

Exigência conceptual do trabalho prático: abordagem multidisciplinar de análise do discurso pedagógico na aula de ciências

Conceptual demand of practical work: a multidisciplinary approach for analysing the pedagogical discourse in the science classroom

Exigencia conceptual del trabajo práctico: abordaje multidisciplinaria de análisis del discurso pedagógico en la clase de ciencias

Sílvia Ferreira*
Ana Maria Morais**

Resumo: O estudo está centrado no tipo e no nível de complexidade do trabalho prático implementado em aulas de ciências do ensino secundário, no contexto do sistema educativo português. O conceito de osmose foi selecionado no artigo como um caso exemplar para ilustrar a abordagem teórica e metodológica, de âmbito multidisciplinar, seguida no estudo. Teoricamente, o estudo fundamenta-se em conceitos de natureza epistemológica, psicológica e sociológica, com particular ênfase na teoria do discurso pedagógico de Bernstein. Tendo por base este enquadramento teórico, o nível de complexidade do trabalho prático foi apreciado através do seu nível de exigência conceptual, o qual inclui aspetos relacionados com *o que* do discurso pedagógico (complexidade dos conhecimentos científicos e das capacidades cognitivas) e com *o como* do discurso pedagógico (grau de relação entre a teoria e a prática). Metodologicamente, o estudo usa uma abordagem mista. Participaram no estudo duas professoras de duas escolas socialmente distintas. Os resultados mostraram que as práticas das duas professoras apresentaram, de um modo geral, um baixo nível de exigência conceptual, sobretudo devido ao baixo nível de complexidade dos conhecimentos científicos e das capacidades cognitivas e também devido a incorreções científicas das professoras. O tipo de trabalho prático escolhido pelas professoras (atividades laboratoriais geralmente ilustrativas) contribuiu também para baixar o nível de exigência conceptual. Discutem-se as consequências deste baixo nível de exigência conceptual na aprendizagem científica dos alunos. A nível teórico e metodológico, a conceptualização e os procedimentos adotados no estudo representam uma abordagem inovadora que fornece maior rigor à análise.

Palavras-chave: Trabalho prático. Exigência conceptual. Discurso pedagógico. Osmose.

* Professora de Biologia e Geologia do ensino básico e secundário, atualmente destacada como assessora no Conselho Nacional de Educação, e investigadora do Grupo ESSA (Universidade de Lisboa). Doutorada em Didática das Ciências pelo Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. E-mail: <silviacrferreira@gmail.com>.

** Professora catedrática jubilada e coordenadora do Grupo ESSA (Estudos Sociológicos da Sala de Aula) do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Doutorada em Sociologia da Educação pelo Instituto de Educação da Universidade de Londres. E-mail: <ammorais@ie.ul.pt>.

Abstract: The study addresses the issue of the type and the level of complexity of practical work present in high school science classes, in the context of the Portuguese educational system. The concept of osmosis was selected in the article as an exemplar case to exemplify the theoretical and methodological approach of a multidisciplinary character, followed in the study. Theoretically, the study is based on concepts of an epistemological, psychological and sociological nature, with a particular emphasis on Bernstein's theory of pedagogic discourse. On the basis of this theoretical framework, the level of complexity of practical work was appreciated through its level of conceptual demand, which contains aspects related to *the what* of pedagogic discourse (complexity of scientific knowledge and cognitive skills) and to *the how* of pedagogic discourse (degree of relation between theory and practice). The study uses a methodological mixed approach. Two teachers of two socially distinct schools were selected. The results showed that the two teachers' practices had in general a low level of conceptual demand which is mostly a consequence of the low level of complexity of scientific knowledge and skills required and also of teachers' scientific inaccuracies. The type of practical work selected by teachers (laboratory activities generally illustrative) also contributed to lower the level of conceptual demand. The consequences of this low level of conceptual demand in terms of students' scientific learning is discussed. In theoretical and methodological terms, the conceptualization and procedures followed in the study constitute an innovative approach that gives greater rigor to the analysis.

Keywords: Practical work. Conceptual demand. Pedagogic discourse. Osmosis.

Resumen: El estudio se centra en la tipología y en el nivel de complejidad del trabajo práctico implementado en clases de ciencias de la enseñanza secundaria, en el contexto del sistema educativo portugués. El concepto de osmosis fue seleccionado en el artículo como un caso ejemplar para ilustrar el abordaje teórico y metodológico, de ámbito multidisciplinar, seguido en el estudio. Teóricamente, el estudio se fundamenta en conceptos de la naturaleza epistemológica, psicológica y sociológica, con particular énfasis en la teoría del discurso pedagógico de Bernstein. Teniendo por aporte este encuadramiento teórico, el nivel de complejidad del trabajo práctico fue apreciado a través de su nivel de exigencia conceptual, lo cual incluye aspectos relacionados con *el qué* del discurso pedagógico (complejidad de los conocimientos científicos y de las capacidades cognitivas) y con *el cómo* del discurso pedagógico (grado de relación entre la teoría y la práctica). Metodológicamente, el estudio usa un abordaje mezclado. Participaron del estudio dos profesoras de dos escuelas socialmente distintas. Los resultados muestran que las prácticas de dos profesoras presentaron, por general, un bajo nivel de exigencia conceptual, sobre todo debido al bajo nivel de complejidad de los conocimientos científicos y de las capacidades cognitivas y también debido a incorrecciones científicas de las profesoras. La tipología de trabajo elegido por las profesoras (actividades de laboratorio, en general ilustrativas) contribuyó también para bajar el nivel de exigencia conceptual. Se debaten las consecuencias de este bajo nivel de exigencia conceptual en el aprendizaje científico de los alumnos. Para el nivel teórico y metodológico, la conceptualización y los procedimientos adoptados para el estudio representan un abordaje innovador que ofrece más rigor al análisis.

Palabras clave: Trabajo práctico. Exigencia conceptual. Discurso pedagógico. Osmosis.

Introdução

O trabalho prático no ensino das ciências constitui um recurso único para a aprendizagem do conhecimento e dos processos científicos, para o desenvolvimento de importantes ferramentas e capacidades cognitivas e para o aumento da motivação dos alunos (LUNETTA; HOFSTEIN; CLOUGH, 2007). Como tal, considera-se que o trabalho prático deve ser uma parte integrante de um currículo de ciências, da prática pedagógica e da avaliação das aprendizagens. Dada a sua importância, esta temática tem constituído o objeto de estudo de uma grande diversidade de investigações, especialmente desde os anos de 1960. Porém, os resultados de algumas dessas investigações têm sido alvo de críticas. Hofstein e Lunetta (1982) defenderam que muitos dos estudos realizados apresentavam fragilidades metodológicas, por exemplo, ao

nível da seleção e do controlo de variáveis, do tamanho dos grupos de alunos e dos instrumentos selecionados para a investigação.

Vários estudos sugerem que a realização de trabalho prático permite relacionar o conhecimento científico discutido na sala de aula e nos manuais escolares com as observações dos fenómenos (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004). No entanto, também mostram que a realização exclusiva de trabalho prático não é suficiente para que os alunos compreendam o conhecimento científico complexo que caracteriza o conhecimento aceite pela comunidade científica atual. Se, por um lado, parte da investigação não tem sido clara em mostrar relações entre as atividades práticas realizadas pelos alunos na sala de aula e a sua aprendizagem científica, por outro, alguns dados empíricos sugerem que o processo de ensino/aprendizagem das ciências com recurso a trabalho prático pode ser eficaz em alcançar algumas das finalidades pretendidas para o ensino das ciências (HOFSTEIN, 2004; HOFSTEIN; KIND, 2012). São, por isso, necessários mais estudos sobre trabalho prático. A principal finalidade deste artigo é salientar a importância de uma abordagem teórica e metodológica de âmbito multidisciplinar, recorrendo a métodos e conceitos das áreas da epistemologia, psicologia e sociologia para apreciar o nível de complexidade do trabalho prático nas práticas pedagógicas.

O conceito de osmose foi selecionado no artigo como um caso exemplar para mostrar como aquela abordagem poderá ser aplicada quando se estuda a exigência conceptual do trabalho prático em aulas de ciências do ensino secundário. Neste nível de ensino¹, a aprendizagem do processo de transporte de água através da membrana celular, denominado de osmose, é fundamental para a posterior compreensão de outros processos biológicos, como o transporte de água nas plantas e a osmorregulação. Apesar de existirem vários estudos sobre as concepções dos alunos sobre osmose (e.g. ODOM; BARROW, 1995; RUNDGREN; RUNDGREN; SCHONBORN, 2010), a prática dos professores de ciências tem sido alvo de pouca investigação. Essa investigação tem estado, sobretudo, centrada na proposta de estratégias de ensino que ajudem os alunos a superar algumas das suas concepções alternativas (e.g. FRIEDRICHSEN; PALLANT, 2007; ODOM; KELLY, 2001). Os resultados do estudo de Tomazic e Vidic (2012) mostraram que os alunos, futuros professores de ciências, que indicaram ter realizado atividades práticas no ensino secundário sobre osmose alcançaram melhores resultados no teste diagnóstico sobre difusão e osmose (DODI), desenvolvido por Odom e Barrow (1995). Deste modo, o trabalho prático parece ter um grande potencial para o ensino e aprendizagem do processo de osmose.

O estudo que se apresenta neste artigo integrou uma investigação mais ampla (FERREIRA, 2014a) e dá continuidade a estudos anteriores realizados pelo grupo ESSA² (MORAIS; NEVES, 2001, 2010). Essa investigação centrou-se na disciplina de Biologia e Geologia³ e pretendeu investigar questões relacionadas com as orientações dadas pelo Ministério da Educação relativas aos contextos de transmissão e de avaliação do trabalho prático nesta disciplina e à sua recontextualização ao nível das concepções e das práticas dos professores (e.g.

¹ O ensino secundário em Portugal, que é composto por três anos (15-17 anos de idade), é equivalente ao ensino médio no Brasil.

² O Grupo ESSA – Estudos Sociológicos na Sala de Aula – é um grupo de investigação do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, <<http://essa.ie.ul.pt>>.

³ Em Portugal (um país com um sistema educativo centralizado), o plano curricular do ensino secundário contém disciplinas de ciências para os alunos que pretendem seguir percursos académicos nestas áreas. A disciplina bianual de *Biologia e Geologia* está incluída neste grupo de disciplinas. É de salientar que em Portugal, tal como em outros países latinos, Biologia e Geologia, apesar de epistemologicamente distintas, tradicionalmente têm feito parte da mesma disciplina. A formação inicial dos professores também está direcionada para as duas áreas como uma disciplina.

FERREIRA; MORAIS, 2013, 2014). O nível de complexidade do trabalho prático foi apreciado através do seu nível de exigência conceptual, que inclui a complexidade dos conhecimentos científicos e das capacidades cognitivas e o grau de relação entre conhecimentos da disciplina.

O presente artigo está centrado na análise das práticas, dedicadas ao trabalho prático sobre osmose, de duas professoras do ensino secundário de duas escolassocialmente distintas. Partindo do problema “Quais as características do discurso pedagógico subjacente ao ensino/aprendizagem do trabalho prático?”, definiram-se as seguintes questões de investigação:

- Que tipo de trabalho prático está presente em práticas pedagógicas orientadas para o ensino das ciências?
- Qual é o nível de exigência conceptual do trabalho prático, tendo em consideração o ensino e aprendizagem das ciências?
- De que forma o discurso pedagógico dos professores pode ser influenciado pelo contexto social da escola?

Fundamentação teórica

O estudo baseou-se em alguns conceitos da teoria de Bernstein que, numa vertente sociológica, constituiu a principal estrutura conceptual da investigação (1990, 2000) e também em conceitos da área da psicologia (e.g. MARZANO; KENDALL, 2007, 2008). No seu conjunto, esses conceitos permitiram discutir o significado de exigência conceptual no ensino das ciências. Foram ainda consideradas conceptualizações epistemológicas sobre o trabalho prático no ensino das ciências (e.g. Hodson, 1993; Lunetta et al., 2007).

A teoria de Bernstein (1990, 2000) fornece uma estrutura conceptual com possibilidades de descrição, explicação, diagnóstico, previsão e transferência que permite uma forte conceptualização, sem perder a relação dialética entre o teórico e o empírico. É também caracterizada por uma linguagem de descrição que permite a análise, a descrição e a comparação quer de textos monológicos (por exemplo, currículos e exames) quer de textos dialógicos (por exemplo, práticas pedagógicas), recorrendo aos mesmos conceitos (MORAIS; NEVES, 2001).

De acordo com esta teoria, e tendo presente o modelo do discurso pedagógico, a prática pedagógica que ocorre em sala de aula corresponde ao discurso pedagógico de reprodução. Este contém uma mensagem que resulta da recontextualização do texto contido no discurso pedagógico oficial (currículo) e também, por exemplo, do discurso pedagógico contido em manuais escolares. O discurso pedagógico oficial, produzido no Ministério da Educação resulta, por sua vez, da recontextualização do discurso regulador geral produzido no campo do Estado, influenciado pelo campo da economia, pelo campo do controlo simbólico e ainda pelo campo internacional. Como refere Benstein (1990, p. 196), “o discurso pedagógico oficial resulta sempre de uma recontextualização de textos e das relações sociais resultantes das posições dominantes dentro do campo da economia e do campo do controlo simbólico”. O discurso pedagógico de reprodução ao ser inserido em contextos de prática pedagógica, pode ser sujeito a recontextualizações dependentes do contexto específico de uma dada escola e da prática do professor. Esta situação permite o aparecimento de um potencial espaço de mudança, que será tanto maior quanto maior for o grau de recontextualização sofrido pelo discurso pedagógico (NEVES; MORAIS, 2001). Assim, e de acordo com Bernstein (1990, p. 64), a prática pedagógica “pode ser entendida como um transportador, um transportador cultural: um aparelho humano único quer para a reprodução quer para a produção de cultura”. É necessário fazer a distinção

entre o que é transportado, os conteúdos, e como esses conteúdos são transportados, ou seja, “entre o ‘que’ e o ‘como’ de qualquer transmissão” (p. 64). Bernstein centrou-se na lógica interna da prática pedagógica, ou seja, no modo como os conteúdos são transportados. A esse nível, a prática pedagógica que se realiza no contexto da sala de aula pode ser definida através de relações específicas de controlo, entre sujeitos, e relações específicas de poder, entre espaços, discursos e sujeitos.

Para analisar estas relações de poder e controlo, Bernstein (1990, 2000) usou, respetivamente, os conceitos de classificação e de enquadramento. A classificação diz respeito ao estabelecimento de fronteiras mais ou menos acentuadas entre as categorias anteriormente mencionadas, isto é, ao “grau de isolamento entre as categorias” (BERNSTEIN, 1990, p. 23). A classificação será tanto mais forte, quanto mais nítida for a separação existente entre as categorias, o que dará origem a hierarquias em que cada categoria tem um estatuto e voz específicos e, portanto, um determinado poder. O enquadramento está relacionado com as relações sociais que se estabelecem entre as categorias consideradas, ou seja, a comunicação que se irá estabelecer entre elas. Bernstein (1990) apresenta a seguinte definição: “o enquadramento refere-se aos princípios que regulam as práticas de comunicação das relações sociais dentro da reprodução dos recursos discursivos, isto é, entre transmissores e adquiredores” (p. 36). O enquadramento será mais forte quando as categorias superiores (por exemplo, o professor) têm todo o controlo sobre as categorias inferiores (por exemplo, o aluno). A prática pedagógica, num extremo do processo de ensino/aprendizagem, pode corresponder a um modelo tradicional, de classificações e enquadramentos fortes, ou, noutro extremo do processo, a um modelo progressista, de classificações e enquadramentos fracos. Entre esses dois extremos, podem situar-se diversas modalidades de prática pedagógica, em termos de relações de poder e de controlo.

O estudo que se apresenta analisou práticas pedagógicas do ensino secundário centradas em trabalho prático. O significado de trabalho prático adotado neste estudo está próximo do defendido por Lunetta e colaboradores (2007), sendo um pouco mais restrito que a definição apresentada por Hodson (1993), na medida em que considera que os alunos têm de estar ativos e devem mobilizar capacidades de processos científicos.

Hodson (1993) apresenta o trabalho prático como um conceito abrangente que compreende toda e qualquer atividade em que os alunos desempenhem um papel ativo. Nele são incluídas atividades tão diversificadas como o trabalho de laboratório, o trabalho de campo, os debates e as representações de papéis, as pesquisas de informação na biblioteca ou na internet, a elaboração de modelos e cartazes, a resolução de exercícios e de problemas, entre outras. Lunetta, Hofstein e Clough (2007) consideram trabalho prático como “experiências de aprendizagem nas quais os alunos interagem com materiais ou com fontes secundárias de dados para observar e compreender o mundo natural” (p. 394), por exemplo, o estudo de fotografias aéreas para examinar aspetos geográficos terrestres e lunares. Neste estudo, trabalho prático foi entendido como: todas as atividades de ensino/aprendizagem em ciências em que o aluno esteja ativamente envolvido e que permitam a mobilização de capacidades de processos científicos e de conhecimentos científicos, podendo ser concretizadas com recurso a papel e lápis ou recorrendo à observação e/ou manipulação de materiais.

Inerente a esta definição de trabalho prático está o conceito de capacidades de processos científicos. Estas foram consideradas como formas de pensamento mais diretamente envolvidas na investigação científica, como por exemplo, a observação, a formulação de problemas e de hipóteses, o controlo de variáveis e a previsão (e.g. DUSCHL; SCHWEINGRUBER; SHOUSE, 2007). As capacidades de processos científicos são, assim, capacidades transversais a diferentes atividades práticas.

O nível de complexidade do trabalho prático pode ser avaliado pelo seu nível de exigência conceptual. No contexto da investigação que tem vindo a ser realizada pelo grupo ESSA, o conceito de exigência conceptual foi inicialmente usado por Morais (DOMINGOS, 1987, 1989; MORAIS, 1991) para se referir à complexidade do processo de ensino/aprendizagem em termos de capacidades científicas. O conceito de exigência conceptual já tinha sido usado em vários estudos internacionais nos anos 1970 e 1980, mas era associado aos estádios de desenvolvimento de Piaget (e.g. SHAYER; ADEY, 1981). No caso do estudo de Morais, o nível mais baixo de exigência conceptual estava associado a capacidades que requeriam um baixo nível de complexidade (memorização e compreensão a nível simples) e o nível mais elevado a capacidades que requeriam um elevado nível de complexidade (compreensão a nível elevado, análise e utilização do conhecimento). Morais centrou-se na relação entre o aproveitamento dos alunos em ciências, a sua origem social e a prática pedagógica. A partir de uma amostra constituída por 1300 alunos do 3º ciclo e do ensino secundário português, onze professores e oito escolas, os resultados mostraram que uma escola da classe trabalhadora e/ou uma escola de província atuaram seletivamente no nível de exigência conceptual do ensino, tornando-o mais baixo. A autora constatou, assim, que os professores tendem a ser influenciados pelo contexto social da sala de aula, implementando práticas cujo nível de exigência conceptual é mais baixo quando lecionam em turmas com alunos de nível social mais desfavorecido.

Posteriormente, na sequência do trabalho conjunto desenvolvido por Morais, Neves e colaboradores (e.g. PIRES; MORAIS; NEVES, 2004), o conceito evoluiu para integrar não só a complexidade das capacidades cognitivas como a complexidade do conhecimento científico. Os estudos de Morais, Neves e colaboradores, centrados nas práticas da sala de aula, evidenciaram que a prática pedagógica pode até superar o efeito do nível socioeconómico familiar dos alunos, mesmo quando o aproveitamento dos alunos se refere à aprendizagem de conhecimentos científicos complexos e ao desenvolvimento de capacidades cognitivas complexas.

Mais recentemente, o conceito de exigência conceptual passou a incluir também as relações intradisciplinares, isto é, a força das fronteiras entre conhecimentos distintos dentro de uma dada disciplina (e.g. ALVES; MORAIS, 2012; CALADO; NEVES; MORAIS, 2013; SILVA, MORAIS; NEVES, 2013). A inclusão dessa dimensão de exigência conceptual esteve relacionada com a sua importância para elevar o nível da aprendizagem científica, permitindo, por exemplo, a compreensão de conceitos de ordem elevada (MORAIS; NEVES, 2012). A exigência conceptual é, assim, definida por Morais e Neves (2012) como “o nível de complexidade em educação científica traduzido pela complexidade do conhecimento científico e pela força da fronteira das relações intradisciplinares entre conhecimentos distintos de uma dada disciplina científica e também pela complexidade das capacidades cognitivas” (p.68). O presente estudo recorre a esta perspectiva mais recente do conceito de exigência conceptual. Deste modo, considerando o modelo do discurso pedagógico de Bernstein (1990, 2000), a exigência conceptual da educação científica inclui aspetos relacionados com *o que* (conhecimentos e capacidades) e com *o como* (relações intradisciplinares) do discurso pedagógico.

Metodologia

O estudo recorre a uma metodologia mista que combina as abordagens quantitativa e qualitativa (CRESWELL; CLARK, 2011; MORAIS; NEVES, 2010). A construção dos instrumentos de recolha de dados foi orientada por um quadro teórico – uma característica das abordagens quantitativas. Além disso, foram usados dados empíricos para a definição de alguns indicadores e descritores dos instrumentos – uma característica das abordagens qualitativas. Deste modo, a análise das práticas pedagógicas foi feita através de uma dialética constante entre o

teórico e o empírico, em que os modelos e instrumentos de análise representam a linguagem externa de descrição e a teoria representa a linguagem interna de descrição (BERNSTEIN, 2000).

Participantes

Neste estudo participaram duas professoras da disciplina de Biologia e Geologia e as suas turmas do 10.º ano de escolaridade (15-16 anos). Cada uma destas professoras lecionava em uma de duas escolas distintas do ensino público, localizadas em cidades diferentes mas ambas da região Litoral Oeste de Portugal. Foi constituída uma amostra por conveniência (COHEN, MANION; MARRISON, 2007), dado que as professoras foram selecionadas dentro dos professores que se mostraram disponíveis e acessíveis na altura do estudo: a professora Rute da escola Darwin e a professora Sara da escola Mendel.

O contexto de cada uma das escolas constituiu uma importante característica que diferenciou as duas práticas pedagógicas. A escola secundária Darwin foi classificada nos níveis mais elevados dos *rankings* nacionais, com resultados sempre acima da média nacional nos três anos considerados (2009 a 2011), e era a que possuía menor quantidade de alunos que beneficiava de apoio social escolar (e.g. 19% de alunos com almoço gratuito ou participado). A escola secundária Mendel foi classificada nos níveis mais baixos dos *rankings* nacionais e 41% dos alunos beneficiavam de apoio social escolar.

A professora Rute tinha 38 anos de serviço e era efetiva na escola Darwin. Era licenciada em Biologia, ramo de formação educacional, com estágio pedagógico integrado no 5.º ano dessa licenciatura. A turma de 10.º ano desta professora tinha 23 alunos, dos quais 17 raparigas e seis rapazes, com uma média de idades de 15,5 anos. A professora Sara tinha 26 anos de serviço e era efetiva na escola Mendel. Era licenciada em Geologia, tendo feito a profissionalização em serviço. A turma de 10.º ano desta professora tinha 23 alunos, dos quais 14 raparigas e nove rapazes, com uma média de idades de 15,8 anos.

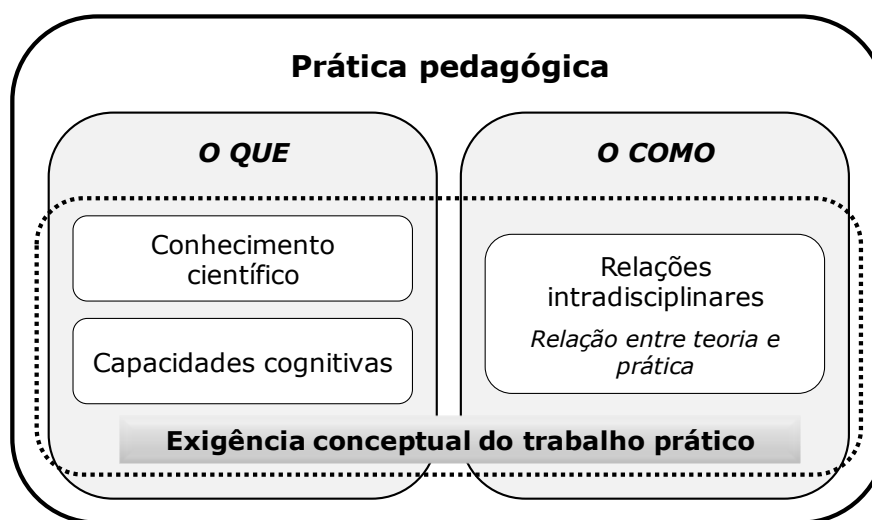
Em ambas as escolas, foram observadas e gravadas em registo áudio as aulas relacionadas com a unidade temática ‘Obtenção de matéria’ do programa de Biologia e Geologia (DES, 2001). Essas aulas incluíram o ensino e aprendizagem de conceitos como osmose, difusão, difusão facilitada, transporte ativo, endocitose, digestão extracelular e fotossíntese. A seleção desta unidade temática prendeu-se com o facto de proporcionar, à partida, a realização de trabalho prático, nomeadamente atividades laboratoriais de carácter investigativo. A investigadora realizou a observação e áudio-gravação de 13 aulas (22 horas) de 10.º ano da professora Rute da escola Darwin e de 16 aulas (27 horas) de 10.º ano da professora Sara da escola Mendel. O presente artigo está apenas centrado na análise das unidades relacionadas com o trabalho prático sobre osmose. Essa escolha prendeu-se com a relevância da temática no ensino secundário das ciências e também com a observação de incorreções científicas sobre um conceito que evoluiu nas últimas duas décadas.

Dimensões de análise

O nível de exigência conceptual do trabalho prático nas práticas de professores de ciências do ensino secundário foi apreciado através da análise de três dimensões relacionadas com *o que* e *o como* da prática pedagógica, evidenciadas na Figura 1. A análise do *que* incidiu na caracterização do grau de complexidade dos conhecimentos científicos e das capacidades cognitivas. Dada a estrutura hierárquica que caracteriza o conhecimento científico (BERNSTEIN, 1999), partiu-se do pressuposto de que o ensino/aprendizagem desse

conhecimento não pode limitar-se a níveis baixos de complexidade. A análise de *o como* coincidiu na força das relações intradisciplinares entre teoria e prática, utilizando para tal o conceito de classificação da teoria de Bernstein. Neste caso, partiu-se do pressuposto de que um eficiente ensino/aprendizagem das ciências deve estabelecer uma relação estreita entre teoria (conhecimento declarativo ou substantivo) e prática (conhecimento processual). Os graus de complexidade, nomeadamente o grau de complexidade das capacidades cognitivas, pode estar relacionado, mas nem sempre, com o tipo de trabalho prático implementado pelo professor, desde atividades ilustrativas a investigativas. Neste estudo consideraram-se os seguintes tipos de trabalho prático: atividades laboratoriais, simulações, visitas de estudo, exercícios de aplicação, atividades de discussão orientada e trabalhos de pesquisa bibliográfica. As incorreções científicas que os professores podem cometer quando implementam trabalho prático também podem influenciar o seu nível de exigência conceptual.

Figura 1 - Dimensões de análise da exigência conceptual do trabalho prático ao nível das práticas pedagógicas



Fonte: As autoras.

Construção e aplicação dos instrumentos de análise

Para a caracterização da mensagem subjacente a cada unidade de análise relativa ao contexto de transmissão do trabalho prático em aulas de Biologia e Geologia, foram construídos, pilotados e aplicados três instrumentos para a análise das dimensões de *o que* e de *o como* do discurso pedagógico presente nesse contexto. Os instrumentos utilizados para essa caracterização continham vários indicadores e, para cada indicador, possuíam descritores empíricos que correspondiam aos graus da escala construída e a aspetos que eram possíveis de observar na sala de aula.

Após a construção da primeira versão deste conjunto de três instrumentos, que foi discutida com outras duas investigadoras familiarizadas com os quadros teóricos da investigação, foram realizados dois estudos prévios de modo a validar estes instrumentos e a introduzir adaptações. Num primeiro momento, foram observadas oito aulas (cerca de 14 horas) de uma professora de Biologia e Geologia com uma turma de 10.º ano de escolaridade. A transcrição e análise destas aulas permitiram adequar os instrumentos de análise, nomeadamente na introdução de indicadores e na modificação de alguns descritores empíricos, numa relação dialética entre o teórico e o empírico. Num segundo momento, foram observadas onze aulas (18 horas) de outra

professora da mesma área disciplinar. Esse processo permitiu a clarificação de alguns descritores empíricos. Todas as alterações aos instrumentos foram discutidas com outras duas investigadoras.

O instrumento de análise de *o que* da prática pedagógica, relativo à complexidade do conhecimento científico, teve em consideração a distinção entre factos, conceitos simples, conceitos complexos e temas unificadores/teorias. Considera-se que um facto é constituído a partir “de dados que resultam da observação” (BRANDWEIN; WATSON; BLACKWOOD, 1958, p. 111), correspondendo a uma situação muito concreta resultante de várias observações. Os conceitos simples correspondem a conceitos que apresentam um nível de abstração baixo, atributos definidores e exemplos observáveis. Os conceitos complexos são aqueles que não apresentam exemplos perceptíveis ou têm atributos definidores não perceptíveis nos exemplos (CANTU; HERRON, 1978). Os temas unificadores dizem respeito às ideias estruturantes, representando, em ciências, as generalizações acerca do mundo aceites pelos académicos de cada área disciplinar (PELLA; VOELKER, 1968). Na Tabela 1 apresenta-se um excerto deste instrumento, para o indicador “exploração/discussão do trabalho prático”⁴.

Tabela 1 - Excerto do instrumento de análise do nível de exigência conceptual, quanto à complexidade dos conhecimentos científicos

| Grau 1 | Grau 2 | Grau 3 | Grau 4 |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| É referido conhecimento de baixo nível de complexidade, como factos. | É referido conhecimento de nível de complexidade superior ao do grau 1, como conceitos simples. | É referido conhecimento de nível de complexidade superior ao do grau 2, envolvendo conceitos complexos. | É referido conhecimento de nível de complexidade muito elevado, envolvendo temas unificadores e/ou teorias. |

Fonte: Ferreira, 2014a.

O instrumento de análise da complexidade das capacidades cognitivas baseou-se na taxonomia proposta por Marzano e Kendall (2007) que apresenta quatro níveis para o sistema cognitivo. O primeiro nível, a recuperação, envolve a ativação e transferência de conhecimento da memória permanente para a memória de trabalho e pode incluir, no domínio da informação, os processos de reconhecimento e de recordação. O segundo nível, a compreensão, implica a relação entre o conhecimento recentemente experienciado pelo aluno e o conhecimento já existente na sua memória permanente, relativamente a um acontecimento específico e envolve a integração e a representação simbólica dos aspetos mais importantes de determinado conhecimento. O terceiro nível, a análise, envolve a produção de nova informação que o indivíduo ainda não possui e ocorre sobre o conhecimento que o indivíduo já compreendeu. O quarto nível e o mais complexo do sistema cognitivo, a utilização do conhecimento, implica a aplicação de conhecimento em determinadas situações. Na Tabela 2 apresenta-se um excerto deste instrumento, para o indicador “exploração/discussão do trabalho prático”.

⁴ O instrumento apresentava ainda os seguintes indicadores: solicitação do trabalho prático, perguntas dos alunos na exploração/discussão do trabalho prático, conclusão do trabalho prático e avaliação da atividade de trabalho prático.

Tabela 2 - Excerto do instrumento de análise do nível de exigência conceptual, quanto à complexidade das capacidades cognitivas

| Grau 1 | Grau 2 | Grau 3 | Grau 4 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| São mobilizadas capacidades cognitivas com um baixo nível de complexidade, envolvendo processos cognitivos de recuperação. | São mobilizadas capacidades cognitivas com um nível de complexidade superior ao do grau 1, envolvendo processos cognitivos de compreensão. | São mobilizadas capacidades cognitivas com um nível de complexidade superior ao do grau 2, envolvendo processos cognitivos de análise. | São mobilizadas capacidades cognitivas com um nível de complexidade muito elevado, envolvendo processos cognitivos de utilização do conhecimento. |

Fonte: Ferreira, 2014a.

O instrumento de análise de *o como* relativo à força das relações entre teoria e prática teve em consideração a distinção entre conhecimento declarativo e conhecimento processual. O conhecimento declarativo corresponde ao conhecimento de termos, factos, conceitos e teorias específicos de uma determinada disciplina (MARZANO; KENDALL, 2007; ROBERTS; GOTI; GLAESSER, 2010). O conhecimento processual corresponde, não só ao conhecimento de como fazer algo, de técnicas e métodos específicos de uma determinada disciplina, mas também ao conhecimento dos processos científicos (ROBERTS; GOTI; GLAESSER, 2010). Este instrumento contém uma escala de quatro graus e a definição empírica dessa escala baseou-se no conceito de classificação criado por Bernstein (1990, 2000), para indicar a visibilidade da fronteira entre os vários tipos de conhecimentos. Deste modo, o valor extremo da classificação mais fraca (Grau 4 / C⁻) corresponde a uma integração/unificação da teoria e da prática, em que ambas têm igual estatuto, e o valor extremo de classificação mais forte (Grau 1 / C⁺⁺) indica uma separação muito marcada entre a teoria e a prática. Na Tabela 3 apresenta-se um excerto deste instrumento, para o indicador “exploração/discussão do trabalho prático”.

Tabela 3 - Excerto do instrumento de análise do nível de exigência conceptual, quanto à relação entre teoria (conhecimento declarativo) e prática (conhecimento processual)

| Grau 1 C ⁺⁺ | Grau 2 C ⁺ | Grau 3 C ⁻ | Grau 4 C ⁻ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| O professor centra-se em conhecimento processual a mobilizar no trabalho prático, não referindo conhecimento científico declarativo já explorado e/ou a explorar. | O professor centra-se quer em conhecimento processual, quer em conhecimento científico declarativo, mas não estabelece uma relação entre eles. | O professor estabelece uma relação entre conhecimento processual e conhecimento científico declarativo, centrando-se no conhecimento declarativo. | O professor estabelece uma relação entre conhecimento processual e conhecimento científico declarativo. Nesta relação, a teoria e a prática têm igual estatuto. |

Fonte: Ferreira, 2014a.

Para caracterizar as práticas pedagógicas das duas professoras de Biologia e Geologia, todas as aulas observadas foram transcritas na sua totalidade e o texto foi segmentado em unidades de análise. Uma unidade de análise foi considerada como um excerto da transcrição da aula, independentemente do seu tamanho, que continha uma situação com um determinado

significado semântico (GALL; GALL; BORG, 2007). Cada unidade de análise foi avaliada separadamente para as três dimensões analisadas pela investigadora principal do estudo. Para estimar a fiabilidade e validade da análise e do método utilizado, uma amostra aleatória de 15% das unidades de análise de diversas aulas foi analisada independentemente por duas outras investigadoras. Foi encontrada uma discrepância preliminar de 3,6% em relação à análise inicial. As três investigadoras discutiram as diferenças encontradas na classificação das unidades de análise e toda a análise foi revista. Finalmente, num momento posterior, as três investigadoras concordaram com a classificação das unidades de análise.

Para uma melhor clarificação de como a mesma unidade de análise foi avaliada, em termos das dimensões relacionadas com *o que* e *o como* da prática pedagógica, no contexto de trabalho prático, apresenta-se um exemplo ilustrativo dessa análise (excerto 1). Esse exemplo salienta a análise de conteúdo interpretativa realizada na análise das práticas pedagógicas.

- [1] [Na aula de interpretação dos resultados da atividade laboratorial de observação do movimento da água através da membrana de células da epiderme de pétalas de sardinha:]
Professora Rute - Ora, vamos agora às pétalas...da flor. Ora, nós dissemos que a solução de Ringer era um meio...?
Aluno - Isotónico
Professora - Isotónico. Que é que isso quer dizer, Clara? [...]
Clara - Que a concentração de soluto e água...
Professora - Não é a água. Isto é uma solução...
Clara - Ok, que a constituição da solução é equivalente em ambos.
Professora - A concentração da solução de Ringer é igual à concentração...
Clara - No suco...
Professora - No vacúolo, no suco vacuolar. Exatamente. E agora eu gostava de saber se, havendo, sendo isotónica, se não há passagem de solução nem de materiais de...
Alunos - Há.
Professora - Ora aí está. Então o equilíbrio que existe é...?
Alunos - Dinâmico.
Professora - Dinâmico. Não é... Quando atinge a concentração não há movimento nenhum através da membrana, parou tudo. Será que é assim?
Alunos - Não.
Professora - Não é. Ok? Há gente que escreveu isso e que convém compreender. Portanto, a manutenção do tamanho da célula está normal. E agora temos aqui [no Powerpoint]... uma preparação de pétala da sardinha em água destilada. Ora vamos lá olhar para aqui que foi isto que vocês viram. [...] Isto que está aqui a vermelho, corresponde a que parte da célula?
Rita.
Rita - Vacúolo.
Professora - Ao vacúolo. Porquê? Onde é que estão os pigmentos? No vacúolo. Depois, esta zona mais clara corresponderá...?
Aluno - Ao citoplasma. [...] (Aula 4 da professora Rute, UA13, indicador “exploração/discussão do trabalho prático”).

O excerto [1] refere-se a um momento da aula em que a professora Rute, em conjunto com os alunos, interpretou os resultados de uma atividade laboratorial de observação do movimento da água através da membrana de células da epiderme de pétalas de sardinha. Relativamente a *o que* da prática pedagógica, a discussão apelou a conceitos simples, relacionados com o processo de osmose (grau 2) e a capacidades cognitivas que envolviam o processo cognitivo de compreensão, uma vez que implicavam a interpretação de dados simples (grau 2). Em relação a *o como* da prática pedagógica, este excerto envolveu uma relação entre conhecimento

declarativo e conhecimento processual, em que o conhecimento declarativo relativo ao processo em estudo tinha um estatuto mais elevado (C).

Resultados

No caso da professora Rute, da escola Darwin, das 13 aulas observadas, duas aulas (uma de 135 e outra 90 minutos) foram dedicadas à realização de trabalho prático sobre osmose e em três aulas ocorreram momentos para a abordagem teórica deste processo. Relativamente às 16 aulas observadas da professora Sara, da escola Mendel, em duas delas (ambas de 135 minutos) os alunos realizaram trabalho prático sobre osmose e em alguns momentos de outras três aulas ocorreu a abordagem teórica deste processo.

O trabalho prático sobre osmose centrou-se, nas aulas de ambas as professoras, na atividade laboratorial de observação e interpretação do movimento da água através da membrana de células de pétalas de sardineira (*Pelargonium* sp.)⁵. Os alunos realizaram e interpretaram em grupo esta atividade prática seguindo o protocolo experimental fornecido pela professora, no caso da professora Rute, ou do manual escolar, no caso da professora Sara. A professora Rute também desenvolveu outros trabalhos práticos, todos laboratoriais, nomeadamente a construção de osmómetros com cenouras e ovos de galinha e a observação de folhas de alface quando colocadas em meios com diferentes concentrações.

Exigência conceptual do trabalho prático

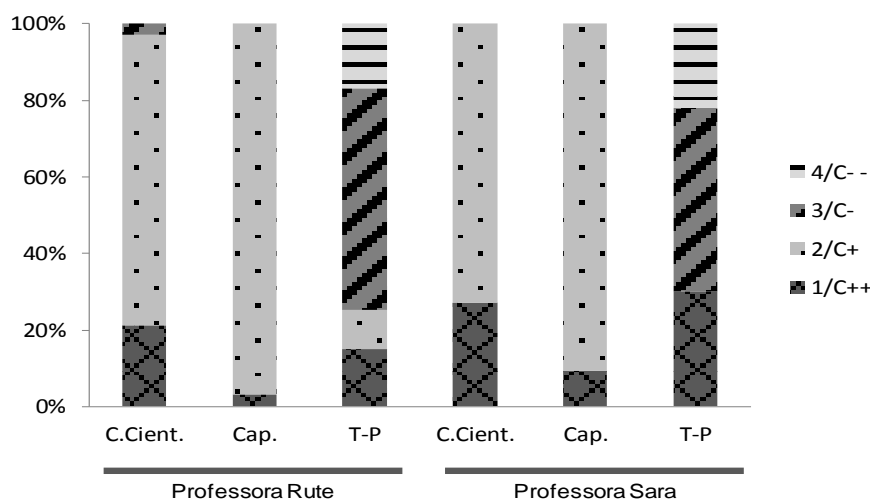
O gráfico da Figura 2 mostra, para cada professora, o nível de exigência conceptual do trabalho prático. As frequências relativas apresentadas foram determinadas considerando a análise de todas as unidades referentes ao contexto de transmissão do trabalho prático sobre osmose.

Os resultados expressos na Figura 2 evidenciam que o trabalho prático sobre osmose, da prática de ambas as professoras, esteve focado em conhecimento científico de grau 2, correspondente a conceitos simples. Esses conceitos simples referiam-se sobretudo aos conceitos de plasmólise, turgescência, meio hipertónico, meio hipotónico, meio isotónico e gradiente de concentração. No caso da professora Rute, o trabalho prático incluiu também conceitos complexos (grau 3) na abordagem do conceito de pressão osmótica na discussão dos resultados do osmómetro do ovo. Os temas unificadores estiveram ausentes nas atividades práticas implementadas por ambas as professoras, como seria expectável para aulas limitadas ao estudo da osmose. Contudo, o nível de complexidade poderia ter sido maior se as professoras tivessem focado o trabalho prático em outros conceitos complexos, como permeabilidade seletiva e camada fosfolipídica. Os excertos [2], [3] e [4] ilustram algumas destas situações da prática das professoras. No caso do excerto 2, a professora mobilizou termos de célula e vacúolo, que para alunos do 10.º ano de escolaridade podem ser considerados como conhecimento científico de baixo nível de complexidade. No caso do excerto 3, a professora discutiu o conceito simples de gradiente de concentração e, no excerto 4, a professora explorou o conceito complexo de pressão osmótica.

⁵ As células da epiderme das pétalas da sardineira apresentam espessamentos da parede celular que podem dificultar as interpretações dos alunos (CARRAPIÇO, 2010). A epiderme interna da escama do bolbo de cebola (*Allium cepa*) corada com vermelho neutro (CARRAPIÇO; CAÇADOR, 2012) ou a epiderme pigmentada da cebola roxa seria uma opção preferível para as representações microscópicas da osmose a nível celular (LANKFORD; FRIEDRICHSEN, 2012).

- [2] *Professora Rute*: [...] Meninos, já começaram a fazer o desenho [esquema da observação ao microscópio]? [...] Agora é só fazer uma célula. [...] Algumas interações depois] Pronto só aqui, nesta pontinha. E tens ali uma célula. Vê bem o vacúolo. [...]. (Aula 3, UA14, indicador “exploração/discussão do trabalho prático”, Grau 1).
- [3] *Professora Sara*: [...] Como é que é feita a movimentação da água? Sempre dos locais onde ela está mais concentrada para onde ela está menos. Quando vocês mergulharam aquele fragmentozinho de epiderme [da pétala de sardinha] em água salgada, onde é que havia uma maior concentração de água, relativamente aos sais? Dentro das células ou na água? [...]. (Aula 3, UA13, indicador “exploração/discussão do trabalho prático”, Grau 2)
- [4] *Professora Rute*: [...] Imaginem que tinha aqui um embolozinho dentro e que estava ali, fazia uma pressão aqui para baixo [no osmómetro do ovo]. Isto entrava, não é, outra vez para ali. Então, essa força que eu tinha que fazer para que este líquido não subisse é que é a pressão osmótica. Por isso é que se chama o osmómetro. [...] Algumas interações depois] Ali [no osmómetro do ovo] é evidente essa pressão. Como é que é evidente? Na quantidade de água que subiu. Ou de conteúdo do ovo que subiu. (Aula 4, UA12, indicador “perguntas dos alunos na exploração/discussão do trabalho prático”, Grau 3)

Figura 2 - Frequências relativas de unidades de análise de cada dimensão da exigência conceptual do trabalho prático sobre osmose na prática pedagógica de duas professoras do ensino secundário (C.Cient.: conhecimento científico, graus 1 a 4; Cap.: capacidades cognitivas, graus 1 a 4; T-P: relação entre teoria e prática, graus C⁺⁺a C⁻)



Fonte: As autoras.

No que respeita à complexidade das capacidades cognitivas, os dados da Figura 2 mostram que o trabalho prático sobre osmose desenvolvido pelos alunos do 10.º ano mobilizou capacidades cognitivas que implicaram, sobretudo, o processo cognitivo de compreensão (grau 2). As capacidades de processos científicos estiveram centradas, na prática de ambas as professoras, na identificação de variáveis, na observação, na esquematização e na interpretação de dados simples. As duas professoras pretendiam que os alunos formulassem problemas investigativos e hipóteses, o que elevaria a complexidade das capacidades, no entanto não souberam fazê-lo, como exemplifica o excerto [5] da prática da professora Sara.

- [5] *Professora Sara*: [...] O objetivo é ver os movimentos osmóticos. Observar movimentos osmóticos, esse é o problema. Ok? Tomem atenção. No vosso protocolo experimental, aí do

livro vocês têm uma pergunta, essa pergunta é o problema [Em que sentido ocorre o fluxo de água na membrana celular?]. O objectivo é observar os movimentos osmóticos, ou seja, os movimentos da água nos tecidos vegetais.[...] (Aula 3, UA18, indicador “perguntas dos alunos na exploração/discussão do trabalho prático”)

No que diz respeito às relações entre teoria e prática (Figura 2), os resultados da análise da prática das professoras mostram que no trabalho prático sobre osmose predominou a existência de uma relação entre o conhecimento declarativo e o conhecimento processual (graus C^- e C^+), sendo superior no caso da professora Rute (com um total de 75% de unidades de análise avaliadas nestes dois graus). Na prática de ambas as professoras, a maioria das unidades foi avaliada com o grau C^- , correspondendo à relação entre os dois tipos de conhecimento com incidência no conhecimento declarativo. Estes resultados afastam-se dos obtidos por Abrahams e Millar (2008). Estes autores verificaram que os professores, quando implementam atividades práticas, sobretudo laboratoriais, tendem a separar a teoria e a prática. Os excertos [6], [7] e [8] da prática das professoras Sara e Rute ilustram algumas destas situações. No excerto [6], a exploração do trabalho prático com folhas de alface centrou-se apenas em conhecimento processual, relativo à identificação de variáveis. No excerto [7], a discussão dos resultados das representações microscópicas da osmose ao nível celular envolveu a relação entre conhecimento declarativo e processual, mas os conceitos científicos tinham maior estatuto. No excerto [8], a discussão dos resultados da atividade prática com folhas de alface esteve centrada em conhecimento processual relativo à identificação de variáveis e esse conhecimento foi relacionado com conhecimento declarativo sobre soluções isotónicas e hipotónicas, sendo dado igual estatuto a ambos os tipos de conhecimento.

[6] *Professora Rute*: [...] Então vamos... Pedia aqui à Paula para me fazer o favor de ajudar, vamos encher aqui... vamos encher aqui um bocadinho desta tina até aqui a meio com água da torneira que é aquilo que normalmente se usa, não é? Então vamos lá. Entretanto vamos fazer duas variantes, portanto aqui será a tina A e vamos fazer variar duas coisas. O que nós temos aqui é água destilada. Então, Maria, podes vir aqui e vais colocar água destilada na tina B, vamos lá. ... Mais ou menos, tem que ser da mesma, chega, chega, chega, Pronto. Então vá, põe ai a A... Tem de ser na mesma quantidade [de água], vamos lá ver, temos de fazer as coisas, não variar não fazer, como é que se vê? Vá. Põe A. E agora vamos colocar água com, água normal, com...?

Lisa: Sal.

Professora: Com sal. Podes vir pôr Lisa. Mas que seja muito salgada. Então podes abusar do sal, vamos lá. [...]essa será a tina C... Ora Lisa, vê lá, põe ai em cima para veres, ter a mesma quantidade. Agora a Joana, que trouxe a nossa alface, tira três folhinhas mais ou menos do mesmo tamanho. Vamos lá ver, tenta ser do mesmo tamanho, esse é o C não é?[...] (Aula 3, UA4, indicador “exploração/discussão do trabalho prático”, Grau 1/ C^{++})

[7] *Professora Sara*: [...] E isso significou que basicamente ao mergulharem o tecido vegetal em água destilada, que era um meio hipotónico, observaram um movimento osmótico de... De quê? Entrada ou saída de água dentro da célula?

Aluna: Entrada.

Professora: De entrada. Respeitou o princípio da difusão da água?

Alunas: Sim

Professora: Respeitou, porquê? Estão todos a tomar atenção?

Aluno: No exterior da célula tinha mais água que no interior

Professora: E por isso a água...

Aluna: Passou do meio exterior para o interior.

Professora: Ok? Pronto. Depois, relativamente à outra situação, quando mergulharam o tecido em água salgada.[...] (Aula 4, UA14, indicador “exploração/discussão do trabalho prático”, Grau 3/C)

[8] *Rita:* O termo A eh...a tina A é (a de comparação), não é? Então está num meio isotónico. Se a professora perguntar...

Professora Rute: É um termo de comparação, logo...?

Rita: Logo está...em meio isotónico...

Professora: É o controlo.

Rita: Ou seja?

Professora: É o controlo! Pode não ser isotónico à partida.

Rita: (deve ser)

Professora: [...] Faz-se um termo de comparação com aquela concentração que está. Não posso dizer [que é isotónico], porque eu...não sei a constituição química da água [da torneira], propriamente dita. Em termos, por exemplo, de percentagem de cloreto de sódio, o que é que lá está? Não faço ideia. Portanto, nós partimos daí porque é o que normalmente nós fazemos em casa. Foi por aí. Portanto, vamos comparar com essa [solução de água da torneira]. É claro que quando pomos água destilada, automaticamente, nós sabemos que essa...esse é um meio de que tipo? Diana? [não responde] Meio onde está a água destilada em relação às células do tecido da alface...É hipotónico. [...] (Aula 4, UA6, indicador “perguntas dos alunos na exploração/discussão do trabalho prático”, Grau 4/C)

De acordo com os resultados do estudo, ambas as práticas pedagógicas evidenciaram um baixo nível de exigência conceptual do trabalho prático sobre osmose, nomeadamente em relação a ambas as dimensões de *o que* da prática pedagógica – complexidade do conhecimento científico e complexidade das capacidades cognitivas. Relativamente à dimensão de *o como* da prática pedagógica – relação entre teoria e prática – esse nível de exigência foi mais elevado para as duas professoras. O próprio tipo de trabalho prático selecionado pelas professoras – atividades laboratoriais essencialmente ilustrativas – também contribuiu para diminuir o nível de exigência conceptual. Considerando as diferenças entre as práticas das duas professoras, elas não foram, de um modo geral, muito demarcadas; no entanto, o nível de exigência conceptual tendeu a ser ligeiramente superior na prática da professora Rute⁶.

Outro aspeto que surgiu da análise do trabalho prático das duas professoras, sobre o conceito em estudo (osmose), foi a existência de várias incorreções científicas, o que contribuiu para tornar o nível de exigência conceptual do trabalho prático ainda mais baixo. A identificação destas incorreções decorreu da análise de conteúdo das notas de campo e das transcrições das aulas focadas no ensino e aprendizagem desse conceito. As incorreções científicas de ambas as professoras estiveram centradas em quatro conceções cientificamente erradas, designadamente: (A) a osmose é apenas um caso particular de difusão simples; (B) a bicamada fosfolipídica da membrana celular é impermeável à água; (C) a membrana celular é permeável a iões e a moléculas polares; e (D) o processo de osmose termina após a morte da célula. De seguida, discute-se cada uma destas conceções.

⁶ Na investigação mais ampla em que este estudo se insere (Ferreira, 2014a), as práticas pedagógicas foram caracterizadas tendo em conta a tendência observada para o conjunto dos indicadores considerados na análise de cada uma das dimensões de exigência conceptual. Quando a dispersão dos graus atribuídos a cada uma das dimensões em análise não permitiu inferir uma tendência clara, essa dimensão foi caracterizada com os dois graus mais representativos. Relativamente à complexidade dos conhecimentos científicos, à complexidade das capacidades cognitivas e ao grau de relação entre teoria e prática, no contexto de transmissão/aquisição do trabalho prático, a prática da professora Rute foi caracterizada, respetivamente, do seguinte modo: Grau 2, Grau 2 e C; e a prática pedagógica da professora Sara do seguinte modo: Grau1/Grau2, Grau1/Grau 2 e C+/C.

(A) Apesar do movimento da água através da membrana celular ocorrer diretamente através da bicamada lipídica (difusão simples), em muitas células, a maior parte da osmose é facilitada por proteínas integradas, as aquaporinas (AGRE, 2004; AGRE et al., 1993; FERREIRA, 2014b)⁷. Em vários momentos de todas as aulas que versaram sobre o processo de osmose, a professora Rute focou que a osmose é apenas um caso de difusão simples ou de transporte não mediado. No caso da professora Sara, ocorreram outras incorreções. Sara começou por referir corretamente a existência de aquaporinas como proteínas canais de água, de acordo com uma nota para o professor presente no manual escolar, mas posteriormente o assunto não foi mais mencionado. Na aula seguinte, Sara referiu que a osmose era um caso particular de difusão simples, contradizendo o que tinha referido previamente. Esta incorreção científica cometida nas práticas das professoras Rute e Sara pode levar ao aparecimento de conceções alternativas nos alunos, como as que emergiram do estudo realizado por Rundgren e colegas (2010). O excerto [9] da prática da professora Rute exemplifica esta incorreção científica.

[9] *Professora Rute* - [...] Resumindo e concluindo, o que é a osmose? É a passagem da água [...] do meio hipotónico para o meio hipertónico, é um transporte não... Precisa da ajuda de alguém? Não. Ela passa sozinha. Não precisa de nada. [...] (Aula 2, UA13).

(B) As moléculas de água são polares e, por isso, é energeticamente desfavorável que estas moléculas atravessem o centro hidrofóbico da bicamada fosfolipídica. Contudo, a membrana celular não é totalmente impermeável às moléculas de água e, em algumas células, o movimento da água ocorre unicamente por difusão simples, ou seja, diretamente através da membrana celular, mas muito lentamente (CAMPBELL; REECE, 2008). Apesar das professoras Rute e Sara terem considerado que o movimento da água ocorre apenas por difusão simples, sem a mediação de proteínas, as professoras também consideraram que a membrana celular é impermeável às moléculas de água. Esta conceção errada sobre o processo de osmose ocorreu em um momento de uma das aulas de cada uma das professoras. O excerto [10] exemplifica essa incorreção para o caso da prática da professora Sara, que ocorreu ao mesmo tempo em que esta professora mencionou a presença de aquaporinas na membrana celular.

[10] *Professora Sara* - [...] Nas tais aquaporinas [...] Estão abertas e apenas deixam passar o quê? Água! Ok? Estas funcionam como canais. Percebem? Não mudam a configuração. Elas são assim, para deixarem de facto a água atravessar facilmente, o quê? A membrana. Então e a água não atravessa facilmente a membrana?

Aluna - Não, a água não é solúvel.

Professora - Pois não, a água não é solúvel na gordura, não é? Portanto tem de haver de facto, eh, locais preferenciais para a passagem da água, ok? [...] (Aula 2, UA7).

(C) A camada lipídica da membrana celular é semipermeável e funciona como uma barreira seletiva à passagem de moléculas de grandes dimensões, de iões ou de moléculas polares, dificultando ou impedindo a sua passagem (CAMPBELL; REECE, 2008; LODISH et al., 2008). Na abordagem teórica, a professora Rute não soube esclarecer este conhecimento científico, referindo que nas membranas celulares há o movimento da água e do soluto. A professora Sara, em vários momentos das aulas da componente prática sobre osmose, mencionou que a membrana celular era semipermeável mas não soube explicar porquê e deu a entender que os iões sódio e os iões cloreto se podiam movimentar diretamente através dela a favor do gradiente de concentração. Esta é também uma ideia incorreta dos alunos (os iões, devido ao seu tamanho reduzido, conseguem difundir-se pela membrana celular), como evidenciado no estudo de Shi e colaboradores (2010). O excerto [11] exemplifica esta incorreção científica na prática desta

⁷ Peter Agre foi laureado com o Prémio Nobel da Química em 2003 pela sua descoberta dos canais de água.

professora. A professora considera que o movimento dos iões através das células das pétalas de sardineira foi possível, mas não discute esse movimento na aula, dado que o foco do trabalho prático foi o movimento da água.

[11] *Aluna* - Porque tínhamos um meio hipertónico e um meio hipotónico, logo iria haver um equilíbrio entre o número de sais [cloreto de sódio], que num estava a mais e noutra estava a menos e o mesmo aconteceria com a água.

Professora Sara - Hum, mas o que nós estávamos a estudar era o quê? Nós não estivemos aqui a estudar a difusão simples nem a difusão facilitada. O âmbito do nosso ensaio foi basicamente estudar...?

Aluna - A osmose.

Professora - O movimento da água, não é? [...] porque se nos estão a perguntar sobre osmose é para a água que temos que remeter, se falam em variações iónicas, então temos que falar dos sais, tão a perceber? Nós sabemos que andam associados e que por isso mesmo corremos este risco de muitas das vezes misturarmos as coisas, não é? [...] (Aula 4, UA12).

(D) O processo de osmose pode continuar mesmo após a morte da célula. Este conhecimento científico não esteve presente nas aulas de Biologia dos alunos de 10.º ano das professoras Rute e Sara. Pelo contrário, em três momentos do trabalho prático sobre osmose da prática da professora Rute e em dois momentos da prática da professora Sara, foi transmitido aos alunos que perante a morte da célula o movimento da água cessava. Esta incorreção científica constitui também uma ideia incorreta dos alunos, avaliada através das respostas de alunos ao item 11 do teste DODT – neste item, refere-se que uma célula vegetal foi morta com veneno e colocada numa solução salgada a 25% e coloca-se a questão se a osmose continuava ou não (ODOM; BARROW, 1995, 2007; TOMAZIC; VIDIC, 2012). O excerto 12 ilustra esta incorreção científica na prática pedagógica da professora Rute, uma vez que assume que apenas as células que não se encontram mortas reagem às alterações da concentração da água no ambiente extracelular.

[12] *Aluna* - Mas elas coitadinhas parecem tão mortinhas.

Professora Rute - [As células] Não estão mortas nada. Se pusesse água destilada, era uma questão de ver. [A professora observa a preparação no microscópio] Escolha uma que só tem um, um, vacúolo contraído. [...] (Aula 3, UA22).

Conclusões

No presente artigo procurou-se mostrar uma abordagem multidisciplinar de análise do discurso pedagógico subjacente ao trabalho prático em aulas de ciências, quando se toma como foco de análise o seu nível de exigência conceptual. A análise centrou-se em práticas pedagógicas de professoras de ciências, de duas escolas socialmente diferenciadas, do ensino secundário em Portugal, sobre um conceito específico (osmose).

Os resultados do estudo mostraram que as práticas pedagógicas das duas professoras participantes apresentaram, de um modo geral, um baixo nível de exigência conceptual no contexto do trabalho prático sobre osmose. Este resultado não é apenas uma consequência do trabalho prático, essencialmente ilustrativo, selecionado pelas professoras mas é sobretudo consequência do baixo nível de complexidade do conhecimento científico e das capacidades cognitivas e também das incorreções científicas cometidas pelas professoras. A ausência de conhecimento científico de elevado nível de complexidade coloca em causa a compreensão da estrutura hierárquica do conhecimento científico (BERNSTEIN, 1999) pelos alunos. Como referem Morais e Neves (2012, p. 68-69), “se se considerar que a educação científica deverá

refletir a estrutura do conhecimento científico, então ela deverá conduzir à compreensão de conceitos e ideias amplas, embora essa compreensão requeira um equilíbrio entre conhecimentos de níveis distintos de complexidade”. Por outro lado, o trabalho prático não deve ficar limitado a capacidades simples, envolvendo os processos cognitivos de recuperação e compreensão, mas deve mobilizar capacidades complexas, envolvendo processos cognitivos de análise e utilização de conhecimento, como a formulação de hipóteses e a planificação de atividades laboratoriais investigativas. O desenvolvimento de capacidades complexas, que é importante por si só, é também fundamental para a aprendizagem de conhecimento científico complexo. A relação encontrada entre os conhecimentos declarativo (teoria) e processual (prática), com maior enfoque no conhecimento declarativo, foi a única dimensão que de algum modo elevou o nível de exigência conceptual do trabalho prático observado. As autoras consideram que uma prática pedagógica em que, a par destas relações intradisciplinares, estejam presentes conhecimentos e capacidades de complexidade elevada, é a que melhor conduz uma aprendizagem científica significativa. Com efeito, é através deste tipo de prática pedagógica que se pode transmitir uma mensagem em que é dado um estatuto elevado ao conhecimento científico. Este estatuto estará presente, não só pelo facto de se atribuir, na relação entre teoria e prática, maior ênfase ao conhecimento declarativo do que ao conhecimento processual, mas também pelo facto de o conhecimento declarativo não ser meramente nominal e factual e de as capacidades cognitivas permitirem aceder a conhecimento declarativo conceptualizado. Além disso, se se pretender que o conhecimento científico ganhe relevância social para todos os alunos, é imprescindível que lhe seja atribuído um estatuto elevado.

Quando se comparam as práticas das duas professoras, o estudo que se apresenta neste artigo mostrou a existência de uma pequena diferença entre elas, quanto ao nível de exigência conceptual do trabalho prático, relacionado com o conceito de osmose. Contudo, a análise realizada na investigação mais ampla, de que este estudo é parte, revelou que a professora Rute desenvolveu uma prática pedagógica conceptualmente mais exigente no conjunto das aulas dedicadas ao trabalho prático. Dado o diferente contexto social das escolas onde as duas professoras lecionavam, pode dizer-se que a diferença observada nas suas práticas pode estar relacionada com esse contexto. Investigação anterior (e.g. DOMINGOS, 1989) evidenciou que escolas socialmente desfavorecidas influenciam as práticas dos professores, no sentido de diminuírem o seu nível de exigência conceptual. E diferenças no nível de exigência conceptual conduzirão a um aproveitamento diferencial dos alunos, colocando em desvantagem os alunos dos estratos sociais mais baixos.

O estudo mostra ainda que mesmo professores experientes podem cometer incorreções científicas nas suas práticas. No caso do conceito de osmose, as incorreções, especialmente as que estão relacionadas com a presença de aquaporinas na membrana celular, podem comprometer a sua compreensão e promover conceções alternativas nos alunos sobre esta temática⁸. Esta situação é agravada pelo facto de os manuais escolares, que podiam ajudar os professores na atualização do seu conhecimento, não estarem a fazê-lo. Uma análise informal dos dois manuais escolares de Biologia do 10.º ano mais utilizados em Portugal revelou a inexistência de qualquer explicação sobre as proteínas canais de água (um deles fornece apenas uma breve nota não explicativa para o professor).

Um outro aspeto importante a referir tem a ver com a recontextualização que os professores fazem da mensagem contida nos currículos e nos manuais escolares, enquanto textos pedagógicos orientadores das suas práticas. Considerando os resultados de um estudo sobre a

⁸ Diversos estudos identificaram conceções alternativas dos alunos relacionadas com o conceito de osmose (e.g. ODOM; BARROW, 1995, 2007; RUNDGREN et al., 2010).

mensagem curricular quanto ao trabalho prático (FERREIRA; MORAIS, 2014), realizado no âmbito da investigação mais ampla em que este estudo se integra, é possível dizer que as professoras não foram, em geral, capazes de recontextualizar essa mensagem, no sentido de aumentarem o nível de exigência conceptual. Esta é uma questão que deve merecer especial atenção da parte de professores e, também, de investigadores. Os professores devem estar conscientes do grau de intervenção que podem ter, dado o processo de recontextualização que, segundo Bernstein (1990, 2000), existe ao longo do aparelho pedagógico, quando a mensagem contida no currículo (discurso pedagógico oficial) é transferida para os manuais escolares e para as práticas pedagógicas dos professores (discurso pedagógico de reprodução). Os investigadores, ao terem presente esse processo de recontextualização, quando realizam análises curriculares em estudos transversais e/ou longitudinais, podem estabelecer comparações conceptualmente mais aprofundadas entre textos produzidos a vários níveis do sistema educativo.

As conclusões deste estudo, quanto ao nível de complexidade do trabalho prático em aulas de ciências do ensino secundário em Portugal, não devem ser generalizadas, tendo em conta que ele se centrou apenas na análise do trabalho prático sobre conceitos científicos específicos em duas práticas pedagógicas. Contudo, a abordagem adotada no estudo permite sugerir contributos, de natureza teórica e metodológica, relacionados com a exigência conceptual da prática pedagógica dos professores. Os instrumentos construídos e os conceitos envolvidos podem ser usados para apreciar o nível de exigência conceptual do trabalho prático relativo a outras temáticas científicas e também de outras práticas pedagógicas nacionais ou internacionais, evidenciando as potencialidades da abordagem teórica e metodológica utilizada. O estudo permite também levantar questões sobre a formação de professores, ao revelar a existência de lacunas ao nível científico, traduzidas por incorreções sobre o conceito em estudo, e ao nível pedagógico, traduzida por práticas com um nível relativamente baixo de exigência conceptual. Deste modo, os professores parecem ignorar o papel que podem assumir enquanto agentes de recontextualização da mensagem que recebem, através dos textos curriculares, no sentido de alcançar um ensino de exigência para todos os alunos.

Para finalizar, é de destacar que a utilização da teoria do discurso pedagógico de Bernstein permite realizar uma análise do trabalho prático que inclui uma componente sociológica, evidenciando características da prática pedagógica adequadas a um ensino/aprendizagem das ciências em que todos os alunos tenham acesso a conhecimento científico de elevada exigência conceptual e, desta forma, facilitando o seu acesso à estrutura hierárquica que caracteriza o conhecimento científico. De destacar igualmente que, ao utilizar uma abordagem metodológica mista, em que se desenvolve uma linguagem externa de descrição que deriva da relação dialética entre conceitos de várias áreas disciplinares (epistemologia, psicologia e sociologia) e dados empíricos fornecidos pelos contextos em estudo (neste caso, práticas pedagógicas), é possível conferir um maior rigor às análises centradas no trabalho prático.

Agradecimentos

As autoras agradecem às professoras Rute e Sara pela sua participação no estudo e também a Isabel Neves pelos seus contributos na análise das práticas pedagógicas e pelas suas sugestões ao manuscrito. As autoras também agradecem à *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* pela permissão dada para utilizar texto e figuras do artigo de Ferreira e Morais (2015).

Referências

ABRAHAM, I.; MILLAR, R. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. **International Journal of Science Education**, United Kingdom, v. 30, n. 14, p. 1945-1969, 2008. DOI: 10.1080/09500690701749305

AGRE, P. Aquaporin water channels. **Bioscience Reports**, London, v. 24, n. 3, p. 127-163, 2004. DOI: 10.1007/s10540-005-2577-2

AGRE, P.; PRESTON, G. M.; SMITH, B. L.; JUNG, J. S.; RAINA, S.; MOON, C.; GUGGINO, W. B.; NIELSON, S. Aquaporin chip: the archetypal molecular channel. **American Journal Of Physiology - Renal Physiology**, Maryland, v. 265, n. 4, p. 463-476, 1993.

ALVES, V.; MORAIS, A. M. A sociological analysis of science curriculum and pedagogic practices. **Pedagogies: An International Journal**, v. 7, n. 1, p. 52-71, 2012. DOI: 10.1080/1554480X.2012.630511

BERNSTEIN, B. **Class, codes and control: The structuring of pedagogic discourse**. v. 4. London, Routledge, 1990.

BERNSTEIN, B. Vertical and horizontal discourse: an essay. **British Journal of Sociology of Education**, v. 20, n. 2, p. 157-173, 1999. DOI: 10.1080/01425699995380

BERNSTEIN, B. **Pedagogy, symbolic control and identity: theory, research, critique** (rev. ed.). Londres: Rowman & Littlefield, 2000.

BRANDWEIN, P.; WATSON, F.; BLACKWOOD, P. **Teaching high school science: a book of methods**. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1958.

CALADO, S.; NEVES, I.; MORAIS, A. Conceptual demand of science curricula: A study at the level of middle school. **Pedagogies: An International Journal**, v. 8, n. 3, p. 255-277, 2013. DOI: 10.1080/1554480X.2013.795698

CAMPBELL, N.; REECE, J. **Biology**. 8. ed. San Francisco: Pearson/ Benjamin Cummings, 2008.

CANTU, L. L.; HERRON, J. D. Concrete and formal Piagetian stages and science concept attainment. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 15, n. 2, p. 135-143, 1978. DOI: 10.1002/tea.3660150208

CARRAPIÇO, F. **Biologia Celular – Práticas**. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2008. Disponível em: <<http://azolla.fc.ul.pt/aulas/documents/Pelargonium2.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2013.

CARRAPIÇO, F.; CAÇADOR, I. **Indução de plasmólise e deplasmólise**. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2012. Disponível em: <<http://azolla.fc.ul.pt/aulas/documents/Induodaplasmuliseedepasmulise.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2013.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research methods in education**. 6. ed. Oxford, UK: Routledge, 2007.

CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. **Designing and conduction mixed methods research**. 2. ed. Thousand Oaks, CA: Sage, 2011.

DES (Departamento do Ensino Secundário). **Programa de Biologia e Geologia – 10º ou 11º anos**. Lisboa, Ministério da Educação, 2001.

DOMINGOS, A. M. Influência da classe social no nível de desenvolvimento científico dos alunos. **Revista de Educação**, v. 1, n. 2, p. 55-63, 1987.

DOMINGOS, A. M. Influence of the social context of the school on the teacher's pedagogic practice. **British Journal of Sociology of Education**, v. 10, n. 3, p. 351-366, 1989. DOI: 10.1080/0142569890100305

DUSCHL, R.; SCHWEINGRUBER, H.; SHOUSE, A. (Orgs.). **Taking science to school: learning and teaching science in grade K-8**. Washington: National Academies Press, 2007.

FERREIRA, S. **Trabalho prático em Biologia e Geologia no ensino secundário: Estudo dos documentos oficiais e suas recontextualizações nas práticas dos professores**, 2014. 583 f. Tese (Doutorado em Educação), Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014a.

FERREIRA, S. Aquaporinas. **Revista de Ciência Elementar**, v. 2, n. 2, p. 16-17, 2014b.

FERREIRA, S.; MORAIS, A. M. Exigência conceptual do trabalho prático nos exames nacionais: uma abordagem metodológica. **Olhar de Professor**, v. 16, n. 1, p. 149-172, 2013. DOI: 10.5212/olharprofr.v.16i1.0008

FERREIRA, S.; MORAIS, A. M. Conceptual demand of practical work in science curricula: A methodological approach. **Research in Science Education**, v. 44, n. 1, p. 53-80, 2014. DOI: 10.1007/s11165-013-9377-7

FERREIRA, S.; MORAIS, A. M. Conceptual demand of practical work: a framework for studying teachers practices. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 157-174, 2015.

FRIEDRICHSEN, P. M.; PALLANT, A. French fries, dialysis tubing and computer models: teaching diffusion and osmosis through inquiry and modelling. **American Biology Teacher**, v. 69, n. 2, p. 22-27, 2007. DOI: 10.1662/0002-7685(2007)69[22:ffdtcm]2.0.co;2

GALL, M., GALL, J., & BORG, W. **Educational research: an introduction**. 8. ed. Boston: Pearson/Allyn and Bacon, 2007.

HODSON, D. Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. **Studies in Science Education**, v. 22, n. 1, p. 85-142, 1993. DOI: 10.1080/03057269308560022

HOFSTEIN, A. The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research. **Chemistry Education: Research and practice**, v. 5, n. 3, p. 247-264, 2004. DOI: 10.1039/b4rp90027h

HOFSTEIN, A.; KIND, P. M. Learning in and from science laboratories. In: FRASER, J.; TOBIN, K.; MCROBBIE, C. J. (Orgs.). **Second international handbook of science education**. New York: Springer. 2012. p. 189-207

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. **Review of Educational Research**, v. 52, n. 2, p. 201-217, 1982. DOI: 10.3102/00346543052002201

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. **Science Education**, v. 88, n. 1, p. 28-54, 2004. DOI: 10.1002/sce.10106

LANKFORD, D.; FRIEDRICHSEN, P. Red onions, Elodea, or decalcified chicken eggs? Selecting & sequencing representations for teaching diffusion and osmosis. **American Biology Teacher**, v. 74, n. 6, p. 392-399, 2012. DOI: 10.1525/abt.2012.74.6.7

LODISH, H.; BERK, A.; KAISER, C.; KRIEGER, M.; SCOTT, M.; BRETSCHER, A.; PLOEGH, H.; MATSUDAIRA, P. **Molecular Cell Biology**. 6. ed. New York : W. F. Freeman, 2008.

LUNETTA, V. N.; HOFSTEIN, A.; CLOUGH, M. Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. In: LEDERMAN, N.; ABEL, S. (Orgs.). **Handbook of research on science education**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2007. p. 393-441

MARZANO, R. J.; KENDALL, J. S. **The new taxonomy of educational objectives**. 2. ed. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2007.

MARZANO, R. J.; KENDALL, J. S. **Designing & assessing educational objectives**: applying the new taxonomy. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2008.

MORAIS, A. M. Influência do nível de exigência conceptual dos professores no sucesso dos alunos em ciências: um estudo sociológico. **Revista de Educação**, v. 2, n. 1, p. 62-80, 1991.

MORAIS, A. M.; NEVES, I. P. Pedagogic social contexts: Studies for a sociology of learning. In: MORAIS, A.; NEVES, I.; DAVIES, B.; DANIELS, H. (Orgs.). **Towards a sociology of pedagogy**: the contribution of Basil Bernstein to research. New York: Peter Lang, 2001. p. 185-221.

MORAIS, A. M.; NEVES, I. P. Basil Bernstein as an inspiration for educational research: Specific methodological approaches. In: SINGH, P.; SADOVNIK, A.; SEMEL, S. (Orgs.). **ToolKits, translation devices and conceptual accounts**: essays on Basil Bernstein's sociology of knowledge. New York: Peter Lang, 2010. p. 11-32.

MORAIS, A. M.; NEVES, I. P. Estruturas de conhecimento e exigência conceptual na educação em ciências. **Educação, Sociedade & Culturas**, v. 37, p. 63-88, 2012.

NEVES, I. P.; MORAIS, A. M. Texts and contexts in educational systems: studies of recontextualising spaces. In: MORAIS, A.; NEVES, I.; DAVIES, B.; DANIELS, H. (Orgs.). **Towards a sociology of pedagogy**: the contribution of Basil Bernstein to research. New York: Peter Lang, 2001. p.223-249.

ODOM, A. L.; BARROW, L. H. Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 32, n. 1, p. 45-61, 1995. DOI: 10.1002/tea.3660320106

ODOM, A. L.; BARROW, L. H. High school biology students' knowledge and certainty about diffusion and osmosis concepts. **School Science and Mathematics**, v. 107, n. 3, p. 94-101, 2007. DOI: 10.1111/j.1949-8594.2007.tb17775.x

ODOM, A. L.; KELLY, P. V. Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students. **Science Education**, v. 85, n. 6, p. 615-35, 2001. DOI: 10.1002/sce.1029

PELLA, M.; VOELKER, A. Teaching the concepts of physical and chemical change to elementary school children. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 5, n. 4, p. 311-323, 1968.

PIRES, D.; MORAIS, A.; NEVES, I. Desenvolvimento científico nos primeiros anos de escolaridade. Estudo de características sociológicas específicas da prática pedagógica. **Revista de Educação**, v. 12, n. 2, p. 119-132, 2004. DOI: 10.1002/tea.3660050403

ROBERTS, R.; GOTT, R.; GLAESSER, J. Students approaches to open-ended science investigation: the importance of substantive and procedural understanding. **Research Papers in Education**, v. 25, n. 4, p. 377-407, 2010. DOI: /10.1080/02671520902980680

RUNDGREN, C.; RUNDGREN, S.; SCHONBORN, K. Students conceptions of water transport. **Journal of Biological Education**, v. 44, n. 3, p. 129-135, 2010. DOI: 10.1080/00219266.2010.9656209

SHAYER, M.; ADEY, P. **Towards a science of science teaching**: cognitive development and curriculum demand. London: Heinemann Educational Books, 1981.

SHI, J.; WOOD, W. B.; MARTIN, J. M.; GUILD, N. A.; VICENS, Q.; KNIGHT, J. K. Diagnostic assessment for introductory molecular and cell biology. **CBE Life Science Education**, v. 9, n. 4, p. 453-461, 2010. DOI: 10.1187/cbe.10-04-0055

SILVA, P.; MORAIS, A. M.; & NEVES, I. O currículo de ciências no 1º Ciclo do Ensino Básico. Estudo de (des)continuidades na mensagem pedagógica. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 26, n. 1, p. 179-217, 2013.

TOMAZIC, I.; VIDIC, T. Future science teachers' understandings of diffusion and osmosis concepts. **Journal of Biological Education**, v. 46, n. 2, p. 66-71, 2012. DOI: 10.1080/00219266.2011.617765

Recebido em 10/07/2016

Aceito em 29/07/2016