

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

**A NATUREZA DA CIÊNCIA -**  
**- *Estudo das concepções e práticas lectivas de***  
***professores de Física e Química do ensino***  
***secundário***

NUNO FRANCISCO ROSADO MATOS

Évora

2002

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

**A NATUREZA DA CIÊNCIA -**  
**- Estudo das concepções e práticas lectivas de**  
**professores de Física e Química do ensino**  
**secundário**

NUNO FRANCISCO ROSADO MATOS



131549

Évora

2002

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

A NATUREZA DA CIÊNCIA -

*- Estudo das concepções e práticas lectivas de professores  
de Física e Química do ensino secundário*

NUNO FRANCISCO ROSADO MATOS

Dissertação apresentada à Universidade de Évora para a obtenção do grau de mestre em  
Educação, variante de Supervisão Pedagógica

“Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri”

sob orientação do

PROFESSOR DOUTOR ANTÓNIO JOSÉ DOS SANTOS NETO

Évora

2002

## AGRADECIMENTOS

Apesar do inegável enriquecimento pessoal e da satisfação que proporcionou, dissertar desta forma não foi fácil, tendo, inclusivamente, sido, por vezes, doloroso e até exasperante. Este trabalho constituiu, assim, um marco indelével na nossa vida, cujo alcance foi, contudo, possível com a colaboração prestada por outros. Por isso mesmo, o apoio facultado por algumas das pessoas abaixo mencionadas extravasa para além desta tese de dissertação.

- Ao professor Doutor António Neto, pela orientação efectiva que propiciou, pela atenção dirigida, pela discussão frutífera: abrindo horizontes de trabalho e de reflexão, sugerindo alternativas e correcções, inculcando confiança.
- À professora Doutora Mariana Valente que foi “simplesmente” responsável pelo desenvolvimento do interesse pessoal no tema que viria a ser adoptado na tese – contributo da História e da Filosofia das Ciências na Educação em Ciências.
- À “equipa” de amigos/correctores, constituída pela Elisabete Jesus, Maria João Marques, Helena Bacalhau, tio Correia, José Neves, João Luís Nabo e Henrique Caetano a qual exerceu de forma eficaz e em simultâneo ambas as funções: colaboraram na afinação do texto e cimentaram a nossa amizade.
- Aos professores participantes, quer aos entrevistados que se disponibilizaram a discutir um assunto que por vezes se revelou difícil e até desconfortável, quer aos que abriram as portas das suas aulas, fornecendo “matéria-prima” para o enriquecimento do estudo empírico.
- À mãe, Beló e amigos, verdadeira equipa de bastidores, infra-estrutura daquilo que somos e, conseqüentemente, do trabalho que aqui se lavrou.



*À gente que me atura e me disfruta,  
que neles sou e em mim estão.  
À família e aos amigos.*

## RESUMO

A história e a filosofia contemporânea das ciências veiculam uma imagem profunda e complexa acerca da natureza da ciência, relevando o seu carácter mais humano e dinâmico, desmistificando a objectividade e a unicidade da metodologia científica e reconhecendo, ainda, as interfaces com outros saberes e as inúmeras interacções que a ciência estabelece com a sociedade.

Esta imagem está associada um novo quadro epistemológico acerca do empreendimento científico, o qual, por sua vez, deverá ter correlativas implicações pedagógicas e curriculares para a educação em ciências.

Partindo do princípio, hoje incontornável, que o professor constitui um elemento crucial na implementação de qualquer inovação ou reforma educativa, considerou-se pertinente explorar as concepções e imagens sobre a natureza da ciência que os professores de ciências físico-químicas detêm (primeira parte do estudo empírico), assim como conhecer a imagem de ciência que estes difundem nas suas aulas (segunda parte do estudo empírico).

A clarificação e compreensão da problemática antes configurada constituíram, precisamente, a grande finalidade do presente estudo.

Com vista a alcançar os objectivos propostos, recorreu-se, na primeira parte do estudo, à realização de entrevistas que, ao fazerem emergir os significados e entendimentos pessoais dos professores, assumiram uma orientação fortemente qualitativa, orientação partilhada também pela segunda parte do estudo, onde se procedeu à observação de algumas aulas, utilizando uma grelha adequada.

No que diz respeito a resultados e conclusões, estes parecem apontar para a manifestação de uma visão empírico-indutiva da produção científica, a prevalência do mito do “método científico” e o estatuto superior do conhecimento científico face a outros saberes, assim como a falta de reflexão e de formação sobre a *natureza da ciência*. Esta última evidência é particularmente marcante na prática lectiva dos professores, na medida em que, a natureza da ciência é um tema quase sempre descurado, sendo, por isso mesmo, frequentemente difundida uma imagem pobre e displicente da ciência.

## **EXPRESSÕES-CHAVE**

História e filosofia contemporânea das ciências; natureza da ciência; epistemologia; constructivismo, concepções e imagens de ciência, formação de professores, constructos.

## ABSTRACT

Contemporary history and philosophy of science convey a profound and complex image of the nature of science, showing its human and dynamic features, promoting the demystification of the scientific objectivity and uniqueness of scientific methodology, acknowledging the interfaces with other fields of knowledge and its countless interactions with society.

This image is related to a totally new epistemological view on the undertaking of scientific knowledge which should, in turn, have correlated pedagogical implications on the working up of guidances, competence and plans concerning the curricula, which may give some consistency to education in science.

Having in mind that the teacher is, indeed, a crucial element for the implementation of any innovations whatsoever, in the fields of educational reform, we considered that it would be relevant to explore the conceptions and images of the nature of science kept by physics and chemistry teachers (brought forward in the first part of the empirical study), and also get to know the image of science widespread by them in the classroom (second part of the empirical study).

After the results and conclusions, the present study tries to give its contribution to a wider clarification and a deeper understanding of the matter, as it is inserted in the same line of investigation.

So as to achieve our goal, we used in the first part of the study a free interview which assumes a strongly qualitative guidance, as it exposes the meanings of science and teachers' personal knowledge on the matter. This guidance is also used in the second part of the study where some classes were observed, making use of a special grid, conceived for that purpose.

As a result of our study, and about teachers' conceptions, it seems to show an empirical inductive vision of scientific production, the prevalence of the myth of "*the scientific method*" and the upper recognition of scientific knowledge compared to other fields of knowledge, and the lack of reflection as well as the lack of training on *the nature of science*. This last point becomes decisive in the academic practice of teachers, exactly

where the nature of science is almost always a very neglected issue. A poor and disregarded image of science has been spread instead.

## **KEY-EXPRESSIONS**

Contemporary history and philosophy of science; nature of science; epistemology; constructivism; conceptions and images of science; teachers training; constructs.

## ÍNDICE GERAL

<b>ÍNDICE DE QUADROS.....</b>	xiv
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	1
<b>CAPÍTULO I.....</b>	8
<b>A HISTÓRIA E A FILOSOFIA CONTEMPORÂNEA DAS CIÊNCIAS: AS NOVAS GARANTIAS EPISTEMOLÓGICAS.....</b>	9
<b>UMA METODOLOGIA MULTIFACETADA NAS CIÊNCIAS FÍSICO-NATURAIS...</b>	10
<b>A INVENÇÃO DA REALIDADE PELA DESCOBERTA DA REALIDADE.....</b>	14
<b>A NATUREZA COMPLEXA DO PROGRESSO CIENTÍFICO .....</b>	19
<b>CAPÍTULO II.....</b>	27
<b>INTERPENETRABILIDADE DA EPISTEMOLOGIA CONTEMPORÂ- NEA E DA PSICOLOGIA COGNITIVISTA-CONSTRUTIVISTA.....</b>	28
<b>A EXTENSÃO DAS GARANTIAS EPISTEMOLÓGICAS AO CAMPO DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS.....</b>	29
<b>CONHECIMENTO ESPONTÂNEO E CONHECIMENTO CIENTÍFICO: RUPTURA, COEXISTÊNCIA OU SIMBIOSE ?.....</b>	34
<b>A ruptura epistemológica como fulcro do desenvolvimento científico e conceptual do indivíduo.....</b>	34
<b>O continuísmo reclamado pela epistemologia genética.....</b>	37
<b>Psicogênese e história das ciências.....</b>	38
<b>O desenvolvimento conceptual construído na dialéctica de ambos os conhecimentos.....</b>	40
<b>A NATUREZA CONTRA-INTUITIVA DA MECÂNICA CLÁSSICA: SUA EVIDÊNCIA EPISTEMOLÓGICA E CORRESPONDENTE REFLEXO NO SEU ENSINO E APRENDIZAGEM.....</b>	43
<b>CAPÍTULO III.....</b>	47
<b>DO ESTATUTO EPISTEMOLÓGICO AO ESTATUTO CURRICULAR.....</b>	48
<b>“APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA”- TENDÊNCIA REDUTORA DA CIÊNCIA E DO ENSINO DAS CIÊNCIAS.....</b>	50

<b>ADMIRÁVEIS MUNDOS NOVOS: A IDEALIZAÇÃO EM CIÊNCIAS COMO PROMOTORA DA CRIATIVIDADE NO ENSINO DAS CIÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>
<b>A INVESTIGAÇÃO COMO “DENOMINADOR-COMUM” DAS PRÁTICAS EDUCATIVAS.....</b>	<b>54</b>
<b>ASPECTOS SOCIAIS E TECNOLÓGICOS DO EMPREENDIMENTO CIENTÍFICO: EM PROL DE UMA CONSCIÊNCIA E DE UMA CULTURA CIENTÍFICAS.....</b>	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>62</b>
<b>OS PROFESSORES: FULCRO NA DIFUSÃO DE UMA NOVA IMAGEM DE CIÊNCIA.....</b>	<b>63</b>
<b>CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA DOS PROFESSORES: ECOS DE UM REDUACIONISMO CONCEPTUAL E METODOLÓGICO NA ABORDAGEM DAS CIÊNCIAS?.....</b>	<b>65</b>
<b>ANOS 60 E 70: CRITICISMO FACE À DIVULGAÇÃO DE UMA IMAGEM DE CIÊNCIA SIMPLISTA E DISTORCIDA.....</b>	<b>66</b>
<b>O professor à margem dos projectos didácticos elaborados.....</b>	<b>68</b>
<b>Um conhecimento docente desgastado perante a “nova” história e filosofia das ciências.....</b>	<b>69</b>
<b>A CULTURA CIENTÍFICA – A ESCOLA COMO REFLEXO DA SOCIEDADE.....</b>	<b>70</b>
<b>A reprodução cíclica confirmada: professores e alunos imersos na mesma noção desvirtuada de ciência.....</b>	<b>70</b>
<b>A escola inserida num caldo cultural que veicula o estereótipo de ciência.....</b>	<b>73</b>
<b>TENTATIVA DE CLARIFICAÇÃO DAS CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA DETIDAS PELOS PROFESSORES – O PRIMEIRO SINAL DA COMPLEXIDADE DESTE TEMA.....</b>	<b>76</b>
<b>Uma ciência positiva- indutiva: imagem ultrapassada ou sobrevivente?.....</b>	<b>76</b>
<i>A vertente empírico-indutiva como principal obreira no empreendimento científico.....</i>	<b>76</b>
<i>Estatuto epistemológico superior do conhecimento científico.....</i>	<b>77</b>
<i>A diversidade na relação: constructos científicos e realidade.....</i>	<b>78</b>
<b>A evidência de concepções de ciência de cariz contemporâneo.....</b>	<b>79</b>
<b>O AMORFISMO DECORRENTE DO TRATAMENTO DE UMA IMAGEM ESTÁTICA, AHISTÓRICA E APROBLEMÁTICA DE CIÊNCIA.....</b>	<b>81</b>

UM DESEMPENHO DOCENTE DESPRETENSIVO – REFLEXO DO AMORFISMO DAS CONCEPÇÕES E CONVICÇÕES FACE À CIÊNCIA.....	84
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>89</b>
<b>A HISTÓRIA E A FILOSOFIA CONTEMPORÂNEA DAS CIÊNCIAS – – ESTABELECIMENTO DE INTERFACES COM DIVERSAS FORMAS DO CONHECIMENTO DOCENTE.....</b>	<b>90</b>
<b>A FORMAÇÃO CIENTÍFICA: CONTRIBUTO IMEDIATO DA HISTÓRIA E DA FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS.....</b>	<b>90</b>
<b>CONTRIBUTOS PARA A FUNDAMENTAÇÃO DE DIRECTRIZES EPISTEMOLÓGICAS FACE AO ENSINO E APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS.....</b>	<b>93</b>
<b>O CONHECIMENTO HOLÍSTICO E DINÂMICO ATINGIDO NO SEU ÂMAGO: AUXÍLIO NA CONFLUÊNCIA DA TEORIA E PRÁTICA DOCENTES .....</b>	<b>97</b>
<b>AO ENCONTRO DE DIRECTRIZES PARA A FORMAÇÃO DOCENTE.....</b>	<b>99</b>
<b>O contacto com cenários de ciência: caminho privilegiado na formação de docentes.....</b>	<b>101</b>
<b>O confronto com as suas concepções, crenças e práticas lectivas: em busca da acção educativa coerente.....</b>	<b>103</b>
<b>Cumplicidades com uma formação reflexiva de professores.....</b>	<b>105</b>
<i>A dinamização de dispositivos de investigação-acção e investigação - formação.....</i>	<i>106</i>
<b>Uma formação contínua assente no desenvolvimento pessoal e profissional do professor.....</b>	<b>107</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>109</b>
<b>O CONTRIBUTO DA INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA – UM REFORÇO IMPRESCINDÍVEL .....</b>	<b>110</b>
<b>A PREMÊNIA DA REORIENTAÇÃO METODOLÓGICA: FINS E MEIOS INDISSOCIADOS.....</b>	<b>112</b>
<b>Alguma limitação evidenciada pela investigação de orientação quantitativa.....</b>	<b>112</b>
<b>O redimensionamento da investigação: os fins justificam novos meios.....</b>	<b>115</b>
<b>A PERTINÊNCIA DE UMA METODOLOGIA QUALITATIVA DE ORIENTAÇÃO KELLIANA.....</b>	<b>117</b>
<b>ASPECTOS ORGÂNICOS DO ESTUDO EMPÍRICO.....</b>	<b>120</b>



<b>Parte I – Estudo descritivo das concepções de ciência dos professores</b> .....	121
<i>Extracção de constructos</i> .....	123
<i>Graduação (laddering) de constructos</i> .....	128
<i>Crítérios de escolha dos entrevistados</i> .....	133
<b>Parte II – Caracterização das aulas de mecânica do 11º ano quanto aos aspectos da natureza da ciência empregues</b> .....	134
<i>Construção da grelha de observação</i> .....	135
<i>Temas curriculares supervisionados</i> .....	136
<i>Escolha de professores participantes</i> .....	136
<b>CAPÍTULO VII</b> .....	137
<b>SISTEMATIZAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS</b> .....	138
<b>PARTE I – ESTUDO DESCRITIVO DAS CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA DOS PROFESSORES</b> .....	138
<b>Constructos significativos para a compreensão das concepções de ciência</b> .....	138
<i>As relações entre ciências e outros saberes</i> .....	138
• Ciências / Religião.....	139
• Ciências / Artes.....	140
• Ciências / Filosofia.....	142
• Ciências / Astrologia.....	143
• Ciências / Psicologia, História, Sociologia e Geografia.....	144
<i>As ciências perante si e perante os outros saberes – síntese de características</i> .....	145
• A exclusividade das características científicas quanto ao objecto, meio e produto.....	145
<i>As ciências perante outros saberes – sobretudo o distanciamento, por vezes a intimidade</i> .....	148
<i>Considerações acerca da formação em história e em filosofia das ciências</i> .....	149
<i>Considerações acerca da educação em ciências</i> .....	151
<b>PARTE II – CARACTERIZAÇÃO DAS AULAS DE MECÂNICA QUANTO AOS ELEMENTOS DA NATUREZA DA CIÊNCIA ABORDADOS</b> .....	153
<b>Professor C</b> .....	154
<b>Professor D</b> .....	156

---

Professor E.....	158
Professor F.....	160
<b>CAPÍTULO VIII.....</b>	<b>165</b>
<b>DISCUSSÃO DE RESULTADOS E CONCLUSÕES.....</b>	<b>166</b>
<b>PARTE I – ESTUDO DESCRITIVO DAS CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA DOS PROFESSORES.....</b>	<b>166</b>
A vertente empírico-indutiva como principal obreira na construção científica.....	167
O “método científico” – elemento paradigmático do mito científico (o mito prevalece).....	168
Estatuto epistemológico superior do conhecimento científico.....	168
Concepções contemporâneas de ciência: tímida evidência.....	170
Défice de reflexão e formação neste tema – evidência transversal neste estudo.....	171
<b>PARTE II – CARACTERIZAÇÃO DAS AULAS DE MECÂNICA QUANTO AOS ELEMENTOS DA NATUREZA DA CIÊNCIA ABORDADOS.....</b>	<b>175</b>
A prática lectiva como reflexo das carências de formação e do conhecimento docente acerca da natureza da ciência.....	177
Configuração actual da educação em ciências: entrave à implementação deste tema.....	179
Implicações para a investigação futura.....	180
<b>ANEXOS.....</b>	<b>182</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>238</b>

## INDICE DE QUADROS

Quadro 1. Lista de áreas de conhecimentos utilizada na extracção de constructos relativos à natureza da ciência.....	124
Quadro 2. Informação resultante da tarefa solicitada ao professor A.....	126
Quadro 3. Esboços de constructos obtidos para o professor A e para o professor B.....	128
Quadro 4. Esquematização da graduação de constructos (exemplo 1).....	131
Quadro 5. Esquematização da graduação de constructos (exemplo 2).....	132
Quadro 6. Distribuição dos professores entrevistados por escalões de idade.....	133
Quadro 7. Resumo de critérios utilizados na contraposição entre Ciências e Psicologia, História, Sociologia e Geografia.....	144
Quadro 8. Síntese de elementos observados nas aulas do professor C.....	154
Quadro 9. Síntese de elementos observados nas aulas do professor D.....	156
Quadro 10. Síntese de elementos observados nas aulas do professor E.....	158
Quadro 11. Síntese de elementos observados nas aulas do professor F.....	160

# **INTRODUÇÃO**

Desencadeou-se, na alvorada deste século, emergindo do campo da física, uma profusa e profunda revolução, encabeçada, nomeadamente, por Einstein, Planck, Bohr, Heisenberg, à imagem do que Copérnico, Galileu e Newton, entre outros, tinham protagonizado no Renascimento e na era moderna. Dois novos paradigmas científicos (quântico e relativista) passam a dominar, na mesma medida em que competem entre si. O desenfreado desenvolvimento das ciências ao longo do século XX a eles se deve, sendo também um sinal dos tempos que correm, dos tempos que a própria ciência ajudou, criando a máquina, adoptada por uma sociedade que, primeiramente, se tornou industrial e, posteriormente, tecnológica, irremediavelmente entregue às mãos da mudança dos seus padrões convencionais, questionando valores e tradições, num permanente turbilhão desorientador, no qual a própria educação aparece também mergulhada.

É nesta conjuntura que procuramos intervir com este trabalho, remetendo-nos, tal intenção, de imediato para a grande questão que se coloca: *de que forma a história da ciência do passado pode contribuir para uma educação em ciências actual e futura?*

Recuperemos aqui um pouco a perspectiva do velho ancião que, pela experiência e sabedoria acumuladas ao longo de uma vida repleta, vê conferida a capacidade de realizar um conselho sagaz e providente, e que, por isso, sempre teve considerável peso nas decisões que se colocavam à tribo ou ao povo da aldeia.

As ciências<sup>1</sup> constituem uma velha anciã. Pelos mesmos motivos, o seu longo historial não deverá estar arredado da educação que procuramos facultar

---

<sup>1</sup> Na era moderna o conhecimento científico avançou para a especialização. No plano físico-natural, e sob alçada da matriz positivista que lhes consagrou o estatuto científico, diversas disciplinas despontaram. Nesta crescente multiplicidade de disciplinas científicas, pretende-se um conhecimento tanto mais rigoroso quanto mais restrito for o objecto sobre o qual incide. Configurando-se o conhecimento científico como disciplinar, este tende a ser disciplinado, sendo vigiadas as fronteiras entre as ciências e, reprimidos eventualmente, os que as pretendam transpor (Santos, 1997).

Por outro lado, no plano das ciências sociais o seu percurso foi distinto. Primeiramente subjugadas ao paradigma de cientificidade dominante que forçou o tratamento dos fenómenos sociais como naturais, tais ciências surgem renascidas através da reivindicação de um estatuto epistemológico e metodológico próprios, o que lhes possibilitou evocar um “conhecimento intersubjectivo, descritivo e compreensivo, ao invés de um conhecimento objectivo, explicativo e nomotético” (Santos, 1997, p. 22).

aos adolescentes e aos jovens de hoje. Neste entendimento, consideramo-lo um valioso trunfo que deverá ser colocado ao serviço de uma educação em ciências que se encontra fragilizada. Neste sentido, procuramos na própria empresa científica elementos que sirvam de inspiração e de orientação educativas, assim como, estratégias e propostas curriculares que fortaleçam o desenvolvimento didáctico na educação em ciências.

As repercussões das ciências da era moderna contagiam a filosofia das ciências que, neste século, ascende. Embora convivente com o “*neopositivismo*”, marca que, de um modo ou de outro sempre acompanhou as ciências, dele se demarca numa vertente epistemológica que defende o cepticismo, aclama a verdade mas não a certeza, desmistifica a objectividade e a metodologia, ao mesmo tempo que olha atentamente para o seu passado, ciente da vastíssima obra científica feita, mas reescrevendo-a ao sabor destes novos argumentos, vivificando o Homem da ciência e a ciência como obra da Humanidade. A

---

É pelo anteriormente exposto que, quando nos referimos à actividade científica no âmbito físico-natural, sentimos legitimidade para atendermos à pluralidade das suas disciplinas; daí falarmos em *ciências*. Pretendemos, deste modo, deixar bem clara a nossa posição epistemológica face a esta problemática, ao recorrer a esse conceito. No entanto, dado que a maioria dos autores referenciados utilizam, preferencialmente, o termo no singular (ciência), entendemos, sempre que recorremos ao seus trabalhos, proceder do mesmo modo.

Todavia, somos sensíveis à reflexão e discussão actuais sobre este tema, defendendo que, pela mão de uma perspectiva humanista, é possível a aproximação das ciências sociais e físico-naturais, evocando a pessoa, enquanto autor e sujeito do mundo, no centro do conhecimento. É também no âmbito desta asserção que, neste trabalho, nos referimos à “nova” filosofia das ciências, ou filosofia contemporânea das ciências.

Efectivamente, é hoje reconhecido o dilema básico em que o formato disciplinar das ciências caiu, uma vez que “o seu rigor aumenta na proporção directa da arbitrariedade com que espartilha o real” (Santos, 1997, p. 46), advindo daí consequências negativas, como as referidas por este autor: “a excessiva parcelarização e disciplinarização do saber científico faz do cientista um ignorante especializado” (p. 46).

No panorama pós-moderno, exige-se *solidariedade* entre disciplinas da actividade científica, valorizando-se as articulações entre si (Carrilho, 1994), descobrindo categorias de inteligibilidade globais que abatem as fronteiras em que as ciências da era moderna dividiram e encerraram a realidade (Santos, 1997).

Segundo Santos (1997), a fragmentação do conhecimento científico passará a ser temática e não disciplinar: “os temas são grandes galerias por onde os conhecimentos progridem ao encontro uns dos outros” (p.47) . Na mesma linha encontramos na introdução do famoso livro *Duas culturas*, de C.P. Snow, referência à nova cartografia das ciências onde, “em vez dos antigos impérios ostensivamente seguros de si” proliferam as disciplinas científicas como “um número muito maior de pequenos estados”, sendo caracterizados os seus intercâmbios como “redes de alianças e de comunicação (...) entrecruzando-se em termos complexos e surpreendentes” (Snow, 1996, p. 40).

Tal solidariedade procura-se também num plano mais alargado, ou seja, na anulação da distinção dicotómica entre ciências naturais e ciências sociais. Liberta-se a racionalidade, tradicionalmente aprisionada à matriz positivista, para a poder encontrar noutras manifestações da actividade humana (Carrilho, 1994).

Aliás, é numa das interfaces possíveis entre ciências que a didáctica, particularmente a didáctica das ciências, se desenvolve, sendo também da solidariedade entre saberes científicos que este trabalho sobrevive.

filosofia das ciências procura uma compreensão mais profunda e lúcida da natureza e dos trâmites do desenvolvimento do conhecimento científico, mas de uma forma ampla e aberta, avançando considerações, quer acerca do seu âmago, quer das suas interfaces com outros saberes, consciente das múltiplas dicotomias que as ciências estabeleceram com a sociedade. Acentua-se, desta forma, o cariz multifacetado do empreendimento científico, o que não é de estranhar, se atendermos ao estilo peculiar do cientista que o realizou, aos trâmites institucionais que o coagiam ou, ainda, à ampla conjuntura social que nessa altura vigorava.

Fomenta-se, antes, uma visão que, na verdade, veicula entendimentos *ontológicos* pluridimensionais da natureza científica e que, na sua síntese, constituem o primeiro capítulo deste trabalho.

Num segundo capítulo, procede-se à discussão do conhecimento científico, configurado nos *pressupostos epistemológicos* que a filosofia das ciências assume e a sua história testemunha. Contudo, e já em terreno educativo, a discussão é aberta a epistemólogos e psicólogos, uma vez que, quer o campo científico-filosófico, quer o campo da psicologia, comungam da reflexão acerca da construção do saber e da evolução do pensamento. É desta forma que assumimos a confluência entre estes dois campos epistemológicos, para que, posteriormente, a mesma providencie directrizes a este nível para a educação em ciências.

A procura de novas sinergias entre estes dois campos não invalida que, a dada altura, se faça a análise e crítica de alguns dos modelos didácticos que aí tiveram sustento. O desenvolvimento deste capítulo permite colocar-nos em sintonia com as novas tendências pedagógicas, nas quais a epistemologia tem um estatuto privilegiado, e onde ensinar e aprender ciências se torna num acto expectante da confluência destes dois campos epistemológicos.

No capítulo seguinte, apresentamos algumas *estratégias curriculares e posturas educativas*, sintonizadas pelas temáticas primeiramente abordadas, procurando contribuir para a construção de uma educação que se “transfigure” numa cultura e consciência científicas.

Finalmente, não poderíamos deixar de abordar o outro sujeito educativo - o professor -, procurando aqui tomar o pulso da perspectiva de ciência que este, explícita ou implicitamente, detém, assim como, caracterizar as estratégias e actividades lectivas que certamente condicionam a percepção e concepção de ciência dos alunos. Procede-se então ao desenvolvimento destes dois temas, neste último capítulo da componente teórica, assim se estabelecendo a ponte para a problemática a ser estudada na componente empírica.

Respeitando uma sequência cronológica, é apresentada, numa boa parte deste capítulo, uma compilação representativa dos estudos que se debruçaram sobre as concepções de ciência dos professores. Após estudos pioneiros que revelaram, de forma alarmante, a desactualização e distorção de tais concepções, outros se lhes seguiram evidenciando que, na mente dos professores, tais elementos classificados como desactualizados ou mitificados convivem, por vezes, com aspectos actualizados e veiculados pela história e pela filosofia contemporânea das ciências. A incoerência, a falta de formação e de reflexão emergem, reforçando a heterogeneidade de resultados e de estudos, o que muito contribuiu para a complexificação da análise e discussão que em torno deste tema se estabeleceram.

Quanto aos estudos que se dedicam à imagem de ciência de alguma forma veiculada nas aulas, as conclusões apontam, de forma consensual, para a escassez, na abordagem explícita, de aspectos relativos à natureza da ciência e, conseqüentemente, para a difusão de uma imagem pálida (displícite) e bastante incompleta acerca do empreendimento científico.

Destacados os temas que compõem, respectivamente, a primeira e a segunda partes da problemática em estudo – *concepções acerca da natureza da ciência e caracterização das aulas de mecânica quanto aos elementos abordados, relativamente à natureza da ciência*, passamos, no capítulo seguinte, à componente empírica do trabalho. Neste último capítulo, procede-se à apresentação do fundamento teórico que serviu de base a este estudo, bem como da estrutura a que o mesmo obedeceu.



Relativamente à primeira parte do estudo, começamos por relembrar a recente investigação neste âmbito, na qual se evidenciam o *amorfismo* e o carácter heterogéneo de tais concepções, onde, por vezes, se encontram incrustados alguns aspectos mitificados e estereotipados das ciências. Tal perfil de concepções apagou-nos qualquer expectativa de proceder a uma caracterização fácil, inequívoca e linear das mesmas. Por outro lado, não é possível ocultar uma certa variabilidade de resultados e conclusões, o que, no entender de alguns autores, resulta da discrepância metodológica (onde se reconhece a existência de alguma desadequação) que tem caracterizado estas investigações.

É face a esta conjuntura que nos precavemos na procura de uma metodologia que, perante indícios de alguma neblina e complexificação do tema em estudo, fosse capaz de contribuir para a sua clarificação.

Deste modo, na primeira parte da investigação empírica, optámos por uma orientação mais qualitativa, a qual acaba por se traduzir numa nova forma de aceder à exploração das concepções. Procurou-se, através do testemunho genuíno dos professores, isto é, numa entrevista induzida pela comparação das ciências com outros saberes, aferir a qualidade dessas mesmas concepções. Ao entrevistado, coube a livre escolha de empreender essa relação, podendo a mesma ir desde a complementaridade até à confrontação.

Interessou-nos, sobretudo, alcançar essa qualidade, em detrimento da quantidade de testemunhos. Como tal, a técnica de investigação de que nos munimos, tendo a sua fundamentação teórica assente nos pressupostos da teoria *kelliana*, denotou capacidade, não só para explorar num plano profundo, aspectos implícitos e não consciencializados acerca da natureza das ciências, como também para encontrar alguma incoerência e falta de reflexão sobre o tema em questão.

Porventura, esta capacidade constituirá uma mais-valia, se atendermos que assimila os resultados e as dificuldades que a investigação recente tem apresentado.

Quanto à segunda parte deste estudo empírico, e constituindo, deliberadamente, a fase mais secundária deste trabalho, apresenta como tarefa a caracterização das aulas de mecânica (tema debatido nas aulas de física do 11º ano do ensino secundário).

Ao contrário da primeira parte, verifica-se, neste tema, uma considerável uniformidade das evidências recolhidas a partir da investigação que a ele se dedicou. No nosso entender, tal facto confere menor pertinência ao seu estudo, tendo determinado que lhe fosse atribuído menor investimento e, conseqüentemente, menor dimensão.

Os capítulos posteriores correspondem à sequencia lógica de um trabalho desta índole, ou seja, à apresentação e sistematização dos resultados empíricos e, por último, à discussão desses mesmos resultados e apresentação de conclusões.

## CAPÍTULO I

*“... a Ciência é o Homem, a sua História, a sua Filosofia, a sua Técnica, escrever sobre a Ciência é ainda, encontrar relações e progressos: a Ciência e a História, a Ciência e a Filosofia, a Ciência e a Técnica, a Ciência e a Sociedade.”*

*- Raquel Gonçalves , 1991*

## A HISTÓRIA E A FILOSOFIA CONTEMPORÂNEA DAS CIÊNCIAS: AS NOVAS GARANTIAS EPISTEMOLÓGICAS

Segundo Santos (1991), a valorização da vertente epistemológica coincide com a mudança da ênfase em perspectivas empiristas para perspectivas racionalistas, com estas últimas a constituir-se como asserção fulcral para a compreensão da ciência contemporânea. Constituirão ambas objecto da análise que passaremos a desenvolver de imediato, resultando daí orientações para a educação em ciências, às quais nos dedicaremos no próximo capítulo.

Em consequência dos conhecimentos científicos desenvolvidas por Planck, Einstein, Bohr, Heisenberg, entre outros, um novo cenário científico se vislumbra e, apesar dos avanços científicos introduzidos, novas questões se levantam.

As repercussões são veiculadas na epistemologia dos autores que nos propomos referenciar, dos quais fazem parte, nomeadamente Kuhn, Popper, Lakatos, Feyerabend, Toulmin e Bachelard. A desdogmatização, a visão não estagnada e a relatividade da ciência constituem marcos referenciadores para um entendimento mais amplo e justo da ciência futura e passada (Gonçalves, 1991; Carrilho, 1994).

A nova concepção de ciência ganha projecção e simultaneamente ambiguidade, deixando de ser um repertório estruturado de verdades científicas. O critério de cientificidade do *corpus* teórico, na sua raiz racional, está aberto à crítica e ao reajuste, no sentido de se dotar de verdades cada vez mais inteligíveis, mas não de certezas. A lógica da descoberta de Popper colhe grande aceitação, na medida em que admite um sistema de falsificabilidade (refutabilidade empírica), cabendo ao cientista detectar os erros para depois os corrigir. Esta lógica de descoberta coexiste com as revoluções científicas de Kuhn, a que posteriormente nos dedicaremos.

A concepção de verdade ou certeza científica da ciência moderna cai assim por terra, tal como se apelida de mito qualquer postura metodológica que advogue um único “método científico”, fecundo e perene no tempo, suposta chave-mestra de que o cientista deve procurar dotar-se para aceder à descoberta científica.

## UMA METODOLOGIA MULTIFACETADA NAS CIÊNCIAS FÍSICO-NATURAIS

Segundo Abimbola (1983) e Buchdahl (1993), a linha empirista abarca aspectos indutivos e hipotético-dedutivos de um *positivismo* que já se mostrava renitente face ao absolutismo da verdade científica, ganhando esta uma nova roupagem com Popper, o qual defende um sistema de falsificação, revelando a ciência testável e, na mesma sequência, falsificável. Tal perspectiva remete a descoberta científica para a prova empírica, fiel à provação perante uma realidade objectiva.

Distancia-se contudo da indução de Bacon e, embora não abrindo mão da observação e do teste empírico como chave da lógica do empreendimento científico, reconhece todavia que a teoria e a actividade dedutivas impregnam quer a formulação de hipóteses quer a própria observação, campos em que a subjectividade, expressa na intuição e na imaginação do cientista, também tem lugar (Abimbola, 1983; Carrilho, 1994; Cawthron e Rowell, 1978; Gonçalves, 1991).

Embora os autores anteriormente referenciados reconheçam na obra de Popper sinais de um empirismo reformado ou moderno, ou a considerem como ponte de transição do *positivismo lógico* para a “nova” filosofia das ciências, valerá a pena conhecer aspectos da doutrina *positivista*, a qual desde o séc. XVII, tem sido assumida por diversos cientistas e filósofos, aliciados pelas suas faculdades mais tradicionais e pelos seus elementos mais característicos.

Desenvolvendo a ideia anteriormente exposta, no alicerce marcadamente empirista desta doutrina, a experiência é considerada como fonte de todo o conhecimento; o “facto científico” é o “dado”, independentemente da perspectiva científica que sobre ele se debruça, sendo a partir da sua quantificação e interpretação que o cientista terá sempre de desenvolver os seus raciocínios. É no sentido de preservar a idoneidade do “dado” que o empirismo elabora um receituário de regras precisas e rígidas – “método científico” –, por forma a garantir a fecundidade da sua mais preciosa etapa, a observação (Santos, 1991; Stinner, 1989).

Como contraponto a tal postura, surge-nos a perspectiva racionalista, a qual enfatiza o carácter *à priori* de considerações conceptuais, em detrimento dos factos experimentais observados.

Também o nascimento da física moderna está intimamente ligado à vertente conceptual e metafísica da actividade científica, sendo os princípios de conservação exemplos de empreendimentos formais gerados nesta postura (Buchdahl, 1993).

Como pressuposto fundamental do racionalismo, encontra-se a construção teórica enquanto geradora de “factos científicos”, qualitativamente distintos da observação e destacados da percepção mais imediata ou de conjecturas inerentes ao domínio dos sentidos. Este racionalismo advém da prática e da observação, mas ele próprio assume-se como orientador prévio desta última: “ a filosofia racionalista não é imediata nem natural” (Santos, 1991, p.39). Consequentemente, o racionalismo rebate toda a observação que se intitule neutra, imparcial ou objectiva, advogando antes que a expectativa e a intencionalidade são aspectos intrínsecos à sua realização (Santos, 1991).

A racionalidade do progresso científico não se reconhece na hegemonia de uma única postura, não assenta exclusivamente na lógica indutiva do modelo empirista que, numa viagem segura e controlada, visa atingir a teoria a partir da observação, nem se reconhece igualmente na pura dedução mental do cientista.

Como tal, a captação da essência do conhecimento científico não assenta pois numa metodologia específica (Stinner, 1990; Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989; Ray, 1991; Woolnough, 1991).

A racionalidade concretiza-se na diversidade empreendedora, na opção ponderada ou na busca selectiva de alternativas, algo que Toulmin (citado em Matthews, 1994b) entende da seguinte forma: “un home demostra la seva racionalitat, no per l'adhesió a idees fixes, procediments estereotipats o conceptes immutables, sinó per les maneres i les ocasions en què canvia aquestes idees, procediments i conceptes.” (p. 15). É nesta perspectiva que a diversidade metodológica da construção científica se revê.

Tal diversidade é registada por Buchdahl (1993) ao rotulá-la como “*estilos de pensamento científico*”. E embora os caracterize nas suas naturezas puras, para melhor os identificar e contrapor, sublinha que os mesmos não se encontram de uma forma hermética e depurada acorrentados à época ou ao cientista.

O empirismo e o racionalismo aparecem entrecruzados desde os primórdios da ciência; a polarização em torno de cada uma destas correntes resulta, muitas das vezes, da necessidade de destrinçamento, neste caso, de duas posturas metodológicas, para melhor compreender a complexidade da obra científica.

Para os partidários de uma ou outra corrente, a ideia aqui defendida poderá, porventura, parecer tão avassaladora quanto concisa, sendo também comungada por Hodson (1991), quando afirma: “There is no general agreement on what constitutes scientific method” (p. 24).

Teremos então que encarar uma metodologia ampla e flexível que, em determinado período ou relativamente ao trabalho de um cientista, teve as suas *nuances*, incidindo preferencialmente numa das correntes anteriormente referidas (Buchdahl, 1993). Como aliás reconhece Gonçalves (1991), tem sido na dialéctica (nem sempre pacífica) entre estas duas “verdades” metodológicas que a ciência tem evoluído.

Desde os primórdios da denominada ciência moderna que a competição verdadeiramente proveitosa entre estes dois extremos metodológicos tem sido evidente, ao ponto de a mesma se afigurar plena de complementaridade. Kuhn (1989) dedica-lhe uma longa reflexão, evidenciando a *tensão* entre as *ciências clássicas* (matemáticas) e as *ciências baconianas* (experimentais).

Na ciência moderna, o rigor da ciência passa a depender da sua coerência com a evidência da realidade física, aspecto este que surge de forma inédita em Galileu. Também com ele se inaugura a formulação de modelos abstractos que configuram a matematização como “linguagem da natureza”, linguagem esta com que, privilegiadamente, e no entender do grande cientista, a ciência se dirige aos fenómenos físicos. É aqui que reside a nova e revolucionária maneira de fazer ciência, possibilitando a formação apriorística de hipóteses e o teste de previsões matemáticas através da experiência. Segundo Arons (1991), este constitui mesmo o grande corte com a tradição, a ponto de nos permitir adjectivar de estado pré-científico, tanto o conhecimento medieval, como a cultura grega, na qual, por sua vez, aquele se alicerçava.

Reconhecendo a epistemologia contemporânea que a reconstrução histórica de um autor ou de uma época não é possível através de uma recapitulação imparcial e exaustiva, surge-nos, como exemplo, a interpretação histórica da obra de Galileu, que também nos parece ser elucidativa, face à riqueza metodológica que aqui defendemos.

Esta reconstrução histórica traduz-se num confronto entre as duas perspectivas metodológicas supramencionadas, o qual surge bem evidenciado na comparação dos trabalhos de dois autores tidos como especialistas no estudo da obra de Galileu: Alexandre Koyré e Stillman Drake. As imagens divergentes que ambos transmitem de Galileu são posteriormente referenciadas por outros autores como Cohen (1988), Lombardi (1997) e Winchester (1991). Koyré (1992) difunde uma ideia de Galileu como racionalista e platónico, herdeiro da engenharia de Arquimedes e de Leonardo da Vinci, que preconiza um universo mecânico, desenhado geometricamente por Deus, e cuja essência e estrutura são captáveis *à priori* através da matemática. A experimentação referida nas suas



obras é produzida apenas ao nível do pensamento, uma vez que a limitação dos instrumentos da época não permitia a extraordinária exactidão das mencionadas medições galilaicas.

A tese de Drake (1981), por sua vez, revitaliza a concepção do cientista-experimentador, meticuloso e paciente no procedimento, tendo por adjuvante de tal perspectiva o trabalho de historiadores e experimentadores que, na década de 60, se muniram de relógios de água, esferas de bronze e planos inclinados, com os quais reproduziram algumas das experiências que Galileu relatara (Lombardi, 1997).

Em suma, e fazendo uma reflexão que nos permita algum distanciamento, a falta de acordo quanto à definição de um traço metodológico para a ciência não deverá converter-se em desnorte ou frustração. Perante a impossibilidade de uma pretensa metodologia perene e universal, também não nos inclinamos para a descrição do fervor metodológico como anárquico. Como Carrilho (1994) sustenta, constitui preocupação da filosofia contemporânea das ciências a “descrição das características da actividade científica e da diversidade dos seus procedimentos” (p. 39). É também nesta linha de pensamento que se situa Hodson (1991), quando salienta que a própria ciência é profícua na expressão de uma miríade de pontos de partida, de empreendimentos e personalidades peculiares, imersos nos seus contextos sociais, políticos, económicos e culturais, e onde o próprio acaso ou “coincidência” marcam pontualmente as suas presenças.

## **A INVENÇÃO DA REALIDADE PELA DESCOBERTA DA REALIDADE**

Para os historiadores e filósofos contemporâneos das ciências, a par da adopção de uma metodologia multifacetada que desvanece a ideia de um “método científico” universal e perene, também se rebate a ideia de uma observação neutra, isenta de intencionalidade ou do enquadramento teórico que a

sustenta, assim como se renuncia à presumível formulação de verdades absolutas. Como Videira (1998a) elucida,

... a credibilidade dos dados observacionais e mesmo, em certa medida, a sua interpretação dependem da particular teoria aos quais eles estejam correlacionados: “*dados puros*” é coisa que não existe. (p. 17)

Embora a corrente empirista seja propensa à denominação do feito científico como “descoberta”, ideologicamente alicerçada numa visão objectiva do mundo, e ao qual acedemos pela aplicação derradeira da experimentação, tal corrente é contrariada por inúmeros exemplos em que a construção científica não se realizou nestes trâmites. A física atómica, por exemplo, torna-se, neste campo, embaraçosa face a tais ideias. A observação experimental, apenas acessível por meios tecnológicos potentes, interfere no próprio fenómeno, tornando incerta a fronteira entre observador e observado, o sujeito e o objecto. Nersessian (1991) sumariza o argumento base que aqui focamos, nos seguintes termos: “discovery is a bad way to characterize the process. Invention would provide a better characterization since scientific representations are constructed – they are made not stumbled or found” (p.145).

A evidência empírica deve ser discutida num plano mais aberto e, por conseguinte, mais humano, uma vez que também é fruto da expectativa, da inclinação e do prognóstico. Tal evidência não faz vergar a crença pessoal do indivíduo, embora tradicionalmente seja difundida como baluarte da imparcialidade e objectividade científicas. Como Níaz (1994) afirma, “una de las grandes fallas del positivismo es la idea que el conocimiento existe sin la interacción de um ser cognoscente” (p. 98). Settle (1991) reitera a contradição que sobre a pretensa objectividade da actividade científica recai, ao escrever, “empirical evidence...michievously hide the subjectivity of each person’s judgment of the weight of some evidence behind the seeming objectivity of disciplining his or her belief by proportioning it to that weight” (p. 231).

Por conseguinte, *a objectividade constitui uma aspiração e não uma propriedade*, na forma como a ciência se acerca do mundo. É um esforço deliberado, uma meta, mas que muitas vezes o cientista ou a comunidade científica atingem de uma forma ténue, através da sujeição da teoria face à experimentação, da crítica dos pares, ou ainda através do reforço de mecanismos de controlo e supervisão desse teste empírico, algo bem ilustrado nas seguintes palavras de Hodson (1991):

The objectivity of science is ensured not by requiring individuals to be free of personal preferences or interests, but by insisting that hypothesis are open to experimental testing and are made available for criticism by fellow practitioners. (p. 27)

Paradoxalmente, o afastamento resultante do crescente abstraccionismo do *corpus* teórico parece ser o caminho a percorrer para se descortinar os ínfimos e subtis fenómenos, aproximando esse *corpus* teórico da natureza. Deste abstraccionismo fazem parte axiomas, postulados e princípios que, pelo seu carácter convencional, nos obrigam de imediato a recusar o carácter absoluto das teorias que os incorporam (Videira, 1998a).

Compreender a física do século XVII é apreciar a importância do pensamento abstracto, configurado na análise matemática que possibilita, como anteriormente referimos, uma linguagem formal na qual se escreveram as teorias mecânicas de então, bem como se escrevem as teorias científicas de hoje.

São estes modelos matematizados que as ciências, e em particular a física, privilegiadamente utilizam para descrever o mundo e que, enquanto neles caibam os fenómenos e coisas naturais, são válidos, sendo apenas incompletos pelas coisas que não abarcam, isto é, tudo aquilo que não é físico. Consiste nisto a limitação de fundo da física – *o não totalitarismo do seu objecto de estudo*. Referindo-se à mecânica clássica, Settle (1991) afirma que dela fazem parte elementos físicos como os corpos materiais e que os campos físicos, para além de conotados como entidades abstractas, não nos permitem cair na pretensão de açambarcamento de toda a realidade, ainda que, posteriormente, se tenham

construído modelos mais extensos, uma vez que possuem um maior raio de acção sobre a realidade que pretendem alcançar.

No que respeita aos métodos de investigação e à instrumentação utilizados, estes, tal como sustenta Kuhn, fazem parte de um paradigma dominante. A descoberta científica está acorrentada à instrumentação que, por sua vez, é fabricada para determinado fim empírico, onde a intencionalidade, o propósito do cientista e o compromisso deste para com o paradigma vigente são situações consumadas. Neste sentido, a descoberta é ela própria arquitectada e inventada. Os factos científicos reportam-se a uma determinada teoria científica, transcrevendo o “seu” mundo, estando esta teoria na base da sua criação e da sua própria razão de ser (Buchdahl, 1993; Stinner, 1989).

Para o empreendimento formal incorrem, num primeiro plano, o cientista, a sua sensibilidade, inclinação e sua expectativa e, num plano mais abrangente, a conjuntura científica que faculta a sua criação. A este respeito afirma Cohen (1988):

A doutrina da transformação tende a fixar o momento do real em que a formação do cientista, a sua orientação filosófica, ou a perspectiva científica interactuam com os dados dos sentidos, de modo a fornecer uma espécie de base a partir da qual a ciência progride. (p. 239)

Apresentemos um exemplo que vai para além da identificação das circunstâncias instrumentais, metodológicas ou institucionais que moldam a produção científica, ao ponto de se encontrar omnipresente na sua invenção. Falamos da corrente filosófica que emergiu com a física do século XVII – o *mecanicismo* –, decorrendo este de uma física que assenta estavelmente nos princípios explicitados por Newton, a qual propicia um conhecimento límpido, determinista e detentor de uma capacidade de previsão poderosa (Watkins, 1990).

Nesta postura o mundo era visto como um mecanismo gigantesco, causal, e onde

... quer a gravitação e as outras forças que actuavam sobre os corpos fossem ou não a eles inerentes pela sua natureza ou pela vontade de Deus, quer, ainda, elas resultassem, segundo leis tão rigorosas como as leis do movimento, das propriedades induzidas no espaço pelos corpos nele existente. Tudo o que sucedia tinha a sua causa eficiente, total, completa, imediata. A grande máquina seguia um curso determinado. (Oppenheimer, 1962, p. 21)

Acerca da concepção de natureza que lhe é subjacente, Santos (1997) descreve-a como um “mundo estático e eterno a flutuar num espaço vazio, um mundo que o racionalismo cartesiano torna cognoscível por via da decomposição nos elementos que o constituem” (p. 17). A natureza é concebida como uma máquina, “no sentido literal e exacto do termo” (Collingwood, 1987, p. 11), impelida por um espírito inteligente que lhe é superior: o criador divino e senhor da natureza.

As leis da mecânica suportam-se na assunção de que o mundo material era estritamente regido por leis exactas, advindo daí o carácter causal das mesmas. Por outro lado, caberia à ciência, e nomeadamente à física, a missão privilegiada de as revelar (Settle, 1991). Segundo Collingwood (1981), essas “leis da natureza” são-lhe exteriormente impostas, constituindo o garante da regularidade dos fenómenos.

Com Descartes, o espírito está para além da natureza, transcendendo-a e encontrando-se em Deus. O vasto legado da sua obra reparte-se não só pelo contributo que fornece à mecânica e à própria corrente mecanicista, mas também por introduzir uma nova concepção humana de espírito e de mente, condições epistemológicas para a criação das dicotomias Deus/natureza e espírito/corpo, assumindo-se estas como pilares da sua teoria metafísica (Collingwood, 1981).

O estabelecimento de dicotomias, como as de natural/artificial, vivo/inanimado, subjectivo/objectivo, observador/observado, colectivo/individual, animal/pessoa, natureza/cultura ou empirismo/racionalismo, permitiu um

progressivo alargamento a outros conceitos e perspectivas (Collingwood, 1981; Santos, 1997), dicotomias estas, assimiladas por um positivismo poderoso que se empreendeu a partir do séc. XVII.

Oppenheimer (1962) acrescenta ainda que a crença dominante de que toda a natureza podia reduzir-se à mecânica, à máquina gigante, extravasou para outros domínios, como a química, a psicologia e a política. Por seu turno, Kuhn (1989, 1998) salienta o ascendente que a *filosofia mecânica corpuscular* detinha sobre os novos estudos científicos, como é o caso da electricidade. Tal crença reflecte o poder ilimitado conferido à razão humana no desvendar dos segredos da natureza (Santos, 1997; Watkins, 1990).

Esta corrente filosófica é alvo de fortes críticas por parte dos membros do Círculo de Viena (onde Ernst Mach constituía uma referência), que reagem veementemente face à emanção de entidades metafísicas, das quais, em seu entender, a mecânica newtoniana estava pejada (Carrilho, 1994; Mach, 1919; Níaz, 1994). Neste particular, Mach (1919) considera que o *mecanicismo* acarreta uma concepção artificial e, por isso, precária da natureza.

Por conseguinte, é possível encontrar inúmeras *conotações metafísicas e estéticas emanadas das proposições científicas*. Quanto a estas conotações, Arons (1991) e Woolnough (1991) sublinham a relevância de critérios estéticos de elegância, simplicidade e coerência. É aliás sob orientação destes critérios que Euler e Lagrange, no século XVIII, Hamilton, Jacobi e Hertz, no século XIX, procuram acrescentar melhorias na mecânica newtoniana (Kuhn, 1989).

A análise de tais conotações permite-nos evidenciar as ciências no seu papel mais criativo, estando as mesmas indissociadas da representação científica de uma realidade segundo um determinado ponto de vista. De acrescentar que, tanto a versão “estilística” de Buchdahl como a “paradigmática” de Kuhn retratam essa indissociação.

É o caso do *princípio da acção mínima* que, traduzindo as máximas de simplicidade e de economia sob as quais a natureza se manifesta, ideia residente nos pensadores da Grécia Antiga, toma a forma da “lei da parcimónia” na física

medieval, encontrando ainda seguidores como Galileu e Newton (Buchdahl, 1993; Cohen, 1988; Stinner, 1990).

Outra noção poderosa e indissociável de conotações estéticas e de harmonia, que surge na física newtoniana e actual, é a de *simetria*. Esta resulta da acção das quatro forças fundamentais: gravitacional, electromagnética e nuclear (forte e fraca) que, segundo Stinner (1990), permitem deduzir princípios de conservação com forte poder de previsão. Debruçando-se sobre tais princípios, Buchdahl (1993) caracteriza-os como exemplos de máximas reguladoras que se fundamentam no profundo pressuposto de condensação da multiplicidade de fenómenos e numa acção comum que os perpassa, como é o caso do princípio de conservação da energia.

Exemplos contemporâneos dessas valorações estéticas encontram-se nas tentativas de unificação de diferentes campos da física.

Por último, refira-se a evocação teológica e divina que é possível encontrar na obra científica desde a Grécia Antiga até aos cientistas da era moderna, como Galileu, Newton, Leibniz ou Berkeley. A acção divina é responsável pela concepção da natureza como um todo harmonioso, cuja sistematização e beleza, apenas captadas pela física, se devem à obra arquitectónica do “Criador”, pela qual lhe é prestada merecida reverência. (Buchdahl, 1993, Woolnough, 1991).

Parece, assim, ter ficado bem patente que a verdade científica, matematicamente codificada, ao sustentar-se deliberadamente num plano idealizado, discutivelmente metafísico, e recorrendo por vezes à intervenção divina, não poderá ser equivalente à própria natureza. A ciência moderna viabiliza e comunga desta não equivalência, substituído-a por uma correspondência (Glaserfeld, 1991) – a *realidade científica é paralela à realidade dos fenómenos*.

Há que advertir que o destrinçamento de ambas as realidades não é feito no intuito de as incompatibilizar, ainda que a relação entre ambas seja hasteada de modo oposto pelas vertentes metodológicas aqui abordadas (empirista ou

racionalista), reclamando cada uma à sua maneira, o seu quinhão na produção científica. Tal como elucidámos na discussão metodológica, estamos cientes da sua cumplicidade e da sua dialéctica, as quais na verdade se retratam no entrecruzamento das duas vertentes metodológicas que as suportam. Sem dúvida que aqui está em jogo a análise da teoria e da prática científicas.

Onde outros estabeleceram barreiras e alimentaram o confronto, nós encontramos diversidade e complementaridade, estando desta forma em sintonia com Feyerabend (citado em Hodson, 1991) que esbate o fosso que se cava entre entidades observadas e entidades teóricas. Segundo o autor, estas apenas se distinguem no plano pragmático. Há uma cumplicidade não pejorativa e uma coerência entre observação e teoria.

Por outro lado, e segundo Settle (1991), a vertente idealizada das teorias científicas apenas lhes permite aspirar a serem uma boa aproximação, sem constituírem, por isso, a verdade absoluta. Desta forma, salvaguarda-se o avanço científico, tolerando apenas verdades temporárias e relativas que, por mais perspicazes e abrangentes que se tornem, não se libertam da sua frágil e provisória relação com a natureza dos fenómenos, resistindo até que novos fenómenos as façam implodir ou desmembrar (Glaserfeld, 1991).

## **A NATUREZA COMPLEXA DO PROGRESSO CIENTÍFICO**

Segundo Toulmin (citado em Matthews, 1994b), a racionalidade do desenvolvimento científico é sustentada no pressuposto de que as teorias são susceptíveis de crítica e reformulação. Como havíamos anteriormente referenciado, este autor defende que a racionalidade se encontra na busca selectiva de alternativas, sendo a verdade absoluta ou a certeza apenas atingíveis na sua constante procura. Toulmin tenta também explicar o progresso do conhecimento científico, tendo em conta o contexto social em que este está imerso (Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989).



De grande projecção no campo da história e natureza da ciência, encontra-se também a obra de T. S. Kuhn, nomeadamente o livro *The structure of scientific revolutions*. Relevando, como Toulmin, a influência dos contextos sociais no desenvolvimento da ciência, valerá a pena determo-nos um pouco sobre a sua obra, onde o autor introduz o conceito de “*paradigma*”, assim como dos períodos de “*ciência normal*” e de “*ciência extraordinária*” que se revezam na vida da própria ciência.

A opção por um dado “*paradigma*” impõe-se e orienta a comunidade científica nos seus períodos de “*ciência normal*”. Tal paradigma corresponde a uma “*matriz disciplinar*”, na qual a actualização e a extensão do conhecimento decorrem de um conjunto de proposições científicas estabelecidas. Estas proposições conferem uniformidade ao saber e à linguagem que circulam consensualmente no meio científico. Constituem o garante da prática de investigação, tanto na especificidade da sua metodologia e instrumentação utilizadas, como no condicionamento dos aspectos do mundo sobre os quais o cientista se debruça e nos tipos de interpretação que lhe são plausíveis. As conclusões daí retiradas (determinação de constantes e de leis quantitativas, por exemplo) retribuem reciprocamente a legitimidade e coerência do “*paradigma*” vigente, constituindo extensões e articulações do mesmo.

Os cientistas que não partilham do “*paradigma*” tacitamente aceite são marginalizados pela maioria da comunidade. E apenas em casos pontuais a sua tese persiste, ganhando sucessivamente alguns adeptos, até se instituir como escola ou “*paradigma*” alternativo. Para além disto, e/ou noutro cenário possível, ao quadro de referência dominante escapa-lhe a integração de uma descoberta, o seu fracasso e limitação levam à sua claudicação, gerando-se o debate agitado, em que ambas as escolas esgrimem argumentos, mas onde a realização notável do paradigma alternativo ganha projecção cada vez maior. Face a esta tese, comenta Carrilho (1988) que a crise é condição fundamental para o desabrochar de uma nova teoria.

Ainda numa outra nomenclatura classificativa, são categorizadas como “*pensamento divergente*” e “*pensamento convergente*” as duas grandes posturas

científicas que proporcionaram o conflito científico e que Kuhn (1989) denominou de *Tensão essencial*.

Desta forma, a “*ciência normal*” dá lugar à “*revolução científica*”, numa perspectiva de claro confronto com visões de crescimento linear e ordenado que, porventura, ainda persistam.

Ainda neste item, não podemos deixar de referenciar outros autores que, contribuindo com o seu pensamento e obra, permitem o enriquecimento do debate que ao seu redor se gera. Nele podemos inserir a metodologia do progresso científico criteriosamente definida por Popper, ou ainda, nesta linha de análise, a formulação de critérios racionais e normativos do desenvolvimento científico estipulados por Lakatos (1974). Este apresenta uma dinâmica de crescimento científico assente numa sequência de “*programas de investigação*” (num certo sentido, semelhante ao *paradigma* kuhniano, segundo Piaget e Garcia (1987)).

A multiplicidade de interpretações e teses relativas à vertente social da ciência possibilitou o confronto e a crítica entre os respectivos autores. Como exemplo, referimos Feyerabend, pelas críticas à noção de “*ciência normal*” de Kuhn, nomeadamente à conotação dogmática e acrítica que esta pode acarretar, a qual, no seu entender, pouco se coaduna com o empreendimento científico (Piaget e Garcia, 1987). Feyerabend (1992) defende, em contraponto, uma posição *pluralista* que sustenta a luta entre teorias, cuja prevalência depende de múltiplos aspectos conjecturais mutáveis, que por sua vez vedam a estipulação de procedimentos metodológicos genéricos. Como consequência, daqui resultam um anarquismo epistemológico e um pluralismo cultural, ambos conceitos fortes da sua tese.

Apesar disso, as etapas revolucionárias e de conflito entre paradigmas, quanto aos problemas que pretendem resolver, acabam por aproximar as perspectivas de Kuhn e Feyerabend. Segundo Kuhn, em paradigmas diferentes os conceitos têm diferentes significados, assim como diferentes são as observações que os cientistas captam quando olham na mesma direcção. O *relativismo* decorrente do referencial comum, que é para a comunidade científica um

paradigma, reverte na *incomensurabilidade* desses paradigmas. A aproximação destes autores constata-se na medida em que ambos sublinham que culturas científicas diversas suscitam, em diferentes momentos da história da ciência, distintos paradigmas de racionalidade (Carrilho, 1994).

Em sintonia com a tese de falsificabilidade de Popper, parece estar a análise feita por Settle (1991) acerca da função da prova empírica. Este exalta o seu papel marcante, enquanto criadora de embaraços ou problemas à teoria vigente, e isto, claro está, para além de uma acção mais positiva de corroboração de uma hipótese e de uma teoria.

Culminamos a explicitação do dinamismo interpessoal e social que subjaz à actividade científica, citando Hodson (1991):

Scientific knowledge is the product of a complex social activity which precedes and follows the individual act of discovery or creation. An individual's confidence in new experimental results or in a new theoretical system is insufficient to establish it as part of the corpus of scientific knowledge. It must stand up to criticism or even experimental testing by fellow practitioners. The criteria of truth and acceptability are determined by the community, and scientific knowledge is recorded for the community in a style approved by the community. (p. 26)

À luz das diferentes teses de desenvolvimento científico que aqui sucintamente apresentámos, torna-se pertinente, para os propósitos deste estudo, discutir a evolução da mecânica, situada em lugar privilegiado de debate, pelo seu longo historial. Na verdade, desde tempos ancestrais que a mecânica representa quase totalitariamente a física e, não será irrealista afirmar, uma considerável parte da ciência. Partindo das suas origens na Grécia Antiga e tendo sofrido algumas reformulações na Idade Média, a mecânica desabrocha definitiva e pujantemente com Galileu e Newton entre outros. Como Neto (1995) sublinha, nessa altura a mecânica constituiu paradigma de cientificidade. Daí que inúmeros autores atribuam a essa época o nascimento de uma física nova ou moderna.

Na viragem deste século, começam contudo a avolumar-se as críticas a esse estatuto epistemológico preferencial da mecânica, que se insurgiram numa ampla frente, desde as que incidiram no domínio filosófico, visando o mecanicismo (anteriormente referenciado), e as que, no plano científico, destronaram a mecânica newtoniana, verificando-se o colapso epistemológico desta última. Tal facto deveu-se à sua manifesta incapacidade explicativa do mundo ultramicroscópico e do mundo cósmico, perdendo aí terreno para dois novos paradigmas científicos (quântico e relativista) que, em coexistência, se confrontam nos dias de hoje. Tal como Khun deu o mote, o presente é ainda de revolução.

Arredada das grandes discussões e avanços que a física tem continuado a reclamar, a mecânica newtoniana não foi, todavia, relegada ao esquecimento. Como Neto (1995) assinala, “as dificuldades lógicas internas fundamentais terão então sido resolvidas e alguns dos problemas remanescentes transferidos para o âmbito de outras áreas disciplinares” (p. 4). À mecânica newtoniana foi conferida uma nova roupagem e, uma vez sobrevivente da revolução científica que a destituiu, passou a denominar-se mecânica clássica. Esta detém ainda um potencial explicativo para sistemas em que predominam distâncias grandes, comparadas com as distâncias atómicas, velocidades pequenas se comparadas com a velocidade da luz, e campos gravíticos que não diferem substancialmente dos existentes no sistema solar. Satisfeitas tais adaptações, a “teoria newtoniana parece ser derivável da einsteiniana, da qual é portanto um caso especial” (Kuhn, 1989, p. 133).

Segundo Settle (1991), a refutação da mecânica clássica vai para além do testemunho de uma ciência cujo empreendimento é provisório e inacabado. Tal refutação corresponde, numa boa parte, ao desnudar das suas fraquezas, e está intimamente ligada à fixação dos seus limites de fidelidade, dentro dos quais esta é ainda válida. Assim se passou com a mecânica clássica que, fixados tais limites, continua, dentro dos mesmos, a servir a ciência e a educação em ciências.

Por um lado, Hodson (1985) faz corresponder à *teoria científica* uma posição realista, enquanto sistema teórico válido e vigente, e por isso de relação



próxima com a realidade; por outro, atribui ao *modelo científico* uma função instrumentalista enquanto ficção conveniente que denota capacidade explicativa, mas que perdeu essa proximidade para com a realidade. Da aplicação deste seu raciocínio à mecânica clássica, entendemos que a mesma poderá servir como exemplo na transição do estatuto de teoria para modelo, sendo ainda nesta última asserção que a mecânica clássica reitera o seu valor.

Considerando agora um argumento educativo de maior projecção, constata-se que a mecânica clássica é, por assim dizer, o ramo da física que denota maior “representatividade” desta ciência. Estamos em crer que, certamente, era esta ideia que reinava no pensamento dos autores do Programa de Ciências Físico-Químicas – 11º ano quando afirmaram: “considerou-se imprescindível dar continuidade à formação básica do aluno sobre o estudo da Mecânica, tanto mais que é esta o substracto fundamental ao entendimento da Física, na sua generalidade” (DES, 1995, p. 21).

É, sem dúvida, uma física válida para a realidade mais próxima e familiar, pelo que não admira que para os mesmos fenómenos físicos, sobre os quais esta física se deteve, o senso-comum também tenha construído sobre eles um saber qualitativamente profuso e muitas vezes coerente (Neto, 1995).

Estão lançados os argumentos que atestam as “potencialidades formativas invejáveis” (Neto, 1995, p.5) da mecânica newtoniana. Imbuída numa perspectiva histórica e filosófica que elucida acerca da evolução da empresa científica, a mecânica detém uma posição privilegiada para o questionamento crítico e reflexivo das evidências do senso-comum. Tal potencialidade mereceu que Gil e Carrascosa (1990) a denominassem de “via dourada” para a mudança epistemológica que se reclama para o ensino das ciências. Como estes autores referem: “Physics and, more precisely mechanics, appears then as a particularly siutable domain in wich to initiate conceptual and methodological change and give pupils the sense of science” (p. 536).

## CAPÍTULO II

*“While during the last 300 years or so common sense has been controlled by science, now we are becoming aware of the fact that in complicated situations also science has to be controlled by common sense. Of course, it should be well-informed and well-taught common sense.”*

**- Walter Jung, 1994**

## INTERPENETRABILIDADE DA EPISTEMOLOGIA CONTEMPORÂNEA E DA PSICOLOGIA COGNITIVISTA-CONSTRUTIVISTA

Ao procurarem explicar a aquisição e o desenvolvimento do conhecimento, a epistemologia contemporânea e a psicologia encetaram um processo conjunto, estabelecendo descobertas semelhantes e usando terminologia similar. Como afirmam Duschl, Hamilton e Grandy (1992), “it would seem foolish not to use the resources of one or both in improving science teaching” (p. 21). Na verdade, e fundamentando o anteriormente exposto, a História, a Filosofia Contemporânea das Ciências e a Psicologia Cognitiva empreenderam campos de estudo intersectáveis, pelo que a teoria do conhecimento científico, por um lado, e o domínio conceptual do indivíduo, por outro, têm fortes afinidades, podendo ser descritas numa linguagem e terminologia comuns (Duschl, Hamilton e Grandy, 1992).

A natureza desta relação simbiótica admite também a reciprocidade, uma vez que, recentemente, alguns filósofos, como Giere e Freedman, advogam a inclusão de noções tão caras à psicologia cognitiva como as que se referem à reestruturação conceptual do indivíduo, visando um melhor discernimento da evolução da ciência (Duschl, Hamilton e Grandy, 1992).

É, todavia, entre a *natureza da ciência e do desenvolvimento científico*, já debatidos, e a *natureza da aprendizagem das ciências* que procuraremos discutir proximidades e sinergias que potenciem a fundamentação epistemológica do ensino e da educação em ciências.

## A EXTENSÃO DAS GARANTIAS EPISTEMOLÓGICAS AO CAMPO DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Não anulamos, obviamente, a vertente filosófica empirista, já considerada anteriormente. Como refere Bachelard, sendo esta a nossa filosofia natural, é para ela que tendemos espontaneamente. O valor da percepção e da observação imediatas não poderá ser subestimado, mas antes, relativizado.

Complementarmente, importa-nos a perspectiva epistemológica de cunho racionalista que, ao preconizar a desdogmatização da ciência, infere sobre as mutações representativas das teorias científicas, reflecte acerca da relatividade e limitações da ciência, mas vai mais longe, ao desdogmatizar o próprio cientista em plena actividade, formulando conhecimentos hipotéticos, eventualmente sugeridos pela observação mas não dela deduzidos. Segundo Videira (1998a), os processos de captação do mundo exterior exigem um sujeito activo, interveniente, e não apenas passivo, suportando-se tal perspectiva, nas palavras de duas conceituadas figuras como o são W. Goethe e A. Comte. O primeiro considerava estranha a pretensão frequente de se dever apresentar as experiências fora de qualquer ligação teórica. Por sua vez, o último afirmava que, se, por um lado, qualquer teoria deveria necessariamente basear-se em observações, seria, por outro, igualmente evidente a necessidade que o espírito tem de uma qualquer teoria, para poder proceder a tais observações.

Aliás, é na formulação de “objectos teóricos” pela ciência que reside a sua “produção exuberante”, na medida em que faz ressaltar os aspectos inventivos, humanos e dependentes da cultura e da história (Matthews, 1994a).

A psicologia de âmbito cognitivista assume também, embora de uma forma mais abrangente, este potencial cognitivo do sujeito. Debruça-se sobre ele, inferindo acerca das representações mentais, estruturas e mecanismos que edificam o conhecimento e o pensamento do indivíduo, pressupondo a faculdade de representar o mundo mediante uma estrutura cognitiva prévia (Cachapuz, 1992; Duschl, Hamilton e Grandy, 1992).



Valoriza-se o “sujeito interpretativo”, detentor do próprio saber, em detrimento do “sujeito informativo”, entendendo-se este último como uma noção passiva e desgarrada de realizar saber (Santos, 1991). O indivíduo torna-se conhecedor através de um processo de organização das suas experiências e da construção de explicações viáveis para estas, sendo--lhe crescentemente atribuído um papel activo e construtivo dos próprios entendimentos e significados, fazendo emergir do *cognitivismo* um *construtivismo*.

Como exemplo, destacamos George Kelly e a sua obra *Teoria dos constructos pessoais*, a qual oferece, tanto à psicologia como à epistemologia, um importante contributo. O autor enfatiza a capacidade criativa do sujeito, considerando o conhecimento como uma construção pessoal do mesmo. Conhecer, interpretar e compreender são verbos que subjazem à acção cognitiva do sujeito sobre a realidade e que, ao serem orientados pela sua motivação, o levam à construção de significados que, por sua vez, funcionam como uma plataforma prévia para outros (significados), a extrair de novas experiências.

O Homem enquanto sujeito criativo é metaforicamente assumido por Kelly como “o homem – o cientista”. Cada pessoa é encarada com um cientista em empenhado processo de observação, interpretação, previsão e controlo. A finalidade última de re(construir) um modelo de pensamento e acção é prever e controlar o mundo.

A formulação de constructos cumpre, na teoria de Kelly, essa capacidade criativa do sujeito, marcando o carácter pessoal e idiossincrático do conhecimento.

O conhecimento fica, desta forma, sujeito à mudança e ao aperfeiçoamento, estando a (re)construção conceptual à mercê da escolha de alternativas de que o indivíduo disfruta para a sua construção psicológica. Deste modo, o conhecimento do sujeito é regido por um *alternativismo construtivo*, o que lhe confere singularidade. Como Kelly explica:

Enough has already been said to make clear our position that there are various ways in which the world can be constructed. (...) We take the stand that there are always some alternative constructions available to choose

among in dealing with the world. (...) We call this philosophical position *constructive alternativism*. (Kelly, 1963, p. 14,15)

Por conseguinte, este autor partilha com a epistemologia contemporânea a perspectiva de um conhecimento provisório e significativo em relação à forma e ao sujeito que o construiu. Tal partilha pode ser alargada à rejeição da existência de verdades absolutas e à difusão de uma filosofia relativista.

É exactamente esta a posição tomada por Thomaz (1987), ao defender que, tal como a “nova” filosofia das ciências, a teoria psicológica de Kelly reconhece a construção pessoal do conhecimento. Ainda nesta linha, Neto (s.d.) denomina-a como sendo uma “*filosofia relativista*”.

Em suma, é na conjugação epistemológica estabelecida entre a “nova” filosofia das ciências e a perspectiva cognitivista/construtivista que emerge uma nova concepção do Homem, cientista ou não, como construtor de realidades, inviabilizando a separação dos conceitos dos agentes humanos que os formulam (Cawthron e Rowell, 1978).

A conjugação epistemológica atrás referenciada gera uma *filosofia construtivista* emergente, segundo a denominação de Matthews (1994a), que se sustenta no alinhamento de teses epistemológicas que abraçam a filosofia das ciências, a filosofia da mente e a filosofia da educação.

Tais teses remetem para o passado cenários de confluência, quer entre a perspectiva psicológica behaviorista e a perspectiva epistemológica empirista, quer entre a perspectiva psicológica cognitivista e a perspectiva epistemológica racionalista, que até aqui pautavam a obra e a actividade no âmbito pedagógico, e particularmente no ensino das ciências.

Segundo Cawthron e Rowell (1978), a prova da aliança defendida neste item consiste na defesa, quer por parte de Popper quer por parte de Piaget, da impossibilidade de se realizar aprendizagem na ausência de estruturas conceptuais, funcionando estas como sistemas de organização intelectual do sujeito, os quais conferem significado à aprendizagem e lhe determinam de forma indelével o desenvolvimento e a estruturação conceptual. Projectando tal

perspectiva no plano das ciências, os *quadros epistémicos* de Piaget e os *paradigmas* de Kuhn funcionam também como sistemas estruturantes que determinam o desenvolvimento científico, sendo este perspectivado como uma evolução para formas de conhecimento cada vez mais complexas e de maior organização (Moreno, 1986).

Regressando à realidade educativa, tal conjuntura epistemológica rompe com visões simplistas acerca do processo ensino/aprendizagem, ao considerar a aprendizagem como produto mediatizado por processos cognitivos, na qual incorrem variáveis pessoais de natureza distinta, e não como produto meramente determinado pela acção exclusiva de factores externos. Numa perspectiva construtivista, a finalidade última da intervenção pedagógica é contribuir para que o aluno desenvolva a capacidade de realizar aprendizagens significativas por si mesmo, numa ampla gama de situações e circunstâncias. Tal asserção incorre na subordinação do ensino face à aprendizagem, correspondendo esta a um caminho que apenas ao aluno cabe percorrer e cujo percurso será ele a determinar.

Já na década de 70, surge um movimento didáctico cuja obra constitui um importante marco referenciador no campo da educação em ciências, o *Movimento das Concepções Alternativas (MCA)*, que radica na relevância atribuída às concepções espontâneas e alternativas dos alunos que, não poucas vezes, interagem com os conceitos científicos no momento da suposta aprendizagem, ou que funcionam como *handicap* à compreensão e interiorização dos últimos (Santos, 1991).

Se se entendeu imperioso saber aquilo que o aluno já sabe, assumindo tal conhecimento como premissa, ter-se-ia, de uma forma sustentada, e imbuídos numa matriz construtivista, de dar resposta à questão central que agora se coloca: como construir conhecimento científico ante o conhecimento pré-existente ?

A procura de respostas a tal questão deverá ser encetada na posse da concepção de que “uma criança enquanto sujeito psicológico e o aluno enquanto sujeito epistemológico não fazem parte de conjuntos disjuntos” (Santos, 1991, p.

41), pelo que a inclusão de perspectivas epistemológicas na obra didáctica se torna premente e imprescindível.

O *paradigma construtivista* emergente tenta adequar-se ao estabelecimento de novos quadros teóricos de referência, sob a alçada dos quais se têm desenvolvido inovações no âmbito das práticas pedagógicas, da formação de professores e do desenvolvimento curricular.

Todavia, a reunião de esforços investida nesta nova conjuntura epistemológica não anula a existência de algumas dissonâncias no seu interior. Senão vejamos: o reconhecimento e a ênfase colocadas pela psicologia na predisposição das estruturas conceptuais para a acumulação e conservação de informação, poderão veicular a ideia de uma forte resistência destas para com a reestruturação radical. Por seu turno, a epistemologia difunde largamente a visão paradigmática das revoluções científicas, do avanço científico por etapas de “*ciência extraordinária*”, onde a reestruturação radical se torna um requisito fundamental (Duschl, Hamilton e Grandy, 1992).

Nesta sequência, é também admissível alguma *tensão* (segundo as palavras de Duschl, Hamilton e Grandy, 1992) entre a epistemologia contemporânea e a psicologia, uma vez que é difícil toronar o desfasamento proveniente de uma epistemologia que procura captar a racionalidade do conhecimento científico, assim como a sua natureza e os seus limites, e a psicologia que releva a idiossincrasia do conhecimento humano.

A captação desta racionalidade permite à epistemologia especular acerca da validade, fundamentação e critérios que determinam o desenvolvimento teórico das ciências. Em suma, a epistemologia trata de um conhecimento em abstracto, distanciado e *desencarnado* do sujeito.

Por seu turno, a psicologia atende à dinâmica das representações internas e das estruturas conceptuais, mas ao nível do indivíduo, tratando assim de um conhecimento *encarnado* no sujeito.

Embora esta nova conjuntura epistemológica seja adoptada em campo educativo-didáctico, procurando fazer confluir aí, por um lado, os novos

elementos resultantes de uma compreensão actualizada das ciências e, por outro, a necessidade de consideração de um conhecimento espontâneo pré-existente, não constituirá surpresa que, pelo anteriormente exposto, a relação estabelecida entre ambos os conhecimentos tenha sido resolvida de forma distinta e, em alguns casos, controversa. Tratando-se de um assunto fundamental para a educação em ciências, abordá-lo-emos de seguida.

### **CONHECIMENTO ESPONTÂNEO E CONHECIMENTO CIENTÍFICO: RUPTURA, COEXISTÊNCIA OU SIMBIOSE ?**

Ao debruçarmo-nos sobre estes dois tipos de conhecimento, e perante a necessidade de proceder a uma correcta caracterização e descrição da natureza dos mesmos, assim como da posição que assumem ao longo do desenvolvimento cognitivo do indivíduo, entramos, sem dúvida, num tema bastante complexo que, desde sempre, tem suscitado acesas discussões, as quais, todavia, têm contribuído para o enriquecimento da questão que constitui o título deste item.

As perspectivas existentes sobre este tema são, sem dúvida, divergentes, mas, no entanto, não deixam de ter alguns aspectos em comum.

De salientar a existência de duas correntes principais: o *continuismo* - que, tal como o nome indica, defende uma continuidade entre os dois tipos de conhecimento ao longo do desenvolvimento mental, não considerando haver entre eles diferenças de natureza mas sim de grau; o *descontinuismo* - que se apresenta como perspectiva oposta.

#### **A ruptura epistemológica como fulcro do desenvolvimento científico e conceptual do indivíduo**

A tese *descontinuista* tem como seu principal defensor Bachelard, conceituado epistemólogo para quem o conhecimento científico se constrói numa

luta contra os “obstáculos epistemológicos”, negando-se o estatuto de conhecimento científico a todo o conhecimento cuja gênese concreta ou factual conduz, pela via da normalização, ao pragmatismo próprio do interesse comum. Considera este conhecimento, a que denominamos de senso-comum, como organizado por uma razão universal e estável, tendencioso nas opiniões que fomenta, sendo dogmático e, por isso mesmo, constituindo um entrave ao desenvolvimento da ciência, não deixando “ver” os problemas:

Quando se apresenta à cultura científica, o espírito nunca é jovem.(...) pois tem a idade dos seus preconceitos. (...) A ciência (...) opõe-se radicalmente à opinião (...). A opinião pensa mal; ela não pensa, traduz necessidades em conhecimentos. (...) Nada se pode fundar sobre a opinião: é preciso primeiro destruí-la. Ela é o primeiro obstáculo a ultrapassar. (Bachelard, 1971, p.166)

Daqui se infere uma evidente atitude de ruptura com o senso-comum, qual verdadeira catarse intelectual, segundo a interpretação de Lopes (1993), em que o conhecimento científico assume uma função epistemológica polémica, uma vez que destrói para construir. É preciso destruir a opinião para poder construir conhecimento. Logo, o conhecimento científico situar-se-á num plano diferente, verificando-se entre este e o senso-comum a existência de uma descontinuidade ou de um hiato.

A visão vincadamente descontinuista que Bachelard (1994; 1971) defende é extensível ao confronto entre a linguagem científica e a linguagem comum, assim como às noções usadas nos dois níveis de conhecimento. Deste modo, este epistemólogo considera a presença da ruptura no processo de desenvolvimento da ciência, em dois níveis do conhecimento: uma ruptura com o senso-comum, para a construção do conhecimento científico, e uma ruptura com a ciência anterior, para o progresso do conhecimento científico.

A descontinuidade epistemológica de Bachelard encontra paralelo numa descontinuidade histórica do progresso científico também por ele assinalada, a

qual foi anteriormente abordada neste trabalho, e onde, genericamente, se podem integrar as perspectivas de autores como Kuhn, Popper, Lakatos e Feysabend.

Este descontínuismo epistemológico serviu de inspiração, no campo didático, à formulação de um conjunto de *modelos de mudança conceptual*<sup>2</sup> (*MMC*). Perante a evidência de esquemas conceptuais alternativos, mas que apresentam alguma consistência (Osborne e Freyberg, 1985, citados em Duschl, Hamilton e Grandy, 1992), a educação em ciências, que preconiza a abordagem e interiorização de um corpo teórico que prima pela consistência lógica, acarreta, inevitavelmente, de acordo com esses modelos, um processo de mudança conceptual. O desenvolvimento cognitivo é, ele próprio, indissociável de uma *mudança conceptual* (Carey, citado em Duschl, Hamilton e Grandy, 1992).

Tal foi a ênfase dessas perspectivas no ensino das ciências que, para muitos autores, a contribuição mais significativa da epistemologia contemporânea reside, exactamente, num novo modo de pensar as ciências assente na *mudança conceptual* (Cachapuz, 1992).

Não obstante a expectativa decorrente da aplicação de tais modelos educativos, estes deparam-se com uma inoperância do ensino das ciências e particularmente da física, que teima em subsistir. No campo da mecânica, destacamos um manancial de estudos e investigações que reforçam a permanência e distorção que as representações espontâneas dos alunos operam na aprendizagem dos conteúdos científicos, evidenciando assim o fracasso do ensino formal da física (Champagne, Klopfer e Anderson, 1980; Clement 1982; Driver e Erickson, 1983; Halloun e Hestenes, 1985).

Deste modo, modelos educativos que se sustentem na destruição de um conhecimento espontâneo não nos tranquilizam, pelo arrojado da mudança anunciada, a suspeita da mesma se converter em resultados desastrosos e dramáticos, dando continuidade a um ensino inoperante que é reconhecido como tal por múltiplas fontes.

---

<sup>2</sup> De alguns dos mais representativos modelos, os correspondentes autores são: Posner, Strike, Hewson e Grandy, 1982; Nussbaum e Novick, 1982; Driver e Oldham, 1986; Osborne e Wittrock, 1983, Brown e Clement, 1987 (citados em Linder, 1993, e Gil-Perez, 1994).

### O continuísmo reclamado pela epistemologia genética

Consideremos, agora, aquilo em que se baseia a perspectiva continuísta. Começemos pelo *continuísmo funcional* defendido por Piaget (1990) que, sendo um dos precursores da perspectiva dinâmica e processual do desenvolvimento cognitivo do sujeito, advoga a existência de mecanismos de acção desse desenvolvimento que estão presentes desde a criança até aos homens da ciência, passando pelo adulto normal ou não familiarizado com a ciência.

A natureza funcional dessa continuidade traduz-se na existência de *instrumentos, processos e mecanismos* de construção do conhecimento, comuns ao desenvolvimento do indivíduo e das ciências, nomeadamente da física (Piaget e Garcia, 1987).

Tal continuísmo poderá também ser perspectivado como um certo paralelismo, na medida em que se estabelece uma analogia ao nível funcional entre o desenvolvimento do indivíduo e das ciências (Franco e Colinvaux-de-Dominguez, 1992).

A respeito desse paralelismo funcional, Moreno (1986) sublinha que a reflexão em torno do mesmo, confere um importante auxílio na compreensão do funcionamento intelectual das crianças e na adequação dos procedimentos educativos a esse funcionamento.

Todavia, essa continuidade funcional não exclui descontinuidades no processo. Embora os conteúdos ou ideias evoluam, assumem sempre a mesma função, quer num quer noutro nível de conhecimento.

Esta tese enquadra-se numa vasta *epistemologia genética* que, indubitavelmente, constitui um dos maiores marcos da obra piagetiana, e que, pela sua interdisciplinaridade, estende os contributos à epistemologia, à filosofia das ciências, à psicologia e também à didáctica das ciências.



### **Psicogênese e história das ciências**

O estabelecimento de um paralelismo parcial entre o desenvolvimento lógico e racional do pensamento científico (numa perspectiva histórica) e os processos associados à formação de conceitos no sujeito constituiu problemática da qual Piaget e colaboradores se ocuparam. Este paralelismo foi sujeito a interpretações diversas por parte dos estudiosos da epistemologia genética, tendo sido, no entender de Franco e Colinvaux-de-Dominguez (1992), exacerbada não só a expectativa inicialmente criada, como também a exploração posterior dessa ideia de paralelismo.

Também no seio da história e filosofia das ciências tal ideia colheu adeptos, podendo nós encontrá-la em Kuhn (1989), quando este autor afirma: “foi com as crianças de Piaget que aprendi a compreender a física de Aristóteles” (p. 52). Efectivamente, tem sido apanágio de alguma literatura fazer corresponder as concepções de senso-comum às ideias da física pré-científica, nomeadamente a aristotélica. A título de exemplo, Cohen (1988) faz explicitamente tal associação. Debruçando-se sobre a psicogênese e a física pré-galileana, Piaget e Garcia (1987) estabelecem um paralelismo, não só ao nível funcional (subjacente à formulação dos conceitos), mas também ao nível dos conteúdos.

Contrapondo tal tendência, Koyré (1986) insurge-se exactamente contra aquilo que lhe parece ser um abusivo desrespeito. Referindo-se à teoria de Aristóteles sobre o movimento, enaltece-a como uma “admirável teoria coerente”, referenciando-a da seguinte forma:

A física aristotélica é falsa, bem entendido, e completamente ultrapassada. Todavia, é uma “física”, quer dizer; uma ciência altamente elaborada, ainda que o não seja matematicamente. Não se trata de um imaginário pueril ou de um enunciado (...) grosseiro do senso-comum, mas de uma teoria, isto é, de uma doutrina, que, partindo naturalmente dos dados do senso-comum, os submete a um tratamento coerente e sistemático. (p 22/23)

Aristóteles estabelece um quadro lógico firmemente organizado e completo, através do qual se determinam as causas dos efeitos que se nos deparam na Natureza. É no carácter totalmente integrado e unificado da sua “filosofia natural” que reside a sua força (Videira, 1998b).

Essa força operou consideráveis mudanças na construção do conhecimento, determinando, a partir de então, o avanço da ciência independentemente da filosofia.

O seu potencial teórico determinou também que a dinâmica aristotélica apenas fosse claramente destituída do seu estatuto por uma outra dinâmica (a newtoniana), resistindo aos defensores do modelo planetário copernicano e à teoria do movimento apresentada por Galileu que, por apenas se debruçarem sobre os aspectos cinemáticos, pouco ou nada adiantaram acerca da causalidade dos movimentos.

Difícilmente encontraremos nos sistemas de senso-comum a coerência e a “lógica impecável” que se vislumbram na mecânica aristotélica; confundir a primeira com a segunda é, para além de desastroso, uma clara injustiça histórica (Neto, 1995).

Alguns aspectos decorrentes da teoria medieval do *impetus* apresentam também um certo grau de semelhança com algumas representações avançadas pelos alunos (Sequeira e Leite, 1991). Como comenta Matthews (1994b), esta tese serviu de inspiração a outros trabalhos que, ao revelarem conclusões díspares, reforçam a polémica em que este tema se encontra imerso. Como tal, somos levados a considerar a advertência deste autor, devendo o paralelismo aqui em discussão ser encarado com reservas e apenas num nível considerável de simplificação.

É também neste sentido que Sequeira e Leite (1991) advertem para a natureza da correspondência, estabelecendo-a apenas ao nível dos conteúdos isolados, pela manifesta distinção entre a coerência e a estrutura em que esses conceitos surgem na história da ciência, por um lado, e no pensamento espontâneo do aluno, por outro.

Auxiliemo-nos de Kelly (1963) e de Vygotsky (1995), enquanto defensores de um conhecimento que no indivíduo, especialmente na criança, se caracteriza pela carência de sistematização e coerência integrais. Reconhecendo a existência de uma variabilidade interpessoal e intrapessoal, é sobretudo esta última que aqui nos interessa, uma vez que nos aponta a conclusão a retirar desta discussão.

Ao nível das construções conceptuais de cada sujeito, Kelly (1963) estabelece, através do seu *corolário da fragmentação*, a possibilidade de coexistência tolerada e espontânea na mente do sujeito, de interpretações diversas e, inclusivé, contraditórias para o mesmo fenómeno.

Também Vygotsky (1995) relativiza a organização das concepções espontâneas, enfatizando a naturalidade com que as inconsistências conceptuais do indivíduo existem. É também esta a interpretação da obra de Vygotsky, que poderemos encontrar em Neto (1995) quando diz:

É essa falta de generalidade (carência de organização sistémica ) que leva a criança a não se aperceber das contradições a que conduzem os seus conhecimentos espontâneos. (p. 177)

### **O desenvolvimento conceptual construído na dialéctica de ambos os conhecimentos**

Vygotsky (1995) defende uma espécie de dialéctica ou, se quisermos, uma ineração sinérgica entre ambos os conhecimentos, a qual, trabalhada de forma favorável, se revela bastante frutífera. Assim, considera este autor que o conhecimento científico só deverá ser abordado pela criança, se este atender ao seu perfil de pensamento, tendo em conta a carga do conhecimento espontâneo, assistematizado e vivencial que ela possua, sendo por isso, fundamental que este último conhecimento se relacione com o primeiro. Mas este requisito vai mais longe, exigindo também a compatibilidade com o nível de desenvolvimento da criança.

Trata-se de um processo que traz à luz concepções espontâneas, para lhes conferir um desenvolvimento da consciência. Através deste processo, o conhecimento espontâneo das crianças, pouco organizado e consistente, recebe, por via do contacto com o conhecimento científico, uma sistematização conceptual.

Desta forma, fica garantida a evolução dos conceitos científicos através de uma aprendizagem que, não sendo mecânica, se auxilia de uma vigorosa actividade mental por parte da criança. Assim se comprova que os dois processos se relacionam e se influenciam constantemente, fazendo ambos parte da formação de conceitos, que é afectada por diferentes condições externas e internas, mas que é essencialmente um processo unificado e não um conflito entre formas de intelecto antagónicas e exclusivas.

... os conceitos científicos, com o seu sistema hierárquico de inter-relações, parecem constituir o meio no qual a consciência e o domínio se desenvolvem, sendo mais tarde transferidos a outros conceitos e a outras áreas do pensamento, a consciência reflexiva chega à criança através dos portais dos conhecimentos científicos. (Vygotsky, 1995, p. 79)

A criança admite relativamente tarde a existência dos seus conceitos espontâneos, uma vez que a capacidade de os definir e de operar com eles aparece muito tempo depois da sua aquisição. É necessário que o desenvolvimento de um conceito espontâneo alcance um certo nível para que a criança possa absorver um conceito científico correspondente.

Em síntese, e como sublinha Vygotsky, “podemos dizer que o desenvolvimento dos conceitos espontâneos da criança é ascendente, enquanto o desenvolvimento dos conceitos científicos é descendente, para um nível mais elementar e concreto” (Vygotsky, 1995, p. 93). Os conceitos científicos fornecem estruturas para o desenvolvimento ascendente dos conceitos espontâneos da criança, em relação à consciência e ao uso deliberado dos mesmos, ao mesmo tempo que os primeiros se desenvolvem para baixo, no sentido de uma maior objectividade, por meio dos conceitos espontâneos.

Poder-se-á dizer que Piaget considera apenas um continuísmo funcional, ao passo que Vygotsky considera um continuísmo não só funcional como também estruturante, que se traduz por uma espécie de simbiose ou entre-ajuda entre os dois níveis de conhecimento. Será pois esta a via pela qual o Homem desenvolve a consciência e, por conseguinte, se constrói a si próprio como um ser vivente e racional.

As teses vygotskiana e kelliana atingem, no âmago, a aparente contradição, apontada por Santos (1991), proveniente de duas exigências pedagógicas (preconizadas pelo *MCA* e *MMC*). Segundo esta autora, se atendermos aos intuitos educativos para os quais o *MCA* contribuiu, verificamos que estes chamam a atenção para o saber intuitivo e espontâneo do aluno, impregnado de representações subjectivas da realidade e resultante da sua estruturação pessoal e livre (*razão individual*).

De outro modo, os modelos de mudança conceptual de inspiração descontinuísta pretendem que o aluno se questione, colocando em causa as suas concepções, com vista à transformação destas por um corpo conceptual científico, assente em representações objectivas dessa mesma realidade, estruturado e aceite pela comunidade científica (*razão social*).

As teses de Kelly e de Vygotsky suportam-se na existência de inconsistências lógicas, tanto ao nível intra-individual como inter-individual, fortalecendo a noção de diversidade que em nós é possível encontrar. É esta diversidade que cria enormes dificuldades a qualquer estratégia, que certamente teria a sua função simplificada, se o alvo da sua acção fosse, antes de mais, mentes e concepções niveladas ou padronizadas, com a mesma consistência lógica e psicológica, com as mesmas limitações e nível de aprofundamento.

Tal como refere Neto (1995), a *variabilidade conceptual* constituiu um dos grandes argumentos que colocou tais modelos numa situação difícil. Segundo o mesmo autor, essa variabilidade é, afinal, algo natural e que se prende com a própria essência do conhecimento.

Parece-nos, assim, pernicioso a legitimidade com que se advoga como finalidade última do ensino veiculado pelo *MMC*, uma ruptura que, na realidade, se precipita para o abismo da ambiguidade e do fracasso. É nesta asserção que os modelos de mudança conceptual constituem uma “fuga para a frente”, na medida em que acentuam as consequências decorrentes de um ensino tradicional alicerçado na “física dura”, que Neto (1995) caracteriza como detentor de um elevado grau de abstracção e de formalismo lógico (fortemente contra-intuitivo).

As estratégias de ensino das ciências (e da física em particular) inspiradas nos *MMC* constituem elas próprias um verdadeiro “obstáculo epistemológico” que, pela disparidade conceptual exigida, provocam bloqueamentos no plano afectivo e emocional, sendo ainda responsáveis pela imagem fugaz e incipiente que deixam acerca do seu empreendimento.

### **A NATUREZA CONTRA-INTUITIVA DA MECÂNICA: SUA EVIDÊNCIA EPISTEMOLÓGICA E CORRESPONDENTE REFLEXO NO ENSINO**

De acordo com a perspectiva racionalista contemporânea, a física, e nomeadamente a mecânica, emanam entidades, princípios e leis, categorizados por um grau de abstracção e formalismo elevados, decorrentes de um moroso desenvolvimento epistemológico a que o seu corpo teórico esteve sujeito.

A exigência formal decorre do elevado estatuto epistemológico atingido pela física, atestado pelo seu longo historial, resultando num processo de depuração e condensação que lhe conferiu uma simplicidade lógica e uma elegância estrutural apreciáveis. Por seu turno, esta exigência formal tem sido implícita ou explicitamente hasteada no seu ensino. Como refere Neto (1995), no ensino da física, e especialmente da mecânica, a ênfase é, tradicionalmente, colocada nos aspectos formais e abstractos, constituindo esta, uma das principais causas da “opacidade” didáctica que assombra a aprendizagem da mecânica (Novak, 1989).

Comparamos estas dificuldades com os obstáculos metodológicos e epistemológicos trazidos pela ciência moderna desenvolvida a partir dos séculos XVI e XVII, acerca dos quais Koyré (1986) afirma:

O que os fundadores da ciência moderna, e entre eles Galileu, deviam então fazer não era criticar e combater certas teorias erradas, para as substituir por outras melhores. Deviam fazer algo completamente diferente: destruir um mundo e substituí-lo por outro, reformar a própria estrutura da nossa inteligência, formular de novo e rever conceitos, conceber o Ser de uma nova maneira, elaborar um novo conceito de conhecimento, um novo conceito de ciência – e mesmo substituir um ponto de vista bastante natural, o do senso comum, por um outro que não o é de modo algum. (p.19)

A resistência das concepções alternativas dos alunos, fortemente baseadas nas experiências sensoriais e culturais, encontra algum paralelo na história da ciência, sobretudo quando esta se realizava segundo metodologias assentes em equipamento pouco sofisticado e com reduzida desenvoltura teórica (Sequeira e Leite, 1991).

A educação em ciências não poderá ignorar que a mudança epistemológica que se reclama constitui, no seu sustento científico, uma transformação árdua e prolongada. São os próprios pioneiros da física moderna que o demonstram; veja-se a receptividade que a *teoria do impetus* e das *forças impressas* teve no próprio Galileu, no início da sua carreira (Koyré, 1992; Piaget e Garcia, 1987). Segundo Koyré (1986), o seu tratado *De Motu* constitui “uma das melhores exposições da dinâmica do *impetus*” (p. 37).

Koyré (1992) vai inclusivamente mais longe, ao encontrar nas primeiras obras de Galileu uma sucessão das três primeiras etapas que constituíram o pensamento científico que o antecedeu e que correspondem, por essa ordem, à física aristotélica, à física medieval e, finalmente, à física matemática e experimental, arquimediana ou galilaica.

Também Newton foi sensível ao carácter apelativo da teoria do *impetus*, marca que se denota na concepção intuitiva com que, na sua juventude, relaciona

intimamente força e movimento, como causa e efeito, falando de uma *força interna motriz* e da sua transferência em fenómenos de impacto entre corpos (Steinberg, Brown e Clement, 1990).

Da análise dos *Principia*, e através da terminologia utilizada por Newton para descrever alguns aspectos da sua mecânica, podemos encontrar elementos residuais que sustentam o carácter apelativo e persistente da física aristotélica. Embora a noção de *massa inercial* constitua um constructo chave para o estabelecimento de uma equivalência entre repouso e movimento rectilíneo uniforme, a sua descrição testemunha a persistência atrás referida e que pode ser encontrada neste excerto da sua obra:

The *vis insita*, or innate force of matter (...) may, by a most significant name, be called inertia (*vis inertiae*) or force of inactivity. But a body only exerts this force when another force, impressed upon it endeavors to change its condition; and the exercise of this force may be considered as both resistance and impulse. (Cajori, 1960, p. 2)

A acção inercial da massa, enquanto “força inata” que actua apenas em situações de modificação do estado cinemático de um objecto, poderá ser encarada como um substituto do *impetus*. Esta ideia é também sustentada por Steinberg, Brown e Clement (1990), quando afirmam: “mass as an inert surrogate for impetus (...) The vestigial use of impetus-like terminology for inertial mass persisted” (p. 269).

Na verdade, a travessia intelectual que Newton percorreu levou-o à diferenciação conceptual de força e movimento, libertando a primeira das propriedades corpóreas do objecto, secundado ainda pela consideração de uma massa de natureza inercial que, por sua vez, anunciava um movimento uniforme e rectilíneo sem a actuação de forças e que o colocava, do ponto de vista dinâmico, em pé de igualdade com o repouso. Tais feitos correspondem, sem dúvida, a uma extraordinária conquista, a que se junta o desvendar de uma força gravitacional que actua não só em todo o horizonte terrestre, mas que também se estende aos céus (Steinberg, Brown e Clement, 1990).



Foi todo este trabalho empreendido por Newton que catapultou a física para a chamada era moderna, pelo qual esta lhe reconhece o génio. Porém este não fez esquecer a influência da *física do impetus* que, nos primórdios da sua actividade científica, teimou em resistir (Steinberg, Brown e Clement, 1990).

Pelo anteriormente exposto, é a própria história das ciências que testemunha do esforço e do desafio conceptual com que os cientistas se deparam ao tentar abandonar concepções de carácter mais intuitivo e, de certa forma, mais atraente. Esta ideia também deverá ser levada em linha de conta no campo educativo.

Reabilitemos novamente a tese que defende uma *abordagem genética* do ensino da física (ou articulado com elementos concordantes com a sua evolução histórica e conceptual), que julgamos ter cabimento e adequação face às directrizes defendidas por Vygotsky. Tal abordagem permite introduzir, de uma forma gradual e evolutiva, os conceitos e as ideias, respeitando por um lado o nível de desenvolvimento do aluno (Manassero e Vázquez, 2000) e, por outro, conferindo às mesmas uma lógica, uma pertinência ou oportunidade peculiar no tempo e no espaço. Este último argumento permite fazer ressaltar as razões e os fins das ciências, que funcionam como elemento estruturante e contextualizador desse *corpus* teórico, ao mesmo tempo que promovem uma imagem adequada do empreendimento científico.

### **CAPÍTULO III**

*“ What epistemological attitude do we want to foster in students ? In other words, what view of knowledge and discovery will best support the kinds of scientific activities we want students to undertake in science classes and in their lives ? ”*

*- Burbules e Linn, 1991*

## DO ESTATUTO EPISTEMOLÓGICO AO ESTATUTO CURRICULAR

No capítulo anterior procedeu-se à discussão em torno de algumas questões epistemológicas directamente relacionadas com a didáctica das ciências e, conseqüentemente, com a aprendizagem das ciências.

Embora não constitua objectivo deste trabalho o desenvolvimento de estratégias e programas educativos curriculares, importa concretizar algumas orientações educativas que tenham em conta aspectos da natureza da ciência que, como temos vindo a defender, deverão ser procurados na história e na filosofia contemporânea das ciências.

A partir da pesquisa bibliográfica realizada, constatámos que a educação em ciências é geralmente caracterizada pelo enfoque numa abordagem expositiva por parte do professor, em que se ocupa fortemente os alunos com tarefas de memorização de factos e leis, apelando, exacerbadamente, às competências conceptuais e formais (Burbules e Linn, 1991; Paixão, 1995) e difundindo a mensagem de uma ciência feita e estática (*ready-made science*) (Johnson e Stewart, 1990; Burbules e Linn, 1991).

Tal panorama convida apenas à reprodução criteriosa de situações experimentais de comprovação, prescrita por um conjunto de procedimentos práticos ordenados – na pretensiosa intenção de revelar a sua natureza, ou à visita inconsequente dos retratos empoeirados de proeminentes cientistas, como se de uma visita ao museu se tratasse – procurando, desta forma, elucidar acerca da sua história (Bybee et al., 1991, Burbules e Linn, 1991). Bybee et al. (1991) sumariam ainda as conclusões provenientes de um conjunto de investigações que revelam a incipiente imagem da ciência que a educação em ciências transmite, por via de uma abordagem empobrecida e limitada que não se coaduna com a sua ampla natureza.

Quanto ao clima de aula, é impregnado de actividades que apenas apelam ao individualismo, fechado à interacção significativa e ao debate (Nielsen e Thomsen, 1990).

Por último, rematamos este sucinto diagnóstico do ensino das ciências, transcrevendo um excerto de uma eloquente comunicação proferida pelo Ministro da Ciência, Mariano Gago:

... do estrado e do aparelho oral do mestre falante para o ar que rodeia as carteiras, do ar para os tímpanos reverentes dos alunos escutantes – segundo as leis apropriadas da acústica e da propagação das respectivas ondas de pressão na atmosfera pesada e magistral de salas de giz e quadro, papel e caneta, alguns aviões de papel, muitos bocejos, conversas cruzadas, alguma preguiça, muita palavra e nenhuma acção concreta sobre essa natureza que a palavra pretende referir mas pudicamente afasta da nefanda corrupção das mãos, dos instrumentos, do olhar contraditório da dúvida e da crítica.

(Gago, 1998, p. 17)

Procuraremos, em seguida, dar atenção aos aspectos atitudinais, sociais e culturais que o ensino das ciências também deverá promover, buscando orientações emanadas da própria ciência, nas suas vertentes histórica e filosófica, e que se encontram na linha da natureza da ciência já discutida na primeira parte deste trabalho.

Contudo, entendemos ser mais coerente e lógico abordar previamente dois itens em que procuramos desmistificar e elucidar um pouco mais alguns dos desígnios da ciência e, conseqüentemente, do seu ensino, para que, numa etapa posterior, possamos concretizar e discutir orientações curriculares e estratégias de ensino.

## **“APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA” – TENDÊNCIA REDUTORA DA CIÊNCIA E DO ENSINO DAS CIÊNCIAS**

As críticas à perspectiva empirista-indutivista do ensino em ciências recaem sobre a promoção que esta faz do mito do “método científico” e surgem na senda da tese racionalista contemporânea já aqui debatida. Das críticas apontadas, destacamos a subversão de que esta tendência educativa era acusada, ao tomar o designado “método científico” como método de ensino.

A suposta idoneidade do “método científico” assentava, por um lado, na sua aplicação mecânica, que fazia a ciência caminhar numa sequência linear, como se o seu crescimento se traduzisse por uma lei evolutiva e, por outro, na suposição de que a sua aplicação serviria diferentes ciências e saberes, segundo um procedimento universal e perene no tempo. A própria didáctica das ciências se fez valer de métodos de investigação predominantemente empiristas, caracterizados pela tentativa de isolamento e controlo das variáveis que influenciam a aprendizagem, susceptíveis de observação e registo quantitativo, concebendo a aprendizagem na pretensa ilusão de controlar tais variáveis, sendo contudo pouco sensível à complexa interdependência das mesmas (Aliberas et al., 1989).

Coincidentemente, seriam estes procedimentos que levariam os cientistas, e agora os alunos, a caminhar das observações para as ideias (concepções científicas). A esta aproximação está subjacente a ideia de que os alunos deveriam “vestir a pele” de pequenos cientistas. Assim sendo, a investigação científica reproduzir-se-ia na sala de aula. A crítica a tal ideia está patente nas palavras de Valente (1980), que sobre a quase exclusividade da vertente metodológica sustenta: “ Método que em jeito de pedra filosofal, se pretende que seja capaz de conduzir à categoria de cientista todo aquele que o aplique sistematicamente” (p.3).

Não obstante o ascendente desta tendência educativa nas décadas de 60 e 70, com honras de modelo didáctico de ensino-aprendizagem denominado *Aprendizagem por descoberta (APD)*, insurgiram-se contra a mesma diversos

autores, dos quais destacamos Ausubel, Novak e Hanesian (1980), contestatários do indutivismo extremo, do escasso enfoque nos conteúdos científicos e da actividade completamente autónoma de aprender a que eram deixados os alunos.

Efectivamente, constatou-se que é apenas ao nível das suas intenções que as virtudes desta tendência educativa se encontram. Como referenciam Hodson (1988) e Gil-Pérez (1993), desejava-se que, através de uma actividade mais íntima e directa com os procedimentos da ciência, os alunos disfrutassem de uma visão mais clara e aberta da mesma, de uma atitude mais positiva face a esta e, por conseguinte, existisse uma maior adesão às disciplinas de ciências no ensino secundário e no prosseguimento dos estudos ao nível superior.

Neste sentido, e apesar do fracasso desta tendência educativa ser atestado por diversos autores (Hodson, 1985; Millar e Driver, 1987), Gil-Pérez (1993) chama a atenção para o valor didáctico da vertente metodológica das ciências e para a inclusão que esta merece nos currícula. Contudo, não deixa de advertir que, enquanto a experimentação for apresentada como representante totalitária dessa vertente metodológica, corremos sérios riscos de distorcer a própria verdade científica.

### ***ADMIRÁVEIS MUNDOS NOVOS: A IDEALIZAÇÃO EM CIÊNCIA COMO PROMOTORA DA CRIATIVIDADE NO ENSINO DAS CIÊNCIAS***

Se, por um lado, nos merece particular atenção a forma com abordamos a componente empírica da ciência na educação em ciências, por outro, existe uma outra vertente da ciência que necessita de ser devidamente valorizada. Referimo-nos à sua vertente idealizada.

Em algumas alturas da produção e do desenvolvimento científicos, esta vertente destacou-se, ao ponto de suplantar a própria investigação experimental, encontrando-se esta lição no próprio historial da ciência. Como exemplo, podemos referenciar a procura, em vão, da ortodoxia empirista que viu ascender

Newton e que, ao tentar apropriar-se da natureza da ciência revolucionária que este anunciava, investia intransigentemente na observação sistematizada e paciente, enquanto esta se alicerçava antes na idealização, na análise matemática e na experiência teoricamente apoiada.

A perspectiva descontinuista kuhniana de *revolução científica*, traduzida numa mudança de paradigma, inspiradora dos *modelos educativos assentes na mudança conceptual* (como havíamos referido no capítulo anterior), não pode ser simplesmente decalcada ou replicada na educação em ciências, pois não se limita a uma mudança nos trâmites observacionais, radicando, antes, num profundo desprendimento dos referenciais epistemológicos vigentes. Tal como Champagne et al. (1980) reforçam, são processos árduos e difíceis, quer para a empresa científica, quer para os alunos.

Kuhn ilustra sucintamente, através da metáfora das figuras da Gestalt, o entendimento que se deve extrair de uma revolução científica: primeiro temos o pato (mecânica newtoniana), depois temos o coelho (mecânica relativista). Tal facto mereceu, de forma contrastante, grande aceitação por parte de pedagogos que, abusivamente, foram para além da mensagem simbólica da primazia da teoria sobre a observação, ou da mente sobre a percepção, elegendo-a como figura emblemática da revolução científica, esquecendo a fragilidade que esta também comporta. À observação não cabe a responsabilidade propulsora da revolução conceptual e epistemológica que as figuras, contraditoriamente, sugerem; daí o criticismo por parte dos filósofos e historiadores da ciência (Matthews, 1994b; Nersessian, 1992, por exemplo).

Scheker (citado em Matthews, 1994b) vai ainda mais longe ao referir que o principal progresso trazido pela física de Galileu e Newton foi a libertação do pensamento das limitações da experiência directa e sensorial: “Los fenómenos directamente perceptibles y medibles son representaciones imperfectas del verdadero orden (ques es) sólo accesible por medio de la idealización” (p.263). Nesta asserção, é conferida à experiência um cariz fortemente aristotélico, o que é corroborado por Koyré (1992) e Kuhn (1989), quando atribuem à experiência e à observação um papel pouco relevante na edificação da ciência moderna,

considerando, inclusive, que as mesmas se assumem como obstáculos ao progresso científico.

A nova mecânica, inaugurada por Galileu e Newton, não é acessível através da observação prolongada; é, antes, povoada por pontos materiais, corpos inerciais, forças interactuantes, que devem a sua existência ao cálculo matemático e geométrico, que não se compadece com o peso residual (embora real) de uma roldana ou do fio que pela sua gola passa, com a existência de atrito e de fricções. Esta mecânica advoga um mundo paralelo, inercial, habitado por gases ideais, inventado a partir da curiosidade que sobre o mundo vivo e dinâmico dos fenómenos recaiu para, desde logo, dele se distanciar (Mach, citado em Matthews, 1994b, p.264). Esta nova física, decorrente da pujante edificação da mecânica newtoniana, é agora enaltecida pela sua consistência lógica, conferindo-se-lhe um estatuto privilegiado e paradigmático de cientificidade e que constituiu o alicerce de uma nova corrente filosófica; o *mecanicismo*, de que antes falava Neto (1995).

Nos finais do século XIX, o seu forte carácter idealizado possibilitou, porém, que esta teoria fosse alvo de contestação proveniente do interior da própria ciência, afigurando-se esta como cúmplice do dealbar da mecânica newtoniana. Mach (1919) posicionou-se como um dos mais acérrimos críticos, apontando a fundamentação das leis de Newton com base em entidades metafísicas, como por exemplo a força, rotulando-as de “obscuridades metafísicas”.

Existe uma clara diferença entre os objectos e eventos reais e os objectos teóricos da ciência. Tal como Matthews (1994b) refere, confundir os primeiros com os segundos é confundir a física aristotélica com a newtoniana.

Esta diferenciação epistemológica está muitas vezes arredada das práticas nas aulas de física (Norris, citado em Matthews, 1994b). Fazendo prova disso, alguns estudos evidenciam que os alunos sustentam que a física, pura e simplesmente, não trata a realidade, fazendo lembrar as críticas anti-científicas que os Românticos teceram na altura à nova ciência emergente, acusando-a de empalidecer a realidade através de um tratamento teórico abrupto e



despropositado, não captando a riqueza do mundo e das experiências que nele podemos vivenciar (Matthews, 1994b).

O ensino das ciências, nomeadamente da mecânica, passará pela legítima e explícita abordagem das idealizações e das experiências mentais, em que o contributo da história e da filosofia das ciências fará todo o sentido, na medida em que as tornará mais humanas, acessíveis e úteis. A capacidade de apreciação e diferenciação da vertente idealizada da ciência reveste-se assim, em nosso entender, de inteira pertinência no ensino das ciências.

### A INVESTIGAÇÃO COMO “DENOMINADOR-COMUM” DAS PRÁTICAS EDUCATIVAS

No início deste capítulo, advogou-se que o ensino/aprendizagem detinha, de uma forma entrosada, aspectos relativos à *natureza da ciência* e à própria *natureza do ensino* ministrado, se bem que a realidade exposta, muito por culpa das estratégias veiculadas pela APD, demonstre a forma pejorativa com que mutuamente infligem distorções e limitações. Não obstante, compartilhamos da posição de Gil-Pérez (1993), que persiste na defesa de uma maior aposta na associação entre a *natureza da ciência* e a *natureza da aprendizagem*, sendo do potencial desta relação que se deverão extrair novos entendimentos educativos.

De posse de tal asserção, remetemo-nos novamente para a vertente da fundamentação epistemológica, de alguma forma revelada por alguns modelos de mudança que anunciavam, para além da mudança conceptual, reformulações do foro metodológico e epistemológico (Duschl e Gitomer, 1991).

As questões levantadas por Burbules e Linn (1991) parecem-nos excepcionalmente adequadas a esta fase do trabalho em que nos encontramos, sendo elas: “What epistemological attitude do we want to foster in students ? In other words, what view of knowledge and discovery will best support the kinds of scientific activities we want students to undertake in science classes and in their lives ?” (p. 230).

No sentido de encontrar resposta para estas recentes exigências formativas e educativas, encetaram-se em diversos países projectos e orientações que, procurando integrar aportes provenientes da história e filosofia das ciências contemporâneas, tentaram dessa forma adequar orientações e estratégias de ensino das ciências, as quais passaremos sucintamente a apresentar.

Em questão não está só a inclusão de *propostas de conteúdo* que combatam o estatuto privilegiado conferido à resolução de exercícios-tipo, convidativos apenas à rotinização de algoritmos, e onde a “fórmula” se afirma como a chave-mestra para aceder ao sucesso na disciplina. Tais estratégias passam também pela abordagem de textos e relatos de grandes cientistas que possibilitem o amadurecimento de conceitos fundamentais (velocidade, aceleração, força, energia, entre outros) que evidenciem a descrição que o autor faz da sua investigação, a sua interpretação, a luta, até atingir uma base conceptual plausível, feita e refeita na íntima relação com a experiência, na selecção das quantidades físicas relevantes a incorporar nas leis, onde os detalhes não foram omitidos, as simplificações não foram ainda possíveis, e a linguagem tem de traduzir novos eventos e ideias (Gabaldini e Rossi, 1993; Stinner, 1989<sup>3</sup>).

Deve também suportar-se na exploração de *casos-limite*, *analogias* e *experiências pensadas* que, como Kuhn (1989) sublinha, detêm uma considerável representatividade das actividades do cientista nos primórdios da ciência dita moderna.

Efectivamente, tais operações são traduzidas numa física de índole mais intuitiva e qualitativa, com forte relação com uma vertente imaginativa e criativa, a qual constitui também um aspecto basilar na descoberta científica. Estão envolvidos aspectos verbais, geométricos, gráficos, que deverão recheiar os conteúdos programáticos das aulas de física (Stinner, 1990), cujo potencial didáctico radica na promoção do desenvolvimento cognitivo de quem o exercita

---

<sup>3</sup> Este autor sugere a leitura de excertos das obras: *De Magnete*, de Gilbert, *Two New Sciences*, de Galileu, pequenas partes da obra *Principia e Optics*, de Newton, *The density of the Earth*, de Cavendish, entre outras.

(Mach, citado em Mathews, 1990)<sup>4</sup>. Como Mathews (1990) refere, e nos importa aqui relevar, não deixa de ser notável que um empirista convicto como Ernst Mach reconheça a importância que as *experiências pensadas* (“*thought experiments*”) tiveram no empreendimento científico.

Tradicionalmente, os conteúdos e a dimensão conceptual surgem como principal preocupação nas estratégias curriculares utilizadas nas aulas de ciências. Não obstante, esta preocupação não deve ser exclusiva, sob pena de cairmos num *reducionismo conceptual* com que a problemática do ensino/aprendizagem das ciências é por vezes tratada (Gil-Pérez, 1994). Procuramos, assim, evitar o espartilhamento que apenas possibilita a emanação de estratégias limitadas e dissonantes da natureza complexa e multifacetada do acto educativo (Shuell, 1987; Linn, 1987).

Tais propostas entroncam num plano mais profundo e holístico que visa a explicitação de *propostas metodológicas*, onde a investigação deverá ser o grande catalisador das aulas de física, decorrente esta ideia da própria responsabilidade que a dimensão metodológica detém no empreendimento científico.

Estas propostas rebatem o protagonismo atribuído às “fórmulas” emanadas do seu extenso corpo teórico e abstracto, ou à “fórmula procedimental” porque se pautam as práticas experimentais, actividades que, em conjunto, ocupam quase exclusivamente as actividades das aulas de física. Procuram inovar, no sentido de contactar com a ciência na sua natureza *processual*, e não tanto com os seus *produtos* (teorias e leis), correspondendo esta última versão, à veiculada pelo ensino tradicional (Johnson e Stewart, 1990). Pretende-se, antes, trabalhar sobre “uma imagem de ciência que não é estanque, parada, envelhecida e feita de verdades definitivas, mas antes viva, dinâmica e com face humana” (Paixão, 1995, p. 38), e que se concretiza na abordagem do seu aspecto privado, que Jenkins (1990) denominou de “*tactics and strategies of science*”. Faz-se,

---

<sup>4</sup> Os exemplos encontram-se nas obras de Galileu, Newton, Huygens, Carnot, Joule, entre outros, e que são ainda assinaláveis na física deste século, através da corrida em frente do raio de luz de Einstein, microscópio de raios-gama de Heisenberg, demónio de Maxwell, ou do gato de Schrödinger.

desta forma, jus à concepção contemporânea de ciência transmitida pela história e filosofia da ciência (Jenkins, 1990) que nos ocupou no primeiro capítulo deste trabalho.

Defendem-se estratégias de “inquiry” que, imbuídas desse espírito investigativo, abrangem, num espectro alargado e flexível, múltiplas actividades propostas pelos diferentes autores, incluindo o tratamento de situações problemáticas abertas (Gil-Pérez, 1993; Burbules e Linn, 1991) e a realização de experiências, dando especial ênfase à formulação de hipóteses e modelos explicativos por parte dos alunos (Burbules e Linn, 1991; Johnson e Stewart, 1990). Em suma, estratégias que aspirem ao desenvolvimento do pensamento do aluno através da aposta no esforço intelectual do próprio (Moreno, 1986).

É também dada liberdade à realização de actividades diversas, como a leitura e análise de textos extraídos de obras produzidas no campo da história e filosofia das ciências (já anteriormente evidenciados), as quais devem reabilitar a perspectiva recreativa da história e do conto (Nielsen e Thomsen, 1990; Solomon, 1991), possibilitando a produção e representação de peças de teatro (Jenkins, 1990; Solomon, 1991).

A aposta parece ser clara na promoção de um ensino que assuma uma visão global e realística da natureza do empreendimento científico, enfatizando-o como uma realização humana (Abimbola, 1983; Cawthron e Rowell, 1978; Solbes e Traver, 1996), constituindo um antídoto à perspectiva impessoal e desumanizada em que o ensino tradicional se tem sustentado.

## **ASPECTOS SOCIAIS E TECNOLÓGICOS DO EMPREENDIMENTO CIENTÍFICO: EM PROL DE UMA CONSCIÊNCIA E DE UMA CULTURA CIENTÍFICAS**

Obviamente que a longa vida da ciência está pejada de exemplos que poderão atestar a importância e a influência das vertentes sociais e tecnológicas

da ciência. No caso particular da mecânica, poderemos, e apenas a título de exemplo, destacar as episódicas desventuras de Galileu com a Igreja, despoletadas pela despromoção que este imprime à Terra, ao atribuir-lhe uma posição igualitária à de um mero satélite que gira em torno do Sol, destituindo-a assim de protagonismo celestial. Tais atritos findaram com a condenação do grande cientista, tendo tal facto tido repercussões contrárias às pretendidas, num período posterior à *Reforma*, visto que católicos, e sobretudo protestantes, se mostravam sensíveis ao desvendar de novos entendimentos e interpretações das passagens bíblicas, para as quais tradicionalmente se aceitava uma leitura literal (Videira, 1998b).

Vale a pena salientar também a mudança de cenário a que corresponde a emigração do fervor científico para Inglaterra e França, com a constituição de novas sociedades científicas (Royal Society e Academie Française, respectivamente), que claramente se demarcavam das sociedades primitivas que então se podiam encontrar em Itália. Naquelas comunidades, onde curiosamente o protestantismo exercia forte influência, um novo espírito vingava, ciente de que, para a administração da ciência, se tornava imperioso reunir esforços, formar alianças com gentes do campo das ideias, do poder económico e político, que alimentassem a prossecução de projectos e investigações que, porventura, muitos rotulariam como subversivos (Deus, 1990).

É nestes contextos sociais e políticos que a ciência vai crescendo, impulsionada por um debate fecundo, protagonizado por proeminentes figuras como Newton ou Pasteur.

Efectivamente, é através das relações que estabelece, que Newton é incentivado a concluir e, posteriormente, a publicar a obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, com que põe termo a uma antiga aposta estabelecida por Wren, Hooke e Halley. Tal aposta visava a possibilidade da demonstração de que uma força variando com o inverso do quadrado da distância conduziria, necessariamente, a órbitas elípticas (Videira, 1998a).

Poderemos ainda, e relativamente à etapa da física anteriormente referida, valer-nos da tese kuhniana, que a proclama de *revolução científica*, realçando, tal como o autor, a inclusão de aspectos sociais e conjecturais na sua génese.

É também no seio da cumplicidade entre a mecânica e a astronomia que o nascimento da ciência moderna embala, sendo inaugurada a vertente tecnológica desta nova ciência através da utilização do telescópio. A este respeito afirma Videira (1998b):

... as nossas percepções sensoriais e directas do Mundo podiam ser substancialmente alteradas por interposição de instrumentos entre as nossas janelas sensoriais e os fenómenos naturais (...) nem as concepções religiosas, nem as concepções filosóficas tinham tido que se ocupar da interposição de mecanismos entre o homem e o Mundo. (p.3/4)

Num contexto mais profundo, é o próprio *meccanicismo* (perspectiva já abordada neste trabalho) que dita as condições de partida para a transformação tecnológica do mundo. A partir da visão imanente de ordem e de estabilidade dos acontecimentos do mundo, que se pode dominar e manipular, vai-se construir o progresso que ganha expressão no pensamento europeu a partir do séc. XVII, especialmente da burguesia, que nele encontra o seu meio de ascensão (Collingwood, 1981).

É pela via tecnológica que a sociedade contribui com a sua participação no empreendimento de uma concepção mecanicista, ao mesmo tempo que se deixa entranhar por ela, estabelecendo-se uma conjuntura que acabaria por precipitar a Revolução Industrial:

O prelo e o moinho de vento, o relógio e o carrinho-de-mão, além de um autêntico mundo de máquinas em uso entre os mineiros e os engenheiros, foram estabelecendo padrões de vida quotidiana. Toda a gente compreendia a origem de uma máquina, e a experiência de fabricar e de usar tais coisas passou a fazer parte da consciência geral do homem europeu. (Collingwood, 1981, p. 14/15)

Fora do âmbito da mecânica, outros cenários se revestem de particular importância, como é o caso da revolução industrial, exemplo paradigmático da relação ciência – técnica, na qual os primeiros motores catapultaram o desenvolvimento da termodinâmica que, posteriormente, retribuiu, na medida em que possibilita a modernização de motores e máquinas térmicas. Outro exemplo encontra-se já neste século, em pleno desenvolvimento da física atômica, com as questões éticas que se levantam acerca do Projecto Manhattan (Jung, 1994; Nielsen e Thomsen, 1990).

Constituirão estes episódios, como tantos outros trazidos pela história e pela filosofia das ciências, testemunhos da inter-relação da ciência com a sociedade e com a tecnologia, enfatizando a própria ciência como fruto da realização humana. Para além disso, serão imprescindíveis à alfabetização em ciências, à formulação de uma consciência e cultura científicas, que a educação em ciências deverá, sem dúvida, colocar ao dispor de todos.

Tais intentos encaixam literalmente no quadro reivindicativo vinculado por dois campos didácticos que neste ponto se intersectam: as *abordagens CTS* e a *literacia científica*. Segundo Solbes e Traver (1996), a forte dimensão social, evidenciada pela história e filosofia contemporânea das ciências, expressa exactamente “las relaciones CTS a lo largo de la historia” (p. 110).

Para Solbes e Vilches (1997), constituem objectivos das *abordagens CTS*, os seguintes:

... conocer la naturaleza de la ciencia, sus logros y sus limitaciones, su carácter tentativo y de continua búsqueda, su interpretación de la realidad, su evolución, sus relaciones con la tecnología y los avances que, conjuntamente, han producido en diferentes ámbitos, comprender cómo se elaboran las ideas científicas, cómo evolucionan, como les afectan el contexto social, económico, religioso, cultural y político en que se derrojan, ser conscientes de la importancia de las ciencias en nuestras vidas, construyendo y utilizando las ideas y teorías en situaciones cotidianas, valorar las consecuencias de los avances en la

modificación de las condiciones de la vida de las personas y del medio  
ambient. (p. 499)

Estariam incompletas estas novas abordagens educativas, se não referíssemos o alcance social da formação do aluno que as mesmas advogam, através da construção de valores de cidadania, que se prendem com a vinculação de competências como a autonomia, o olhar crítico e a tomada de decisões (Bybee et al., 1991; Jung, 1994; Krasilchik, 1990; Manassero e Vázquez, 2000).

A abordagem de aspectos dinâmicos e sociais da ciência é a resposta de uma educação que se pretende de efeito continuado e, por isso, autonomizante, constituindo um valioso legado, na medida em que prepara o indivíduo para uma sociedade extremamente dinâmica e em constante mudança (Krasilchik, 1990), confluindo desta forma com a concepção advogada por Whitehead (citado por Neto, 1995), de uma escola promotora de um conhecimento científico útil e válido.

Em suma, as propostas curriculares reivindicadas ao longo deste capítulo repartem-se pela partilha de uma nova concepção de ciência, prendendo-se com esta a valorização da formação pessoal, no que respeita à aquisição de uma cultura e consciência científicas que cada aluno deverá realizar. Mas estas farão tanto mais sentido se esta educação (alfabetização) em ciências for mobilizada pelo indivíduo em prol da sua intervenção social enquanto cidadão e na procura de soluções para os problemas com que a sociedade se debate.



## CAPÍTULO IV

*“The assessment of teacher’s conceptions (on the nature of science) indicated that they did not possess the desired level of understanding. (...) teachers cannot be expected to purposefully teach what they do not understand.”*

*- Lederman, 1992*

## OS PROFESSORES: FULCRO NA DIFUSÃO DE UMA NOVA IMAGEM DE CIÊNCIA

Numa primeira análise, considerámos o *movimento das concepções alternativas* – MCA, um marco incontornável na didáctica das ciências, pela atenção dispensada ao aluno, ao ponto de fixar nele uma parte considerável da investigação. Posteriormente, numa segunda intervenção, tal movimento veio a ter também repercussões junto do professor. Caracterizando, deste modo, esse movimento educativo como verdadeira força motriz no desenvolvimento da didáctica das ciências, Gil-Pérez (1994) constata, nos finais da década de 80, a transferência da atenção atribuída pela investigação às concepções espontâneas dos alunos, para as concepções espontâneas e epistemológicas dos professores.

Obviamente, e com maior preponderância nas sociedades tecnologicamente mais avançadas, o professor sempre se assumiu como um elemento crucial na aprendizagem dos alunos, quer seja na inclusão de perspectivas históricas e filosóficas das ciências, quer globalmente na implementação de inovações curriculares ou reformas educativas (Shymansky e Kyle, 1992; Balenilla, 1992).

É neste sentido que vai a mensagem de Lewis (1976) quando, na introdução de um capítulo do seu livro, apresenta um excerto do discurso proferido pelo Presidente da Tanzânia da altura, onde este se refere à importância dos professores para o desenvolvimento do país: “ São eles, os professores ... que constroem ... numa medida muito mais vasta e profunda do que aqueles que promulgam leis e regulamentos e pronunciam discursos” (p. 191). Uma discussão que até aqui se tem dedicado a um dos protagonistas do processo educativo – o aluno – seria, efectivamente, limitada e frágil se não problematizasse o outro agente desse processo: o professor.

Foi quase de uma forma imediata e intuitiva que aderimos à tese de que os professores transportam para o exercício da sua profissão ideias, concepções e atitudes acerca das ciências e sobre o ensino e aprendizagem das mesmas, fruto

de anos em que foram alunos. Efectivamente, uma vicissitude da profissão docente consiste no facto de, em diferentes fases da vida, o professor se encontrar nos dois lados de uma mesma realidade: aprender e ensinar. Admitindo tal contingência, caímos num novo pressuposto: as concepções dos professores acerca das ciências afectam as dos alunos.

Da mesma forma, não será tarefa difícil admitir que o modo como os professores entendem as ciências constitua um elemento decisivo da forma como perspectivam o ensino e a aprendizagem, bem como da forma como conduzem as aulas.

O conjunto de argumentos anteriormente apresentados carece, contudo, de aprofundado estudo. Não será prudente desenvolver uma discussão que envolva tais elementos enquanto estes se situarem apenas no plano do pressuposto e da especulação. As suspeitas que estes lançam constituem apenas o ponto de partida para a merecida investigação que se começa a empreender.

Por outro lado, a realidade em estudo pode, igualmente, adquirir contornos mais complexos. Basta para tal que se considere a possibilidade de uma influência em sentido inverso: da prática docente sobre as concepções de ciência dos professores, intensificando-se e diversificando-se assim o tráfego de influências entre a prática pedagógica e as concepções de ciência, na medida em que se esboça uma relação de natureza dialéctica entre ambas.

A própria prática educativa poderá interactuar com tais concepções. É sabido que os professores desenvolvem um conhecimento pessoal e idiossincrático, a que corresponde um estilo singular de ensinar, gerado no exercício da profissão, e que se vislumbra como uma forma de pensamento e acção pedagógica, através da qual o professor transforma a matéria em representações compreensíveis para os alunos. Este conhecimento assenta na reflexão pessoal que o professor realiza, integrando aspectos práticos de dinâmica e contexto das aulas e, como referem Blanco, Mellado e Ruiz (1995), constitui-se como um conhecimento crucial para se ser professor de ciências. Adquire, desse modo, particular relevância conhecer os meandros da relação que

este conhecimento, de índole pragmática, estabelece com o plano das concepções de ciência e sobre o ensino das ciências.

Tendo sido apresentados alguns dos argumentos e aspectos que atestam a legitimidade e pertinência da exploração das concepções de ciência dos professores, e da sua interacção com outras vertentes do conhecimento docente, compreende-se assim que, a dada altura, a investigação didáctica tenha atribuído aos professores a devida atenção, ao ponto de, nos últimos anos, esta problemática se converter num tema prioritário dessa investigação (Mellado, s.d.).

### **CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA DOS PROFESSORES: ECOS DE UM REDUACIONISMO CONCEPTUAL E METODOLÓGICO NA ABORDAGEM DAS CIÊNCIAS ?**

Interessa-nos, numa primeira fase, explorar as concepções, imagens e crenças que os professores detêm acerca da natureza da ciência. Como ponto de partida, referimos uma noção vasta, construída ela própria por aglutinação das noções de *concepção* e de *natureza de ciência*, apresentada por Lederman e Zeidler (1987). A definição resultante corresponde à seguinte: as *concepções de ciência* ou *concepções acerca da natureza da ciência* reportam-se aos *conceitos, entendimentos, crenças ou convicções que se constroem a partir da valoração e assunção de posturas inerentes ao desenvolvimento científico*.

Fiquemo-nos por esta noção vasta que, tal como Abd-El Khalick e Lederman (2000) explicam, é a possível, se atendermos à natureza dinâmica, complexa e multifacetada do empreendimento científico. Segundo estes autores, é apenas ao nível geral que tal noção consegue albergar, em consenso, filósofos da ciência, historiadores e cientistas, assim como educadores e professores de ciências.

Arons (1991), ao procurar clarificar o significado de “*scientific literacy*”, apresenta-o como uma certa consciência acerca da natureza do pensamento

científico, os seus modos de desenvolvimento e validação, as suas limitações e, por fim, o respectivo impacto na história intelectual e social da Humanidade, conferindo simultaneamente uma valiosa achega nesta procura de definição, ao intersectar ambas as noções.

Na tentativa de arrumar tais significados, consideramos que são concepções que se explanam e se clarificam segundo três ramos epistemológicos estratégicos, que Brickhouse (1990) sumariza da seguinte forma: 1) a natureza da construção social das teorias científicas; 2) a relação entre observação e teoria, e 3) a natureza do progresso científico. Descortinando um pouco mais estes pólos de reflexão e formação epistemológicas dos professores, cabe ao primeiro a contextualização e humanização do próprio saber científico, da conjuntura social, política e económica que o restringe, privilegiando determinados caminhos de investigação em detrimento de outros; à discussão do segundo, são temas caros a objectividade científica, as metodologias científicas e a concepção da realidade; ao terceiro, os mecanismos pelos quais os cientistas destronam teorias até então vigentes, limites e futuro das ciências, bem como questões que se levantam do ponto de vista ético em torno da actividade da investigação científica e do suposto progresso e bem-estar que dela advém. De referir que estes constituem pontos que desenvolvemos no primeiro capítulo deste trabalho de dissertação.

### **ANOS 60 E 70: CRITICISMO FACE À DIVULGAÇÃO DE UMA IMAGEM DE CIÊNCIA SIMPLISTA E DISTORCIDA**

Iniciaremos esta parte fazendo uma incursão retrospectiva pelo desenvolvimento educativo e didáctico a que se assistiu na segunda metade do século XX. A opção é deliberada: ainda que o professor não tenha sido inicialmente visado pelos projectos educativos na altura formulados, estes integravam elementos muito explícitos quanto à concepção de ciência a difundir, o que, inevitavelmente, acarretou influências nas suas próprias convicções acerca da ciência. Estas influências nas convicções dos professores, estariam, à partida,

garantidas pela inevitável prática e contacto que com eles (projectos) estabeleceriam mas, sobretudo, e como sublinham autores como Santos (1991), pelo facto de estes terem conseguido uma considerável adesão da classe docente.

Durante estas décadas, procurou romper-se com o que vinha sendo a tradição no ensino das ciências, o qual se baseava fortemente na aquisição de factos e conceitos, sendo o contacto dos alunos com os procedimentos experimentais praticamente inexistente. O ensino deveria agora centrar-se nos aspectos processuais, devendo ser a observação/experimentação a induzir a ideia e a desencadear o conceito. “Eureka” seria, à boa maneira da história episódica de Arquimedes, o fenómeno conceptual que deveria insurgir-se na mente do aluno e seria no intuito da sua concretização que toda a actividade educativa deveria ser mobilizada.

O designado “método científico” passa a ser considerado crucial para a aprendizagem da ciência. O ensino por “inquiry” procura, nesse sentido, simular as etapas da actividade laboratorial do cientista. Como afirma Santos (1991), “na realidade, admitia--se implicitamente um isomorfismo entre o processo de produção da ciência e o processo de ensino da ciência” (p. 31). É neste cenário que se vem a empreender o modelo de aprendizagem – *aprendizagem por descoberta* – *APD*, que perfilha a prática experimental como reveladora e construtora dos conceitos, cabendo aos alunos a procura dos mesmos, assumindo a missão do cientista. Adopta-se, assim, o princípio de que é por via do processamento indutivo da experiência que se edificam os aspectos teóricos e se faz ciência. Subjazem a este modelo perspectivas empiristas/indutivistas que, para além de constituírem uma visão peculiar de encarar as ciências, surgem aqui adoptadas e adaptadas ao ensino das ciências (Santos, 1991).

Retomamos aqui a crítica feita no ponto anterior à *APD*, fazendo-a recair sobre a distorção que tal tendência educativa veiculou, relativamente a alguns aspectos da natureza das ciências.

A partir daqui, muitos foram os casos em que se resvalou para situações e práticas educativas extremadas, nas quais foi conferida dupla importância aos processos experimentais que, para além de serem considerados um meio

privilegiado a partir do qual a ciência avançava, constituíam em si o meio através do qual a ciência, supostamente, se aprende.

De facto, nas décadas de 60 e 70, estas tendências educativas, centradas num empirismo e indutivismo extremos, tiveram forte adesão. Pelo que o ensino do “método científico”, em particular, e o cenário da *APD*, em especial, foram consideradas as tendências pedagógicas de maior projecção na cena educativa da altura (Santos, 1991).

Das críticas que se avolumam quanto à imagem de ciência veiculada, destacam-se a de Hodson (1985), que considera que projectos como o britânico *Nuffield* ou os americanos *PSSC*, *BSCS* e *CHEM* enfatizam, perturbadoramente, a distinção entre factos experimentais observados e factos teóricos,. Quanto ao estatuto conferido às teorias científicas, Hodson (1985) criticava, por a considerar redutora, a tendência marcante em fazer-se equivaler a uma síntese indutiva de resultados experimentais uma teoria científica completamente desenvolvida. Debruçando-se, em concreto, sobre os esquemas *Nuffield*, o autor classifica-os como simplistas, frequentemente inconsistentes e predominantemente indutivistas.

### **O professor à margem dos projectos didácticos elaborados**

Se referenciámos uma linha de investigação de que apenas poderemos louvar as intenções (Hodson, 1988; Gil-Pérez, 1993), uma vez que a sua prática acabou por redundar num fracasso pedagógico incontornável, ao fomentar uma ideologia distorcida do empreendimento científico, também o facto de os programas educativos inspirados na *APD* menosprezarem o professor no processo de ensino/aprendizagem, não poderia deixar antever nada de educativamente frutífero.

Como Lederman (1992) refere, a par dos programas que, nesta altura, visavam melhorar as concepções de ciência dos alunos, outros se empreenderam

em busca do *feed-back* didáctico dos primeiros, para determinar a sua eficácia. Baseavam-se todos na assunção de que a variável professor não seria relevante, isto é, de que o professor poderia promover a compreensão ou estimular atitudes sem ele próprio deter uma correcta compreensão ou postura face à natureza da ciência, bastando para tal que treinasse e dominasse escrupulosamente os programas a cumprir nessas investigações.

Contestando a forma simplista com que o acto educativo implicitamente era encarado, no qual a dinâmica da sua realidade parecia, surpreendentemente, ter esquecido o professor, não tardaria que outros estudos, dos quais salientamos Robinson (1969, citado em Lederman, 1992), passassem a considerar o professor como mediador do currículo, em geral, assim como dos aspectos relativos à natureza da ciência, em particular, considerando-o como variável altamente significativa.

### **Um conhecimento docente desgastado perante a “nova” história e filosofia das ciências**

O cepticismo expresso no item anterior dá lugar à contestação aberta que, na altura, um crescente conhecimento das concepções de ciência assumidas pelos professores propiciara.

Regista-se o engrossar de fileiras de todos aqueles que manifestam o seu descontentamento, através das vozes que se erguem ao exaltar uma justificada aproximação dos professores à história e à filosofia contemporânea das ciências. Em virtude do reconhecimento da existência de posturas epistemológicas subjacentemente desajustadas (empirista/indutivista), que o ensino em geral e os professores especificamente fomentam, diversos autores chamam a atenção para a dissonância entre as posturas dos professores e as emanadas pela história e pela filosofia contemporânea das ciências (Hodson, 1988).

Também Elkana (citado em Santos, 1991) defende uma posição similar, ao demonstrar-se surpreendido com o atraso das convicções dos professores



perante as provenientes da história e da filosofia contemporânea. Embora filósofos e professores de ciências considerem que o principal fim da ciência é a procura de um padrão e de coerência na natureza, os professores e cientistas tendem a favorecer o indutivismo e uma visão instrumentalista da teoria científica, enquanto que os filósofos se inclinam para a rejeição de ambas as posições (Durkee, citado em Santos, 1991).

Lederman (1992) referencia os estudos que, encetados a partir da década de 60 e no âmbito processo-produto (onde a perspectiva cognitivista ainda não se tinha totalmente libertado da perspectiva behaviorista que a tinha antecedido), dão conta de um desajuste e até de uma distorção dos pontos de vistas dos professores acerca da natureza da ciência.

## **A CULTURA CIENTÍFICA – A ESCOLA COMO REFLEXO DA SOCIEDADE**

### **A reprodução cíclica confirmada: professores e alunos imersos na mesma noção desvirtuada de ciência**

Um documento publicado pela Association for Science Education (citado em Hodson, 1991) declara:

... most science teachers, who are themselves products of a science education system that places a high premium on scientific knowledge and pays lip service to the history and philosophy of science, share with many practising scientists a scant understanding of the nature of scientific knowledge. (p. 15)

Já nas décadas de 60 e 70, outras investigações, referenciadas por Lederman e Druger (1985), haviam demonstrado que a compreensão da natureza da ciência por parte dos professores, tal como a dos alunos, evidenciava profundas distorções. Depois do desfasamento revelado pelas primeiras

investigações relativas às concepções de ciência dos alunos, surgem conclusões alarmantes sobre as concepções de ciência detidas pelos professores.

O encaixe e a acção concertados das peças intervenientes nesta temática legitimam que falemos da existência de um mecanismo subjacente a esta última. Referimo-nos à difusão de uma noção de ciência através da escola que permite, no caso particular dos alunos, futuros professores, um fenómeno de retro-alimentação perante tais concepções e crenças face à ciência. Este fenómeno traduz-se, quer pela difusão de entendimentos classificados de indutivistas/empiristas, em virtude da ênfase colocada neste aspecto parcial da actividade metodológica da ciência, quer pela emanação de perspectivas de ciência decorrentes do refúgio no seu corpo teórico.

Estamos na presença de um testemunho claro e inequívoco da reprodução cíclica a que a profissão docente peculiarmente está sujeita: o *reducionismo conceptual e metodológico* que impera na realidade educativa, atingindo ambos os seus protagonistas (professores e alunos) e cujo aspecto cíclico reitera a sua continuidade.

Um estudo mais recente, realizado por Gallagher (1991), evidencia a ampliação do aparelho de reprodução, estendendo-se agora à formação universitária dos professores de ciências, o que nos permite reflectir sobre uma situação que poderemos apelar de *deformação profissional*, se desta forma acedermos ao percurso formativo dos professores de ciências.

Desde logo, é na formação universitária de professores que se podem localizar algumas causas (Solbes e Traver, 1996). Tal como Gallagher (1991) elucida, são também os professores universitários que colocam a ênfase no corpo teórico específico das disciplinas científicas por si ministradas, insistindo num conhecimento *abstracto e fechado*, quase sempre assente num formalismo denso e hermético, propondo-se realizar uma rápida abordagem do vasto corpo de conhecimentos inerentes à disciplina, num tempo que normalmente se revela escasso. Desta forma, compromete-se a integração de uma componente processual que dote esse conhecimento científico de sentido e significância, bem

como se impede que seja dada atenção à aplicação e exemplificação com situações quotidianas.

Também Mellado (1997) caracteriza o ensino ministrado ao nível universitário como *proposicional* e *estático*, justificando a sua imobilidade com base na sua natureza impessoal, e com o facto de os seu conteúdos serem preferencialmente adquiridos por via de materiais audiovisuais e escritos, não necessitando de investimento pessoal para o seu alcance. Do conhecimento recebido no ensino universitário fazem parte o conhecimento científico, o conhecimento psico-pedagógico e o conhecimento didáctico em ciências, captados das diferentes disciplinas que compõem o currículo de formação dos professores. Para além disso, apesar de tratados de forma contingente, estes conhecimentos revestem-se de uma carga académica tal que dificulta a transferência dos mesmos para o plano da prática da sala de aula.

Se levarmos ao extremo uma reflexão sobre esta problemática da formação, podemos encarar, nesta perspectiva, o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido nas escolas, como uma replicação daquilo que sucede no processo de formação universitária de professores.

Senão vejamos: também no ensino universitário as questões processuais de construção e validação do conhecimento são remotas e, algumas vezes, apresentadas de forma abstracta em artigos e manuais que divulgam apenas o "lado público" da ciência. Certamente será também esta a perspectiva de Pomeroy (1993), quando afirma que os futuros professores são ensinados numa perspectiva kuhniana de "ciência normal". Em ambos os campos de ensino, os professores não estão familiarizados com o "lado privado" da ciência. Este é, conseqüentemente, camuflado pela escrita formal típica dos trabalhos científicos no contexto universitário, tal como nos manuais escolares utilizados na escola, se bem que de uma forma mais vincada nestes últimos (Gallagher, 1991).

Acresce ainda dizer que o estatuto que os cientistas/professores universitários gozam na comunidade docente das escolas legitima nestes últimos que, ao ensinar o corpo teórico do conhecimento, actuem em conformidade,

justificando-o, muitas vezes, como “preparação” para o ensino superior em ciências (Gallagher, citado em Gallagher, 1991).

Em síntese, encontramos suficientes evidências para considerar que existe uma acção continuada de um conjunto de factores que promovem a interiorização de concepções e imagens tradicionais acerca da ciência nos alunos (futuros professores), actuando ao longo da formação escolar e, posteriormente, universitária. Para além disso, se considerarmos que estes tornam à escola como difusores/transmissores desses entendimentos acerca da natureza da ciência, podemos, uma vez mais, apelidar tal situação de *reprodução cíclica* ou *retro-alimentação*.

Efectivamente, esta *singularidade* inerente à construção profissional do professor promove a imbricação e sintonia de condicionantes que envolvem uma influência que podemos denominar de *estruturada*, a qual actua de forma concertada, antes, durante e posteriormente à formação institucional do professor. No caso particular da imagem de ciência e da postura epistemológica face à ciência que este forma e transmite, os estudos apontam, por outro lado, para um *desfasamento estruturado* (Gallagher, 1991).

### **A escola inserida num caldo cultural que veicula o estereótipo de ciência**

Professores e alunos partilham ainda um contexto mais amplo que se estende para além da escola: o tecido social em que se inserem fomenta relações, quer ao nível institucional, quer nos múltiplos laços e vínculos interpessoais com que professores e alunos preenchem o seu quotidiano, diminuindo o protagonismo da escola. Devemos estar cientes de que a educação do sujeito apresenta uma componente social que se expressa pela interveniência de padrões culturais e sociais.

As concepções de ciência dos professores são muitas das vezes as emanadas pelo contexto cultural onde os próprios se formaram; daí resulta que, ao serem influentes na construção das concepções de ciência dos alunos,

reforçam a imagem de ciência do domínio público e generalizado (Ariza e Pozo, 1996; Lederman, 1992).

Muitos professores participam na formação e difusão de mitos científicos dominantes na nossa sociedade. O mito do progresso cumulativo da ciência, a assunção desta última como saber absoluto e dos especialistas (cientistas) como indivíduos infalíveis, são os aspectos assinalados por Pórlan (1995). Encaixando-se em tais mitos, temos uma imagem do cientista que, segundo Cawthron e Rowell (1978), é projectada pela educação como “agente livre”, guiado por objectivos tão elevados como o “progresso científico” ou a “objectividade do conhecimento”, “clichés” contra os quais até muito recentemente não tinha sido levantada qualquer objecção.

A escassa incidência da formação inicial e contínua nas concepções de ciência dos docentes, contraposta à poderosa influência do meio escolar, dos meios de comunicação e da linguagem quotidiana, contribui para a construção de uma imagem distorcida das ciências, da actividade científica e dos cientistas, bem como para a formulação de crenças e a mitificação de alguns aspectos da obra científica (Ariza e Pozo, 1996).

Segundo Manassero e Vázquez (2000), estes *canais sociais de transmissão*, encabeçados pelos *media*, são também responsáveis pela falta de diferença estatisticamente significativa entre grupos de professores, estabelecidos segundo o nível educativo a que pertencem e o grau de formação e de exposição à ciência que tiveram no seu percurso formativo. Esses canais promovem a homogeneização de concepções e imagens distorcidas da ciência dentro da própria classe docente, colocando-a, a este nível, em sintonia com o meio social em que se integra.

Relativamente ao poder dos *media*, com especial protagonismo para a televisão, atendamos à forma como Bosetti caracteriza o seu impacto social, à qual, na mesma obra, Karl Popper lhe atribui um “poder colossal ... como se tivesse substituído a voz de Deus” (Popper e Condry, 1995, p. 30). Tal poder é assim caracterizado no excerto abaixo transcrito:

A influência nefasta que exerce sobre os comportamentos, de concorrência que instaura com a família e com a escola, da distorção do debate público, da inflação desmesurada dos mitos e da «vedetização».  
(p. 8)

Actualmente, a divulgação científica realiza-se de forma mais intensa, assumindo-se mesmo como fenómeno cultural. As ciências de hoje esforçam-se por estabelecer relações favoráveis com os domínios que as sustentam e lhes impõem os limites à aplicação de novas técnicas e conhecimentos. Referimo-nos aos meios económicos, políticos e religiosos e, ainda, à opinião pública. A “ciência-cultura”, denominada por Jorge (1996) como “híbrido cultural” dos nossos tempos, é um “entreposto” entre o conhecimento científico e o conhecimento do senso-comum, correspondendo à tradução do discurso científico e à mediatização da ciência junto da sociedade em geral. Aqui encontramos o professor, a par do divulgador de ciência, os quais, no intuito de aproximarem ambos os conhecimentos, correm o risco de infligirem deformações sobre a concepção de ciência transmitida (Jorge, 1996). A este respeito, Jorge (1996) desenvolve o seguinte:

É na zona das “traduções para baixo” que o recurso às metáforas e analogias não controladas se incrementa (...) o rigor começa a diminuir (...) o sentimento começa a intervir (...) É neste plano, numa linguagem carregada da carga ontológica da linguagem natural (...) interpretando formalismos, pondo “coisas” onde só estavam símbolos. (p. 80)

## A TENTATIVA DE CLARIFICAÇÃO DAS CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA DETIDAS PELOS PROFESSORES. O PRIMEIRO SINAL DE COMPLEXIDADE DESTE TEMA

### **Uma ciência positiva-indutiva: imagem ultrapassada ou sobrevivente ?**

Agrupando os resultados das mais recentes investigações que procuram arrumar as concepções de ciência dos professores, de acordo com uma grelha de classificação de posturas filosóficas, trataremos primeiramente as denominadas *tradicionais*, por sua vez desdobradas em algumas das formas de *positivismo* – que se evidenciam tanto ao nível dos professores do ensino primário em exercício (Abell e Smith, 1994; Pomeroy, 1993) ou em formação (Gustafson e Rowell, 1995; Thomaz, Cruz, Martins e Cachapuz, 1996), como ao nível dos professores do ensino secundário, sejam experientes (Benson, 1989; Gallagher 1991; Ruggieri, Tarsitani e Vicentini, 1993) ou estagiários (Aguirre, Haggerty e Linder, 1990; King, 1991; Pomeroy, 1993) e, finalmente, do ensino superior (Dushl e Wright, 1989).

Este conjunto de resultados deixa transparecer a possibilidade da existência de uma vaga remanescente e/ou revivalista que teima em assumir uma ciência linear e desvirtuada.

### *A vertente empírico-indutiva como principal obreira no empreendimento científico*

A ciência é por ela encarada como um evento global de descoberta (Abell e Smith, 1994; Gustafson e Rowell, 1995; Thomaz, Cruz, Martins e Cachapuz, 1996). Os conhecimentos científicos, quando comprovados empiricamente, têm um carácter absoluto e universal. Daqui decorre uma imagem de ciência como produto acabado e não como processo em construção.

Há, supostamente, um método único e universal que escuda o conhecimento da subjectividade – *objectivismo*. Esta pretensa objectividade do conhecimento científico é incompatível com a possibilidade da existência de teorias prévias que guiem a observação, e inflige uma forte limitação à visão da ciência enquanto criação humana (Gallagher, 1991; Abell e Smith, 1994; Gustafson e Rowell, 1995). Este método inclui as seguintes etapas: observação, formulação de hipóteses, experimentação e enunciado de teorias (indutivismo) (Ariza e Pozo, 1996).

### *Estatuto epistemológico superior do conhecimento científico*

Aqui se encontra um conjunto de outros relatos de investigação que consubstanciam uma perspectiva positivista, mas agora em relação ao conhecimento produzido pela ciência.

A visão absolutista do conhecimento representa a ideia monopolizadora de um conhecimento verdadeiro, único e imutável nos conceitos estruturantes, aos quais se deve aspirar e que deverão ser transmitidos na escola (Ariza e Pozo, 1996).

Desde o início da profissão docente, o professor difunde, preferencialmente, o corpo teórico, o que, embora nem sempre de forma consciente, leva a que este inculque na própria mente uma visão poderosa, autoritária, ou até mesmo prepotente desse mesmo corpo teórico (King, 1991). É essa a explicação apresentada por Gallagher (1991) relativamente aos professores experientes. Segundo o autor, os anos a difundir a mensagem do “body of scientific knowledge” favorecem a interiorização dessa visão.

Paralelamente, esta interiorização reverte na crença, íntima e profunda, de que o formalismo, um dos expoentes máximos da objectividade científica veiculada, é a linguagem privilegiada através da qual a ciência se exprime e se ensina. Prova disso, e segundo as palavras de Gallagher (1991), é a atenção, por vezes desmedida, que os professores dedicam à terminologia, ao trabalho de casa



e aos testes de avaliação, em detrimento da compreensão e organização de princípios científicos ou do trabalho experimental feito pelos alunos.

Esta noção de poderio extravasa para um estatuto epistemológico de superioridade do conhecimento científico, especialmente o das ciências experimentais, face ao conhecimento de índole pessoal e quotidiano (Ariza e Pozo, 1996; Gallagher, 1991).

### *A diversidade na relação: constructos científicos e realidade*

Relativamente ao *status* conferido às teoria científicas, Hodson (1991) considera que a educação escolar parece estar balizada entre duas posições extremas. Por um lado, o *realismo ingénuo* (evidenciado por Abell e Smith, 1994; Thomaz, Cruz, Martins e Cachapuz, 1996), segundo o qual uma teoria representa um descrição verdadeira do mundo, uma vez que bebe esse conhecimento na realidade. As entidades que povoam as proposições científicas confundem-se com a própria realidade, apresentando-se a ciência como um legítimo reflexo da mesma (Ariza e Pozo, 1996). Porque os nossos sentidos são limitados e deficientes, podemos ser induzidos em erro, o que nos obriga a reformular esse conhecimento perante novos dados ou novas interpretações.

No outro extremo, surge o *instrumentalismo*, para o qual a descrição do mundo real é feita através de modelos científicos imaginados, surgindo as teorias como ficções convenientes, cujo valor será julgado de acordo com a sua capacidade de previsão e não tanto pela sua validade ontológica.

Denota-se, em síntese, a existência de entendimentos parciais quanto ao empreendimento científico, com preponderância para uma visão *empirista* da construção da ciência, e particularmente *indutivista* quanto à metodologia que lhe está associada (Abell e Smith, 1994; Thomaz, Cruz, Martins e Cachapuz, 1996; Gallagher, 1991). Há, contudo, outras visões mais comedidas, ao reconhecerem apenas que alguns professores deixam transparecer alguns laivos de *empirismo*,

mas cujas posturas se demarcam de um indutivismo ingénuo (Lakin e Wellington, 1994; Koulaidis e Ogborn, 1989).

Estes últimos estudos vão um pouco mais longe, ao criticarem a simplicidade com que se tem atribuído aos professores uma postura positivista-indutivista, que seria apenas tocada em aspectos parciais pelos mesmos. Alertam pois para um panorama de maior complexidade face à tentativa de enquadramento filosófico de tais concepções, pelo que reforçam a necessidade de investimento por parte da investigação neste domínio particular.

### **A evidência de concepções de ciência de cariz contemporâneo**

Contrariamente ao que seria de esperar, apesar de se verificar um aumento da investigação neste campo, os resultados revelam-se ambíguos, quando comparados entre si.

Os estudos mais recentes trazem a lume novos e talvez surpreendentes elementos acerca das concepções de ciência dos professores. Embora continuem a ser detectadas concepções de cariz empírico-indutivista, a sua presença não é exclusiva e é, inclusive, de menor expressão e destaque (Koulaidis e Ogborn, 1989; Pomeroy, 1993).

No cerne da raiz que alimenta tal ambiguidade, encontramos resultados de estudos que evidenciam contradições no seio de tais concepções, reflectindo estas um quadro filosófico pouco coerente e difuso (Mellado, 1996). Outros dão conta da deslocação da tradicional fidelidade dos professores a concepções *empiristas-indutivistas* em favor da adesão a elementos epistemológicos que assentam numa postura *contextualista* (de inspiração kuhniana) (Koulaidis e Ogborn, 1989). Por último, e de maior projecção, a evidência empírica que aponta para a diversidade de orientações filosóficas que compõem as concepções dos docentes a este respeito (Manassero e Vázquez, 2000; Mellado, 1996; Koulaidis e Ogborn, 1989; 1995).

Tais concepções não se revelam de uma forma estruturada, nem estão consistentemente amarradas a uma postura filosófica de ciência que encarne um conjunto particular de conjecturas e pressupostos face à obra científica (Mellado, 1996; Koulaidis e Ogborn, 1989; 1995). Gora-se qualquer expectativa e possibilidade de rotulagem de uma forma imediata e inequívoca de tais concepções, através da associação destas com uma visão filosófica particular, sendo apenas possível identificar tendências ou orientações predominantes (Koulaidis e Ogborn, 1989; Mellado, 1996).

Alguns professores detêm visões ecléticas ou híbridas, no sentido em que, relativamente aos critérios que foram utilizados para caracterizar cada referencial filosófico (metodologia, critérios de demarcação ciência/não-ciência, padrões de desenvolvimento científico, estatuto do conhecimento científico e ontologia), aderem a uma diversidade de aspectos que, por sua vez, são extraídos de distintas referências filosóficas (Koulaidis e Ogborn, 1989).

Também Manassero e Vázquez (2000) se deparam com um cenário semelhante, dado que o seu estudo evidencia a presença maioritária de concepções ecléticas, isto é, concepções intermediárias entre os dois pólos epistemológicos (positivismo e construtivismo social) que presidiram à elaboração dos itens do questionário por si utilizado.

Por seu turno, Acevedo (1994), ao estudar as concepções de ciência dos professores, baseando-se nas dimensões social e epistemológica da ciência, encontra maioritariamente uma mescla que integra opiniões concordantes com as actualmente defendidas, juntamente com outras que denotam um certo simplismo e distorção e que, por isso, contribuem para a sustentação de uma ciência mitificada.

Daí que os próprios autores advoguem que a análise filosófica das concepções de ciência dos professores não deva limitar-se à busca de posições filosóficas totalitárias, que fazem a sua eleição através da exclusão de outras, mas, antes, ser sensível à possibilidade de colecção de elementos radicados em diferentes marcos filosóficos, salvaguardando, desta forma, a representatividade do pensamento do professor.

Contudo, e continuando a utilizar como suporte os resultados destes estudos, a análise que se pretende progressivamente mais cuidada acerca da problemática em estudo, permite-nos só afirmar que, à medida que se abarcam novos elementos, a complexidade vai-se apoderando da condução deste trabalho. A evidência de concepções mais contemporâneas, ecléticas ou relativizadoras face à ciência, não constitui garantia da sua preponderância nas concepções dos professores acerca da aprendizagem dos alunos, ou sobre a prática educativa que o professor implementa na sala de aula.

Estas recentes investigações, que nos informam também da existência de concepções e imagens de ciência consentâneas com as perspectivas de ciência ventiladas pela história e pela filosofia contemporânea das ciências, surgem isoladas, como se de um oásis se tratasse, face ao panorama desolador e monocórdico que reverbera a posse de concepções empiristas-indutivistas por parte dos professores. Este oásis alimenta-nos a expectativa, tornando iminente a miragem de que tais concepções actualizadas teriam repercussões no discurso e desempenho do professor e, extensivamente, nas suas aulas e alunos. Contudo, em terreno monótono e empobrecido, as miragens tendem a ser ilusórias.

### **O AMORFISMO DECORRENTE DO TRATAMENTO DE UMA IMAGEM ESTÁTICA, AHISTÓRICA E APROBLEMÁTICA DE CIÊNCIA**

O desenrolar da investigação acerca das concepções dos professores tende, assim, a refrear a ideia ou a intenção de veiculação de uma imagem de ciência que se identifique com referenciais epistemológicos e filosóficos tipificados. Todavia, e como aliás evidenciámos, a inclinação predominante parece ser de cariz empírico-indutivista.

Porém, há indícios que infligem maior rombo nesta problemática ao revelarem que, para além de entendimentos parciais que, por sua vez, são

tradicionais e desfasados, as concepções dos professores são insipientes, avulsas, pouco estruturadas, construídas num conjunto de posturas filosóficas que revertem numa amálgama pouco coerente, com contradições internas, e sobre as quais os professores não entenderam ser importante reflectir.

Relativamente ao *amorfismo* das concepções de ciência que estas últimas pistas deixam transparecer, este parece constituir a marca indelével deixada pela formação universitária de professores de ciências, assente na transmissão de um conhecimento classificado como *estático, abstracto, proposicional e fechado*, reconhecidamente carente de elementos extraídos do campo da história e da filosofia contemporânea das ciências. Daí que Mellado (1997) e Gallagher (1991) sejam peremptórios ao imputarem à formação responsabilidades na promoção desse *amorfismo*.

Segundo Gallagher (1991), uma vez que a formação académica dos professores assenta numa forte componente científica, esta não deixa espaço para incursões nos domínios da história e da filosofia das ciências; daí que os alunos (futuros professores) não encontrem relevância deste campo no ensino das ciências. Os novos professores chegam, por conseguinte, às escolas com níveis máximos de matéria e um mínimo de reflexão acerca das questões processuais da ciência, replicando à escala escolar os ensinamentos que receberam, secundados por manuais que exacerbam esta tendência tradicional, fomentando um ensino que se revela enciclopédico e formal.

Em virtude do anteriormente exposto, para os professores, a história das ciências resume-se à memorização de nomes e datas, com pouca ênfase na exploração de aspectos sociais e culturais do desenvolvimento científico. Quanto a questões do foro filosófico da ciência, relativas ao seu valor, significado, natureza e propósitos, as mesmas não são preponderantes no ensino e aprendizagem das ciências (King, 1991).

A insipiência relativamente a incursões formativas na história e na filosofia das ciências cria as condições necessárias à germinação, na classe docente, de um estado generalizado de inépcia relativamente a entendimentos e

convicções face à obra científica. Daí que tenhamos encontrado legitimidade para caracterizar tais concepções de *insipientes e amorfas*.

É neste contexto que poderemos entender os estudos que têm apontado as suas baterias de investigação para as concepções de ciência dos professores, tendo encontrado um vazio de testemunhos por parte dos mesmos, os quais, de seguida, passaremos a apresentar.

Segundo Mellado (1996, 1997), é possível reunir um conjunto de investigações que, centrando-se no estágio, nos dão conta de uma ausência de reflexão prévia na natureza e construção do conhecimento científico, a qual leva os futuros professores a cair em "clichés" e contradições acerca da ideologia da ciência (Mellado, 1997). A falta de coerência é, inclusive, o aspecto mais ressaltado, colocando estes resultados a par da investigação de Koulaidis e Ogborn (1989).

Na investigação das concepções de ciência em professores de países latinos, Ruggieri, Tarsitani e Vicentini (1993) ressaltam o carácter implícito e não consciencializado de tais concepções.

Como evidenciam Lakin e Wellington (1994), esta falta de reflexão acerca dos aspectos culturais, morais e filosóficos da ciência é também extensível aos professores experientes.

Segundo King (1991), alguns professores revelam que a história e a filosofia das ciências não fornecem elementos importantes para o ensino das ciências, não lhes despertando grande interesse tais temas. É também esta a evidência encontrada por Lakin e Wellington (1994) e Mellado (1997), afirmando este último: "Science teachers tend to undervalue questions of the philosophy of science because they have never reflected on them" (p. 347-348).

Outros, ainda, revelam a sua ignorância face à forma como a história e a filosofia das ciências podem auxiliar a educação em ciências. Tal ideia é sustentada por King (1991) quando afirma: "clearly ignorance about history and philosophy of science adversely affects science teaching" (p. 140).

Estudos realizados com professores em formação evidenciam que, em termos gerais, os mesmos revelam preocupação e incapacidade quanto à forma

de operacionalizar esta contribuição, nomeadamente a sua inclusão em materiais didácticos, uma vez que a sua formação se revelou carente em aspectos da história e da filosofia das ciências (Abd-El-Khalick, Bell e Lederman, 1998; King, 1991). Solbes e Traver (1996) generalizam a todo o ensino da física esta manifesta dificuldade de transposição didáctica de elementos da história e da filosofia das ciências, uma vez que a sua aplicação se limita à abordagem pontual de biografias, episódios, grandes inventos do ponto de vista técnico ou, ainda, ao desenvolvimento esporádico de alguns conceitos ou modelos que normalmente se dedicam à natureza da luz e à estrutura do átomo.

Projectada tal situação nos anos de carreira, é legítimo especular que o surgimento de concepções ecléticas ou contemporâneas possa reflectir uma aposta, pessoal e deliberada de uma minoria de docentes, em se actualizar na vertente histórica e filosófica das ciências, e aí encontrar conforto para sua curiosidade e necessidade de esclarecimento, ou na expectativa de aí encontrar matéria para as aulas.

Também esta situação encaixa num cenário de deriva, de tratamento aleatório, prova de que o estudo de tais saberes é claramente deixado à livre iniciativa de cada professor (Solbes e Traver, 1996). Se a isto adicionarmos a total liberdade que estes gozam na opção de tratamento escolar, tal especulação concorre para a explicação da diversidade que os resultados sobre a investigação das concepções da natureza da ciência dos professores demonstram.

### **UM DESEMPENHO DOCENTE DESPRETENSIOSO – REFLEXO DO AMORFISMO DAS CONCEPÇÕES E CONVICÇÕES FACE À CIÊNCIA**

Considerando que as concepções e entendimentos que os professores fazem acerca da ciência se repercutem nas actividades e práticas desenvolvidas nas salas de aula, debruçamo-nos agora sobre o estudo dessa repercussão.

É nosso intuito aferir das consequências que o *amorfismo* antes evidenciado tem no desempenho do professor e nas suas práticas lectivas. À priori, apostamos na concretização de dois cenários:

1. O *amorfismo*, com que caracterizámos genericamente as concepções de ciência dos professores, reverte numa intervenção educativa maioritariamente *inócua*, uma vez que não são mobilizados contributos vindos da história e filosofia contemporâneas. Por conseguinte, ao nível explícito, temos por parte dos professores a transmissão assistemática, vaga e maioritariamente involuntária de uma mensagem face à empresa científica. É este cenário que encontra no estado de *amorfismo* com que caracterizamos as concepções acerca da natureza da ciência detidas pelos professores um presumível responsável.

A expectativa de encontrar relação entre as concepções acerca da natureza da ciência e o desempenho do professor na aula dilui-se quase até à insignificância, uma vez que é patente que, nesse desempenho, incorre uma miríade de outros factores que o professor entende serem de maior importância, como é o caso das políticas administrativas e constrangimentos curriculares (Lederman e Zeidler, 1987). Existem ainda constrangimentos conjunturais de várias ordens, onde poderemos incluir as expectativas dos encarregados de educação e da própria comunidade escolar, face às actividades da aula e ao desempenho docente (Benson, 1989; Duschl e Wright, 1989; Mellado, 1997).

Há inclusive professores que, conscientes dessa insignificante repercussão, alargam as causas da mesma à influência de factores de ordem social, como o caso dos *media*. É esta situação que é encontrada por Benson (1989) e Lakin e Wellington (1994), que a descrevem da seguinte forma:

Parents and society also have certain expectations and strong images of science and science teaching which will be hard to break down. The media, for example, portray science as unproblematic, as a certain activity pressing forward in its quest for truth. (...) This portrayal must



inevitably rub off on pupils and parents leading to a perception of science which is in direct conflict with contemporary writing on the nature of science. (p. 187)

Este testemunho ilustra o que havia sido anteriormente referido acerca da influência do meio social e cultural, no qual a escola e todos os seus agentes se inserem. Para além disso, a crescente mediatização da ciência acentua a impregnação de uma visão deformada desta última. É ainda possível verificar que tais aspectos veiculados acerca da ciência são utilizados por professores, pais, alunos e instituições do Estado que tutelam a educação, como critérios de supervisão do desempenho do professor de ciências, ou, ainda, como argumentos de pressão junto do mesmo, o que certamente se repercutirá no seu desempenho.

No caso particular dos professores em início de carreira, para além do desconforto e insegurança evidenciados quanto à compreensão de aspectos da natureza da ciência e da dificuldade da transposição destes aspectos para as aulas, Abd-El-Khalick et al. (1998) identificam um leque apreciável de factores para os quais estes professores atribuem maior importância e investimento pessoais. Estes factores constituem preocupações que se repartem pela sua afirmação enquanto profissionais, pelo domínio da gestão e de rotinas diárias na sala de aula, pela satisfação de alunos e também pelo cumprimento de programas e planificações.

A situação educativa poderá assim ser caracterizada de marasmo, quanto à abordagem de aspectos relativos ao *ethos* da ciência. Mesmo se considerarmos o amorfismo na sua dupla vertente (conforme a definição atribuída), que equivale também à expressão deformada de uma imagem de ciência de cariz positivista-indutivista, a sua ascendência sobre as práticas lectivas parece estar comprometida.

Encontramos um exemplo paradigmático deste cenário numa situação descrita e estudada por Gallagher (1991) e Duschl e Wright (1989). Segundo estes autores, as primeiras aulas do ano lectivo constituíam excepção ao apelo quase totalitário à aprendizagem dos conteúdos teóricos e à memorização de vocabulário científico, uma vez que eram direccionadas para a explicitação do

“método científico”, segundo o preceito de ordenamento das suas etapas. Todavia, durante o resto do ano escolar, nenhuma referência foi feita à metodologia científica.

2. Se atendermos à falta de intencionalidade, que Schibeci (citado em Hodson, 1991) classifica de generalizada, no cumprimento de uma função educativa quanto à natureza da ciência, será legítimo considerar a alternativa de ser no plano implícito que, nas aulas, o professor promove a difusão de valores e informações que de alguma forma sejam utilizados na construção de uma imagem de ciência por parte dos alunos. A este respeito, Hodson (1991) alvitra o seguinte: se a realidade educativa se coaduna com tal interpretação, então serão os aspectos “*unplanned*” dos programas curriculares (denominado currículo oculto), que jogam inadvertidamente um surpreendente protagonismo na mensagem transmitida acerca da natureza da ciência e da actividade científica. O currículo oculto poderá ser o principal factor de influência na construção de uma atitude face à ciência, bem como no recrutamento de alunos para os planos de estudo que sejam de carácter científico. Como o próprio autor ajuíza, “such a state of affairs is regrettable” (p. 19).

Na sua investigação, Abd-El-Khalick et al. (1998) relatam que, mesmo recebendo formação em elementos contemporâneos da natureza da ciência, as repercussões na sua prática educativa são mínimas, redundando na apresentação implícita de alguns destes elementos através de actividades do tipo “*doing science*” ou “*hands on*”, que apenas trabalham aspectos processuais e metodológicos da ciência.

São também os alunos a fornecerem elementos concordantes com esta linha de pensamento. No estudo realizado por Lederman e O'Malley (1990), verificou-se a impossibilidade da maioria dos alunos em identificar as fontes que lhes promovem as imagens e concepções acerca da natureza da ciência. Segundo os autores, tal situação constitui um indicador de um

ensino/aprendizagem de natureza implícita, em relação às concepções de ciência que fomenta nos alunos.

Se ao nível explícito, plataforma onde a grande maioria das investigações tem investido, parece haver alguma disparidade, poderá a mesma significar que é no plano implícito e eventualmente subliminar que, em contexto de sala de aula, se desenrolam os mecanismos propiciadores da difusão de uma imagem de ciência.

Tal assunção acarreta um novo desafio para a investigação didáctica. Será através de uma aposta em metodologias que encarem esta problemática neste novo enquadramento, que se deverá buscar, no plano subliminar e implícito, argumentos que auxiliem a discussão em torno das concepções de ciência dos professores, assim como da sua presumível preponderância na sala de aula.

Ao longo deste trabalho, temo-nos vindo a debruçar sobre a contribuição da história e da filosofia contemporânea das ciências para a construção de directrizes epistemológicas na educação em ciências, assim como para a promoção explícita de aspectos inerentes à natureza da ciência, devidamente salvaguardados em programas educativos a implementar. No que toca ao professor enquanto protagonista de tais implementações, as insuficiências manifestadas neste domínio foram, todavia, por demais evidentes.

## CAPÍTULO V

*“Science teachers tend to undervalue questions of the philosophy of science because they have never reflected on them”*

*– Mellado, 1997*

## **A HISTÓRIA E A FILOSOFIA CONTEMPORÂNEA DAS CIÊNCIAS - ESTABELECIMENTO DE INTERFACES COM DIVERSAS FORMAS DO CONHECIMENTO DOCENTE**

Apresentados, nos capítulos anteriores, os temas que constituem o alvo do estudo empírico que integra este trabalho de dissertação (concepções de ciência dos professores e a abordagem de elementos acerca da natureza da ciência nas aulas) iremos, neste capítulo, apresentar de que forma a história e a filosofia contemporânea das ciências podem contribuir para o conhecimento e a acção educativa do professor. Desta forma, são apontadas ao professor, enquanto protagonista das reformas educativas anteriormente referidas, a necessidade e o benefício de também ele acatar algumas auto-reformas.

### **A FORMAÇÃO CIENTÍFICA: CONTRIBUTO IMEDIATO DA HISTÓRIA E DA FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS**

Pela sua relevância, esta formação constitui uma componente importante do currículo de formação docente distinguida por Dumas-Caré, Furió e Garret (1990). Das competências que se exigem aos professores, o domínio dos conteúdos será, porventura, aquela cuja importância maior consenso reunirá (Furió, 1994).

Diversas são as intervenções que atestam tal importância. Delas destacamos a investigação educativa e os próprios professores que colocam o *conhecimento da matéria* como primeira condição para a promoção de um ensino de sucesso (Duarte e Fontes, 1989). Linn (1987) destaca-lhe a profundidade, pelo que adverte que esse conhecimento não poderá ser apenas adquirido no breve período em que decorre a

formação inicial, enquanto que Gil-Pérez (1991) e Tobin e Espinet (1989) consideram que o domínio do mesmo constitui garantia do voluntariado dos professores em actividades inovadoras ou da implementação, com sucesso, de estratégias curriculares inicialmente acordadas com os próprios professores.

Também os alunos evidenciam considerável sensibilidade ao domínio da matéria por parte dos professores, ao ponto de o considerarem um requisito essencial para a própria aprendizagem (Carrascosa, Fernández, Gil e Orozco, 1991).

Gil-Pérez (1991) sublinha o consenso que é possível estabelecer entre as respostas elaboradas por grupos de reflexão de professores e as considerações provenientes da revisão de literatura didáctica feita pelo autor, relativamente ao que se vislumbra como *conhecimento da matéria a leccionar*. Tal consenso concretiza-se na selecção dos aspectos que, segundo ambas as partes, deverão compor esse conhecimento e que em seguida se apresentam:

- ◆ *Conhecer a história das ciências*, isto é, conhecer os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos, ou seja, a forma como estes se articularam de modo a garantir um corpo teórico coerente, a sua evolução e as dificuldades que se lhes depararam;
- ◆ *Conhecer as orientações metodológicas* empregues na construção dos conhecimentos, isto é, a forma como os cientistas abordam os problemas, bem como as características assinaláveis da sua actividade;
- ◆ *Conhecer as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade* associadas a tais construções; o papel social da ciência, a influência social na tomada de decisões e a acção política na orientação das investigações científicas;
- ◆ *Apreciar a ciência na perspectiva do seu desenvolvimento*, por forma a possibilitar a transmissão de uma visão dinâmica da ciência;

- ◆ *Saber seleccionar conteúdos adequados* que proporcionem uma visão actual da ciência e que sejam exequíveis aos olhos dos alunos e susceptíveis de interessá-los.

Referência aos dois primeiros itens encontra-se também nas palavras de Dumas-Caré, Furió e Garret (1990), quando estes afirmam que conhecer em profundidade uma disciplina implica saber não apenas um conjunto de conceitos, princípios e teorias, como também a dinâmica que terá presidido à construção de tais conhecimentos, as barreiras epistemológicas que foram vencidas pelas comunidades científicas, os problemas que prevalecem sem resolução, as características essenciais que se podem extrair das metodologias e procedimentos empregues.

Uma vez mais, Dumas-Caré, Furió e Garret (1990) coincidem com Gil-Pérez (1991), ao sublinharem que este conhecimento é crucial para a tarefa de planificação realizada pelo professor. Segundo estes autores, tais saberes são fundamentais para o professor seleccionar os conceitos e procedimentos estruturantes do corpo de conhecimentos que tem de abordar e para a elaboração de problemas.

Pelo anteriormente exposto, é notória a integração de elementos provenientes da história e da filosofia das ciências no denominado *conhecimento da matéria a leccionar*. Segundo os últimos autores, esta integração é responsável, em boa parte, pelo aprofundamento de tal conhecimento. Como de seguida abordaremos, o referido aprofundamento constitui apenas a primeira possibilidade de contributo que tais saberes poderão fornecer ao professor.

## **CONTRIBUTOS PARA A FUNDAMENTAÇÃO DE DIRECTRIZES EPISTEMOLÓGICAS FACE AO ENSINO E APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS**

Neste campo, também a investigação tem investido a sua atenção e, uma vez mais, os resultados não possibilitam um cenário claro e inequívoco, quanto às concepções dos docentes acerca do ensino e da aprendizagem das ciências. Também aqui se identificam concepções tradicionais transmissivas relativas ao ensino, que se complementam com uma perspectiva de aluno-receptor de um conhecimento exterior, relativamente à aprendizagem (Balencia, 1992; Gunstone, Slattery, Baird e Northfield., 1993; Pomeroy, 1993; Powell, 1994). Outros estudos apresentam resultados mais diversificados: a par de professores com orientações predominantemente transmissivas, outros concebem o professor como guia e a aprendizagem como um processo no qual o conhecimento pré-existente é um factor a ter em conta.

De forma global, Mellado (s.d.) remata dizendo que naturalmente não se encontrarão versões puras mas apenas orientações dominantes, nas quais coexistem elementos e entendimentos acerca do ensino e da aprendizagem das ciências que radicam em várias tipologias.

Quanto à preponderância de tais concepções na prática educativa, a investigação apresenta disparidade de resultados, dividindo-se entre aquelas que as correlacionam e as que não encontram relação entre ambas (Mellado, s.d.).

No item anterior, colocámos a ênfase na convicção de que a abordagem de elementos da história e da filosofia das ciências poderá actualizar, em alguns casos, e conferir de forma sustentada, noutros, uma imagem contemporânea de ciência, garantindo assim o aprofundamento do conhecimento científico do professor e, por conseguinte, dos conteúdos a leccionar.



Não obstante, a inclusão da história e da filosofia das ciências nos programas de formação inicial e em serviço dos docentes prende-se ainda com outro argumento: os elementos epistemológicos trazidos para o plano da educação em ciências, poderão constituir uma referência para a reflexão e discussão do ensino das ciências e reformas curriculares afins, que à classe docente caberá realizar. Neste sentido, o professor é definitivamente colocado no fulcro da reforma e da inovação educativas.

Segundo Matthews (1994a) e também Mellado (1997), esta constitui a segunda ordem de análise do contributo da filosofia das ciências no ensino/aprendizagem das ciências, alimentando a crítica epistemológica de certos aspectos da educação em ciências e a produção de directrizes neste campo.

No primeiro capítulo deste trabalho, procurámos apresentar uma nova perspectiva epistemológica da ciência, assim como uma imagem actualizada acerca da mesma. No segundo capítulo, estabelecemos sinergias entre essa visão, que podemos classificar de construtivista face à ciência, e o próprio paradigma construtivista que reina na educação. Atestamos desta forma que *a questão epistemológica constitui preocupação transversal neste trabalho*.

Dessa “questão epistemológica” relativa à ciência, há considerações a retirar relacionadas com a forma de perspectivar o ensino/aprendizagem das ciências que, por sua vez, incorre sobre as práticas educativas. É exactamente por aí que pretendemos provocar a reflexão e a discussão em torno do valor epistemológico e educativo que esses contributos, vindos da história e da filosofia contemporânea das ciências, indubitavelmente nos fornecem.

Uma boa parte do espírito de reforma que este trabalho acarreta, é apontada à mentalidade dos docentes (pelo papel decisivo que estes jogam na implantação de quaisquer reformas educativas), sabendo que, para além do aspecto institucional e oficial de qualquer reforma, ela terá que vingar internamente, ou seja, a nível pessoal. A grandeza de tal tarefa obriga a apresentar argumentos em diversas

frentes: fornecendo conteúdos a leccionar, colocando novos horizontes ao ensino e, presentemente, promovendo a reflexão sobre os caminhos epistemológicos que deverão reinar nas aulas e que melhor cumpram a missão de educar em ciências.

O primeiro passo a dar é curto, mas seguro. Radica na oferta de questões epistemológicas que, ao longo deste trabalho, foram sendo tocadas e que entendemos pertinentes para essa reflexão e discussão que os professores deverão realizar. Deixamos, em seguida, uma amostra dessas questões, ainda que, obviamente, não exaustiva.

- ◆ Ainda que se fale da crescente aceitação de que a aprendizagem subordina o ensino (de acordo com a perspectiva construtivista), será que na prática insistimos num ensino prepotente e por isso simplista, na medida em que, pelo seu exercício, se faz bastar no alcance do sucesso educativo?
- ◆ Será que encaramos com naturalidade o fracasso generalizado dos alunos em matérias científicas e, com a mesma naturalidade, lidamos com as expectativas negativas daí decorrentes para os alunos (Gil-Pérez, 1991)?
- ◆ O ensino de ciências de orientação *vocacionalista* de hoje (Popkewitz, citado em Correia, 1999) traduz a escolarização actual que assenta em critérios de eficácia económica (detêm um importante papel na determinação das oportunidades de emprego e de acesso a carreiras), reflexo do carácter económico que a tecnologia conferiu à ciência e, por seu turno, à educação em ciências (Correia, 1999). Deverá este ser complementarizado ou alternado com uma educação de vertente *humanista* ?
- ◆ Qual a possibilidade de concretização dessa orientação humanista, através de um currículo que possibilite a *interdisciplinaridade*? Será a mesma viável através da fundamentação e unificação de processos de ensino, por um lado, e da organização de actividades interdisciplinares promovidas pela história, filosofia, línguas e ciências, por outro (Shortland e Warwick, citado em Izquierdo, 1996)?

- ◆ Qual o peso a atribuir a uma abordagem de ciência de cariz cultural e da fomentação de uma consciência histórica, cívica e ética, as quais, obrigatoriamente, passam pela exploração da natureza da ciência, perante a abordagem tradicional de carácter enciclopédico e formal, decorrente da orientação vocacionalista anteriormente referida? Qual o legado educativo que cada abordagem fornece aos alunos ?
- ◆ Quais os factores que incorrem na difusão de uma imagem desvirtuada de ciência e da sua actividade?
- ◆ Como se poderão concretizar estratégias educativas imbuídas da tese vygotskiana de que o conhecimento científico e o conhecimento de senso-comum se entrecruzam e se desenvolvem dialecticamente ?
- ◆ Que crédito se deve atribuir à possibilidade de apresentar, em regime total ou parcial, uma *abordagem genética* (concordante com a evolução histórica da física) do ensino da física?
- ◆ Que fundamentos deverão estar subjacentes à realização de actividades experimentais nas aulas? Estaremos a ser displicentes na aposta que deverá ter em conta *o pensar* como conteúdo da acção de investigação do aluno e *directrizes metacognitivas* na configuração dessa mesma acção?
- ◆ Em virtude da maior aproximação dos alunos a uma física de índole qualitativa, que relevância deverá ser atribuída à alternativa de se iniciar o estudo da mecânica pela física aristotélica ?
- ◆ Após a apresentação das potencialidades didácticas da vertente idealizada da ciência, através das *experiências pensadas*, *casos-limite* e *analogias*, qual o protagonismo educativo e curricular a atribuir a tais aspectos?
- ◆ Porventura estaremos/continuaremos, “irreflectidamente”, segundo as palavras de Glasersfeld (1991), a apostar numa prática docente que confunde o treino e memorização de padrões de acção (resolução de exercícios através de algoritmos

ou fórmulas) com uma efectiva aprendizagem? fazendo passar a educação em ciências pelo treino em resolução de exercícios científicos (Hodson, 1985) ?

## **O CONHECIMENTO HOLÍSTICO E DINÂMICO ATINGIDO NO SEU ÂMAGO: AUXÍLIO NA CONFLUÊNCIA DA TEORIA E PRÁTICA DOCENTES**

Segundo Mellado (1997), do conhecimento estático recebido na formação inicial fazem parte o conhecimento científico, o conhecimento psico-pedagógico e o conhecimento teórico em metodologias de ensino das ciências. Acautela o autor para o facto de, sendo o domínio destes conhecimentos importante para os professores, este poderá não constituir garantia de que, efectivamente, aprenderam a ensinar.

A estes saberes teóricos, Dumas-Caré, Furió e Garret (1990) acrescentam a experiência profissional prática adquirida no final da formação inicial, como determinante para a profissionalização e constituindo o último elemento deste currículo de formação.

A distinção entre estas duas fontes de conhecimento evidencia a separação criada entre o saber de índole teórico e o proveniente da prática, expondo a bipolarização estabelecida entre teoria e prática. Segundo Dumas-Caré, Furió e Garret (1990), será na forma encontrada para resolver esta clivagem, nomeadamente o grau em que ambos os conhecimentos se fazem relacionar, que reside um importante indicador da qualidade de formação.

Ao debruçar-se sobre o desenvolvimento do desempenho docente ao longo dos anos de carreira, Shulman (1986) considera a existência de um conhecimento que se vai empreendendo, fruto da resolução pessoal que cada indivíduo realiza, integrando elementos teóricos, assim como experiências e vivências que se lhe vão deparando. Na sua construção incorrem conhecimentos de índole teórica, como o

conhecimento da matéria e o conhecimento psicopedagógico geral. No entanto, demarca-se destes pela sua dinâmica reconstruída a partir de significados extraídos do processo de reflexão-acção, proporcionando-lhe mecanismos de actuação face à complexidade da aula, garantindo-lhe especificidade enquanto conhecimento e distinguindo o ensino enquanto profissão. Deste conhecimento fazem parte analogias, metáforas, ilustrações, exemplos e demonstrações, que constituem importantes meios de acção do professor na aula.

É exactamente neste entendimento que Abd-El-Khalick e Lederman (2000) estabelecem uma relação directa entre o conhecimento holístico e dinâmico de Schulman, e o conhecimento de aspectos relativos à natureza da ciência. Segundo estes autores, este último conhecimento providencia o domínio de um vasto leque de exemplos, actividades, ilustrações, explicações, demonstrações e episódios históricos, de valor prático e didáctico evidente. O domínio de tais elementos repercutir-se-á tanto na planificação, como na posse de formas alternativas de ensino, segundo o estilo e o interesse dos alunos.

Também Mellado (1997) evoca esse conhecimento dinâmico quando escreve: "The dynamic component is the most specifically professional" (p. 348). Segundo o autor, este dinamismo surge mais desenvolvido pelos professores experientes, em virtude do seu maior volume de experiências, e integra diferentes componentes do conhecimento numa estrutura única. Caracterizado pela sua abrangência, dinamismo e especificidade, constitui a forma de fazer confluir teoria e prática na construção de um saber.

A abordagem de elementos da história e da filosofia contemporânea das ciências permite desmistificar as concepções de ciência e, simultaneamente, contribuir para o aprofundamento do conhecimento científico e didáctico, o questionamento das práticas, e o desnudar das suas conotações epistemológicas. Procurando a consciência das repercussões daquilo que ensinamos e como

ensinamos, a abordagem de tais elementos constitui uma forma de cercar este confronto entre teoria e prática, para, de seguida, as colocar uma perante a outra e, então, procurar estabelecer pontes entre um saber teórico e a experiência educativa, afim de aí encontrar, de forma sustentada, novas metas para a educação em ciências, radicadas em novas directrizes epistemológicas.

É deste modo que se justifica o seu potencial didáctico, tanto na formação inicial como contínua, apostando numa postura de formação assente na auto-reflexão, capaz de desenvolver um conhecimento holístico e coerente, fruto da mediação que lhe permite gerir a confluência entre estes dois saberes (teórico e prático).

### **AO ENCONTRO DE DIRECTRIZES PARA A FORMAÇÃO DOCENTE**

Thomaz, Cruz, Martins e Cachapuz (1996) sintetizam um conjunto de resultados em que alguns estudos demonstram que os vários anos de ensino formal não providenciam aos alunos a compreensão de aspectos relativos ao modo como se produz o conhecimento científico, enquanto outros possibilitam a mesma conclusão relativamente aos futuros professores de ciências.

A alternativa avançada por alguns insiste em que os professores devem conhecer aspectos relevantes acerca da natureza da ciência e saber como transmiti-los aos alunos (Duschl e Wright, 1989; Manassero e Vázquez, 2000).

Daí que se tenha verificado um avolumar de reivindicações, no sentido de a formação docente incluir aspectos da história e da filosofia contemporânea das ciências, reivindicações essas que podem ser encontradas em diversos artigos, dos quais salientamos Abimbola (1983), Aguirre, Haggerty e Linder (1990), Cawthron e Rowell (1978) ou Mellado (1996). Hodson (1991) referencia um conjunto de autores que defendem que a inclusão de tais aspectos deve surgir tanto na formação inicial como na formação em serviço.

Sendo patente que, desde as investigações pioneiras se procuraram desenvolver programas de formação que combatessem as concepções ultrapassadas de ciência dos professores, é natural que Abd-El-Khalick (2000), Hodson (1991) e Lederman (1992) sublinhem a considerável longevidade de tal intenção formativa.

Por conseguinte, uma formação adequada dos professores de ciências deverá contemplar, além do saber científico (*produtos da ciência*), conhecimento acerca dos *propósitos da ciência*, dos seus métodos, da sua construção e das suas relações com a sociedade e a tecnologia (*natureza da ciência*) (Brickhouse, 1991; Thomaz, Cruz, Martins e Cachapuz, 1996).

Como referem Abell e Smith (1994): “we need to portray richer images of science to these preservice teachers in their science content courses” (p. 485). Deverá esta orientação vingar na formação de professores, para que possamos aspirar a que a mesma chegue extensivamente aos alunos.

Num artigo em que apresentam uma extensa revisão de programas de formação de docentes nesta temática, Abd-El-Khalick e Lederman (2000) estabelecem um ponto de viragem ao demarcarem-se daquilo que consideram ser a tradição da maioria desses programas. Criticam o tratamento implícito da natureza da ciência, que veicula a aprendizagem de aspectos da mesma como sub-produto do ensino, confundindo concepções acerca da ciência com atitudes ou disposições para com a ciência.

Em tais programas, são promovidas actividades que, quando muito, exploram alguns aspectos metodológicos da ciência relacionados com o trabalho experimental, uma vez mais resvalando para situações de aprendizagem semelhantes às preconizadas pela APD. É aliás por aí que justificam o insucesso da grande maioria destes programas.

Segundo estes autores, tanto na formação de professores como na educação de alunos, deverá vingar um ensino explícito quanto à natureza da ciência. A utilização de referências directas ao carácter da ciência deve ser trabalhada em

intíma relação com as matérias científicas, utilizando os seus elementos ora como temas unificadores dos programas e planificações, ora como “fios condutores” da cadência das matérias e actividades a realizar na aula.

Para além disso, consideram que, na educação em ciências, para além do envolvimento de aspectos atitudinais e de “imagem” para com a ciência, o desenvolvimento e compreensão de elementos da natureza da ciência acarretam metas e exigências ao nível cognitivo, devendo ser nesta asserção que, na formação de professores, a abordagem da natureza da ciência deve ser realizada.

Por último, Abd-El-Khalick e Lederman (2000) advogam que na formação de docentes tal abordagem explícita inclua momentos de reflexão sobre esses aspectos da natureza da ciência, assim como da discussão em torno da transposição educativa desses mesmos aspectos.

Como os próprios afirmam,

... any attempt to foster better understandings of nature of science among science teachers should be framed within the context of the content and activities of science, these attempts, nevertheless, should be explicit and reflective. (p. 691)

É na exploração de uma formação docente que se pretende que seja explícita quanto aos aspectos inerentes à natureza da ciência que em seguida apostamos.

### **O contacto com cenários de ciência: caminho privilegiado na formação de docentes**

Na formação docente, torna-se imperioso ir além da mera exposição de novos entendimentos extraídos do sistema histórico-filosófico contemporâneo, uma vez





que esta estaria apenas a perpetuar uma formação que apenas se faz valer da apresentação de mais uma forma de conhecimento estático e externo (Abell e Smith, 1994).

Uma vez mais somos alertados para que a formação relativa ao tratamento de uma imagem de ciência não deva apenas ser feita na tradição universitária do conhecimento externo, uma vez que há evidência que a mesma abordagem académica de aspectos da história e da filosofia das ciências não garante a sua preponderância na prática escolar. Como tal, deverão estes aspectos ser tratados numa configuração prática, desenvolvendo esquemas pedagógicos de actuação, coerentes com a história e a filosofia das ciências, abordados nos cursos e programas de formação (Mellado, 1997).

Na linha de uma formação que inclua aspectos explícitos quanto à natureza da ciência, a situação apela a uma intervenção mais abrangente, o que requer, antes de mais, a preparação de formadores capazes de fazer esta intervenção, bem como de sensibilizar os candidatos a professores a experimentarem a tarefa de construir ciência. Na formação específica inicial deve, por conseguinte, ser proporcionada aos futuros professores a possibilidade de fazer investigação, integrando-os em equipas que trabalhem em universidades ou institutos de investigação (Thomaz, Cruz, Martins e Cachapuz, 1996).

Contudo esta investigação deve ser entendida em sentido lato, incluindo a pesquisa bibliográfica de cenários de ciência do ponto de vista histórico e filosófico. Nesta perspectiva, Loving (1991) assinala a importância da elaboração, conjuntamente por professores e por formadores de professores, de uma fonte didáctica de recurso que inclua leituras e actividades que possibilitem uma adequação das representações de ciência dos professores. Combate-se, desta forma, a dificuldade manifesta de operacionalização das temáticas inerentes à história e à filosofia das ciências nas actividades da sala de aula.

Em suma, procura-se que o professor experimente e, conseqüentemente, assimile, a partir da prática destes possíveis cenários de ciência, competências no âmbito da história e filosofia das ciências que, por sua vez, se convertam em competências didáticas necessárias à implementação de aspectos inerentes à natureza da ciência, na educação em ciências.

### **O confronto com as suas concepções, crenças e práticas lectivas: em busca da acção educativa coerente**

No ponto “*contributos para a fundamentação de directrizes face ao ensino e à aprendizagem das ciências*” ficou patente que o estudo de elementos da história e da filosofia contemporânea das ciências permite, para além dum melhor conhecimento acerca das ciências, o estabelecimento de directrizes relativas ao ensino/aprendizagem da mesma, isto é, de orientações epistemológicas para a educação em ciências.

No caso da classe docente, esse contributo estende-se também à confrontação e discussão das suas práticas, concepções e crenças acerca de como se ensina e como se aprende.

Perante um ensino de ciências pouco sensível para com a dimensão epistemológica, há uma crescente aceitação de que tal situação educativa decorre das insuficiências que nesse aspecto existem na formação inicial e contínua dos professores (Acevedo, 1994; Lakin e Wellington, 1994; Manassero e Vázquez, 2000; Mellado e Carracedo, 1993; Thomaz, Cruz, Martins e Cachapuz, 1996).

Manassero e Vázquez (2000) apontam como caminho para a formação de professores a fundamentação da educação em ciências através da coerência entre elementos da natureza da ciência e as actividades a desenvolver na aula:

... la coherencia entre los contenidos específicos sobre la naturaleza de la ciencia, cargados de valores más explícitos, y los conceptos y procedimientos de la ciencia practicados en el aula (...) todo el currículo, la metodología docente, los materiales y textos, las actividades de aprendizaje, la evaluación y los contenidos de la ciencia deben ser coherentes con las ideas sobre la naturaleza de la ciencia. (p. 206)

Em prol do estabelecimento de conexões entre as concepções sobre a natureza das ciências, do ensino/aprendizagem das ciências e da prática docente, Brickhouse (1991) sugere alterações do sistema de formação inicial de professores através do tratamento *concorrencial* das matérias científicas, teorias da aprendizagem e desempenho docente, em detrimento do tratamento *sequencial* que actualmente vigora.

Relativamente aos professores em exercício, é aqui defendido que, perante a alternativa de uma educação em ciências sustentada na abordagem explícita de elementos da natureza da ciência, desde logo o professor seja levado a confrontar os moldes em que ensina, colocando a sua prática sob análise e discussão.

Como Ariza e Pozo (1996) afirmam, deve ser colmatada uma formação precária em história e filosofia contemporânea das ciências, proporcionando exploração, através do questionamento e da discussão, do conteúdo das crenças que se prendem com a assunção de uma ciência mítica, positivista, para que posteriormente se proceda à sua reciclagem.

Por outro lado, a criação de espaços que tornem oportuno o questionamento e clarificação das concepções e crenças epistemológicas dos professores (Abell e Smith, 1994; Lakin e Wellington, 1994; Mellado, 1997), assim como do seu pensamento espontâneo (Furió, 1994; Gil-Pérez, 1991), constitui o primeiro passo para a génese, nos próprios professores, de concepções e práticas mais adequadas (Mellado, 1997).

### **Cumplicidades com uma formação reflexiva de professores**

O convite à reflexão sobre as concepções e crenças face à ciência, bem como à explicitação dos valores epistemológicos que subjazem à prática docente, é uma exigência que ao longo do trabalho foi recorrente e constitui um apelo à formação de uma meta-consciência por parte dos professores.

Apresentamos razões que vão ao encontro do paradigma de formação que evoca a assunção de uma crítica-reflexiva sobre as práticas, confiando um estatuto ao saber prático e feito na experiência. Segundo as orientações de Nóvoa (1992), devemos trazer ao debate o nosso saber prático, que incorpora estratégias e define objectivos educacionais, expor os entendimentos tácitos, aspectos espontâneos e práticos daquele saber para, em seguida, tentar criticá-los e melhorá-los.

Ao encarar a nossa própria prática docente como matéria-prima em estudo, estaremos a procurar inovar de dentro, ao mesmo tempo que se rebete uma formação que procure munir-se apenas de uma racionalidade técnica, de um conhecimento fechado, sob pretensa ilusão de, assim, estar a garantir uma educação efectiva em ciências, constituindo esta uma das principais reivindicações que Schön (citado em Alarcão, 1996) advogava para a formação de professores.

Como Alarcão (1996) sublinha, esta postura reflexiva distancia-se da matriz científico-tecnológica, que apenas fornece soluções geradas nas mais sofisticadas estratégias que o racionalismo técnico e científico lhe possibilita. Apenas centra as intervenções no domínio da aplicação de conhecimentos assimilados e numa perspectiva de valorização da ciência aplicada.

Em qualquer figurino de formação, é crucial a forma encontrada para resolver a eterna dialéctica teoria/prática. Neste cenário reflexivo, faz-se desequilibrar a balança, ao assumir um conhecimento de natureza fortemente prática. Também este trabalho se solidariza com tais pressupostos, uma vez que, ao advogar a contribuição

da história e da filosofia contemporânea das ciências, que perpassa concepções, crenças, intenções e práticas dos professores, se fixa nas referidas práticas para poder reformar e fundamentar tais concepções e intenções.

Para Zeichner (1993), esta bipolarização tem-se traduzido num desencontro entre a teoria do observador/investigador e a sabedoria prática do professor. Deve, no seu entender, ser reconhecida a riqueza da experiência que existe na prática dos bons professores, reconhecendo-lhes potencial de crescimento interno, em simultâneo com uma relação pedagógica que se procura mais significativa.

*A dinamização de dispositivos de investigação-acção e de investigação-formação*

No tempo actual, em que se aclama a autonomia e o profissionalismo da classe docente, a realidade tende, teimosamente, a inviabilizá-los, na medida em que se rege por políticas que continuam a incidir no controlo e regulação por via de uma lógica administrativa e burocrática. Esta traduz-se na intensificação do trabalho do professor e numa sobrecarga permanente de actividades e de tarefas diárias, levando-o cada vez mais a apoiar-se nos especialistas que lhe fornecem as orientações e os *curricula* (Nóvoa, 1992). Desta forma, e contrariamente ao que temos vindo a difundir, a concepção continua a ser realizada num tempo e num espaço que não correspondem ao lugar de execução (realidade escolar).

A mobilização e o esforço são solicitados aos professores por quem, implicitamente, acredita na sua capacidade para se questionarem, delinearem estratégias de inovação para, segundo Perrenoud (1993), daí poderem partir para a investigação educativa apoiada numa prática reflexiva. Tal solicitação aspira ainda a um objectivo maior, ao afirmar o professor como produtor de reformas e de mudanças, simultaneamente, no seu modo de agir e pensar e no ambiente de trabalho. Tal postura acarreta um claro confronto com a ideologia reformadora da

tutela, que configura a reforma educativa como um processo centralizado de auto-formação, pretendendo assim mudar a escola e os seus actores, a partir de uma relação de exterioridade, vertical e autoritária.

Como refere Hameline (citado em Nóvoa, 1992), a formação passa pela execução de projectos em que a prática reflexiva é componente crucial. A elaboração de tais projectos educativos pugna, por um lado, pelo desenvolvimento profissional, em que se pretende desta forma dar um novo sentido às práticas de formação e, por outro, pela transformação e requalificação das escolas como locais privilegiados de aprendizagem e formação, que perturbadoramente tarda em iniciar-se (Canário, 1993). Valorizando a prática docente e apostando claramente na inovação que esta possa criar, estaremos a dar um importante passo para a mudança da escola que, em unísono, se reclama. Como Nóvoa (1992) sumariza, “ o desenvolvimento profissional dos professores tem de ser articulado com as escolas e projectos” (p.28).

### **Uma formação contínua assente no desenvolvimento pessoal e profissional do professor**

A fundamentação epistemológica das práticas educativas através da história e da filosofia contemporânea das ciências abarca uma formação perspectivada como promotora de desenvolvimento de saberes, convicções e valores, considerando-os como alicerces da personalidade do professor. Surge assim reclamado o desenvolvimento da maturidade do professor (Glassberg e Springthall, 1980; Simões e Ralha Simões, 1997), indo, porventura, ao encontro das suas necessidades, carência e anseios.

Estabelecemos aqui intersecções com uma outra tendência contemporânea da formação de professores, a qual encara o desenvolvimento do professor enquanto

construção entrecruzada da pessoa e do profissional e que, a par da anterior, repudia a exclusividade do racionalismo técnico e científico na produção e formação do conhecimento docente.

Nesta perspectiva de desenvolvimento, simultaneamente pessoal e profissional, pode delinear-se o empreendimento de uma formação contínua, que se verifica durante o tempo de serviço e ao longo da carreira docente e que, perante as carências manifestadas, serve de inspiração à implementação de programas de formação de professores em história e em filosofia contemporânea das ciências. Na verdade, este desenvolvimento não se desencadeia apenas com os longos anos de experiência, como aliás afirma Ribeiro (1997):

“a formação inicial e a formação em serviço (formação contínua) não são mais do que dois momentos de um mesmo processo de desenvolvimento” (p.7).

Cabe à escola e aos professores, associados em centros ou organizações profissionais, participar e intervir na organização e condução destas actividades formativas, para que tais experiências revertam em enriquecimento próprio, individual e colectivo.

## CAPÍTULO VI

*“ a investigação (didáctica) é conduzida  
na perspectiva da pessoa”*

*- Marília Thomaz, 1987*



## **O CONTRIBUTO DA INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA – UM REFORÇO IMPRESCINDÍVEL**

Ao longo do percurso que a investigação didáctica acerca das *concepções relativas à natureza da ciência* tem efectuado, constata-se que o alvo da atenção se tem vindo a deslocar dos alunos para os professores. Assim, passou a proceder-se à auscultação de concepções, crenças e atitudes dos docentes face à natureza da ciência.

Este interesse pelas concepções de ciência detidas pelos professores tem por base duas grandes assunções:

- as concepções de ciência dos professores afectam as dos alunos, pelo que, melhorando as dos primeiros, melhoram-se também as dos segundos;
- esta influência estabelece-se através da prática educativa, isto é, é mediada pelo desempenho docente, pelas actividades e pelo contexto de sala de aula (Lederman, 1992).

Conservando a sua relevância até aos tempos actuais, estas assunções converteram-se em alvos da investigação, ocupando um colectivo recente de investigações da didáctica das ciências. Algumas dessas investigações contribuíram decisivamente para a fundamentação teórica deste trabalho.

Por conseguinte, a par da deslocação do alvo de investigação do aluno para o professor, viu-se alargado o espectro de investigação de tal tema, passando o mesmo a integrar, para além das concepções e crenças relativas à natureza da ciência, o desempenho docente do professor, procurando-se, ainda, identificar as variáveis de

sala de aula tomadas como especialmente relevantes na génese das concepções de ciência por parte dos alunos.

Face às evidências recolhidas a partir da investigação recente, e como anteriormente se referiu neste trabalho, parece não ser possível proceder a uma tipificação das concepções de ciência dos professores, de modo a identificá-las com uma postura filosófica particular.

Com efeito, após uma primeira vaga de investigações que classificavam tais concepções como predominantemente empírico-indutivistas, outras mais recentes evidenciam a existência de concepções algo ecléticas e, de algum modo, heterogéneas. Tais características resultam do facto de estas abarcarem aspectos tradicionais e desfasados, juntamente com elementos contemporâneos a respeito da natureza da ciência.

Para além disso, outro dos aspectos que provavelmente concorrem para a impossibilidade de tipificação das concepções de ciência dos professores, prende-se com a evidência de um certo *amorfismo* dessas mesmas concepções, a par da falta de formação e reflexão acerca da natureza da ciência, por parte daqueles.

No que respeita à projecção de tais concepções na prática educativa (relação destas com a prática docente), a ambiguidade de resultados empíricos permite-nos afirmar, tão somente, que a mesma não é linear nem tão pouco imediata. A abordagem da natureza da ciência encontra-se dificultada pela incapacidade de operacionalização dos conteúdos e actividades a ela referentes por parte dos professores, bem como pelo facto de os mesmos encararem como prioritários outros aspectos, distintos de tal abordagem, acabando estes por determinar as actividades e conteúdos lectivos. Consecutivamente, a veiculação de concepções e imagens acerca da ciência encontra-se à mercê de mecanismos que actuam ao nível implícito e subliminar, mecanismos esses que, por vezes, não são consciencializados pelos professores.

Perante a complexificação destes temas em estudo, é de todo legítima a seguinte conjectura: *a formação de tais concepções por parte dos docentes, assim*

*como a sua transposição para a sala de aula, estão sujeitas a mecanismos mais complexos (indo muito além da sua transmissão directa e imediata), actuando, por isso, a um nível mais profundo.*

Mediante tal cenário, entendemos que esta problemática da investigação didáctica continua a merecer a devida exploração. Constituindo para nós um incentivo, esforçámo-nos para que a realização deste estudo pudesse contribuir não só para o reforço da sua investigação, mas sobretudo para a clarificação de algumas suspeitas e incertezas em que, nesta altura, este ramo da didáctica das ciências parece estar imerso.

### **A PREMÊNIA DA REORIENTAÇÃO METODOLÓGICA: FINS E MEIOS INDISSOCIADOS**

Se, por um lado, a ambiguidade dos resultados empíricos da investigação é, de alguma forma, a consequência do facto de se ter subestimado a natureza intrinsecamente complexa e multifacetada dos temas em investigação, por outro, ela constitui o reflexo de alguma desadequação metodológica, sobretudo da metodologia quantitativa, que até há bem pouco tempo havia.

Tal como noutros saberes disciplinares que vivem da investigação, na didáctica das ciências, o conhecimento produzido é, com efeito, indissociável dos esquemas metodológicos arquitectados para o alcançar.

#### **Alguma limitação evidenciada pela investigação de orientação quantitativa**

A investigação pioneira sobre a natureza da ciência desponta na segunda metade deste século como indicador do grau de sucesso de programas de formação

que visam melhorar as concepções de ciência dos professores, sendo então de forte orientação quantitativa (Abd-El-Khalick e Lederman, 2000).

A elaboração de questionários de escolha múltipla (e por isso forçada) tornou-se, nessa altura, o instrumento privilegiado dessa investigação. A sua aplicação e conseqüente tratamento quantitativo podem ser entendidos como sinal da preponderância que a matriz científico-positivista ainda gozava na produção de conhecimento em muitas disciplinas do saber, das quais a didáctica das ciências é exemplo.

As críticas à dominância desta investigação e ao seu instrumento de estudo em particular são hoje amplamente difundidas. Começamos pelas que relevam as dificuldades inerentes à elaboração e utilização dos questionários. Segundo Koulaidis e Ogborn (1995), na formulação de questões e itens de resposta múltipla, ao invés de tomarem posições explícitas, muitos estudos fazem “colagens” (realizadas pelos próprios investigadores, de acordo com o seu critério pessoal) de diferentes referenciais filosóficos, sem qualquer preocupação de designação explícita e específica da(s) postura(s) filosófica(s) que a(s) consubstanciara(m).

Para além de revelarem alguma falta de consciência face à existência de conflito entre modelos explicativos da ciência, decorrentes das diferentes correntes filosóficas que a pretendem interpretar, a construção de tais instrumentos não contempla a selecção equilibrada de tópicos que cubram todo o empreendimento científico, tais como a metodologia científica; os critérios de demarcação ciência/não ciência; os padrões de transformação da ciência ou o estatuto do conhecimento científico (Gardner, 1996; Koulaidis e Ogborn, 1995).

Assiste-se então à proliferação de um conjunto heterogéneo de questionários, construídos segundo o critério e a vontade de cada investigador, inviabilizando, muitas vezes, a comparação dos resultados (Koulaidis e Ogborn, 1995).

Para além disso, a susceptibilidade de um entendimento distinto de parte a parte, surge como uma limitação intrínseca a tais questionários. Isto é, investigador e inquirido poderão proceder a diferentes interpretações, quer das questões, quer das

respostas, ficando o verdadeiro significado das mesmas altamente comprometido (Akerson, Abd-El-Khalick e Lederman, 2000; Koulaidis e Ogborn, 1995).

Pelo anteriormente exposto, é legítimo concluir que a informação extraída a partir destes questionários é, assim, limitada e dúbia. Tal situação agrava-se quando, a partir desta, se procura categorizar as concepções de ciência dos professores de acordo com um sistema filosófico específico (Akerson, Abd-El-Khalick e Lederman, 2000; Koulaidis e Ogborn, 1995).

Por último, torna-se incongruente o objectivo (tentado em alguns estudos quantitativos), de resumir numa pontuação final (intuito proveniente da tradição positivista), concepções e crenças tão complexas que podem, inclusive, abarcar elementos provenientes de diferentes marcos filosóficos (Koulaidis e Ogborn, 1995).

Ao avolumar deste conjunto de problemas e dificuldades internas que a investigação de inspiração quantitativa parece não conseguir resolver, outras se lhes juntam, ressaltando da própria realidade sob estudo.

Como dissemos no início deste capítulo, surgiram, muito recentemente, indícios empíricos que apontam para a natureza *imatura* e *heterogénea* de tais concepções, assim como para o seu carácter *implícito* e *não consciencializado*. Consequentemente, surge assim um certo desfasamento entre tais indícios e uma investigação que procura, através do uso preferencial de questionários, proceder a uma *categorização* e *generalização* das concepções dos professores. Se, por um lado, a categorização pressupõe o franco desenvolvimento de tais concepções, por outro, o estabelecimento de generalizações é adequado desde que haja garantias de uma certa homogeneidade dessas mesmas concepções. Como se acabou de referenciar, há provas empíricas que apontam no sentido contrário desses pressupostos, revelando uma certa desadequação das metodologias de pendor quantitativo.

As críticas que anteriormente apontámos, determinam, segundo os seus detractores, a impotência e o colapso desta orientação metodológica, perante o carácter complexo e multifacetado do tema em estudo.

Contudo, e como Abd- El- Khalick e Lederman (2000) criticam, alguns investigadores da actualidade insistem na reutilização de questionários oriundos das investigações pioneiras, os quais, como anteriormente se apurou, acabam, na sua opinião, por se revelar obsoletos.

### **O redimensionamento da investigação: os fins justificam novos meios**

Como foi dado a conhecer no item anterior, a insatisfação gerada no seio deste ramo da investigação em didáctica das ciências impeliu a sua comunidade para a análise introspectiva dos meios que possibilitam esses conhecimentos e, por inerência, para a sua crítica e reformulação.

Nesta sequência, o crescente reconhecimento do desfasamento metodológico forçou a sua reorientação, obrigando a que se procurassem novos caminhos de aproximação e de estudo deste tema. Assim sendo, enveredou-se por uma outra linha de investigação, a qual passou a contemplar a dimensão qualitativa (Lederman, 1992; Mellado, s.d.).

O desenvolvimento de técnicas de investigação a partir de metodologias qualitativas (responsável por boa parte dos indícios empíricos que no item anterior foram referenciados) prende-se com a necessidade de se partir para a exploração dos significados e interpretações que os próprios professores possam produzir, relativamente às suas concepções acerca da natureza da ciência. Por conseguinte, as abordagens terão que ser interpretativas e subjectivas, respeitando as idiossincrasias dos sujeitos e atribuindo maior protagonismo ao professor enquanto fornecedor de dados empíricos.

Assiste-se, assim, a uma crescente elaboração e aplicação de estudos de orientação qualitativa, traduzidas, sobretudo, na realização de estudos de caso, integrando instrumentos de recolha de informação como a entrevista, a observação de aulas e a análise de materiais de trabalho produzidos pelo professor.

Nesta altura, convém advertir que não menosprezamos o contributo que a investigação quantitativa tem oferecido, reconhecendo, inclusive, que este se expressou na clarificação dos aspectos macroscópicos das concepções dos docentes acerca da natureza da ciência, isto é, na identificação das suas *tendências predominantes* (concepções desactualizadas de pendor empírico-indutivista).

Face ao anteriormente exposto, não nos move qualquer intenção de reacender tensões entre os paradigmas quantitativo e qualitativo. Embora a didáctica tenha sido, desde sempre, um campo marcado pela polémica entre essas tradições de investigação, há que reconhecer que estas acarretam uma diversidade de perspectivas quanto às metodologias e às técnicas de investigação utilizadas na pesquisa em contexto educativo. Não obstante, importa sublinhar que esta diversidade não é pejorativa, mas antes, a condição necessária para se estabelecer a complementaridade e alguma cooperação metodológicas. Estamos em crer que a complementaridade será a consequência que, maioritariamente, se fará sentir, o que não exclui a hipótese de uma pontual divergência de resultados.

A propósito desta pretensa polémica, é com agrado que registamos o empenho de Manassero e Vázquez (2000) em minimizarem a sua dimensão. Estes autores referem a inexistência de uma clara diferenciação entre ambas as tradições metodológicas, ou a prevalência de uma sobre a outra, apontando, em ambas, a existência de pontos fortes e pontos frágeis, vantagens e inconvenientes.

Serve esta última reflexão para apoiar a posição que de seguida apresentamos. Uma vez indicados os contributos e as limitações que os estudos de orientação quantitativa demonstraram sobre a temática em causa, é chegado o momento de as metodologias de pendor qualitativo “mostrarem serviço”, complementando as evidências conseguidas pelas primeiras investigações.

Os recentes estudos de orientação qualitativa levantaram o véu que escondia a dimensão complexa e multifacetada das concepções de ciência dos professores, bem

como da transmissão implícita e subliminar da mensagem acerca da natureza da ciência nas suas aulas, denotando capacidade para a sua análise.

Da reflexão exigida, parecem não restar dúvidas quanto à adequação da investigação qualitativa, no que respeita à exploração dos processos de pensamento e de acção dos professores. Esta investigação surge, assim, como alternativa a uma vaga de estudos quantitativos, a qual como anteriormente referimos, deu alguns sinais de fracasso e limitação.

Todavia, dentro dessa matriz qualitativa, é necessário desenvolver técnicas que sejam especialmente dotadas para buscar, tanto na complexidade da mente como na prática implícita, novos elementos que, por sua vez, tragam alguma luz à discussão de resultados.

### **A PERTINÊNCIA DE UMA METODOLOGIA QUALITATIVA DE ORIENTAÇÃO KELLIANA**

Suportando-nos nos estudos mais recentes e acabados de mencionar, é com legitimidade que encaramos, essencialmente num *plano implícito e não consciencializado*, a existência das concepções e crenças dos professores. Por sua vez, o *amorfismo* e a *heterogeneidade* surgem como características (em alguns casos, dominantes) evidenciadas por esses estudos. No seu conjunto, estas características permitem classificar a realidade em estudo como sendo complexa e multifacetada.

Por conseguinte, a metodologia aqui adoptada teria que assumir esse plano e essas características como *premissas metodológicas*. Nesta sequência, importa agora encontrar um substracto teórico que lhe alimentasse tais assunções.

A perspectiva psicológica de George Kelly, ao colocar a ênfase na relatividade do conhecimento, bem como no esforço e protagonismo do indivíduo na



construção do seu próprio conhecimento, oferecia-nos tal substracto teórico. Com efeito, a *teoria das construções pessoais* de Kelly surgiu-nos como alicerce teórico para a metodologia empírica escolhida, assim como para a técnica de investigação que adoptámos<sup>5</sup>.

Ao sublinhar a formulação de uma teoria pessoal e implícita por parte do indivíduo, a qual lhe condiciona o julgamento e a acção, a teoria de Kelly possibilita que, na sua adaptação ao contexto da investigação empírica que aqui pretendemos realizar, se elabore uma técnica que procure “remexer” no âmago das suas estruturas e convicções, explorando os significados e interpretações que os próprios professores possam produzir. Desta forma, alcança-se o objectivo de se assumir, por inteiro, o plano *implícito e não consciencializado* que, relativamente às concepções de ciência dos professores, foi indiciado pela recente investigação.

Deste modo, suscita-se, através da verbalização de constructos, o desnudar de concepções e associações sobre determinado tema que, no nosso caso, se situa nas concepções de ciência dos professores. Tomando nossas as palavras de Thomaz (1987): “a investigação é conduzida na perspectiva da pessoa” (p. 128). Desta forma, cumpre-se a abordagem interpretativa e subjectiva que anteriormente referíamos, conferindo-se grande protagonismo ao professor enquanto fornecedor de dados empíricos.

Por outro lado, aspectos evidenciados pela recente investigação, como são o caso do *amorfismo*, da *heterogeneidade* e da *incoerência*, podem ser interpretados à luz de algumas noções basilares da teoria kelliana, como são o caso da *variabilidade interpessoal*, da *idiosincrasia* e da possibilidade de existência de *incoerências conceptuais* no(s) sistema(s) de constructos do indivíduo.

Desenvolvendo esta possibilidade de interpretação, verificamos que a *heterogeneidade* pode encontrar fundamento nas noções kellianas de *variabilidade interpessoal* e *idiosincrasia* do sistema de constructos do sujeito. Estas noções

---

<sup>5</sup> Pela importância que esta teoria detém na fundamentação da técnica de investigação utilizada neste estudo, as transcrições de excertos da mesma encontram-se destacados do restante texto.

encontram-se, de forma muito objectiva, expressas no *corolário da individualidade*, sendo aí sustentado que:

Persons differ each other in their construction of events. (Kelly, 1963, p. 38)

Segundo Kelly, a idiossincrasia constitui condição fulcral para se estabelecerem diferenças interpessoais. Na reflexão que realiza acerca destes aspectos da teoria kelliana, Neto (1995) afirma que estas diferenças interpessoais estão assentes tanto na forma distinta com que os fenómenos relativos a um mesmo acontecimento são captados, como também, no tratamento cognitivo a que estes estarão sujeitos.

Debruçando-se sobre o processamento cognitivo do indivíduo, Kelly sustenta que os constructos se agrupam em sistemas ou sub-sistemas, nos quais foram minimizadas as inconsistências ou incompatibilidades. No topo desta organização hierárquica dos sistemas cognitivos, os constructos tendem a ser substancialmente abstractos e representativos da identidade do indivíduo. Tal ideia concretiza-se no denominado *corolário da organização*, quando o autor escreve:

Each person characteristically evolves (...) a construction system embracing ordinal relationships between constructs. (Kelly, 1963, p. 39)

Pelo anteriormente mencionado se sublinha que esta organização cognitiva resulta de uma estruturação hierárquica, pessoalmente estabelecida por cada sujeito, perspectiva que coloca este último corolário em estreito relacionamento com o primeiro.

Na continuação da posição que aqui procuramos estabelecer, a evidência de concepções classificadas como *incoerentes* ou *difusas* poderá encontrar fundamento teórico no *corolário da fragmentação*. Neste argumento, Kelly reitera que o sujeito

pode tolerar, de forma natural, incoerências ou inconsistências na sua estrutura cognitiva.

Acerca deste corolário Neto (s.d.) acentua que “a coexistência num mesmo indivíduo de vários sub-sistemas de constructos autónomos dá a esse indivíduo a possibilidade de tolerar para o mesmo fenómeno, interpretações diversas e até contraditórias” (p. 178).

Cumprida a apresentação da teoria kelliana enquanto base de fundamentação e explicação que proporciona à realidade em estudo, partiremos, de seguida, para a fundamentação da metodologia utilizada e, mais concretamente, da técnica de investigação com suporte nesta teoria. Sob orientação desta última, ficará a elaboração de uma técnica que não só evidenciará capacidade para explorar, mas também para aprofundar a existência desses aspectos (*heterogeneidade, amorfismo, incoerência*) nas concepções dos professores acerca da natureza da ciência, assim como dos mecanismos subjacentes à formação das mesmas.

Em suma, perante a natureza complexa e multifacetada da problemática em estudo, a investigação em curso deverá, em consonância, munir-se de argumentos e técnicas que lhe permitam lidar com tais aspectos. Parece-nos, assim, ter ficado patente neste ponto, tal como esperamos que fique no próximo, que a teoria kelliana demonstra potencial para conferir esses argumentos e essas técnicas.

## **ASPECTOS ORGÂNICOS DO ESTUDO EMPÍRICO**

Importa recordar que a problemática em estudo se divide em duas realidades que se relacionam, correspondendo a primeira às concepções sobre a natureza da ciência dos professores e a segunda à abordagem de elementos acerca da natureza da ciência nas suas aulas.

No âmbito deste estudo, considerou-se que, pela dimensão que esta problemática detém, a investigação em conjunto de ambas as realidades implicaria uma divisão de esforços e, conseqüentemente, um risco da sua análise se verificar apenas a um nível superficial. Assim, houve necessidade de estabelecer limites e de fazer opções. Deste modo, realizou-se um maior investimento no estudo das concepções dos professores (primeira parte) traduzindo-se num maior número de profissionais entrevistados, em desfavor da análise das suas aulas (segunda parte), onde apenas foram observados quatro professores.

### **Parte I – Estudo descritivo das concepções de ciência dos professores**

Continuando a fundamentar-nos em elementos estruturais da teoria kelliana para a elaboração deste estudo empírico, passamos ao contributo que esta oferece à técnica de investigação e, mais concretamente, ao principal instrumento de investigação utilizado.

Segundo Kelly, o pensamento humano é essencialmente dicotómico. Cada constructo condensa, em si, semelhanças e, simultaneamente, contrastes entre as realidades que representa. Assim sendo, o significado de determinado constructo é construído com base na tensão entre pólos opostos.

Esta perspectiva kelliana concretiza-se através do *corolário da dicotomia*, que sustenta:

A person's construction system is composed of a finite number of dichotomous constructs. (Kelly, 1963, p. 59)

Um outro corolário, designado *corolário da escolha*, define, em íntima relação com o primeiro, a forma como o sujeito operacionaliza e resolve esta bipolarização inerente à própria natureza dos constructos. Segundo as palavras de Kelly:

A person chooses for himself that alternative in a dichotomized construct through which he anticipates the greater possibility for extension and definition of his system. (Kelly, 1963, p. 59)

Assim sendo, e segundo as palavras de Kelly, esta bipolarização é assimétrica, uma vez que se encontra deslocada em torno do pólo que manifesta maior adequação para compreender a realidade, seja pelo maior potencial para antecipar os seus acontecimentos, seja pela maior organização que confere à sua teoria pessoal.

É de crer que ambos os corolários anteriormente apresentados presidiram à elaboração da técnica de investigação (denominada, na versão original por *Reportory Grid*), a qual Lakin e Wellington (1994) utilizaram para a exploração das concepções de ciência dos professores. Segundo estes autores, esta técnica manifesta capacidade para aceder ao sistema de constructos pessoais do sujeito, razão pela qual a adoptámos neste estudo.

Não obstante, houve também necessidade de proceder a algumas adaptações. Das três fases que originalmente a integravam, apenas as duas primeiras foram realizadas. Tal opção prendeu-se com o facto de entendermos ser de menor importância o objectivo que assiste à utilização dessa última fase. Da análise do estudo que estes autores realizaram, a última fase – *construção e utilização de uma grelha de relatório (use of a reportory grid)* – permite estabelecer uma “média” relativamente às concepções dos professores (*‘average’ teacher*, segundo designação dos autores).

Sendo este estudo de orientação qualitativa e tendo sido preparado para lidar com a subjectividade e a idiosincrasia, considerámos que o intuito de estabelecer um perfil médio relativamente a tais concepções denotaria pouca relevância, pelo que optámos pela sua não inclusão.

Assim sendo, esta primeira parte do estudo, que apresenta como intuito a exploração das *concepções, crenças e imagens da ciência apresentadas por alguns professores*, foi efectuada através de uma entrevista repartida em duas fases:

1. Extracção de constructos (*elicitation of constructs*)
2. Graduação de constructos (*laddering of constructs*)

#### *Extracção de constructos face à natureza da ciência*

Tendo assumido uma função preparatória da entrevista, esta fase baseou-se na realização de uma tarefa inicialmente solicitada ao entrevistado. A mesma, consistia na selecção de duas *áreas de conhecimentos*<sup>6</sup> pertencentes a cada *triade de áreas de conhecimentos* apresentada (a lista reunia um total de 19 tríades, tendo sido adaptada do estudo realizado por Lakin e Wellington, 1994). As *ciências*, sendo o domínio do saber que particularmente nos interessava estudar, encontrava-se presente em qualquer uma das tríades.

Como não poderia deixar de ser, nesta técnica de investigação, a escolha dos elementos que compunham as tríades foi feita de acordo com a problemática em análise. No caso particular deste estudo, esses elementos são *áreas de conhecimentos*.

---

<sup>6</sup> Por *área de conhecimento* entende-se *domínio de saber* numa perspectiva epistemológica (mais abrangente) e não numa perspectiva curricular ou disciplinar (mais restrita).

O quadro seguinte corresponde à lista de tríades apresentadas:

Quadro 1. *Lista de áreas de conhecimentos utilizada na extracção de constructos relativos à natureza da ciência*

1. Ciências	Língua Portuguesa	Literatura Portuguesa
2. Ciências	Matemática	Língua Portuguesa
3. Matemática	Ciências	Tecnologia
4. Ciências	História	Língua Estrangeira
5. Literatura Portuguesa	Geografia	Ciências
6. Artes	Religião	Ciências
7. Desporto	Economia	Ciências
8. Informática	Desporto	Ciências
9. Sociologia	Língua Estrangeira	Ciências
10. Filosofia	Ciências	Artes
11. Psicologia	Ciências	Língua Estrangeira
12. Artes	Ciências	Tecnologia
13. Des. Pessoal e Social	Ciências	Língua Estrangeira
14. Finanças	Ciências	Artes
15. Música	Ciências	Artes
16. Comunicação Social	Ciências	Literatura Portuguesa
17. Artes	Ciências	Língua Estrangeira
18. Astrologia	Religião	Ciências
19. Artes	Ciências	Astrologia

Com a finalidade de garantir a compreensão do suporte de trabalho (lista), foram previamente efectuados alguns esclarecimentos acerca do significado dos seus constituintes, esclarecimentos esses que apresentavam o seguinte conteúdo:

- As *áreas de conhecimentos* deveriam ser encaradas exactamente como domínios do saber abrangentes, não correspondendo necessariamente a conhecimentos de âmbito curricular ou disciplinar leccionadas nas escolas.
- Por *ciências* entendeu-se ciências físico-naturais.

De igual forma, foram transmitidas algumas informações relativas à tarefa solicitada, as quais passamos a descrever:

- A realização da tarefa não deveria ser encarada na perspectiva de um teste ou exame escrito, uma vez que as respostas não estariam sujeitas a correcção, nem o desempenho do sujeito a uma classificação quantitativa.
- Não existiria limite de tempo para a realização da tarefa.
- Para cada uma das 19 tríades de conhecimentos apresentadas, o entrevistado deveria sublinhar os dois conhecimentos que, em sua opinião, se assemelhassem entre si e se afastassem do terceiro.
- Por cada associação efectuada, era ainda solicitada, numa breve justificação, a principal semelhança que considerasse existir entre ambos os conhecimentos sublinhados e, simultaneamente, os afastasse do terceiro.

Este tipo de tarefa, (denominada por Stewart e Mayes (2000) como *two-against-one process*) teve como função induzir o entrevistado a estabelecer, por escrito, noções bipolares entre conhecimentos.

O quadro seguinte apresenta a informação produzida por um dos entrevistados (professor A), relativamente à tarefa que lhe foi solicitada:



Quadro 2. *Informação resultante da tarefa solicitada ao professor A*

Nº da tríade envolvida	Áreas de conhecimento associadas	Justificação da associação estabelecida
1	Líng. Portuguesa – Literatura Portuguesa	Utilizam formas de conhecimento não objectivo
2	Ciências – Matemática	Estudos rigorosos e precisos
3	Ciências – Tecnologia	A Tecnologia baseia-se nos conhecimentos da ciência
4	Ciências – História	Relação de dependência entre estas áreas: uma necessita da outra
5	Geografia – Ciências	Relação de dependência entre estas áreas: uma necessita da outra
6	Artes – Religião	Formas de conhecimento não objectivo
7	Economia – Ciências	Economia é uma forma de ciência
8	Informática – Ciências	Relação de dependência entre estas áreas: uma necessita da outra
9	Sociologia – Ciências	Relação de dependência entre estas áreas: uma necessita da outra
10	Filosofia – Artes	Formas de conhecimento não objectivo
11	Psicologia – Ciências	A Psicologia também é uma ciência
12	Ciências – Tecnologia	A Tecnologia baseia-se nos conhecimentos da ciência
13	Des. Pessoal e Social – L. Estrangeira	Formas de conhecimento não objectivo
14	Finanças – Artes	Formas de conhecimento não objectivo
15	Música – Artes	Ambas são formas de expressão
16	C. Social – Lit. Portuguesa	Formas de conhecimento não objectivo
17	Artes – Ling. Portuguesa	Formas de conhecimento não objectivo
18	Astrologia – Religião	Conhecimentos não objectivos e não rigorosos
19	Artes – Astrologia	Conhecimentos não rigorosos

A partir desta bipolarização, conseguida através da associação entre as ciências físico-químicas e outros conhecimentos, assim como dos argumentos que consubstanciaram tais associações, o entrevistador seleccionou o que poderemos denominar como um *esboço* dos primeiros constructos acerca da natureza da ciência detidos por cada professor, sendo este esboço constituído pelo que de mais representativo foi proferido pelo entrevistado. A selecção da informação considerada de maior significância e representatividade no que toca às concepções de ciência dos professores, assentou nos seguintes critérios:

*Critério 1.* Na maior frequência com que determinada(o) associação/argumento foi utilizada(o) pelo entrevistado (sendo essa frequência assinalada com o sinal vezes «x» seguido do número que traduz essa frequência) e/ou;

*Critério 2.* Numa maior clarificação que essa associação/argumento possibilitou em relação ao que pertence ao âmbito das ciências físico-químicas e/ou;

*Critério 3.* Na maior ênfase com que essa(e) associação/argumento foi proferida(o) pelo entrevistado.

Por conseguinte, a escolha dos itens que integraram o *esboço de constructos* de cada professor foi feita segundo a aplicação dos critérios anteriormente mencionados (Quadro 3). Refira-se ainda que tais esboços constituem o início dos relatos<sup>7</sup> de cada entrevistado, encontrando-se, estes últimos, em anexo.

---

<sup>7</sup> Pela riqueza da informação que consideramos existir nesses relatos, aconselhamos a leitura dos mesmos, no anexo 2.

Quadro 3. *Esboços de constructos obtidos para o professor A e para o professor B*

<b>ESBOÇO DE CONSTRUCTOS</b>	<b>Crítérios utilizados para a sua selecção</b>
<b>Professor A</b>	
Estabelecimento de uma clivagem entre conhecimentos de índole objectiva (ciências e matemática) e conhecimentos de índole não objectiva (línguas e literatura, artes, religião, astrologia, filosofia, finanças e des. pess. E social) e não rigoroso (artes, religião e astrologia). (× 10)	1,2 e 3
Estabelecimento de relações de dependência entre ciências / história, ciências / geografia, ciências / sociologia. (× 3)	1,2 e 3
Análise das expressões : “a economia é uma forma de ciências”, “a psicologia também é uma ciência”.	2 e 3
<b>Professor B</b>	
Relações essenciais: artes-ciências, história-ciências, filosofia-ciências e psicologia-ciências.	2 e 3
Relações úteis com as ciências: língua estrangeira, tecnologia, informática, economia.	3
Análise da expressão: “Se as ciências são um sistema, há enormes vizinhanças”.	2 e 3

### *Graduação (laddering) de constructos*

Introduzida por Hinkle (aluno de George Kelly) em 1965, esta fase correspondeu à entrevista propriamente dita. Esta última desenrolou-se à medida que cada uma(um) das(os) associações/argumentos que integravam esse *esboço* foi explorada(o).

Por sua vez, essa exploração traduziu-se no cumprimento sequenciado dos seguintes procedimentos:

*Procedimento 1.* Identificação do pólo oposto para cada constructo, segundo o ponto de vista do entrevistado (considerando que os constructos são bipolares e as noções que constituem os pólos são características de cada pessoa);

*Procedimento 2.* Sinalização (assinalando-o com um sinal +) do pólo que, na perspectiva do entrevistado, corresponde aquilo que é característico das ciências (ao constructo oposto é atribuído um sinal -). Nos casos em que o entrevistado apresenta como pólos duas noções/perspectivas do âmbito das ciências, a ambas é atribuído o sinal +/- ;

*Procedimento 3.* Explicitação do significado que se encontra por detrás do termo ou palavra que o entrevistado emprega em cada pólo, colocando-lhe a questão: “O que é que isso significa para si?”. A resposta dada fornece outro constructo bipolar que, sendo escrito abaixo do primeiro, vê cumprida a sua graduação (*laddering*). Repetindo o procedimento, este novo constructo é sujeito à mesma questão. O processo continuará até que não seja possível extrair mais constructos. Por vezes, tal situação equivale a que se tenha atingido o núcleo do sistema de constructos desse entrevistado;

*Procedimento 4.* Explicitação da hierarquia do sistema ou sub-sistema de constructos;

*Procedimento 5.* Clarificação dos constructos nucleares, e por isso, centrais à estrutura de significados do sujeito (estes encontram-se no final dos esquemas, devidamente destacados).

A exploração do contraste ou oposição inerentes a um determinado constructo permitiu que se evidenciasse o significado oculto existente por detrás desse constructo. Para além disto, a explicação apresentada pelo entrevistado forneceu novos constructos interagidos com o primeiro numa teia, sucessivamente, menos consciencializada e, por isso, mais profunda. Desta forma, foi possível conhecer a hierarquia de constructos que o entrevistado foi, ele próprio, elegendo.

Partindo dos itens que constituem o *esboço de constructos* obtido na fase inicial desta parte do estudo- *Extracção de constructos face à natureza da ciência*, procedeu-se à entrevista, cumprindo aí os procedimentos atrás referidos. Desta forma, por cada item ou conjunto de itens desse esboço foi possível obter um *esquema de constructos graduados* (segunda fase desta parte do estudo).

Em seguida, apresentam-se dois exemplos dessa *graduação de constructos* (relativos ao professor A), tendo-se optado por uma descrição prévia dos itens, a que se seguiu a elaboração dos *esquemas de constructos graduados*, nos quadros 4 e 5.

*Itens para a elaboração do esquema de constructos graduados (exemplo 1)*

- Estabelecimento de uma clivagem entre conhecimentos de índole objectivo (ciências e matemática) e conhecimentos de índole não objectivo (línguas e literatura, artes, religião, astrologia, filosofia, finanças e des. pess. e social) e não rigoroso (artes, religião e astrologia). (× 10)
- Análise das expressões : “a economia é uma forma de ciências”, “a psicologia também é uma ciência”.

Quadro 4. *Esquematização da graduação de constructos (exemplo 1)*

Esquema de constructos graduados		Procedimento aplicado
+	-	
Ciências e Matemática	Corpos de conhecimentos ou áreas disciplinares, mas não ciências	Procedimento 1 e 2
<p>↓</p> <p>São conhecimentos objectivos</p> <p>↓</p> <p>São rigorosos, devido ao seu objecto de estudo e às conclusões</p> <p>↓</p> <p>Quanto ao objecto de estudo, debruçam-se sobre coisas bastante definidas, palpáveis, com existência real</p> <p>↓</p> <p>Estudo feito de uma forma bem definida e com objectivos também bem definidos, segundo um método de trabalho (método científico)</p> <p>↓</p> <p>Dado que se estudam coisas reais e segundo um método bem organizado, as conclusões são rigorosas</p> <p>↓</p> <p>As conclusões são bastante objectivas, bem definidas, sujeitas à confirmação experimental</p> <p>↓</p>	<p>↓</p> <p>São conhecimentos subjectivos</p> <p>↓</p> <p>Obtidos com base na reflexão. Não são um estudo analítico e objectivo</p> <p>↓</p> <p>São quase especulações desprovidas de objectividade. Debruçam-se sobre fenómenos espirituais (Artes e Religião), ou sobre as questões linguísticas e da comunicação (Línguas e Literatura). No caso da Astrologia, são pura especulação</p> <p>↓</p> <p>Não há uniformização da metodologia de trabalho. Há liberdade na escolha da metodologia</p> <p>↓</p> <p>As conclusões são em geral ambíguas, relativas ao autor (subjectivas)</p> <p>↓</p> <p>O tipo de conclusões não lhes possibilita a confirmação experimental</p> <p>↓</p>	Procedimento 3 e 4
<p><b>Devido ao seu rigor, objectividade, método e confirmação experimental, o conhecimento científico fornece garantias de validade e adequação, tornando-o também isento das ambiguidades que os conhecimentos das “áreas disciplinares” contêm. São ainda estas características que servem de critério na determinação do grau de cientificidade de outros saberes, como por exemplo, a Economia e a Psicologia</b></p>		Procedimento 5

*Item para a elaboração do esquema de constructos graduados (exemplo 2)*

- Estabelecimento de relações de dependência entre ciências / história, ciências / geografia, ciências / sociologia. (× 3)

Quadro 5. *Esquematização da graduação de constructos (exemplo 2)*

Esquema de constructos graduados		Procedimento aplicado
+	-	
Ciências	História, Geografia e Sociologia	<b>Procedimento 1 e 2</b>
↓ São conhecimentos rigorosos ↓ Por vezes recorrem aos conhecimentos da História, Geografia ou Sociologia para fundamentarem as suas leis ↓ Providenciam às ciências uma contextualização do seu desenvolvimento com a época, a sociedade, as questões do momento ↓	↓ São formas de conhecimento menos rigorosas ↓ Para evoluírem socorrem-se dos conhecimentos rigorosos formulados pelas ciências ↓ Contribuições a vários níveis, com especial ênfase para o tecnológico ↓	<b>Procedimento 3 e 4</b>
<b>Existem relações de dependência, mas, sobretudo de subordinação destas formas de conhecimento (da Sociologia, por exemplo), perante as ciências</b>		<b>Procedimento 5</b>

A respeito do potencial desta técnica de investigação, Neimeyer (s.d.) afirma que: “it is possible to explore a person’s system of beliefs and values in a way that distinguishes the most valuable from the least valuable” (p. 63). Na mesma sequência, este autor sintetiza ainda que: “is one method for engaging in an exploration of meaning systems” (p. 69).

### *Crítérios de escolha dos entrevistados*

Em baixo estão indicadas as características e requisitos de maior relevância que presidiram à selecção dos professores:

- Quantidade: 18 professores
- Género: não foi considerado elemento importante
- Requisitos profissionais: apresentar habilitação própria para leccionar a disciplina de Ciências Físico-químicas no 3º ciclo do ensino básico e no ensino secundário
- Requisitos de formação: cumprido o critério anterior, este não foi considerado importante. Ainda assim, procurou-se que, relativamente à instituição universitária onde receberam formação académica, houvesse alguma diversidade.
- Requisitos pessoais: neste âmbito, houve alguma preocupação em proceder uma distribuição dos professores pelos tempos que a carreira permite. O quadro que em seguida se apresenta resume essa informação:

Quadro 6. *Distribuição dos professores entrevistados por escalões de idade*

<b>Anos de carreira</b>	<b>Número de professores</b>
Professores estagiários	4
Até 10 anos de carreira	4
Até 20 anos de carreira	4
Até 30 anos de carreira	4
Mais de 30 anos de carreira	2



## **Parte II – Caracterização das aulas de mecânica do 11º ano quanto aos aspectos da natureza da ciência empregues**

Tal com havíamos referido no início deste capítulo, esta fase diz respeito à parte complementar do estudo. A mesma corresponde à identificação de *elementos relativos à natureza da ciência* abordados (tanto no plano explícito como no plano implícito) nas aulas de física. Posteriormente, os elementos empíricos encontrados permitiram retirar algumas conclusões acerca da imagem de ciência difundida.

Quanto a esta realidade em estudo, na componente teórica deste trabalho foram utilizadas referências bibliográficas que, consensualmente, apontam para duas evidências que passamos a relembrar. Primeiro, o *amorfismo* relativo às concepções de ciência dos professores incorre num tratamento *inócuo* ou mesmo *estéril* da natureza da ciência nas suas aulas. Segundo, alguns aspectos da natureza da ciência e, conseqüentemente, a imagem de ciência difundida realizam-se ao nível implícito, fazendo parte do currículo oculto.

Perante o consenso que este conjunto de autores possibilitou, considerámos que existiriam fortes possibilidades de, também neste estudo, o panorama encontrado ser idêntico. Assim sendo, esta parte do trabalho desenvolveu-se apenas ao nível do *reconhecimento e reforço* das evidências empíricas conseguidas por esses autores.

Neste aspecto, a segunda parte distingue-se claramente da primeira parte do estudo. Relembramos que na primeira parte (sobre as concepções de ciência dos professores), no seio da investigação referenciada neste trabalho há divergência quanto aos resultados empíricos. Tal conjuntura impôs-nos que, na primeira parte do estudo, a tarefa assumida fosse para além do *reconhecimento e reforço* que realizámos na segunda parte, procurando antes a *clarificação e o aprofundamento* (objectivos que aumentam o grau de exigência do estudo).

Por conseguinte, essa maior exigência traduziu-se num aumento da importância atribuída à primeira parte do estudo, determinando a sua maior dimensão e preponderância.

A segunda parte mantém o cariz qualitativo e interpretativo da primeira parte, buscando a caracterização *in loco* da acção educativa e do significado da mesma para um dos seus protagonistas – o professor.

Nesta segunda parte do estudo a natureza etnográfica surge agora mais evidenciada, na medida em que a recolha de dados foi realizada através da observação de aulas, utilizando para tal uma grelha de observação (ver em anexo 1). Foram ainda consultados outros elementos de trabalho do professor, como é o caso dos planos de aula, das fichas de trabalho e das transparências utilizados nessas aulas.

#### *Construção da grelha de observação*

Chama-se a atenção para a correspondência entre os *campos estruturantes* desta grelha de observação e os temas que, no primeiro capítulo da componente teórica deste trabalho, serviram para desenvolver uma reflexão actualizada em torno das concepções e imagens acerca da natureza da ciência (possibilitada pela história e pela filosofia contemporânea das ciências). Sendo da inteira responsabilidade do autor deste trabalho, esta grelha não pretende ser completa nem exaustiva. Os seus itens foram elaborados, maioritariamente, a partir da recolha do apelo e/ou da consideração feitos por diversos autores relativamente à educação em ciências e, particularmente, ao ensino da física.

### *Temas curriculares supervisionados*

O número de aulas supervisionadas para cada professor variou entre um mínimo de cinco até um máximo de sete. Os temas curriculares abordados fazem parte do programa curricular do 11º ano de escolaridade do ensino secundário, sendo elas:

- Conceito de força
- Leis de Newton
- Queda dos graves

### *Escolha de professores participantes*

A escolha dos professores participantes nesta fase não obedeceu a nenhum critério específico. Todavia, à priori estávamos condicionados pelo facto de apenas uma minoria dos professores que participaram na primeira parte do estudo estarem a leccionar esse ano lectivo. Registe-se contudo que estes quatro professores manifestaram, para além da concordância, alguma sensibilidade perante o estudo em curso.

Justificada a adequação da metodologia e da técnica de investigação adoptada, assim como, descritos os seus instrumentos e procedimentos de análise, apresenta-se, no capítulo que se segue, a sistematização e interpretação da informação recolhida.

## CAPÍTULO VII

*“Clearly ignorance about history and philosophy of science adversely affects science teaching”*

*– King, 1991*

## **SISTEMATIZAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS**

Como o próprio título indica, neste ponto procede-se à organização e interpretação dos resultados empíricos inicialmente recolhidos a fim de, na fase derradeira do estudo, as tarefas de discussão desses resultados e de estabelecimento de algumas conclusões poderem ser não só exequíveis mas também facilitadas. Contudo, a análise que aqui se realiza ocorre de forma distinta nas duas partes que compõem a componente empírica.

Dado o grande volume de informação que foi recolhida na primeira parte, houve necessidade de proceder a uma maior condensação e interpretação da mesma. Assim sendo, a estrutura deste tratamento assenta nas características dominantes que atravessam um número considerável de testemunhos.

Comparativamente, a informação recolhida na segunda parte do estudo é menor, razão pela qual o esforço empregue na sua sistematização e interpretação é inferior, sendo a sua apresentação feita caso a caso (isto é, professor a professor).

### **PARTE I – ESTUDO DESCRITIVO DAS CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA DOS PROFESSORES**

#### **Constructos significativos para a compreensão das concepções de ciências**

##### *As relações entre ciências e outros saberes*

Numa primeira análise, das dezoito entrevistas realizadas, os constructos que estiveram na base das *graduações (esquemas) de constructos significativos* elaboradas foram alguns dos próprios conhecimentos presentes na tarefa que inicialmente se propunha aos intervenientes. Desta forma, a *religião*, as *artes*, a *filosofia*, a *astrologia*, a *psicologia* e a *história* são, pela ordem que acabaram de

ser apresentadas, os conhecimentos que, por confronto com as ciências, preenchem a esmagadora maioria das *graduações de constructos significativos* elaboradas a partir das entrevistas. Daí que seja pelo estudo da relação entre esses conhecimentos e as ciências que iniciaremos este capítulo.

Salvaguardamos ainda que, sempre que entender conveniente, utilizámos informações e excertos dos relatos dos entrevistados que, embora não fazendo parte das *graduações de constructos significativos*, estão intimamente ligados com estes, pois foram proferidos no decurso das entrevistas. Por conseguinte, entendemos serem igualmente valiosos e por isso recrutados para a elaboração deste capítulo.

#### ▪ Ciências / Religião

Esta relação caracterizou-se quase sempre pelo antagonismo, sendo de todas as relações estabelecidas entre conhecimentos, aquela onde a clivagem e o distanciamento para com o conhecimento científico foram mais evidentes.

Esta clivagem torna-se paradigmática num relato em que o entrevistado denuncia dificuldade em compreender os cientistas que são devotos de uma religião, quando se interroga “*como conciliam (referindo-se aos cientistas) aquilo que sabem com aquilo em que acreditam numa religião ?*”.

As características e requisitos apresentados para um e outro conhecimento estabelecem mútua exclusão, isto é, os elementos de cada um são exclusivos de si próprio, não sendo possível encontrá-los no outro conhecimento. Por um lado, os “*fenómenos espirituais*” a que se dedica a religião, a crença e a fé que a sustentam e a manipulação a que estas estão sujeitas, são aspectos dos quais o pensar e a actividade científicas estão isentos. Por outro lado, da parte das ciências, argumentos como o rigor e a objectividade, estando patentes de forma inequívoca no objecto de estudo (“*real*”, “*palpável*” ou “*concreto*”), no método (“*método científico*”), na linguagem (matemática) e no produto (conhecimento científico), permitem falar, no caso das ciências, da “*crença pela certeza*”, oposta à “*crença pela fé*”, típica da religião.

Enquanto a religião “*promove a mistificação e a especulação a partir do desconhecido*”, sendo um “*refúgio para a ignorância*”, as ciências, inversamente, “*desmitificam mistérios e mitos*”. No progresso do conhecimento científico, os obstáculos criados pela religião serão eliminados e a ignorância ver-se-á diminuída.

Genericamente, os argumentos patentes nas ciências e ausentes na religião revertem no sucesso e na confiança sobre o empreendimento científico, legitimando ainda a hipótese de, no futuro, as ciências elegerem como objecto de estudo os temas e assuntos tradicionalmente entregues à religião, como são o caso da *origem da vida* ou da *existência divina*.

#### ▪ Ciências / Artes

Inconcludente parece ser a palavra que melhor descreve as relações estabelecidas entre ambos os conhecimentos. Primeiramente, incidiremos sobre a natureza das relações estabelecidas entre estas duas áreas.

1. Prioritariamente, a relação com maior adesão consistiu no contributo tecnológico que as ciências fornecem às artes. Segundo um número apreciável de testemunhos (precisamente seis), estamos perante uma “*relação de utilidade*”, exemplificada por: datação através do carbono 14; limpeza e restauro de peças e monumentos; fabrico de tintas; etc. A título de exemplo, apresentamos o seguinte excerto: “*a arte, além da criação do artista, recorre àquilo que a ciência lhe proporciona ... a tecnologia*”. Num outro relato, esta relação de utilidade é ainda extensível, na actualidade, ao fornecimento de temas de inspiração por parte das ciências às artes.

2. Em segundo plano (seis testemunhos), é assumida uma relação entre ciências e arte, se bem que, por motivos diversos. Ora porque se reconhece uma “*centelha artística*” na “*audácia*” e na “*genialidade*” do cientista-génio que “*não deixa a física cair no dogma*”, sendo o responsável pelos grandes avanços das ciências, ora porque, tal como as artes, as ciências “*estabelecem uma íntima relação com as coisas*” e são “*uma representação das coisas*”. Na opinião deste último entrevistado, estes argumentos encontram-se sobretudo nos “*primórdios*

*da ciência, aquando do surgimento do método experimental, no trabalho dos alquimistas e de Leonardo da Vinci*”. Ainda neste plano, registam-se alguns testemunhos (três, dos cinco inicialmente mencionados) que estabelecem, ainda que de forma moderada, alguma afinidade e complementaridade entre ciência e artes, enquanto empreendimentos criados pelo Homem, pois “*as ciências, assim como as artes, são pedras do mesmo puzzle, e esse puzzle é o Homem*” e, os cientistas também usufruem de alguma “*liberdade de espírito*”, sofrendo a influência da ansiedade, da expectativa e da emoção, à semelhança do que acontece com os artistas.

3. Delineando um relacionamento ainda mais íntimo e profundo, que se traduz pela atribuição de conotações artísticas à obra científica, surgem três testemunhos que em seguida apresentamos. As suas afirmações são, respectivamente: “*há aspectos de beleza no conhecimento científico*”; o “*cientista é um artista*” e, finalmente, “*o conhecimento científico tem o seu quê de belo*”. Note-se que, embora este relacionamento seja proferido por três testemunhos, perante a solicitação de desenvolvimento destas ideias, apenas os dois últimos entrevistados o fizeram. Num dos casos é conferida uma valorização/valoração estética ao equipamento e engenho do cientista, pois são “*trabalhos que têm beleza*”. No outro caso, a valoração atinge a própria teoria científica (concretamente, a mecânica newtoniana), onde os critérios estéticos de *lógica, coerência e abrangência*, foram os mencionados.

4. Numa perspectiva oposta, foram identificadas concepções sustentando que as ciências não estão familiarizadas com as artes (dois testemunhos atestam esta posição). Os critérios de distinção estendem-se pela formação profissional cientista/artista, a metodologia que sustenta a produção do conhecimento e, por correspondência, o próprio conhecimento. Destes critérios sobressai a metodologia – o designado “*método científico*” define a estrutura da experimentação, permitindo a “*validação e a repetição pelos pares*”, a que se opõe uma produção mais livre e subjectiva nas artes. Tal posição encontra-se patente nas seguintes palavras: “*as ciências são uma actividade pouco artística*”.



▪ **Ciências / Filosofia**

Nesta relação, é possível dividir os testemunhos em dois grupos distintos, defendendo posições praticamente opostas.

1. É estabelecida uma relação que poderemos classificar como íntima, de construção mútua, elucidada em diversas afirmações como são exemplo: “*o conhecimento da filosofia estará na base do conceito de ciência e de cientista*”; “*a ciência sem a razão e sem a filosofia não passaria de um amontoado de conhecimentos sem nexos*”; e ainda, “*A filosofia é um catalisador das ciências, uma vez que as questiona constantemente*”. Noutro relato é estabelecida uma “*relação conceptual*” (a par da psicologia) com as ciências; todavia, esta ideia não é desenvolvida pois é afirmado que “*são importantes mas não sei descrever estas relações*”. Num dos casos, esta ligação assenta na superficialidade de uma constatação histórica, quando o entrevistado afirma que na cultura grega os “*filósofos também eram cientistas*”, e a filosofia constituía o “*alicerce de onde se começou a construir a ciência, as exactas e as não exactas*”;

2. Numa posição quase oposta, surgem algumas opiniões (três). Uma delas, colocando a filosofia num plano abstracto, de pura divagação quase fútil, sustenta que “*é um vazio, um divagar de palavras*”. Há também quem, manifestando estranheza, constate que a filosofia se tem encarregado de compreender e definir a ciência, enquanto que os cientistas se dedicam a uma tarefa maior que é realizá-la.

Colocando-se numa posição mais moderada, outro entrevistado sublinha a formulação essencialmente subjectiva das correntes filosóficas, correntes estas que vigoram de uma forma temporária, de acordo com a época e a sociedade. Por oposição, apresentam as ciências, que constróem um conhecimento objectivo, concreto, “*definitivo*” e “*normativo*”. Estas características resultam do objecto de estudo e da experimentação.

Registe-se também que, num único caso, o entrevistado, por manifesto desconhecimento do conteúdo deste tema, optou por não desenvolver esta relação.

### ▪ Ciências / Astrologia

Nesta relação, a ambiguidade parece ser o qualificativo que melhor se adequa à sua caracterização, uma vez que a contradição reina entre testemunhos, assim como no interior de alguns destes. Com a apresentação dos mesmos, tal descrição surgirá evidente:

1. Há testemunhos (precisamente seis) que, de uma forma clara, opõem a astrologia às ciências, apontando as razões já utilizadas para o confronto ciências / religião. Tal como o conhecimento religioso, a astrologia é baseada na crença e no dogma, aproveitando-se dos “*temas sobre os quais a ciência ainda não dá resposta*”. O seu conhecimento é ainda considerado como “*não consolidado*” e “*emocional*”, desenvolvendo lógicas sem fundamentação, sem “*ponto de partida*”, caracterizado também como *esotérico*, emergindo ciclicamente nas mudanças de século (“*mentalidade de fim de século*”).

2. Num dos testemunhos, o sujeito reporta-se à astrologia como uma “mola” impulsionadora da física clássica, detendo ainda, na actualidade, uma forte relação com as ciências. Como nos parece evidente, o interveniente está a confundir astrologia com astronomia.

3. A mesma afirmação é proferida por outro entrevistado, mas com outro desfecho. Segundo o mesmo, a justificação de que a astrologia é uma ciência assenta numa perspectiva que poderemos considerar aberta e superficial, uma vez que acha que, a par das ciências, a astrologia “*tenta descobrir o porquê e o como do mundo*”. Contudo, não deixa de acautelar que “*é uma ciência ainda pouco formalizada*”. No segundo caso, é afirmado que, embora a astrologia aplique o “*método experimental*”, esta não constitui uma “*ciência normal*”, uma vez que não detém todos os requisitos necessários para ser considerada como tal (rigor, cálculo matemático e experimentação).

4. Outros há (precisamente dois) que referem que a astrologia fomenta um conhecimento híbrido, indo beber alguns aspectos caros às ciências físico-naturais, o que lhe confere, ainda que parcialmente, um certo estatuto de *cientificidade*. Neste caso, é atribuída alguma “*exactidão e veracidade*”

científicas, dada a adopção de entidades e conceitos científicos (“*planetas, Lua, rotação da Terra, fases da Lua, posições dos planetas e das estrelas, etc*”), na construção do seu discurso.

▪ **Ciências / Psicologia, História, Sociologia e Geografia**

Nesta altura, tomámos a liberdade de condensar as relações que as ciências, em diferentes entrevistas e graduações, estabelecem com cada um dos conhecimentos expressos no título. Ao fazer a análise de cada uma dessas graduações, ressalta a sua estrutura similar e por isso consensual, constituindo esta a razão pela qual julgamos justificada esta nossa opção.

Na sua globalidade, os critérios utilizados pelos entrevistados nas graduações para contraporem as ciências a cada um dos conhecimentos em causa sofrem, de entrevista para entrevista, pequenas oscilações, sendo a sua apresentação feita no seguinte quadro.

Quadro 7. *Resumo dos critérios utilizados na contraposição entre Ciências e psicologia, História, Sociologia e Geografia*

	<b>Ciências</b>	<b>Psicologia, História Sociologia e Geografia</b>
<b>Objecto de estudo</b>	Concreto, palpável e manipulável.	Mais complexo e menos manipulável.
<b>Método de investigação</b>	Sequenciado, integrando uma observação directa e repetível. Conhecer é sobretudo dissecar.	Apresentam um método, se bem que mais flexível e menos tecnológico. Conhecer é sobretudo interpretar.
<b>Conhecimento</b>	Rigoroso, objectivo e normativo (pelas suas leis).	Menos rigoroso, sobretudo qualitativo, subjectivo, interpretativo e menos normativo. Fornecem relatos e constatações (História). Carácter mais social.

Acrescente-se ainda que, num testemunho, se considerou que as relações entre as ciências físico-naturais e estas “*formas de conhecimento*” (história e sociologia), são de subordinação das últimas perante as primeiras, reconhecendo que o seu desenvolvimento está dependente de contribuições das ciências físico-naturais, com especial incidência na tecnologia que estas lhes proporcionam.

Relativamente à psicologia, o facto de esta utilizar um método de trabalho consistente, ainda que “*menos rigoroso*”, “*com as etapas menos definidas*”, e de se debruçar sobre um objecto de estudo considerado “*menos palpável*”, determina que esta detenha um certo grau de *cientificidade*, funcionando os critérios apresentados no quadro anterior como padrões de determinação desse grau. A mesma ideia surge num outro sujeito, se bem que abrangendo as “*ciências sociais*”, ao afirmar que, pelo facto de “*realizarem investigação, têm algo de científico*”.

Num outro testemunho, situação idêntica se verifica em relação à sociologia, uma vez que, pelo facto de utilizar o “*método científico*”, se considera que “*esteja a ser científico*”.

#### *As ciências perante si e perante os outros saberes – síntese de características*

Perante o considerável volume de informação obtida nesta parte do estudo empírico, houve necessidade de sintetizar um pouco mais. Como tal, reuniu-se nos dois itens que se seguem os aspectos considerados relevantes.

- **A exclusividade das características científicas quanto ao objecto, meio e produto**

1. O objecto de estudo das ciências - fenómenos da natureza e coisas reais - é considerado por diversos intervenientes como concreto e “*palpável*”, sendo, ainda, de fácil manipulação experimental.

2. O formalismo matemático, a par do “*método científico*”, legitimam a objectividade do conhecimento científico. Debruçando-nos sobre o formalismo

matemático, este representa o potencial teórico desse conhecimento e constitui também a linguagem inequívoca e uniforme, segundo a qual os membros da comunidade científica se fazem entender.

3. Quanto aos meios de produção científica, a via experimental é maioritariamente apontada como caminho na construção do conhecimento científico. A ênfase colocada na experimentação encontra-se patente na veemência da seguinte frase: “*é a base exclusiva da formação do conhecimento científico*”.

É ainda esta experimentação que apresenta “*função reguladora*”, testa hipóteses e valida conhecimentos. Pela exclusividade que detém nas ciências, isenta-as da subjectividade, da crença e da fé, predominantes noutros conhecimentos e saberes. Nesta sequência, é estabelecida uma “*orgânica*” da formulação do conhecimento científico objectiva, sucinta e linear. Tanto mais esta ideia se reforça, quanto maior é a realização da experimentação através do “*método científico*”. A aplicação deste último determina o procedimento regado da prática experimental, contribuindo, consideravelmente, para a produção científica, seu rigor e objectividade.

4. No decurso das entrevistas, surgem, aliás, múltiplas alusões ao “*método científico*”, ao ponto de se ter tornado no aspecto mais repetido em todas as elas. Atestamos essa popularidade apresentando, em seguida, algumas dessas referências:

Colocada a questão acerca da estrutura deste método, respondem alguns dos entrevistados:

Trata-se de algo objectivo, um procedimento que engloba a experimentação, que obtém resultados, permitindo uma análise e uma conclusão concreta;

Primeiro tem de haver observação, seguindo-se um questionamento dessa observação através da experimentação, a que se segue o relacionar de dados e, por fim, “a obtenção de conclusões;

O método de análise é o método científico, sendo constituído pelas seguintes etapas: observação, formação de hipóteses, experimentação, análise de resultados e extracção de conclusões. É a prática deste método que confere o estatuto de ciência exacta;

(acerca da constituição do suposto «método científico» afirma que é constituído) com os passos que todos sabemos;

(acerca do suposto «método científico» afirma que é composto) pelas regras que todos nós sabemos. É constituído por: problemas, hipóteses, recolha de dados, conclusão, formulação da lei e formulação da teoria;

É constituído por fases típicas;

baseia-se nas etapas do método científico, mas goza de grande liberdade ... passa por aqueles pontos mas não é um método rígido, é negociado, pode haver retrocesso;

Os cientistas seguem muito o método científico (...) É constituído pelas seguintes etapas: observação, formulação de hipóteses e comprovação experimental das hipóteses (...) Foi formulado por Galileu;

A experimentação apresenta etapas: formulação de hipóteses, teste dessas hipóteses e estabelecimento de leis. Mas estas não apresentam ordem específica. Por vezes surgem novos problemas no decurso da investigação, alterando a sequência destas etapas. Não há «método científico» há métodos científicos.

5. Por conseguinte, as referências ao trabalho e à actividade do cientista são, em boa parte dos casos, restringidas à experimentação, comprovação das hipóteses e validação de conhecimentos, etapas basilares de uma metodologia objectiva, decorrendo num local privilegiado e tecnologicamente apetrechado para o efeito - o laboratório.

6. Outras alusões a uma produção científica mais abrangente, surgem quase sempre pelo confronto (através das *gradações de constructos significativos*) entre “*Ciência - componente objectiva*”, “*Ciências frias e duras*”, “*Descobertas teóricas*”, “*Matemática-científica*”, “*Ciência-rotineira*”, “*Ciência-normal*” e, respectivamente, “*Ciência – componente subjectiva*”, “*Ciências – artes*” e “*Descobertas pela via experimental*”, “*Matemática-artes*”, “*Ciência-extraordinária*” e “*Ciência-arte*”.

Em todos eles é possível encontrar tensões geradas entre o quantitativo/qualitativo, subjectivo/objectivo, e o racionalismo/empirismo. Com a particularidade de, em quatro dos casos, se fazer corresponder os avanços significativos verificados nas ciências ao trabalho genial de alguns cientistas, que por sua vez evidenciavam um pendor mais qualitativo, racional, criativo, da dedução teórica e matemática.

▪ **As ciências perante outros saberes – sobretudo o distanciamento, por vezes a intimidade**

1. As características referidas no item anterior sustentam a demarcação (por vezes é mesmo a clivagem) entre as ciências físico-naturais e os outros saberes, sejam estes as artes, a religião ou a astrologia, ou as denominadas ciências sociais e humanas (filosofia, psicologia, sociologia, história, etc.), pois, como é sustentado numa entrevista, “*não obedecem a um espaço próprio que é o laboratório*”. Por outro lado, e como já foi referido, em alguns casos há a atribuição de algum grau de *cientificidade* a conhecimentos como a psicologia, a economia, ou a sociologia, em virtude destes conhecimentos apresentarem alguma *configuração científica*, isto é, realizarem investigação e praticarem um método experimental e que se aproxima do método científico, detendo, por isso, algum rigor e objectividade.

2. No extremo oposto à clivagem entre ciências e outros saberes, surge um conjunto minoritário de relatos que colocam as ciências em íntima relação com outros saberes. Estes outros saberes são, ora indissociáveis do seu

empreendimento (religião, artes, filosofia), ora indispensáveis na análise desse empreendimento (filosofia, psicologia, sociologia, história).

Nestes testemunhos, o discurso metafórico é frequentemente utilizado pelos entrevistados para expressarem as suas ideias e posições, concretizando-se em diversos exemplos, como é o caso da “*ciência-diálogo*” (por oposição à “*ciência-hermética*”), da “*ciência-relação*”, ou ainda na afirmação de que a ciência estabelece com os saberes anteriormente referidos relações “*frutíferas*”. Noutros casos, as ciências são equiparadas a um “*sistema*”, mas como acrescenta um dos entrevistados, “*um sistema com enormes vizinhanças*”.

### *Considerações acerca da formação em história e em filosofia das ciências*

Sendo nossa intenção inferir acerca da formação universitária que actualmente se presta neste tema, foi explicitamente pedido aos professores-estagiários que o abordassem. No entanto, alguns dos restantes entrevistados (aos quais não fora solicitada tal tarefa) acabaram por tecer algumas considerações acerca da sua formação, fornecendo elementos igualmente importantes. Por este motivo, também estas foram sujeitas à análise que agora se segue.

Quando confrontados com a questão “*como classificarias a tua formação universitária em história e filosofia das ciências?*”, as respostas dos professores-estagiários oscilaram entre “*fraca*” e “*muito fraca*”. Acresce dizer que, e à excepção de um dos entrevistados, que fez também formação em disciplinas opcionais intituladas *História das Ideias em Física* e *História das Ideias em Química*, no geral, os entrevistados reportam-se à formação recebida na disciplina curricular intitulada *História e Filosofia das Ciências*.

No desenvolvimento da reflexão, surgem duas críticas fundamentais. A primeira aparece de uma forma destacada, apontando a escassez de matérias abordadas e a falta de organização curricular da disciplina. A segunda, visa os próprios alunos (futuros professores) que, no entender de um professor-estagiário, encaram esta disciplina no âmbito puramente convencional e



académico, memorizando datas e episódios históricos com o fim exclusivo de se prepararem para os exames.

Quanto aos outros professores, e de forma coincidente, a sua formação universitária neste tema foi classificada, em termos gerais, como “*fraca*” ou “*muito fraca*”. Assim, das referências ao curso é facilmente perceptível a unanimidade das suas experiências e posições. A apreciação generalizada é aqui representada pelo relato de um professor, ao afirmar que frequentou uma “*licenciatura constituída por uma série de disciplinas de cariz quantitativo e teórico*”. Um outro recorda uma formação dedicada “*exclusivamente a conceitos e conteúdos da física e da química*”; outro, ainda, relembra os professores e as aulas ministradas por “*professores catedráticos que leccionam uma ciência teórica e muito compartimentada*”, e “*com uma forma de expressão que torna os conteúdos muito pouco interessantes*”. É também nesta asserção que uma entrevistada caracteriza a sua formação universitária, descrevendo-a como “*hierarquizada, assente num ensino expositivo, de treino de fórmulas e de aplicação dessas fórmulas*”.

Quanto à formação em história e filosofia das ciências, os professores de carreira mais longa reconhecem que, na sua preparação, não existia qualquer disciplina que, directamente, se debruçasse sobre tal tema. Os professores mais recentes referem a superficialidade dos temas aí debatidos, tendo um deles afirmado: “*foi apenas uma amostragem*”.

Perante tal cenário, alguns deste professores (exactamente três, sendo um deles professor-estagiário) confessam que, em virtude da escassa formação no tema em questão, tem sido à custa do seu interesse e empenho que realizam os estudos, a investigação e a auto-formação. Procurando ilustrar esta situação, apresentamos, de seguida, os relatos de dois professores: “*tudo o que sei está sujeito ao meu interesse e empenho*”; “*é devido ao meu interesse pelo tema que tenho realizado as minhas leituras e os meus estudos e, daí, conseguido as aprendizagens mais significativas*”.

*Considerações acerca da educação em ciências*

A partir dos relatos ressalta um quadro caracterizador da educação em ciências físico-químicas e compartilhado pela grande maioria dos professores entrevistados. Surge como ideia consensual que a educação em ciências espelha um certo “hermetismo”, expresso no “*ensino feito por transmissão, convencido e elitista*”, protagonizado pelo professor, baseado sobretudo na matemática e na lógica, tornando-se “*excessivamente explicativo*” e “*quantitativo*”.

Na opinião de alguns entrevistados, tal ideia alicerça-se na replicação da própria formulação científica, onde é atribuída primazia à componente teórica, a que deve corresponder uma educação em ciências baseada na memorização de enunciados e leis, na dedução matemática e na interiorização de matérias.

Segundo alguns entrevistados (exactamente dois professores-estagiários), a par da vertente teórica, também a componente tecnológica utilizada na educação em ciências, cingida aos aspectos tecnológicos e ambientais, é considerada como “*reduzora*”. Sendo ambas responsáveis pela difusão de uma imagem de ciências “*fria e dura*”, concorrem para a existência de um “*ensino desprovido desse condimento artístico que humaniza as ciências*”, não esquecendo que também os manuais escolares contribuem para esta situação.

De acordo com a opinião de um destes entrevistados, a alternativa passa por “*coisas mais lindas*” do que “*multiplicarmos massas por acelerações*”. Segundo o mesmo, caberá ao professor recuperar a perspectiva artística, acrescentando ainda: “*há que buscar essa beleza através das relações com a própria arte, entre física e arte, e através dos aspectos históricos das ciências*”.

É neste sentido que um outro testemunho aponta, afirmando que a vertente qualitativa deve imperar, tanto no ensino secundário como na formação-base do cientista. Desenvolve ainda que a análise qualitativa das ciências se fundamenta a partir de outros saberes, como são o caso da história, da filosofia, da psicologia e das artes. Deste modo, é na relação das ciências com tais saberes que se estabelecem as “*raízes*” e o “*caule*” dessa formação, que, metaforicamente, se faz corresponder a uma planta.

Ainda no tocante à apresentação de ideias ou intenções a que a educação em ciências deve obedecer, há o testemunho de dois professores que sobrevalorizam a vertente teórica (teorias e leis), em detrimento da componente experimental. Enquanto um dos professores refere que, relativamente a essa vertente, *“a sua transmissão deverá ser prioritária”*, o outro, em consonância, considera que se deve privilegiar o ensino teórico, pois *“a parte científica mais importante não é a experimental, mas a teórica”*, daí que *“os alunos têm de saber as leis muito bem, exercitar a memória, adquirir conhecimentos e enunciados”*, pois *“há que aproveitar a sua memória fresca”*. E reforça de forma muito vincada a sua perspectiva, ao acrescentar que *“saber deduzir é extremamente importante”* e *“tornar a física (o ensino) mais experimental e menos matemático é um mau caminho.”*

Em sintonia com tal perspectiva, encontra-se também a sua prática, sendo que dois terços do tempo lectivo são dedicados à abordagem integral do programa, deixando o último terço para a resolução de exercícios.

Quanto à utilização de elementos da história e filosofia das ciências nas actividades lectivas, esta apenas foi referida por dois professores e, em ambos os casos, concretizando-se numa breve introdução histórica no início dos temas do programa curricular, informando das *“datas, das limitações da época e das preocupações dos cientistas”*. Em relação a esta estratégia, um dos professores assume a falta de confiança na mesma, ao terminar esta parte da entrevista afirmando que *“os alunos dão pouca importância”*.

Acrescente-se também que nas duas referências feitas aos manuais escolares se regista que as alusões destes a elementos da história e da filosofia das ciências são caracterizadas como *“raras”*, restringindo-se, por vezes, à apresentação das datas de nascimento e de morte de cientistas.

Das entrevistas realizadas, é também possível extrair um conjunto de motivos que inviabilizam uma abordagem lectiva integradora de elementos da história e filosofia das ciências, o qual passamos a apresentar:

- extensão dos programas curriculares
- dificuldade na gestão do tempo lectivo (disponibilidade de tempo)
- preocupação na preparação dos alunos para os exames de admissão ao ensino universitário
- carência na formação de professores nesta temática.

No que tem a ver com a dificuldade de aplicação na sala de aula de qualquer inovação educativa, um entrevistado sublinha que, “*actualmente, estes floreados são apenas viáveis em turmas de bom rendimento, já despertadas para a ciência*”.

## **PARTE II – CARACTERIZAÇÃO DAS AULAS DE MECÂNICA QUANTO AOS ELEMENTOS DA NATUREZA DA CIÊNCIA ABORDADOS**

À medida que decorria esta parte do estudo, constatámos a escassez da identificação de *elementos explícitos*. No que respeita à identificação de *elementos implícitos*, embora esta tenha ocorrido com frequência, verificámos que os mesmos não se distribuem pela totalidade dos *campos estruturantes* do respectivo guia. No intuito de evitar que a informação deste ponto se tornasse demasiado extensa e fastidiosa, optámos pela não apresentação integral dos guias de observação, reportando-nos apenas aos *elementos* evidenciados nas aulas observadas. Essa selecção obedeceu aos seguintes procedimentos:

- omissão do *guia de elementos explícitos* sempre que se verificou que nenhum dos seus elementos era assinalado;

- por cada guia, foram seleccionados e apenas apresentados os *campos estruturantes e os elementos* que efectivamente ocorreram nas aulas observadas.

A informação que se segue é constituída pelos dados recolhidos a partir da observação das aulas de cada um dos professores participantes. São ainda apresentadas algumas informações complementares, constituídas por registos de excertos e episódios de aula que, por estarem em íntima ligação com os elementos assinalados nos guias de observação, entendemos serem igualmente valiosos e, por isso, relevantes para a elaboração deste capítulo.

### Professor C

Quadro 8. *Síntese de elementos observados nas aulas do professor C*

<b>Campos estruturantes</b>	<b>Elementos implícitos no ensino/aprendizagem da mecânica newtoniana</b>
A metodologia multifacetada nas ciências físico-naturais	Utilização da experimentação com o objectivo de confirmar uma lei experimental.
	Referência à vertente idealizada das ciências.
O estatuto do conhecimento científico – invenção da realidade	Ocupação com o conhecimento preposicional da mecânica; expresso nos seus conteúdos, definições, expressão matemática de leis (produtos da ciência).
	Utilização de elementos de avaliação que se fixam na memorização de enunciados e na aplicação matemática das suas fórmulas.
	Abordagem dos programas científicos através do espartilhamento do seu conteúdo: cinemática e dinâmica, repouso, movimentos rectilíneos e movimentos circulares.
	Ênfase colocada no domínio da terminologia (nomenclatura, unidades) (Gallagher, 1991).

A natureza complexa do progresso científico	Apresentação do conhecimento científico de uma forma atemporal.
	Desenvolvimento linear e cumulativo da construção científica, sem crises ou sem transformações conceptuais marcantes (Solbes e Traver, 1996).
	Referência fugaz aos cientistas, através da apresentação dos seus principais elementos biográficos.

Os *elementos implícitos* assinalados abundaram nas aulas observadas, sendo os que integram o campo “*estatuto do conhecimento científico*” os que, maioritariamente, preencheram as actividades lectivas. O considerável investimento colocado nos conteúdos científicos, nas leis e na resolução de exercícios de aplicação das expressões matemáticas dessas leis (quer nas aulas quer nos momento de avaliação) levaram o professor a expressar conselhos e orientações nesse sentido: “*com estas duas leis posso pedir para calcularem o deslocação, a posição final ou, ainda, a velocidade num certo instante*”, e ainda: “*vocês com estas duas expressões conseguem estudar todo o movimento (ascensional vertical e queda livre)*”.

Embora as aulas fossem conduzidas pelo professor, houve um forte apelo à discussão/reflexão em torno de aspectos e questões levantadas geralmente por si.

Quanto aos elementos relativos à *metodologia científica*, é de relevar a manifesta preocupação do professor, perante a dificuldade dos alunos em compreender os aspectos abstractos e idealizados envolvidos na *Lei da Inércia*. Esta preocupação esteve bem patente, quando o professor colocou a seguinte questão aos alunos: “*aceitam bem este raciocínio?*” (sendo o raciocínio: se a velocidade é constante a força resultante será nula).

Contudo, tal preocupação não decorre de qualquer consideração ou consciência histórica do desenvolvimento científico, tendo aliás, sido ela, esta

preocupação que esteve na base da exploração dos resultados de uma experimentação que tinha como intuito comprovar o conteúdo dessa lei. A este respeito, julga-se pertinente incluir um excerto do discurso do professor seu discurso

Vamos abordar as leis fundamentais da mecânica. As leis são três e vamos começar pela primeira. Esta é a de mais difícil percepção. Vamos partir de um resultado experimental. Esta será um caminho, mas poderíamos ter optado por um desenvolvimento teórico ... com dados experimentais verão que obedecemos à primeira lei. Perante a comprovação experimental espero que percebam ... vocês têm dificuldade em perceber isto. Esta experiência é a única prova experimental de que isto é verdade.

No âmbito da identificação de *elementos explícitos*, apenas há a apresentar uma breve passagem da aula em que o professor evoca o nome de Newton: “*o  $Kg.m.s^{-2}$  é o Newton. Sabem que este corresponde ao nome de um físico, não é ?!*”. Não houve, contudo, resposta por parte dos alunos e o assunto não teve qualquer continuidade consequente.

### Professor D

Quadro 9. Síntese de elementos observados nas aulas do professor D

Campos estruturantes	Elementos implícitos no ensino/aprendizagem da mecânica newtoniana
O estatuto do conhecimento científico – a	Abordagem predominantemente expositiva por parte do professor.
	Ocupação com o conhecimento preposicional da mecânica, expresso nos seus conteúdos, definições, expressão matemática de leis (produtos da ciência).
	Utilização de elementos de avaliação que se fixam na memorização de enunciados e na aplicação matemática das suas fórmulas.

invenção da realidade	Abordagem dos programas científicos através do espartilhamento do seu conteúdo: cinemática e dinâmica, repouso, movimentos rectilíneos e movimentos circulares. Ênfase colocada no domínio da terminologia (nomenclatura, unidades) (Gallagher, 1991).
A natureza complexa do progresso científico	Apresentação do conhecimento científico de uma forma atemporal. Desenvolvimento linear e cumulativo da construção científica, sem crises ou sem transformações conceptuais marcantes (Solbes e Traver, 1996). Referência fugaz aos cientistas, através da apresentação dos seus principais elementos biográficos.

À semelhança do observado nas aulas do professor C, também aqui os *elementos implícitos* assinalados abundam, especialmente os relacionados com o tópico “*estatuto do conhecimento científico*”. Nestas aulas praticou-se um ensino expositivo, em que o professor foi o protagonista. Este limitou-se a debitar conteúdos científicos, leis e expressões matemáticas dessas leis, que empregou na resolução de exercícios (quer nas aulas quer nos momentos de avaliação). A importância atribuída a essas actividades e conhecimentos levou o professor a expressar conselhos e orientações nesse sentido: “*Aquelas expressões servem para resolver montes de exercícios e montes de cálculos*”. E ainda: “*Demos imensas coisas, temos muitas «formulazinhas» para aplicar*”.

Destaca-se ainda que, numa das aulas observadas deste professor, foram lidas partes de um texto apresentando alguns aspectos da física aristotélica, das vidas e obras de Galileu e Newton. Contudo, essas partes apenas informaram dos aspectos cronológicos da vida de Galileu e do seu “*método científico*”.

No âmbito da identificação de *elementos explícitos*, há apenas alguns episódios a apresentar. O primeiro surge quando o professor evoca os nomes de Newton e de Galileu: “*Newton chegou a estas conclusões e continuou os estudos de Galileu. Nasceu no ano em que este último morreu*”.

Na aula seguinte, teve lugar a situação que a seguir se apresenta: “*Não ouviram falar na história da maçã? ... quem foi o cientista que estudou a queda*



*dos graves?”* -pergunta o professor. *“Sei lá”* - diz um aluno. *“Foi o Galileu?”* - pergunta outro aluno. *“Foi o Aristóteles!”* - responde um terceiro aluno. De seguida, o professor colocou a seguinte sugestão: *“Queria que lessem no vosso livro a história da queda dos graves, que eu, na próxima aula, faço perguntas gerais sobre a matéria.”* Na aula seguinte, a tarefa sugerida não foi, todavia, cumprida.

**Professor E**

Quadro 10. Síntese de elementos observados nas aulas do professor E

<b>Campos estruturantes</b>	<b>Elementos implícitos no ensino/aprendizagem da mecânica newtoniana</b>
A metodologia multifacetada nas ciências físico-naturais	Utilização da experimentação com o objectivo de confirmar uma lei experimental.
	Referência à vertente idealizada das ciências.
	Planeamento de experiências, da montagem experimental, discussão das grandezas físicas a medir.
	Formulação apriorística de hipóteses e de modelos explicativos por parte dos alunos e teste de previsões matemáticas através da experiência.
A natureza complexa do progresso científico	Apresentação do conhecimento científico de uma forma atemporal.
	Referência fugaz aos cientistas, através da apresentação dos seus principais elementos biográficos.
	Abordagem de aspectos CTS nas aulas de mecânica.

Nestas aulas, desenvolveu-se um conjunto de actividades e estratégias inovadoras, das quais destacamos:

- realização de um pré-teste de verificação de algumas concepções relativas às forças e movimentos;
- execução de trabalhos de projecto por grupos de alunos (primeiro e segundo período);

- ensino claramente centrado no aluno (processo continuado de discussão/reflexão dos conteúdos e das experimentações com os alunos; atenção dada às suas concepções; promoção da autonomia e do trabalho em grupo). Este aspecto encontrou-se em diversas frases do discurso do professor, de que vale a pena relevar as seguintes:

Aceitam isto? (...) É compreensível; É suficiente?; Vamos lá ser críticos! Há que sentir que há problemas por resolver, não fiquem à espera de receitas.

Podemos pensar como aperfeiçoar este dispositivo para que não fiquem com dúvidas. Por agora, queria que ficassem com estes dados (...) Não estamos a medir nada.

Como poderemos calcular ou perceber melhor a 2ª lei de Newton? A força resultante é directamente proporcional à aceleração. Já sabemos que a aceleração se determina a partir da variação da velocidade, logo, precisaríamos de sensores que meçam a velocidade.

Gostaria que fizessem sugestões de aplicação desta situação (dispositivo experimental para comprovar a segunda lei de Newton).

Como é possível constatar, estas estratégias deste tipo que frequentemente ocorreram, permitiram assinalar *elementos implícitos* que no *guia de observação* integram o tópico *metodologia multifacetada nas ciências*.

A preocupação com as dificuldades que advêm do abstraccionismo e idealização presentes nos conteúdos científicos está patente em algumas intervenções que o professor faz: “*A nossa intuição é associarmos as forças ao movimento, tem que ver com as nossas práticas diárias (... ) Eu queria que, sempre que associassem forças e movimentos, questionassem essa relação*”.

A actividade experimental feita com a *calha de ar* surge precisamente como tentativa de comprovação/exploração experimental das leis (primeira e segunda lei de Newton). A seguinte transcrição é elucidativa a este respeito:

Em relação às leis de Newton, senti que não ficou claro. Aquilo que consideram intuitivamente no dia-a-dia não vos deixou aceitar

efectivamente (essas leis). Isto é, até podem aceitar para responder no teste ... vamos realizar actividades com a calha de ar para dar resposta às vossas dúvidas.

**Professor F**

Quadro 11. *Síntese de elementos observados nas aulas do professor F*

<b>Campos estruturantes</b>	<b>Elementos explícitos no ensino/aprendizagem da mecânica newtoniana</b>
A metodologia multifacetada nas ciências físico-naturais	Abordagem de fenómenos cruciais e/ou conceitos-chave para a mecânica newtoniana (queda livre, lançamento de projecteis, relatividade do movimento, inércia, força, trabalho, energia, etc.), segundo uma metodologia multifacetada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrando aspectos qualitativos, imaginados, discussão de situações abertas.</li> <li>• Integrando a quantificação dos mesmos, através de realizações experimentais.</li> </ul>
	Ênfase do conhecimento de base empírica (na física moderna) – o rigor da ciência está dependente da sua coerência com a evidência da realidade física.
O estatuto do conhecimento científico – a invenção da realidade	Consciencialização do crescente abstraccionismo do <i>corpus</i> teórico, como demarcação de uma ciência medieval “pré-científica”.
	Referência a aspectos contra-intuitivos da mecânica (linguagem formal e matematizada, a experiência teoricamente apoiada e a vertente idealizada).
	Referência à matematização do conhecimento científico, como linguagem codificada que se privilegia na interpretação da realidade.
<b>Campos estruturantes</b>	<b>Elementos implícitos no ensino/aprendizagem da mecânica newtoniana</b>
A metodologia multifacetada nas	Realização da experimentação de forma rotineira (seguindo o procedimento descrito pelo manual ou pelo professor).

<p>multifacetada nas ciências físico-naturais</p>	<p>Utilização da experimentação com o objectivo de confirmar uma lei experimental.</p>
<p>O estatuto do conhecimento científico – a invenção da realidade</p>	<p>Ocupação com o conhecimento proposicional da mecânica; expresso nos seus conteúdos, definições, expressão matemática de leis (produtos da ciência).</p> <p>Utilização de elementos de avaliação que se fixam na memorização de enunciados e na aplicação matemática das suas fórmulas.</p> <p>Abordagem dos programas científicos através do espartilhamento do seu conteúdo: cinemática e dinâmica, repouso, movimentos rectilíneos e movimentos circulares.</p>

Nas aulas observadas foram assinalados diversos *elementos explícitos* no ensino/aprendizagem da mecânica newtoniana. Contudo, estes elementos surgiram apenas nas aulas dedicadas ao tema *queda dos graves*.

Esses elementos prendem-se com as actividades/conteúdos abordados em duas aulas que, esquematicamente, trataram o seguinte:

1. Abordagem do fenómeno de queda livre, segundo uma metodologia multifacetada:

1.1. discussão de situações abertas (queda de corpos), onde se evidenciou a acção da resistência do ar e se procurou concluir que, controlado esse factor, a velocidade e o tempo de queda não dependem do peso ou da massa do corpo.

1.2. através de “software” educativo (programa *Wingal*), o professor simulou situações de queda livre. Realizou medições de distância percorrida em função do tempo e explorou, por tentativas, relações matemáticas entre essas duas grandezas. Concluiu que  $d \propto t^2$ . Deduziu a expressão  $d/t^2 = a/2$  utilizando para tal o gráfico  $v/t$  e a definição matemática de aceleração.

2. Com base na actividade anterior, o professor sublinhou que, com Galileu, o conhecimento da ciência passa a ter comprovação experimental. Como o professor referiu, passa a existir uma “*medição rigorosa*”.
3. Através da leitura de um texto do manual escolar, explorou as noções aristotélicas de “*lugar natural*” e de “*os corpos mais pesados caírem mais depressa que os mais leves*”. Confrontou as concepções dos próprios alunos. Referiu o carácter contra-intuitivo das descobertas de Galileu.
4. Sublinhou, por fim, a importância da utilização da matemática a partir de Galileu, como constituindo uma inovação na forma de fazer ciência. Segundo o professor: “*Enquanto que para Aristóteles a matemática não teve nenhuma importância no estudo dos movimentos, com Galileu, a utilização da matemática permitia-lhe realizar previsões sobre os fenómenos*”. Falo ainda de uma “*«obsessão» de Galileu em exprimir as suas leis através de fórmulas matemáticas*”.

O professor fez outras referências à obra de Galileu, as quais passamos a apresentar:

- Galileu teve que definir as grandezas físicas utilizadas (tempo, distância, velocidade e aceleração);
- “*Partindo de duas premissas ou hipóteses iniciais (a lei dos espaços e a expressão da aceleração constante), por dedução matemática, determinou que a aceleração é igual para todos os corpos (em queda livre e na ausência de ar) e que o movimento de queda livre é rectilíneo e uniformemente acelerado.*”;
- “*Galileu utilizou «experiências pensadas», imaginando uma experiência e prevendo o que iria acontecer*”;
- “*Galileu extrapolou do movimento do plano inclinado para a queda livre dos corpos*”;

- “... esta teoria foi depois comprovada experimentalmente, utilizando o método científico. O método científico surgiu com Galileu” (descreveu os seus passos, retirando-os do manual escolar);
- Desenhou alguns planos inclinados, procurando representar os dispositivos experimentais utilizados por Galileu (explicou sucintamente o funcionamento do relógio de água). Desenhou uma tabela para ser completada com as grandezas físicas medidas por Galileu;
- “... os seus escritos falam em «aceleração uniforme» e actualmente fala-se em «constante»”.

Quanto à identificação de *elementos implícitos* nestas aulas, há a referir que:

- Os elementos assinalados estão integrados no campo o “*estatuto do conhecimento científico*” e predominaram nas aulas dedicadas aos temas *conceito de força e Leis de Newton*. Estes traduzem o investimento colocado nos conteúdos científicos, nas leis e na resolução de exercícios de aplicação das expressões matemáticas dessas leis (quer nas aulas quer nos momentos de avaliação).
- Quanto ao campo relativo à metodologia científica, registou-se que a *determinação experimental do valor da aceleração gravítica pelo método da bureta* serviu o intuito de comprovação desse valor, tendo sido realizada pelo professor seguindo o procedimento experimental indicado no manual.
- Relativamente ao campo “*a natureza complexa do progresso científico*” apenas há a assinalar uma frase proferida pelo professor e que passamos a apresentar: “*Foi Galileu quem procurou comprovar no séc. XVII que os corpos têm movimento uniformemente acelerado na queda livre. Teve que substituir a teoria de Aristóteles que tinha 2000 anos. Aristóteles também estudou estes movimentos*”.
- Embora as aulas sejam conduzidas pelo professor, há um forte apelo por parte deste à discussão e reflexão em torno de aspectos e questões levantadas (quase sempre) por si.

Em suma, temos como aspectos mais relevantes deste capítulo: em primeiro lugar, a existência de concepções de certa forma inadequadas e cuja formação se revelou algo precária; em segundo lugar, a constatação de que a natureza da ciência não constitui alvo de enquadramento curricular, abundando a difusão de elementos implícitos e tácitos acerca da ciência.

Contudo, a análise e discussão mais aprofundada destes resultados será feita no próximo capítulo.

## CAPÍTULO VIII

*“we need to portray richer images of  
science”*

*– Abell e Smith, 1994*



## DISCUSSÃO DE RESULTADOS E CONCLUSÕES

### PARTE I – ESTUDO DESCRITIVO DAS CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA DOS PROFESSORES

Em consonância com o que havíamos indiciado na componente teórica deste trabalho, não houve evidências da existência de concepções e imagens *padronizadas* acerca da natureza da ciência, isto é, as concepções e imagens que encontramos não se enquadram de *per si*, ou no seu conjunto, em alguma(s) postura(s) filosófica(s) puras de ciência. Na verdade, os elementos reunidos em cada testemunho, ou no conjunto dos testemunhos, não apresentam entrusamento, coerência e intencionalidade que os façam corresponder a um sistema de conjecturas e pressupostos face ao empreendimento científico, típicos de determinada postura filosófica.

No entanto, parece pertinente considerar a existência de tal correspondência em termos parciais, sob a forma que aqui designamos de *tendências* ou *orientações*, uma vez que as posições assumidas pelos entrevistados carecem, quase sempre, de maior fundamentação e aprofundamento. Salvaguardando a reflexão que, posteriormente, esta situação nos merecerá, apresenta-se, de seguida, uma síntese dessas *tendências* predominantes:

### **A vertente empírico-indutiva como principal obreira na construção científica**

Constitui esta uma visão limitada e algo *estereotipada* da construção das ciências, configurando reminiscências de concepções e imagens onde predomina o pendor empírico-indutivo, referido no título em epígrafe.

Como se encontra registado na *sistematização e interpretação de resultados*, há uma forte referência à produção experimental e laboratorial, ao ponto de os entrevistados quase a tornarem como a via exclusiva de construção do conhecimento científico. Esta noção de exclusividade denota, porém, duplo significado, ao determinar também o afastamento das ciências físico-naturais em relação a outros conhecimentos como as artes, a religião, a astrologia e, de um modo geral, as denominadas *ciências sociais e humanas* (sociologia, psicologia, filosofia, história, línguas e literatura, nomeadamente). Tal afastamento é sustentado numa suposta isenção das ciências relativamente a factores de subjectividade, crença e fé, que, ao invés, predominam nesses conhecimentos e saberes.

Esta formulação empírica do conhecimento científico assenta, segundo uma parte considerável dos entrevistados, no designado “*método científico*”, correspondente a uma “orgânica” indutiva dessa formulação, tornando-a objectiva, sucinta e linear, o que, extensivamente, promove, supostamente, o rigor e a objectividade do conhecimento científico produzido. Situação semelhante foi encontrada noutros estudos realizados no mesmo âmbito, tipificando uma postura classificada pelos autores como *objectivismo* (Gallagher, 1991; Abell e Smtih, 1994; Gustafson e Rowel, 1995).

### **O “método científico”- elemento paradigmático do mito científico (o mito prevalece)**

De toda a informação recolhida nas entrevistas, o método científico constitui, de facto, um dos aspectos de maior referência, o que pode, aliás, ser atestado pelo elevado número de transcrições presentes no capítulo anterior.

Tal visão mitificada é, primeiramente, perceptível na forma abundante e disseminada com que foi encontrada; em seguida, na expressão convicta com que foram relatadas as suas etapas; por fim, na forma condescendente com que alguns entrevistados se escusaram/dispensaram a descrevê-las, seguros de que tal descrição seria inequívoca e pacífica, cingindo a sua explicação a uma breve referência.

Tal como havíamos expresso na componente teórica deste trabalho, a existência de tal visão torna estes professores potenciais difusores de mitos sobre alguns aspectos da natureza das ciências, como é o caso dos mitos da unicidade do “*método científico*” e da *objectividade* da ciência, situação para a qual Cawthron e Rowell (1978) há muito alertaram.

#### **Estatuto epistemológico superior do conhecimento científico**

Se atendermos a alguns dos resultados das investigações levadas a cabo neste âmbito, verifica-se que as mesmas apontam para a ocorrência de uma noção de superioridade epistemológica do estatuto das ciências físico-naturais, enquadrável num referencial positivista e de ciência normativa (Ariza e Pozo, 1996; King, 1991 e Gallagher, 1991).

No caso particular do nosso estudo, se lermos algumas das ideias finais das *gradações de constructos significativos*, pode verificar-se que esta ideia não é directamente detectada. Uma análise mais cuidada permite-nos, todavia, recolher

algumas evidências e argumentos que suportam tal noção de superioridade e, por consequência, de subordinação de vários saberes face às ciências físico-naturais. Passamos a apresentá-los:

1. Desenvolvimento de outros saberes está condicionado ao contributo das ciências físico-naturais, designadamente através da tecnologia que estas lhes disponibilizam. Aliás, é fazendo referência a este préstimo que, privilegiadamente, os entrevistados estabelecem as relações das ciências com as artes, a sociologia e a história.
2. No caso particular da psicologia e da economia, o facto de estas disciplinas praticarem uma investigação metódica que, por sua vez, se aproxima do “*método científico*”, faculta-lhes a atribuição de um certo *grau de cientificidade*. Neste ponto, encontramos uma ideia de ciência normativa que difunde um padrão de funcionamento, sob a alçada do qual outros saberes adquirem alguma legitimidade e estatuto.

Concorrem ambas as *tendências* para identificar, nas concepções e imagens de ciência dos professores, aquilo que na componente teórica deste trabalho designámos por *reducionismo conceptual e metodológico*, tendo em conta que, nestes territórios, tais concepções se revelam limitadas, decorrendo essa limitação do pendor empírico-indutivo que os entrevistados incutem aos seus testemunhos.

O pendor de tais concepções carece de contrabalanço, através da alusão à expectativa, intuição, imaginação e crença que, por vezes, o cientista deposita no seu trabalho (elementos enfatizados por Abimbola, 1983; Carrilho, 1994; Cawthron e Rowell, 1978; Gonçalves, 1991). Sem esquecer que, em alguns destes cientistas, esse estudo foi sobretudo teórico, dedutivo, de representação de uma certa realidade através dessa teoria, contribuindo tal facto para o reconhecimento de um procedimento plural e de uma *metodologia multifacetada*.

Na informação recolhida, são ainda inexistentes alusões ao cientista enquanto inventor de grandezas físicas e de conceitos, assim como, em termos de comunidade científica, ao paradigma enquanto rede conceptual condicionante do seu trabalho. Também não se encontram menções à teoria e instrumentação típicas de um paradigma, as quais enquanto orientadoras prévias da observação, condicionam a génese de “factos científicos” e complexificam a produção científica, ao ponto de oferecerem, em alternativa, a *invenção da realidade pela descoberta da realidade*.

Em síntese, a descrição e conceptualização do empreendimento científico carecem de ser testemunhadas num plano mais aberto, mais denso, e simultaneamente, mais humano.

### **Concepções contemporâneas de ciência: tímida evidência**

Em alguns testemunhos, a adesão a elementos epistemológicos veiculados pela história e a filosofia contemporânea das ciências torna-se evidente.

Efectivamente, existe um conjunto minoritário de testemunhos que colocam as ciências em íntima relação com outros saberes, em sintonia com a perspectiva actual que difunde a *solidariedade* entre conhecimentos, onde a aliança e o intercâmbio substituem a tradicional fragmentação disciplinar do conhecimento (Carrilho 1994; Santos, 1991; Snow, 1996). Tais testemunhos estabelecem essencialmente relações de complementaridade e não de subordinação, denotando uma visão mais contextualizada e, conseqüentemente, mais humanizada das ciências.

Tal como havíamos referido na *sistematização e interpretação de resultados*, esses outros saberes são, ora indissociáveis do seu empreendimento (religião, artes e filosofia, por exemplo), ora indispensáveis na análise desse empreendimento (como são os casos da filosofia, psicologia, sociologia e história). Em alguns desses testemunhos, os constructos-chave são os de “*ciência-diálogo*”, de “*ciência-*

*relação*” ou o de “*relações frutíferas*” que as ciências estabelecem com outros saberes, exemplos do discurso metafórico utilizado frequentemente pelos entrevistados.

É nossa convicção que a prevalência deste discurso metafórico esconde uma certa dificuldade/incapacidade dos entrevistados em substanciar as suas posições (situação, aliás, abertamente manifestada por alguns). Tal facto permite-nos categorizá-las enquanto “*consciência*” *contemporânea* acerca da natureza das ciências, ou seja, como *proto-concepções* resultantes de simples esboços de ideias e concepções carentes de fundamentação e estruturação, requerendo, como tal, maior desenvolvimento e maturação.

Da análise dos resultados emerge, ainda que de forma tímida, uma visão contemporânea das ciências. Tímida não só pela expressão mas também pela consistência, uma vez que o discurso metafórico e sucinto não se coaduna com o desenvolvimento e exemplificação das relações de intimidade e complementaridade em que se sustenta, deixando que estas acabem por cair em terreno árido.

Pelo anteriormente exposto, é possível aceitar, ainda que de forma comedida ou embrionária, a deslocação da tradicional fidelidade dos docentes a concepções empiristas-indutivistas, em favor da adesão a elementos epistemológicos assentes numa postura filosófica contemporânea, em concordância, aliás, com a principal conclusão a que Koulaidis e Ogborn (1989) chegaram na sua investigação.

### **Défice de reflexão e formação neste tema - evidência transversal neste trabalho**

Retomando o argumento inicial, verifica-se a impossibilidade de encontrar concepções radicadas numa postura filosófica determinada e estruturadas segundo a sua doutrina. Tal facto prende-se com um elemento que surge transversalmente no conjunto das entrevistas sob diversas expressões e com diferentes intensidades:

1. *Impasse e retracção na resposta* – efectivamente, diversos entrevistados acanharam-se na palavra, ao ponto de, em alguns destes casos, deixarem escapar algum desconforto perante a tarefa e o instrumento de investigação que lhe estava associado e que vivia exactamente desse testemunho, que se pretendia escoreito e rico.
2. *Resposta algo superficial e povoada de “lugares comuns”* – encontramos no discurso metafórico e preenchido por “frases feitas”, reveladora da precária sustentação, quer das posições assumidas, quer nas relações estabelecidas entre as ciências com outros saberes (filosofia e artes, por exemplo); na escassez do recurso a exemplos, episódios, acontecimentos e cenários das ciências, sejam eles provenientes do passado ou do presente (o enriquecimento das respostas com tais elementos verifica-se pontualmente). No seu conjunto, tais sinais apontam para a carência de desenvolvimento e maturação das suas concepções.
3. *A contradição e incoerência intra e inter-testemunhos* – mesmo nos testemunhos que revelam a assimilação de alguns aspectos da história e filosofia contemporânea das ciências, ficou patente que tais aspectos convivem com elementos radicados num modo mais tradicional de encarar as ciências. Destes elementos, sobressai, como anteriormente havíamos dito, o “*método científico*”, enquanto marca indelével de uma visão antiquada e estereotipada que, todavia, tende a persistir e a imiscuir-se nessas concepções mais actualizadas.

Da análise transversal feita a partir dos vários testemunhos, ressalta também a inconcludência nas relações ciências-artes e ciências-filosofia, uma vez que as posições defendidas varrem o espectro de possibilidades de resposta de um extremo ao outro. Isto é, nos múltiplos testemunhos, é

possível encontrar posições que vão desde a defesa da intimidade entre tais saberes, até às que os colocam em oposição.

De igual modo também, a ambiguidade, patente na caracterização da relação entre ciências e astrologia reforça a heterogeneidade e a mescla existentes no conjunto de posições e perspectivas face às ciências.

Ora, estes aspectos anulam a expectativa de recolha de testemunhos radicados e sistematizados segundo determinados referenciais filosóficos, facultando apenas a evidência moderada de *tendências* ou *orientações*, conclusão esta, também alcançada por Koulaidis e Ogborn (1989).

Perante a inépcia e insipiência evidenciadas em tais aspectos, consideramos legítimo conferir, tal como havíamos indiciado na componente teórica, um certo *amorfismo* relativamente aos entendimentos que os professores detêm acerca da natureza das ciências, nomeadamente das questões processuais de construção e validação do conhecimento científico.

Este panorama permite-nos concluir que tal *amorfismo* reclama um quinhão importante dos resultados desta investigação, competindo, em termos de dimensão, com as *tendências* ou *orientações* anteriormente extraídas.

Numa comparação mais alargada, tal conclusão coloca este estudo em sintonia com as investigações actuais que sobre este tema se debruçam. Segundo as mesmas, estamos perante concepções que se fundamentam em entendimentos tradicionais e desfasados, a que se somam, por vezes, alguns elementos ventilados pela história e pela filosofia contemporânea das ciências. No seu cômputo geral, constituem uma amálgama pouco coerente (aspecto também evidenciado por Lakin e Wellington, 1994), denotando uma certa insipiência e carência de reflexão dos professores sobre este tema e as próprias concepções. Este segundo aspecto coloca este estudo a par dos resultados obtidos novamente por Lakin e Wellington (1994), assim como de outros referenciados por Mellado (1997).



As razões para este facto são avançadas por alguns dos entrevistados, ao elegerem a falta de formação como principal causa de tal situação, caracterizando, de forma consensual, a formação curricular recebida na disciplina de “*História e Filosofia das Ciências*” como “*fraca*”. Nas referências que fazem aos cursos que frequentaram, as suas apreciações estão em sintonia com o cenário de formação universitária descrito por Gallagher (1991) e Mellado (1997), que o classificam como *estático, proposicional e fechado*, reconhecidamente carente de elementos extraídos do campo da história e filosofia das ciências.

Em suma, as carências formativas encontradas deixam claro o mecanismo que subjaz a tal *amorfismo* - **neste cenário de déficit de formação e reflexão, emergem a insuficiência e a contradição.**

Acrescente-se ainda que, em alguns testemunhos (três), se considera que os conhecimentos adquiridos em história e filosofia das ciências resultam do interesse e da iniciativa pessoais. Ora, esta situação agrava um cenário de deriva e de tratamento aleatório (referido por Solbes e Traver, 1996) que este tema tem merecido na formação de professores de ciências.

Relativamente ao panorama encontrado na formação dos docentes em história e filosofia das ciências, o facto de esta estar literalmente entregue ao empenho e interesse pessoais, promoverá, de uma forma muito clara, assimetrias quanto à consciência e cultura científicas que cada um consiga alcançar nesse campo. Tais assimetrias formativas serão o corolário de uma formação que, não estando instituída, nem sendo a sua instituição a condição necessária e suficiente para que vingue, se encontra, no outro extremo, à mercê da “*carolice*” e da iniciativa pessoal de cada professor.

## **PARTE II – CARACTERIZAÇÃO DAS AULAS DE MECÂNICA QUANTO AOS ELEMENTOS DA NATUREZA DA CIÊNCIA ABORDADOS**

Ficou patente que nas aulas de mecânica de 11º ano observadas, a abordagem de aspectos explícitos relacionados com a natureza da ciência parece ocorrer de forma escassa ou minoritária. A identificação destes elementos, enquanto constituintes integrados numa acção lectiva concertada que visa exactamente explorar alguns aspectos da natureza da ciência, foi possível apenas em duas aulas de um professor, tendo a observação realizada neste estudo abrangido um total de vinte aulas, repartidas por quatro professores.

Nas restantes aulas, a identificação de aspectos explícitos ocorrem de forma pontual e algo desconexa. A consulta dos resultados conseguidos relativamente aos professores C, D e E evidencia que esses aspectos se traduzem apenas numa ou duas frases curtas proferidas pelo professor acerca das obras ou das vidas de Galileu e Newton.

Em contrapartida, os elementos implícitos/tácitos foram assinalados com frequência, situação que coloca este estudo a par dos estudos que, neste âmbito foram consultados (Duschl e Wright, 1989; Gallagher, 1991; Solbes e Traver, 1996). Estes elementos repartem-se pelos seguintes aspectos predominantes:

1. Há uma forte ocupação com o conhecimento proposicional, expresso nos seus conteúdos, leis e definições, assim como na realização de cálculos com base na aplicação das expressões matemáticas dessas leis. É ainda este conhecimento que determina a planificação e a repartição de actividades pelas aulas. A consulta de alguns elementos de avaliação (testes escritos e fichas de trabalho) comprova esta preponderância, na medida em que aqueles exigem dos alunos a simples memorização e compreensão desses conteúdos, assim como a aplicação rotineira das suas

fórmulas. Esta situação contribuirá para atribuir um *estatuto desmesuradamente elevado aos aspectos teórico-matemáticos do conhecimento científico*.

Seguem-se dois episódios de aula que seleccionámos com vista a suportar esta ideia:

“*E para esta lei não existe fórmula?*” - questiona um aluno após o professor ter enunciado a lei da inércia.

“... *o que vocês fazem é memorizar as expressões e eu não gosto disso!*” - adverte o professor - “*Mas é o que fazemos*” - responde um aluno ...; “*quem é que não faz?!*” - responde outro aluno.

2. O conhecimento científico é apresentado de uma forma atemporal e descontextualizada, fazendo uma referência fugaz aos cientistas e omitindo as crises e as transformações conceptuais que o desenvolvimento científico acarreta. Assim sendo, *a imagem difundida em relação ao desenvolvimento científico resulta do próprio desenrolar dos sucessivos conteúdos nas aulas, isto é, ocorre de forma linear e cumulativa*.
3. Quanto aos aspectos metodológicos da ciência, estes repartem-se pela:
  - 3.1. referência implícita à vertente idealizada da construção científica, expressa na preocupação dos professores com os aspectos abstractos e contra-intuitivos da mecânica (sobretudo nas leis de Newton e na queda dos graves);
  - 3.2. realização de actividades experimentais demonstrativas, no intuito de comprovar leis ou constantes científicas (valor da aceleração gravítica);

3.3. realização de outras actividades experimentais, apelando à construção dos respectivos dispositivos, à formulação apriorística de hipóteses e à previsão de resultados (estratégia utilizada por um dos professores).

Estas evidências poderão promover imagens díspares quanto à metodologia científica. Não obstante, o seu carácter implícito, sem relação directa com a natureza da ciência, determinará que essa promoção não seja significativa. Em contrapartida, a forma explícita como foram feitas as alusões ao “*método científico*” (dois professores) permite-nos admitir a subsistência do mito e a sua difusão.

Esta realidade torna longínqua a possibilidade de um ensino que, efectivamente, trate a natureza da ciência, a sua metodologia pluridimensional, a dualidade invenção/descoberta inerente ao conhecimento científico e a natureza complexa do seu desenvolvimento (pontos que consubstanciam o primeiro capítulo deste trabalho).

Perante a caracterização que nos foi possível efectuar, consideramos oportuno tecer agora as seguintes considerações:

### **A prática lectiva como reflexo das carências de formação e do conhecimento docente acerca da natureza da ciência**

1. Parece-nos existirem fortes razões para considerar que tal cenário resultará, em boa parte, da conjugação de factores como a falta de sensibilização/reflexão/formação dos professores, no âmbito da natureza da ciência. É também este o cenário encontrado por Abd-El-Khalick

(1998); Duschl e Wright (1989); Gallagher (1991); Mellado (1996); King (1996) e Solbes e Traver (1996).

2. Relativamente às concepções acerca da ciência, o *amorfismo*, a *insipiência* e a *heterogeneidade* evidenciados pelos professores afastam qualquer possibilidade de projecção de tais concepções na prática docente. Este perfil de concepções contribuirá para que, ao nível explícito, a abordagem de elementos relativos à natureza da ciência seja inócua, assistemática e pontual.
  
3. Tal como sucedeu na primeira parte do estudo, também aqui se encontraram provas de que o “método científico” persiste enquanto “mito”. Tendo sido encontrado nas concepções de um número considerável de professores, surge agora no manual utilizado por dois deles e, consecutivamente, nas suas aulas. O denominado “método científico” é claramente apontado como processo empírico descoberto por Galileu, determinando a forma de produzir conhecimento científico. Situação semelhante foi encontrada nos estudos realizados por Duschl e Wright (1989) e Gallagher (1991).

Este conjunto de factores, centrados no professor, são ainda coadjuvados por outros que actuam ao nível da escola e, concretamente, nas aulas de ciências. Estes últimos, sendo também determinantes da imagem de ciência difundida nas aulas, tornam os primeiros (nomeadamente as concepções de ciência dos professores) condição necessária mas não suficiente para que a natureza da ciência vingue na educação em ciências. É sobre esta segunda ordem de factores que em seguida nos iremos debruçar:

### **Configuração actual da educação em ciências: entrave à implementação deste tema**

1. Verifica-se uma escassez de materiais e suportes lectivos onde a natureza da ciência surja articulada com os objectivos, conteúdos e metodologias do ensino da física. Tal como diversos autores referem, é ao nível da transposição didáctica e da operacionalização lectiva desses elementos que existem consideráveis carências (Abd-El-Khalick et al., 1998; King, 1996 e Solbes e Traver, 1996).
2. Na mesma linha dos estudos de autores como Abd-El-Khalick et al. (1998); Benson (1989); Duschl e Wright (1989) e Lederman e Zeidler (1987), também neste surgiu a evidência de que a natureza da ciência será um objectivo ou preocupação que os professores consideram de menor importância face a um conjunto de prioridades curriculares e de constrangimentos educativos que detêm maior preponderância nas suas aulas. Destes ressaltam o cumprimento de programas curriculares e de planificações, assim como a preparação para testes, provas globais e exames (como foi oportunamente assinalado, esta evidência surgiu também na primeira parte do estudo).
3. Tal como Solbes e Traver (1996) referem, a escassa abordagem de aspectos explícitos é consequência da “carolice” de alguns (poucos) professores que, tendo realizado alguns estudos e leituras em história e filosofia das ciências, adaptaram alguma dessa informação às aulas. Foi este o caso do único professor que, de forma explícita, abordou e teve em consideração elementos relativos à natureza da ciência.

Relativamente ao tema *natureza da ciência*, revelaram-se evidentes as carências existentes ao nível das concepções e práticas lectivas dos professores. Este cenário insere-se ainda num ensino - aprendizagem das ciências configurado (apenas) no tratamento dos conteúdos teórico-matemáticos e desprovido de abordagens explícitas acerca desse tema.

Embora estivesse para além do objectivo deste estudo, que apenas teve como tarefa a caracterização das aulas de mecânica de 11º ano, seria de todo pertinente conhecer, junto dos alunos indirectamente envolvidos no mesmo, qual a imagem de ciência que detêm, de modo a que nos fosse possível alcançar um conhecimento mais profundo que, obviamente, esta problemática envolve.

### **Implicações para a investigação futura**

Primeiramente, importa salientar a capacidade manifestada pela metodologia adoptada neste estudo empírico, em explorar concepções e entendimentos de carácter implícito e pessoal, caracterizados ainda pela existência de inconsistências intra-pessoais e de idiosincrasias. Por esse motivo, aconselha-se a utilização desta metodologia na exploração de concepções e convicções que denotem o mesmo perfil. Registe-se ainda que, embora a natureza destes estudos não se coadune com a possibilidade de generalização e de representatividade de um colectivo elevado de indivíduos, tal limitação é suplantada pelo carácter fortemente descritivo e interpretativo que aqueles estudos imprimem (Mellado, 1996).

Todavia, e reportando-nos ao instrumento de investigação que a técnica envolve, a entrevista assenta na indução do pensamento e da resposta com base numa tarefa que obriga o entrevistado a estabelecer pólos (noções) opostos relativos à concepção em análise. Como Stewart e Mayes (2000) acautelam, normalmente as pessoas não se encontram familiarizadas com tal procedimento (two-against-one process), sendo o mesmo alvo de estranheza e desconforto por parte dos

entrevistados. Também neste estudo tal situação foi verificada, pelo que se sublinha a cautela realizada por estes autores.

Considerando que no presente há um número considerável de resultados que apontam para a existência de concepções de ciência incompletas e inadequadas por parte dos professores, seria oportuno que se reforçasse a aposta no estudo das mesmas junto dos alunos. As evidências empíricas que daí resultassem permitiriam uma caracterização mais abrangente e completa das concepções, convicções e imagens de ciência que predominam na actual educação em ciências, assim como dos mecanismos que subjazem, em contexto escolar, à sua difusão. Ainda na busca desse intuito, seria de todo pertinente a realização de investigações de maior envergadura que abarcassem, em simultâneo, professores, práticas lectivas e alunos.

Por último, registre-se a urgência no empreendimento de investigações com função mais interventiva, na medida em que deverão elaborar e testar materiais e estratégias pedagógicos com vista à abordagem da natureza da ciência. Este constituirá o ponto de partida para a criação de um conjunto de materiais, programas e estratégias educativas, que posteriormente deverão ser colocados ao serviço da educação em ciências, colmatando, desta forma, uma carência reconhecida por muitos a este nível.



## **ANEXOS**

**ANEXO 1**

## GRELHA DE OBSERVAÇÃO DE AULAS

Campos	ELEMENTOS EXPLÍCITOS NO ENSINO/APRENDIZAGEM DA MECÂNICA NEWTONIANA (CLÁSSICA)
A metodologia multifacetada nas ciências físico-naturais	<input type="checkbox"/> Referência à pluralidade metodológica das ciências.
	<input type="checkbox"/> Abordagem de excertos de obras histórico – científicas, de manuais de divulgação científica, que evidenciem: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> O esforço conceptual do cientista na obtenção de uma base teórica plausível.</li> </ul> Exemplos: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ a velocidade de queda dos corpos como dependente exclusivamente do tempo de queda;</li> <li>◆ demonstração de que as experiências terrestres, como a queda dos graves, não podem, por si só, negar ou provar o movimento da Terra;</li> <li>◆ a decomposição e simplificação do movimento parabólico dos projecteis;</li> <li>◆ as trajectórias cónicas (hipérbole, parábola e elipse) como resultante da acção de uma força centrípeta, que varia com o inverso do quadrado da distância;</li> <li>◆ o triunfo da gravitação universal de Newton: a condensação dos movimentos celeste e terrestre.</li> </ul> <input type="checkbox"/> A selecção de quantidades físicas relevantes a incorporar nas novas leis. <input type="checkbox"/> A colocação de novas questões perante os fenómenos observados.           Exemplos. <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Qual o estado cinemático de um objecto desprovido da acção de forças ?</li> <li>◆ O que impede os planetas de se movimentarem em linha recta ?</li> </ul> <input type="checkbox"/> Os esforços linguísticos que expressam novos eventos e ideias. <input type="checkbox"/> A maturação prolongada de conceitos em física.           Exemplos: conceito de movimentos inerciais; aceleração; força; forças gravitacionais centrais; modelo heliocêntrico do sistema solar; e energia.
	<input type="checkbox"/> Abordagem de fenómenos cruciais e/ou conceitos-chave para a mecânica newtoniana (queda livre, lançamento de projecteis, relatividade do movimento, inércia, força, trabalho, energia, etc.), segundo uma metodologia multifacetada: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Integrando aspectos qualitativos, imaginados, discussão de situações abertas.</li> <li><input type="checkbox"/> Integrando a quantificação dos mesmos, através de realizações experimentais.</li> </ul>

	<p><input type="checkbox"/> Ênfase do conhecimento de base empírica (na física moderna)- o rigor da ciência está dependente da sua coerência com a evidência da realidade física.</p> <p>Exemplo: Utilização das séries numéricas de Galileu para estabelecer a lei da queda dos corpos.</p>
	<p><input type="checkbox"/> Utilização de casos-limite e experiência pensadas, para discutir aspectos da cinemática e da dinâmica (queda dos corpos, determinação da lei da inércia).</p>
O estatuto do conhecimento científico – a invenção da realidade	<p><input type="checkbox"/> Discussão acerca da intervenção científica na realidade, em torno da bipolarização descoberta/invenção.</p>
	<p><input type="checkbox"/> Apresentação do conhecimento científico enquanto provisório - referência às limitações e fragilidades da mecânica newtoniana.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A limitação do seu objecto de estudo (realidade física).</li> <li><input type="checkbox"/> A limitação da sua aplicabilidade (realidade próxima e familiar).</li> </ul>
	<p><input type="checkbox"/> Referência à objectividade científica enquanto aspiração e não enquanto concretização.</p>
	<p><input type="checkbox"/> Consciencialização do crescente abstraccionismo do <i>corpus</i> teórico, como demarcação de uma ciência medieval “pré-científica”.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Referência a aspectos contra-intuitivos da mecânica (linguagem formal e matematizada, a experiência teoricamente apoiada e a vertente idealizada).</li> </ul>
	<p><input type="checkbox"/> Apresentação de elementos da vertente idealizada da ciência.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Casos-limite, analogias, experiências pensadas;</li> <li><input type="checkbox"/> Diferenciação epistemológica: objectos reais / objectos ideais.</li> </ul>
	<p><input type="checkbox"/> Utilização da mecânica newtoniana na diferenciação entre constructos teóricos da ciência: lei, teoria e modelo.</p>
	<p><input type="checkbox"/> Referência às conotações metafísicas e estéticas do conhecimento científico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A natureza harmoniosa como obra arquitectónica do Criador.</li> <li><input type="checkbox"/> Leis e princípios que condensam uma multiplicidade de fenómenos (gravitação universal, princípio de conservação da energia, etc.), passíveis de atribuição de valores estéticos, como <i>abrangência</i> e <i>coerência</i>.</li> </ul>
	<p><input type="checkbox"/> Discussão em torno da visão <i>mecanicista</i> de natureza, que a mecânica newtoniana acarreta.</p>
	<p><input type="checkbox"/> Referência à matematização do conhecimento científico, como linguagem codificada privilegiada na interpretação da realidade.</p>
	<p><input type="checkbox"/> Ênfase no carácter previsível da mecânica newtoniana (previsão do achatamento da Terra, da ocorrência das marés, da precessão no movimento da Terra, do comportamento de veículos espaciais).</p>

A natureza complexa do progresso científico	<input type="checkbox"/> Influência dos contextos sociais no desenvolvimento da ciência. Exemplos: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> As desventuras de Galileu com a Igreja Católica.</li> <li><input type="checkbox"/> A aceitação do trabalho de Galileu pelas religiões cristãs emergentes.</li> <li><input type="checkbox"/> A aceitação das ideias de domínio, manipulação e controlo da realidade, difundidas pela mecânica e mecanicismo, nas sociedades de então.</li> </ul>
	<input type="checkbox"/> Utilização das teorias aristotélica e do <i>Impetus</i> para análise e confronto das concepções espontâneas dos alunos.
	<input type="checkbox"/> Adaptação de uma tese contemporânea do desenvolvimento científico. (ex: aplicação das noções de <i>ciência normal</i> e <i>ciência extraordinária</i> à mecânica newtoniana, o caso Michelson- Morley e a experiência de Eddington).
	<input type="checkbox"/> Exemplificação, através da mecânica newtoniana, da ascensão e declínio de uma teoria científica.
	<input type="checkbox"/> Enumeração das fragilidades e limitações da mecânica newtoniana.
	<input type="checkbox"/> Explicitação da instituição de comunidades científicas nos séc. XVII e XVIII, enquanto centros de fervor e produção científicos.
	<input type="checkbox"/> Apresentação da física newtoniana numa perspectiva de “interdisciplinaridade”. Exemplos: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A astronomia como força-motriz do desenvolvimento da mecânica e da física moderna;</li> <li><input type="checkbox"/> A importância do modelo mecânico do éter na síntese electromagnética de Maxwell (Solbes e Traver, 1996);</li> <li><input type="checkbox"/> Do impulso da mecânica à formulação da teoria cinética dos gases (Einstein e Infeld, 1986).</li> </ul>
	<input type="checkbox"/> Referência à iniciação da vertente tecnológica da ciência (nível intrínseco). Construção de instrumentos de medida e de observação (o telescópio como símbolo).
	<input type="checkbox"/> Referência à produção tecnológica que a ciência inicia (nível extrínseco). Construção de máquinas e aparelhos diversos.
	<input type="checkbox"/> Referência ao empreendimento científico como esforço colectivo: o refinamento posterior da mecânica newtoniana por cientistas como Euler e Lagrange (a equação da lei da dinâmica, tal com a conhecemos $F = ma$ deve-se a Euler) (Solbes e Traver, 1996).

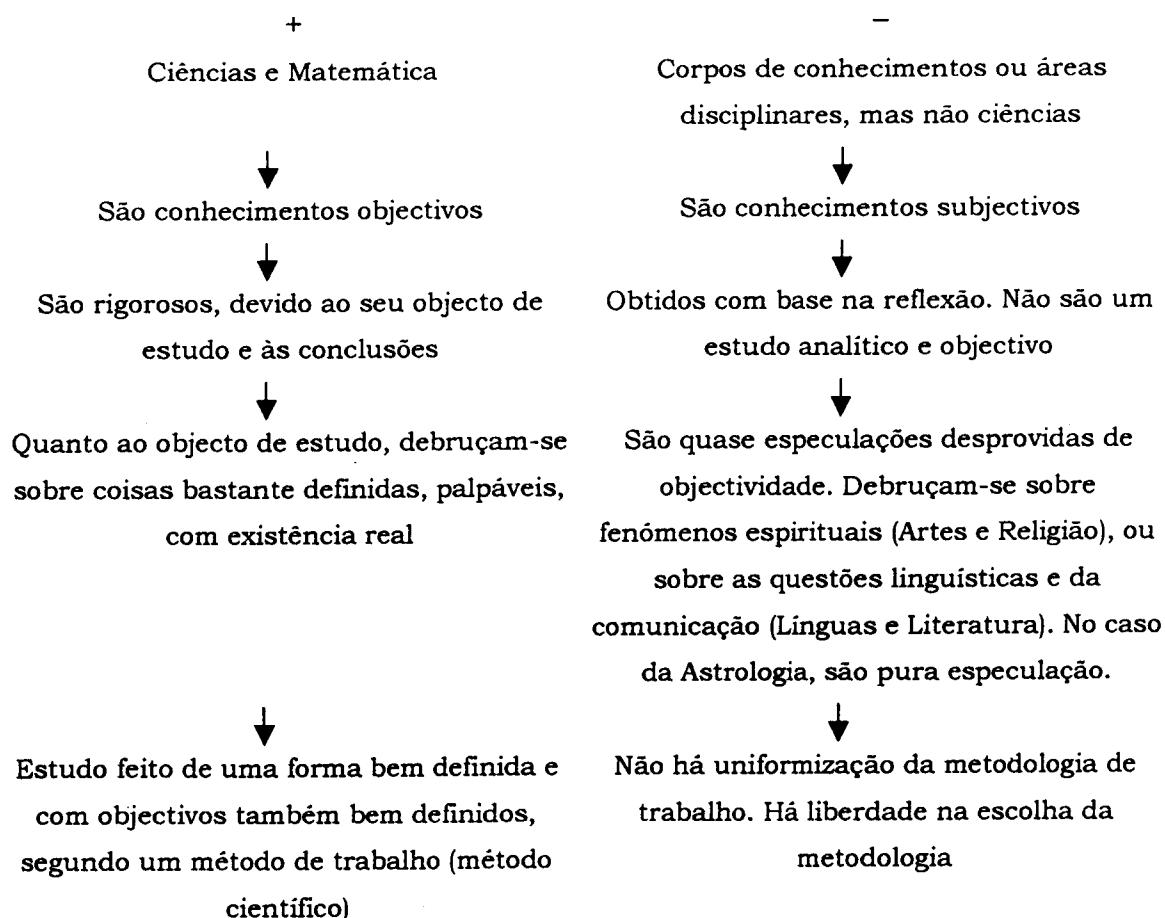
Campos	<p style="text-align: center;"><b>ALGUNS ELEMENTOS IMPLÍCITOS OU TÁCITOS NO ENSINO/APRENDIZAGEM DA MECÂNICA NEWTONIANA</b></p>
<b>A metodologia multifacetada nas ciências físico-naturais</b>	<input type="checkbox"/> Realização da experimentação de forma rotineira (seguindo o procedimento descrito pelo manual ou pelo professor)
	<input type="checkbox"/> Medição e recolha de valores enquanto tarefas exclusivas da experimentação, a partir das quais se realiza, à <i>posteriori</i> , a generalização indutiva de uma lei experimental.
	<input type="checkbox"/> Estabelecimento de distinções entre a experimentação escolar e a experimentação científica real.
	<input type="checkbox"/> Utilização da experimentação com o objectivo de confirmar uma lei experimental.
	<input type="checkbox"/> Realização da experimentação de acordo com os seguintes passos: observação, formulação de hipóteses, experimentação e enunciado de teorias.
	<input type="checkbox"/> Referência à vertente idealizada das ciências.
	<input type="checkbox"/> Planeamento de experiências, da montagem experimental, discussão das grandezas físicas a medir.
	<input type="checkbox"/> Formulação apriorística de hipóteses e de modelos explicativos por parte dos alunos e teste de previsões matemáticas através da experiência.
<b>O estatuto do conhecimento científico – a invenção da realidade</b>	<input type="checkbox"/> Abordagem predominantemente expositiva por parte do professor.
	<input type="checkbox"/> Ocupação com o conhecimento proposicional da mecânica expresso nos seus conteúdos, definições, expressão matemática de leis (produtos da ciência).
	<input type="checkbox"/> Utilização de elementos de avaliação que se fixam na memorização de enunciados e na aplicação matemática das suas fórmulas.
	<input type="checkbox"/> Abordagem dos programas científicos através do espartilhamento do seu conteúdo: cinemática e dinâmica, repouso, movimentos rectilíneos e movimentos circulares.
	<input type="checkbox"/> Recurso a uma linguagem pouco cuidada, no sentido em que, inadvertidamente, se misturam entidades científicas (conceitos científicos) e entidades reais dos fenómenos.
	<input type="checkbox"/> Ênfase colocada no domínio da terminologia (nomenclatura, unidades) (Gallagher, 1991).
<b>A natureza complexa do progresso científico</b>	<input type="checkbox"/> Apresentação do conhecimento científico de uma forma atemporal
	<input type="checkbox"/> Desenvolvimento linear e cumulativo da construção científica, sem crises ou sem transformações conceptuais marcantes (Solbes e Traver, 1996).
	<input type="checkbox"/> Apresentação dos cientistas como génios que, de uma forma brilhante e solitária, desenvolveram a ciência (Solbes e Traver, 1996).
	<input type="checkbox"/> Referência fugaz aos cientistas, através da apresentação dos seus principais elementos biográficos.
	<input type="checkbox"/> Abordagem de aspectos CTS nas aulas de mecânica.

**ANEXO 2**

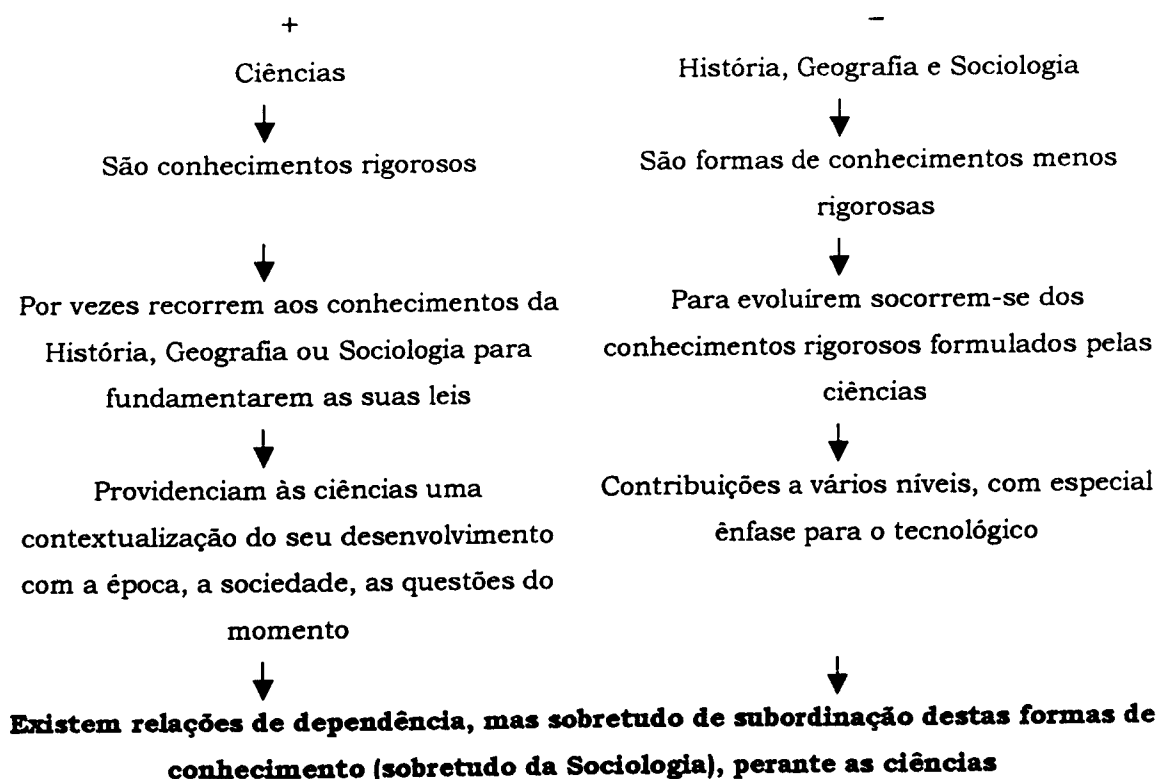
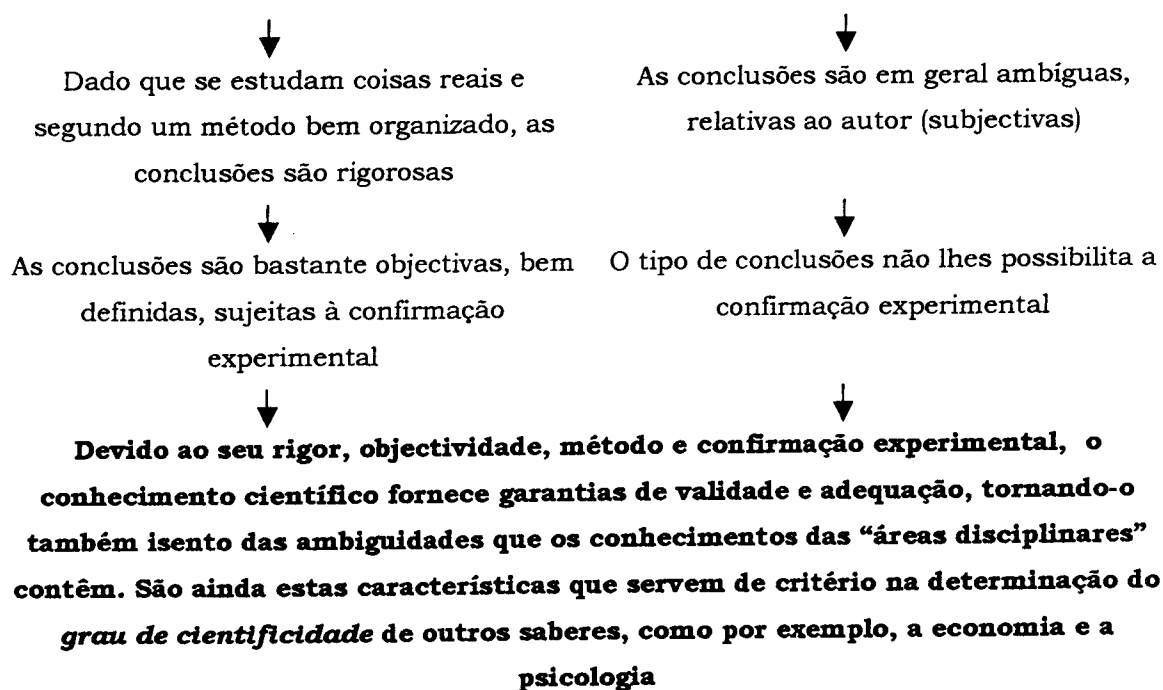
## APRESENTAÇÃO DE RELATOS DAS ENTREVISTAS AOS PROFESSORES

### *Professor A*

- Estabelecimento de uma clivagem entre conhecimentos de índole objectivo (ciências e matemática) e conhecimentos de índole não objectivo (línguas e literatura, artes, religião, astrologia, filosofia, finanças e des. pess. e social) e não rigoroso (artes, religião e astrologia). (× 10)
- Estabelecimento de relações de dependência entre ciências / história, ciências / geografia, ciências / sociologia. (× 3)
- Análise das expressões : “a economia é uma forma de ciências”, “a psicologia também é uma ciência”.







O entrevistado é categórico na clivagem que estabelece (criando com isso dois pólos epistemológicos), entre “*ciências e matemática*” (conhecimento objectivo) e “*corpos de conhecimento*” ou “*áreas disciplinares*” (conhecimento subjectivo), onde se inserem: artes, religião, astrologia, línguas e literatura, filosofia, finanças e des. pess. e social. Os argumentos utilizados são: o rigor (patente em todas as estâncias do empreendimento científico: o objecto, a metodologia e objectivo) e a objectividade.

Tais argumentos conferem às ciências e matemática um estatuto algo elevado, na comparação efectuada com os restantes conhecimentos. Tal estatuto sai reforçado, na medida em que as relações apontadas entre as ciências físico-naturais e “*formas de conhecimento*”, como são o caso da história, da geografia e da sociologia, são de subordinação destas perante as primeiras, reconhecendo que o seu desenvolvimento está dependente de contribuições das ciências físico-naturais, com especial incidência na tecnologia que estas lhes proporciona.

Tais aspectos, com especial preponderância no método, servem ainda de critérios ou padrões de determinação do *grau de cientificidade* de outras “*formas de conhecimento*”. Por conseguinte, a psicologia e a economia é atribuída alguma cientificidade, ainda que utilizem um método de trabalho “*menos rigoroso*” e “*com as etapas menos definidas*”, debruçando-se sobre um objecto de estudo considerado “*menos palpável*”.

Quanto às conclusões científicas, o entrevistado classifica-as em :

1. Princípios – têm validade mais universal: São as bases para a construção das validades locais.
2. Teorias – têm validade mais local (menos geral).
3. Leis – validade mais restrita (comprovadas experimentalmente).

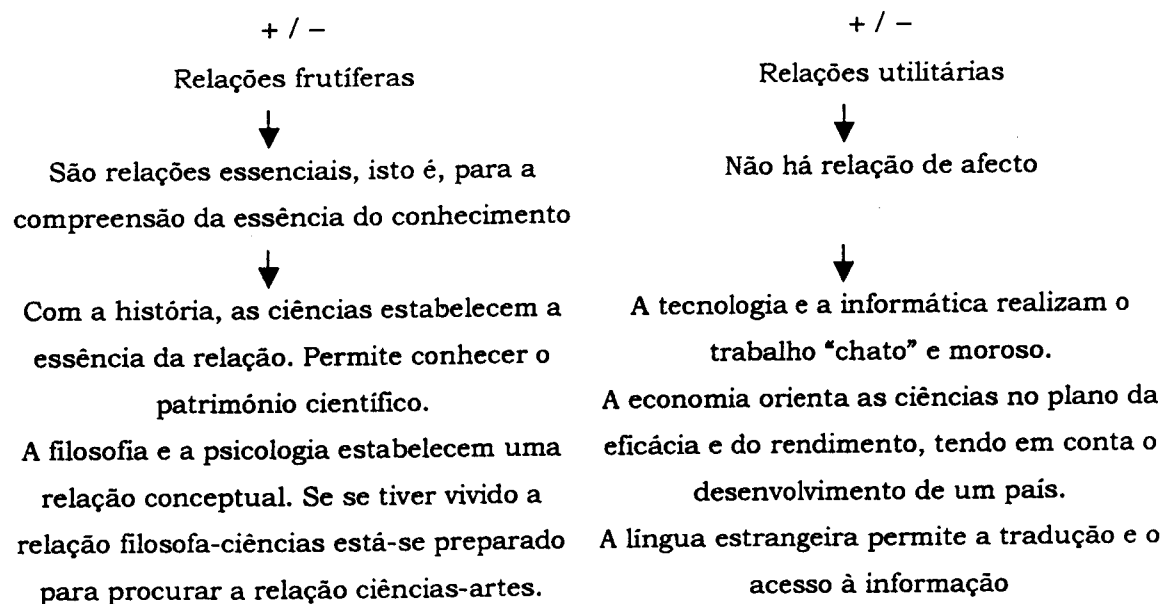
A formação universitária recebida em história e filosofia das ciências foi considerada “*fraca*”, abordando “*exclusivamente conceitos e conteúdos da física e*

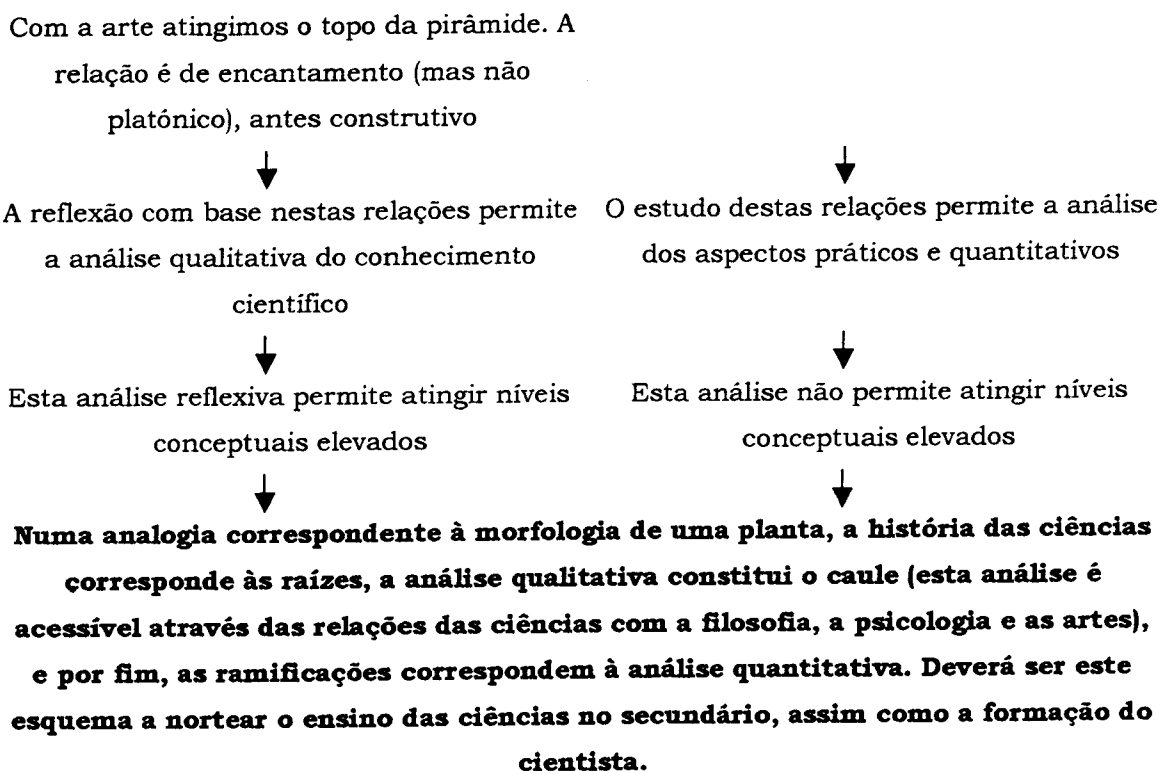
da química”. Da disciplina existente para o efeito, o entrevistado recorda a superficialidade dos temas debatidos, ao afirmar: “foi apenas uma amostragem”.

Relativamente ao exercício da sua profissão afirma que, nas suas aulas de Física (12ºano), ao dar início aos temas do programa, procede a uma breve introdução histórica a fim de “contextualizar”, actividade que os alunos “dão pouca importância”. A impossibilidade de uma abordagem mais profunda destes temas fica a dever-se à extensão dos conteúdos e ênfase dada aos mesmos, o que “não possibilita que divaguemos por esse campo”. A par disto, a preocupação na preparação dos alunos para os exames de admissão ao ensino universitário é um aspecto prioritário.

### Professor B

- Relações essenciais: artes-ciências, história-ciências, filosofia-ciências e psicologia-ciências.
- Relações úteis com as ciências: língua estrangeira, tecnologia, informática, economia.
- Análise da expressão: “Se as ciências são um sistema, há enormes vizinhanças”.





Acerca do diagrama apresentado refere que o mesmo é válido tanto para a educação em ciências (nomeadamente no ensino secundário) como para o cientista. Relativamente a este último, defende que, apesar da sua especialização e ocupação profissional se desenvolver num dos “ramos” quantitativos, a sua formação base feita na análise qualitativa (caule das ciências) nunca deverá ser descurada. É ao caule que o cientista deverá vir beber e actualizar o seu conhecimento-base, por forma a manter “*a cabeça aberta a outros campos*”.

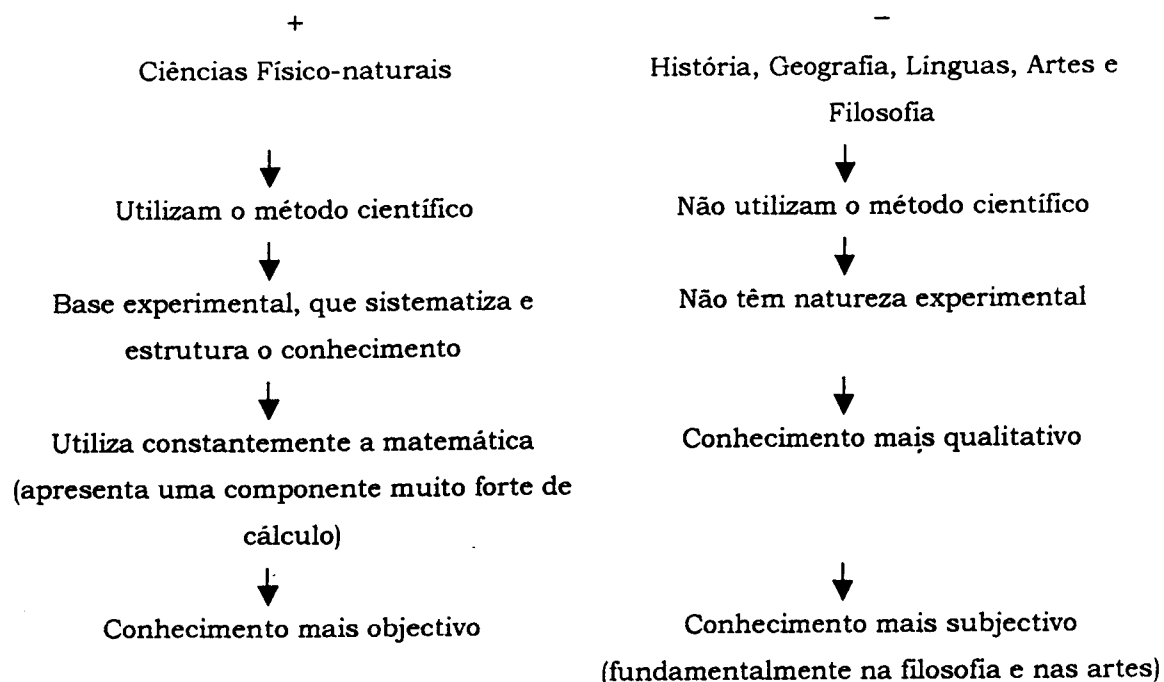
Dentro das “*relações frutíferas*”, nomeadamente das “*relações conceptuais*” que as ciências estabelecem com a filosofia e com a psicologia, reconhece que “*sei que são importantes mas não sei descrever estas relações*”. De igual modo, acerca da “*relação de encantamento*” estabelecida entre as ciências e as artes, o entrevistado revela-se incapaz de realizar o seu aprofundamento. Contudo, e apesar de apontar a falta de recursos de formação e materiais que lhes possibilitem (a si e aos estagiários) atingir em pleno esta relação, regista que tem sido à custa da auto-

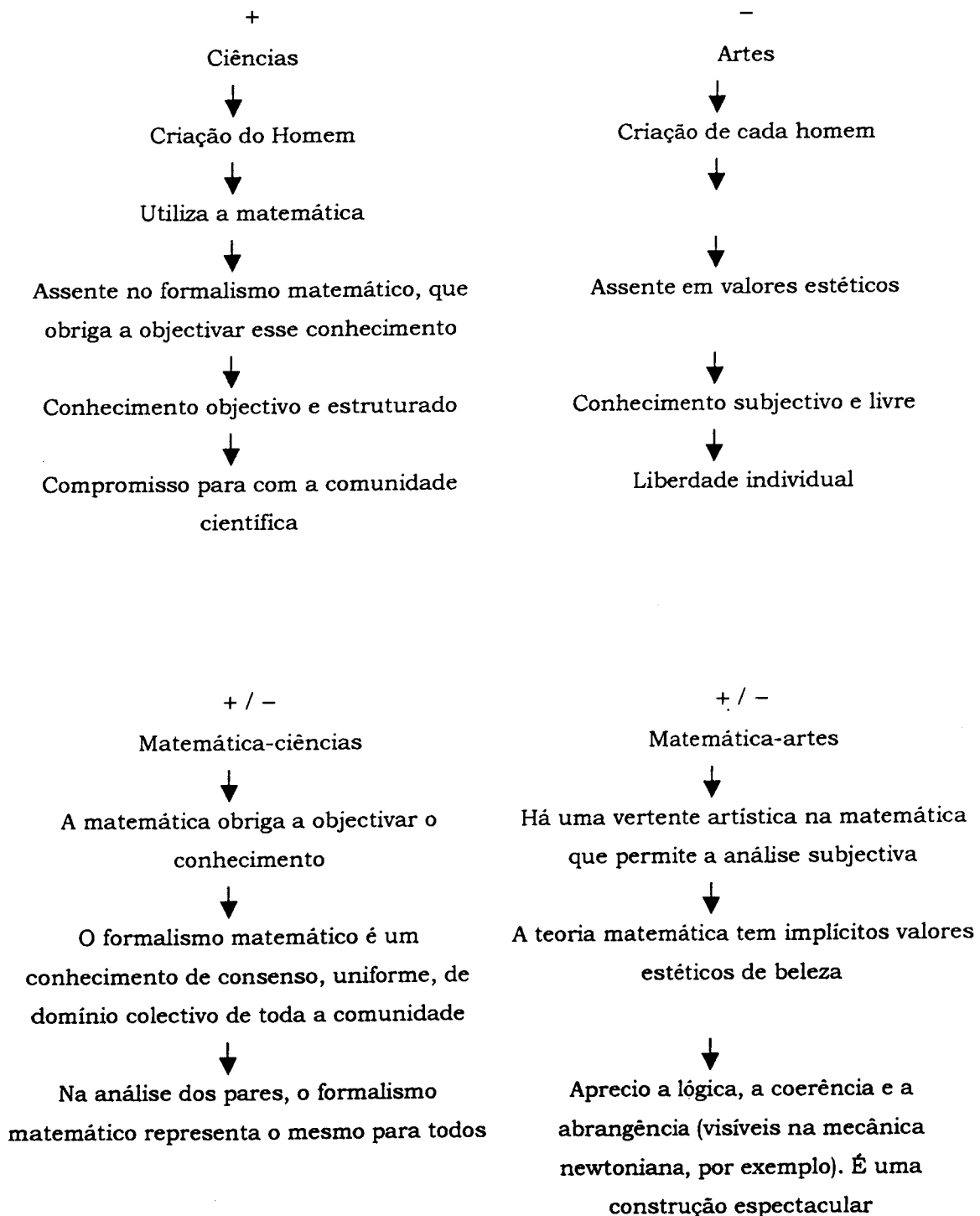
formação, do diálogo com outras pessoas e de leituras que abordam temas da história e filosofia das ciências, que tem procurado desenvolver essa relação.

Acerca da astrologia, afirma que esta constituiu uma “*mola*” para o desenvolvimento da física clássica, estabelecendo, na actualidade, uma forte relação com esta. Nesta última aceção, consideramos que o entrevistado faz equivaler a astrologia à astronomia.

### *Professor C*

- Utilização do método científico como critério de classificação de saberes em científicos ou não científicos. (×5)
- Análise da ideia: ciências e artes – “*ambas são criações do espírito humano*”. (×4)
- Utilização, por parte das ciências, do cálculo matemático, conhecimento assente no formalismo matemático. (×3)





O “*método científico*” é considerado como critério de demarcação entre saberes científicos e saberes não científicos. Quanto aos primeiros, a base

experimental e a utilização do formalismo matemático constituem garantias da formulação de um conhecimento “*sistematizado*”, “*objectivo*” e “*mais vinculativo*”. Quanto aos segundos, são saberes de índole mais qualitativa e subjectiva e, “*não obedecem a um espaço próprio que é o laboratório*”. Questionado acerca da constituição desse método, começa por afirmar que é “*exaustivo*” e formado “*com as regras que todos nós sabemos*”, passando, de seguida, a enunciá-las: problemas, hipóteses, recolha de dados, conclusão, formulação de uma lei e formulação de uma teoria.

Na continuação da entrevista, enfatiza a base matemática em que assenta o conhecimento científico. Na consequente análise que faz deste formalismo matemático, não deixa de lhe atribuir duplo significado (deixando transparecer alguma tensão entre ambos). Por um lado, perspectiva-o como garante da objectividade desse conhecimento, constituindo uma linguagem uniforme e consensual pela qual os cientistas se fazem entender; por outro, considera-o responsável pela atribuição de aspectos artísticos às teorias científicas (“*têm o seu quê de belo*”). Estes aspectos artísticos, por sua vez, permitem a apreciação subjectiva de valores estéticos no conhecimento científico. Debruçando-se sobre a mecânica newtoniana, o entrevistado explicita os valores estéticos que ela própria lhe atribui, enunciando-os como sendo a “*lógica*”, a “*coerência*” e a “*abrangência*”.

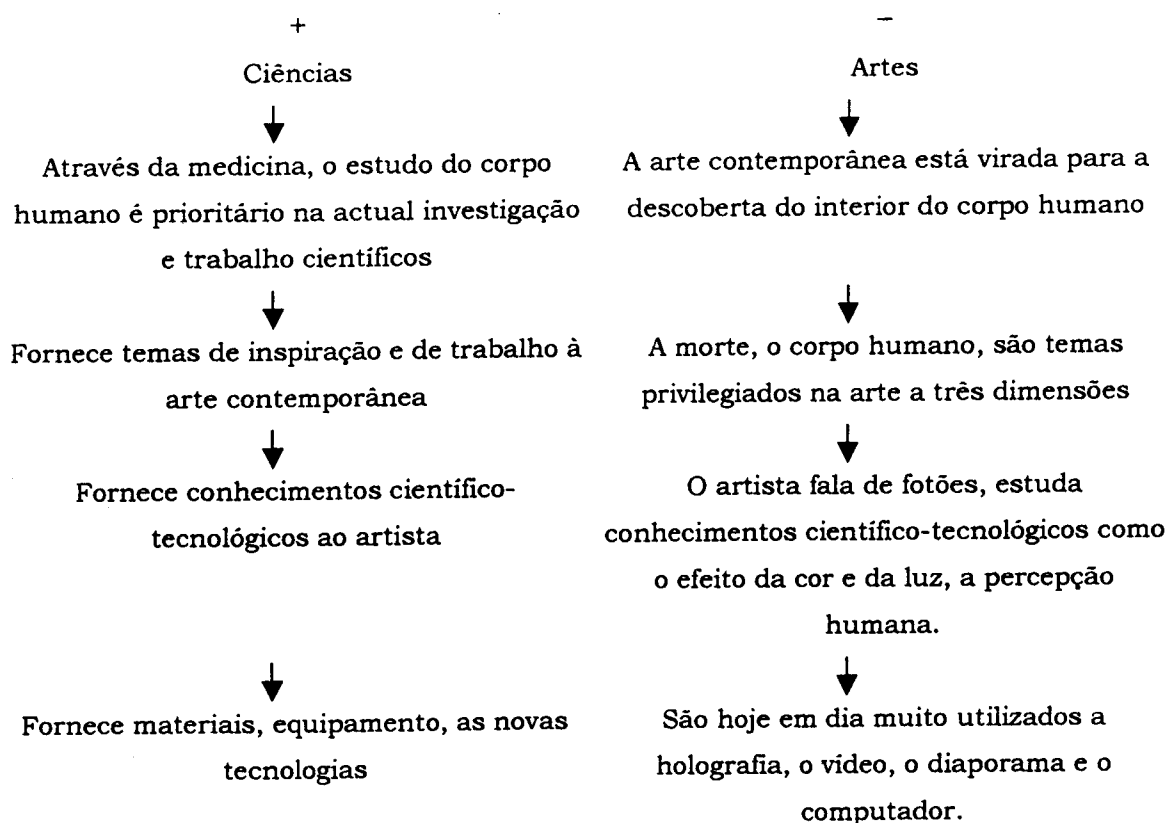
Quanto à prática educativa, afirma que a adopção de inovações educativas se torna difícil. Referindo-se concretamente às abordagens CTS (CFC’s, chuvas ácidas, segurança rodoviária, por exemplo), afirma que a prática lectiva destas apresenta pouca expressão, em comparação com um ensino que continua fortemente teórico-matemático.

Relativamente à implementação de inovações educativas e à prática experimental, afirma que normalmente são actividades “*morosas*”, pelo que, a extensão dos programas e a consequente escassez de tempo as tornam inviáveis. Reportando-se ainda às primeiras, remata dizendo que “*actualmente, estes floreios apenas são viáveis em turmas de bom rendimento, já despertadas para a ciência*”.

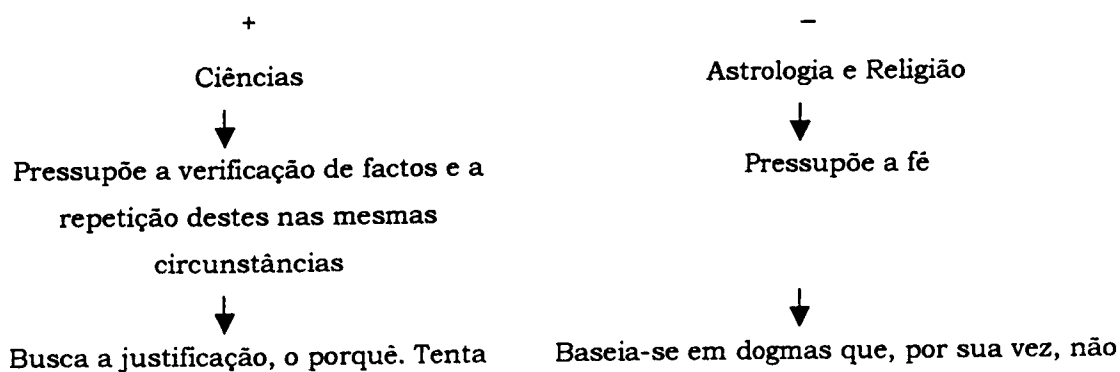
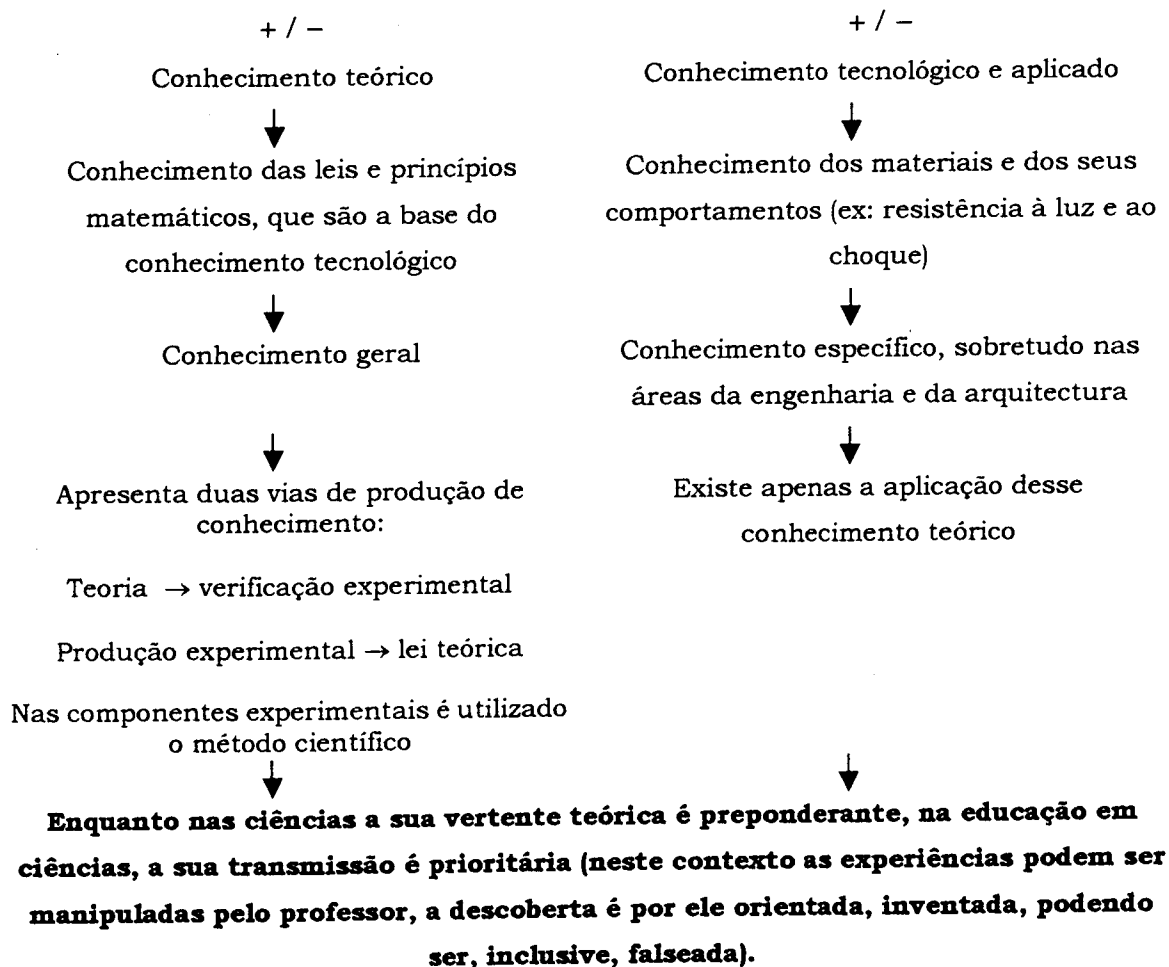
Acerca da tarefa de trabalho proposta afirma, a certa altura: “*estás a obrigar-me a pensar*”. No final comenta também que “*estas conversas deveriam surgir mais vezes entre os professores*”.

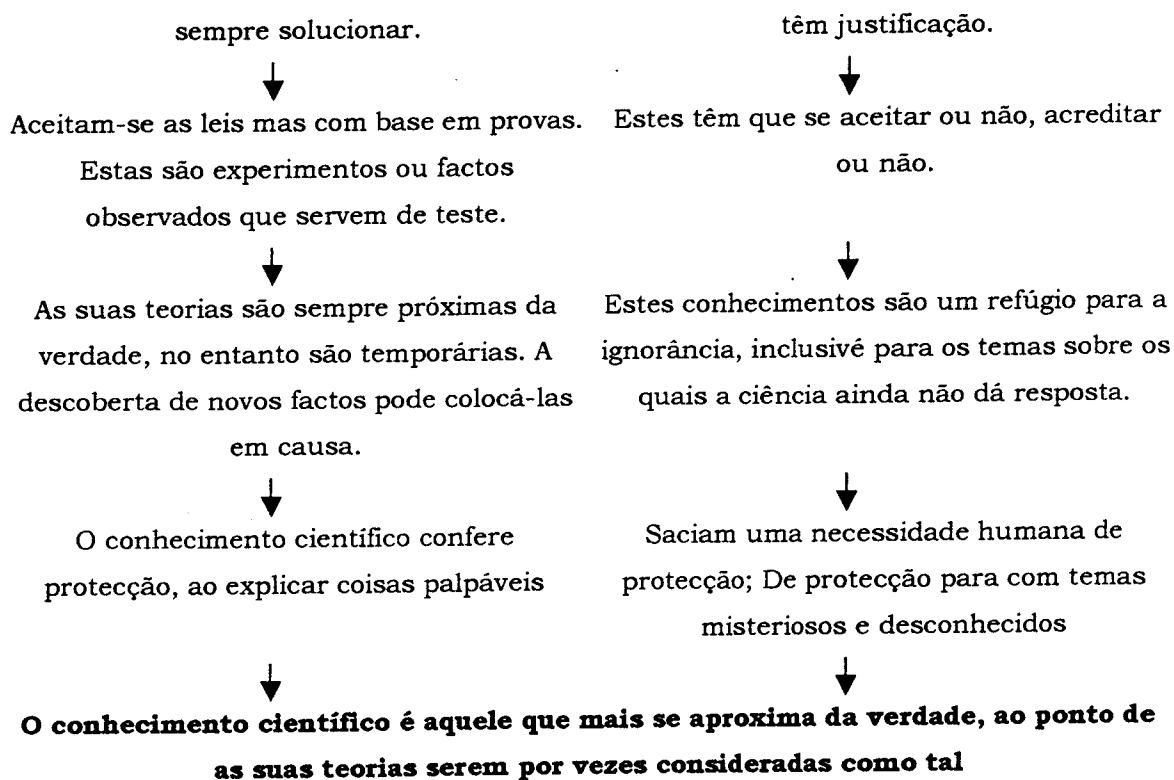
### *Professor D*

- Artes e ciências – o desenvolvimento científico reflecte-se na evolução das artes: na sua concepção e nos materiais utilizados (contributo através da tecnologia) (×4).
- Componente tecnológica/teórica da ciência: a teoria (conhecimento teórico) como garantia do “*domínio*” tecnológico. (×3)
- Análise das expressões:
  - “*A astrologia e religião são assuntos sem base científica*”.
  - “*A sociologia, enquanto ciência, pressupõe um pensamento científico*”.









Numa visão mais holística e dinâmica, é discernível uma maior interacção entre ciências e artes. Para além da ênfase colocada na contribuição tecnológica que as ciências propiciam às artes (tanto através de materiais e equipamentos, como pelos conhecimentos técnico-científicos que possibilitam ao artista), vislumbra um relacionamento em que as ciências fornecem, na actualidade, temas de inspiração para o desenvolvimento e realização da obra ou peça artísticas.

O entrevistado tece ainda algumas considerações acerca das ciências vs astrologia e religião, iniciando o seu testemunho com a frase: “*são coisas completamente diferentes*”. Explica que, ora pela produção e produtos que as ciências desenvolvem, ora pela sua imunidade no que toca à fé, crença ou aceitação dogmática de posições, se distribuem os argumentos que conferem ao conhecimento científico um estatuto mais próximo da verdade.

Os requisitos científicos servem (uma vez mais) de critério de atribuição de um certo *grau de cientificidade* a outros conhecimentos. No caso da sociologia, o estudo do comportamento de massas com base na utilização do “*método científico*”

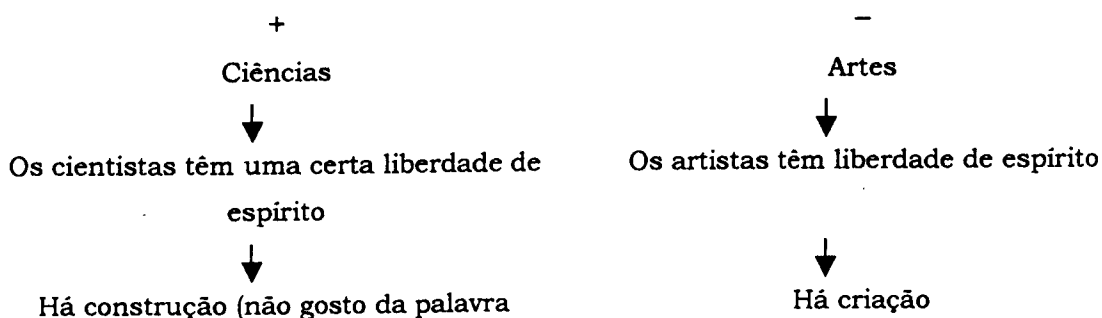
(constituído por observação, formulação de leis e previsão) permite que este saber “*esteja a ser científico*”. Para além disto, a possibilidade de realizar previsões e, como requisito experimental, deter uma certa capacidade manipulativa, tendo em conta que pode “*criar situações fictícias para promover determinado comportamento*”, também contribuem para a aquisição desse *grau de cientificidade*.

Estabelece ainda um paralelismo entre ciências e educação em ciências, ao considerar que, havendo uma maior importância da componente teórica (teorias e leis) sobre as componentes tecnológica e experimental, haverá uma maior preponderância dessa componente teórica sobre a componente tecnológica e experimental na educação em ciências.

De forma bastante sucinta (e por isso precária), descreve, por intermédio de dois processos, a formulação do conhecimento científico. Em ambos os processos, a concretização experimental ocorre de acordo com o “*método científico*”.

#### *Professor E*

- Relacionamento artes/ciências – “*ambas são uma construção humana com grande componente criativa*”. (×4)
- Confrontação entre ciências/astrologia: “*...procura um conhecimento mais consolidado...procura o conhecimento sem pensar na palavra acredito*”.
- Exploração da relação Filosofia/ciências, através da expressão: “*procura de conhecimento*”.
- Intimidade ciências/tecnologia. (×2)



criação) de conhecimentos, embora para  
isso, dê jeito ser criativo;



Esta construção não deve exprimir  
emoções, embora a ansiedade, a expectativa  
e a emoção se façam sentir. Contudo, a sua  
formação deve reduzir estas componentes  
no seu trabalho laboratorial



A criação é sobretudo uma expressão de  
emoções, ou até de ideias

+ / -

Ciência extraordinária



Cientistas de outra categoria: Feynman,  
Einstein e Darwin



Não colecionam dados. São criativos,  
reflexivos



Têm momentos fantásticos. Fazem avançar  
o conhecimento através de "saltos"



Criam rupturas com o pensamento do  
grupo



Importantes do ponto de vista económico  
mas a longo prazo



**Estas vertentes não surgem opostas, fazem parte das ciências**

+ / -

Ciência rotineira



Bolseiros, académicos



O seu trabalho é uma rotina, na sua  
investigação colecionam dados. São  
metódicos



Avançam de uma forma mais sistematizada



Trabalham de acordo com a contexto social  
e científico

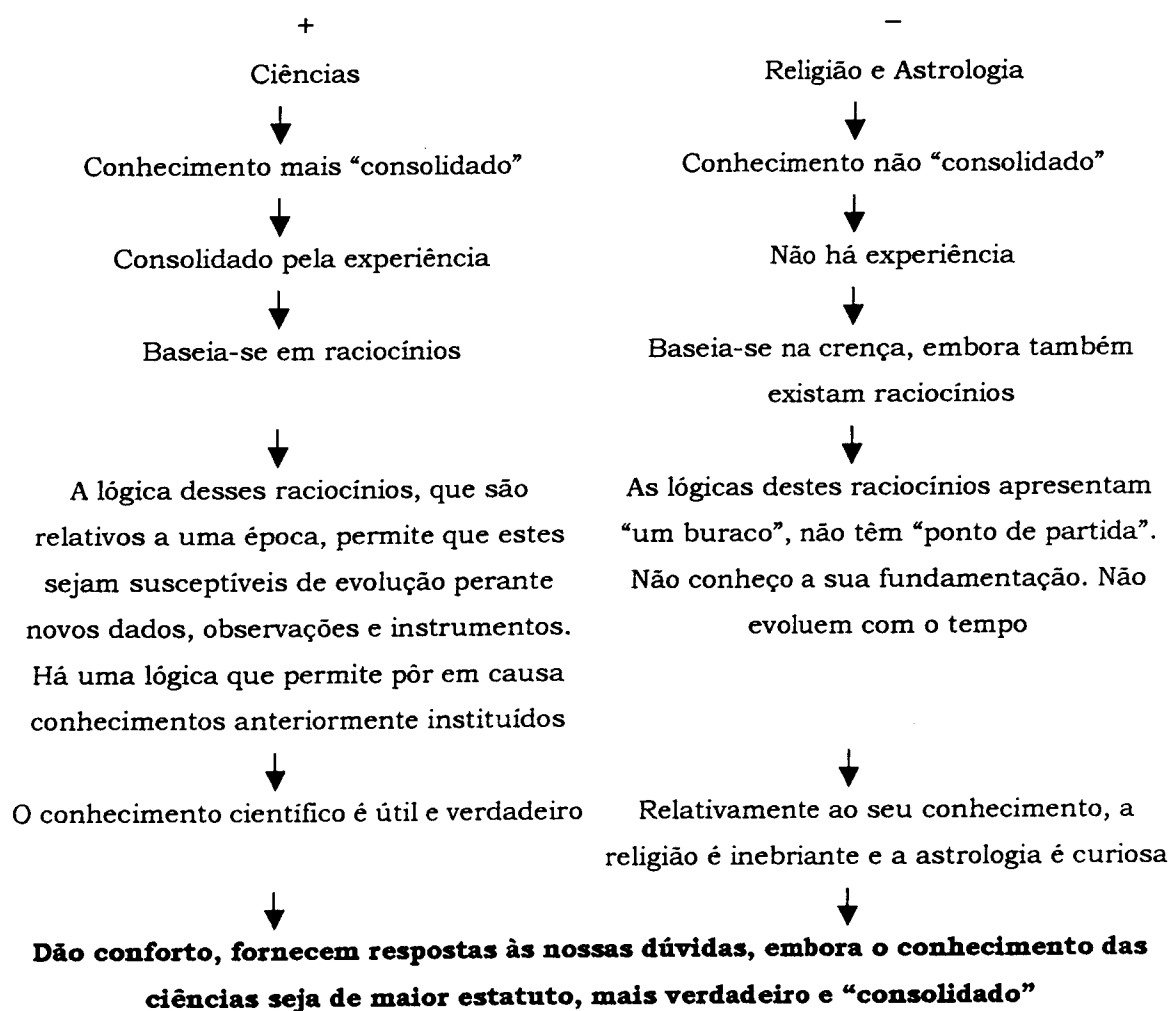


Do ponto de vista sócio-económico, o seu  
trabalho é importante a curto prazo



**Estas vertentes não surgem opostas, fazem parte das ciências**





Apresenta uma visão de empreendimento científico algo ecléctica, uma vez que, para a formulação e desenvolvimento das ciências concorre, por um lado, a actividade experimental e “*normal*” que decorre nos meios académicos e universitários e, por outro, o trabalho mais criativo e reflexivo dos cientistas mais famosos, contribuindo estes para os grandes avanços verificados nas ciências.

O entrevistado estabelece ainda alguma proximidade entre as ciências e as artes, considerando que ambas são “*uma construção humana*”, pelo que os cientistas compartilham de alguma criatividade, e que no desenvolvimento do seu trabalho se encontram implícitas alguma ansiedade, expectativa e emoção. No entanto, distancia as ciências da religião e astrologia, considerando que as ciências se encontram desprovidas da crença, sendo antes um conhecimento “*consolidado*”, na medida em

que é fundamentado pelo teste experimental. São estas características que possibilitam que reconheça nas ciências uma “*lógica que permite pôr em causa conhecimentos anteriormente instituídos*”, aspecto inexistente na religião e na astrologia, pelo que o conhecimento destas se encontra esvaziado de um devir e de uma lógica de desenvolvimento.

Ao estabelecer uma relação entre filosofia e ciências, reconhece que essa associação é sobretudo “*livresca*”, isto é, tem-se deparado com alguns livros que versam a história e a filosofia das ciências. Por manifesto desconhecimento do conteúdo de tal tema, a entrevistada optou por não desenvolver esta relação.

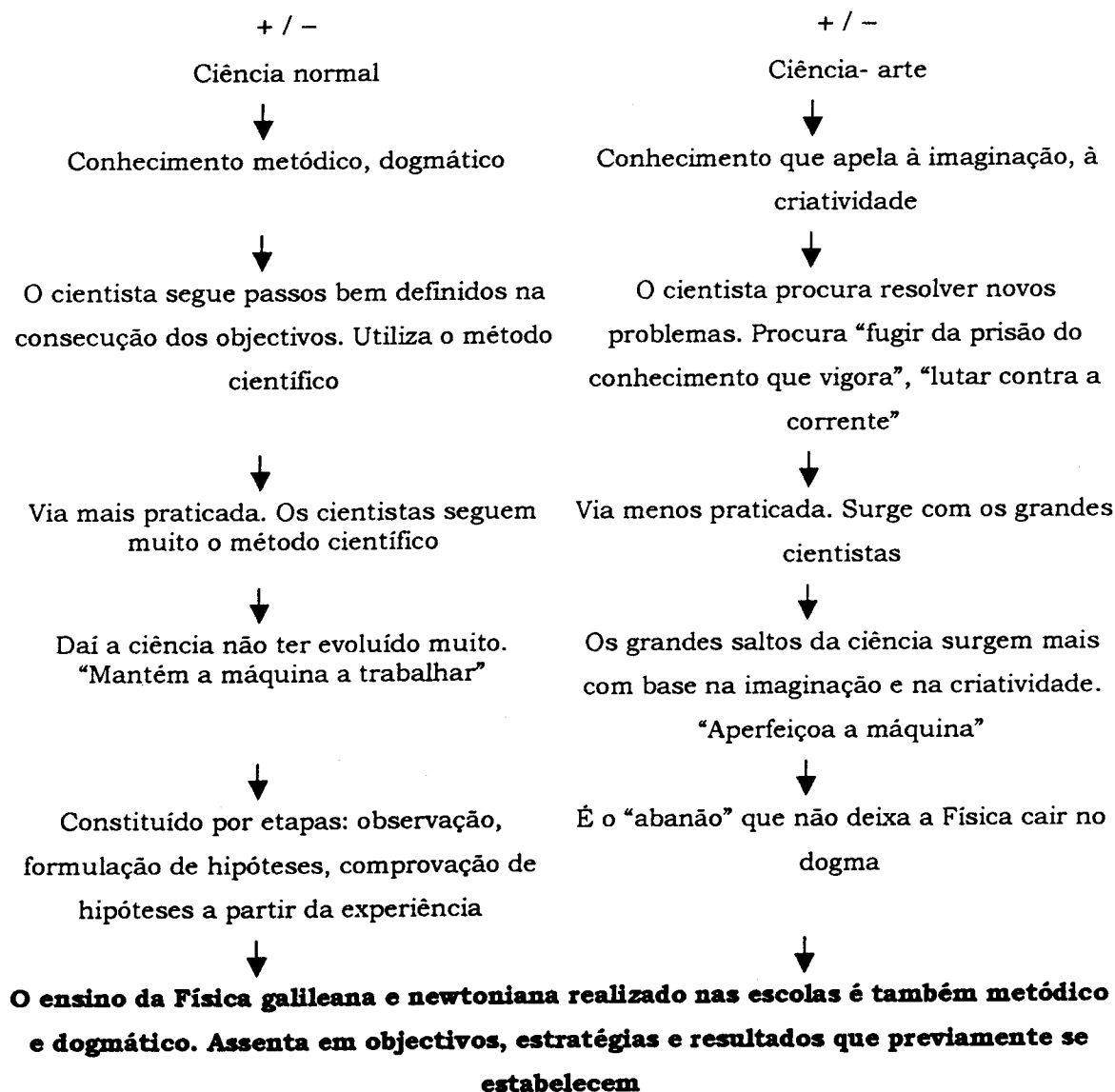
Quanto à sua formação universitária, classifica-a como “*hierarquizada, assente num ensino expositivo, de treino de fórmulas e de aplicação dessas fórmulas*”. A entrevistada não tem pejo em afirmar que “*a aprendizagem em física começou quando tive que pensar nos assuntos para trabalhar/partilhar com os alunos*”.

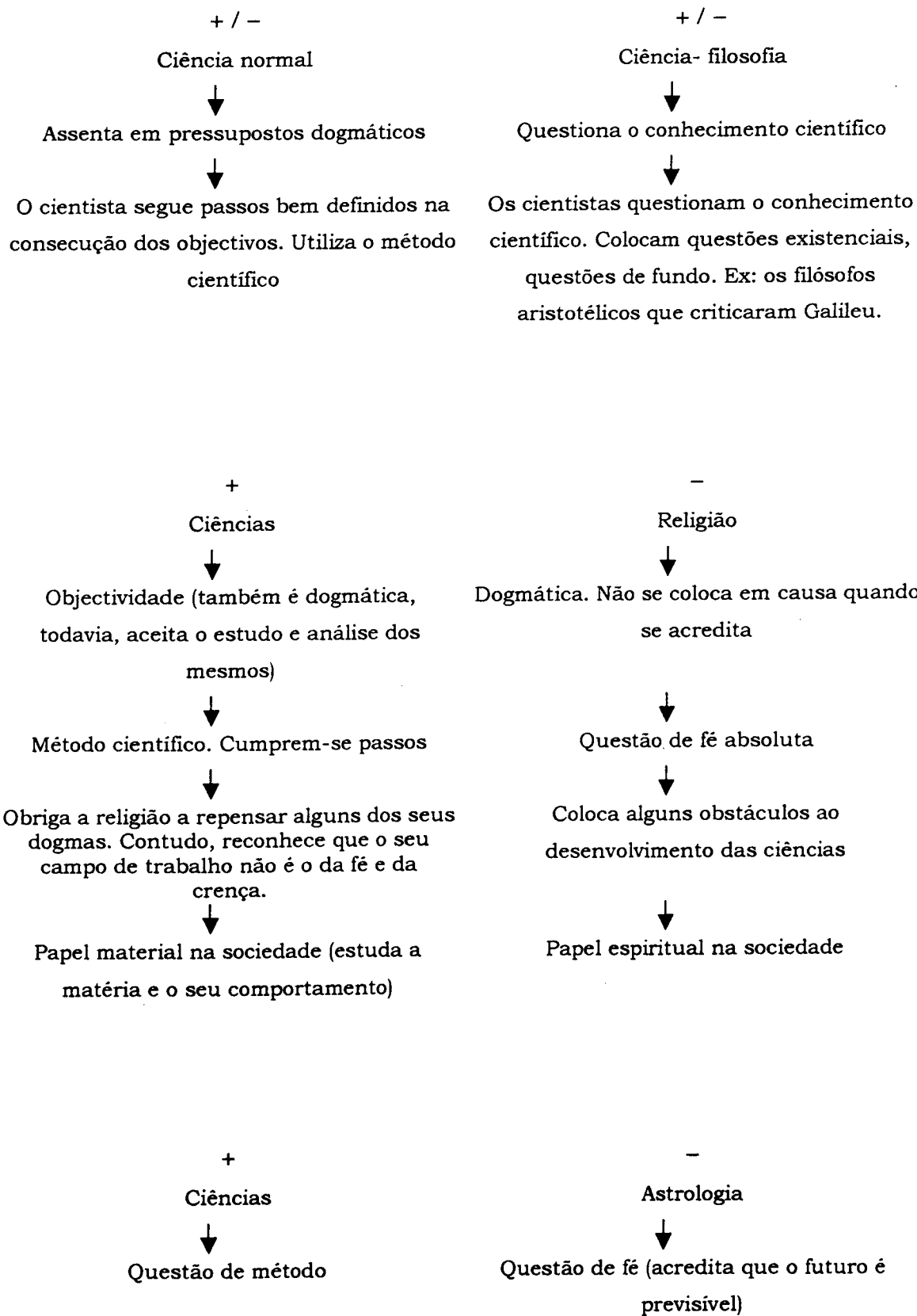
Quanto à imagem dos cientistas deixada pelos manuais escolares, considera que esta se restringe à referência das datas de nascimento e morte dos mesmos. No que toca aos programas curriculares, afirma categoricamente que “*não surge uma única referência*”.

#### *Professor F*

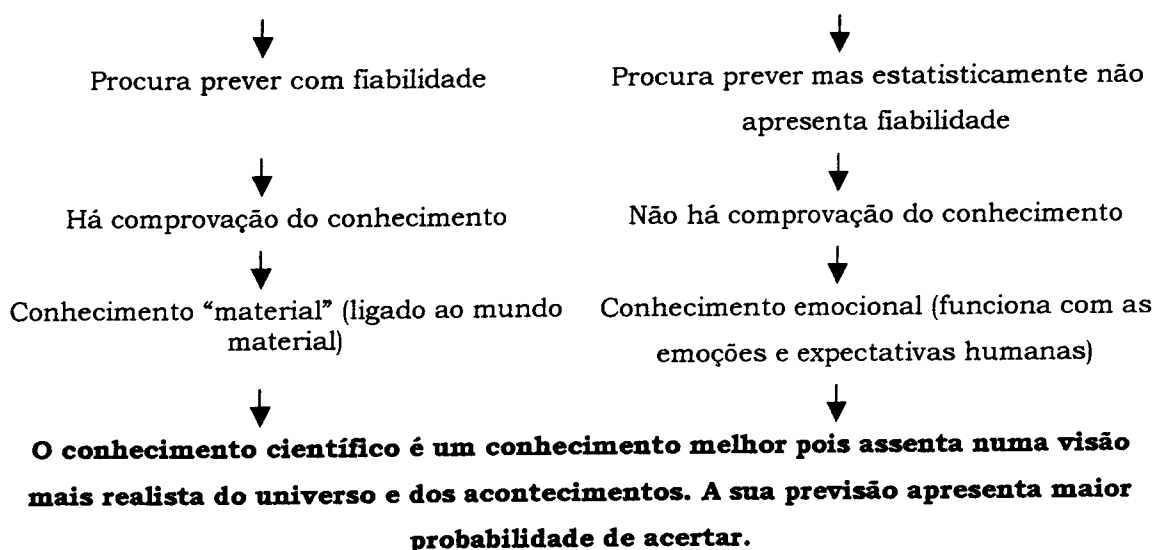
- Desenvolvimento científico como motor de outros desenvolvimentos. Ex: tecnológico, económico, sociológico. (×6)
- Estreita relação entre ciências e artes. Exploração da expressão: “*A ciência ... é também uma arte*”. (×3)
- Exploração da relação filosofia/ciências, através da expressão: “*A filosofia é um catalisador das ciências, uma vez que as questiona constantemente*”.
- Exploração da relação Ciências/religião através da expressão. “*A ciência obriga a religião a repensar alguns dos seus dogmas, embora não coloque em causa o seu papel espiritual na sociedade*”.

- Exploração da relação de distanciamento entre ciências e astrologia.









O entrevistado apresenta uma imagem de ciência algo eclética ao considerar que existem diversas vertentes ou perspectivas de ciência que se traduzem no desenvolvimento do confronto entre os seguintes constructos: “*ciência-normal/ciência-arte*” e, “*ciência normal/ciência-filosofia*”. Na dimensão de “*ciência-arte*”, apenas realizada pelos grandes cientistas, prevalecem a “*imaginação*” e a “*criatividade*”. Para além disso, esta é responsável pelos “*grandes saltos*” do desenvolvimento científico. Ao caracterizar a situação actual acrescenta: “*estamos numa altura de tentativa de salto. Tentam destronar Einstein*”.

Embora seja peremptório em afirmar que existe um “*método científico*” (definindo as suas etapas), assinala a inclinação e a expectativa como factores indutores da construção de dispositivos experimentais e da formulação de hipóteses.

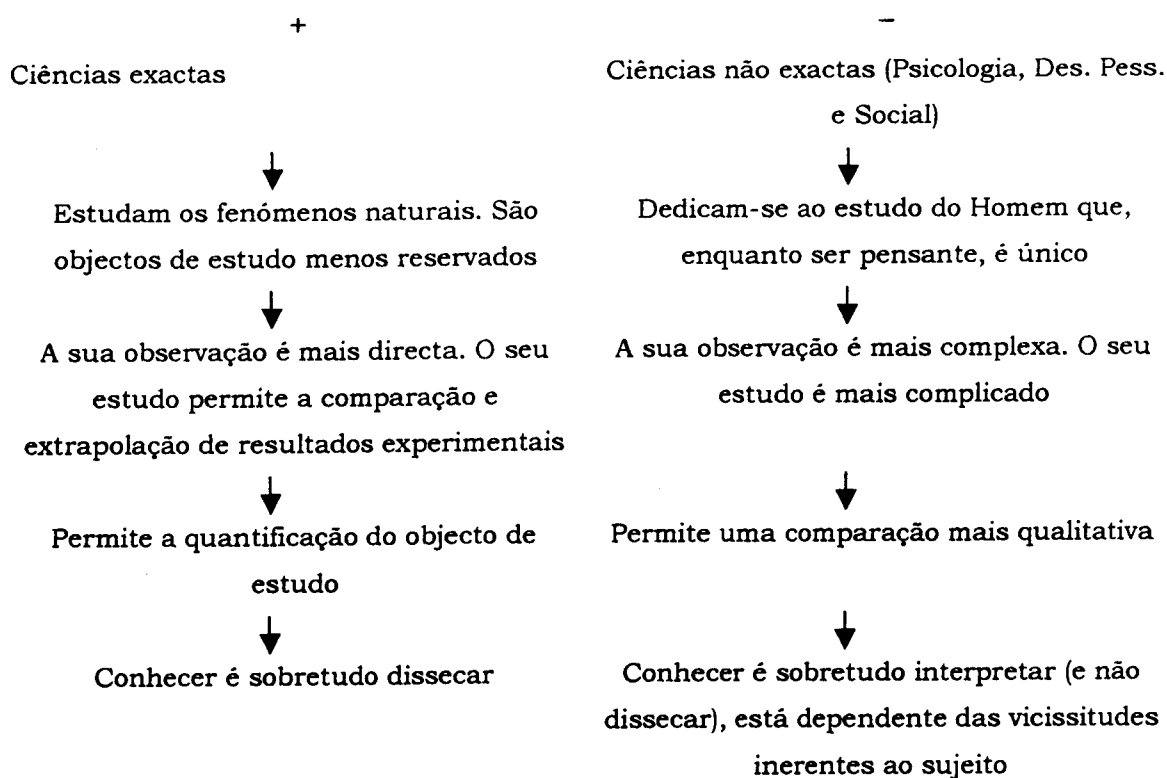
Refere ainda que este “*método científico*” foi formulado por Galileu, apresentando como contributo fundamental deste último a matematização. Na sequência desta ideia, afirma: “*Galileu acreditou que a matemática haveria de ser a resposta para a ciência. Foi uma questão de fé*”.

Estabelece uma clara distinção entre ciência e religião, assim como entre ciência e astrologia. Esses conhecimentos de natureza, respectivamente, “*espiritual*” e “*emocional*”, não apresentam “*método*” na formulação do seu conhecimento, pelo

que não existe possibilidade de comprovação do mesmo. Para além disso, as previsões (no caso da astrologia) carecem de “*fiabilidade*”.

### *Professor G*

- A relação das ciências com outros saberes é feita através da contribuição técnica e tecnológica (por exemplo: desporto, artes, música e comunicação social). (× 7)
- A tecnologia depende fortemente da ciência. (× 2)
- Desenvolver a relação ciências / astrologia.
- Análise da expressão: a ciência “*nada tem a ver*” com outros saberes (psicologia, língua estrangeira e des. pess. e social). (× 3)
- Análise das frases : “*o conhecimento da filosofia estará na base do conceito de ciência e de cientista*”.



↓  
Os fenómenos e a realidade sob estudo  
estão sempre disponíveis ( não questionam  
nem se defendem dessa observação)

↓  
Conhecer é uma actividade mais objectiva

↓  
Para conhecer utiliza o método científico,  
com etapas bem definidas, mais estanques:  
1- observação  
2- experimentação  
3- verificação  
4- conclusão

↓  
O Homem sob estudo oferece mais  
resistência

↓  
Conhecer é uma actividade menos objectiva

↓  
Para conhecer utiliza o método científico,  
mas a sua prática nem sempre obedece à  
ordem estipulada das etapas ou, as  
fronteiras de cada etapa não estão  
claramente definidas, podendo ainda, na  
sua prática, anular etapas intermédias.

+  
Ciências

↓  
A previsão científica é susceptível de  
validação

↓  
Conhecimento que não envolve mito e  
crença

↓  
A produção do conhecimento é  
transparente, podendo ser avaliada e  
repetida por outros

-  
Astrologia

↓  
A sua previsão ora não é susceptível de  
validação, ora não se confirma

↓  
Conhecimento mítico baseado na crença

↓  
Conhecimento produzido de modo oculto,  
misterioso

↓  
**Num esquema conceptual possível, a astrologia coloca-se entre a religião e a ciência.**

**Com a primeira compartilha a crença, à segunda vai buscar a veracidade e a exactidão, conferidas através da adopção de entidades e conceitos científicos (planetas, Lua, rotação da Terra, fases da Lua, posições dos planetas e das estrelas, etc.) que povoam o seu discurso**

---

As “*ciências exactas*” empreendem o seu conhecimento por aplicação de um método de trabalho “*com etapas bem definidas e estanques*”. Essa produção é “*transparente*”, uma vez que é susceptível de repetição, debruçando-se sobre uma realidade sempre disponível e por isso passiva, ao aguardar por essa “*dissecação*” experimental. Em suma, o “*método científico*” contribui, em muito, para uma visão estereotipada da produção científica, de onde estão arredados o mito e a crença.

Na relação das ciências com outros conhecimentos e saberes, as primeiras detêm um certo ascendente, uma vez que facultam às segundas os meios tecnológicos, o equipamento e o saber técnico. Saliente-se que tal relacionamento se restringe apenas à contribuição tecnológica.

Ao perspectivar a astrologia, o entrevistado denota alguma ambiguidade na medida em que, embora a coloque numa posição oposta às ciências, lhe confere, por outro lado, alguma “*veracidade e exactidão*” características das ciências, pelo facto de esta utilizar algumas entidades e conceitos científicos no seu discurso.

Perante o debate da frase: “*o conhecimento da filosofia estará na base do conceito de ciência e do cientista*”, verificamos que a mesma assenta numa constatação histórica, isto é, no facto de haver registo de que, na cultura grega, os “*filósofos também eram cientistas*”, sendo a filosofia o “*alicerce de onde se começou a construir a ciência, as exactas e as não exactas*”.

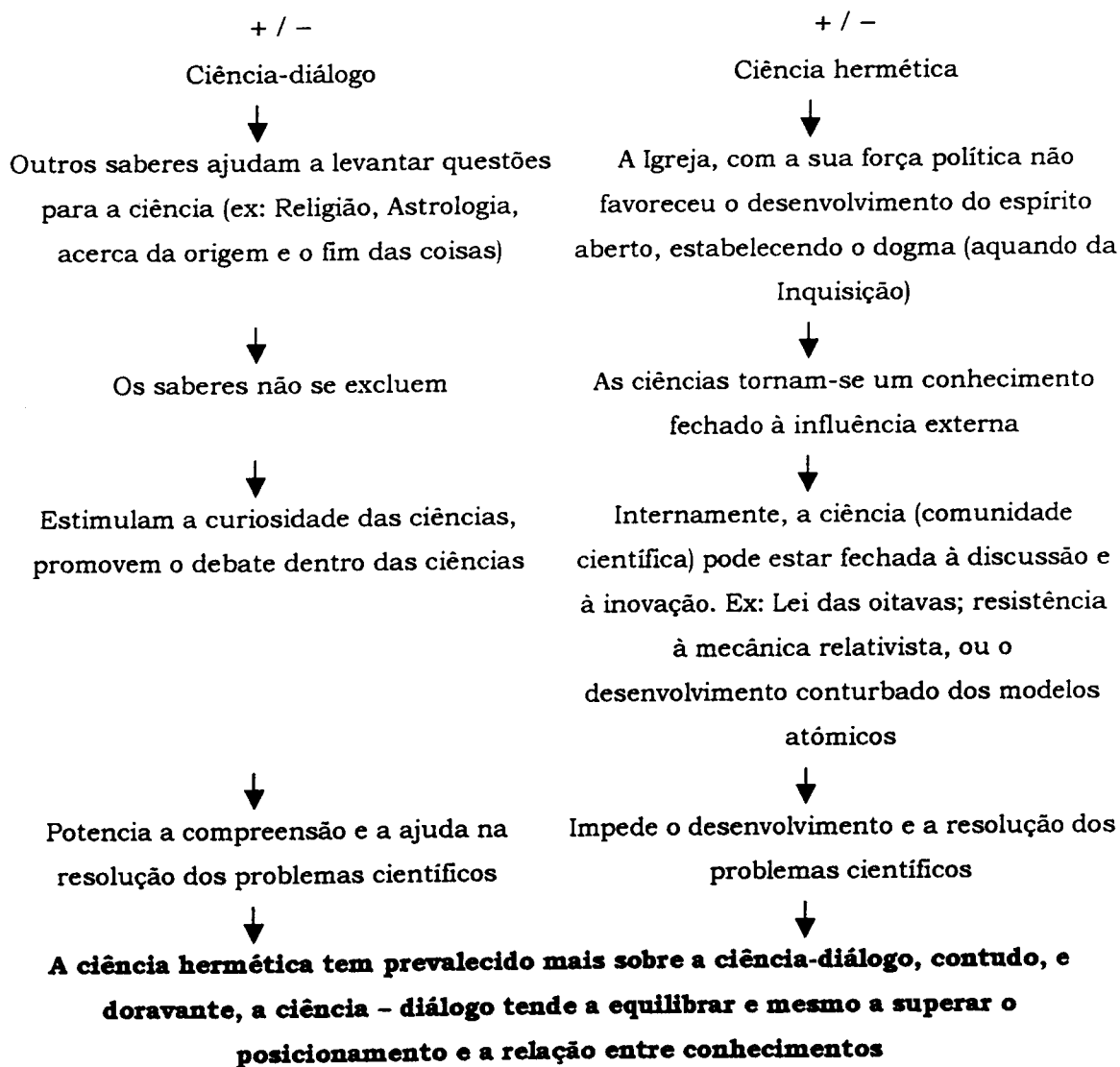
Relativamente à sua prática lectiva, refere que procura fazer uma introdução histórica aos temas programáticos leccionados, informando das datas, das limitações da época e das preocupações dos cientistas.

A formação universitária foi considerada como “*muito fraca*”, acrescentando também que os elementos conseguidos nas aulas resultam da sua auto-formação e investigação própria.

Acerca da técnica de investigação, afirma: “*envolve mais*” os intervenientes, “*faz-nos pensar mais*”.

*Professor H*

- A ciência deverá procurar “*formas de expressão diversas*” noutros saberes (ex: artes). (×4)
- A ciência deverá dialogar com outros saberes (ex: religião e astrologia). (×2)
- Análise da frase: “*A sociologia, tal como as ciências, faz abordagens a partir de sistemas*”.
- Desabafo: esta tarefa (triades de conhecimentos) é um “*quebra-cabeças*”.



---

No confronto que estabelece entre “*ciência-diálogo*” e “*ciência hermética*”, o entrevistado desenvolve o primeiro conceito da seguinte forma: na linha da perspectiva de “*ciência-diálogo*”, surge a de ciência enquanto “*sistema*”, reconhecida como algo “*dinâmico*”, com relações de dependência no seu interior e de interação com o exterior, que, por sua vez, “*determinam as suas propriedades e características, avanços e recuos*”.

Segundo o entrevistado, a par da perspectiva de ciência hermética que tem prevalecido até à actualidade, também a educação em ciências espelha um certo “*hermetismo*”, expresso no “*ensino feito por transmissão, convencido e elitista*”. A este respeito o entrevistado recorda a sua própria formação universitária, ministrada por

“*professores catedráticos que leccionam uma ciência teórica e muito compartimentada*”, “*com uma forma de expressão que torna os conteúdos muito pouco interessantes*”.

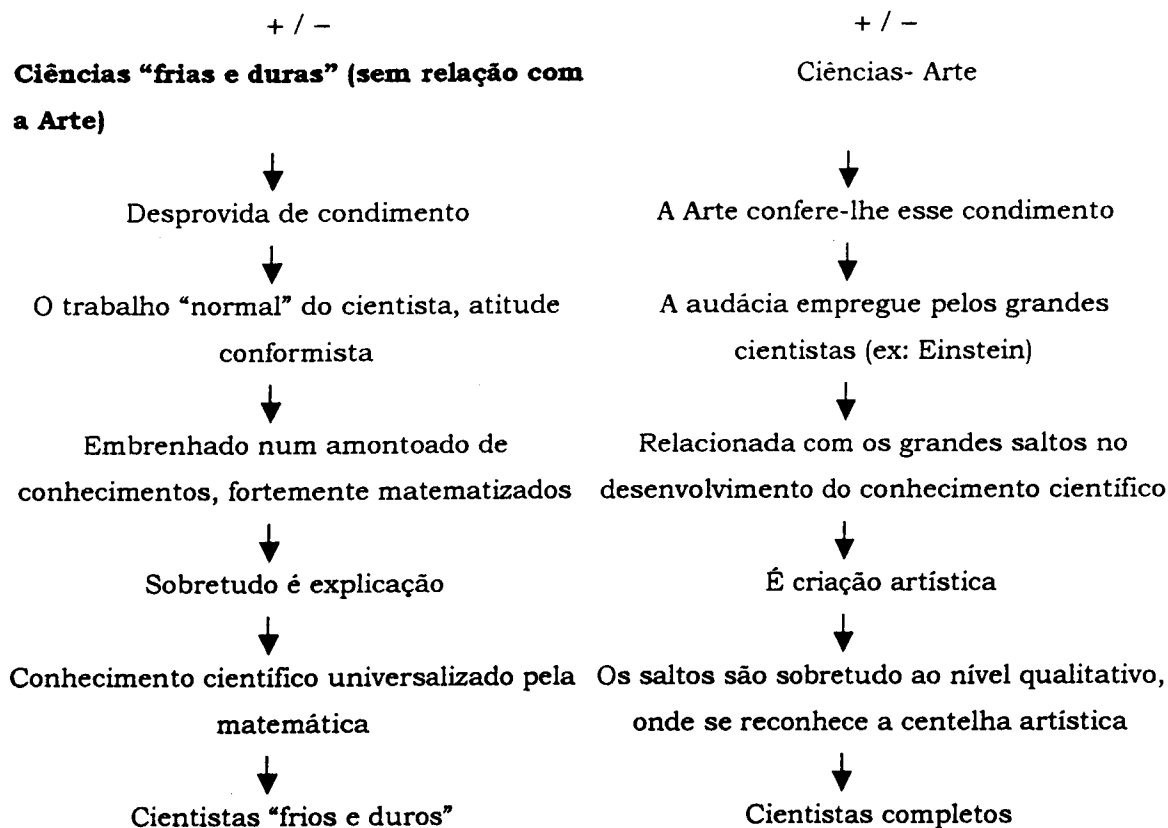
Desenvolvendo ainda a sua perspectiva de educação em ciências, afirma que “*a transmissão do conhecimento científico depende do que entendemos que devemos ser enquanto professores, e do que julgamos ter à nossa frente, enquanto alunos*”.

Segundo o mesmo, a actualização da educação em ciências passa por:

- Tornar os conteúdos menos extensos;
- Disponibilizar mais tempo;
- Compromisso assumido pelos professores para encetar novas estratégias;
- Dar oportunidade aos alunos de colocarem as suas questões;
- Reflexão e discussão entre professores (no âmbito da formação de professores).

## Professor I

- Forte relação ciências – artes: “*dois conhecimentos tendo uma enorme quantidade de pontos em comum*”; “*o contributo das ciências para com as artes é feito através da tecnologia*”; “*ligação muito evidente e directa*”; “*ligação profunda e contínua*”.
- Relações de complementaridade: ciências / religião; ciências / economia; ciências / geografia; ciências / história; ciências / filosofia.
- Relações de subordinação /auxílio: ciências / informática e ciências / psicologia.
- Análise das frases : “*A matemática será sempre a linguagem de eleição das ciências*”; “*A ciência sem a razão e sem a filosofia não passaria de um amontoado de conhecimentos sem nexos*”.



↓  
Difícilmente comunicam no nível  
qualitativo, pensam sobretudo  
“matematicamente”

↓  
Capazes de converter a explicação para o  
domínio qualitativo (ex: Einstein, Bohr,  
Hawking.)

**Numa abordagem histórica, reconhece-se que o padrão de desenvolvimento científico assenta nos cortes qualitativos. Contudo, perante a ciência contemporânea, há a possibilidade de o próprio padrão de mudança ter sido alterado, passando o desenvolvimento científico a suportar-se na acumulação de pequenos avanços que o tratamento matemático vai possibilitando.**

O entrevistado apresenta duas perspectivas de ciências em confronto, debruçando-se ainda sobre a racionalidade do desenvolvimento científico, nomeadamente, sobre os critérios que norteiam esse desenvolvimento.

Para além da relação ciências–artes estabelecida num plano mais profundo de âmbito filosófico, o entrevistado refere também, num plano utilitário, o contributo das ciências para as artes, através do fornecimento de conhecimento técnico e de meios tecnológicos.

Ainda no plano das relações entre saberes, o entrevistado estabelece com as ciências um número considerável de relações de complementaridade, e algumas, poucas, de subordinação face às ciências.

O entrevistado encara a filosofia das ciências como uma “*metacognição*” da ciência. É o pensar sobre o pensamento científico que o orienta, que o questiona, que o estrutura, na medida em que “*faz o equilíbrio entre experimentação e razão*”.

Quanto ao ensino das ciências, refere que este, ao basear-se, por um lado, na matemática e na lógica, torna-se excessivamente explicativo. Por outro lado, a aposta nas abordagens CTS, que enfatizam o ensino da vertente tecnológica das ciências, veicula uma imagem de ciências “fria e dura”, desprovida desse condimento artístico que humaniza as ciências.

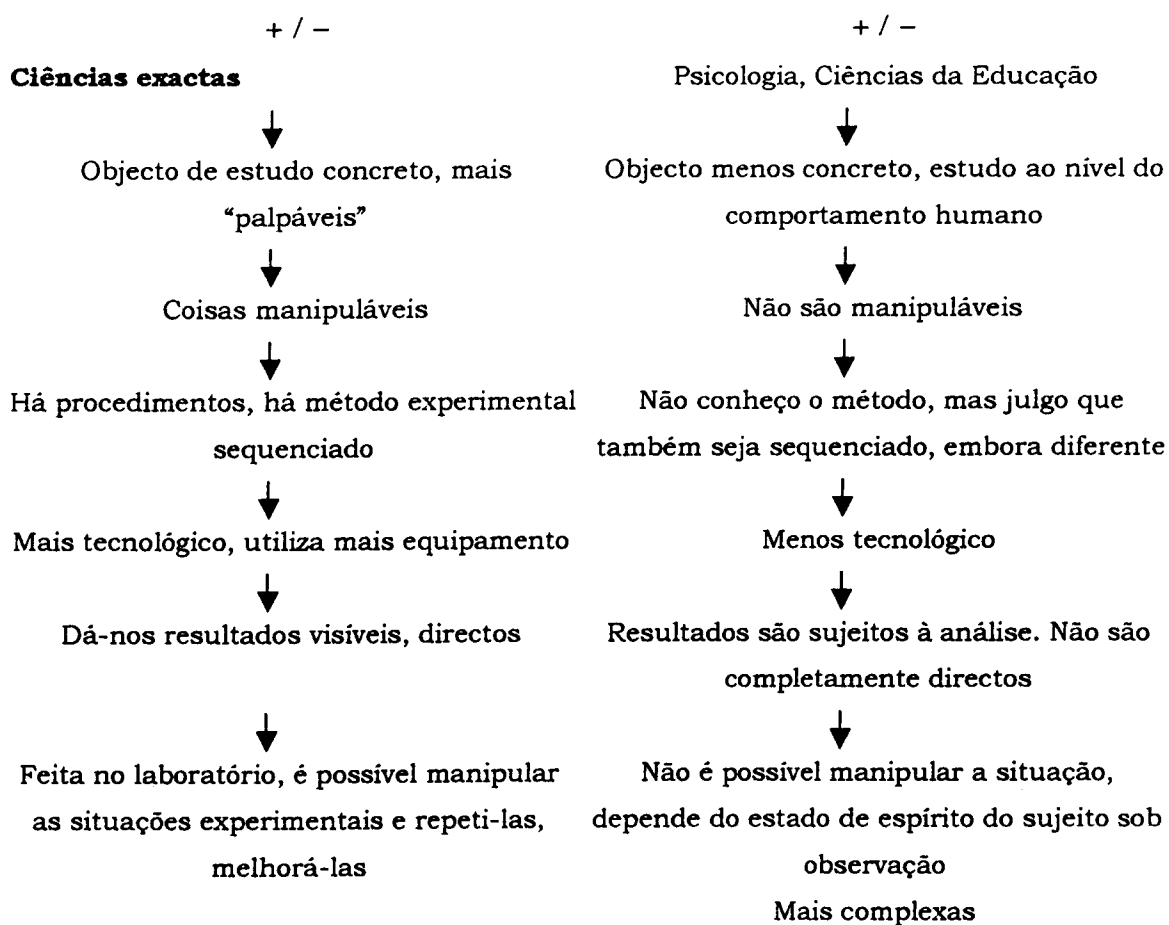
Relativamente à formação em história e filosofia das ciências, o entrevistado afirmou ter frequentado a disciplina de história e filosofia das ciências, e como opcionais as disciplinas de história das ideias em física e história das ideias em



química. Quanto ao funcionamento das mesmas, critica sobretudo a escassez de conhecimentos abordados e a falta de organização curricular, reconhecendo que, é devido ao seu interesse pelo tema que tem empreendido as suas leituras e estudos, e daí realizado as mais significativas aprendizagens.

### *Professor J*

- Interpenetrabilidade artes/ciência. (x 4)
- Denominação ciência exacta. (x 2)
- Ciência: abstracta mas sempre com objecto de estudo e uma conclusão a tirar. (x 2)
- A tecnologia subordinada às ciências. (x 2)
- Análise da expressão: “... a astrologia é uma ciência”.



↓  
Retiramos conclusões de uma forma mais rápida,  
de natureza qualitativa e quantitativa

+ / -  
Ciências

↓  
Objecto de estudo são coisas concretas, “palpáveis”, e variado: movimentos, sismos, trovoadas, reacções químicas

↓  
Conclusões são também palpáveis, retiradas de um estudo estruturado, da experiência

↓  
A experimentação permite concretizar os pensamentos abstractos

↓  
Retiramos conclusões de natureza essencialmente qualitativa (atingidas mais lentamente)

+ / -  
Filosofia

↓  
Não sei se tem objecto de estudo

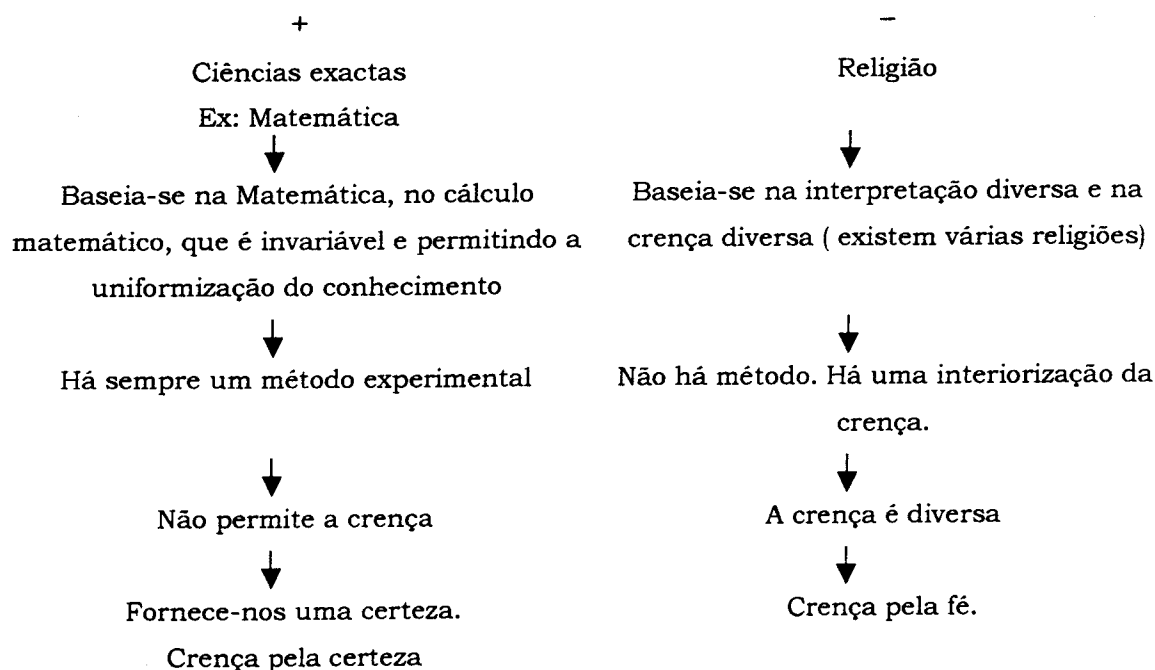
↓  
As conclusões parecem “desabafos”  
Ex: “só sei que nada sei”, “penso, logo existo”  
É um vazio, um divagar de palavras (tem menor estatuto que as conclusões científicas)

↓  
Pensamentos num nível abstracto, não são coisas visíveis, reais  
Na Física, as conclusões também são abstractas: como é exemplo o conceito de força

**Das “ciências exactas” destaca-se sobretudo a física, na partilha deste carácter abstracto com a filosofia, daí que o ensino se depare com esta dificuldade.**

**A compreensão e a transmissão deste conhecimento é difícil.**

**No ensino, a experimentação joga um papel importante: concretiza os conceitos mais abstractos e torna-os mais palpáveis.**



As ciências exactas debruçam-se sobre um objecto de estudo concreto, “palpável”, sendo o mesmo “manipulável” pela experimentação. Por sua vez, esta apresenta um procedimento sequenciado e previsível, entregue no laboratório a meios tecnológicos avançados que lhe garantem a repetição e o melhoramento das situações experimentais, a obtenção de resultados “visíveis e directos”, bem como a extracção de conclusões rápidas e concretas.

Este conjunto de requisitos e características surge de forma bastante menos vincada nas ciências da educação e psicologia, sendo inexistente na filosofia.

No confronto das ciências com a religião, a estes requisitos detidos pelas ciências, que manifestam a forma linear e segura da produção científica, adiciona-se a uniformização da linguagem científica possibilitada pela matemática e a isenção da crença que, no seu conjunto, revertem no sucesso e na confiança evidenciado sobre as ciências, conferindo-lhes a “crença pela certeza”, por oposição à religião, onde reina, segundo a entrevistada, a “crença pela fé.”

Na análise que realiza acerca da relação entre ciências e artes, o entrevistado estabelece primeiramente uma “relação de utilidade”, sendo que as ciências

fornecem um conjunto de equipamentos e serviços de base tecnológica às artes. Por exemplo: datação pelo carbono -14, limpeza de peças e monumentos, restauração.

Em segundo lugar, os próprios instrumentos científicos, de investigação e didácticos são “*trabalhos que têm beleza*”. O entrevistado atribui-lhes uma valorização estética, considerando que, neste sentido, “*o cientista é um artista*”.

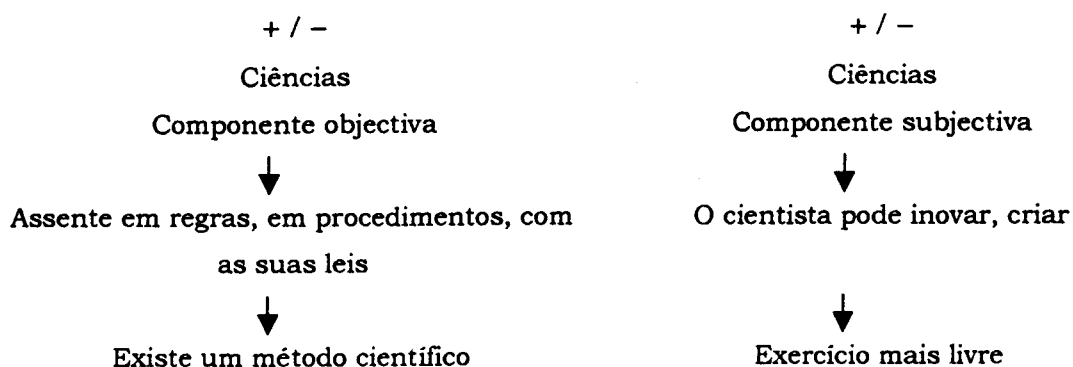
Quanto à constituição do “*método científico*”, considerou tratar-se de algo objectivo, um procedimento que engloba experimentação, que obtém resultados, e que permite uma análise e uma conclusão concretas.

Dentro das ciências, reconhece o carácter abstracto da física e, no contexto da sua educação, considera que a experimentação detém uma função de “*concretização dos pensamentos abstractos*”.

No que concerne à sua formação universitária em história e filosofia das ciências, a entrevistada classificou-a como “*fraca*”.

#### *Professor L*

- Preocupação da divulgação das ciências. (x 5)
- O estudo das ciências incide sobre a natureza. (x 3)
- Desporto e informática como aplicação dos conhecimentos científicos. (x3)
- Análise da expressão: “*Porque a ciência é mais objectiva e as outras assentam na subjectividade*”.
- Análise da ideia: acto de criação (ciências e arte).



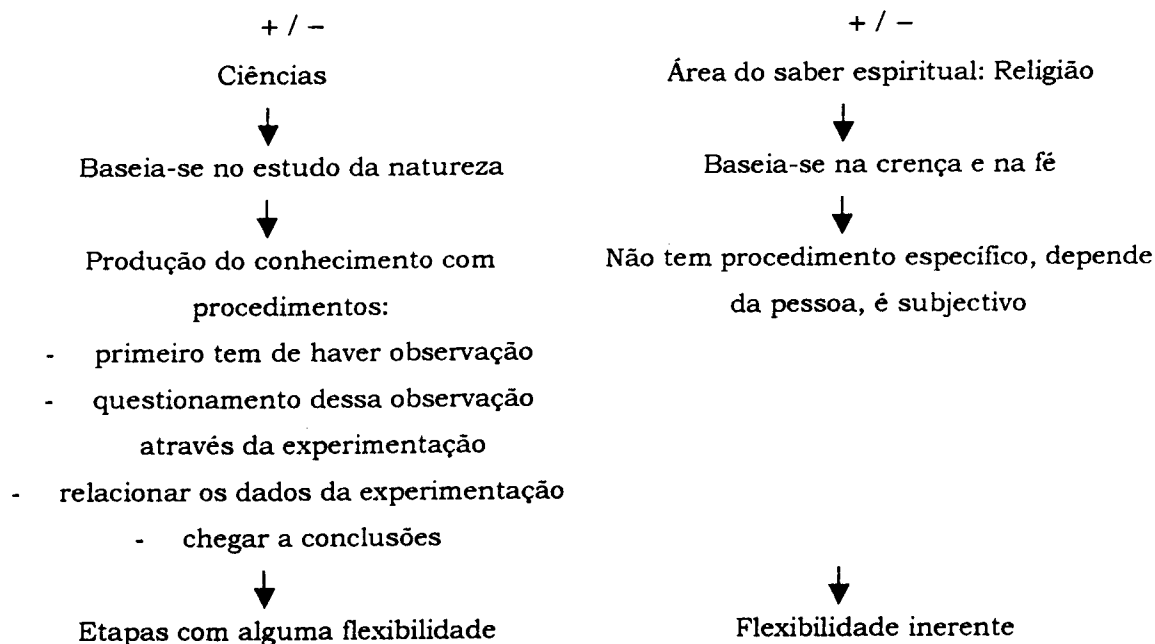
↓

Tem regras mas nem sempre são cumpridas todas as suas etapas (existem etapas que podem ser queimadas)

↓

A criação exige um estudo reflexivo, é um acto introspectivo, que exige um certo isolamento

**Nas ciências, a vertente objectiva prevalece sobre a vertente subjectiva, na construção do conhecimento. É ainda possível estabelecer um paralelismo com o que acontece na educação em ciências, onde o ensino regrado, planificado “tipo receita”, prevalece sobre um ensino em que se põe os alunos a pesquisar, mais criativo e mais difícil de pôr em prática.**



O entrevistado estabelece uma imagem de ciências objectiva, pelo produto teórico formulado (leis) mas sobretudo, pela forma regrada com que este é conseguido (método científico). Contudo, reconhece que “há uma certa dose de criatividade” nessa formulação a que corresponde o polo da subjectividade.

Transporta esta bipolarização para a educação em ciências, e para aí, também, o ensino de carácter objectivo, em que o professor planifica e controla as actividades

da aula em detrimento de um ensino mais criativo, conferindo mais liberdade ao aluno, que exige mais tempo e meios (equipamento experimental).

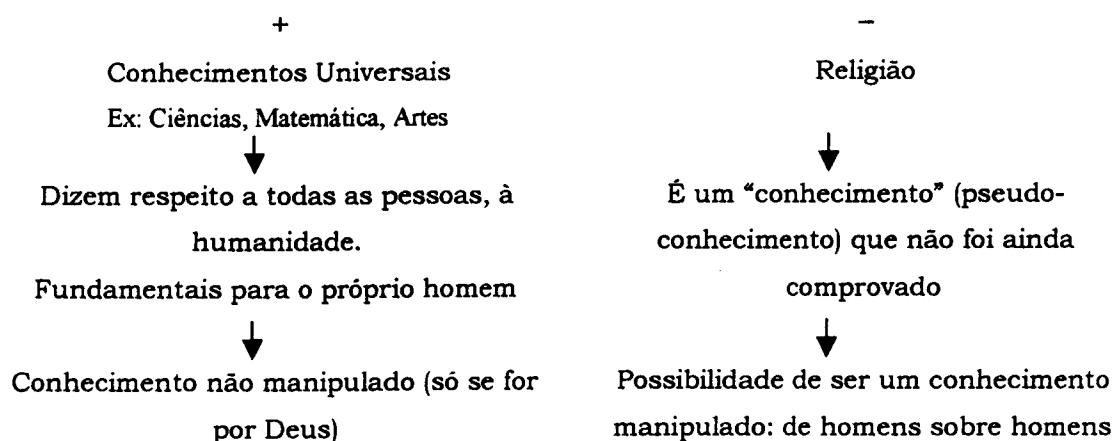
Para além disso, estabelece ainda uma “orgânica” da formulação do conhecimento científico, sucinta e linear, baseada no “*método científico*”, que tem início na observação sobre a natureza, o que a torna isenta de crença e fé (própria de saberes espirituais). “*Primeiro tem de haver observação*”, seguindo-se um questionamento dessa observação através da experimentação, a que se segue o “*relacionar dos dados*” e, por fim, a obtenção de conclusões.

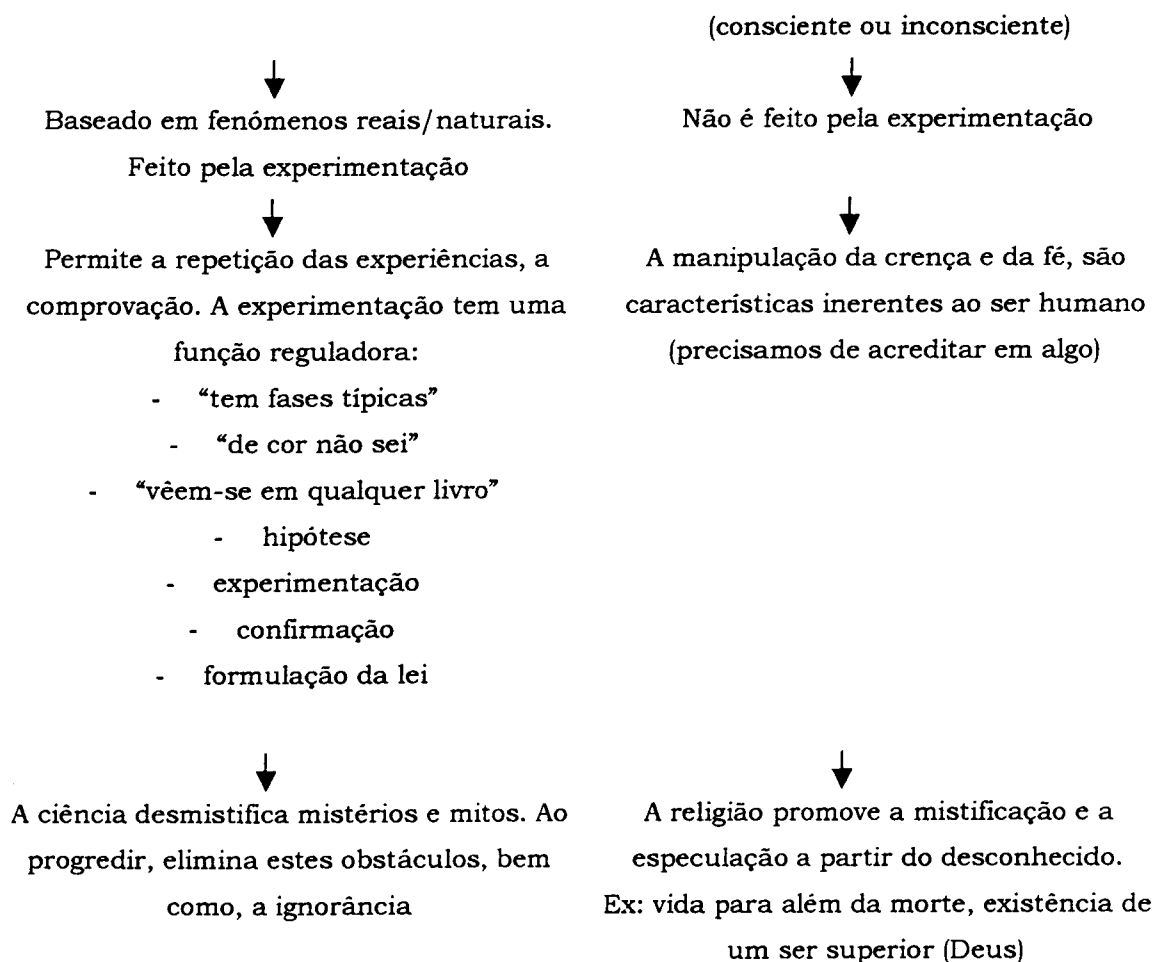
Nestas últimas ideias denota-se o pendor experimentalista e indutivista das suas concepções de ciência, mas sobretudo, a insipiência e o aprofundamento de conhecimentos a este nível, pela dificuldade e impasse na resposta que, continuamente, evidenciou durante a entrevista.

Acerca do instrumento de investigação (tríades de conhecimento) comenta: “*nunca me lembraria de fazer um coisa destas*”.

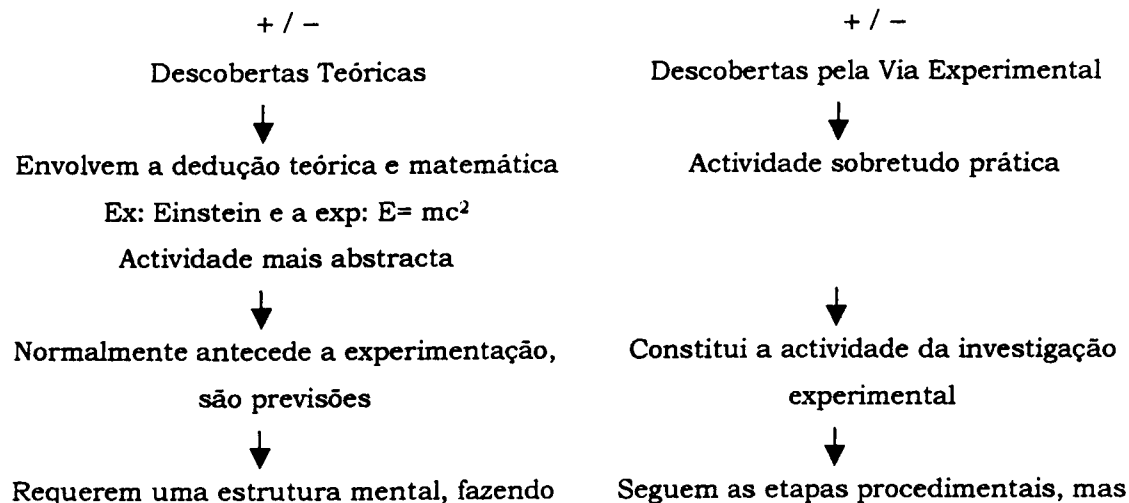
#### *Professor M*

- Conhecimentos universais (ciências, matemática, artes). (x 3)
- Vertente tecnológica da ciência. (x 3)
- Análise da expressão: “*descobertas científicas*”.
- Análise da relação: ciência/imaginário.





**Ao avolumar o seu conhecimento, as ciências têm a possibilidade de explicar o próprio “princípio da vida” ou o “princípio divino”, tradicionalmente territórios da Religião.**



conceptualizações que posteriormente são confirmadas

Ex: termodinâmica



Os génios (mais raros), cujo dom lhes permite fazer a síntese do conhecimento de uma época, são sobretudo teóricos.

Ex: Newton relaciona os trabalhos de Kepler e Galileu

permite situações de “serendipity”

Ex: radioactividade

Trabalho de Bequerel



Actividade de investigação da comunidade científica geral e académica, que suporta as teses de doutoramento

**Ao maior estatuto conferido à actividade teórica no empreendimento científico, corresponde um ensino em ciências que deve atribuir a primazia à componente teórica (à memorização de enunciados e leis, conceitos associados à dedução matemática, à interiorização de matérias), secundada pela experimentação que tem a função de confirmar e não de descobrir.**

O conhecimento científico é classificado como universal, pois é inerente e crucial ao desenvolvimento do Homem, sendo disso ilustrativa a sua concretização tecnológica. Enquanto que a experimentação (cuja prática assume “*fases típicas*”), pela “*função reguladora*” que lhe assiste, determina o conhecimento científico como “*não manipulativo*”, isento de crença e de fé, do imaginário e da especulação. Segundo o entrevistado: “*o cientista é um espírito aberto, mas não deve ser permeável à crença e à fé.*”

Na formulação científica atribui a primazia à componente teórica, à sua elaboração dedutiva, abstracta e teórica que se antecipa à experimentação (característica dos génios).

De forma correspondente, na educação em ciências, privilegia o ensino teórico, pois “*a parte científica mais importante não é a experimental, mas a teórica*”, daí que “*os alunos têm de saber as leis muito bem, exercitar a memória, adquirir conhecimentos e enunciados*”, pois “*há que aproveitar a sua memória fresca*”. Neste particular, o entrevistado acrescenta ainda que “*saber deduzir é extremamente importante*” e “*tornar a física (o ensino) mais experimental e menos matemático é um mau caminho.*”



Em sintonia com tal perspectiva, encontra-se também a sua prática lectiva, sendo que dois terços do tempo lectivo são dedicados à abordagem integral do programa, deixando o último terço para a resolução de exercícios.

No que toca à formação universitária refere que, em geral, o curso que frequentou era “*muito científico*”, com apenas quatro disciplinas de carácter pedagógico e sem formação curricular em história e filosofia das ciências.

Acerca da tarefa (tríades de conhecimento), o entrevistado desabafa: “*não costumo discutir estes assuntos com as pessoas*”.

### *Professor N*

- Domínio da língua estrangeira como condição de aprofundamento do conhecimento científico. (x 4)

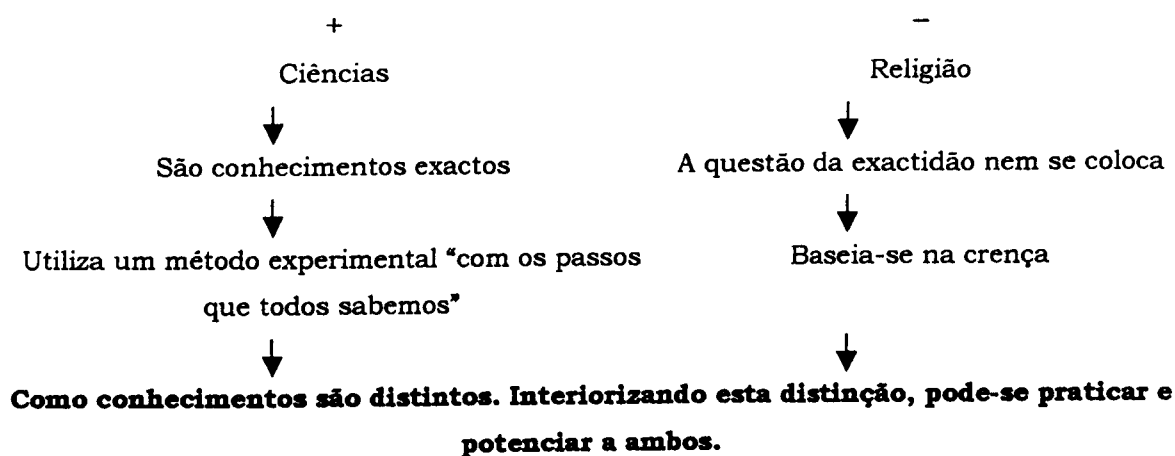
- Análise das expressões:

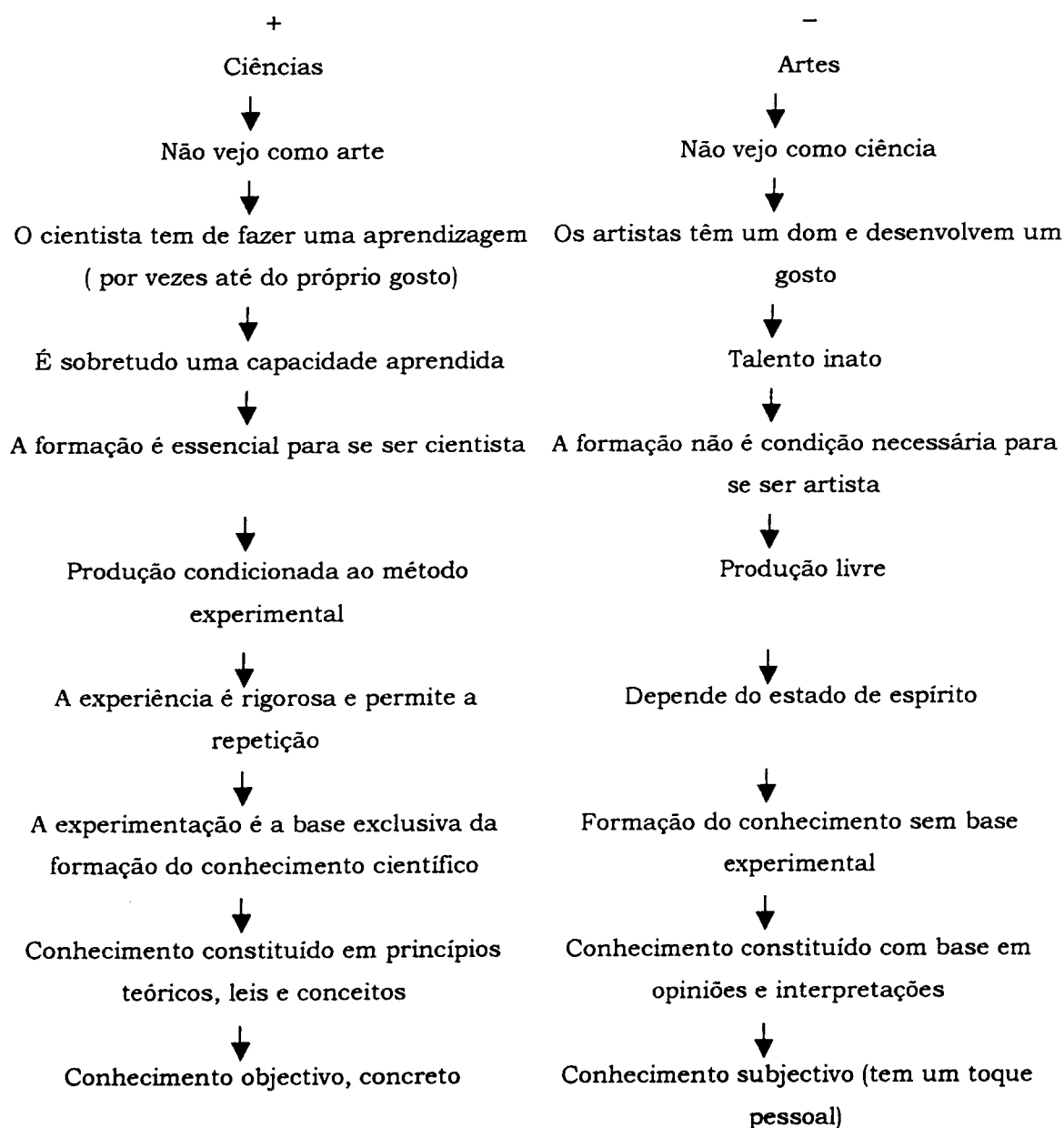
*“Por vezes, a ciência serve de barreira à religião, por isso, é necessário saber distinguir e estar aberto às inovações.”*

*“As ciências são uma actividade pouco artística.”*

*“A tecnologia permite a realização experimental”.* (x 2)

*“... a astrologia como uma arte... como uma ciência.”*





Segundo as declarações do entrevistado, as ciências não estão familiarizadas com as artes. Os critérios de distinção são a formação profissional cientista/artista, a metodologia que sustenta a produção do conhecimento e, por correspondência, o próprio conhecimento. Destes critérios sobressai a metodologia - “o *método experimental*” define e estrutura a experimentação e opõe-se a uma produção livre típica das artes.

A experimentação é a “*base exclusiva da formação do conhecimento científico*”, sendo este constituído por princípios teóricos, leis e conceitos concretos e objectivos, desprovido de interpretação ou opiniões que conferem o carácter subjectivo ao conhecimento artístico.

Os argumentos e critérios assumidos pelo entrevistado serviram para distanciar ciências e religião, ainda que esta última possa interceder nas primeiras, no tocante à definição e discussão dos aspectos éticos e morais.

As características de uma “*ciência normal*” (que não a astrologia) são:

1. Rigor
2. Cálculo matemático
3. Experimentação

Este testemunho contribui para a relação algo ambígua entre ciências e astrologia, sendo esta parcialmente considerada como ciência, uma vez que aplica o método experimental, embora não possua todos os requisitos que existem numa “*ciência normal*”.

Tais concepções encontram-se patentes nas seguintes palavras: “*Por vezes a ciência serve de barreira à religião, por isso é necessário saber distinguir (esses conhecimentos)*”.

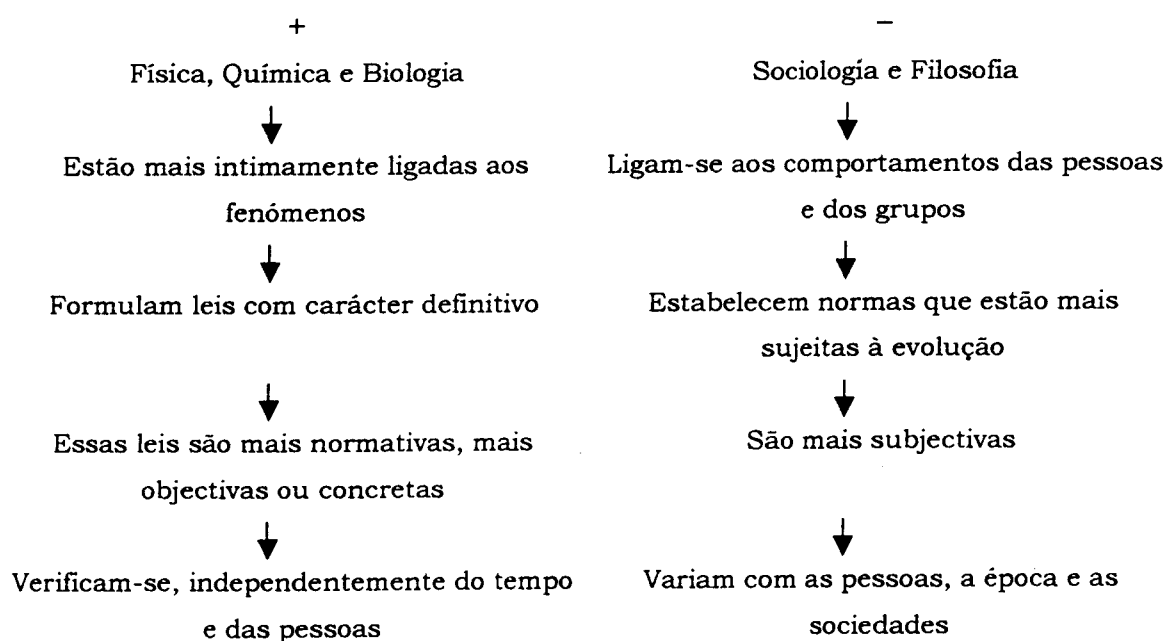
Convidado a apresentar a constituição do denominado “*método científico*” ou “*método experimental*”, o entrevistado responde que este é constituído “*com os passos que todos sabemos*”.

Acerca da sua formação em história e filosofia das ciências, o entrevistado classifica-a como “*muito fraca*”, destacando, pela negativa, a falta de organização curricular da disciplina.

### *Professor O*

- O avanço tecnológico propiciado pela ciência (inclusive a contribuição a este nível que estabelece com as artes). (× 4)
- Linguagem bastante codificada de alguns ramos da ciência. (× 2)

- O desenvolvimento científico está “*ligado*” com a história e tem “*tudo a ver*” com a filosofia. (× 2)
- Análise das expressões:  
 “*a astrologia é ciência. A astrologia tem muito de artístico*”.  
 “*a sociologia tem ligação à ciência*”.



O entrevistado reconhece o contributo das ciências para as artes através da tecnologia, utilizando para tal uma panóplia de exemplos. Na sua opinião, “*a arte, além da criação do artista, recorre àquilo que a ciência lhe proporciona ... a tecnologia*”

Segundo o mesmo, “*a astrologia é uma ciência*”. Esta afirmação deixa transparecer alguma ambiguidade quanto à definição de ciência, suportando-se numa perspectiva generalista e superficial, uma vez que considera que, a par das ciências, a astrologia “*tenta descobrir o porquê e o como do mundo*”. Contudo, não deixa de acautelar que “*é uma ciência ainda pouco formalizada*”.

Detendo-se sobre o conhecimento produzido pelas ciências, faz uma distinção entre lei e teoria, reconhecendo que, enquanto a primeira apresenta um carácter mais restrito, “*incidindo sobre um único fenómeno*”, o que lhe permite um maior tempo de validade, a segunda, pela abrangência, é mais susceptível de alteração, sendo definida como “*lógica que se cria para interpretar fenómenos*”.

Alerta ainda para a linguagem codificada das ciências (física e química), que em contexto educativo reverte para uma das grandes preocupações que ao professor deve constantemente assistir, quando afirma: “*é necessário saber se o receptor (aluno) domina o código*”.

Durante a entrevista refere, por diversas vezes, a sua reduzida cultura geral, acrescentando também que “*aprofundar estes conhecimentos torna-se difícil*”. As razões são imputadas a uma formação em física, química e matemática de forte pendor teórico, pouco dirigida para a história e filosofia das ciências. Pelo que, em relação a este tema, reconhece as suas limitações ao afirmar que, “*tudo o que sei está sujeito ao meu interesse e empenho*”.

#### *Professor P*

- O conhecimento científico com base no raciocínio lógico-matemático. (× 3)
- As ciências (economia, geografia e psicologia) estão subordinadas às ciências físico-naturais. (× 2)
- Análise das expressões:
  - “*pensar cientificamente é uma forma de arte*”. (× 4)
  - “*a filosofia é o éter do conhecimento científico*”.
  - “*Nem a astrologia nem a a religião apresentam método de análise*”.

+

Conhecimento racional

↓

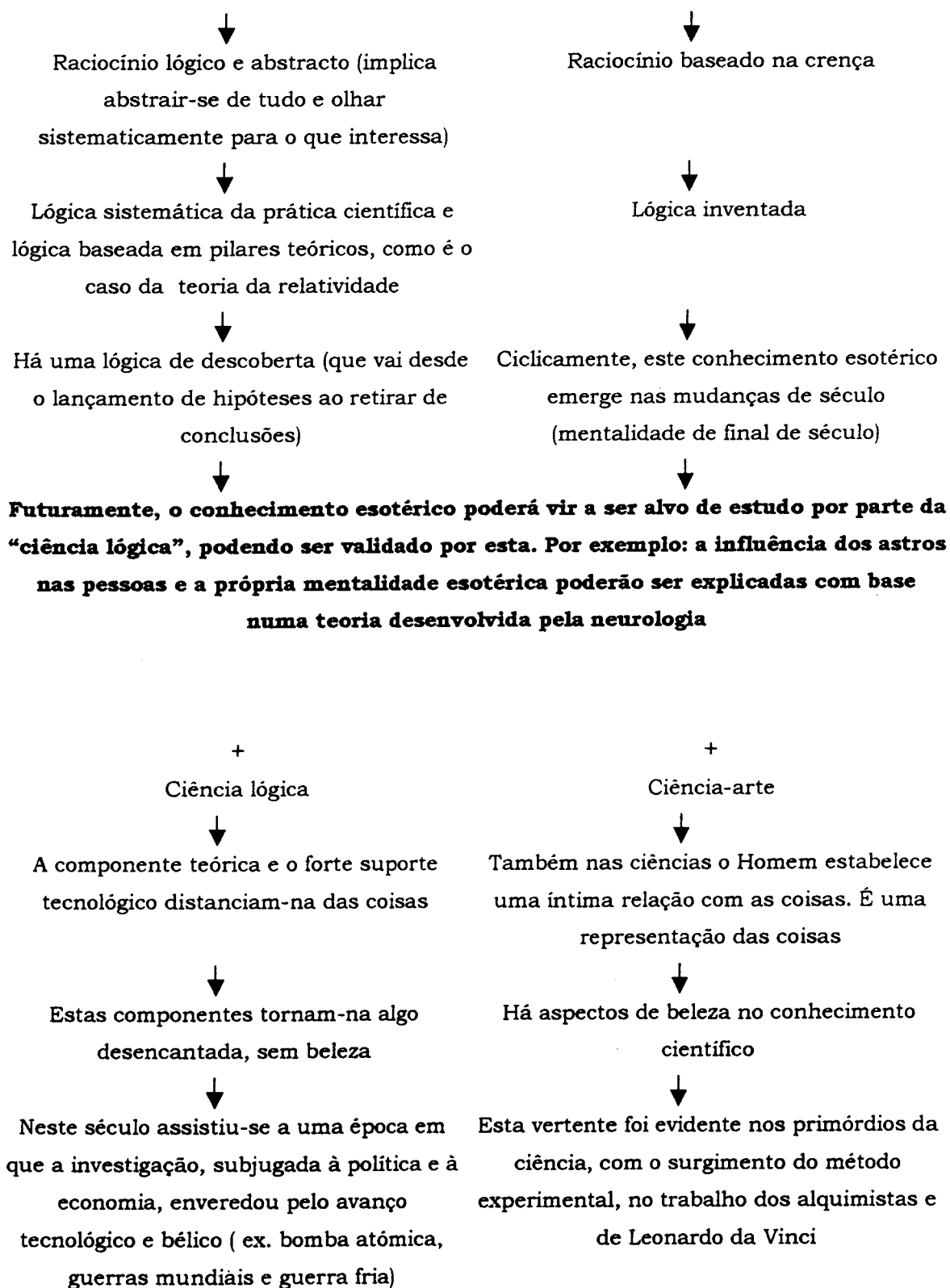
Ciências

-

Conhecimento esotérico

↓

Astrologia e Religião



---

↓    ↓

**Actualmente, a vertente artística das ciências recupera terreno. Também na educação em ciências, os professores devem recuperar a perspectiva artística. “Há que buscar essa beleza através das relações com a própria arte, das relações física-arte e dos aspectos históricos das ciências”**

O conhecimento científico é encarado como *“forma de arte”*, na medida em que as ciências (tal como as artes) *“estabelecem uma íntima relação com as coisas”* e *“representam as coisas”*.

Segundo a posição que defende, a fundamentação das relações ciências – artes recai, prioritariamente, na constatação de que, no despontar da ciência moderna, os cientistas acumularam as funções de artistas e/ou filósofos.

Para além disso, e segundo o seu testemunho, na actualidade retoma-se a valorização dos aspectos estéticos nas ciências, estando a perspectiva de *“ciência-arte”* em franco recrudescimento, em detrimento da perspectiva de *“ciência lógica”* que apresenta em confronto com a primeira.

Paralelamente, segundo o entrevistado, também os professores devem recuperar a perspectiva artística na educação em ciências: *“há que buscar essa beleza através das relações com a própria arte, entre física e arte, e através dos aspectos históricos das ciências”*.

Considera que, por um lado, *“o ensino puramente tecnológico é redutor, cingindo-se aos aspectos técnicos, tecnológicos e ambientais”*. Por outro lado, a ênfase teórica é igualmente redutora, *“há coisas mais lindas do que multiplicarmos massas por acelerações”*. Os manuais também verificam esta situação.

Quanto à componente metodológica das ciências, declara que existe um método de análise que é o *“método científico”*, constituído pelas seguintes etapas: observação, formação de hipóteses, experimentação, análise de resultados e extracção de conclusões. É a prática deste método que confere à ciência o estatuto de *“ciência exacta”*.

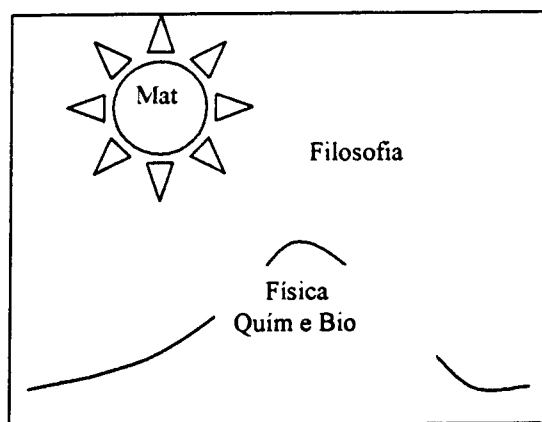
A formação em história e filosofia das ciências foi considerada como “zero”. Na sua opinião, o insucesso que aí se verifica fica a dever-se à postura dos alunos, que a encaram como uma disciplina académica, na qual se decoram datas e episódios, exclusivamente para a realização dos exames.

Num quadro analógico elaborado pelo entrevistado, este relaciona matemática, ciências e filosofia (através de uma paisagem desenhada por si), fazendo corresponder estes saberes a elementos constituintes dessa paisagem, explicando, em seguida, a sua função e relacionamento:

Matemática – impregna todo o conhecimento teórico das ciências, constitui a linguagem das ciências, está “omnipresente” (“pode também ser vista como uma deusa”).

Filosofia – “fluido ou éter do pensamento, provoca o próprio pensamento”.

Ciências – “constituem a montanha”.



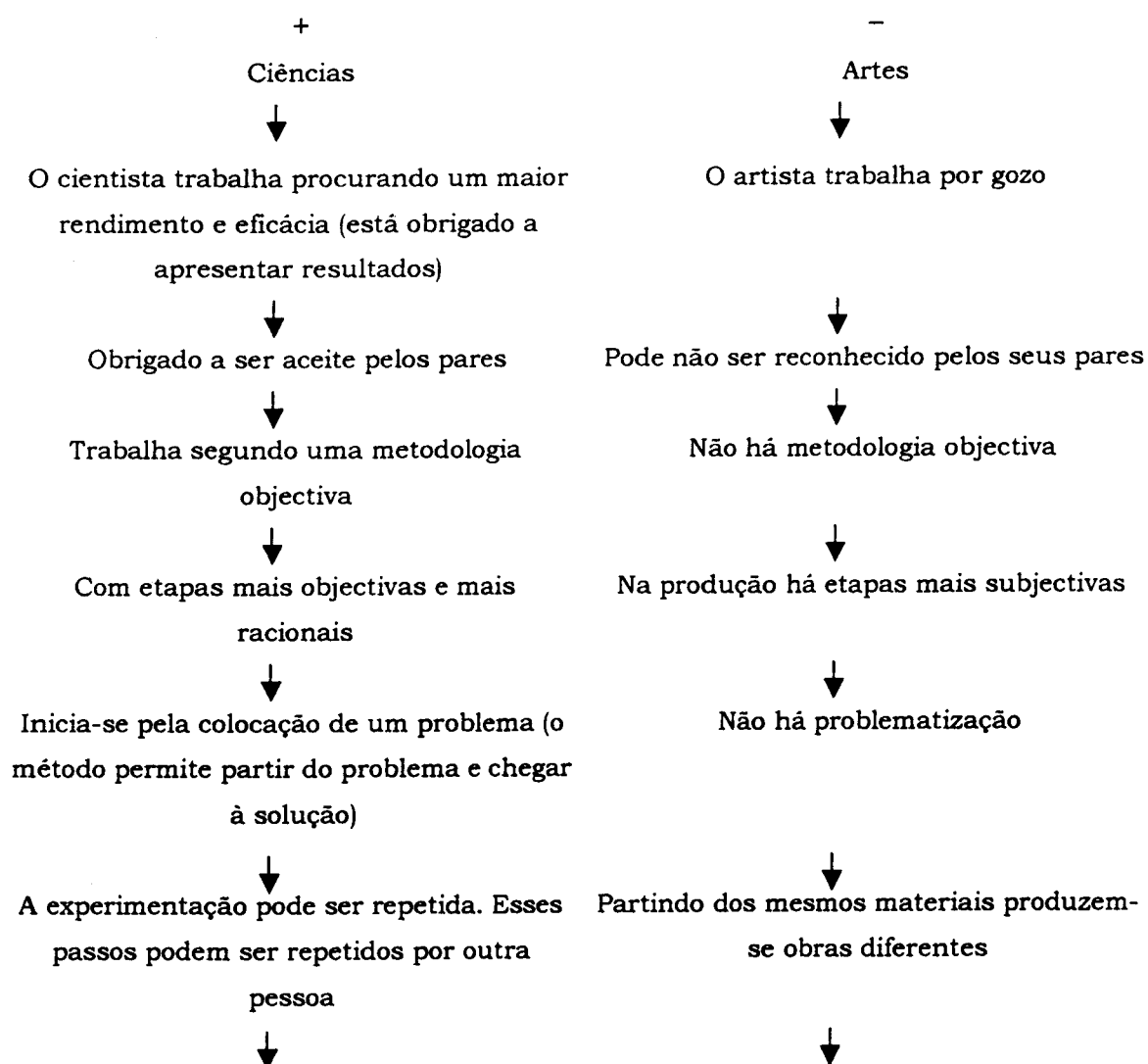
O lugar destinado às ciências (montanha) permite ainda, segundo o entrevistado, a seguinte analogia: como a relação entre ciências se intensifica, e muito embora a física ainda detenha uma “importância primeira” nesse relacionamento, esta vai perdendo o seu estatuto de “ciência – padrão”, o que concorre para o “nivelamento” do estatuto científico entre ciências. Afirma ainda

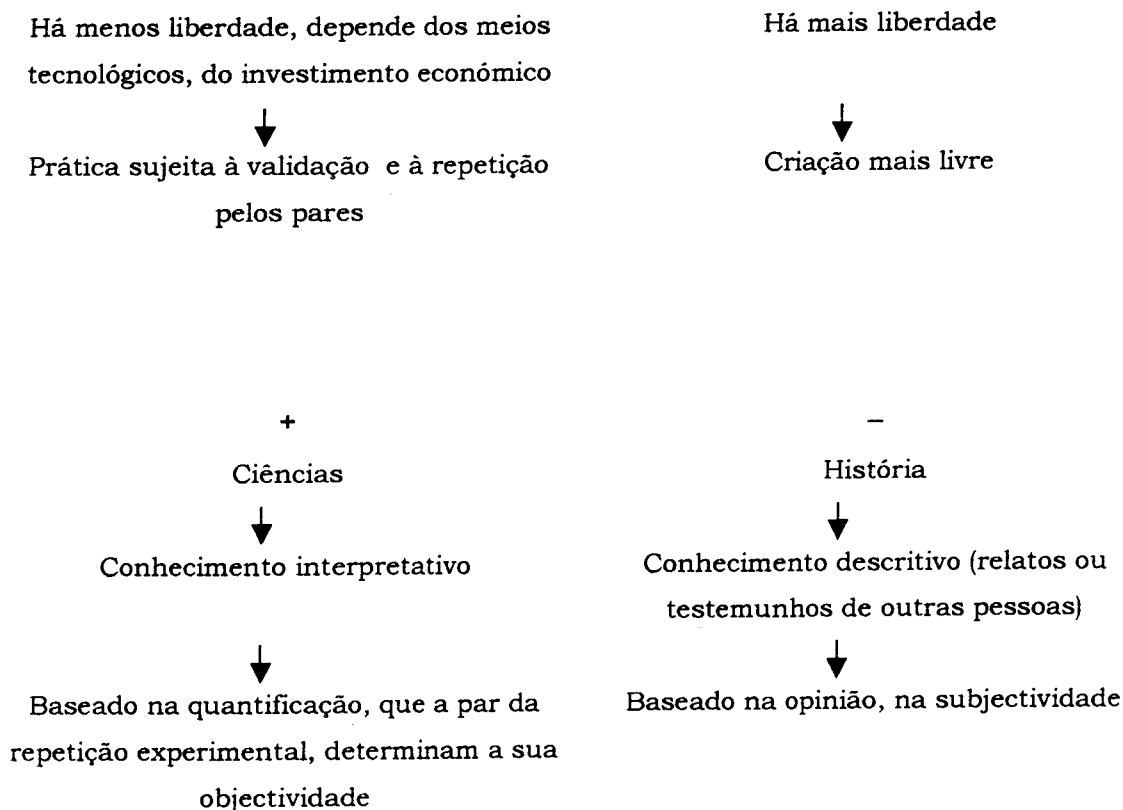


que, da mesma forma, a erosão irá esbater o cume da montanha, transformando-o quase numa planície de saberes quase indiferenciados.

### Professor Q

- A ciência é importante para as artes na perspectiva tecnológica. (× 3)
- Análise das expressões:
  - “recolha de dados e interpretação de fenómenos” (como etapas da produção científica).
  - “cálculos, quantificação de uma grandeza”.





Também neste relato, as ciências não estão familiarizadas com as artes, com excepção do contributo tecnológico que as ciências lhes possibilitam. Os critérios de distinção são a actividade profissional do cientista/artista e a metodologia que sustenta a produção do conhecimento.

Através do seu testemunho, constata-se que o trabalho e a actividade do cientista se restringem à experimentação, à comprovação de hipóteses e validação de conhecimentos, etapas basilares de uma “*metodologia objectiva*”, decorrendo num local privilegiado e tecnologicamente apetrechado para o efeito- o laboratório.

Não obstante, são reconhecidos (de uma forma esporádica ou tímida) elementos de uma visão da prática científica consentânea com as perspectivas contemporâneas. Estes repartem-se pelo método mais flexível e abrangente, dando lugar a uma fase inicial que integra o “*despertar de curiosidade*”, ao questionamento de um fenómeno cuja selecção está condicionada à época e às preocupações sociais de então, e à imaginação patente na formulação de hipóteses.

O despertar da curiosidade, o questionar de um fenómeno, a imaginação na formulação, são fases menos divulgadas para o público, sendo as mais divulgadas a “*recolha de dados*” e a “*interpretação de fenómenos*”.

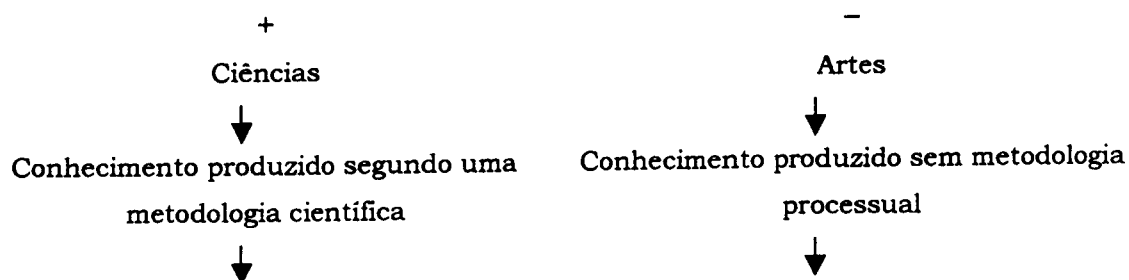
Quanto à sua formação, declara que “*a licenciatura constitui uma série de disciplinas de cariz quantitativo e teórico*”.

Considera que a educação em ciências é essencialmente quantitativa, e que a implementação de um currículo escolar com maior número de elementos históricos não se coaduna com a configuração escolar, pois imediatamente surgiriam problemas e dificuldades, tais como:

1. Gestão do tempo (e do programa).
2. Preparação para os exames
3. Carência de formação inicial dos professores nesta temática.

#### *Professor R*

- Exploração da relação ciências/artes, através das expressões:
  - “*Criações artísticas que contrariam leis físicas*”.
  - “*As artes e as ciências têm finalidades diferentes*”.
- Exploração da relação astrologia/ciências, através da expressão:
  - “*A astrologia não é desenvolvida com base nas ciências*”.
- Exploração da relação ciências/religião, através da expressão:
  - “*Algumas contradições entre ciência e religião*”.
- Exploração da relação ciências/geografia, através da expressão:
  - “*A geografia utiliza linguagem das ciências, mas nem sempre com rigor*”.



Esta metodologia baseia-se nos pontos do “método científico”, mas praticada com grande grau de liberdade, estando a reflexão presente ao longo de todo o processo, sendo também possível o retrocesso no cumprimento desses pontos.

↓  
 Sujeito à aprovação da comunidade e à confirmação experimental

↓  
 É um processo de investigação

↓  
 A finalidade é a compreensão, de nós próprios e do universo e da nossa interacção com o universo

↓  
**Complementam-se na criação de bem-estar, se bem que por formas distintas. As ciências, assim como as artes, são pedras do mesmo puzzle, e esse puzzle é o Homem.**

A produção é mais criativa, é mais livre. Dois artistas em torno do mesmo tema podem criar obras completamente diferentes.

↓  
 Gosta-se ou não

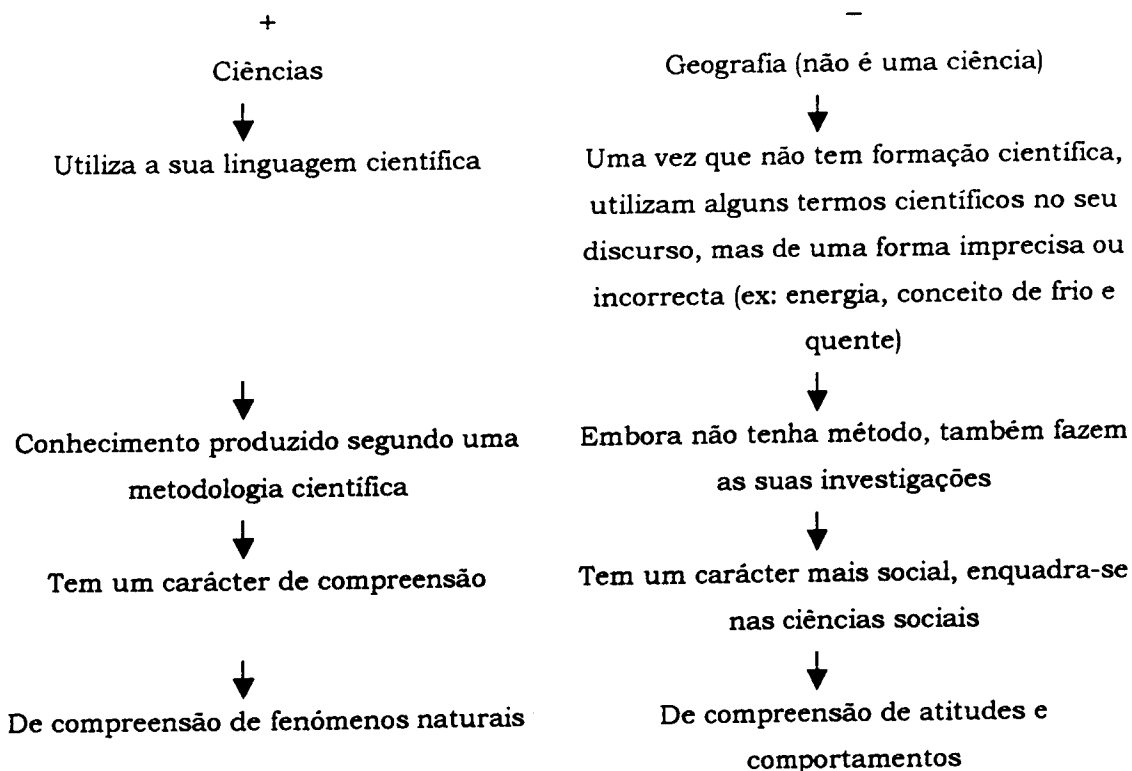
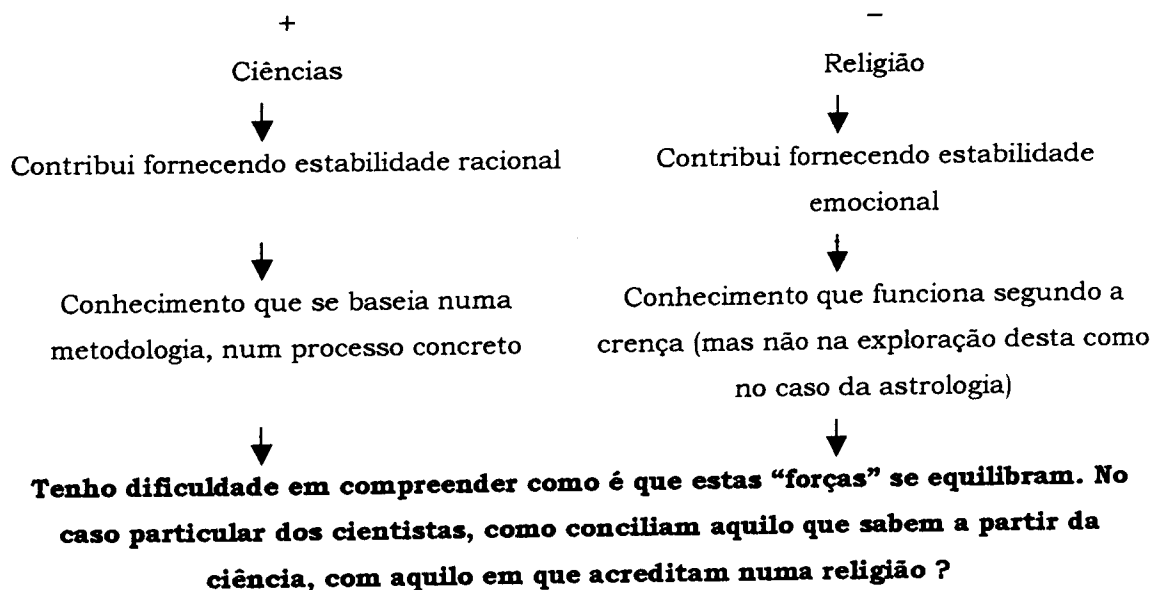
↓  
 É um processo de criação

↓  
 A finalidade é a recriação, produzir o adorno e, por conseguinte, o bem-estar

+  
 Ciências  
 ↓  
 Conhecimento produzido segundo a metodologia científica  
 ↓  
 A finalidade é a compreensão, de nós próprios e do universo, e da nossa interacção com o universo

↓  
**Embora utilize termos científicos no seu discurso (ex: campos magnéticos, constelações e ascendentes), a astrologia apresenta um estatuto bastante inferior ao das ciências, uma vez que a formulação do seu conhecimento não tem consistência nem estrutura.**

-  
 Astrologia  
 ↓  
 Conhecimento produzido sem metodologia, baseia-se na crença  
 ↓  
 A finalidade é a procura de bem-estar ainda que, por vezes, acabe por causar mau-estar (situações de burla, engano, ilusão)



Em todas as relações que com as ciências estabelece, a metodologia patente na produção científica surge como o principal critério que distingue as ciências de outros conhecimentos. É esta metodologia que se distancia de um processo mais criativo e livre das artes, que se encontra isenta da crença existente na religião e na astrologia, e, ainda, que a afasta de conhecimentos de carácter mais social, próprio das denominadas “*ciências sociais*”.

Questionado acerca do conteúdo desta metodologia, apresenta uma perspectiva mais actualizada, ao proferir que esta se baseia nas “*etapas do método científico, mas este goza de grande grau de liberdade ... passa por aqueles pontos mas não é um método rígido, é negociado, pode haver retrocesso*”. Acerca da constituição deste método científico, apresenta como etapas: a identificação do problema, a formulação de hipóteses, a experimentação, a verificação (ou não) dessas hipóteses e, finalmente, o levantamento de novas questões. Refere ainda que, na sua educação escolar, este método científico era ensinado como sendo um “*método rígido, era uma receita*”.

Ainda a respeito da relação entre ciências/geografia, estabelece uma relação de subordinação, uma vez que a geografia adopta alguma da sua linguagem, ainda que de uma forma imprecisa e incorrecta.

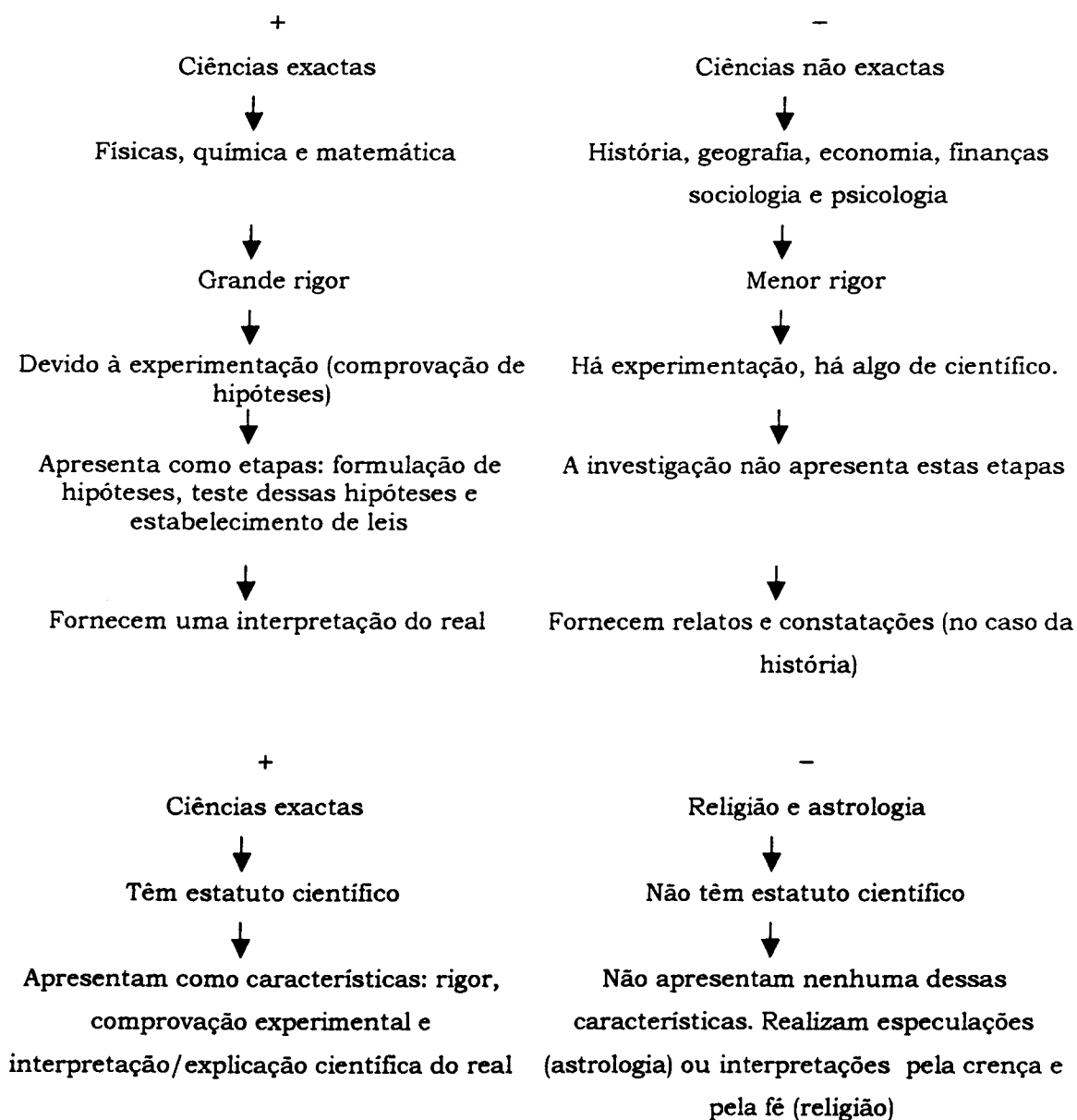
Acerca da relação ciências/filosofia, é com estranheza que constata que os filósofos se envolvem na compreensão e na definição do que consiste a ciência, enquanto os cientistas se ocupam da tarefa de maior importância, e que constitui o aspecto processual, sendo este o responsável pelo desenvolvimento das ciências.

Acerca do instrumento de investigação comenta: “*é um bom processo de reflexão*”.

Enquanto autor e leitor de manuais de Ciências Físico-químicas do 3º ciclo e leitor de manuais da mesma, considera que as alusões à história e filosofia das ciências são “*raras*”.

*Professor S*

- Classificação dos conhecimentos em: ciências exactas, ciências não exactas e não ciências. (×7)
- Exploração das expressões:
  - “A economia e as finanças utilizam algoritmos”.
  - “A astrologia e a religião não têm interpretação científica”.



O entrevistado estabelece uma clara distinção entre conhecimentos. Estes repartem-

-se em ciências exactas (física, química e matemática), ciências não exactas (economia, finanças, sociologia, psicologia e história) e conhecimento não científico (artes, línguas, astrologia e religião).

Esta última classe de conhecimentos encontra-se claramente distanciada das ciências exactas, uma vez que não apresenta nenhum dos seus requisitos (rigor, comprovação experimental e interpretação científica). Considera que são interpretações e especulações baseadas na fé e na crença. No caso da astrologia refere que esta *“recorre a alguns aspectos da física (constelações, planetas e movimentos planetários) para tentar dar uma explicação”*.

Quanto às ciências não exactas (ciências sociais e económicas), pelo facto de estas realizarem investigação e, no caso das ciências económicas, aplicarem algoritmos matemáticos (algo que utilizam para resolver um problema ou exercício), defende que se encontram num lugar mais próximo das ciências exactas, isto é, *“têm algo de científico”*.

Relativamente à metodologia científica, considera não existir um “método científico”. Na sua opinião, os passos que apresentou na metodologia *“não apresentam ordem específica”*, acrescentando ainda *“Por vezes surgem novos problemas no decurso da investigação alterando a sequência destas etapas. Não há «método científico» há métodos científicos”*.



## **BIBLIOGRAFIA**

Abd-El-Khalick, F. & Bell, R. & Lederman, N. (1998). The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-437.

Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22 (7), 665-701.

Abell, S. & Smith, D. (1994). What is science?: preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 16 (4), 475-487.

Abimbola, I. (1983). The relevance of the "new" philosophy of science for the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 83 (3), 181-191.

Acevedo, J. (1994). Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias. Un enfoque CTS. *Revista Interuniversitaria de Formación del profesorado*, 19, 111-125.

Aguirre, J. & Haggerty, S. & Linder, C. (1990). Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, 12 (4), 381-390.

Alarcão, I. (1996). Reflexão crítica sobre o pensamento de D. Schön e os programas de formação de professores. In I. Alarcão (Ed.), *Formação reflexiva de professores – estratégias de supervisão*. Coleção Cidine. Porto: Porto Editora.

Aliberas, J. & Gutiérrez, R., & Izquierdo, M. (1989). La didáctica de las ciencias: una empresa racional. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 277-284.

Ariza, R. & Pozo, R. (1996). Ciencia, profesores y enseñanza: unas relaciones complejas. *Alambique*, 8. Barcelona.

- Arons, A. (1991). Historical and philosophical perspectives attainable in introductory physics courses. In M.R. Matthews (ed.), *History, Philosophy and Science Teaching*. Toronto: The Ontario Institute for studies in Science.
- Ausubel, D. & Novak, J. & Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. (2ª edição). Rio de Janeiro: Interamericana. (Trabalho original em inglês, 1968).
- Bachelard, G. (1971). *A epistemologia*. Lisboa: Edições 70. (Trabalho original em francês).
- Bachelard, G. (1994). *O materialismo racional*. Lisboa: Edições 70. (Trabalho original em francês).
- Balenilla, F. (1992). El cambio de modelo didáctico, un proceso complejo. *Investigación en la Escuela*, 18, 43-68.
- Benson, G. (1989). Epistemology and science curriculum. *Journal of Curriculum Studies*, 21 (4), 329-344.
- Blanco, L. & Mellado, V. & Ruiz, C. (1995). Conocimiento didáctico del contenido en ciencias experimentales y matemáticas y formación del profesorado. *Revista de Educación*, 307, 427-446.
- Brickhouse, N. (1991). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41 (3), 53-62.
- Buchdahl, G. (1993). Styles of scientific thinking. *Science & Education*, 2, 149-169.
- Burbules, N. & Linn, M. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction ?. *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241.

---

Bybee, R. & Powell, J. & Ellis, J. & Giese, J. & Parisi, L. & Singleton, L. (1991). Integrating the history and nature of science and technology in science and social studies curriculum. *Science Education*, 75 (1), 143-155.

Cachapuz, A. (1992). *Ensino das Ciências e formação de professores*, nº1. Projecto Mutare. Universidade de Aveiro.

Canário, R. (1993). O professor e a produção de inovações. *Colóquio, educação e sociedade*, 4, 97-121.

Carrascosa, J. & Fernández, I. Gil-Pérez, D. & Orozco, A. (1991). La visión de los alumnos sobre lo que el profesorado de ciencias ha de saber y saber hacer. *Investigación en la Escuela*, 14, 45-61.

Carrilho, M. M. (1988). Kuhn e as revoluções científicas. *Colóquio Ciências*, 2. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.

Carrilho, M. M. (1994). *A Filosofia das Ciências - de Bacon a Feyerabend*. Lisboa: Editorial Presença.

Cawthron, E. & Rowell, J. (1978). Epistemology and science education. *Studies in Science Education*, 5, 31- 59.

Champagne, A. B., Klopfer, L.E. e Anderson, J.H. (1980). Factors affecting the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48 (12), 1074-1079.

Clement, J. J. (1982). Students' perconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50 (1), 66-71.

- Collingwood, R. (1981). *Ciência e Filosofia* (4ª edição). Lisboa: Editorial Presença. (Trabalho original em inglês).
- Cohen, I. B. (1988). *O nascimento de uma nova física*. Lisboa: Gradiva. (Trabalho original em inglês publicado em 1960).
- Correia, J. (1999). *Os "lugares-comuns" na formação de professores*. Coleção cadernos pedagógicos. Porto: Edições ASA.
- DES, (1995). Programa de Ciências Físico-químicas – 11º ano. Ministério da Educação.
- Deus, J. D. (1992). *Ciência, curiosidade e maldição* (2ª edição). Lisboa: Gradiva.
- Drake, S. (1981). *Galileu*. Lisboa: Publicações Dom Quixote. (Traduzido do original em inglês, 1980).
- Driver, R. & Erickson, G. (1983). Theories-in-action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Duarte, C. & Fontes, M. (1989). Professor de ciências, que perfil?. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra (III Congreso), tomo 1, 23-24.
- Dumas-Caré, A. & Furió, C. & Garret, R. (1990). Formación inicial del profesorado de ciencias en Francia, Inglaterra y Gales y España. Análisis de la organización de los estudios y nuevas tendencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (3), 274-281.
- Duschl, R. & Wright, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning an teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (6), 467-501.

Duschl, R. & Gitomer, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 839-858.

Duschl, R. & Hamilton, R. & Grandy, R. (1992). Psychology and Epistemology: match or mismatch when applied to Science Education ?. In R. Duschl & R. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. State University of New York Press.

Feyerabend, P. (1992). *Contra o método*. Lisboa. Relógio d'Água.

Franco, C. & Colinvaux -de- Dominguez, D. (1992). Genetic epistemology, history and science education. *Science & Education*, 1, 255-271.

Furió, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 188-199.

Gago, M. (1998). Comunicação proferida no 2º Forum Ciência Viva. *Livro de actas do 2º Forum Ciência Viva*. Lisboa, Forum Picoas.

Galdabini, S. & Rossi, O. (1993). Using history papers in ordinary physics teaching at high school. *Science & Education*, 2, 239-242.

Gallagher, J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75 (1), 121-133.

Gardner, P. (1996). The dimensionality of attitude scales: a widely misunderstood idea. *International Journal of Science Education*, 18 (8), 913-919.

Gil-Pérez, D. & Carracosa, J. (1990). What to do about science "misconceptions"? *Science Education*, 74 (5), 531-540.

Gil-Pérez, D. & Martínez-Torregrosa, J. (1983). A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5 (4), 447-455.

Gil-Pérez, D. (1991). Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias?. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 69-77.

Gil-Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación.. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.

Gil-Pérez, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 154-164.

Glaserfeld, F. (1991). Cognition, construction of knowledge, and teaching. In M.R. Matthews (ed.), *History, Philosophy and Science Teaching*. Toronto: The Ontario Institute for studies in Science.

Glassberg, P. & Sprinthall, N. (1980). Student teaching: a developmental approach. *Journal of Teacher Education*, 31 (2), 31-38.

Gonçalves, R. (1991). *Ciência, pós-ciência, meta-ciência: tradição, inovação e renovação*. Lisboa: Discórdia Editores.

Gunstone, R. & Slattery, M. & Bair, J. & Northfield, J. (1993). A case study exploration of development in preservice science teachers. *Science Education*, 77 (1), 47-73.

Gustafson, B. & Rowell, P. (1995). Elementary preservice teachers: constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 17 (5), 589-605.

---

Halloun, I.A. e Hestenes, D. (1985). Common sense about motion. *American Journal of Physics*, 53 (11), 1056-1064.

Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science, and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.

Hodson, D. (1988). Towards a phylosophically more valid science curriculum, *Science Education*, 72 (1), 25-57.

Hodson, D. (1991). Pilosophy of science and science education. In M.R. Matthews (ed.), *History, Philosophy and Science Teaching*. Toronto: The Ontario Institute for stdies in Science.

Kelly, G. (1963). *A theory of personality: the psychology of personal constructs*. Nova Iorque: Norton.

Khun,T. S. (1989). *A tensão essencial*. Lisboa: Edições 70. (Trabalho original em inglês, 1977).

Khun,T.S. (1998). *A estrutura das revoluções científicas* (5ª edição). São Paulo: Editora perspectiva. (Trabalho original em inglês).

King, B. (1991). Beginning teachers' knowledge of and attitudes toward history and philisophy of science. *Science Education*, 75 (1), 135-141.

Koulaidis, V. & Ogborn, J. (1989). Philosophy of science: na empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11 (2), 173-184.

Koulaidis, V. & Ogborn, J. (1995). Science teachers' philosophical assumptions: how well do we understand them ?. *International Journal of Science Education*, 17 (3), 273-283.



- Koyré, A. (1986). *Galileu e Platão*. Lisboa: Gradiva. (Trabalho original em francês).
- Koyré, A. (1992). *Estudos galilaicos*. Lisboa: Publicações Dom Quixote. (Trabalho original em francês).
- Krasilchik, M. (1990). The scientist: an experiment in science teaching. *International Journal of Science Education*, 12 (3), 282-287.
- Izquierdo, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 8. Barcelona.
- Jenkins, E. (1990). The history of science in British schools: retrospect and prospect. *International Journal of Science Education*, 12 (3), 274-281.
- Johnson, S. & Stewart, J. (1990). Using philosophy of science in curriculum development: an example from high school genetics. *International Journal of Science Education*, 12 (3), 297-307.
- Jorge, M.M. (1996). As ciências e os outros "territórios": fronteiras e passaportes. *Brotéria*, 142 (1), 67-89.
- Jung, W. (1994). Toward preparing students for change: a critical discussion of the contribution of the history of physics teaching. *Science & Education*, 3, 99-130.
- Lakatos, I. (1974). *História de la ciência y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Ed: Tecnos.
- Lakin, S. & Wellington, J. (1994). Who will teach the nature of science?: teachers' views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16 (2), 175-190.
- Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), 331-359.

Lederman, N. & Druger, M. (1985). Classroom factors related to changes in students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (7), 649-662.

Lederman, N. & O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: development, use, and sources of change. *Science Education*, 74 (2), 225-239.

Lederman, N. & Zeidler, D. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science; do they really influence teacher behavior? *Science Education*, 71 (5), 721-734.

Lewis, J. (1976). *O ensino da física escolar II (trabalho original em inglês, 1972)*. Lisboa: Editorial Estampa.

Linder, C. (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education*, 77 (3), 293-300.

Linn, M. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends, and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (3), 191-216.

Lombardi, O. (1997). La pertinencia de la historia en la enseñanza de ciencias: argumentos y contraargumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (3), 343-349.

Lopes, A. (1993). Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), 324-330.

Loving, C. (1991). The scientific theory profile: a philosophy of science model for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 823-838.

Mach, E. (1919). *The science of mechanics* (4<sup>a</sup> edition). Chicago: The Open Court Publishing.

- Manassero, M. & Vázquez, A. (2000). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 37, 187-208.
- Matthews, M.R. (1990). Ernst Mach and contemporary science education reform. *International Journal of Science Education*, 12 (3), 317-325.
- Matthews, M.R. (1994a). Vino viejo en botellas nuevas: un problem con la epistemologia constructivista.. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 79-88.
- Matthews, M.R. (1994b). Historia, filosofía y enseñanza de las ciências: la aproximacion actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12( 2), 255-277.
- Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria e secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 289-302.
- Mellado, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science & Education*, 6, 331-354.
- Mellado, V. (s.d.). *La investigación sobre el profesorado de ciencias experimentales*.
- Mellado, V. & Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11( 3), 331-339.
- Millar, R.; Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- Moreno, M. (1986). Ciencia y construcción del pensamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 57-63.
- Nersessian, N. (1991). Conceptual change in science and in science education.. In M.R. Matthews (ed.), *History, Philosophy and Science Teaching*. Toronto: The Ontario Institute for stdies in Science.

Nersessian, N. (1992). Constructing and instructing: the role of “abstraction techniques” in creating and learning physics. In R. Duschl & R. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. State University of New York Press.

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*. Tese de doutoramento não publicada, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.

Neto, A. (s.d.). *Diversidade e cooperação metodológica : um imperativo na investigação educacional*. Lisboa: Projecto Dianóia.

Neimeyer, R. (s.d.). Constructivist approaches to the measurement of meaning. In G. Neimeyer (Ed), *Constructivist assessment: a casebook*. CA: Sage. 58-103.

Níaz, M. (1994). Más allá del positivismo: una interpretación lakatosiana de la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), 97-100.

Nielsen, H. & Thomsen, P. (1990). History and philosophy of science in physics education. *International Journal of Science Education*, 12 (3), 308-316.

Novak, J.D. (1989). The use of metacognitive tools to facilitate meaningful learning. In P. Adey et al (Eds). *Adolescent development and school science*. Londres: The Falmer Press.

Nóvoa, A. (1992). Formação de professores e profissão docente. In A. Nóvoa (ed.). *Os professores e a sua formação*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Oppenheimer, J. (1962). *Ciência e Saber Comum*. Lisboa: livros do Brasil. (traduzido do original em inglês, 1953/1954).

---

Paixão, M. (1995). Práticas pedagógicas em ciências da natureza e formação de professores para os desafios da reforma curricular. In I. Alarcão (Ed.), *Supervisão de professores e inovação educacional*. CIDINE. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Perrenoud, P. (1993). O papel de uma iniciação à investigação na formação de base dos professores. In P. Perrenoud (ed.), *Práticas pedagógicas, profissão docente e formação – perspectiva sociológica*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Piaget, J. (1990). Seis estudos de psicologia (10ª edição). Lisboa: Publicações Dom Quixote. (Trabalho original em francês).

Piaget, J. e Garcia, R. (1987). *Psicogénese e história das ciências*. Lisboa: Publicações Dom Quixote. (Trabalho original em francês).

Pomeroy, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77 (3), 279-291.

Popper, K. & Condry, J. (1995). *Televisão: um perigo para a democracia*. Lisboa: Gradiva. (Trabalho original em francês, 1994)

Porlán, R. (1995). Las creencias pedagógicas y científicas de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 3 (1), 7-13.

Powell, R. (1994). From field science to classroom science: a case study of constrained emergence in second-career science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (3), 273-291.

Ray, C. (1991). Breaking free from dogma: philosophical prejudice in science education. *Science Education*, 75 (1), 87-93.

---

Ribeiro, A. (1997). *Formar professores: elementos para uma teoria e prática da formação* (5ª edição). Coimbra: Coimbra Editora.

Ruggieri, R. & Tarsitani, C. & Vicentini, M. (1993). The images of science teachers in latin countries. *International Journal of Science Education*, 15 (4), 383-393.

Santos, B.S. (1997). *Um Discurso sobre as Ciências* (9ª edição). Porto: Edições Afrontamento.

Santos, M. E. (1991). *Mudança na sala de aula – um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte.

Sequeira, M. & Leite, L. (1991). Alternative conceptions and history of science in physics teacher education. *Science Education*, 75 (1), 45-56.

Settle, T. (1991). How to avoid implying that physicalism is true: a problem for teachers of science. In M.R. Matthews (ed.), *History, Philosophy and Science Teaching*. Toronto: The Ontario Institute for Studies in Science.

Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.

Shymansky, J. & Kyle, W. (1992). Establishing a research agenda: critical issues of science curriculum reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (8), 749-778.

Shuell, T.J. (1987). Cognitive psychology and conceptual change: implications for teaching science. *Science Education*, 71 (2), 239-250.

Simões, C. & Ralha-Simões, H. (1997). Maturidade pessoal, dimensões da competência e desempenho profissional. In i. Sá-Chaves (ed.), *Percursos de formação e desenvolvimento profissional*. Porto: Porto Editora.

Snow, C.P. (1996). *As duas culturas*. Lisboa: Editorial Presença. (Trabalho original em inglês, 1993).

Solbes, J. & Traver, M. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), 103-112.

Solbes, J. & Vilches, A. (1997). *Las interacciones CTS en los nuevos textos de la enseñanza secundaria*. Comunicação apresentada no V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, Madrid.

Solomon, J. (1991). Teaching about the nature of science in the British National Curriculum. *Science Education*, 75 (1), 95-103.

Steinberg, M.S. & Brown, D.E. & Clement, J. (1990). Genius is not immune to persistent misconceptions: conceptual difficulties impeding Isaac Newton and contemporary physics students. *International Journal of Science Education*, 12 (3), 265-273.

Stewart, V. & Mayes, J. (2000). *Understanding George Kelly and personal construct theory*. Enquire Within: Wellington.

Stinner, A. (1989). The teaching of physics and the contexts of inquiry: from Aristotle to Einstein. *Science Education*, 73 (5), 591-605.

Stinner, A. (1990). Philosophy, thought experiments and large context problems in the secondary school physics course. *International Journal of Science Education*, 12 (3), 244-257.

Thomaz, M. (1987). Uma perspectiva construtivista para o ensino da física I – “Psicologia da construção pessoal” de George Kelly. *Gazeta da Física*, 10 (4), 121-128.

Thomaz, M. & Cruz, M. & Martins, I. & Cachapuz, A. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*. 14 (3), 315-322.

Tobin, K. & Espinet, M. (1989). Impediments to change: applications of coaching in high school science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (2), 105-120.

Valente, M.O. (1980). Da natureza da ciência à atmosfera das aulas de física. *Gazeta da Física*, VII, 1-7.

Videira, A.L.L. (1998a). *Histórias das ciências*. Texto não publicado, Universidade de Évora, Évora.

Videira, A.L.L. (1998b). *Galileu*. Texto não publicado, Universidade de Évora, Évora.

Vygotsky, L. S. (1995). *Pensamento e linguagem* (5ª edição). São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora. (Trabalho original em inglês).

Watkins, J. (1990). *Ciência e cepticismo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. (Trabalho original em inglês, 1984).

Winchester, I. (1991). Thought experiments and conceptual revision. In M.R. Matthews (ed.), *History, Philosophy and Science Teaching*. Toronto: The Ontario Institute for studies in Science.

Woolnough, B. (1991). Faith in science?. In M.R. Matthews (ed.), *History, Philosophy and Science Teaching*. Toronto: The Ontario Institute for studies in Science.

Zeichner, K. (1993). *A formação reflexiva de professores: ideias e práticas*. Lisboa: Educa.

