

DO CONHECIMENTO TÁCITO AO CONHECIMENTO EXPLÍCITO: UM ESTUDO COM FUTUROS PROFESSORES DE FÍSICA E QUÍMICA

NETO, ANTÓNIO J.

Universidade de Évora, Apartado 94 7002-554. Évora, Portugal.

<aneto@uevora.pt>

Palavras chave: Formação inicial de professores; Didáctica Específica; Conhecimento didáctico; Explicitação do conhecimento; Resolução de problemas de física.

OBJECTIVOS

A investigação direccionada para o conhecimento profissional dos professores de ciências tem vindo a ganhar crescente visibilidade (Loughran, Mulhall e Berry, 2004). Pertinente nesse campo é o *conhecimento pedagógico do conteúdo* (ou conhecimento didáctico, designação que aqui também adoptamos), construído proposto e elaborado por Shulman (1986). Dada a sua natureza experiencial e tácita, tal conhecimento dificilmente poderá ser significativamente adquirido durante a formação inicial do professor. Apesar disso, é nossa convicção que é possível potenciar de outro modo essa formação, particularmente no que tem a ver com as didácticas específicas.

O trabalho que dá corpo a esta comunicação emerge precisamente da nossa actividade docente na disciplina de Didáctica da Física e da Química, com estudantes da variante em ensino da Licenciatura em Física e Química da Universidade de Évora, no ano que precede o seu estágio pedagógico (curricular e profissionalizante). Essa actividade tem vindo a ser por nós orientada para o desenvolvimento de um projecto pedagógico de investigação/acção, o qual visa contribuir para a formação de professores de física e química promotores da literacia científica dos seus alunos. A *literacia científica* relaciona-se intimamente com temas recorrentes na investigação educacional, como é o caso da *linguagem*, na sua relação com o pensamento e os conceitos, da *metacognição* e da *resolução de problemas* (Neto e Valente, 2001).

Tal projecto parte assim do pressuposto de que uma abordagem metacognitiva de resolução de problemas se poderá revelar uma via apropriada para a construção do *conhecimento didáctico* do futuro professor. Entre as valências que consubstanciam o projecto, dá-se aqui especial enfoque à que procura contribuir para a compreensão e superação das dificuldades dos formandos na explicitação das suas argumentações didácticas face à resolução de problemas de física de ênfase qualitativa.

Os objectivos nucleares do estudo são, assim, os seguintes:

- Caracterizar o desempenho dos futuros professores na resolução de problemas de física de ênfase qualitativa, tanto na componente conceptual como argumentativa.
- Levar à construção progressiva de propostas de resolução consistentes, sobretudo no que tem a ver com a explicitação e articulação de conhecimento didáctico apropriado.

QUADRO TEÓRICO

O núcleo fundamental da didáctica de uma disciplina identifica-se largamente com o conhecimento pedagógico do conteúdo, formalizado por Shulman (1986) como “*the ways of representing and formulating the subject that makes it comprehensible for others*” (1986, p. 9). Tal formulação pressupõe que os professores sejam, em primeiro lugar, capazes de desenvolver uma sólida base de conhecimento sobre o ensino que realizam. A seguir, terão de saber transformar esse conhecimento em representações explícitas, favoráveis à comunicação pedagógica com os alunos, para depois poderem reflectir sobre o seu ensino e sobre a aprendizagem dos alunos, aprendendo com a própria experiência (Schön, 1987).

Embora o conhecimento pedagógico do conteúdo se tenha tornado um construto apelativo para os investigadores, poucas aplicações práticas têm, no entanto, emergido nesse domínio. A isso não é alheio o facto de se tratar de um conhecimento fortemente *contextualizado* e intrinsecamente *tácito* (Schön, 1987).

O conceito de *conhecimento tácito* (ou de componente tácita do conhecimento, para sermos mais precisos), inicialmente introduzido por Polyani (1974), viria a ter grande repercussão e a ser alvo de reelaborações diversas. Apesar de alguns defenderem que todo o conhecimento acaba por ser tácito –algo admitido pelo próprio Polyani– e que o *conhecimento explícito* mais não é do que simples *informação*, a formulação daquele autor continua a ter valor heurístico.

O conhecimento tácito surge assim caracterizado como intensamente pessoal, difícil de formalizar e de comunicar, ao contrário do conhecimento explícito que mais facilmente pode ser formalizado. À construção do conhecimento socialmente partilhado corresponde um processo em espiral de interacções entre ambas as componentes do conhecimento, perspectiva que, certamente não por acaso, faz evocar a diferenciação e a relação que Vygotsky (1986) estabelecia entre *conceitos científicos* (mais consciencializados) e *conceitos espontâneos* (essencialmente tácitos).

Não obstante a sua dificuldade de explicitação, o conhecimento tácito é fundamental para um bom desempenho cognitivo, por vezes de forma subtil. O ensino revela-se, por isso, muitas vezes de eficácia limitada, pelo facto de uma parte significativa do conhecimento do professor acabar por nunca ser explicitado na comunicação pedagógica, levando o professor a *queimar etapas*, decisivas para a compreensão da maioria dos alunos (Neto, 1998).

Compreende-se assim que inúmeros autores (ex., Reif e Heller, 1982) tenham vindo a advogar o *ensino explícito de conhecimentos e competências de resolução de problemas de física*, tendo por base abordagens de incidência qualitativa ou conceptual. Larkin (1980) critica, a propósito, a tendência de se pensar que o recurso a análises qualitativas (supostamente vagas) é inapropriado em contextos científicos, realçando que as mesmas são natural e tacitamente usadas pelos especialistas e constituem ferramentas poderosas na aprendizagem da física. Posição idêntica é assumida por Viennot (1996), ao considerar que o principal benefício conceptual de qualquer actividade de ensino e aprendizagem da física “*depende, de forma crucial, do esforço de explicitação e do estabelecimento de relações*” (p. 232).

DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Contexto Pedagógico

Este estudo tem por cenário a disciplina de didáctica específica por nós leccionada a futuros professores da variante em ensino da Licenciatura em Física e Química da Universidade de Évora. Esta disciplina faz parte do 4.º ano do curso, funcionando em regime bimestral, com dois blocos de 2 horas por semana. Para além dos temas abordados sequencialmente, outros existem que atravessam toda a disciplina. Entre eles se destaca o desenvolvimento de *competências de resolução de problemas* e de estratégias metacognitivas adequadas, pro-curando sensibilizar os formandos para a importância (e inerente complexidade) da explicita-

ção do conhecimento didáctico do professor, especialmente no que se refere à resolução de problemas de física.

Contexto Metodológico

O fio condutor da leccionação da disciplina passa pela tentativa de conciliar a acção pedagógica com a recolha sistemática de informação, sobretudo no que tem a ver com o processo de construção do conhecimento didáctico dos formandos. Pretende-se assim contribuir, em tempo oportuno, para a remediação gradual de condicionantes identificadas a esse nível.

A opção deliberada por uma estratégia assente numa relação simbiótica entre a prática e a investigação configura um procedimento que se aproxima de uma metodologia de investigação/acção. Para a construção do corpus empírico, recorre-se sobretudo a *fichas de resolução de problemas* e respectivos protocolos verbais escritos. Tal documentação é complementada com *registos episódicos* de observação directa e participante. O *corpus* empírico é a seguir alvo de extensa *análise de conteúdo*, visando a categorização das dificuldades dos formandos na elaboração de argumentações didácticas sustentadas.

No sentido de induzir mudanças adequadas, recorre-se a uma estratégia de intervenção em espiral, a que se faz corresponder uma sequência de *ciclos binários* de acção↔investigação, cada um deles associado a um dado tópico de física e ocupando, parcialmente, duas séries de três sessões consecutivas. A cada ciclo correspondem, tipicamente, as seguintes tarefas:

- Diagnóstico – Resolução individual de uma questão problemática qualitativa, seguida da categorização pelo investigador de insuficiências argumentativas emergentes dos respectivos protocolos verbais.
- Consciencialização – Discussão com a turma de protocolos diferenciados, visando estimular o confronto entre pontos de vista, sempre no intuito de induzir a verbalização e a explicitação. Apresentação das categorias antes identificadas e sua análise à luz da literatura da especialidade.
- Sistematização – Apresentação de uma proposta explicitada de resolução didáctica do problema em causa. Discussão da proposta, estimulando a apresentação de sugestões e contributos para melhoria.
- Desenvolvimento – Realização de um novo ciclo simples, apoiado num outro problema do mesmo tópico mas implicando requisitos conceptuais e processuais acrescidos.

Indicadores Globais

Dada a impossibilidade de aqui apresentar evidência exaustiva, incluem-se apenas alguns indicadores globais representativos:

- Detecção de insuficiências profundas na base conceptual dos formandos, raros sendo os que não evidenciam abundantes concepções de senso comum, nas áreas de conteúdo sobre que incidem os problemas.
- Detecção de lacunas ainda mais acentuadas no que toca à articulação das argumentações didácticas, lacunas essas relacionadas não só com a linguagem científica mas também com a língua materna. Expressiva e reiterada é a tendência dos formandos para o recurso a processos de raciocínio simplistas, como os diagnosticados por Viennot (1996) em diversas áreas da física. Tal é o caso da fixação no *raciocínio linear causal* e consequente dificuldade em lidar (sobretudo qualitativamente) com as relações multivariadas; ou do *reducionismo funcional*, isto é, da incapacidade de abordar as equações físicas como dependências funcionais verbalizáveis e não apenas algebricamente.
- Na evolução de cada ciclo binário, costumam emergir alguns indicadores de mudança positiva, tanto na vertente conceptual específica, como na articulação das argumentações. Ao mudar, contudo, de ciclo binário, ou seja, ao derivar para outra área de conteúdo, fazem-se notar dificuldades conceptuais típicas dessa área. Ainda assim, continua a observar-se alguma progressão na elaboração lógica das argumentações. Ou seja, enquanto nesta vertente parece verificar-se tendência progressiva para a mudança, na primeira isso já não acontece tipicamente. A natureza contextual do conhecimento pode ajudar a explicar essa discrepância.

Um Exemplo Ilustrativo

Problema

Duas lâmpadas **A** e **B** são em tudo idênticas, excepto no facto de o filamento de **B** ser razoavelmente mais espesso que o de **A**. Se forem ambas ligadas a tomadas de corrente de 220 V ...

- A** brilhará mais porque tem maior resistência.
- B** brilhará mais porque tem maior resistência.
- A** brilhará mais porque tem menor resistência.
- B** brilhará mais porque tem menor resistência.
- apresentarão as duas brilho idêntico.

Justifique a sua resposta, apresentando uma argumentação didáctica consistente e adequada a futuros seus alunos do ensino secundário.

Entre as dificuldades evidenciadas pelos formandos nesta questão, julgamos pertinente salientar as seguintes:

- explicitação incompleta (ou omissa) das variáveis controladas e das justificações para o estabelecimento de relação funcional entre o brilho e a resistência;
- utilização indiscriminada das equações

$$P = V_{ab}I, P_{ab} = \frac{V_{ab}^2}{R} \text{ e } P_{ab} = RI^2,$$

parecendo os formandos ignorar que a primeira é geral e as outras duas particulares;

- tentativa de resolução do problema a partir da equação $P_{dis} = RI$, considerando apenas a variável R (raciocínio linear causal).

Apresenta-se em **Anexo** uma proposta de resolução da questão anterior. Por limitações de espaço, trata-se apenas de um esquema lógico condensado, o qual omite informação didacticamente relevante. Enquanto esse esquema apresenta cerca de 1400 caracteres (com espaços), a proposta completa que costumamos discutir com os formandos inclui à volta de 4000.

CONCLUSÕES

Tanto quanto o indiciam os indicadores apresentados, a tarefa de ajudar os professores de física e química em formação inicial a construir uma sólida base de conhecimento didáctico apresenta-se complexa. Apesar disso, alguns sinais existem de progressos, o que nos leva a pensar que vale de facto a pena potenciar a didáctica específica na linha da abordagem aqui preconizada, conscientes muito embora da força dos constrangimentos apontados, em particular a natureza experiencial, contextual e tácita do conhecimento didáctico.

Essa constatação parece aconselhar a centração do núcleo fundamental do programa de didáctica no conhecimento pedagógico dos tópicos específicos, única forma de esse espaço de formação poder realmente contribuir para a construção pelos formandos de conhecimento que possa vir a ser significativamente partilhado com os seus alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNETT, J. e HODSON, D. (2001). Pedagogical content knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, Vol. 85, pp. 426-453.
- LARKIN, J. A. (1980). Teaching problem solving in physics: The psychological laboratory and the practical classroom. In D. Tuma e F. Reif (Eds.). *Problem solving and education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- LOUGHRAN, J., MULHALL, P. e BERRY, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 41 (4), pp. 370-391.
- NETO, A. J. (1998). *Resolução de problemas em física: conceitos, processos e novas abordagens*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- NETO, A. J. e VALENTE, M. O. (2001). Disonancias pedagógicas en la resolución de problemas de física: una propuesta para su superación de raíz vyotskiana. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 19 (1), pp. 21-30.
- POLANYI, M. (1974). *Personal knowledge: Towards a post-critical philosophy*. Chicago: The University of Chicago Press.
- REIF, F. e HELLER, J. I. (1982). Knowledge structure and problem solving in physics. *Educational Psychologist*, Vol. 17 (2), pp. 102-127.
- SCHÖN, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass.
- SHULMAN, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, Vol. 15, pp. 4-14.
- VIENNOT, L. (1996). *Raisonnement en physique: la part du sens commun*. Bruxelles: De Boeck & Larcier.
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and knowledge*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.

ANEXO

Esquema de uma Possível Estratégia de Resolução

Filamento de B mais espesso que o de A	
—	A resistência eléctrica de um condutor metálico e cilíndrico depende das suas características geométricas (comprimento e área da secção recta) e do material de que é feito (resistividade), através da relação $R = \rho \frac{l}{A}$. Como a resistividade depende, por sua vez, da temperatura, se esta não variar e o mesmo se passar com o comprimento, pode concluir-se que, nessas condições, a resistência varia inversamente com a área da secção recta do condutor ou seja com a espessura. Essa é precisamente a situação proposta no enunciado: se o filamento da lâmpada B é mais espesso que o de A, a resistência de B terá de ser, por isso, menor que a de A.
Resistência de B menor que a de A	
—	A potência dissipada num condutor óhmico pode ser determinada a partir da relação $P = RI$. Quando a d.d.p. entre os extremos do condutor se mantém constante, a potência nele dissipada varia inversamente com a resistência. Aplicando tal raciocínio ao par de condutores representado pelos filamentos das duas lâmpadas, facilmente se infere que, se a resistência de B é menor que a de A, a potência dissipada em B deverá ser maior que a dissipada em A.
Potência dissipada em B maior do que a potência dissipada em A	
—	Como o brilho do filamento vai depender directamente da potência eléctrica nele dissipada em potência térmica, conclui-se que também o brilho da lâmpada B deverá ser maior que o de A.
Brilho de B maior que o de A	
—	
Resposta: alínea d)	