



Revista Tópicos Educacionais

Revista Tópicos Educacionais

E-ISSN: 2448-0215

revistatopicoseducacionais.ce@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco

Brasil

Lopes Scarpa, Daniela; Sasseron, Lúcia Helena; Batistoni e Silva, Maíra
O Ensino por Investigação e Argumentação em Aulas de Ciências Naturais
Revista Tópicos Educacionais, vol. 23, núm. 1, enero-junio, 2017, pp. 7-27

Universidade Federal de Pernambuco

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672770874001>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc



Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Revista

Tópicos Educacionais

ISSN: 2448-0215 (VERSÃO ON-LINE)

O Ensino por Investigação e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais

Inquiry-Based Teaching and Argumentation in Science Education

Daniela Lopes Scarpa

Professora Doutora Departamento de Ecologia
Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo (USP)
dlscarpa@usp.br

Lúcia Helena Sasseron

Professora Doutora Departamento de Metodologia do Ensino
e Educação Comparada -Faculdade de Educação
Universidade de São Paulo (USP)
sasseron@usp.br

Maíra Batistoni e Silva

Professora Adjunta Setor de Educação do Departamento
de Ciências Exatas e da Terra
Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)
batistoni.maira@unifesp.br

Resumo: Neste trabalho, caracterizamos o ensino de ciências por investigação e discutimos de que maneira atividades investigativas criam um ambiente de aprendizagem propício ao exercício da argumentação científica. Defendemos que a ampliação das dimensões do ensino de ciências para além da aprendizagem de conceitos envolve uma abordagem que conte com os três eixos estruturantes da Alfabetização Científica e que a perspectiva do Ensino de Ciências por Investigação contribui para isso. Ao investigar uma situação contextualizada, o estudante tem a possibilidade de elaborar uma pergunta científica, planejar um desenho para responder à pergunta, coletar dados, organizá-los e interpretá-los. Nesse processo, produz argumentos científicos ao relacionar variáveis e construir explicações baseadas em evidências. Por meio de um exemplo de sequência didática investigativa sobre ecologia, procuramos mostrar a importância da mediação do professor nesse processo.

Palavras-chave: alfabetização científica, ensino de ciências por investigação, argumentação, ensino de ecologia.

Abstract: In this paper, we aim to characterize the inquiry-based teaching and discuss in what way inquiry activities play a role in creating learning environments that enable the exercise of scientific argumentation. We argue that in order to contemplate the dimensions of science education, teachers have to involve the three structuring axes of Scientific Literacy and have to consider that the inquiry-based approach contributes to this. When investigating a contextualized situation, students can elaborate scientific questions, design ways to answer the questions, collect data, organize and interpret them. In this process, they are able to produce scientific arguments by relating variables and constructing evidence-based explanations. Through an example of an investigative didactic sequence on ecology, we demonstrate the importance of the role of the teacher in the process.

Keywords: scientific literacy, inquiry-based science education, argumentation, ecology teaching.

O ENSINO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA: Objetivos e Recomendações

Ao abrir jornais e revistas ou consultar a internet e a TV, é comum encontrarmos todos os dias histórias de violência, descaso e omissão envolvendo a escola ou o processo educativo, de modo mais amplo. Aspectos como esses certamente impactam a população com relação ao valor que dão à profissão de professor e podem, em um extremo, impactar negativamente a percepção da escola como espaço formativo.

Na mesma medida, notícias diárias informam-nos sobre novidades tecnológicas e científicas, problemas ambientais, impactos de novos hábitos na vida da sociedade.

No meio a tudo isso, figuram as ciências da natureza.

O que são as ciências da natureza ensinadas nas salas de aula? Além de aspectos ligados ao exacerbado oferecimento de informações, as ciências da natureza aprendidas na escola podem ser encaradas como um corpo de conhecimentos da humanidade ou é um rol de fatos?

Derivam desses questionamentos perguntas centrais: Por que ensinar ciências? Para que aprender ciências?

Uma análise de documentos oficiais é capaz de oferecer um panorama do que se espera para o ensino de ciências da natureza em todos os níveis da escolarização básica.

No Ensino Fundamental, a tendência é tratar as ciências da natureza de modo conectado. Nos anos iniciais, considerando que os estudantes estão na faixa entre 6 e 11 anos de idade, as discussões centram-se na apresentação de fenômenos naturais e na busca pela construção de noções científicas pelos estudantes. Recentemente, as normativas do

MEC para a avaliação de livros didáticos pelo PNLD destacam que o ensino das ciências deve ser capaz de “*familiarizar o estudante com a pesquisa, orientando-o para a investigação de fenômenos e temas*” (PNLD, 2013, p. 40). Os anos finais do Ensino Fundamental são marcados pelo início da formalização dos conhecimentos sobre os fenômenos naturais e aspectos mais próximos à epistemologia de cada uma das disciplinas começam a ser discutidos com os estudantes. Já o Ensino Médio é marcado pela abordagem mais aprofundada dos corpos disciplinares, sendo, portanto, o momento de sistematizar e aprofundar os conhecimentos de acordo com suas especificidades.

No entanto, nas aulas de ciências, os conhecimentos científicos não estão presentes de maneira isolada. Os estudantes trazem suas próprias concepções e explicações sobre os fenômenos naturais, baseadas na sua experiência de vida, nas informações bombardeadas todos os dias pela mídia, pelos produtos à venda, etc. O que fazer nesse cenário? Quais os objetivos do ensino de ciências nesse contexto? O professor deve ignorar esses conhecimentos? Deve organizar seu curso de maneira a fazer com que os alunos substituam suas crenças e concepções pelo conhecimento científico? Ou deve possibilitar oportunidades de compreensão da forma científica de pensar o mundo?

Considerar o conhecimento científico produzido pela Ciência Moderna Ocidental uma forma superior em relação a outros tipos de conhecimento, em que a explicação científica é a única e mais correta explicação da realidade, pode levar a um modelo de ensino em que as ideias prévias dos estudantes são ignoradas e a aprendizagem se torna um processo passivo de recepção de informações científicas prontas e acabadas. Essa visão absolutista da ciência não contribui com uma educação pluralista e culturalmente inclusiva, na qual a tolerância e o respeito às diferentes visões de mundo podem e devem fazer parte dos objetivos de qualquer processo educativo (EL-HANI; MORTIMER, 2007).

Em contraposição a essa concepção, considerar a variedade de ideias e conceitos que crianças e adolescentes apresentam sobre os fenômenos e entender a construção de conhecimento como um processo ativo do aprendiz passam a ser características privilegiadas de uma abordagem que tenta aproximar de maneira mais integradora a ciência realizada na academia da sala de aula. O modelo de ensino utilizado para em prática essa abordagem ficou conhecido como *mudança conceitual*, no qual o objetivo é o de transformar as concepções espontâneas dos estudantes nos conceitos científicos por meio de situações de conflito, especialmente experimentais (MORTIMER, 1996).

Os passos envolvidos no planejamento de sequências didáticas que tem como objetivo a mudança conceitual envolvem a identificação e conscientização das concepções espontâneas dos alunos sobre um determinado fenômeno, a proposição de atividades que visam o questionamento de tais ideias (mostrando que essas ideias falham em explicar determinado aspecto do fenômeno), a introdução ou elaboração de novos conceitos que expliquem melhor o fenômeno (e que estejam de acordo com o que é aceito cientificamente) e a geração de oportunidades de aplicação dessas novas ideias (DRIVER, 1986).

Apesar desse modelo trazer uma nova perspectiva ao ensino de ciências, chamando a atenção para a importância do que o estudante já traz como conhecimentos e crenças para a sala de aula e considerando o processo de aprendizagem como uma construção ativa do sujeito, o seu objetivo de provocar a substituição radical de conceitos se mostrou ineficaz e sofreu diversas críticas de pesquisadores e educadores.

Em primeiro lugar, vários estudos sobre as concepções espontâneas demonstraram que elas são bastante resistentes à mudança e que, mesmo sendo submetidas a situações de conflito, muitas vezes não há construção de conhecimento novo, mas reafirmação do senso-comum (MORTIMER, 1996). A ideia de fotossíntese é um exemplo. Mesmo sendo submetido ao longo da escolarização a diversas situações de ensino em que é trabalhado o conceito de que o gás carbônico é a fonte de matéria orgânica para os vegetais que realizam a fotossíntese, em geral, o aluno permanece com a noção de que as plantas retiram o seu alimento do solo.

Além disso, outro problema dessa estratégia de ensino é que, muitas vezes, o estudante tem dificuldade em reconhecer os conflitos propostos pelo professor em diferentes situações e simplesmente criam hipóteses para acomodar as suas concepções prévias à perturbação (MORTIMER, 1996).

Seja por não promover o aprendizado de conhecimentos novos, seja por provocar insegurança, rejeição ou inibição dos alunos já que considera a aprendizagem como um processo de substituição de ideias menos elaboradas (dos estudantes) pelas mais elaboradas da ciência, a partir da década de 1990, os pesquisadores começaram a pensar em alternativas para o ensino de ciências por mudança conceitual, propondo a possível convivência entre as explicações cotidianas e científicas. Um exemplo clássico da noção de *perfil conceitual* de Mortimer (1996) é sobre o conceito de frio. Esse conceito não existe cientificamente, mas a ciência aceita o conceito de energia que flui de um corpo a

outro. Substituir o conceito de frio/calor pelo conceito de energia significaria criar um empecilho na comunicação cotidiana e no compartilhamento de significados entre pessoas. De fato, mesmo um cientista renomado, que reconhece e comprehende o conceito de energia, não diria no seu dia-a-dia que vestirá "uma blusa de lã porque ela é um bom isolante térmico, impedindo que o corpo ceda calor para o ambiente", mas sim que veste "lã porque ela é quente e ele está com frio" (MORTIMER, 1996, p.26). Não há aí nada errado, mas a convivência entre dois grupos de conceitos que o cientista sabe em que contexto utilizar um e outro.

A premissa de que uma pessoa pode usar diferentes formas de pensar em diferentes domínios é bastante interessante por levar a uma visão de educação inclusiva e de respeito a diferentes pontos de vista. Nesse sentido, o objetivo do ensino de ciências não seria fazer com que os estudantes *acreditassem* na ciência, mas *compreendessem* a ciência. Parece óbvio, mas como professores, muitas vezes associamos a eficiência do processo de ensino e aprendizagem à apropriação dos conteúdos científicos. Um estudante religioso pode apresentar muita resistência para aprender a teoria da evolução por entender que o objetivo do professor é fazer com que ele substitua suas crenças pessoais pela teoria aceita cientificamente. Talvez, se o objetivo de ensino fosse compreender aquela teoria, sem a pretensão de acreditar, mas entender as razões pelas quais algumas pessoas e comunidades criaram e tem compartilhado esse conhecimento, todo o processo de ensino fosse mais produtivo. Nesse caso, seria possível que um estudante compreendesse a teoria da evolução sem, no entanto, acreditar nela (EL-HANI; MORTIMER, 2007).

Compreender as ideias científicas significa que os estudantes deveriam ser capazes de estabelecer conexões entre fenômenos e conceitos científicos; de dar significados a esses conceitos; ser capazes de aplicá-los nos diferentes contextos e ser capaz de entender o que conta como uma boa razão no domínio da ciência, embasando sua avaliação em evidências empíricas e teóricas (EL-HANI; MORTIMER, 2007, p.679).

Assumir o objetivo do ensino de ciências como o objetivo mais geral de compreender as ciências nos leva a outros questionamentos. De que ciências são essas que estamos falando? Em que consiste o fazer científico?

O ensino das ciências da natureza, por vezes, segue caminhos os quais não são capazes de oferecer aos estudantes uma visão mais global das ciências como campos de estudos e mais aprofundada com respeito ao próprio fazer científico.

Surge, então, um dilema: como conciliar o objetivo mais geral de levar os alunos a compreenderem o que são as ciências e os objetivos formativos que o ensino das ciências da natureza devem almejar nos anos da escolarização básica? Dito de outro modo: o ensino das ciências da natureza deve ser estruturado para formar pessoas interessadas em temas que envolvam as questões da natureza ou estaria voltado para a formação de jovens que almejam carreiras científicas?

Os objetivos de uma e outra formação trazem entre si um abismo que pode ser visto como intransponível, ou indesejável de se transpor, pelos alunos que estão em uma margem ou outra desta dicotomia.

Propomos um ensino cujo foco principal esteja voltado para o desenvolvimento de ferramentas intelectuais que propiciem a investigação e a resolução de situações cotidianas e, para os quais, as habilidades de expressão estejam em destaque. Acreditamos que esse tipo de ensino contribuirá tanto para a compreensão da ciência e seus processos, quanto para a formação de uma cidadão crítico aos assuntos do cotidiano que exijam um posicionamento frente às questões científicas.

Alfabetização Científica e a promoção de uma nova forma de pensar e agir

A ideia de Alfabetização Científica (AC) tem sido bastante discutida no âmbito dos documentos oficiais que tratam da formação dos estudantes da educação básica. Mas o que é Alfabetização Científica?

Por si só a Alfabetização Científica é complexa. Talvez, exatamente, por se tratar de um objetivo que não está apenas vinculado à escola, ainda que por ela perpassasse. A Alfabetização Científica não é uma habilidade, mas um conjunto delas; é uma atitude, uma maneira de se posicionar em sociedade com respeito a situações que envolvam as ciências. Por isso mesmo, a Alfabetização Científica não pode ser alcançada apenas por meio do ensino de conceitos científicos, ainda que eles sejam muito importantes para a mesma.

Nesse sentido, pensar a Alfabetização Científica significa ampliar as oportunidades dos estudantes aprenderem ciências para além dos conceitos científicos, envolvendo a forma de funcionamento das ciências, os procedimentos utilizados no

desenvolvimento da ciência, a natureza do conhecimento científico e as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. De forma geral, esses aspectos foram organizados em *três eixos estruturantes* da Alfabetização Científica por Sasseron e Carvalho (2008):

- O primeiro eixo estruturante refere-se à *compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais*. Concerne na possibilidade de trabalhar com os alunos a construção de conhecimentos científicos, destacando a especificidade do nível de ensino em que se encontram e da faixa etária a que pertencem. Esses conhecimentos devem permitir que os indivíduos possam aplicá-los em situações diversas e não apenas em situações didáticas.
- O segundo eixo diz respeito à *compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática*. Destaca-se, aqui, a necessidade de abordar a própria ciência como um corpo de conhecimentos em constantes transformações e que vai sendo complexificado ou modificado por meio de processos de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originam os saberes. O desenvolvimento deste eixo estruturante pode permitir ações críticas, investigativas e analíticas sempre que os indivíduos sejam apresentados a novas circunstâncias, as quais exigem reflexões e análises considerando-se o contexto antes de tomar uma decisão.
- O terceiro eixo estruturante compreende o *entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente*, e, portanto, envolve a possibilidade de que estas esferas sejam identificadas como relacionadas. Nesta perspectiva, este eixo estruturante coloca em voga a necessidade de se compreender as aplicações dos saberes construídos pelas ciências tendo o conhecimento das ações que podem ser desencadeadas pela utilização dos mesmos.

Os três eixos estruturantes podem ser considerados como marcos para o planejamento de cursos e aulas, e considerar os objetivos do ensino de ciências como compreensão dos três eixos estruturantes da AC implica em ampliar e aprofundar a visão dos estudantes sobre o que é a ciência e o seu papel na sociedade, contribuindo para a construção de raciocínio, de conhecimento e de tomada de posição.

Para engajar os indivíduos na Alfabetização Científica é necessária uma abordagem sobre os temas das ciências que permita aos alunos realizarem aquilo que é próprio das ciências: investigar situações problemáticas. Para tanto, o planejamento de

estratégias, a tomada de decisões, a comunicação de ações realizadas, a análise dos resultados obtidos e a elaboração de explicações sobre os fenômenos naturais são habilidades que estarão sendo colocadas em prática.

Pode-se pensar que isso pode ser feito em qualquer situação de vida, escolar ou não, envolvendo ciências ou outro assunto qualquer, contudo, falando em Alfabetização Científica, os problemas investigados, necessariamente, devem envolver conceitos científicos.

Mas se a Alfabetização Científica não se dá apenas na escola, onde ela se desenvolve?

Em qualquer lugar! Seja na sala de aula ou em casa, em um passeio à praia ou na visita a um museu, a Alfabetização Científica pode ser exercitada ou ser aprimorada sempre que houver oportunidade para que a análise de situações envolvendo as ciências, as tecnologias e os impactos que a elas infligimos ou delas sofremos sejam postas em pauta.

O contato com situações que peçam a análise sobre questões envolvendo as ciências tem potencial para o desenvolvimento da AC. Isso pode se dar tanto em casa, quanto em espaços não formais de educação, sejam parques, jardins botânicos, centros de ciências, museus.

Mas e a sala de aula? Certamente as aulas planejadas para que os alunos participem de situações a se investigar sobre problemas científicos têm potencial para promover ou iniciar o processo de Alfabetização Científica.

É preciso planejar para que a Alfabetização Científica ocorra. Sendo um objetivo do ensino das ciências, a Alfabetização Científica deve ser considerada desde o início do preparo de um curso e/ou de uma aula. Não se trata apenas de uma lista de tópicos a se cumprir; trata-se disso também, conciliado com formas de o professor agir em sala de aula, de modo que o aluno seja, verdadeiramente, inserido no processo de investigação de situações, sendo consultado sobre seu posicionamento e recebendo oportunidades para aprofundamento na análise do que já sabe, frente a novas informações ou novas condições.

E como fazer isso? Pensar sobre os objetivos formativos sem se preocupar com a possibilidade de concretização dos mesmos, para nós, que atuamos nas salas de aula, torna-se um discurso incompleto.

A prática do Ensino de Ciências por Investigação

A busca por um ensino que fomente o desenvolvimento de ferramentas intelectuais para a investigação e a resolução de problemas, em nossa percepção, apenas é possível se, de fato, oferecermos oportunidades para que os estudantes sejam apresentados a problemas cujas soluções, ainda que não evidentes, são possíveis de serem alcançadas, considerando os conhecimentos que já possuem. Nesse sentido, estamos propondo que o ensino de ciências seja pautado em aspectos de investigação.

Quando falamos em investigação, temos como pressuposto as ações e as atitudes que permitem a resolução prática de um problema e as ações e atitudes envolvidas no processo de compreensão das ações práticas executadas. Trata-se, portanto, de um movimento cíclico, de considerar o que se faz e de colocar em prática aquilo sobre o que se reflete.

Este par altamente conectado, *fazer/compreender*, coloca em união o trabalho prático e o trabalho intelectual. Nesse sentido, a manipulação configura-se não apenas em ação prática, mas em ação feita a partir de considerações sobre objetos mentais e reais. Abre-se a possibilidade, a partir desse trabalho, para a organização das informações que já se possui e outras que vão sendo obtidas e construídas, para o reconhecimento de variáveis que, em um caso específico, acabam influenciando o fenômeno, e para a desconsideração de outras que, na dada investigação, não estão em foco. Surgem, pois, oportunidades para construir relações entre variáveis e, portanto, para novos conhecimentos. Cada uma destas ações é parte do processo investigativo, permitindo aos estudantes resolverem o problema e compreenderem as causas do que foi realizado, bem como preverem o que pode surgir em decorrência.

Obviamente, isso não quer dizer que tendo participado de uma etapa prática de uma investigação, a compreensão do fenômeno possa ser alcançada e que a compreensão intelectual de um fenômeno torna-os aptos a manipular objetos e realizar ações: ainda que diretamente associados, construir as relações que permitam transitar nos dois sentidos não é um processo automático e demanda reflexão.

Antes de tudo, há que se considerar que a investigação parte da explicitação e do surgimento de um problema. Ainda que possam ser encaradas como sinônimos, a explicitação do problema em sala de aula não garante que ele surja para todos os

estudantes no mesmo momento. Isso quer dizer que é preciso transformar o enunciado do problema em algo que, de fato, seja uma situação conflituosa para os estudantes.

É preciso, então, discorrer sobre o que entendemos por problema. Como dito, um problema de sala de aula é uma situação conflituosa e, assim sendo, sua resolução não é evidente. Um problema pode ser resolvido manuseando materiais práticos, ou utilizando lápis e papel; pode, ainda, ser resolvido na discussão que se faz com os colegas e professor.

A investigação, consideradas as premissas anteriormente expostas, pode ocorrer em aulas de laboratório, em aulas de leitura, de escrita, ou mesmo, em aulas de exposição. O mais importante não é o material em uso, mas as estratégias que o professor lança mão para que os alunos possam efetivamente investigar um tema em questão.

Proposto o problema, iniciam-se as buscas por soluções por meio de elaboração e avaliação de hipóteses, delimitação das variáveis relevantes, estabelecimento de relações entre as variáveis e construção de explicações para o problema. O que difere o ensino tradicional de uma abordagem investigativa é justamente a forma como as ações são desenvolvidas e a aproximação que as mesmas têm com a própria ciência: mantendo-se os limites e considerando-as como atividades distintas, a investigação científica e a investigação científica escolar podem encontrar confluências quando vislumbramos ambas como situações em que o trabalho em grupo ocorre, permitindo que diferentes visões sobre uma mesma ideia sejam postas em discussão, uma vez que a resolução a que se pretende chegar não é evidente e está, verdadeiramente, em construção. O papel do professor, em situações como estas, é de gerenciador do espaço de debate e, exercendo sua autoridade epistêmica, não oferece respostas rápidas, mas aponta novas questões e caminhos pelos quais a investigação possa seguir.

As linhas anteriores mostram-nos uma realidade de sala de aula pouco usual: uma sala de aula em que as interações entre professor e alunos e entre os próprios alunos são vivas e dinâmicas; em oposição a aulas em que o professor, majoritariamente, discursa e os alunos apenas ouvem.

A argumentação em salas de aulas de ciências

Muitas das ações realizadas pelos estudantes a partir das propostas de atividades embasadas no ensino por investigação estão relacionadas com a argumentação. Mas o que

é a argumentação? O que é a argumentação científica? Qual a importância disso para o ensino de ciências?

Numa visão de educação em que o objetivo do processo de ensino-aprendizagem deve ser o de compreender uma área de conhecimento, em contraposição a acreditar nela ou acumular informações sem sentido sobre ela, o desenvolvimento das habilidades de pensamento ganha importância. Realizar argumentação, análise e inferência são capacidades centrais para o cultivo do pensamento crítico. O argumento pode ser concebido tanto como um processo – no qual as pessoas se engajam em debater afirmações contraditórias ou opostas – quanto como um produto – uma linha de raciocínio que justifica uma afirmação. Ambos se inter-relacionam, já que estão embutidos no argumento como produto os processos de suportar ou refutar a afirmação. Não se nasce com o talento de argumentar, mas é uma habilidade que se desenvolve na prática intensiva e que pode ser potencializada se os indivíduos tomam consciência das regras envolvidas na elaboração desse discurso e no papel da argumentação em construir conhecimentos e valores.

Nas atividades de ensino de ciências por investigação, quando ao estudante é dada a oportunidade de relacionar dados com afirmações, de estabelecer relações entre variáveis e construir explicações para fenômenos naturais, na verdade, ele está sendo envolvido em atividades argumentativas.

A habilidade de argumentar envolve o reconhecimento de afirmações contraditórias e o estabelecimento de relações entre as afirmações e as evidências. Acreditamos que propostas de ensino investigativas, em que a resolução de problemas é a tônica, favorecem o desenvolvimento dessas habilidades pelos estudantes por meio de mais conversação, mais trocas entre os pares, mais interpretações e reinterpretações.

Outro ponto a favor das atividades que estimulam habilidades argumentativas é que a argumentação é parte integrante e fundamental da prática científica, presente em várias de suas etapas e em diferentes níveis de complexidade: na mente do cientista, ao elaborar um desenho experimental ou interpretar dados; no interior de grupos de pesquisa, quando direções alternativas para programas de investigação são consideradas; na comunidade científica mais ampla, a partir das interações entre posições diferentes expostas em conferências ou publicações; e, finalmente, no domínio público, no qual os cientistas de um campo em litígio explicitam suas teorias rivais na mídia (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

Assim, o uso da argumentação em aulas de ciências possibilitaria a construção de uma visão da ciência como realizada por uma comunidade que constrói explicações, modelos e teorias coletivamente e que essas explicações estão em constante processo de avaliação. Os alunos devem conhecer essa faceta do conhecimento científico, identificando-o como o resultado de interações entre ideias diferentes, como réplica a outros enunciados e também sujeito a novas réplicas. Geralmente, a visão de ciência que é veiculada na escola é aquela de um conhecimento estático, através da apresentação de teorias acabadas, inquestionáveis. Nesse sentido, a apropriação de uma argumentação cada vez mais complexa é importante não só como uma habilidade linguística, mas também como instrumento ampliador da visão de ciência (CAPECCHI; CARVALHO, 2000).

Nada como um exemplo prático, de sala de aula, para compreendermos melhor no que consiste uma atividade investigativa e como é esperado que atividades assim concebidas exercitem o potencial de desenvolver habilidades argumentativas pelos estudantes.

Uma atividade investigativa em ecologia

Estasequência didática investigativa foi desenvolvida pela Profa. Maíra Batistoni e Silva (3^a autora deste artigo) para o 1º ano do Ensino Médio da Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Nessa escola, há duas turmas de 1º ano com 31 alunos cada uma.

Nesse ano de escolarização, o conteúdo abordado no curso de biologia é ecologia e fisiologia vegetal. Ao final do primeiro semestre de 2013, época em que esta sequência foi iniciada, a professora já havia abordado os temas: fotossíntese, decomposição, cadeia alimentar e relações ecológicas.

A sequência didática foi estrutura de acordo com o quadro 1.

Etapa	Duração	Atividade	Ações
1	50'	Como fazer perguntas em uma investigação científica em ecologia.	Aula expositivo-dialogada com discussão de exemplos e uso de slides.
2	2 horas	Elaboração de perguntas científicas em ecologia pelos alunos.	Saída de campo para o Jardim da Botânica do IBUSP para a elaboração de perguntas a partir da observação do ambiente natural.

3	1h40'	Elaboração da metodologia de coleta de dados pelos estudantes.	A partir de discussão sobre a avaliação das perguntas pela professora, os alunos elaboraram a metodologia de coleta de dados.
4	2 horas	Coleta de dados no ambiente natural.	Saída de campo para o Jardim da Botânica no IBUSP para a coleta de dados.
5	1h40'	Análise dos dados.	Os grupos de alunos organizaram e analisaram os dados coletados.
6	Extraclasses	Elaboração do relatório.	Os grupos de alunos, em horário extraclasses, elaboraram relatório científico de acordo com orientações da professora.
7	1h40'	Produção de pôster	No laboratório de informática e em posse do relatório corrigido pela professora, os alunos produziram um pôster em tamanho A0 para exposição em evento de divulgação dos trabalhos escolares de toda a escola (Mostra Cultural e Científica).

Quadro 1. Etapas de uma sequência didática investigativa elaborada e aplicada pela Profa. Maíra Batistoni e Silva na Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da USPno primeiro semestre de 2013.

Para o registro de todas as etapas da sequência didática, das discussões nos grupos e das observações e coletas em campo, os alunos elaboraram um caderno de campo individual.

A primeira atividade da sequência consistiu em uma aula expositivo-dialogada para a introdução da caracterização de uma investigação científica em ecologia e para a discussão de como fazer perguntas em uma investigação dessa natureza.

A professora se baseou no material intitulado *Principios y práctica de la enseñanza de ecología en el patio de la escuela (EEPE)*¹, elaborado por pesquisadores e professores americanos e latino-americanos, cujo objetivo é propor uma metodologia de ensino de ecologia por meio da exploração do entorno escolar motivada pela curiosidade, necessidade e imaginação. Nessa proposta, os alunos são convidados a levantarem *perguntas* sobre algum aspecto do ambiente que lhes chamou a atenção, a coletarem informações que sirvam de evidências para a construção de uma resposta à pergunta (*ação*) e a refletirem sobre os resultados encontrados e sobre a possibilidade de generalização e extração (*reflexão*). O processo de elaborar perguntas, mover uma ação e refletir sobre os resultados é chamado pelos autores de *Ciclo de Indagación*(figura

¹ Disponível em http://www.ieb-chile.cl/uploads/publicaciones/178_ensenanza-de-la-ecologia-en-el-patio-de-la-escuela-eepe.pdf. Acessado em: 22/10/2013.

1) ou, em português, ciclo de indagação ou ciclo de investigação (ARANGO, CHAVES; FEISINGER, 2009).

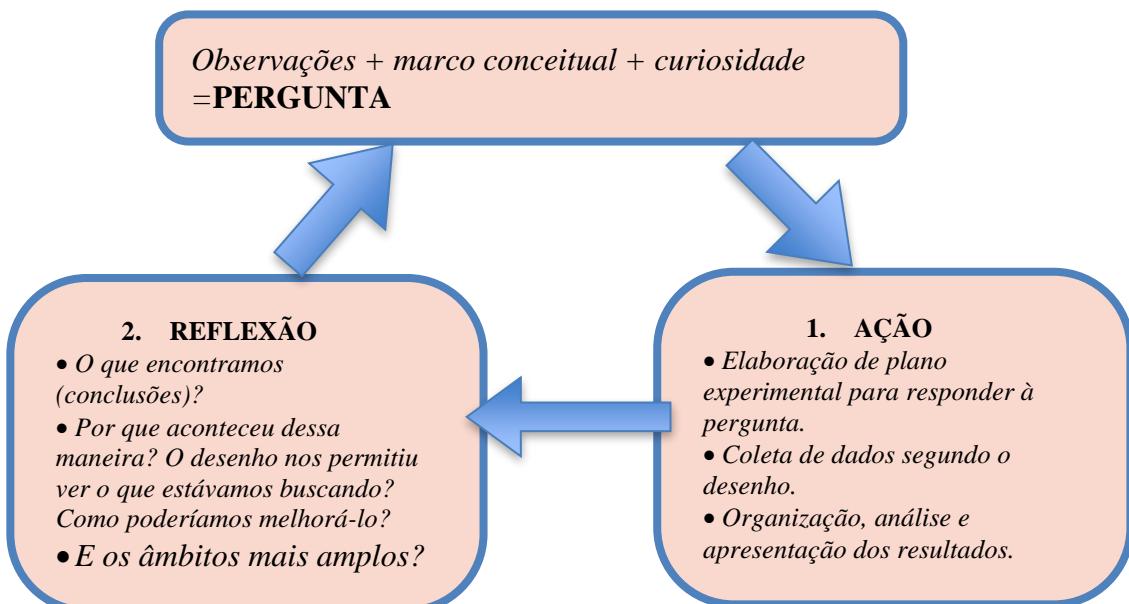


Figura 1. Ciclo de Indagação, adaptado de Arango et al, 2009, p.21.

Uma das etapas mais difíceis do processo de investigação científica é a elaboração da pergunta. Quando observamos algum fenômeno natural podemos ficar curiosos sobre algum aspecto que não é possível que a ciência, com os meios disponíveis, responda. Perguntas do tipo *por quê?*, por exemplo, podem ser difíceis de serem respondidas em biologia, por meio de investigações diretas, já que se referem a eventos passados que não se podem observar hoje. Assim, de acordo com a metodologia do Ciclo de Indagação, a pergunta deve ser *respondível*, ou seja, deve ser possível responder à pergunta por meio da ação direta no ambiente e dentro do período de tempo disponível.

Além disso, a pergunta deve ser *comparativa*. A comparação permite envolver conceitos e estabelecer relações ecológicas de aplicação muito mais ampla do que um simples registro descritivo do fenômeno.

A pergunta também deve ser *sedutora*. Não é interessante para o estudante responder a uma pergunta que ele já sabe de antemão a resposta. A pergunta também deixa de ser interessante e passa a ser enfadonha quando exige um trabalho muito detalhado e tedioso de coleta de dados para ser respondida.

E, finalmente, a pergunta deve ser *simples* e *direta*, evitando a dependência de tecnologias sofisticadas ou de uma linguagem técnica muito específica, o que pode distrair o foco do que realmente é importante na construção de conhecimento pelo estudante.

Na primeira aula da sequência, no final do mês de junho, a professora discutiu essas quatro pautas da pergunta por meio de exemplos. Assim, a pergunta “*Por que as plantas do jardim estão doentes?*” não seria adequada do ponto de vista do Ciclo de Indagação, pois há tantos fatores que poderiam estar envolvidos na resposta que não é possível investigá-la. Uma pergunta mais adequada seria: “*Quantas espécies de árvores existem em um jardim ensolarado e em um jardim sombreado?*”, pois envolve a comparação entre dois fatores e é possível elaborar um desenho experimental simples e direto para respondê-la. A sua resposta envolve também conceitos ecológicos importantes que poderão ser construídos a partir da elaboração da ação e da reflexão sobre os resultados.

Feita essa discussão, o segundo momento foi levar os alunos para o “pátio da escola”. No caso, a professora escolheu o Jardim XXX, por ser um local amplo, com diversidade de ambientes e próximo à escola. No entanto, cabe frisar aqui que é possível realizar essa atividade numa praça ou mesmo no pátio da escola. Os estudantes foram divididos em grupos de cinco alunos e, cada um deles, tinha que cumprir as seguintes tarefas no período de duas horas: 1) Fazer observações cuidadosas do ambiente; 2) Elaborar cinco perguntas para possíveis investigações e 3) Fotografar aquilo que embasou a elaboração da pergunta.

Os grupos entregaram as cinco perguntas para a professora que as analisou segundo as quatro pautas. Após o recesso de julho, a professora entregou uma sugestão de pergunta para cada grupo e o próximo passo foi a elaboração da metodologia de coleta de dados para respondê-la.

No quadro 2, está um exemplo de uma pergunta elaborada por um dos grupos e os comentários e sugestão da professora.

Grupo E	“ <i>A reprodução das azaleias sofre influência das suas diversas cores?</i> ”
Comentários da Professora	A pergunta apresenta dois problemas:

	<p><i>1) Em apenas uma visita ao jardim, mesmo que ela dure o dia inteiro, não conseguiremos acompanhar a reprodução de uma planta, pois esta envolve floração, polinização, fecundação, desenvolvimento do fruto e germinação da semente, o que demora semanas para acontecer. Vamos focar em apenas um processo observável em um dia: polinização.</i></p> <p><i>2) E se não encontrarmos azaleias floridas em setembro? Não vamos restringir previamente o objeto de estudo, vamos considerar outras espécies também. Posteriormente, quando definirem a espécie a ser investigada (na etapa de campo de setembro), podem deixar a espécie discriminada na pergunta.</i></p>
Pergunta sugerida pela professora	<i>Como é a visita de insetos polinizadores em cada cor de flor de uma determinada espécie de planta?</i>

Quadro 2. Exemplo de pergunta de investigação proposta pelo grupo E de alunos do 1º ano do Ensino Médio e os comentários e sugestões da professora.

Na pergunta do grupo, já aparecem dois fatores de comparação: a relação entre a reprodução e a cor da flor. No entanto, como a professora aponta, a reprodução envolve vários aspectos, muitos deles não observáveis em um dia de coleta de dados. A professora especifica melhor e sugere, então, que eles foquem na polinização, tornando a pergunta mais precisa e objetiva, mas mantendo o interesse inicial de investigação dos alunos.

No quadro 3, um exemplo de outro grupo.

Comentários da Professora	<i>As perguntas elaboradas estão boas, parabéns ao grupo! No entanto, há duas que considero mais interessantes:</i>
Grupo F	<p><i>Será que tem mais plantas nas áreas retas ou mais íngremes?</i></p> <p><i>Será que tem mais plantas epífitas nas áreas mais sombreadas ou nas áreas mais claras?</i></p>
Comentários da Professora	<p><i>Porém cada uma apresenta um problema:</i></p> <p><i>1) Em apenas uma visita ao jardim, mesmo que ela dure o dia inteiro, não conseguiremos contar todas as plantas das áreas retas e das áreas íngremes.</i></p> <p><i>2) É difícil medir a claridade sem aparelhos específicos. Além disso, se conseguíssemos medir, faríamos isto próximo ao solo, mas a luminosidade que influencia a abundância de epífitas é aquela na altura das copas.</i></p>
Pergunta sugerida pela professora	<i>Onde encontramos mais plantas epífitas, nas áreas planas ou nas áreas íngremes?</i>

Quadro 3. Exemplo de pergunta de investigação proposta pelo grupo F de alunos do 1º ano do Ensino Médio e os comentários e sugestões da professora.

Nesse caso, a professora aproveita os fatores de duas perguntas para elaborar uma, considerando a questão da simplicidade. Eles não terão equipamentos sofisticados para realizar as medidas, portanto, devem trabalhar com o que é observável.

De posse das perguntas sugeridas pela professora, os alunos se reuniram em grupos no período de duas aulas e elaboraram a metodologia de coleta e registro de dados. A professora forneceu algumas orientações como a importância dos detalhes (quants indivíduos serão analisados, quantas áreas serão amostradas, qual será a forma de medição e instrumentos de coleta de dados, quais serão os tipos de registros de dados – texto, tabela, gráfico, etc.) na descrição da metodologia de forma que outra pessoa conseguisse executar os procedimentos propostos. Antes de irem a campo, a professora comentou a metodologia elaborada por cada grupo, atentando para os aspectos práticos da coleta de dados, ou seja, se os procedimentos propostos eram factíveis e se forneceriam exatamente os dados necessários para responder à pergunta de investigação.

No quadro 4, são apresentados alguns comentários da professora para diferentes grupos de alunos.

Comentários da Professora para Grupo A	<i>A metodologia está ok, mas não apresenta todos os detalhes necessários para outra pessoa executar os procedimentos. Por exemplo: Vocês escreveram: "E também anotar se está no sol ou na sombra e etc..." O que é este "etc"? Sobre "no sol ou na sombra", como vocês definirão este parâmetro caso o dia esteja nublado?</i>
Comentários da Professora para Grupo I	<i>A metodologia está ok! Mas ainda precisa deixar claro o que significa na tabela "localização dos musgos". Vocês queriam se referir ao lado da árvore? Outra questão muito importante para vocês resolverem é que cada árvore poderá ter mais de um musgo. Para a biologia isto também é um dado importante. Portanto, na tabela, poderá haver mais linhas para a mesma árvore, sendo cada linha para os dados de um musgo.</i>

Quadro 4. Comentários da professora sobre a metodologia proposta por dois grupos de alunos do 1º ano do Ensino Médio.

Com a metodologia reformulada, os alunos partiram, então, para a coleta de dados em uma segunda saída de campo. Ao voltarem para a sala de aula, organizaram os dados e buscaram interpretá-los. O professor de matemática colaborou nas etapas da metodologia e da interpretação dos resultados.

A partir da discussão, elaboraram um relatório segundo orientações da professora, que deveria conter os itens: introdução, hipótese, metodologia, resultados, interpretação e conclusão. A professora chamou a atenção dos alunos que a parte mais importante do relatório é a *interpretação*, pois essa seção apresenta a análise dos dados, as explicações para os resultados encontrados. Na conclusão, os alunos devem responder à pergunta inicial com base nas evidências produzidas na investigação.

A hipótese do Grupo E para a pergunta: *Como é a visita de insetos polinizadores em cada cor de flor de uma determinada espécie de planta?* era que a flor de cor vermelha seria a mais visitada, por ser uma cor mais chamativa. No entanto, os resultados não apoiaram essa explicação prevista. Eles contaram os insetos que visitaram flores de três cores: rosas, rosas claras e vermelhas, em dois locais distintos. Eles verificaram uma quantidade maior de insetos pousando em flores de cor rosa. Mesmo assim, eles não puderam concluir que os insetos “preferem” flores de cor rosa, pois as plantas que tinham cor rosa também tinham maior número de flores, o que poderia ter influenciado na quantidade de insetos atraídos. Concluíram, então, que a metodologia que utilizaram não permitiu afirmar que a diferença obtida no número de insetos se deu por conta da influência da cor ou por conta da influência do número de flores do local.

A hipótese do Grupo F para a pergunta: *Onde encontramos mais plantas epífitas, nas áreas planas ou nas áreas íngremes?* era que seriam encontradas mais plantas epífitas em árvores de áreas íngremes, pois haveria mais espaço entre as árvores e, portanto, maior incidência de luz solar. Como o grupo anterior, não puderam confirmar ou rejeitar a hipótese a partir dos resultados, pois houve a diferença de apenas um indivíduo entre as duas áreas. Para explicar esse resultado, levantaram algumas justificativas: uma das áreas íngremes analisadas era um local de passagem, o que pode ter alterado a quantidade de árvores e de epífitas; as áreas planas analisadas eram compostas por árvores de diferentes espécies e tamanhos, o que pode ter influência na fixação das epífitas.

Interessante notar que nos dois exemplos discutidos, os resultados não foram de acordo com o esperado pelos alunos. No entanto, entendemos que isso também oferece oportunidade para eles argumentarem e construírem explicações para os dados.

Um primeiro momento em que é possível identificar a construção de argumentos é a elaboração da hipótese. A hipótese do Grupo F foi assim enunciada no pôster: “*Supomos que haveria mais epífitas em árvores que estivessem em áreas íngremes. Isso*

pois, em uma parte do dia, o sol incide diretamente sobre elas, já que há mais espaço aberto entre as árvores para o sol chegar até elas”.

Analizando a frase, podemos identificar duas premissas que sustentam uma conclusão, caracterizando então um argumento. Podemos reescrevê-lo da seguinte forma:

Premissa 1	(Em áreas íngremes) Há mais espaço aberto entre as árvores para o sol chegar até elas (até às epífitas).
Premissa 2	(Em áreas íngremes), em uma parte do dia, o sol incidirá diretamente sobre elas (sobre as epífitas).
Conclusão	Supomos que haverá mais epífitas em árvores que estivessem em áreas íngremes.

Esse argumento tem como um conhecimento implícito que os vegetais necessitam de sol para a sua sobrevivência. Esse conhecimento foi também importante na fase da elaboração da pergunta de investigação. A partir do conceito da importância da luz para o crescimento do vegetal, os alunos tiveram o interesse em verificar se o tipo de terreno teria alguma relação com esses aspectos.

No entanto, os dados obtidos não são suficientes para confirmar a hipótese e os alunos elaboraram um novo argumento, reescrito a seguir.

Premissa 1	A diferença na quantidade de epífitas foi de somente um indivíduo entre as duas áreas.
Premissa 2	Na segunda área íngreme nós utilizamos um local de passagem, o que pode ter mudado/alterado os resultados, uma vez que parte da vegetação pode ter sido retirada e, assim, o local ficou mais aberto, com menos árvores e, consequentemente, com menos locais para a fixação das epífitas.
Conclusão	Não é possível afirmar que há mais epífitas nas áreas íngremes do que nas áreas planas. Seria necessário realizarmos uma nova pesquisa, porém desta vez em uma mata que não houvesse alterações humanas.

É necessário destacar duas características importantes da atividade de investigação que propiciaram a argumentação dos alunos. A primeira delas se refere às ações dos alunos nesse processo. Há uma relação intensa entre o fazer e o compreender. Ao observar e obter dados diretamente do ambiente natural com uma finalidade (responder a uma pergunta simples, sedutora, respondível e comparativa), os alunos têm autonomia intelectual para explorar e explicar o fenômeno de interesse. Eles foram os agentes de todo o processo. O fato de não terem obtido os resultados esperados foi um estímulo a mais para elaborarem explicações utilizando as evidências disponíveis e seus conhecimentos teóricos sobre o tema e refletirem sobre a sua metodologia de pesquisa e sobre outras variáveis que poderiam ter interferido nos resultados e que não previram.

Além dos conceitos científicos relacionados à ecologia, materializados nas relações entre as variáveis investigadas, os alunos passaram pelo processo de elaborar uma pergunta, coletar, registrar e interpretar dados, se aproximando um pouco do trabalho de um cientista, conhecendo um pouco mais a natureza da ciência.

A mediação da professora foi fundamental nesse processo de construção de conhecimento. Ao analisar a primeira versão do relatório científico dos alunos, antes da correção da professora, verificamos uma resistência muito grande de os alunos abandonarem a sua hipótese, mesmo diante de resultados contraditórios. Assim, a diferença de uma única epífita na área íngreme foi suficiente para os alunos afirmarem que a hipótese poderia ser confirmada, mas que também haveria provavelmente outros fatores de interferência. A professora discutiu esses resultados, estimulando-os a pensarem sobre os resultados, a pensarem se a diferença de um indivíduo naquela amostragem era significativa. Essa mediação propiciou a reescrita do relatório e a mudança da conclusão.

A professora também relata que a atividade contribuiu para uma maior participação dos alunos nas aulas de biologia e para a apresentação de um produto de qualidade que foi apresentado para a comunidade. Segundo a professora, essa turma de alunos apresenta dificuldades de leitura e escrita, de compreensão de conceitos específicos em diversas disciplinas do currículo escolar, além de se envolverem frequentemente em eventos de indisciplina e desrespeito aos professores. Porém com todas as dificuldades, conseguiram produzir pôsteres com qualidade gráfica e conceitual, utilizando-se de linguagem argumentativa apropriada para a faixa etária, indicando que aspectos relevantes da Alfabetização Científica foram alcançados.

Considerações Finais

Apesar das possíveis dificuldades de implementação de atividades como essa na escola brasileira, tentamos mostrar o seu potencial na criação de um ambiente de aprendizagem que favorece a prática da argumentação científica, oferecendo oportunidades aos estudantes de construírem conhecimento sobre as ciências da natureza por meio da investigação de fenômenos naturais. Possibilitar condições para que sejam estabelecidas relações entre variáveis e construídas explicações embasadas em evidências e dados coletados diretamente pelo aluno, o aproxima de um fazer científico autêntico e

o auxilia a compreender aspectos da natureza da ciência que vão além do entendimento de um conceito específico. Ao entrar em contato com formas de produção do conhecimento científico, o estudante pode compreender mais facilmente a importância e as limitações da atuação da ciência na sociedade, ampliando a sua visão sobre as ciências.

Referências Bibliográficas

ARANGO N.; CHAVES, M. E.; FEINSINGER, Y P. **Principios y práctica de la enseñanza de ecología en el patio de la escuela.** Santiago: Instituto de Ecología y Biodiversidad – Fundación Senda Darwin, 2009.

BRASIL. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático - PNLD/2013.** Brasília: MEC/SEB, 2010.

CAPECCHI, M.C.V.M.; CARVALHO, A.M.P. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.5, n.3, p. 171-189, 2000.

DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n.1, p.3-15, 1986.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, v.84, p. 287-312, 2000.

EL-HANI, C.N.; MORTIMER, E.F. Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. **Cultural Studies of Science Education**, v. 2, p. 657-687, 2007.

MORTIMER, E.F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v.1, n.1, p.20-39, 1996.

SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. de. Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

Recebido em 10 de maio de 2017.
Aprovado em 20 de junho de 2017.