

DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA AO ENSINO DA CIÊNCIA: O EXEMPLO CLARIFICADOR DA CONSTRUÇÃO DA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

VALADARES, JORGE ANTÓNIO

Universidade Aberta (Coordenador do CECME; <jvalad@univ-ab.pt>)

Palavras chave: Natureza da ciência; Vê do conhecimento; Estratégias investigativas

1. INTRODUÇÃO

Começo por apresentar algumas ideias-chave dos recentes *science studies*. Segue-se a referência a um estudo de índole histórica que permitiu constatar como as ideias de Gowin subjacentes ao seu **Vê** se adequam à natureza da construção do conhecimento físico e às ideias recolhidas dos *science studies*. Finalmente faço a transposição para o ensino da ciência física defendendo estratégias investigativas e o recurso ao Vê de Gowin para mais facilmente as conceber e desenvolver.

2. OS SCIENCE STUDIES

Do livro *A ciência tal qual se faz* (1999), retirei algumas ideias resultantes dos recentes *science studies*:

- Os factos não são neutros, são construídos numa interacção sujeito-objecto, mas não dependem totalmente das teorias prévias do sujeito. Existe uma diferença fundamental entre o dado (*gegeben*) e o pensado (*gedacht*) (Petitot, p. 37 e Gil, p.12).
- A objectividade existe, mas é “fraca”, já que no conceito de objecto físico estão incluídas as condições de acesso a ele e da sua determinação (Petitot, p. 41). Começam a existir modelos eficazes sobre os sistemas complexos baseados nas novas teorias físico-matemáticas e nas potencialidades dos modernos computadores. (*idem*, p. 46).
- A objectividade científica, procurada desde meados do século XIX, é distinta da procura da verdade e da certeza acerca dos objectos científicos e não esgota a lista das virtudes epistemológicas que conferem validade às ciências ditas experimentais (Daston, p. 81 e 84). Toda a Filosofia naturalista e a ciência dela emanante ambicionava à racionalidade matemática, ao rigor das afirmações e medições, mas não à objectividade completa. (*idem*, p. 102).
- Há muito campo para discutir epistemologicamente as ciências experimentais. Por exemplo, a natureza dos grandes princípios tem tido diversas interpretações. Mas esta discussão não é castradora das potencialidades dessas ciências. Por exemplo, o fundamental, nos princípios, é que sejam plausíveis e não arbitrários.
- O “desígnio transcendental da verdade” das ciências experimentais coloca-as ao abrigo das discussões filosóficas sobre elas e leva os cientistas a acreditarem e a perseguirem a objectividade (Ladrière, p. 129).
- As representações científicas são construídas através de um processo de conceptualização, de formalização e de interpretação, que contrasta totalmente com a espontaneidade e o carácter originário das nos-

sas representações imediatas do mundo. (*idem*, p. 134). Envoltas em muitas negociações, confrontações e até polémicas (Dascal, p. 65), as representações científicas não são de modo algum construções meramente sociais e arbitrárias. São, como afirma Jean Ladrière (p. 105) “o caminho para verdades mais profundas”.

- A disputa entre o racionalismo clássico e o empirismo clássico foi superada por Kant. Segundo Lorenz (p. 148), essa disputa e a que ocorre entre os seus “cognatos” analíticos do século XX consiste, no fundo, em discutir “o que vem primeiro, a forma ou a matéria, os poderes da mente ou os poderes da natureza”, por isso não tem sentido, pois “a mente pertence à natureza e falar da natureza é uma particular realização da mente”.
- O conhecimento científico é uma realização social (Lynch e McNally, p. 161), mas conduz a representações que correspondem a factos independentes dos cientistas testáveis experimentalmente, conforme reconhecem diversos cientistas proeminentes, sociólogos, filósofos e divulgadores (Gross et al., 1996, in Lynch e McNally, p. 166).
- A objectividade não obriga a um realismo (*idem*), mas também não se adequa a um idealismo ou um relativismo cético. Ao contrário do que afirmam os construtivistas radicais para quem os objectos de pesquisa científica são construídos, eles são simultaneamente dados e construídos. O papel dos cientistas é precisamente distinguir aquilo que é natural, artificial ou ambíguo (Lynch e McNally, p. 169).
- As teorias físicas estão intrinsecamente ligadas aos contextos históricos em que surgiram, sem sentido fora destes (Balibar, p. 247). A sua essência nunca mereceu um consenso histórico e a História da Ciência (HC) mostra-nos que a recepção da comunidade científica às teorias físicas não depende apenas das provas demonstrativas experimentais. Indiferentes a estes problemas epistemológicos, os cientistas sabem bem como as teorias são fundamentais. É com elas e os conceitos que integram que se observam os fenómenos para deles se extrair dados e é com elas que se dá significado a estes dados, atribuindo-lhes o estatuto de factos.

Em suma e para concluir:

Os *science studies* actuais, embora destacando os factores sociológicos na construção das ciências ditas experimentais, rejeitam o reducionismo brutal que muitos construtivistas sociais revelam com uma visão relativista e profundamente céptica dessas ciências. Ora a luta travada entre o construtivismo e o realismo carece de objecto, a não ser que o realismo caia num dogmatismo inaceitável ou o construtivismo se prolongue pela desconstrução da objectividade (Gil, p. 26, Ian Hacking, p. 269 a 285). Como bem realça Fernando Gil, nenhum dos textos da obra referida (1999) “contesta a racionalidade (ou a razoabilidade) intrínseca da ciência” (p. 19). No que se refere ao valor da ciência, podemos falar numa *validade transcendente*, *objectiva* ou *axiológica*, assente no acordo entre a concepção científica sobre cada objecto e esse objecto, e a *validade imanente*, *universal* ou *normativa*, baseada no acordo intersubjectivo entre os membros da comunidade científica acerca do valor das representações dos objectos pesquisados. Tenho defendido que as duas formas de validade são legítimas e que o facto de não podermos, de acordo com Kant, aceder ao conhecimento verdadeiro das «coisas em si», não significa que estejamos impedidos de nos aproximarmos cada vez mais desse conhecimento.

A ideia construtivista radical de que as representações da Física não correspondem a uma realidade objectiva e exterior ao sujeito (abdição do princípio da correspondência) tem sido fortemente criticada (ver, por ex. *Constructivism in Science Education – a Philosophical Examination*, 1998). Com a nova teoria do caos, até o conhecimento do mundo quântico assumiu uma visão muito mais realista ao prescindir-se da irreversibilidade devida ao observador no acto de medida baseada no conhecido e enigmático princípio do colapso da função de onda (ver, p. ex. as obras de Prigogine).

3. A INTERACÇÃO ENTRE DUAS COMPONENTES FUNDAMENTAIS DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA CONSTRUÇÃO HISTÓRICA DA CIÊNCIA FÍSICA

Quem conhece, por exemplo, a TRR com base apenas no trabalho de Einstein de 1905, ficará com uma visão racionalista desta teoria. Quem assenta esse conhecimento na célebre experiência de Michelson-

Morley, poderá ficar com uma visão empirista da mesma. Em qualquer dos casos, trata-se de uma visão res-trita e deturpada.

Um exame crítico de todo o percurso que conduziu à TRR revela uma interacção permanente entre duas grandes componentes do conhecimento, a teórico-conceptual e a prático-metodológico-experimental (Valadares, 2000). Esta interacção dialógica é geral. Por exemplo, na concepção de um novo automóvel, tão importante são os aspectos termodinâmicos do seu motor como os que se relacionam com a estética e a aerodinâmica do mesmo. E ao considerarem-se as paredes do motor, não se pode desgarrar a condição de pedaço de matéria obtida da natureza do seu processo de fabrico, bem como de múltiplas ideias cons-truídas, tais como rigidez, densidade, resiliência, etc. Esta interacção entre pensamento e acção traduz-se na actividade complementar dos cientistas: os *teóricos*, aqueles que analisam (ou prevêem) teoricamente resultados obtidos pela (ou submetíveis à) experiência; os experimentais, que verificam, aplicam e propi-ciam experimentalmente ideias já (ou a serem) construídas pela teoria.

Para além do exame crítico da história da TRR, analisei em profundidade dois trabalhos sequenciais (1972), o de Lorentz, de 1904 e o de Einstein, de 1905 e constatei como as ideias de Gowin subjacentes ao seu **Vê do conhecimento** se adequam a essas duas investigações decisivas (Valadares, 2000) bem como às ideias dos science studies atrás traduzidas. Em suma:

A construção do conhecimento científico é coerente com as ideias de Gowin subjacentes ao seu Vê epis-temológico, ou seja: os grandes **problemas** a investigar são determinantes da escolha dos **objectos/aconte-cimentos** em estudo, simultaneamente dados e construídos; as grandes **crenças acerca do mundo, as filoso-fias** e as **teorias** tiveram um papel importante - os exemplos conhecidos do pitagorismo de Kepler, da helio-latria de Copérnico, do platonismo de Galileu, do empiriocriticismo de Mach, do realismo de Einstein, Schrodinger e de Broglie, do neopositivismo da Escola de Copenhaga, etc., são altamente sugestivos de uma razão «contaminada» por crenças, tornando a ciência não «neutra»; os grandes princípios inerentes a uma teoria, cuja natureza sempre foi questionada (afirmações *sintéticas* e a priori, afirmações convencionais, criações livres do espírito humano; etc.) são o produto de juízos cognitivos e de valor de outras inves-tigações que a antecederam; foi com os «olhos da mente» isto é, com os sentidos e mentes cheias de **con-ceitos**, enredados de um modo tão complexo quanto idiossincrático, que os investigadores sempre «viram» os fenómenos e os objectos para deles extraírem **registos** e destes **factos**; os **registos** convertidos mental-mente em **factos** foram sempre **transformados** de modo a formular **juízos** cognitivos em resposta aos pro-blemas em estudo, mas deixando sempre a porta aberta para novos problemas e novas investigações; sem-pre se formularam **juízos de valor** (de modo mais ou menos implícito ou explícito e algumas vezes de modo polémico a até mesmo acalorado...) acerca dos trabalhos de investigação e ideias a eles inerentes; os **juí-zos cognitivos e de valor de umas investigações foram fundamentais para o modo como ocorreram outras investigações** que a elas se seguiram na mesma linha de pensamento (o que é comprovado por múltiplos exemplos).

É importante dizer-se, a terminar esta análise que a negociação, partilha e até confrontação das ideias indi-viduais acaba por resultar num processo de objectivação à medida que progride a construção do conheci-mento de uma dada área científica.

4. O VÊ DO CONHECIMENTO E O ENSINO DA CIÊNCIA

O **Vê do conhecimento, epistemológico** ou **heurístico** foi criado por Gowin a pensar na aprendizagem sig-nificativa do aluno como processo pessoal de produção do conhecimento substantivo. É um refinamento do chamado «Método das 5 perguntas» que o autor preparou para a aprendizagem significativa nas aulas experimentais.

Uma estratégia preparada com base no Vê de Gowin é uma estratégia investigativa em que o aluno, indi-vidualmente ou em trabalho cooperativo, vai à procura de respostas para problemas científicos traduzidos

por **questões-foco**. Ao longo da estratégia, a estrutura cognitiva do aluno constituída por crenças ou **visões do mundo**, pressupostos acerca do conhecimento ou «filosofias», **teorias, princípios e conceitos pessoais** vai interagir, através da observação e/ou experimentação, com os **objectos /acontecimentos** acerca dos quais as **questões-foco** foram formuladas. Desta interacção com os objectos a conhecer resultarão **registos, transformações** de registos e **juízos de conhecimento e de valor** dependentes da maior ou menor «riqueza» da estrutura cognitiva, mas que também vão enriquecer esta. A estruturação do conhecimento do aluno resulta desta interacção entre o pensamento «contaminado» do aluno (por crenças, sentimentos, etc.) e os objectos, num processo dialógico envolvendo as componentes conceptual ou reflexiva por um lado e metodológica ou activa por outro.

Defendem-se hoje estratégias investigativas (ver, por exemplo, Cachapuz et al., 2002). O Vê, quando integrado num bom ambiente construtivista de aprendizagem, possibilita este tipo de estratégias e facilita a aprendizagem significativa e rigorosa do conhecimento físico, porque é respeitada a própria natureza deste conhecimento. Ao ser construído por um aluno, não só serve de orientação à sua pesquisa pessoal ou em grupo, como também permite uma avaliação superadora das dificuldades conceptuais e metodológicas. Daí o seu interesse como ferramenta de aprendizagem significativa, de metaconhecimento e de auto-regulação da aprendizagem.

Em qualquer trabalho baseado no Vê valoriza-se a clareza e rigor da exposição das teorias assumidas, da enunciação dos princípios, da definição dos conceitos, dos registos formulados e das transformações dos dados, a adequação dos juízos cognitivos e dos juízos de valor, bem como a coerência entre todos estes «blocos» de produção de conhecimento.

No Centro de Pesquisa e no Mestrado de que sou responsável temos utilizado o Vê com excelentes resultados. Para além da concepção de pesquisas e do apoio às estratégias teórico-experimentais, também se tem revelado útil para desenvolver a capacidade de resolução de problemas. O aluno esquematiza o enunciado do problema de modo a traduzi-lo numa situação física a pesquisar, formula as *questões-foco* sobre esta a partir do enunciado e vai ao encontro das concepções físicas prévias necessárias para a resolução significativa (componente conceptual). A seguir recolhe os *dados* da situação física e «*transforma-os*» efectuando os cálculos, tabelas e gráficos. Finalmente, tem de assumir as respostas às questões-foco na forma de *juízos cognitivos* onde mostra conhecer os significados das conclusões a que chegou e discute a resolução e as soluções assumindo um ou mais *juízos de valor* (componente metodológica).

Os alunos não podem desenvolver uma aprendizagem rica (significativa e rigorosa) com base em actividades sobre as quais nada sabem à partida, sem sequer compreenderem as questões ou problemas que vão tentar resolver e sem terem os conhecimentos minimamente necessários para desencadear metodologias adequadas para recolher dados, ajuizar do seu valor, transformá-los adequadamente de modo a tornar explícitas as conclusões, responderem e criticarem as respostas às questões e reflectirem sobre a sua própria aprendizagem.

5. CONCLUSÕES

A ciência física é um processo construtivo e investigativo baseado numa interacção dialógica entre pensamento e acção, ou, na linguagem de Gowin, uma componente conceptual e outra metodológica. As estratégias investigativas alicerçadas numa visão correcta da natureza da ciência e numa coerência com o modo dialógico como esta se produz propiciam alunos activos, participativos e cooperativos, envolvidos ora em reflexões pessoais ora em negociação de ideias com os colegas, sobre a mediação muito importante do professor. Debruçando-se sobre estudos teóricos (necessários para a fundamentação das partes procedimentais) e sobre actividades metodológico-procedimentais (importantes para confirmar as previsões teóricas e refinar os conceitos e teorias) os alunos conseguirão aprendizagens mais significativas. O Vê de Gowin é um instrumento que ajuda na preparação e desenvolvimento destas estratégias.

As experiências que temos realizado no nosso Mestrado apontam para a confirmação destas conclusões, mas necessitamos de mais estudos experimentais que confirmem o valor destas estratégias.

REFERÊNCIAS

A ciência tal qual se faz (1999). Coord. e pref. de Fernando Gil, F.. Lisboa: Edições João Sá da Costa.

Constructivism in Science Education – a Philosophical Examination (1998). Edit. Michael Matthews. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

GOWIN D. B. (1990). *Educating*. Ithaca: Cornell University Press.

Textos fundamentais da Física Moderna (1972). I volume. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

VALADARES, J. (2000). *A importância Epistemológica e Educacional do Vê do Conhecimento*. Conferência do III Encontro Internacional de Aprendizagem Significativa in Proceedings do III EIAS: Universidade Aberta e IIE.