

# **Arquitetura da Sequência de Ensino em Biologia baseada em Investigação (SEBBI): construção dos eixos estruturantes para superação dos obstáculos conceituais e metodológicos na alfabetização científica**

## **Architecture of a Biology Inquiry-Based Learning Sequence (BIBLS): construction of structural axes to overcome conceptual and methodological obstacles in scientific literacy**

**Sandra Maria Rudella Tonidandel**

**Silvia Luzia Frateschi Trivelato**

Faculdade de Educação - Universidade de São Paulo

**Geisly França Katon**

Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo

### **Resumo**

A educação científica tem se voltado para atividades pedagógicas que utilizam a prática investigativa de alunos. O foco deste trabalho é apresentar **os alicerces estruturantes** de uma sequência didática baseada em investigação, discutindo uma **arquitetura básica** estabelecida em dois eixos integrados para a ação pedagógica do professor: a) a estrutura investigativa baseada em busca de evidências e b) a sequência de construção histórica da investigação do cientista. A sequência inteira foi construída e aplicada para 125 alunos da 3ª série do ensino médio de uma escola pública estadual de São Paulo. A metodologia utilizada foi de abordagem qualitativa integrada à abordagem quantitativa. Os resultados mostram que os dois eixos da SEBBI (TONIDANDEL, 2014) tem alicerces em intenções conceituais e metodológicas características da biologia e apontaram para uma superação de obstáculos conceituais pelos alunos, como indicado pela construção argumentativa dos alunos, com uso de dados como evidências para as questões-problema propostas.

**Palavras chave:** Argumentação, sequência didática, ensino e aprendizagem de biologia, ensino por investigação, evidências da seleção natural.

### **Abstract**

Nowadays, the scientific education is focusing on pedagogical activities that use the students' investigative practice. The main focus of this project is to present the structural foundation of a didactic sequence based on investigation while discussing a basic architecture establish upon two integrated axes for teachers' pedagogical actions, which are the following: a) an investigative structure based upon the search for evidences and b) an arrangement of the scientific investigation's constructions throughout History. The whole didactic sequence was applied to 125 high school's senior year students in a public school of São Paulo. Our methodology has an integrated qualitative-quantitative approach. The results show that SEBBI – or, in a free translation to English, BIBLS (TONIDANDEL, 2014) has its foundation lied on conceptual and methodological intentions, which are basal characteristics of Biology, and also indicate an overcoming of conceptual obstacles by the students, indicated by these students' argumentative constructions with the use of data as evidences of natural selection to solve proposed problem issues.

**Key words:** Argumentation, didactic sequence, biology teaching and learning, inquiry based learning, evidences of natural selection.

A temática da investigação no ensino aparece nos documentos oficiais brasileiros como um procedimento

---

que permite o desenvolvimento de competências específicas aos estudantes. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) indicam metas educacionais em torno de três conjuntos de competências gerais: a) Representação e comunicação; b) Investigação e compreensão e c) Contextualização sociocultural. Entender o que está vinculado à competência da investigação, ligada à compreensão, é o desafio do ensino brasileiro, e esta pesquisa buscou entender quais são as estruturas específicas de uma sequência de ensino investigativo em biologia, para promover o desenvolvimento da competência investigativa dos alunos de ensino médio. Assim, compreendendo-se os eixos da construção investigativa, qualquer sequência para o ensino de conceitos biológicos pode ser elaborada, sem que o formato fique estanque, fixo ou dependa da estrutura da escola, do conceito tratado, do tempo de planejamento. O objetivo então foi buscar os elementos de arquitetura e não descrever ou testar uma sequência didática propriamente dita.

Nossa experiência na escola brasileira, seja em nossa vivência como alunos, seja em nossa atividade como professores ou pesquisadores em ensino de ciências, nos leva a considerar que o ensino de ciências no Brasil teve como foco o ensino de conceitos, leis e teorias da ciência. Pouco se via, durante os anos de escolarização dos estudantes no ensino de ciências, um currículo construído e baseado nas práticas e nos procedimentos científicos, isto é, com foco no desenvolvimento de habilidades e competências específicas da ciência, nos métodos e no fazer científicos.

Partimos da premissa de que uma das características da cultura científica e, portanto, da natureza da ciência, é que a construção de conhecimento se faz por investigação. Isso porque a ciência pode ser definida como a “busca de definição de problemas e de formas de solucioná-los” (KUHN, 2010). As atividades investigativas no ensino de ciências devem providenciar aos estudantes, não só a manipulação de materiais e ferramentas para a realização de atividades práticas, mas a observação de dados e a utilização de linguagens para comunicar aos outros suas hipóteses e sínteses (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Entendemos que uma das formas de se promover a alfabetização científica é providenciar espaço, estrutura e atividades que possam ser vivenciados pelos alunos de forma a realizarem investigações para construir suas respostas (TONIDANDEL, 2008). Para que uma atividade prática seja considerada investigativa, deve permitir aos alunos o acesso aos *dados*<sup>T1</sup> e a resolução de problemas com o uso de teorias como explicação e garantia possível na articulação entre *dados*<sup>T</sup> e afirmação (CHINN; MALHORTA, 2002). Consideramos que o ensino por investigação pode ser realizado por meio de um trabalho baseado na ideia de ensino e aprendizagem de ciências desenvolvido num processo de (re)construção do conhecimento científico, num contexto inspirado em pesquisa científica e guiado (orientado) pelo professor.

O ensino por investigação, tem múltiplas manifestações que tornam muito difícil sua caracterização. Assim, apesar de tantas publicações sobre o tema, a pergunta “o que é investigação na sala de aula?” não tem uma resposta clara. Nos EUA, como forma de caracterizar o ensino por investigação, o *National Research Council* (2000) descreveu cinco estruturas que compõem esse tipo de ensino: a) envolvimento dos alunos em questões de orientação científica; b) resposta a questões de orientação científica dando prioridade ao uso de evidências e articulando com explicações validadas pela comunidade científica; c) formulação de explicações para as evidências que estão direcionadas às respostas das questões de investigação com orientação científica; d) avaliação de explicações à luz de explicações alternativas, particularmente àquelas que refletem os conhecimentos científicos e e) comunicação clara das justificativas para as afirmações e conclusões construídas como resposta às questões de investigação.

Para elaborar uma sequência didática com as características de atividades de investigação, é necessário incluir alguns elementos estruturantes, como os que foram indicados por Guisasola, Furió, & Cerebio (2006) que definem que a atividade investigativa deve ser composta pelos elementos estruturantes que estão presentes na construção do conhecimento científico, quais sejam: a) clareza dos objetivos, b) dimensão epistemológica (as atividades de investigação e determinação das formas de construção do conhecimento) e c) a dimensão

---

<sup>1</sup> *dados*<sup>T</sup>: dados no conceito do Padrão do Argumento de Toulmin. Segundo (Sandoval & Millwood, 2005), os *dados*<sup>T</sup> podem ser definidos, do ponto de vista de sua natureza, como uma observação, um fato, um resultado de experimento ou como a razão (justificativa), que podem ser dados num argumento, e podem ser de natureza empírica ou teórica. Essa diferenciação visual é necessária para facilitar a compreensão e identificação do leitor quanto ao sentido da palavra “dado”, quando aparece no texto. Isso porque, nesta pesquisa, a palavra “dado” poderá ser usada com dois sentidos distintos: quando o *dado*<sup>T</sup> se refere ao conceito usado no Padrão de Toulmin será usado em *itálico* e com <sup>T</sup> anexado à palavra. Quando o dado referir-se ao dado obtido nesta pesquisa, o dado obtido ou analisado, será escrito sem destaque (itálico).

ontológica (o status da produção científica).

Para nós, os cinco tipos de estruturas indicadas pelo *NRC (National Research Council)* são alicerces e devem estar presentes no eixo investigativo da sequência didática desenvolvida nesta pesquisa. Para o *NRC*, as sequências utilizadas em aulas que contenham todas essas características são consideradas “investigações plenas” e aquelas em que algumas das características não estão presentes são consideradas “investigações parciais”.

Além desses aspectos, a construção de argumentação dos alunos é essencial para o desenvolvimento de alfabetização científica, pois é uma das competências características da natureza das ciências. Um dos indicadores de que os alunos estão se aproximando da cultura científica e da natureza da ciência é a partir da construção da argumentação científica. Desta forma, nessa pesquisa, a promoção de construção de argumentação com apoio teórico da seleção natural para justificar a origem da biodiversidade e para incentivar o uso de dados como evidências da evolução biológica é uma das intenções metodológicas e um dos desafios a serem superados pelos alunos.

## Arquitetura Básica para o Desenvolvimento da Sequência de Ensino de Biologia Baseada em Investigação (SEBBI<sup>2</sup>)

A sequência didática construída pretende utilizar e explicitar os alicerces do ensino por investigação, de forma que sua aplicação nas salas de aula seja viável e provoque os alunos em direção dos objetivos da alfabetização científica. Assim, o objetivo é a apresentação da arquitetura básica, dos eixos estruturantes para a construção de uma sequência didática. Para o caso desta pesquisa, a sequência didática dá apoio às intenções do professor para que os alunos possam compreender o conceito de seleção natural como mecanismo principal da evolução biológica e possam desenvolver competências específicas para a elaboração de argumentação. Na pesquisa realizada para a tese (TONIDANDEL, 2013) discutimos também a metodologia de aplicação e os resultados no desenvolvimento da argumentação dos alunos de maneira completa. Nesse recorte, apresentaremos as bases da composição da SEBBI. Para compor a estrutura da SEBBI, consideramos que o ensino baseado em investigação tem algumas linhas gerais e orientações que podem ser reconhecidas e utilizadas pelos professores. Foram considerados, então, dois eixos principais: o investigativo e o da natureza do conhecimento biológico (sequência histórica e metodológica).

### Os eixos

Para a composição de nossa sequência, no seu **eixo investigativo**, considerou-se que a SEBBI deveria conter a) uma questão-problema estruturada para a resolução dos alunos, b) a elaboração de hipóteses e de previsões pelos alunos, c) uma atividade experimental e d) a comunicação de resultados pela construção de argumentação alicerçada em evidências (AAAS - *American Associations for the Advancement of Science*, 1993; NRC - *National Research Council*; 1996).

É importante ressaltar que consideramos que a investigação, mesmo sua parte prática, pode ser realizada sem a estrutura de um laboratório, podendo acontecer na própria sala de aula (BLANCHARD et al, 2012). Assim, a aprendizagem baseada em investigação guiada pode fazer parte de toda a estrutura de qualquer aula, na própria sala, e não apenas quando os alunos estão em laboratórios. As lições que feitas com interação entre alunos e professores, com discussões, devem, para isso, incorporar as práticas de estruturas de investigação científica.

Para incorporar o **eixo da conceituação biológica**, seja do ponto de vista da sequência histórica da construção do conceito biológico, seja do ponto de vista das especificidades dos conceitos biológicos, procuramos compreender a natureza das ciências biológicas e algumas de suas características próprias, para que suas práticas, específicas da área, possam ser integradas didaticamente. Para esse balizamento, consideramos os conhecimentos fundantes a partir de Mayr (2005). Segundo esse autor, enquanto nas ciências

---

<sup>2</sup> SEBBI: Sigla adotada em Tonidandel, 2014, para a identificação do leitor para **Sequência de Ensino de Biologia Baseada em Investigação**, com eixos estruturantes característicos da biologia e de investigação;

físicas e na biologia funcional o experimento é a metodologia mais frequente, na biologia evolucionista, a comparação das evidências variadas e as narrativas históricas são os métodos mais importantes. Assim, consideramos que nas sequências de ensino de biologia, as especificidades da natureza da construção dos conceitos biológicos deveriam ser incorporadas nas atividades e discussões, de forma a enriquecer os conhecimentos dos alunos nas práticas das atividades biológicas.

Para a arquitetura básica de nossa sequência didática, consideramos que a natureza da ciência deve estar presente por meio do eixo investigativo, e pelo uso da linguagem científica, pela natureza característica do conhecimento biológico e pela utilização de *dados*<sup>T</sup> e evidências, que consideramos fundamentais para a promoção da argumentação e da construção do conhecimento biológico.

Ressaltamos outro elemento importante do processo investigativo da ciência, que é a elaboração de hipóteses. Elas são comumente produzidas na fase de providenciar possíveis soluções para um problema. Na ciência, a elaboração de hipóteses pelos cientistas ocorre, predominantemente, após a observação de fenômenos e com o uso do conhecimento teórico relacionado. Na cultura escolar, os estudantes, ao elaborarem sua hipótese sobre determinado fenômeno, podem explicitar seu conhecimento prévio sobre determinado assunto e assim auxiliar no entendimento do tipo de explicação que está sendo utilizada para compreender *dados*<sup>T</sup> de um fenômeno ou observação biológica. Em uma sequência didática por investigação, isto pode colaborar tanto com o estudante, que estrutura e elabora uma possível explicação para uma questão, quanto com o professor, que pode entender quais são as concepções prévias sobre determinado tema, num determinado contexto, auxiliando-os assim nas intervenções e reestruturações que deverão ser necessárias ao final da sequência.

As questões desenvolvidas na SEBBI e apresentadas aos estudantes são alicerçadas na apresentação de *dados*<sup>T</sup> fornecidos pelo professor e obtidos pelos alunos por meio de observação e comparação.

A estratégia da proposta de ensino e aprendizagem por investigação é baseada numa sequência estruturada como uma “pesquisa guiada”. Essa estratégia ajuda a envolver os estudantes na construção do conhecimento trazendo atividades próximas ao que pode ser considerado como um tratamento científico dos problemas (GUISASOLA et al, 2009).

### *Os elementos estruturantes dos eixos: intenções conceituais, metodológicas e da natureza da biologia*

Para a composição dos eixos da SEBBI, consideramos três tipos de elementos: os conceituais, os metodológicos e os da natureza característica do conhecimento biológico. Os elementos são elaborados a partir das intenções da alfabetização científica, como apresentado na figura 1. As intenções conceituais, metodológicas e da natureza do conhecimento biológico, que são alicerces da sequência didática, são:

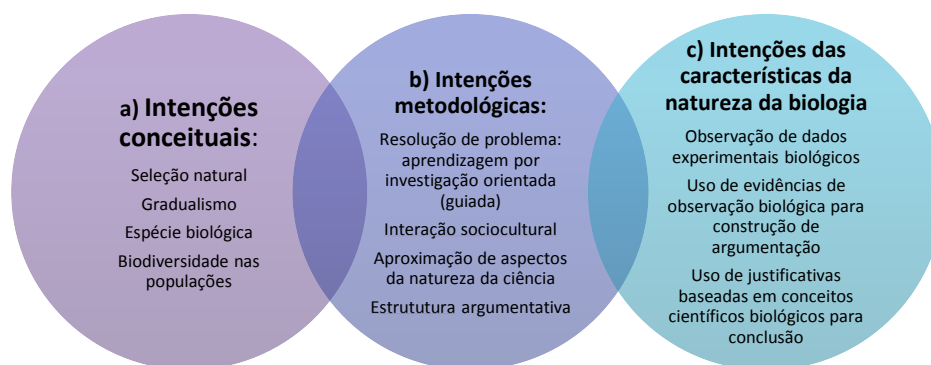


Figura 1. Intenções da SEBBI construída.

### **Metodologia da construção dos elementos que compõem os eixos integrados**

Para a elaboração dos eixos estruturantes, foram consideradas:

- a) **Intenções conceituais:** compõem-se da seleção das teorias e conceitos que devem estruturar a sequência didática. No caso da SEBBI desta pesquisa, foi selecionada a Teoria da Evolução Biológica de Darwin.

Assim, com a clareza da intenção conceitual, buscamos decompor os conceitos, utilizando-se das considerações da própria natureza do conhecimento biológico. Dentre as cinco teorias e conceitos que compõem a Teoria da Evolução Biológica (MAYR, 2005), o foco de aprendizagem foi a seleção natural como principal mecanismo da evolução. Entretanto, como foi descrito por Mayr (2005), consideramos que o conceito de biopopulação ou pensamento populacional é o “disparador” da compreensão do mecanismo de seleção natural e adaptação, e assim, iniciamos a intenção conceitual com essa visão. Ou seja, ao se compor as intenções conceituais, é fundamental considerar na arquitetura do eixo primeiramente a abordagem de alguns dos obstáculos que atuam dificultando a construção dos conceitos e que devem ser superados para a formação do conceito. Para identificar esses obstáculos conceituais buscamos na história da construção do conhecimento biológico sobre evolução biológica quais foram os obstáculos conceituais superados para a construção do conceito de biopopulação. Um dos obstáculos apontados é o essencialismo (tipologia). Para a estruturação da Teoria da Evolução, foi necessário a rejeição do pensamento tipológico para a construção do conceito do pensamento populacional. Consideramos que, para se entender o conceito de biopopulação, deve-se compreender o conceito de espécie e as discussões que há em torno desse termo. Além da tipologia, outro obstáculo para a compreensão da evolução biológica propriamente dita e da seleção natural é o conceito de teleologia cósmica como uma causa finalista de origem sobrenatural ou determinismo no mundo orgânico. Compreender o conceito de gradualismo como forma de aquisição de mudanças evolutivas lentas é importante para a visão da formação da biodiversidade na história da Terra, sendo que o obstáculo, nesse caso, é a questão do tempo geológico, que é um conceito tão distante para o tempo de vida das pessoas que se torna um fator de dificuldade para a construção da ideia da evolução biológica lenta.

- b) **Intenções metodológicas:** são focadas em alguns procedimentos específicos da natureza da ciência e ligados ao ensino por investigação, as quais tratamos em nossos referenciais teóricos. Consideramos que um dos objetivos da alfabetização científica na escola é que os alunos devem se apropriar de algumas práticas específicas da ciência, como a resolução de um problema, chegando a uma conclusão a partir de uma metodologia científica. Outra prática metodológica importante da investigação científica é a colaboração entre os pares para a construção das conclusões do problema. A utilização de uma estrutura argumentativa para a resolução dos problemas é outra competência específica desejável numa investigação, além da utilização de elementos específicos da natureza das ciências como a linguagem e as regras de práticas de investigação. Foi intenção metodológica providenciar aos alunos a vivência da reconstrução de algumas etapas da narrativa histórica da teoria da evolução biológica, disponibilizando questões, abordagens e materiais equivalentes ao contexto escolar. Pretendeu-se que, ao participarem da SEBBI, os estudantes entendessem as bases de produção de uma investigação de natureza científica, tornando-se capazes de executar uma aproximação procedimental de investigação científica, ampliando o conhecimento sobre ciência (BLANCHARD et al, 2012). Consideramos obstáculos para as intenções metodológicas: o hábito dos estudantes de resolver apenas exercícios e não questões-problema, utilizando-se resoluções automatizadas e repetitivas em contraposição à necessidade de resolução baseada em articulação entre evidências obtidas com a atividade de investigação e os conceitos teóricos aceitos pela comunidade científica e apresentados e discutidos pelo professor; a frequência de utilização pelos estudantes de construção de respostas com afirmações baseadas em conceitos memorizados em contraposição à competência de identificar, reconhecer e utilizar dados obtidos em procedimentos experimentais como evidências numa argumentação científica; a rotina de apresentação de explicações para responder às perguntas diretas em oposição à elaboração de explicações direcionadas às evidências que estão direcionadas à questão abordada; para escolher uma resposta ou analisar uma determinada situação-problema, usar explicações de costume, sem consistência com os conhecimentos científicos correntes. Esses obstáculos, que foram apresentados e discutidos anteriormente, refletem uma prática de muitos anos, e a intenção de se desenvolver uma metodologia de investigação permite aos alunos uma nova forma de se abordar um conhecimento científico, superando esses obstáculos.
- c) **Intenções para a compreensão de aspectos característicos da natureza da biologia:** compõem-se da abordagem de algumas das especificidades da área de ciências biológicas. Entendemos que algumas abordagens deveriam trazer à tona alguns conhecimentos e procedimentos específicos das ciências

biológicas, como a observação, a comparação e a busca por padrões para a obtenção de dados. A observação atenta para as semelhanças e diferenças entre os seres vivos ofereceu importantes informações para Darwin. Esse é um dos aspectos explorados na organização da sequência didática, pois consideramos fundamental que os estudantes desenvolvam essa habilidade de encontrar padrões na diversidade por meio de observações e comparações, superando o obstáculo metodológico da falta de experiência prática para encontrar tanto a regularidade quanto as diferenças, aspectos específicos da prática biológica. Outra intenção foi o foco no reconhecimento de evidências da seleção natural como mecanismo da evolução, fornecendo materiais e estruturas para que os alunos se apoiassem nos dados para poder elaborar suas conclusões, evitando-se assim o uso de opiniões ou concepções prévias para embasar suas afirmações. É uma intenção da SEBBI que os alunos utilizem as teorias aceitas pela comunidade científica para justificar suas conclusões, articulando com as evidências apresentadas uma conclusão com mais força, isto é, compondo um argumento científico. Reconhecemos que os obstáculos são: a) a falta de habilidade na prática de observação direcionada e comparativa entre evidências variadas, para obtenção de dados, visto que a natureza da metodologia em biologia nem sempre é experimental; b) o tempo de investigação para obtenção de dados, que, em biologia, muitas vezes acontece em longo prazo; c) reconhecimento de variabilidade como padrão de observação e não o enquadramento em tipos (tipologia), que é mais frequente na prática de laboratório (SMITH; REISER, 2005; MAYR, 2005).

A SEBBI foi adaptada em sete aulas, inserida no planejamento curricular da 3ª série do ensino médio regular de uma escola pública do estado de São Paulo. Cada aula durou cinquenta minutos, tendo sido utilizada uma aula a mais do que o previsto pela professora. Iniciamos em 26 de setembro de 2011 e finalizamos em 7 de novembro de 2011. As 3ª séries do ensino médio da escola têm duas aulas semanais de biologia. A seguir, a tabela 1 apresenta a descrição das aulas dadas:

**Tabela 1. Tabela ilustrativa da síntese da implantação da SEBBI na escola estadual**

Aulas	Intenções Conceituais	Intenções Metodológicas	Intenções ligadas à natureza da biologia	Estratégia Pedagógica
Antes da				A professora faz a motivação e prepara a turma para a pesquisa e a sequência. Passa o questionário (pré-teste) para todos os alunos, e passa a autorização.
Aula um	Biodiversidade intraespecífica e interespecífica; Espécie;	Apresentação da questão-problema para os alunos e elaboração de hipóteses por eles, em atividade em grupos; Atividade experimental para apresentação de diferentes tipos de dados: fornecimento de vasos com flores e fotos de caramujos diferentes da mesma espécie; Atividade proposta para ser realizada em colaboração.	Uso de dados biológicos para observação, comparação e identificação de padrões e diferenças; Abordagem argumentativa na estrutura das questões.	Aula prática: vasos com flores (margaridas, crisântemos e gérbas) como <i>dados<sup>T</sup></i> ; trabalho em grupo; professora passa pelos grupos, direcionando e orientando a prática e as atividades escritas dos alunos.
Aula dois	Biodiversidade (nível de populações); Conceito de espécie	Acesso dos alunos às discussões sobre as explicações científicas.	Utilização de conceitos e apoios da comunidade científica sobre espécie biológica, biopopulação, fornecendo o apoio para a construção de argumentação; relação com as evidências obtidas na aula anterior.	<i>PowerPoint</i> com apresentação de mais <i>dados<sup>T</sup></i> de diversidade intraespecífica; aula teórica dialogada para discussão dos conceitos.
Aula três	Gradualismo; Evolução biológica (mudanças de populações ao longo do tempo a partir de isolamento geográfico); Descendência a partir de ancestral comum;	Atividades de investigação com apresentação e registro de dados de pesquisas fornecidos aos alunos; Discussões em grupo para construção de hipótese; Acesso às atividades da natureza da ciência com a discussão sobre dados fornecidos;	Observação e comparação de dados de experimentação em evolução biológica, como evidências de transformação em “pouco tempo”; análise de dados fornecidos; Hipóteses construídas a partir de fornecimento de dados;	Aula Teórica (dialógica) com apresentação de <i>dados<sup>T</sup></i> no <i>PowerPoint</i> . Ao final da aula, elaboração da hipótese (atividade em grupos pequenos);

Aula quatro	Seleção artificial; Transmissão de características selecionadas às gerações posteriores; Gradualismo;	Investigação para resolução de problemas, com obtenção de dados sobre a seleção artificial;	Utilização de evidências sobre a formação das raças como motivador de reflexão sobre o mecanismo de formação de novas espécies; comparação de observações de natureza biológica, explicações disponíveis e estrutura argumentativa para a elaboração da conclusão sobre a questão-problema.	PowerPoint com apresentação de atividade. Aula com atividades práticas e apostila: os alunos se reúnem em grupos e a partir do desafio de um pedido de cientistas para formar novas raças de cachorros.
Aula cinco	Seleção artificial e a relação com a seleção natural; Gradualismo; Ancestral comum	Investigação sobre o conceito que pode ser usado para explicar os dados obtidos; Atividade em grupo (colaborativa); Uso de dados obtidos pelos alunos a partir de modelos.	Resolução da questão-problema pelo uso do conceito de seleção artificial; Composição de estrutura argumentativa na conclusão, articulando os dados com a justificativa;	Aula Teórica (dialogada) com uso de PowerPoint.
Aula seis	Seleção natural; Evolução biológica; Gradualismo; Biopopulação; Espécie; Ancestral comum.	Investigação a partir de dados de nova atividade experimental: mudanças nas características de Lebistes (Endler e Reznik); Atividade em grupos, aproximação da natureza da ciência (atividade das ciências biológicas atual)	Identificação e análise de <i>dados<sup>T</sup></i> (por observação e comparação) obtidos por pesquisadores em experimentação para testes de seleção natural em lebistes; atividades de análise de <i>dados<sup>T</sup></i> como evidências da seleção natural para elaboração de argumentação utilizando explicações com base em teoria de evolução biológica;	Aula teórica (dialogada) para discussões e fechamento com uso de PowerPoint, com uso de imagens e exemplos.
Aula sete	Seleção natural; Evolução biológica; Gradualismo; Biopopulação; Espécie; Ancestral comum.	Fechamento da Investigação sobre a origem das espécies, com a discussão sobre evidências e explicações conceituais e construção das conclusões em grupo.	Elaboração da conclusão sobre a evolução biológica, a partir de evidências do mecanismo de seleção natural; Utilização de estrutura argumentativa para elaborar a conclusão e disponibilização de outras atividades.	Retomada das respostas escritas pelos alunos, em grupos. Fechamento e discussões

## Resultados

Dado que o foco deste trabalho seria apresentar **os alicerces estruturantes** de uma sequência didática baseada em investigação, os resultados apresentam a **arquitetura básica** estabelecida nos eixos integrados para a ação pedagógica do professor. A tabela 2 apresenta os eixos construídos a partir das intenções conceituais, metodológicas e da natureza da biologia e as formas de abordar os obstáculos conceituais, metodológicos e da natureza da biologia utilizados na SEBBI.

Procuramos trazer, para as aulas 1 e 2 (figura 1), obstáculos conceituais e metodológicos característicos do conhecimento biológico. No caso dos obstáculos conceituais, os alunos foram orientados a superar os obstáculos da tipologia ou do essencialismo por meio de investigação de questão-problema sobre a espécie de plantas, com vasos de flores. Isso aconteceu de várias formas, os alunos foram convidados a fazer observações e comparações entre as flores de forma a identificar o padrão de diversidade dentro do conceito de espécie. A abordagem dos obstáculos conceituais (essencialismo) e metodológicos (identificação dos dados, resolução de problemas, elaboração de hipóteses, argumentação) foi considerada importante, pois impulsionou os alunos a “mirar” nos dados para poder resolver uma questão. Além disso, eles foram motivados a participar das discussões trazendo os resultados de suas observações, das discussões dos grupos, contribuindo para a elaboração de uma visão construída por eles próprios, com orientação forte da professora. Para as aulas 1 e 2, as principais dificuldades foram o tempo de execução da atividade prática e o conceito de indivíduo, pois alguns alunos manifestaram dificuldades em identificar as diferenças individuais (a professora forneceu informações sobre a raiz, o caula e as folhas para que eles pudessem prosseguir nesse conceito). Nas aulas subsequentes, de 2 a 7 (figura 1), os conceitos de ancestral comum com descendentes com características herdadas, de seleção artificial, de seleção natural, de gradualismo e da evolução propriamente dita foram todos abordados pela SEBBI. Nosso foco principal como intenção conceitual foi a construção do conceito de seleção natural pelos alunos. Para isso, as intenções metodológicas características da natureza da biologia foram direcionadas de forma a apresentar os *dados<sup>T</sup>* de pesquisas recentes sobre seleção natural e biopopulação de diferentes maneiras: fornecidos pelos materiais (apostilas), obtidos por atividades práticas (seleção artificial) ou experimentais (vasos de flores). A ideia da SEBBI considera que a formação de um conceito pode ser

promovida pela aprendizagem por investigação.

**Tabela 2: SEBBI e as intenções conceituais, metodológicas e natureza do conhecimento biológico e os obstáculos correspondentes que foram intencionalmente abordados.**

SEBBI	Conceituais	Intenções						
		Ancestral comum	Seleção Natural	Seleção Artificial	Gradualismo	Evolução Biológica	Biodiversidade intra-específica e inter-específica (biopopulação)	Espécie Biológica
		Obstáculos						
		Fixismo	Teleologia e finalismo	Tipologia ou essencialismo				
	Metodológicos	Intenções			Obstáculos			
		Elaboração de Argumentação para a conclusão da investigação	Aproximação de aspectos da natureza da ciência (elaboração de hipóteses, previsão, obtenção de dados, registro de dados, linguagem científica)	Interação social, colaboração e cooperação	Resolução de problemas (aprendizagem por investigação orientada)	Hábito de responder questões de forma individual, sem colaboração e coopeação para discussão e articulação de ideias.	Frequência de utilização pelos estudantes de construção de respostas com afirmações baseadas em conceitos memorizados em contraposição à competência de identificar utilizar dados obtidos em procedimentos experimentais como evidências numa argumentação científica.	Hábito dos alunos de resolver apenas exercícios repetitivos e baseados em memorização, de falta de prática na proposição de hipóteses, na obtenção de dados, no registro e obtenção de dados.
	Epistemológicos	Intenções			Obstáculos			
		Aproximar-se de metodologia baseada em narrativa evolutiva, experimentação mental, observação, comparação e construção de modelos para experimentação em biologia	Uso de justificativas (garantia e apoio) a partir de conceitos científicos aceitos pela comunidade científica para a construção argumentativa	Uso de evidências de observação biológica a partir de padrões de diversidade para construção de argumentação	Obtenção de dados experimentais da biologia evolutiva (observação e comparação)	Reconhecimento de variabilidade como padrão de observação e não o enquadramento em tipos (tipologia), que é mais frequente na prática de laboratório	Tempo de investigação para obtenção de dados, que, em biologia, muitas vezes acontece em longo prazo	A falta de habilidade na prática de observação direcionada e comparativa entre evidências variadas, para obtenção de dados, dado que a natureza da metodologia em biologia nem sempre é experimental;

Ao iniciar a SEBBI, consideramos que os alunos tinham como obstáculo metodológico algumas dificuldades em observação e comparação de *dados<sup>T</sup>*, nas diferentes atividades experimentais e metodologias utilizados especialmente em biologia evolutiva, na (re)construção do conceito de espécie, no entendimento do conceito da seleção artificial como base para apoiar a ideia de seleção natural, e na ideia do ancestral comum e gradualismo como base para entender a evolução biológica. Foi intenção da SEBBI apresentar atividades que abordassem diretamente ou indiretamente os obstáculos conceituais e metodológicos de forma a promover a superação desses obstáculos pelo enfrentamento da atividade didática. Como apresentado na tabela 2, abordamos o fixismo, mas desde os pré-testes percebemos, pelas respostas obtidas, que esse não seria um obstáculo para os alunos. Em compensação, o obstáculo mais prevalente que pudemos perceber foram explicações teleológicas, amplamente utilizadas pelos estudantes (KAMPOURAKIS; ZOGZA, 2007). Conforme pudemos notar, a tabela 1 da SEBBI apresenta o enfrentamento da teleologia e do determinismo da aula 3 a 7, sendo o essencialismo tratado em todas as aulas da sequência pelos materiais e pelo professor. Os obstáculos metodológicos característicos do ensino por investigação foram enfrentados de duas formas: a partir do nosso entendimento de que a matriz investigativa de Darwin poderia ser utilizada pelos alunos como um percurso de reconstrução, trazendo um norte ou direção seguros para a professora e os alunos, e com base na consideração de que a habilidade de se investigar deve ser ensinada pela própria participação dos alunos na investigação. A condição para que os alunos pudessem superar esses obstáculos, conforme a tabela 2 informa, é a proposta da SEBBI de que a investigação seja orientada pelo professor, em ações que já foram especificadas por diversos autores (ROGERS; ABELL, 2008; APEDOE, 2007; ANDERSON, 2007, SMITHENRY, 2010; BLANCHARD et al, 2012). Assim, entendemos que, mesmo para alunos que, supostamente, nunca tenham tido a oportunidade de aprender a partir dessa perspectiva, e desde que a investigação seja guiada pelo professor em determinados pontos, pode haver a superação desse obstáculo de falta de habilidades e competências, conforme verificamos nesta pesquisa, uma vez que as evidências de que os aluno melhoram uso de *dados<sup>T</sup>*, de justificativas e da composição de sua argumentação, conforme verificado em Tonidandel (2014). Dessa maneira, podemos depreender que, nas aulas da SEBBI, os alunos se aproximam de aspectos da natureza da ciência, especialmente da biologia, e são estimulados a observar *dados<sup>T</sup>*, a utilizar os *dados<sup>T</sup>* nas respostas, o que, de certa maneira, pode promover uma escrita argumentativa, ou seja, baseada na articulação de evidências e conclusão, apoiados em conceitos científicos. Consideramos que a natureza da biologia evolutiva pôde ser contemplada na SEBBI a partir de nossas intenções e estruturas apresentadas para o enfrentamento. Assim, o tipo de experimentação em biologia que exige longo prazo foi enfrentado trazendo

diversos apoios, entre os quais o apoio das narrativas históricas, dos dados de experimentações reais em biologia evolutiva atual (DAWKINS, 2009; MEYER; CHARBEL, 2009; SMITH; REISER, 2005; MAYR, 2005), o apoio de imagens, como fizemos no caso dos lagartos e dos lebes, o apoio de modelos experimentais, como fizemos na atividade para “produzir” novas raças de cachorros no caso da seleção artificial. Essa estratégia promove o desenvolvimento de uma habilidade característica da natureza da biologia, similar ao que Darwin propôs ao apresentar como evidência da evolução biológica, a seleção artificial. No seu livro, Darwin apresenta a seleção artificial como base para o entendimento para a seleção natural, por comparação e raciocínio, fazendo uma espécie de experimento mental. Neste trabalho, ao assumirmos o propósito de investigar como seria o ensino da evolução biológica que recuperasse o viés da matriz investigativa utilizada por Darwin em sua pesquisa sobre a origem das espécies, julgamos que seria viável articular as intenções conceituais e metodológicas características da natureza das ciências biológicas com a abordagem dos principais obstáculos da construção histórica do conceito de seleção natural como mecanismo da evolução biológica numa sequência didática baseada em investigação. Como primeiro resultado, obtivemos a SEBBI, que apresenta essa matriz como base para o ensino e aprendizagem. Entretanto, para entender como a SEBBI se relacionou com os estudantes na aprendizagem por investigação, realizamos a análise de suas produções nas questões escritas, buscando, na argumentação que construíram, os elementos para trazer evidências da SEBBI na superação de obstáculos metodológicos e conceituais da natureza da biologia. Esses resultados, estão apresentados em Tonidandel (2014). Assim, analisamos se e como os alunos, ao entrarem em contato com *dados<sup>T</sup>* e evidências da seleção natural, incorporaram tais evidências em sua escrita. Diante da importância do papel da argumentação na linguagem dos alunos, procuramos fazer nossa análise a partir da construção argumentativa dos alunos, de forma a investigar se os alunos que participaram da SEBBI apresentavam *dados<sup>T</sup>* como evidências da seleção natural em sua estrutura argumentativa escrita durante a aplicação da SEBBI, para o ensino de evolução biológica. Nesse caso, em Tonidandel (2014) verifica-se que os alunos utilizaram dados como evidências da seleção natural, uma vez que os resultados dessa pesquisa apontaram que há evidências de melhor uso dos *dados<sup>T</sup>* na composição do argumento. Além disso, com a análise estatística, obtivemos resultados significativamente importantes de que os argumentos construídos pelos alunos estavam fortemente correlacionados com o uso de dados. Segundo nossos resultados, a escrita dos argumentos dos estudantes durante a SEBBI revelou uma melhora qualitativa no sentido do volume da argumentação, ou seja, os alunos passaram a produzir mais argumentos com melhor uso de *dados<sup>T</sup>*, justificativas e afirmações como conclusões para as questões-problema colocadas. Percebemos que a abordagem dos obstáculos conceituais e metodológicos característicos da natureza da biologia é uma estratégia que pode trazer melhores consequências na apresentação dos resultados, uma vez que a porcentagem de alunos que utilizaram inicialmente o obstáculo da teleologia para explicar a modificação dos alunos e que modificaram seu apoio ao final da SEBBI é significativa, conforme apresentado nos gráficos (TONIDANDEL 2014).

## Considerações Finais

A ideia da SEBBI considera que a formação de um conceito pode ser promovida pela aprendizagem por investigação. No início, entendíamos que a falta de prática dos alunos em relação às atividades investigativas em biologia deveria ter, como consequência, baixo nível de habilidades metodológicas desenvolvidas pelos estudantes (SEPÚLVEDA, EL-HANI; REIS, 2009; FERRARI; CHI, 1998 apud SEPÚLVEDA; EL-HANI; REIS, 2009). Através de atividades que abordassem diretamente ou indiretamente os obstáculos conceituais e metodológicos, a SEBBI procurou ser articulada pelos eixos estruturantes para a superação do mesmo,

Os obstáculos metodológicos característicos do ensino por investigação foram enfrentados de duas formas: 1) nosso entendimento de que a matriz investigativa de Darwin poderia ser utilizada pelos alunos como um percurso de reconstrução, trazendo um norte ou direção seguros para a professora e os alunos; 2) na consideração de que a habilidade de se investigar deve ser ensinada pela própria participação dos alunos na investigação. A condição para que os alunos pudessem superar esses obstáculos é a proposta da SEBBI de que a investigação seja orientada pelo professor, em ações que já foram especificadas por diversos autores (ROGERS; ABELL, 2008; APEDOE, 2007; ANDERSON, 2007, SMITHENRY, 2010; BLANCHARD et al, 2012) e mesmo para alunos que, supostamente, nunca tenham tido a oportunidade de aprender a partir dessa

perspectiva, e desde que a investigação seja guiada pelo professor em determinados pontos, pode haver a superação desse obstáculo de falta de habilidades e competências, uma vez que as evidências de que os alunos melhoram no uso de *dados<sup>T</sup>*, de justificativas e da composição de sua argumentação. Dessa maneira, podemos depreender que, nas aulas da SEBBI, os alunos se aproximam de aspectos da natureza da ciência, especialmente da biologia, e são estimulados a observar *dados<sup>T</sup>*, a utilizar os *dados<sup>T</sup>* nas respostas, o que, de certa maneira, pode promover uma escrita argumentativa, ou seja, baseada na articulação de evidências e conclusão, apoiados em conceitos científicos.

## Referências

- ANDERSON, R. D. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. In: S. K., Abell (Eds.). Handbook of research on science education. Oxford: Taylor & Francis, 2007. p. 807-830.
- APEDOE, X. S. Engaging students in inquiry: tales from an undergraduate geology laboratory-based course. *Science Education*, s. l., p. 631-663, Dez. 27, 2007.
- BLANCHARD, M. R.; SOUTHERLAND, S. A.; OSBORNE, J. W.; SAMPSON, V. D.; ANNETA, L. A.; GRANGER, E. M. Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, s. l., p. 577-616, Mar. 11, 2012.
- BRASIL, MEC; SEMTEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília, DF, 1999.
- CHINN, C. A.; MALHORTA, B. A. Inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, s.l., n. 86, p. 175-218, 2002.
- GUISASOLA, J.; ALMUDI, J. M.; CEREBIO, M.; ZUBIMENDI, J. L. Designing and evaluating research-based instructional sequences for introducing magnetic fields. *International Journal of Science and Mathematics Education*, s.l., n. 7, p. 699-722, 2009.
- GUISASOLA, J.; FURIÓ, C.; CEREBIO, M. Science education based on developing guided research. *Science Education in Focus*, s.l., p. 56-83, 2006.
- KAMPOURAKIS, K.; ZOGZA, V. Student's preconceptions about evolution: how accurate is the characterization as "Lamarckian" when considering the history of evolutionary thought? *Science & Education*, s.l., n. 16, p. 393-422, 2007.
- KUHN, D. Teaching and learning science as argument. *Science Education*, s.l., p. 810-824, Mar 26, 2010.
- MAYR, E. **Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica**. (Trad de M. Leite). São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- ROGERS, M. A.; ABELL, S. K. The design, enactment and experience of inquiry-based instruction in undergraduate science education: a case study. *Science Education*, p. 591-607, 2008.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência & Educação*, s.l., n. 17(1), p. 97-114, 2011.
- SEPÚLVEDA, C.; EL-HANI, C. N.; REIS, V. S. Análise de uma sequência didática para o ensino de evolução sob uma perspectiva socio-histórica. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009, Florianópolis. Anais do VII ENPEC. Florianópolis: Unesp, 2009, p. 1-12.
- SMITH, B. K.; REISER, B. J. Explaining behavior through observational investigation and Theory Articulation. *The Journal of the Learning Sciences*, s.l., n. 14(3), p. 315-360, 2005.
- SMITHENRY, D. W. Integrating guided inquiry into a traditional chemistry curricular framework. *International Journal of Science Education*, s.l., n. 32(13), p. 1689-1714, Set. 2010.
- TONIDANDEL, S. M. **Escrita argumentativa de alunos do ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- TONIDANDEL, Sandra Maria Rudella. **Superando obstáculos no ensino e na aprendizagem da evolução biológica: o desenvolvimento da argumentação dos alunos no uso de dados como evidências da seleção natural numa sequência didática baseada em investigação**. 2014. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-18122014-100501/>>. Acesso em: 2015-05-04