

ELABORAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA VOLTADA PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NA ECOLOGIA

DESIGNING A TEACHING SEQUENCE FOR SCIENTIFIC LITERACY IN ECOLOGY

Caio Castro Freire*, Marcelo Tadeu Motokane

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP - Ribeirão Preto - SP

Resumo: Sequências didáticas (SD) têm sido utilizadas como instrumentos de planejamento do ensino e também como objetos de pesquisa, criando condições favoráveis para os alunos se apropriarem de ferramentas culturais próprias do fazer científico, e permitindo a análise desse processo. Investigar o desenvolvimento de uma SD pode auxiliar a compreender como aproximar a ciência de referência e a ciência escolar, evidenciando fatores importantes dos processos de transposição didática e alfabetização científica, e estimulando o diálogo entre a pesquisa no ensino e a sala de aula. Assim, este artigo teve como objetivo analisar o processo de transposição envolvido na elaboração de uma sequência didática voltada para a alfabetização científica na ecologia. O resultado foi uma descrição detalhada e sistemática de fatores relevantes no desenho de uma atividade investigativa para aulas sobre interações ecológicas. Esses fatores incluíram dimensões importantes da análise de sequências didáticas, como a dimensão epistemológica, relacionada aos conteúdos a serem aprendidos, aos problemas a serem resolvidos e à sua gênese histórica, e a dimensão didática, que analisa as restrições do próprio funcionamento das instituições de ensino.

Palavras-chave: educação científica, ensino por investigação, ensino de ecologia.

Abstract: Teaching sequences have been used as teaching tools as well as research objects, promoting favorable conditions for students' learning and allowing the analysis of this process. Studies on development of teaching sequences may help to understand how to align academic science and school science, highlighting important features of the didactic transposition and scientific literacy, and encouraging dialogue between research and classroom. Thus, the goal of this work was to analyze the designing of a teaching sequence focused on scientific literacy in ecology. The result was a detailed and systematic description of relevant factors to design an problem-based activity for teaching ecological interactions. These factors included key domains for analysis of teaching sequences such as the epistemological domain (including the content to be learned, the problems to be solved and their historical genesis), and the didactic domain (related to limitations of school environments).

Keywords: science education, problem-solved learning, ecology teaching.

* cdcfreire@gmail.com

1. Introdução

1.1. O ensino de ciências na perspectiva da alfabetização científica

Olhando as escolas atuais, é possível notar que o conhecimento científico é tratado como pronto e acabado (CACHAPUZ et al., 2005) e não há espaço para discussões sobre o fazer científico ou sobre o processo de construção desse conhecimento. Essa reflexão levou à ideia do ensino de ciências como um processo de alfabetização científica. Apesar da variação entre os termos utilizados nas diferentes línguas para designar esse processo – "*Alfabetización Científica*" na língua espanhola, "*Scientific Literacy*" na língua inglesa – e das diversas opiniões sobre como defini-lo, é consensual a defesa de um ensino que aproxime a ciência e o cotidiano dos alunos. O objetivo central da alfabetização científica é permitir ao aluno "interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-lo e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico" (SASSERON, 2008, p. 12).

Por ser um processo complexo, a alfabetização científica envolve inúmeras habilidades dos alunos, e diferentes listas já foram produzidas pelos autores (FOUREZ, 1994; HURD, 1998; NORRIS; PHILLIPS, 2003). Apesar de algumas diferenças, essas habilidades podem ser agrupadas em três eixos estruturantes: i) a compreensão sobre a natureza da ciência, ii) a compreensão de termos e conceitos-chave da ciência, e iii) a compreensão das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (MILLER, 1983; SASSERON, 2008).

Dentre as diversas habilidades, as práticas discursivas são destacadas como fundamentais para trabalhar os três eixos, que não são independentes e não devem ser abordados isoladamente nas aulas de ciências. As práticas sociais que envolvem a utilização da linguagem e seus repertórios ideológicos/culturais adequados a um contexto particular de situação comunicativa são chamadas de práticas discursivas. Assim, determinado meio social (o científico, por exemplo), que detém um tipo característico de linguagem, coloca essa linguagem em ato tornando-a viva e contextualizada, por meio de práticas discursivas específicas: um modo específico de ler, redigir, escutar, falar e atribuir sentido (MAINGUENEAU, 2000). Entender esse novo modo de pensar, com suas regras e valores próprios, é o que permitiria maior aproximação com a ciência (SASSERON; CARVALHO, 2011). Nessa perspectiva, a aprendizagem da ciência é inseparável da aprendizagem da linguagem científica (MORTIMER et al., 1998), que carrega consigo várias características da cultura científica. Entretanto, tradicionalmente, o ensino tem priorizado a apresentação dos resultados (produtos) da comunidade científica e a memorização de conceitos finalizados (vocabulários, fórmulas, termos técnicos e conceitos-chave) em detrimento de discussões sobre as práticas utilizadas pela ciência para propor, justificar e avaliar asserções de conhecimento.

Numerosos trabalhos ressaltam o papel da linguagem no ensino de ciências (DRIVER et al., 2000; KELLY; TAKAO, 2002; OSBORNE et al., 2004). Diversas práticas discursivas são destacadas como importantes para o processo de alfabetização científica: compreender e produzir mensagens, informações e textos de conteúdo científico; comunicar resultados de

forma oral, escrita, gráfica e matemática; construir hipóteses; prever; selecionar dados; avaliar conclusões; explicar; justificar explicações; discutir; defender ideias e argumentar (JIMÉNEZ, 2003).

As práticas discursivas favorecem os processos de ensino e aprendizagem ao exteriorizar pensamentos, dúvidas e formas de raciocínio dos alunos e estimular o diálogo em sala de aula. Essas práticas devem ajudar a entender como os conhecimentos são validados pela comunidade científica: a existência de várias explicações para o mesmo fenômeno, a diferença entre conclusão científica e emissão de opinião, a necessidade de persuasão dos pares. Isso pode favorecer a compreensão de que o conhecimento científico é construído por pessoas, é conjectural e não simplesmente descoberto no mundo. É possível auxiliar os estudantes a reconhecerem que as ideias científicas mudam com o surgimento de novos dados e embates teóricos (SANDOVAL, 2005), e abandonarem a visão de uma ciência inequívoca, inquestionável, incontestável (DRIVER et al., 2000). Desenvolver a capacidade dos estudantes de construir e defender diferentes explicações e raciocinar sobre os critérios que permitem avaliá-las é fundamental no contexto escolar (JIMÉNEZ; DÍAZ, 2003). A falta de oportunidades para trabalhar esses aspectos da natureza da ciência tem resultado em importantes falhas na alfabetização científica, por exemplo, reforçando para os alunos uma imagem de ciência positivista e neutra (DRIVER et al., 2000).

Resumindo, a literatura tem insistido no distanciamento que pode haver entre o fazer e o ensinar ciências e na necessidade de aproximar essas duas instâncias de produção do conhecimento (CACHAPUZ et al., 2005). Os autores apontam que o conhecimento científico é frequentemente tratado em sala de aula por meio de uma lógica epistemológica - "epistemologia escolar" nos termos de Astolfi e Develay (1990, p. 48) - que dificulta a compreensão sobre a natureza da ciência (epistemologia da ciência formal/profissional).

Logo, é reforçada a relevância de pesquisas que ajudem a compreender características da ciência e do seu ensino, fornecendo indícios de como a sociedade tem se relacionado e/ou deveria se relacionar com os conhecimentos científicos. Uma forma de investigar essas relações é analisando elementos do processo conhecido como transposição didática.

Chevallard (2000) afirma que o *saber sábio* (ou saber de referência), aquele produzido pela comunidade científica, sofre várias modificações até se tornar objeto de ensino. O primeiro passo compreende a transformação do saber sábio em *saber a ensinar*, presente nos programas e materiais didáticos, enquanto o segundo passo transforma o saber a ensinar em *saber ensinado*, aquele efetivamente desenvolvido em sala de aula por meio da comunicação educador-educando. Durante o percurso dessas mudanças, chamado pelo autor de transposição didática, o conhecimento escolar tende a se afastar de alguns aspectos do conhecimento produzido pelos cientistas e da lógica envolvida nessa produção, já que precisa se adequar a novas demandas e contextos culturais. Assim, o modelo da transposição ajuda a refletir sobre quais conteúdos são priorizados no contexto escolar, com quais abordagens, e mantendo quais correspondências com a natureza da ciência.

Também é importante realizar estudos sobre transposição didática que discutam com mais profundidade especificidades das diferentes áreas científicas (física, química, biologia, e

suas respectivas subáreas), já que epistemologias podem variar dependendo do campo (MAYR, 1988), resultando também em metodologias de ensino domínio dependentes (KUHN; CHENEY; WEINSTOCK, 2000).

1.2. Discussões históricas e epistemológicas sobre a ecologia

A reflexão insuficiente sobre a epistemologia da ecologia foi apontada como um dos obstáculos ao desenvolvimento dessa disciplina nos programas escolares (CHERIF, 1992). A menor atenção dispensada a questões epistemológicas da ecologia, quando comparada à física, química ou à própria biologia, poderia estar relacionada a três principais razões: i) compreender uma área com uma variedade muito grande de subcampos (objetos de estudo e perspectivas teórico-metodológicas), ii) ser uma ciência relativamente jovem, e iii) ter pesquisadores menos engajados nesse tipo de discussão (WILSON, 2009).

No século XIX, a biologia concentrou-se nos aspectos funcionais dos organismos individuais, tornando-se essencialmente sinônimo de fisiologia. Entretanto, é necessário reconhecer que de alguma forma a história natural continuou influenciando fortemente o seu desenvolvimento. Não mais praticada como no século XVII e início do XVIII segundo as tradições indutivistas baconiana e aristotélica, a história natural transformada ajudou a libertar a biologia dos moldes das ciências físicas. Trabalhos como o de Buffon no final do século XVIII teriam contribuído para essa transformação da história natural, que passa de mera descrição dos fatos para a compreensão histórica da natureza como um processo temporal e dinâmico (LYON; SLOAN, 1981). A maior aquisição da biologia do século XIX – a teoria evolutiva de Darwin – é amplamente um produto da história natural.

Do mesmo modo, a ecologia foi descrita inicialmente por grandes expoentes da ecologia vegetal americana como uma parte da fisiologia ou até como sinônimo desta (MCINTOSH, 1986). Já os especialistas em ecologia animal descreveram a ecologia como sendo a "nova história natural" ou a "história natural científica" (ELTON, 1927). Portanto, a ecologia parece ter assumido a disputa que antecede a sua origem: a "guerra" entre naturalistas e experimentalistas (fisiologistas) do século XIX, dificultando o posicionamento dos ecólogos, que até hoje discutem se devem enfatizar estudos experimentais típicos da tradição mecanicista e reducionista da fisiologia ou uma abordagem holística, para a qual laboratório e equações matemáticas perfeitas são insuficientes (CANNON, 1978).

Essas tensões podem ser atribuídas justamente às raízes múltiplas da ecologia (ODUM, 1964). Um episódio histórico que elucida bem a tensão entre holismo e reducionismo nessa ciência foi o embate entre as perspectivas teóricas de Clements e Gleason sobre o conceito ecológico de comunidade. O primeiro autor entendia a comunidade como sendo um superorganismo – entidade com limites bem definidos, que também nasce, se desenvolve e morre, de forma altamente previsível. O segundo autor opôs a esse conceito holístico um conceito individualista, questionando a existência das fronteiras nítidas e da interdependência entre os componentes de uma comunidade defendidas por Clements. O conceito holístico fortaleceu a ideia de hierarquização e propriedades emergentes dos objetos de estudo da ecologia, e comunidades, por exemplo, um objeto de estudo diferente de populações ou

organismos individuais, teriam propriedades únicas, não encontradas com o estudo isolado de suas partes (estudo em níveis hierárquicos mais baixos).

O debate se torna ainda mais complexo, uma vez que por trabalhar com múltiplos problemas, investigar diferentes grupos de organismos em diferentes níveis, os ecólogos buscam generalizações em diferentes escalas. Os próprios termos holismo e reducionismo se tornam muito relativos para serem aplicados à ecologia como um todo e passam a depender do nível de organização considerado (MARTINS; COUTINHO, 2010). Assim, por exemplo, a autoecologia poderia ser vista como holística com relação à fisiologia, mas reducionista com relação à ecologia de comunidades.

Diante de raízes e interesses tão plurais, uma grande variedade de métodos e abordagens investigativas se desenvolveram dentro da ecologia (SPIEGELBERGER et al., 2012). As pesquisas iniciais dos ecólogos eram predominantemente baseadas no monitoramento ambiental, incluindo observações descritivas e/ou comparativas dos fenômenos na natureza por um longo período. Posteriormente, experimentos laboratoriais e experimentos em campo foram introduzidos para tentar delimitar melhor os mecanismos causais responsáveis por certos eventos observados e garantir certas generalizações (MCINTOSH, 1986). Com o acúmulo de dados, no século XX emergiram novas abordagens envolvendo modelos estatísticos ainda mais comprometidos em prever e generalizar padrões ecológicos (COUDUN; GÉGOUT, 2006). Com o auxílio da tecnologia, essas metodologias continuaram se diversificando e aperfeiçoando, e atualmente existem, por exemplo, ferramentas de sensoriamento remoto, computadores e softwares que ampliaram o potencial dos registros de campo e das análises. Segundo Wilson (2009), esses avanços mostram a preocupação dos ecólogos em caracterizar e prever o comportamento dos fenômenos estudados, traduzindo de forma matemática os seus mecanismos subjacentes.

Refletindo sobre as contribuições históricas de alguns autores, Wilson (2009) aponta que a introdução de modelos matemáticos e estatísticos na ecologia contribuiu grandemente para o seu desenvolvimento enquanto disciplina científica, avançando de atividades unicamente de descrição e classificação para esforços na constituição de teorias mais gerais. Um exemplo poderia ser o modelo proposto por Paine (1966) sobre a atuação das interações ecológicas na regulação da diversidade de espécies em um ambiente.

Foi a partir de contribuições como a de Paine (*op. cit.*), Janzen (1970) e Connell (1971), que as interações ecológicas passaram a ser vistas como as principais forças ecológicas e evolutivas atuantes sobre os organismos tanto em nível individual, como de população e comunidade (HULME; BENKMAN, 2002). A predação, por exemplo, apesar de prejudicar o sucesso reprodutivo dos organismos (predados), exerce papel ecológico fundamental, influenciando a distribuição espacial (NATHAN; CASAGRANDI, 2004) e a abundância dos indivíduos nas populações, assim como a estrutura e a composição (HOWE; BROWN, 1999) que regulam as comunidades (MARON; SIMMS, 2001) e interferem no funcionamento dos ecossistemas e na evolução da biodiversidade (BASCOMPTE et al., 2006).

Dessa forma, o conceito de interações parece refletir bem a variedade de níveis hierárquicos e objetos estudados pelos ecólogos profissionais, sendo um tópico interessante

para discutir em que medida esse pluralismo pode ser transposto para a ecologia escolar (ou ecologia a ser ensinada). Defende-se que esse tópico poderia ser explorado nas salas de aula para ampliar tanto a compreensão de conceitos biológicos chave como de aspectos epistemológicos importantes do empreendimento científico, dois primeiros eixos do processo de alfabetização científica (SASSERON, 2008). Considerando a grande apropriação histórica do conhecimento ecológico para discussões socioambientais, também é possível destacar o potencial da ecologia para contemplar o terceiro eixo estruturante: o entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Portanto, este artigo teve como objetivo analisar o processo de transposição envolvido na elaboração de uma sequência didática (SD) voltada para a alfabetização científica na ecologia.

Sequências didáticas são temas de interesse da área do ensino de ciências há bastante tempo (GIORDAN et al., 2011) e podem ser vistas como conjuntos de "atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos" (ZABALA, 1998, p. 18). Historicamente, no cenário nacional e internacional, as sequências didáticas têm sido utilizadas como instrumentos de planejamento do ensino e também como objetos de pesquisa, criando condições favoráveis para os alunos se apropriarem de ferramentas culturais próprias da comunidade científica (ALMOULOU; COUTINHO, 2008), e permitindo a análise desse processo. Investigar o desenvolvimento de uma SD pode auxiliar a compreender como aproximar a ciência de referência e a ciência escolar, evidenciando para pesquisadores e professores, fatores importantes dos processos de transposição didática e alfabetização científica, e estimulando o diálogo entre a pesquisa no ensino e a sala de aula.

2. Analisando a elaboração da sequência didática

A sequência didática descrita e analisada a seguir refere-se a um dos vários materiais instrucionais que vem sendo produzidos pelo Grupo de Pesquisa em Linguagem e Ensino de Ciências (LINCE). Esses materiais compõem "um certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática" (PAIS, 2002, p. 102). Logo, são atividades concebidas como ferramentas de ensino e como ferramentas metodológicas para a coleta de dados nas investigações em educação em ciências. O conhecimento de referência utilizado para o desenho da sequência didática envolveu os dois referenciais teóricos apresentados na introdução: i) o ensino de ciências e ii) a ecologia. Com relação ao ensino, o foco esteve na alfabetização científica e nos artigos acadêmicos que defendem a importância das práticas discursivas para ajudar os alunos a compreenderem a natureza do fazer científico. Já a escolha por trabalhar com a ecologia decorreu da literatura que discute as particularidades e complexidade dessa área. Dentro do conteúdo específico da ecologia, o conceito escolhido para o tema da sequência foi "interações ecológicas".

Examinando alguns conteúdos predominantes em livros-texto de biologia para Ensino Médio (livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino

Médio - PNLEM¹ 2007/2009), percebeu-se que o conceito de interações ecológicas é majoritariamente tratado em nível de organismo. Os livros classificam, por exemplo, a predação como interação negativa, desarmônica ou prejudicial, enfatizando assim, os seus efeitos apenas para o organismo (indivíduo) que é predado, e não para outros níveis hierárquicos fundamentais da biologia (população, comunidade, ecossistema). Como apresentado na introdução, as pesquisas iniciais dos ecólogos priorizavam os organismos como foco de análise, e eram predominantemente descritivas, mas posteriormente, passaram a estudar padrões complexos em níveis hierárquicos mais amplos como comunidades e ecossistemas. Aparentemente, essas outras abordagens e preocupações da ecologia profissional não são contempladas pelos livros.

Pensando nas discussões sobre alfabetização científica, os livros também foram analisados com relação ao tipo de questões e atividades propostas aos alunos, e não foram encontradas questões problematizadoras, como aquelas recomendadas por Guisasaola, Furió e Ceberio (2006), com potencial para estimular práticas científicas como: raciocínio lógico e proporcional, levantamento e teste de hipóteses, interpretação de dados e uso de evidências, construção e defesa de modelos explicativos, dentre outras.

Dessa forma, a revisão de alguns artigos e dos livros-texto de biologia permitiram uma reflexão sobre os dois referenciais de partida escolhidos para a transposição didática, o que culminou com o desenho dos três primeiros elementos da SD: tema, conteúdos e objetivo geral (Fig. 1).

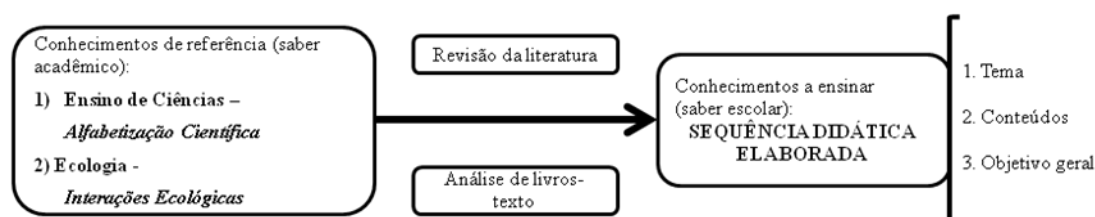


Figura 1 - Primeiros elementos da transposição didática envolvida na elaboração da SD (esquema adaptado de Puig e Jiménez, 2012).

Pensando em aproximar os alunos de discussões sobre níveis hierárquicos superiores da ecologia, o *tema* escolhido para a sequência didática foi: "a influência de interações ecológicas na ecologia de comunidades". Para trabalhar não apenas *conteúdos* conceituais, mas algumas "práticas discursivas do fazer científico", o *objetivo* geral pensado foi: "construir e defender explicações científicas para resolver um problema ecológico".

A importância de partir de um problema central capaz de ganhar a atenção dos alunos, ao invés de um imenso corpo teórico descontextualizado e distante como o frequentemente encontrado nos livros, é um pressuposto dos referenciais que defendem o ensino por investigação e a alfabetização científica. O ensino por investigação caracteriza-se pela proposição de um problema cuja resolução exija o diálogo e a liberdade intelectual dos

¹ Programa implementado em 2004 pela Resolução nº 38 do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Disponível em: <ftp://ftp.fnede.gov.br/web/resolucoes_2003/res038_15102003.pdf>. Acesso em: 23 out. 2013.

estudantes, levando-os ao desenvolvimento de habilidades inerentes ao trabalho científico como: descrever, explicar, argumentar, generalizar, dentre outras (CARVALHO, 2013). Para o grupo Lince, o problema de uma SD é entendido como uma pergunta de dimensão conceitual, que busca explorar determinados conhecimentos com a finalidade de estabelecer interações discursivas entre professor e alunos, e assim favorecer a apropriação de conceitos e modelos científicos e de práticas do fazer científico (GEHLEN; DELIZOICOV, 2011).

A partir de um artigo clássico da ecologia - "Herbivores and the number of tree species in tropical forests" (JANZEN, 1970), o *problema* da sequência didática foi desenhado: "por que duas florestas em ambientes com características abióticas semelhantes exibem diversidades diferentes?". Essa foi basicamente a pergunta de Janzen (1970), interessado em explicar alguns padrões que vinha observando em comunidades vegetais. Os padrões de determinadas florestas, comparadas a outras, referiam-se ao maior número de espécies de árvore, acompanhado por menor densidade de cada espécie, e distribuição mais regular das plantas adultas. O modelo explicativo proposto pelo autor é que maiores taxas de predação de sementes, ao diminuírem o recrutamento de plantas nas proximidades de adultos co-específicos, regulam a densidade populacional e distribuição dessas espécies, deixando na floresta espaços abertos para o estabelecimento de outras competitivamente inferiores, e contribuindo assim para aumentar a diversidade nesses ambientes (JANZEN, 1970). Esse trabalho representa um episódio histórico importante por inverter a lógica, predominante na época, de descrever os efeitos dos recursos abióticos na manutenção de uma comunidade, para descrever a influência da própria comunidade de espécies (e suas interações) na determinação dos recursos e na sua regulação.

Do ponto de vista pedagógico, além de abordar um problema da ecologia de comunidades, e que relativiza a visão sobre prejuízos ou benefícios das interações ecológicas, as contribuições de Janzen (1970) permitem trabalhar como algumas dessas interações (predação e competição) atuam de forma conjunta na natureza.

Para desenhar as principais *etapas* e práticas envolvidas na resolução do problema central da SD, e consonantes com os pressupostos da alfabetização científica, foi utilizado o modelo da "predição-observação-explicação" proposto por Erduran (2006), favorável à promoção da prática explicativa e argumentativa no contexto escolar, exatamente o objetivo da atividade. Desse modo, a estrutura final da SD foi obtida (Tabela 1):

Tabela 1 - Estrutura da sequência didática elaborada.

Etapas	Descrição	Objetivos específicos
Apresentação do problema central da SD	Momento de identificação das variáveis (do fenômeno) a serem explicadas	A partir de um mapa de duas áreas florestais (ver Anexo), identificar as diferenças entre as duas vegetações e levantar diversas hipóteses explicativas sobre as prováveis causas dessas diferenças
1ª PREDIÇÃO	Levantamento da primeira hipótese na forma de	Apoiando-se em dados teóricos sobre o ciclo de vida de besouros predadores

	enunciado dedutivo	hipotético-	de sementes, prever (inferir) a relação entre taxas de predação de sementes e abundância de plantas
1ª OBSERVAÇÃO	Teste da primeira hipótese (comparação entre os resultados hipotetizados e os resultados observados)		Usar dados empíricos (observacionais) sobre as taxas de predação das espécies vegetais nas duas florestas para avaliar a validade da predição feita na etapa anterior
2ª PREDIÇÃO	Levantamento da segunda hipótese na forma de enunciado dedutivo	hipotético-	Apoiando-se em dados teóricos sobre competição entre plantas, prever (inferir) a relação entre abundância de uma espécie vegetal mais competitiva e abundância de uma menos competitiva
2ª OBSERVAÇÃO	Teste da segunda hipótese (comparação entre os resultados hipotetizados e os resultados observados)		Usar dados empíricos (experimentais) sobre a competição entre as espécies vegetais para avaliar a validade da predição feita na etapa anterior
EXPLICAÇÃO	Elaboração da resposta final para o problema central		Com base em todos os dados fornecidos, construir e defender uma explicação final para o fenômeno abordado. A ideia é perceber a insuficiência de cada hipótese para resolver o problema quando consideradas isoladamente, e construir um modelo explicativo envolvendo ambas

Como é possível notar, o problema central da sequência didática e o modelo explicativo que ela almeja construir são semelhantes aos que ecólogos como Janzen (1970) e Connell (1971) propuseram para compreender melhor alguns fenômenos da biologia, o que torna a atividade uma tentativa de aproximar a ecologia de referência e a ecologia escolar. Nem todos os aspectos da ecologia profissional são contemplados (o trabalho de campo, a coleta e o tratamento estatístico de dados, dentre outros), mas isso é inevitável no processo da transposição didática. Uma sala de aula tem regras e compromissos epistêmicos diferentes daqueles partilhados entre cientistas, e o ensino de ecologia não tem como objetivo formar ecólogos. Em função disso, outros fatores como o público-alvo e limitações logísticas também influenciaram as decisões metodológicas envolvidas no desenho dos elementos finais da atividade (Fig. 2). Intervenções pedagógicas longas e fora da sala de aula se tornam inviáveis para a maioria dos professores e alunos, seja pela falta de infraestrutura e apoio da direção, ou

por limitações de tempo impostas pela organização curricular e cronograma da escola, motivo pelo qual a estrutura da sequência não incluiu saídas de campo ou protocolos experimentais.

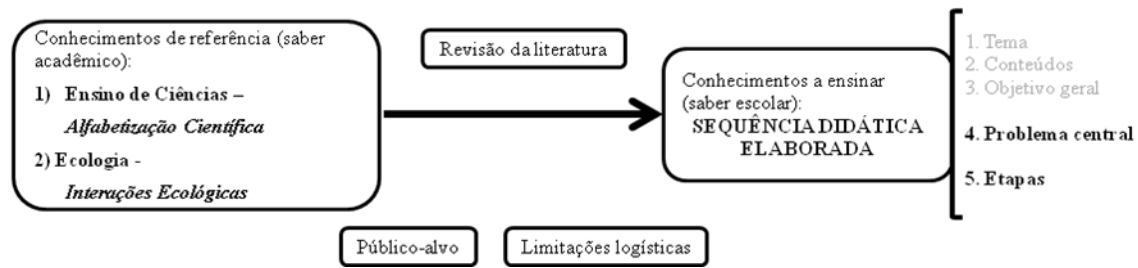


Figura 2 - Elementos finais da transposição didática envolvida na elaboração da SD (adaptado de Puig e Jiménez, 2012).

3. Considerações finais

O modelo da transposição didática ajudou a sistematizar a descrição da sequência didática elaborada, destacando fatores relevantes para operacionalizar o uso de referenciais do ensino de ciências e da ecologia no desenho de uma atividade voltada para a alfabetização científica. Esses fatores incluíram dimensões importantes da análise de sequências didáticas, como a dimensão epistemológica, relacionada aos conteúdos a serem aprendidos, aos problemas a serem resolvidos e à sua gênese histórica, e a dimensão didática, que analisa as restrições do próprio funcionamento das instituições de ensino (programas, cronogramas) (MÉHEUT, 2005).

Defende-se o potencial da SD para permitir que alunos atuem na resolução de um problema autêntico da ecologia e na (re)construção de um modelo explicativo extremamente relevante para essa ciência. Segundo Cavagnetto (2010), pesquisadores têm desenhado intervenções com diferentes orientações e problemas para estimular a alfabetização científica, por exemplo: i) por meio da resolução de questões sócio-científicas; ii) por meio da imersão em todas as etapas de uma investigação científica (planejamento de experimentos e manipulação de variáveis, registro e interpretação dos dados, dentre outras); iii) por meio de exercícios que focam a estrutura de um enunciado científico (identificação do que são dados, justificativas e conclusões); iv) por meio da construção de explicações (descrições e proposições de mecanismos causais) para ocorrência de fenômenos naturais. A sequência didática desenvolvida no presente artigo foca essa última orientação, que segundo a revisão de Cavagnetto (2010), é o tipo de intervenção mais escasso na literatura, intervenções que envolvem não apenas a defesa mas a construção de explicações e que prioriza conhecimentos científicos, e não éticos, morais, políticos ou outros.

Assim, a atividade visa estimular práticas e movimentos discursivos em sala de aula a partir de um problema estritamente científico, ressaltado aqui como fundamental para o ensino de ciências, já que a ciência não aborda apenas dilemas de relevância social e argumenta de modo diferente dependendo das questões com as quais lida. Se apropriar então da forma de explicar e argumentar em contextos mais específicos pode ajudar a compreender

alguns aspectos da natureza da ciência não priorizados em sequências didáticas que privilegiam temas sócio-científicos (CAVAGNETTO, 2010).

A revisão de Cavagnetto (2010), assim como o levantamento realizado por Giordan e colaboradores (2011) sobre trabalhos envolvendo sequências didáticas no ensino de ciências, sinalizam falta de rigor e clareza na descrição dessas atividades, apontando a importância de esforços, como o do presente artigo, para ampliar essa literatura.

Também é importante lembrar que nosso estudo não se configura como um esforço para desqualificar o livro didático. Ao contrário, esta investigação emerge do referencial da transposição didática e portanto da compreensão sobre a necessidade de transformar os saberes de referência em saberes adequados a outros contextos e públicos, e é justamente por essa razão que o Grupo LINCE tem investido na elaboração de sequências didáticas e na análise desses materiais. Esperamos que essas iniciativas ajudem os diferentes profissionais da educação a pensar como construir atividades inovadoras para o ensino de biologia/ecologia. Esperamos também que publicações futuras apresentem resultados sobre a aplicação dessas atividades e permitam avançar na discussão, analisando o segundo passo da transposição: transformação da ecologia a ser ensinada em ecologia efetivamente ensinada.

Finalmente, é importante ressaltar que a atividade foi concebida para alunos do ensino médio, mas não como uma aula pronta e estanque, e sim como um roteiro que pressupõe adaptações a contextos específicos de aplicação, afinal como Chevallard (2000) apontou, o processo de transposição didática só finaliza quando a aula termina. Todas as sequências didáticas do grupo LINCE pressupõem a autonomia dos educadores para adequarem as atividades às demandas particulares dos contextos nos quais atuam. Dessa forma, o professor pode fazer alterações como: trazer outros exemplos, incluindo alguns da sua realidade local; explicar gráficos e tabelas; mudar ordem das perguntas e atividades; inserir outras perguntas; acrescentar elementos que tenham relação com assuntos tratados em aulas anteriores ou posteriores do curso; utilizar as ideias e dúvidas dos alunos para fomentar a discussão; pedir para que os alunos façam as atividades sozinhos ou em pequenos grupos; substituir vídeos por textos e slides por esquemas na lousa, dentre outras.

4. Referências Bibliográficas

ALMOULOUD, S. A.; COUTINHO, C. D. Q. E. S. (2008). Engenharia Didática: características e seus usos em trabalhos apresentados no GT-19/ANPEd. **REVEMAT: Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 3, p. 62-77.

ASTOLFI, J.; DEVELAY, M. (1990). **A Didática das Ciências**. Campinas: Papirus.

BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; OLESEN, J. M. (2006). Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. **Science**, v. 312, p. 431-433.

CACHAPUZ, A.; GIL, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (2005). **A Necessária Renovação do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez.

CANNON, S. F. (1978). **Science in Culture: The Early Victorian Period**. New York: Dawson and Science History.

- CARVALHO, A. M. P. (2013). **Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. Editora: Cengage Learning.
- CAVAGNETTO, A. R. (2010). Argument to Foster Scientific Literacy: A Review of Argument Interventions in K-12 Science Contexts. **Review of Educational Research**, v. 80, p. 336-371.
- CHERIF, A. H. (1992). Barriers to ecology education in North American high schools: another alternative perspective. **Journal of Environment Education**, v. 23, p. 36-46.
- CHEVALLARD, Y. (2000). **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique.
- CONNELL, J. H. (1971). On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animal and in rain forest trees. In: Den Boen, P.J.; Gradwell, P.R. (eds.). **Dynamics of populations**. Wageningen: Pudoc, p. 298-312.
- COUDUN C.; GÉGOUT J. C. (2006). The derivation of species response curves with Gaussian logistic regression is sensitive to sampling intensity and curve characteristics. **Ecological Modelling**, v. 199, p. 164-175. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.05.024>>. Acesso em: 12 abr. 2010.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, v. 84, p. 287-312.
- ELTON, C. (1927). **Animal Ecology**. London: Sidwick & Jackson.
- ERDURAN, S. (2006). Promoting ideas, evidence and argument in initial science teacher training. **School Science Review**, v. 87, p. 45-50.
- FOUREZ, G. (1994). **Alphabétisation Scientifique et Technique – Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences**. Bruxelas: DeBoeck-Wesmael.
- GEHLEN, S. T.; DELIZOICOV, D. (2011). A função do problema na Educação em Ciências: estudos baseados na perspectiva Vygotskyana. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.11, p. 123-144.
- GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A. F.; MASSI, L. (2011). Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Campinas. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**. Florianópolis: ABRAPEC. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0875-3.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2013.
- GUISASOLA, J.; FURIÓ, C.; CEBERIO, M. (2006). Science education based on developing guided research. In: Thomase, M.V. (ed.). **Science Education in Focus**. New York: Nova Science Publishers, p. 55-85.
- HOWE, H. F.; BROWN, J. S. (1999). Effects of birds and rodents on synthetic tall-grass communities. **Ecology**, v. 80, p. 1776-1781.
- HULME, P. E.; BENKMAN, C. W. (2002). Granivory. In: Herrera, C.M.; Pellmyr, O. (eds.). **Plant Animal Interactions. An Evolutionary Approach**. Oxford: Blackwell Science, p. 77-154.

- HURD, P. D. (1998). Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. **Science Education**, v. 82, p. 407-416.
- JANZEN, D. H. (1970). Herbivores and the number of trees species in tropical forests. **American Naturalist**, v. 104, p. 501- 528.
- JIMÉNEZ, M. P. A. (2003). La cultura científica en las clases de ciências: comunidades de aprendizaje. **Quark: Ciência, medicina, comunicación y cultura**, v. 28, p. 57-62. Disponível em: <<http://quark.prbb.org/28-29/028057.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2013.
- JIMÉNEZ, M. P. A.; DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, p. 359-370.
- KELLY, G. J.; TAKAO, A. (2002). Epistemic Levels in Argument: An Analysis of University Oceanography Students' Use of Evidence in Writing. **Science Education**, v. 86, p. 314-342.
- KUHN, D.; CHENEY, R.; WEINSTOCK, M. (2000). The development of epistemological understanding. **Cognitive Development**, v. 15, p. 309– 328.
- LYON, J.; SLOAN, P. R. (1981). **From Natural History to the History of Nature: Readings from Buffon and His Critics**. Notre Dame: University of Notre Dame Press.
- MAINGUENEAU, D. (2000). **Termos-chave da análise do discurso**. Belo Horizonte: Editora UFMG. (Tradução do original francês Les termes clés de l'analyse du discours, 1987).
- MARON, J. R.; SIMMS, E. L. (2001). Rodent-limited establishment of bush lupine: field experiments on the cumulative effect of granivory. **Journal of Ecology**, v. 89, p. 578–588.
- MARTINS, R. P.; COUTINHO, F. A. (2010). Possibilidades e limitações da análise e síntese em Ecologia: uma discussão necessária na formação de ecólogos. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 7, p. 36-54.
- MAYR, E. (1988). **Toward a new philosophy of biology**. Cambridge: Harvard University Press.
- MCINTOSH, R. P. (1986). **The background of Ecology: Concept and Theory**. Cambridge: Cambridge University Press.
- MÉHEUT, M. (2005). Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: Boersma, K. E. A. (ed.). **Research and quality of science education**. Netherlands: Springer, p. 195-207.
- MILLER, J. D. (1983). Scientific Literacy: a conceptual and empirical review. **Daedalus**, v. 112, p. 29-48.
- MORTIMER, E. F.; CHAGAS, A. N.; ALVARENGA, V. T. (1998). Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas de vestibulandos. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 3, p. 1-11.
- NATHAN, R.; CASAGRANDE, R. (2004). A simple mechanistic model of seed dispersal, predation and plant establishment: Janzen-Connell and beyond. **Journal of Ecology**, v. 92, p. 733–746.

- NORRIS, S. P.; PHILLIPS, L. M. (2003). How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy. **Science Education**, v. 87, p. 224-240.
- ODUM, E. P. (1964). The new ecology. **BioScience**, v. 14, p. 14-16.
- OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, p. 994-1020.
- PAINE, R. T. (1966). Food Web Complexity and Species Diversity. **The American Naturalist**, v. 100, p. 65-75.
- PAIS, L. C. (2002). **Didática da Matemática: uma análise da influência francesa**. Belo Horizonte: Autêntica.
- PUIG, B.; JIMÉNEZ, M. P. A. (2012). **O desempenho da competência de uso de probas sobre expresión dos xenes en secundaria**. Tese de Doutorado. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Espanha.
- SANDOVAL, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. **Science Education**, v. 89, p. 634-656.
- SASSERON, L. H. (2008). **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estruturas e Indicadores deste processo em sala de aula**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. (2011). Uma análise de referenciais teóricos sobre a estrutura do argumento para estudos de argumentação no ensino de ciências. **Revista Ensaio**, v. 13, p. 243-262.
- SEDANO, L.; OLIVEIRA, C. M. A.; SASSERON, L. H. (2010). Análise de sequências didáticas de ciências: enfocando o desenvolvimento dos argumentos orais, da escrita e da leitura de conceitos físicos entre alunos do ensino fundamental. In: **XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Águas de Lindóia.
- SPIEGELBERGER, T.; GILLET, F.; AMIAUD, B.; THÉBAULT, A.; MARIOTTE, P.; BUTTLER, A. (2012). How do plant community ecologists consider the complementarity of observational, experimental and theoretical modelling approaches? **Plant Ecology and Evolution**, v. 145, p. 4-12.
- WILSON, B. (2009). **Integrated History and Philosophy of Science 2**. Notre Dame: University of Notre Dame Press.
- ZABALA, A. (1998). **A prática educativa**. Porto Alegre: Artmed.