.M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 224-230.

Garrett; Satterly, Gil Pérez, D.; Torregrosa, M. (1990). Turning Exercises into Problems: An Experimental Study with Teachers in Training. *International Journal of Science Education*, 12 (1), 23-34.

Gerace, W.J. e Beatty, I.D. (2005). *Teaching vs Learning: Changins Perspectives on Problem Solving in Physics*. 9th Common Conference of the Cyprus Physics Association and Greek Physics Association.

Gott, R. e Duggan, S. (1995). *Investigative Work in the Science Curriculum*. Buckingham and Philadelphia: Open University Press.

Gouveia, R.A.S. (1997). *A Resolução de Problemas no âmbito da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Física – Contributo para a formação de professores estagiários – Volume I*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Aveiro.

Gunstone, R.F. (1991). *Reconstructing theory from practical experience*. In Woolnough, B. (Ed). *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press, 67-77.

Hayes, J.R. (1987). *The complete problem solver*. Hillsdale, NJ: Lawrence Elbaum Associates.

Hodson, D. (1998a). Experiments in Science Teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20 (2), 53-66.

Hodson, D. (1998b). *Teaching and Learning Science Towards a personalized approach*. Buckingham: Open University Press.

Hodson, D. (1998c). *Is this really what scientist do? Seeking a more authentic science in beyond the schools laboratory*. In Jerry Wellington (ed). *Practical work in school Science – Which way now?* London and New York. Routledge . Buckingham: Open University Press.

Houghten and Yaglou (1923). *ASHVE Researche Report No 673*. ASHVE Transactions. Vol. 29, pp. 361.

Huffman, D. (1997). Effect of Explicit Problem Solving Instruction on High School Students' Problem-Solving Performance and Conceptual Understanding of Physics. *Journal of Research in Science Teaching* 34 (6), 551-570.

IPCC (2001a). *Technical Summary, Climate, Adaptation and Vulnerability*. A Report of Working Group II of Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneve, Suíça.

IPCC (2001b). *Technical Summary*. A Report Accepted by Working Group I, wgl_ts.pdf

IPCC (2007). *Climate change 2007: the physical science basis summary for policymakers*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Paris: IPCC, Working Group I

ISO 7730 (1994). *Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*. International Organization for Standardization.

ISO 7730/2005 (2005). *Ambiances thermiques modérées – Determination des indices PMV et PPD et specification des conditions de confort thermique*. International Standardisation Organisation, Geneve, Suisse.

Krüger, E., Dumke, E. and Michaloski, A. (2001). *Sensação de Conforto Térmico: respostas dos Moradores da Vila Tecnológica de Curitiba*. VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Anais do VI ENCAC (CD-ROM), São Pedro – São Paulo, Brasil, UNICAMP/UFSCar/Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), Vol. 1, 1-7.

Lamberts, R. (2002). *Conforto Térmico e Stress Térmico*. LabEEE Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Leite, L. (2001). *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências*, Cadernos didáticos de Ciências Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário (DES).

Lopes, B.J. (1994). *Resolução de Problemas em Física e Química – modelo para estratégias de ensino-aprendizagem*. Texto Editora.

Lopes, J.B. (1999). *Avaliação Multidimensional de Campo conceptuais de Mecânica – papel da modelização na aprendizagem*. Tese de Doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Lopes, J.B., Coelho, A., Fortuna, A., Silva, J., Carrilho, L. e Silva, M.A. (2000). *Promover o Desenvolvimento Conceptual em Física através do Trabalho Experimental*. Série Didáctica. Ciências Aplicadas, 141. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Marques, E.M.N. (2001). *O trabalho experimental no ensino das Geociências: construção de materiais e sua validação no contexto de sala de aula*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.

Mikani, C. and Amorim, M. (2005). *Características de temperatura e conforto térmico em ambiente urbano e rural: episódios de Verão*. In actas de VI Semana de Geografia: A Geografia e os paradigmas do século XXI, Faculdade National Geographic, 2004. Strange Days on Planet Earth – The One Degree Factor. Vulcan Productions, Inc., registration number 704/05.

Millar, R., Le marechal, J.F. e Tiberghien, A. (1998). *A map of the viraety of labwork*. Project PL 95-2005. Labmork in Science Education working paper 1. European Comission. 1-23

Millar, R.; Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the future*. London: KingsCollege

National Geographic (2004). *Strange Days on Planet Earth – The One Degree Factor*, Vulcan Productions, Inc., registration number 704/05.

Neto, A.J. (1995). *Contributos para uma nova didáctica da Resolução de Problemas – Um estudo de orientação metacognitiva em aulas de física do ensino secundário*. Dissertação de Doutoramento não publicada, Universidade de Évora.

Neto, A.J. e Valente, M.O. (2001). Disonancias pedagógicas en la resolución de problemas de física: una propuesta para su superation de raís vygotskiana. *Enseña de las Ciencias*, 19 (1), 21-30.

Newmann, F.M. (1988). *Can depth replace coverage in the high school curriculum?*. Phi Delta Kappan, 69 (5), Janeiro, 345-350.

Nieuwolt, S. (1977). *Tropical climatology*, Wiley, London: Wiley.

Pizzini, E. *et al.* (1989). A rationale for and the development of a problem solving model of instruction in science education. *Science Education*, 73 (5), 523-534.

Ponte, J. (1993). *Decisões Fundamentais na Organização duma Actividade de Resolução de Problemas*. Texto Guia. Curso de Especialização em Ensino da Matemática. Departamento de Educação da Faculdade de Ciências de Lisboa.

Praia, J. Cachapuz; A. Gil-Pérez; D. (2002). A Hipótese e a Experiência Científica em Educação em Ciência: Contributos para uma Reorientação Epistemológica. *Ciência e Educação*, 8(2) 253-262.

Praia, J. F. e Marques, L. (1997). *Das práticas dos professores de ciências (Biologia e Geologia) à mudança em torno das suas concepções*. Em Estrela, A.; Fernandes, R.; Valério, O. (Orgs). Contributos da Investigação Científica para a qualidade do ensino. Lisboa: SPCE II.

Rebelo, A.A., Rebelo, F. (2007). *Terra.lab – Sustentabilidade na Terra 8º ano*. Lisboa Editores. ISBN: 978-972-680-692-9.

Rodrigues F.A.G., Pereira S.J. e Talaia M.A.R. (2004). *Cenários e Impacto do Aquecimento Global – o Caso da Região de Aveiro*. Escola de Educação em Física 2004 integrada no XIV Encontro Ibérico para o Ensino da Física, ISEP – Porto, 9 a 10 de Setembro, 69-71.

Ruivo, M.G.A.S.F. (2003). *Práticas Lectivas e a Investigação em Didáctica da Física “Transferências e Conservação da Energia em circuito eléctrico” (10º ano de escolaridade)*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física e Química (não publicada). Universidade de Aveiro.

Sá, J. (2002). *Renovar as práticas no 1º ciclo pela via das ciências da natureza*. Porto: Porto Editora.

Silva, I. (1999). *O trabalho laboratorial em Biologia no ensino secundário*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro

Silva, J.M.T.A. (2001). *Concepções e Práticas dos professores relativas ao Trabalho Experimental no Ensino da Física*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.

Silva, M. e Talaia, M. (2008). *O Tempo Atmosférico como Condicionante do Bem-Estar*. Actas da 16ª Conferência Nacional de Física e 17º Encontro Ibérico para o Ensino da

Física. Resumo de artigo. FÍSICA 2008. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa de 3-6 de Setembro (no prelo).

Sousa, J.C.A.M. e Talaia, M.A.R. (2006). *Public Perception – Climate Change*. Proceedings of the 4^o Simposio de Meteorologia e Geofísica da APMG e 6^o Encontro Luso-espanhol de Meteorologia, ISBN 972-9083-13-4, Instituto de Meteorologia, Lisboa 2005, 327-332.

Stewart, J. e Van Kirk, J. (1990). Understanding and problem – Solving in classical genetics. *International Journal of Science Education*, 12(5), 575-588.

Talaia M., Coelho, A. e Silva, M. (2006). *Conhecer a atmosfera a partir de experiências simples*. Actas do XIX Congresso ENCIGA. Workshop, Póvoa do Varzim, de 23 a 25 de Novembro, 33-4.

Talaia, M. e Silva, M.A. (2006). *A Temperatura num contexto educacional*. XIX Congresso Enciga, Póvoa do Varzim, 23, 24 e 25 de Novembro de 2006. ISBN: 0214-7807 Publicado:http://www.enciga.org/boletin/61/a_temperatura_num_contexto_educacional.pdf (último acesso 8/10/2007)

Talaia M. e Silva, M. (2007a). *A humidade relativa do ar num contexto do Ensino das Ciências*. Proceedings of the 5^o Simpósio de Meteorologia e Geofísica da APMG e 8^o Encontro Luso-Espanhol de Meteorologia. Instituto de Meteorologia, Lisboa, ISBN 978-989-95660-0-2, 123-126.

Talaia, M. e Silva, M. (2007b). *A Temperatura do ar na região de Aveiro*. Proceedings of the IV Congresso Cubano de Meteorologia, CDROM, Havana, Cuba, paper Talaia&Marta_Temp_artigo.pdf, 15 pages.

Talaia, M. e Silva, M. (2007c). *O Bem-Estar e o Ambiente – um estudo de caso*. I Congresso Internacional de Educación Ambiental dos Países Lusófonos e Galícia, Santiago de Compostela, 24-27 de Setembro de 2007. ISBN: 978-84-690-7996-6 Publicado:www.ceida.org/congreso_ea/documentacion/turismo.pdf (último acesso 8/10/2007)

Talaia, M. e Silva, M. (2007d). *O Bem-Estar na actividade intelectual – um estudo de caso*. Actas do II Congresso Internacional Educación, Enerxía e Desenvolvemento Sostible, As Pontes de García Rodríguez – Espanha, 27-29 de Junho. Depósito Legal: C 2344 – 2007. Paper presented 8 pages.

Talaia, M. e Silva, M. (2008). *O vapor de água como condicionante do bem-estar humano*. Actas das XXX Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española “Agua y Cambio Climático”, IX Encuentro Hispano-Luso de Meteorología e XII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. Resumo de artigo en Sesión 4-Aplicaciones Meteorológicas. Depósito legal: M. 21.314-2008. 5 a 7 de Mayo. Espanha. 305-309.

Talaia, M.A.R. e Pinhal, E.O.S. (2002). *El Niño, como o afecta? Uma aplicação ao Ensino das Ciências Físico-Químicas*. Actas da 13ª Conferência Nacional de Física e 12º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, Física 2002, Évora, 06-10 Setembro, 128-129.

Talaia, M.A.R. e Rodrigues, F.A.G. (2006). *O Organismo Humano num Ambiente de Stress Térmico – caso de uma área com fornos*, Actas das XXIX Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española “Aplicaciones Meteorológicas” & 7º Encuentro Hispano-Luso de Meteorología “Meteorología y Eficiencia Energética”, Pamplona, Sesión 1: Aplicaciones Meteorológicas, CDROM Editado por Asociación Meteorológica Española ISBN-13:978-84-611-1490-0, Madrid, paper A25-trabajo Talaia y Rodrigues.pdf, 5 páginas.

Talaia, M.A.R. e Sousa J.C.A.M. (2004). *A Saúde Pública, o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, Conferência Internacional “Educação para o Desenvolvimento Sustentável – Preparação da Década das Nações Unidas (CIEDS 2004)*. Departamento de Metodologias da Educação, Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, Braga, 19 e 22 de Maio, 133-134.

Thom, E.C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12 (1), 57-60.

Thomaz, M. (1999). *Apontamentos dirigidos no âmbito da disciplina no Ensino da Física*. Mestrado em Ensino de Física e Química. Universidade de Aveiro

Valente, M.O., Neto, A.J. e Valente, M. (1989). Resolução de problemas em Física: necessidade de uma ruptura com a didáctica tradicional. *Gazeta de Física*, 12 (3); 70-78.

Varejão, M. (2005). *Meteorologia e Climatologia*. 2ª Edição, INMET. Brasília.

Vega, R.E.R. e Jaspe, Z.I.R. (2005). *Cambio Climático y las Condiciones de Confort Ambiental*. Proceedings of the III Congreso Cubano de Meteorologia, CDROM, Havana, Cuba, paper CLI_Confort Ambiental

Verríssimo, M. R. A. (2001). *Do Paradigma disciplinar no paradigma interdisciplinar: uma questão para a Universidade*. Educação e Filosofia, vol 15, nº29, Jan/Jul, 105-127.

W.M.O. (1987). *World Climate Programme Applications, Climate and Human Health*. World Meteorological Organization.

Watts, M. (1991). *The Science of problem – Solving – A Practical guide for science teachers*. London: Gassell Education.

Wellington, J. (1998). *Practical work in Science: Time for a reappraisal. Practical Work in School Science: Which way now?* London: Routledge.