UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

INSTITUTO DE FÍSICA

INSTITUTO DE QUÍMICA

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

ANA ELISA MONTEBELLI MOTTA

**A construção de evidências e a aprendizagem conceitual em uma sequência didática
investigativa sobre interações ecológicas**

SÃO PAULO

2020

ANA ELISA MONTEBELLI MOTTA

**A construção de evidências e a aprendizagem conceitual em uma sequência didática
investigativa sobre interações ecológicas**

Versão corrigida

Dissertação apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: Ensino de Biologia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tadeu Motokane.

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Motta, Ana Elisa Montebelli

A construção de evidências e a aprendizagem conceitual em uma sequência didática investigativa sobre interações ecológicas. São Paulo, 2020.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tadeu Motokane

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Unitermos: 1. Biologia – Estudo e Ensino; 2. Ecologia; 3. Ensino de Ciências; 4. Linguagem; 5. Argumentação.

USP/IF/SBI-016/2020

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Bernadete e Sisino, por serem exemplo, aconchego, apoio e estímulo.

Ao Diego, por me permitir caminhar ao seu lado e me transformar em uma pessoa melhor a cada dia. Obrigada por celebrar comigo as vitórias e estar presente nos momentos difíceis.

Ao meu irmão Felipe, parceiro para todas as horas.

Ao meu sobrinho Lucca, por me reensinar a ver a vida com leveza.

À Meg, por recarregar minhas baterias com tanto carinho.

Ao Prof. Dr. Marcelo Motokane, meu orientador, por me proporcionar amadurecimento pessoal e acadêmico e, principalmente, pelas demonstrações de confiança.

Às professoras Maíra Batistoni e Silva e Lúcia Helena Sasseron pelas reflexões que proporcionaram em meu exame de qualificação.

Ao grupo de pesquisa Linguagem e Ensino de Ciências (LINCE), pelas tardes de discussão que tanto enriqueceram minha formação.

Ao Caio, Rafael, Michele e Anne, por tornarem mais prazerosa a caminhada acadêmica. Agradeço por todo incentivo, aprendizado e risadas.

À Anne, pela possibilidade de compartilhar angústias, sonhos, brigadeiros e realizações.

Ao Tiago e Gabriel, pela parceria nas idas e vindas à São Paulo.

À Bel, Gabi e Heloísa, por sempre me acolherem tão carinhosamente.

À Helen, Murilo e Enedy, por se fazerem amigos presentes, mesmo à distância.

À Natália, Ana Luiza e Thais, pela amizade que perdura.

À Valéria e Catalina, por me apresentarem à uma nova forma de encarar a vida.

À toda equipe do Colégio Vivo, pela confiança no meu trabalho.

Aos meus queridos primeiros alunos, pelos incontáveis beijos, por me apresentarem os desafios e as delícias da sala de aula, por permitirem que eu me tornasse professora e por proporcionarem novos olhares para a própria pesquisa.

Aos professores, funcionários e colegas do Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências, pelo suporte à minha formação.

Aos professores, funcionários e colegas do Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, por possibilitarem vivências científicas, culturais e políticas desde a minha graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa (Código de Financiamento 001).

RESUMO

MOTTA, A. E. M. **A construção de evidências e a aprendizagem conceitual em uma sequência didática investigativa sobre interações ecológicas.** 2020. 82 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia e Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Ancorado nos estudos sobre a argumentação em aulas de biologia, o objetivo deste trabalho é analisar o processo discursivo de construção de evidências no decorrer da implementação de uma sequência didática investigativa sobre interações ecológicas. A argumentação a partir de evidências tem potencial para proporcionar a formação de jovens alfabetizados cientificamente, promovendo a capacidade de avaliar as bases nas quais se sustentam enunciados. Os resultados de diferentes estudos, no entanto, apontam que a construção de evidências não é trivial e ainda é necessário compreender como apoiar os estudantes nessa tarefa. Nossos sujeitos de pesquisa são um grupo de cinco alunas pertencentes a uma turma regular do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública. A partir da transcrição das aulas, foram mapeados episódios e sequências discursivas. Para cada episódio, foram identificados os objetivos das estudantes ao utilizarem os dados nas interações: explorar dados, organizar informações ou apoiar enunciados, que se mostraram condizentes com a estrutura da sequência didática proposta. Descrevemos elementos do processo de construção de evidências a partir de dados anômalos. As estudantes reconhecem parte dos dados como anômalos, tentam explicá-los e, por fim, incorporam os dados anômalos a uma explicação para o fenômeno. Nossos resultados sugerem que, nesse caso, o trabalho com os dados anômalos possibilitou que as estudantes concilhassem explicações causais e, com isso, compreendessem as interações ecológicas em maior complexidade.

Palavras-chave: evidência, argumentação, interações discursivas, ensino de ciências.

ABSTRACT

MOTTA, A. E. M. **Evidence construction and conceptual learning during an inquiry teaching sequence about ecological interactions**. 2020. 82 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia e Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

This study is inserted in the researches about argumentation in biology classes. We aim to analyse the discursive construction of evidence during an inquiry teaching sequence about ecological interactions. The evidence-based argumentation has potential to provide the development of scientific literacy, promoting the ability to evaluate the bases on which statements are layed. The results of different studies, however, point out that evidence construction is not a trivial task and it is still necessary understand how to support students. Our participants are a group of five students, who attend a regular class of the first year of high school in a public school. From the transcription of the classes, episodes and discursive sequences were mapped. For each episode, the students' aims were identified when using the data in interactions: exploring data, organizing information or supporting statements, which were consistent with the structure of the proposed teaching sequence. We describe elements of the evidence-building process from anomalous data. The students recognize part of the data as anomalous, try to explain it and, finally, incorporate the anomalous data into an explanation for the phenomenon. Our results suggest that, in this case, working with anomalous data made it possible for students to reconcile causal explanations and, with this, understand ecological interactions in greater complexity.

Keywords: evidence, argumentation, discursive interactions, science teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta esquemática da sala de aula.....	29
Figura 2. Síntese da compreensão conceitual a partir da construção de evidências.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Normas para transcrição. Adaptado de: Preti (1999).....	30
Quadro 2. Síntese dos episódios mapeados.....	31
Quadro 3. Objetivos epistêmicos do trabalho com dados identificados nas interações discursivas.....	35
Quadro 4. Etapas epistêmicas associadas ao trabalho com os dados anômalos nas interações discursivas.....	35
Quadro 5. Etapas conceituais identificadas nas interações discursivas ao longo da SDI. P: predação; C: competição; E: efeito observado.....	36
Quadro 6. Sequência discursiva 2: explorando os dados sobre predação.....	37
Quadro 7. Sequência discursiva 3: apoiando uma conclusão para a predação.....	39
Quadro 8. Sequências discursivas 6 e 7: reconhecendo dados anômalos para a predação.....	40
Quadro 9. Sequência discursiva 8: reconhecendo dados anômalos para a predação.....	42
Quadro 10. Categorização do Episódio 3.....	42
Quadro 11. Sequências discursivas 3 e 5: explorando dados experimentais e apoiando conclusões sobre a competição.....	43
Quadro 12. Sequência discursiva 8: apoiando conclusões sobre a competição.....	44
Quadro 13. Sequência discursiva 9: explorando dados sobre a distribuição das plantas.....	45
Quadro 14. Sequência discursiva 10: organizando informações e apoiando uma conclusão para a competição.....	47
Quadro 15. Sequência discursiva 13: reconhecendo dados anômalos para a competição.....	48
Quadro 16. Categorização do Episódio 5.....	49
Quadro 17. Sequência discursiva 2: estabelecendo uma conclusão inicial para o problema.....	49
Quadro 18. Sequências discursivas 2 e 11: reconhecendo dados anômalos e delimitando o problema.....	50
Quadro 19. Sequências discursivas 5 e 6: organizando informações sobre a predação.....	51
Quadro 20. Sequência discursiva 7: apoiando uma conclusão para a floresta A.....	53
Quadro 21. Sequências discursivas 3 e 8: apelando a dados indisponíveis.....	54
Quadro 22. Sequências discursivas 13 e 14: selecionando dados.....	55
Quadro 23. Sequências discursivas 17, 20 e 22: desenvolvendo uma explicação final para o problema.....	58
Quadro 24. Categorização do Episódio 6.....	61

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	09
1 A CONSTITUIÇÃO DE UMA COMUNIDADE EPISTÊMICA.....	10
2 A ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	14
2.1 O desenvolvimento da argumentação e os objetivos do Ensino de Ciências.....	14
2.2 O que entendemos por argumentação.....	16
2.3 A argumentação e o uso de evidências no Ensino de Ciências.....	17
3 PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVOS.....	25
4 METODOLOGIA.....	26
4.1 Pressupostos teóricos.....	26
4.2 Sobre os sujeitos da pesquisa.....	26
4.3 A Sequência Didática Investigativa (SDI).....	27
4.4 Registro e tratamentos dos dados.....	28
4.5 Processo analítico.....	35
5 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	37
5.1 Episódio 3 - Reconhecendo dados anômalos e estabelecendo conclusões para a predação.....	37
5.2 Episódio 5 - Reconhecendo dados anômalos e estabelecendo conclusões para a competição.....	43
5.3 Episódio 6 - A construção de uma explicação final para o fenômeno.....	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXO A – Sequência didática Investigativa: material instrucional.....	72
APÊNDICE A – Mapeamento de sequências discursivas.....	79
APÊNDICE B – Mapeamento conceitual.....	82

APRESENTAÇÃO

Nos dois primeiros capítulos deste estudo apresentamos os pressupostos teóricos que guiam nossas análises. No primeiro capítulo, apresentamos a sala de aula como uma comunidade que produz conhecimento por meio de práticas discursivas e situamos os estudos sobre argumentação dentro do contexto de análise das práticas epistêmicas.

Já no segundo capítulo, discutimos a importância do desenvolvimento da argumentação no ensino de ciências e algumas definições para a argumentação. Apresentamos também uma revisão bibliográfica sobre o uso de evidências no ensino de ciências. Assim, buscamos descrever os diferentes entendimentos sobre o que é uma evidência científica, seu papel na argumentação em salas de aula de ciências e os desafios associados ao seu uso.

Após a contextualização teórica, no terceiro capítulo, apresentamos a pergunta e os objetivos da pesquisa.

No capítulo 4 descrevemos os procedimentos metodológicos: os sujeitos e o contexto da pesquisa, a caracterização da sequência didática investigativa utilizada no estudo, o registro e tratamento dos dados, com a transcrição e mapeamento de episódios e sequências discursivas, e as categorias adotadas para a análise dos dados.

No capítulo 5 apresentamos nossas análises a partir da seleção de sequências discursivas representativas e discutimos o processo de construção de evidências ao longo das aulas e sua relação com a natureza do dado e a aprendizagem conceitual.

Finalmente, no capítulo 6 tecemos algumas conclusões e considerações finais.

1 A CONSTITUIÇÃO DE UMA COMUNIDADE EPISTÊMICA

A influência de uma perspectiva sociocultural na pesquisa em ensino de ciências tem resultado em investigações sobre como o conhecimento é construído em um âmbito social da sala de aula. As proposições de Vygotsky e Bakhtin e seu Círculo enfatizam as origens sociais dos processos mentais e a importância da linguagem enquanto recurso semiótico, em oposição à visão que descrevia a aprendizagem como processo majoritariamente individual até a década de 1990 (MORTIMER; SCOTT, 2003).

As novas compreensões passam a considerar a sala de aula como espaço dialógico no qual o sujeito se constitui na interação com o outro; interações essas determinadas por fatores históricos, culturais e institucionais (GIORDAN, 2008). Assim, a aprendizagem não é mais vista como uma substituição de concepções prévias pelos conceitos científicos, mas como uma negociação de significados em um ambiente comunicativo. A linguagem e as interações discursivas passam a ser compreendidas, portanto, como parte essencial do processo de construção de conhecimento no ambiente escolar (MORTIMER; SCOTT, 2003).

Em consonância com essa perspectiva, diversos estudos defendem a aprendizagem em ciências como o engajamento na linguagem científica (*e.g.*, LEMKE, 1990; 2001; SUTTON, 2003). Segundo Lemke (1990), a Ciência possui um discurso próprio e aprender ciências envolve não apenas falar sobre Ciência, mas também expressar-se por meio de seu discurso. “Falar Ciência” implica em observar, descrever, avaliar, comparar, classificar, questionar, concluir ou, em outras palavras, desempenhar práticas que são típicas de uma cultura científica (LEMKE, 1990).

A Filosofia e a Sociologia da Ciência contribuíram para uma compreensão da própria Ciência como prática socialmente situada (SILVA, 2008). As pesquisas realizadas por Latour e Woolgar (1997) e Knorr-Cetina (1999), por exemplo, apresentam descrições reais de investigações científicas conduzidas em laboratório e as analisam como um empreendimento social. Seus trabalhos destacam as relações interpessoais como pertencentes ao espaço do laboratório e as influências de outros atores na constituição dos estudos, por exemplo, no financiamento de projetos, além da importância da comunicação na validação de dados e análises e na divulgação de ideias por meio de ferramentas de persuasão, como os artigos científicos.

Ancorada na Filosofia da Ciência, Longino (1990; 2002) defende que a Ciência é uma atividade social e que ela ganha objetividade devido a esse aspecto. Em outras palavras, para a pesquisadora, é a interação crítica dos membros da comunidade científica, por meio de práticas,

normas e valores próprios (*e.g.*, a avaliação por pares), que afasta o conhecimento científico da arbitrariedade.

Assim, aqui compreendemos não apenas o ensino de ciências como a apropriação das ferramentas culturais da Ciência, mas também a construção do conhecimento científico enquanto processo que envolve a proposição, justificação e avaliação de ideias pela comunidade científica e a Ciência como parte da cultura que caracteriza uma sociedade. Tanto a Ciência quanto a ciência escolar se constituem, portanto, discursivamente e a partir dos compromissos epistemológicos de seus membros, sejam eles cientistas ou professores e estudantes.

Sob influência das abordagens sociais da Ciência, em especial o trabalho de Longino (1990; 2002), Kelly (2008) define as práticas epistêmicas como as formas pelas quais os membros de uma comunidade propõem, justificam, avaliam e legitimam enunciados para a construção do conhecimento. O foco das análises recai, portanto, não sobre sujeitos individuais, mas sobre uma comunidade que compartilha valores, significados e ferramentas culturais. No ambiente escolar, são consideradas práticas epistêmicas aquelas que permitem que os estudantes construam e debatam o conhecimento científico (*e.g.*, a argumentação) (SANDOVAL; REISER, 2004).

De acordo com Silva (2008), o interesse das pesquisas em torno dos aspectos epistêmicos em salas de aula de ciências, partem do princípio de que os objetivos de seu ensino não devem ser voltados apenas para a aquisição de termos, conceitos e procedimentos, mas também possibilitar uma percepção do caráter discursivo e argumentativo da Ciência e, dessa forma, promover visões mais adequadas da natureza dos saberes científicos.

Os estudos sobre epistemologia na educação em ciências têm sido realizados sobre três principais perspectivas: (1) disciplinar, considerando a mudança conceitual na aprendizagem em ciências; (2) pessoal, preocupada em como as epistemologias pessoais (crenças epistemológicas) de estudantes influenciam sua aprendizagem e (3) social, considerando as formas pelas quais as práticas disciplinares, tais como representar dados ou engajar-se no discurso científico, se constituem em sala de aula (KELLY; MCDONALD; WICKMAN, 2012). Este trabalho se dedica especialmente a terceira perspectiva.

Por muito tempo, as abordagens epistemológicas para o ensino de ciências focavam em estudos de uma epistemologia pessoal, com o uso de questionários e entrevistas para acessar as concepções de professores e estudantes sobre a Ciência, de modo que poucos trabalhos se dedicavam a examinar de que formas os conhecimentos disciplinares eram estabelecidos nas interações discursivas por meio da linguagem (KELLY; MCDONALD; WICKMAN, 2012).

Dentre os trabalhos que têm dado foco às interações e diálogos existentes entre alunos e professores na busca de um entendimento da dimensão epistêmica, destacamos o estudo de Jiménez-Aleixandre et al. (2008). Analisando as práticas sociais de construção do conhecimento no discurso de estudantes, Jiménez-Aleixandre et al. (2008) propuseram uma ferramenta para a identificação de práticas epistêmicas específicas, tendo-se em vista instâncias sociais de produção, comunicação e avaliação do conhecimento.

Outros trabalhos se dedicaram mais especificamente a compreender a influência e papel do professor no contexto de práticas. Lidar, Lundqvist e Östman (2005) sugerem Movimentos Epistemológicos, que podem ser entendidos como os modos pelos quais os professores orientam os estudantes sobre o que conta como conhecimento relevante e os meios apropriados para a construção dos conceitos científicos. Silva (2011), considerando essa proposta, sugere os Movimentos Epistêmicos. Tais categorias referem-se às intervenções dos professores, caracterizadas como questionamentos, sugestões e orientações que são significativas para o desenvolvimento de Práticas Epistêmicas no decorrer de atividades investigativas.

Utilizando as ferramentas de Práticas e Movimentos Epistêmicos, Silva (2015) analisou as interações discursivas em uma atividade investigativa sobre densidade e flutuação, realizada com estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental. Segundo a autora, percebendo que os estudantes expressavam pouca relação entre o fenômeno observado e os conceitos científicos, a professora chamou a atenção para aspectos familiares e insistiu para que incorporassem conceitos já trabalhados, de modo que os alunos passaram a elaborar suas hipóteses considerando os conceitos químicos. Assim, Silva (2015) identificou o desenvolvimento de práticas próximas à natureza científica e pode descrever a importância das ações da professora no seu aparecimento.

O estudo de Chiaro e Leitão (2005) também aponta a importância do papel do professor em um plano epistêmico, sendo ele o membro socialmente instituído como representante do saber a ser construído. Analisando o desenvolvimento da argumentação em sala de aula, as autoras identificaram que as falas dos estudantes relacionadas ao conteúdo e formas de raciocínio próprios do saber científico foram dependentes da ação do professor.

Mais recentemente, houve um esforço de pesquisadores de diversas áreas (*i.e.*, psicólogos, sociólogos, filósofos e pesquisadores educacionais) para conceituar o interesse pelos aspectos epistêmicos na sala de aula como um campo de pesquisa multidisciplinar e interdisciplinar, dedicado ao que foi denominado como Cognição Epistêmica (GREENE; SANDOVAL; BRÅTEN, 2016).

Kelly (2016) conceitua a Cognição Epistêmica a partir da ideia de uma comunidade de práticas, propondo que as práticas epistêmicas incluem entendimentos situados sobre o saber. Desse modo, voltar o olhar para as práticas que se desenvolvem nas interações discursivas nos permite compreender o que conta como conhecimento para uma determinada comunidade, bem como as formas que julgam adequadas para adquiri-lo. Para Wickman (2004), que compartilha da mesma perspectiva de análise, as práticas epistêmicas podem revelar epistemologias práticas ou epistemologias usadas em práticas específicas, referindo-se aos compromissos epistêmicos que se manifestam na ação e no discurso.

Ao discutir a Cognição Epistêmica, Chinn, Buckland e Samarapungavan (2011) consideram que suas dimensões mais importantes são os seus propósitos (*i.e.*, os objetivos dos sujeitos ao se engajarem em uma tarefa como, por exemplo, memorizar, explicar, justificar), padrões e critérios (*i.e.*, a avaliação do que é construído a partir de suas concepções ou crenças), além dos processos fiáveis (*i.e.*, estratégias que o indivíduo implementa para alcançar os objetivos como, por exemplo, avaliar enunciados a partir das evidências disponíveis). A Cognição Epistêmica seria, portanto, os processos mentais relacionados à construção do conhecimento (no caso, científico escolar).

Em síntese, situamos este trabalho nos estudos das interações discursivas no ensino de ciências a partir de uma perspectiva sociocultural da aprendizagem. Compreendemos a sala de aula de ciências como uma comunidade epistêmica, na qual são construídos critérios e valores próprios sobre a construção do conhecimento. Aqui desejamos investigar como uma determinada comunidade produz conhecimento ou, de modo mais específico, como, discursivamente, constroem e utilizam evidências na elaboração de explicações sobre fenômenos naturais.

2 A ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

2.1 O desenvolvimento da argumentação e os objetivos do Ensino de Ciências

Dentre as práticas associadas à construção do conhecimento científico, a argumentação tem sido alvo de grande parte das pesquisas em ensino de ciências (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008).

Jiménez-Aleixandre (2010) pontua contribuições da argumentação referentes a três grandes tipos de objetivos educacionais: (1) objetivos relacionados com a melhora no processo de aprendizagem; (2) objetivos relacionados com o desenvolvimento do pensamento crítico e (3) objetivos relacionados com o desenvolvimento de ideias sobre a natureza da ciência.

Ao abordar o primeiro objetivo, a pesquisadora destaca que a argumentação pode auxiliar o estudante a “aprender a aprender”, evidenciando os processos cognitivos (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010). Ao contrário de um ensino baseado na memorização (de nomes, definições, processos, etc.) e puramente expositivo, os ambientes argumentativos permitem que o estudante seja construtor de seu conhecimento. Assim, os alunos tem a possibilidade de fazer uso da linguagem científica, não apenas escutando as explicações dadas pelo professor, mas também elaborando e defendendo suas próprias explicações.

A argumentação também pode dar suporte à formação de cidadãos capazes de posicionarem-se criticamente diante de tópicos cotidianos que envolvem a Ciência. Ao possibilitar que os estudantes aprendam a identificar e avaliar as razões nas quais se sustenta determinada afirmação, a argumentação em sala de aula pode subsidiar o desenvolvimento de uma postura crítica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010).

Quanto ao terceiro objetivo educacional, a argumentação pode promover a aproximação do estudante com o modo de produção de conhecimento da Ciência. No processo de proposição de hipóteses, teorias e explicações, os cientistas argumentam, articulando dados e fundamentações teóricas a fim de defender suas ideias para os demais membros da comunidade (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010).

Dada a natureza social da atividade científica, a argumentação surge como uma prática epistêmica central, uma vez que envolve a elaboração de explicações sobre os fenômenos naturais, a justificação de ideias, o uso de evidências e o debate para validação e aceitação das novas ideias por uma comunidade (KELLY, 2008; KNORR-CETINA, 1999; LONGINO, 1990). A argumentação está presente nos diversos ambientes científicos, desde os mais formais, como nas apresentações em congressos e publicação de artigos, até os mais informais, como as

conversas em um laboratório (LATOUR; WOOLGAR, 1997). A ideia de conceber o próprio pensamento científico como argumento é defendida por Kuhn (1993).

No entanto, no ambiente escolar, ainda predomina uma visão empirista e positivista da Ciência, que apresenta um conhecimento científico construído por meio de observações neutras e realização de experimentos que seguem um suposto método científico e fornecem respostas únicas e verdadeiras (GIL-PÉREZ ET AL., 2001).

Nesse sentido, Driver, Newton e Osborne (2000) reforçam a importância do desenvolvimento da argumentação ao afirmarem que pensar em um ensino de ciências que não tem preocupação em trazer para sala de aulas a discussão de diversos posicionamentos é promover a ideia de que a própria Ciência produz conhecimentos inequívocos, inquestionáveis e incontestáveis.

Compreendemos que quando os estudantes argumentam eles tomam contato não apenas com “o que” sabemos, mas também com “porque” sabemos, reconhecendo as bases nas quais as conclusões são estabelecidas, a existência de mais de uma explicação para um mesmo fenômeno, a necessidade de persuasão dos pares, a diferença entre conclusões científicas e opiniões. Consequentemente, os estudantes podem adquirir visões mais adequadas sobre a natureza da Ciência (SANDOVAL; MILLWOOD, 2005; DUSCHL, OSBORNE, 2002).

Além disso, resultados de diferentes estudos têm apontado que o engajamento em atividades argumentativas pode contribuir com melhoras na aprendizagem conceitual (*e.g.*, ZOHAR; NEMET, 2002; VENVILLE; DAWSON, 2010).

Duschl (2008), refletindo sobre a necessidade das reformas educacionais, sugere que o ensino de ciências deve atuar a partir de objetivos conceituais, epistêmicos e sociais, com foco: (1) nas estruturas conceituais e o processo cognitivo utilizado ao raciocinar cientificamente; (2) nos aspectos epistêmicos envolvidos na construção e avaliação do conhecimento científico e (3) nos processos sociais e os contextos envolvidos na forma como o conhecimento é comunicado, representado e debatido – o que nos remete a um ensino que priorize o desenvolvimento da argumentação.

Em síntese, defendemos que a criação de um ambiente de aprendizagem que promova a argumentação tem potencial para contribuir com a alfabetização científica dos estudantes. A alfabetização científica tem sido apontada como objetivo central para o ensino de ciências (*e.g.*, DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; SASSERON; CARVALHO, 2011; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008). Apesar das variações entre os termos utilizados na literatura – alfabetização científica, letramento científico, enculturação científica – e da

dificuldade em definir e caracterizar esse processo, é consenso a defesa de um ensino de ciências que contribua para a formação de cidadãos críticos (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Estudantes alfabetizados cientificamente são capazes de atuar criticamente diante de tópicos que envolvem o saber científico ao compreender não apenas termos e conceitos, mas também a natureza do conhecimento científico, suas contribuições e limitações e as relações existentes entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente (SASSERON; CARVALHO, 2011).

2.2 O que entendemos por argumentação

A argumentação se constitui como uma prática epistêmica, ou seja, prática relacionada à construção do conhecimento científico (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010), que envolve a seleção de dados, a utilização de conceitos na sua interpretação, a apresentação de ideias, a justificação de ideias, a proposição de explicações sobre os fenômenos.

Os estudos sobre a argumentação têm início na Grécia antiga, com as primeiras reflexões atribuídas a Aristóteles. Nesse período houve um descrédito em relação à argumentação enquanto campo de estudo, sendo associada de forma pejorativa à persuasão e ao uso das palavras para a trapaça e, portanto, considerada não científica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008). Um renascimento da argumentação ocorreu nas décadas de 1950-60, com a publicação das obras “Os usos do argumento”, de Stephen Toulmin e “A nova Retórica”, de Chaïm Perelman e Lucie Olbretchs-Tyteca.

Perelman e Olbretchs-Tyteca (2005) consideram a argumentação como o estudo das técnicas ou ferramentas discursivas que permitem a justificação de escolhas e que tem como propósito a adesão de um auditório por seu orador.

Toulmin (2006), por sua vez, caracteriza o argumento a partir de sua estrutura, examinando as técnicas utilizadas por um locutor para justificar seu raciocínio. Toulmin (2006) propõem elementos constitutivos básicos de um argumento, bem como as relações funcionais existentes entre eles. Esses elementos são: dados, os fatos que apoiam determinada proposição e conclusão, a proposição que se deseja defender; garantias, que permitem compreender como se dá a passagem dos dados para a conclusão; apoio, que dá suporte às garantias ao fornecer os conhecimentos básicos (*e.g.*, leis e teorias) que as sustentam; qualificadores, que expressam o grau de certeza ou incerteza da conclusão alcançada por meio de expressões como “certamente” ou “talvez”; e refutadores, que expressam as restrições ou exceções à conclusão. De maneira

geral, conforme o modelo de Toulmin (2006), um argumento pode ser representado da seguinte maneira: *Dado* assim, *Qualificadores*, *Conclusão*, já que *Garantia*, por conta de *Apoio*, a menos que *Refutador*.

O padrão proposto por Toulmin (2006) tem sido amplamente utilizado como referencial analítico nas pesquisas que investigam a argumentação no Ensino de Ciências, especialmente na identificação dos produtos (argumentos orais ou escritos) produzidos por estudantes. No entanto, algumas limitações de seu uso são apontadas na literatura, dentre elas: a falta de julgamento sobre sua precisão; a desconsideração de gestos e expressões faciais; a desconsideração do contexto social de produção do argumento (*e.g.*, o desenvolvimento de diferentes linhas de raciocínio e os papéis que os sujeitos desempenham no âmbito social) (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

Dos diversos entendimentos sobre a argumentação, Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008) destacam duas dimensões, combinadas na teoria pragma-dialética de Frans H. van Eemeren, Rob Grootendorst e Francisca S. Henkemans, que podem ser relevantes para a educação científica: a argumentação como justificação do conhecimento e a argumentação como persuasão dos pares.

Van Eemeren, Grootendorst e Henkemans (1996) definem a argumentação como uma atividade essencialmente verbal, uma vez que exige o uso da linguagem oral ou escrita, e ao mesmo tempo não verbal, podendo incluir outros recursos como gestos e expressões faciais; social, pois em princípio é dirigida a alguém; e racional, uma vez que busca convencer uma audiência sobre a aceitabilidade de um ponto de vista, apresentando proposições capazes de justificá-lo ou refutá-lo. De modo similar, Chiaro e Leitão (2005) definem o argumento como um ponto de vista e suas justificativas, de modo que o argumento permite identificar a posição defendida por um falante e as ideias com as quais a justifica.

Neste trabalho, adotamos a definição de Jiménez-Aleixandre (2010), compreendendo a argumentação como um processo associado à capacidade de avaliar enunciados à luz das evidências disponíveis (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010). Dessa maneira, reconhecemos que para argumentar não basta que o aluno tenha acesso aos dados, mas é necessário entender como e quais dados podem ser utilizados como evidência para defender um enunciado.

2.3 A argumentação e o uso de evidências no Ensino de Ciências

Compreendemos que o trabalho com evidências tem implicações sobre a formação dos alunos, que podem construir novos significados quanto a produção do conhecimento científico

e o próprio aprender ciências na escola. Berland e Reiser (2011) defendem que o uso de evidências é capaz de auxiliar os estudantes no estabelecimento de critérios mais adequados para avaliar proposições, compreendendo que não devem aceitar ideias apenas porque parecem mais convincentes ou porque são defendidas por uma pessoa incumbida de autoridade. Para Takao e Kelly (2003), o processo de construção de argumentos baseados em evidências tem potencial para afastar os estudantes de um ensino que enfatiza a memorização, promovendo um melhor entendimento do conhecimento científico.

Os estudantes, em seu cotidiano, comumente têm o desafio de lidar com diferentes informações que lhes são apresentadas em jornais, revistas, sites de notícias e redes sociais. Entendemos que a formação de um cidadão crítico requer o desenvolvimento de capacidades que incluem avaliar a credibilidade da fonte dos dados, avaliar a adequabilidade da metodologia utilizada na obtenção dos dados, analisar a relação entre os dados apresentados e seus conhecimentos teóricos, analisar possíveis distorções interpretativas nas formas de apresentação de resultados (*e.g.*, representações gráficas e porcentagens) e suas implicações sociais, econômicas e/ou ambientais, dentre outras habilidades.

Para Bravo, Puig e Jiménez-Aleixandre (2009) há uma estreita relação entre a capacidade de compreender dados e a argumentação, que requer a avaliação de enunciados à luz das evidências. Jiménez-Aleixandre (2010) utiliza o termo *prueba* (*i.e.*, *evidence*, em inglês; prova, em português, considerado neste trabalho como sinônimo de evidência) para designar a função que os dados assumem na avaliação de enunciados. Assim, distinguimos uma informação, aqui denominada dado, que pode ser considerada evidência (*i.e.*, prova) a partir de seu papel discursivo no argumento. De forma similar, McNeill (2011) dá enfoque ao caráter funcional ao definir evidência como o dado utilizado para responder uma questão, resolver um problema ou tomar uma decisão. Para Koslowski et al. (2008), um dado se torna uma evidência quando é incorporado em um esquema causal, um critério válido que, no entanto, é dificilmente aplicável a contextos argumentativos distintos da elaboração de explicações causais.

A proposta de Gott, Duggan e Roberts (2003) pode contribuir para elucidar uma definição. Para os autores, dados se tornam evidências quando passam por algum processo avaliativo, que pode incluir considerações sobre as condições de realização da coleta, a comparação com outros dados, a consistência com o conhecimento aceito ou a praticidade em implementar os resultados obtidos. Desse modo, a evidência possui um *status* mais alto que os dados. Os pesquisadores propõem um modelo para ilustrar essa transformação. Assim, descrevem o desenvolvimento de uma medição (ou a média de várias medições) em dados que

podem ou não exibir padrões, até uma evidência que, por sua vez, é avaliada com relação a um possível resultado, como tomar uma decisão. Esse resultado está sempre imerso no contexto social do evento científico, de modo que a avaliação de uma evidência também é influenciada por fatores como, por exemplo, custo, tempo e prejuízos ambientais.

Em revisão sobre uso de evidências na Ciência, Gott e Duggan (1996) defendem que certas ideias sustentam a coleta, análise e interpretação dos dados e que há, portanto, um corpo de conhecimentos subjacentes à compreensão da evidência científica, o que descrevem como “conceitos de evidência”. Gott, Duggan e Roberts (2003) expandiram os conceitos propostos anteriormente e os disponibilizaram *online* para sugestão de outros pesquisadores. Como exemplos de conceitos têm-se: a amostragem, o erro humano, a determinação de padrões, a confiabilidade e a acurácia. Consideramos que a proposta dos pesquisadores (GOTT; DUGGAN, 1996; GOTT; DUGGAN; ROBERTS, 2003) tem implicações para o ensino de ciências, não apenas por descrever etapas de transformação dos dados, mas também apontar a necessidade de promover reflexões sobre a própria natureza da evidência.

Outro aspecto que pode contribuir para a caracterização da evidência científica é a classificação sugerida por Kuhn (1991). Analisando a argumentação cotidiana sobre tópicos sociais, Kuhn (1991) identificou que parte dos participantes da pesquisa produziam o que denominou como “pseudoevidências” ao invés de “evidências genuínas”. De acordo com a pesquisadora, as pseudoevidências se diferenciam das evidências genuínas por não serem nitidamente distintas do que se deseja defender, apesar de muitas vezes serem ideias plausíveis. Por exemplo, os participantes foram questionados sobre o motivo do fracasso escolar e como defenderiam seu ponto de vista. Um participante poderia relatar que a falta de interesse dos pais promove o fracasso escolar das crianças, fornecendo apenas pseudoevidências. Em contrapartida, outro participante poderia suportar a mesma opinião comparando o desempenho de crianças que tem pais altamente envolvidos na sua educação com o desempenho de crianças cujos pais se envolvem pouco, fornecendo assim evidências genuínas. Adicionalmente, alguém poderia fornecer o que Kuhn denomina de “não-evidências”. Nesse caso, o participante apenas apresentaria a consequência do que defende, sem explicitar sua causa, por exemplo, simplesmente afirmando que os alunos fracassam.

Duschl (2008) sugere um esquema que denomina *Continuum* Evidência-Explicação (E-E), caracterizando o processo de construção do conhecimento científico escolar a partir da análise de dados. Para o pesquisador, a utilização do esquema no planejamento do ensino pode contribuir para dar enfoque ao conhecimento científico enquanto prática cognitiva e social dos

cientistas. Nesse *continuum*, a análise de cada uma das três etapas de transformação a partir dos dados brutos permite acessar os critérios utilizados pelos estudantes para: (1) transformar dados em evidências; (2) buscar padrões a partir das evidências e (3) desenvolver ou selecionar teorias e explicações para explicar os padrões encontrados.

Aspectos do processo de transformação de dados em evidências têm sido caracterizados na literatura em trabalhos que analisam as produções escritas de estudantes ou transcrições de aulas, em contextos e faixas etárias diversas.

Monteira e Jiménez-Aleixandre (2016) investigaram a transformação de dados em evidências na educação infantil. A partir da primeira etapa do esquema de Duschl (2008) e do trabalho de Aikenhead (2005) baseado em Gott, Duggan e Roberts (2003), as pesquisadoras distinguiram dois *levels* de transformação dos dados nas interações discursivas. O primeiro (L1) refere-se a enunciados descritivos, próximos ao dado bruto. O segundo (L2) envolve ao menos um dos seguintes critérios avaliativos: (1) identificar padrões no conjunto de dados; (2) conectar dado e conclusão por meio de justificativas; (3) estabelecer comparações com outro dado e/ou (4) avaliar explicitamente conclusões alternativas. Nessa faixa etária, a construção do primeiro *level* foi mais frequente.

Sasseron e Carvalho (2014) evidenciaram a construção de argumentos em sala de aula por um caminho não convencional. Em uma turma do quarto ano do ensino fundamental, alunos e professora partem do trabalho com os dados disponíveis para a avaliação dos dados, formulação de hipóteses e, por fim, o estabelecimento de evidências. O trabalho com os dados e evidências possibilitou que os estudantes construíssem os elementos estruturais de um argumento. Em consonância com os demais estudos da área, as pesquisadoras consideram como dados as informações obtidas em experiências concretas, tais como experimentos manipuláveis, ou ideias que são construídas em discussões prévias e são posteriormente utilizadas como dados. Em contrapartida, as evidências não são diretamente observáveis, de maneira que existe a necessidade de um estudo sobre os dados existentes para que possam ser obtidas.

Kelly e Takao (2002) e Takao e Kelly (2003), analisando textos produzidos por estudantes de oceanografia, propõe uma ferramenta para analisar o *status* epistêmico do uso de evidências na escrita argumentativa sobre tectônica de placas. Os autores consideram a dependência disciplinar de um argumento, bem como o *status* epistêmico das proposições e a ligação entre proposições para a criação de um argumento persuasivo. Assim, distinguem nos textos, argumentos baseados em descrições de dados (frases próximas ao dado bruto) até um *level* epistêmico de maior abstração, que inclui o apelo a teorias de um domínio particular.

Sandoval e Millwood (2005) analisaram a qualidade do uso de evidências na escrita de explicações científicas sobre seleção natural por estudantes de ensino médio. Para isso, os pesquisadores propuseram rubricas de análise baseadas na suficiência e referência retórica aos dados. Assim, os autores não apenas descreveram quais dados os estudantes utilizam quando escrevem sobre seleção natural, mas também como os estudantes utilizam dados para defender uma explicação (*i.e.*, apenas incluem, apontam, relacionam com conclusões ou interpretam). Os resultados encontrados sugerem que os estudantes têm dificuldades em citar dados de maneira suficiente e em explicar como os dados selecionados suportam sua conclusão.

Ratz e Motokane (2015) analisaram a construção dos dados de um argumento nas interações discursivas desenvolvidas durante o desenvolvimento de um curso de formação continuada para professores de ciências e biologia. Os pesquisadores distinguiram dados fornecidos pelo material didático que necessitam de suportes teóricos de maior ou menor complexidade, denominados respectivamente de dados fornecidos específicos e dados fornecidos gerais. Os autores identificaram que dados fornecidos específicos exigiram uma maior atuação dos formadores que ministravam o curso e possibilitaram uma maior variabilidade de práticas epistêmicas nas interações discursivas, traçando assim relações entre a exigência teórica, a construção de evidências, as ações do formador e as práticas desenvolvidas pelos professores em formação. A partir dos resultados encontrados, os pesquisadores defendem que os dados fornecidos por um material didático não se constituem automaticamente como evidência na argumentação, mas devem ser colocados em discussão para que seus sentidos sejam construídos pela comunidade de aprendizes.

Estudos como os citados anteriormente mostram o esforço em compreender como se dá o trabalho com evidências nas aulas de ciências. Apesar de se debruçarem sobre diferentes objetivos específicos de pesquisa e proporem ferramentas metodológicas diversas, todos os estudos partem da ideia de que o dado no ambiente escolar, assim como na Ciência, não tem valor em si mesmo. Dessa maneira, é sempre necessário um trabalho com os dados para que estes se constituam evidência de um fenômeno.

Os resultados de diferentes estudos têm apontado que, em muitos momentos, os estudantes enfrentam dificuldades em utilizar dados como evidência, que incluem: a) distinguir dados e teorias (KUHN, 1989); b) diferenciar dados relevantes e irrelevantes (MCNEILL; KRAJICK, 2007); b) respaldar suas conclusões em evidências suficientes (SANDOVAL; MILLWOOD, 2005); c) prover justificativas para as evidências selecionadas (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ROGRÍGUEZ; DUSCHL, 2000); d) distinguir o que pode ser utilizado para

apoiar determinados enunciados, utilizando apenas informações que são coerentes com suas ideias prévias ou opiniões pessoais (HOGAN; MAGLIENTI, 2001; SAMPSON; GROOMS; WALKER, 2011) ou mesmo substituindo evidências por inferências quando há dados faltantes (BREM; RIPS, 2000) e e) rever conclusões a partir de dados considerados anômalos (KUHN, 1989; CHINN; BREWER, 1998).

Hogan e Maglienti (2001), comparando como estudantes e cientistas avaliam conclusões a partir de dados fornecidos, observaram que enquanto os cientistas utilizavam como critério a consistência do dado, os estudantes utilizavam opiniões pessoais. Mauriz, Maceira e Vilar (2015), analisando argumentos produzidos em um contexto de eleição de explicações causais sobre o terremoto Delta, identificaram que os estudantes focaram seus esforços em explicar o terremoto, ao invés de argumentar sobre suas escolhas a partir das evidências disponíveis.

Chinn e Brewer (1998) analisaram como estudantes universitários lidam com dados anômalos, ou seja, dados que não correspondem ao esperado previamente pelos pressupostos teóricos. Quando são solicitados a refletir sobre suas teorias prévias a partir de dados, os estudantes tendiam a (i) ignorá-los; (ii) rejeitá-los; (iii) demonstrar incerteza sobre a validade dos mesmos; (iv) excluí-los do domínio das suas teorias prévias; (v) deixá-los em suspensão; (vi) reinterpretá-los; (vii) aceitá-los de forma a propor modificações periféricas em suas teorias prévias e (v) aceitá-los de forma a resultar em mudança conceitual. Segundo os autores, o conhecimento da forma como alunos lidam com evidências pode fornecer aos professores indícios sobre como trabalhar com dados anômalos no ensino de ciências de forma a favorecer o desenvolvimento do raciocínio científico e a aprendizagem conceitual.

Na pesquisa de Silva e Trivelato (2017) uma parcela dos estudantes, ao redigirem um relatório experimental, persistiu na utilização de modelos teóricos explicativos já conhecidos, mesmo que estes não se adequassem aos dados obtidos. A maior parte desses estudantes, no entanto, se dedicou a explicar os dados anômalos a partir do uso de conhecimentos empíricos, como as condições experimentais.

A partir de entrevistas realizadas com crianças, Kuhn (1989) aponta para dificuldades na distinção entre evidências e teorias, bem como uma tendência em ajustar dados para alinhá-los com conclusões prévias, ao invés de rever conclusões a partir dos dados disponíveis. Alguns estudos sugerem que os próprios cientistas tendem a descartar dados inesperados do curso de suas investigações. Apenas quando um resultado é recorrente, é que ele passa a ser alvo da atenção dos pesquisadores (DUNBAR, 2000).

Driver, Newton e Osborne (2000) indicam um obstáculo adicional para o uso de evidências em sala de aula. De acordo com os autores, as conclusões em aulas de ciências normalmente não são construídas a partir do uso de evidências, mas sobre a autoridade do professor. No ensino tradicional, a apresentação dos conceitos como verdades absolutas pode limitar a prática argumentativa e, conseqüentemente, o uso de evidências em sala de aula. Uma vez que não há conhecimento para ser avaliado, não existe a possibilidade de conclusões alternativas ou mesmo de se questionar as evidências fornecidas. Em sala de aula, as evidências comumente apoiam as conclusões de maneira incontroversa.

Dessa maneira, consideramos que o uso de dados como evidências não é uma tarefa trivial. A literatura sugere que esse trabalho requer dos estudantes tanto uma compreensão conceitual, quanto uma compreensão epistêmica, na medida em que exige o entendimento das motivações por trás do uso de evidências, bem como os critérios científicos para validá-las (*e.g.*, BRAVO; PUIG; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2009; MCNEILL; KRAJCIK, 2007; SADLER, 2004; SANDOVAL, 2001).

Ao argumentar, os estudantes selecionam dados para usá-los como evidência e esse processo envolve tomadas de decisão que podem refletir quais dados compreendem, quais consideram relevantes para defender suas ideias e mesmo o que compreendem como evidência científica no contexto escolar (SANDOVAL, 2001; SANDOVAL; MILLWOOD, 2005).

De acordo com Bravo, Puig e Jiménez-Aleixandre (2009), o uso de evidências envolve competências associadas a duas dimensões: (1) prática, que inclui seu uso em distintos contextos e as operações associadas a esse desempenho e (2) metacognitiva, que inclui compreensões sobre a natureza do dado, sua função e os critérios científicos de avaliação.

Alguns contextos, não exaustivos, associados à prática do uso de evidências são: (1) a eleição entre modelos explicativos para um fenômeno; (2) a tomada de decisão; (3) a avaliação crítica de enunciados ou (4) a confirmação de predições (BRAVO; PUIG; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2009). Para esses contextos, as pesquisadoras sugerem ao menos três operações envolvidas: (1) compreender o significado de um enunciado científico; (2) coordenar enunciados com dados, identificando quais dados são relevantes e (3) compreender o significado de cada dado, decidindo qual dado apoia ou refuta determinado enunciado.

Este trabalho se enquadra em um contexto argumentativo de identificação das causas de um fenômeno, elaboração e avaliação de explicações causais. Jiménez-Aleixandre (2010) considera a elaboração de explicações causais um processo no qual, a partir de problemas a serem solucionados, os alunos propõem hipóteses para identificar as causas de um fenômeno,

recorrem a dados e escolhem a melhor explicação a partir das evidências. Para a autora, trabalhar esse contexto em sala de aula pode auxiliar o estudante na percepção da relação entre dados e teoria ou a existência de distintas justificações para um mesmo dado.

No contexto de construir e defender explicações sobre os fenômenos naturais, Berland e Reiser (2009) propõem três objetivos instrucionais inter-relacionados: (1) utilizar evidências e conceitos científicos para dar sentido ao fenômeno estudado; (2) articular entendimentos e (3) persuadir os demais. A produção de sentido ocorre quando os estudantes interpretam os dados disponíveis, buscando relacionar afirmações e evidências. A articulação dos entendimentos ocorre quando os estudantes comunicam o que aconteceu e porque aconteceu, fazendo uso da linguagem científica. Segundo os autores, é nesse momento que os estudantes têm a oportunidade de reconhecer as forças e fraquezas de seu próprio entendimento. Por último, a persuasão pode descrever a construção do conhecimento como um processo social relacionado à crítica, avaliação de ideias contraditórias e a defesa das próprias ideias, o que é um elemento chave da construção do conhecimento pelos cientistas. Na tarefa de persuadir, os estudantes procuram convencer seus colegas de classe sobre a acurácia científica da explicação construída a partir das evidências disponíveis.

3 PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVOS

Este trabalho tem como principal objetivo analisar como se dá o processo discursivo de construção de evidências no decorrer de uma Sequência Didática Investigativa (SDI) sobre interações ecológicas.

Nossa análise está baseada nas seguintes perguntas de pesquisa:

- 1) Quais os objetivos epistêmicos associados ao uso dos dados nas interações discursivas?
- 2) Como dados anômalos podem se constituir evidência de um fenômeno?
- 3) Qual a relação entre a aprendizagem sobre interações ecológicas e a construção discursiva de evidências a partir de dados anômalos e esperados?

4 METODOLOGIA

4.1 Pressupostos teóricos

Esta investigação se enquadra em uma abordagem qualitativa de pesquisa, particularmente nos estudos de caso, com a observação, coleta e análise dos dados em um contexto específico e orientadas por proposições teóricas prévias (YIN, 2003).

Neste trabalho, buscamos compreender como uma determinada comunidade elabora evidências nas interações discursivas. Nosso interesse está situado no entendimento dos significados que esses sujeitos constroem em interação com a própria pesquisadora e a situação na qual estão submetidos durante a investigação. Compreendemos que, por se tratar de um fenômeno social complexo, o olhar para a sala de aula deve considerar variáveis como, por exemplo, a idade, classe social, experiências prévias dos sujeitos, o tema da atividade proposta e a organização do espaço/tempo. Em outras palavras, dentro do estudo de caso, consideramos que o fenômeno investigado é contexto-dependente e as fronteiras entre o próprio fenômeno e seu contexto podem não ser tão claras (YIN, 2003).

Devido à natureza da questão de pesquisa, aqui não é assumida a necessidade de uma amostragem ampla capaz de produzir generalizações. Ao contrário, analisar um único caso, preocupando-se em explicá-lo com profundidade pode ser suficiente para os objetivos do trabalho (FLICK, 2012).

4.2 Sobre os sujeitos da pesquisa

Os sujeitos da pesquisa são cinco alunas de uma turma regular do 1º ano do Ensino Médio (entre 14-15 anos). As estudantes são pertencentes a uma classe socioeconômica de baixa renda e frequentam uma escola pública localizada em uma pequena cidade do interior do Estado de São Paulo (aproximadamente 9 mil habitantes).

Durante as aulas, a turma foi dividida em grupos e cada grupo foi acompanhado por um ou dois professores de Biologia em formação inicial, vinculados ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) no subprojeto da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP). Presente em vários estados da federação, o PIBID tem como objetivo aperfeiçoar e valorizar a formação de professores, incentivando a atuação de estudantes universitários na educação básica.

O grupo de alunas selecionado para a pesquisa foi acompanhado por uma licencianda de 22 anos que cursava o último semestre da Licenciatura e o penúltimo do Bacharelado em Ciências Biológicas. Além de participar do PIBID por dois anos, a licencianda desenvolvia um

projeto de pesquisa para a realização de seu trabalho de conclusão de curso no Laboratório de Ensino de Biologia (LEB) e frequentava as reuniões do grupo de pesquisa Linguagem e Ensino de Ciências (LINCE).

4.3 A Sequência Didática Investigativa (SDI)

Foi utilizada uma Sequência Didática Investigativa (SDI) para a coleta dos dados (ANEXO A). Motokane (2015) define e apresenta as características das SDIs produzidas pelo grupo de pesquisa LINCE, dentre elas a sequência empregada neste estudo. De acordo com o pesquisador, as SDIs são um conjunto de atividades estruturadas e articuladas de maneira que os estudantes possam investigar nas interações discursivas problemas científicos contextualizados. As SDIs do grupo LINCE têm como foco o ensino de ecologia e são ancoradas nos pressupostos da Alfabetização Científica e no Ensino de Ciências por Investigação para promover a aprendizagem em Ciência.

A SDI utilizada neste estudo foi adaptada a partir daquela originalmente elaborada por Freire (2014). O tema da SDI são as interações ecológicas, especificamente a predação e a competição. Em um artigo clássico da ecologia, Janzen (1970) propõe que maiores taxas de predação de sementes, ao diminuírem o recrutamento de plantas, regulam a densidade populacional e distribuição dessas espécies, deixando na floresta espaços abertos para o estabelecimento de outras competitivamente inferiores. É a partir desse estudo que Freire (2014) cria os elementos conceituais de sua SDI.

Ao longo das aulas os alunos devem analisar dados fornecidos pelo material didático a fim de resolver o seguinte problema: “Por que a abundância de duas espécies de plantas (vermelha e roxa) é diferente em duas florestas (A e B) com condições abióticas similares?”. Baseados em um texto com informações teóricas sobre o ciclo de vida de besouros predadores, os estudantes podem elaborar uma hipótese sobre a predação de sementes. Em seguida, analisando dados sobre a quantidade de plantas de cada espécie e a taxa de predação por besouros nos dois locais, os estudantes testam a hipótese anteriormente estabelecida. Dada a insuficiência da predação como modelo explicativo, os estudantes devem elaborar uma nova hipótese baseados em um texto com informações teóricas sobre a competição entre espécies vegetais. Em seguida, analisando um conjunto de dados sobre um experimento realizado em laboratório, os estudantes podem testar a nova hipótese.

Parte dos conjuntos de dados fornecidos para cada hipótese explicativa (*i.e.*, quantidade de plantas, taxa de predação e experimento sobre competição), quando analisados isoladamente,

contradizem os efeitos tipicamente esperados pelos estudantes para a predação (*i.e.*, a ideia de que a espécie mais predada deve estar em menor abundância) e a competição (*i.e.*, a ideia de que espécies melhores competidoras devem estar em maior abundância), caracterizando o que denominamos de dados anômalos. É a incongruência entre os dados apresentados e o previamente esperado que possibilita a identificação dos dados como anômalos e o engajamento dos estudantes na tarefa de explicá-los.

Ao final da sequência didática, é esperado que os alunos argumentem integrando os conceitos de predação e competição, compreendendo que altas taxas de predação de espécies melhores competidoras podem possibilitar o estabelecimento de outras espécies. A partir da nova compreensão teórica, os dados podem se constituir evidência do fenômeno.

De um ponto de vista conceitual, a SDI elaborada por Freire (2014) pode possibilitar uma compreensão mais adequada de como as interações ecológicas atuam na natureza. No ambiente escolar, as interações ecológicas são majoritariamente tratadas de forma isolada uma das outras, o que pode promover uma visão fragmentada desse tópico, além de afastar os estudantes dos reais estudos científicos da ecologia enquanto campo do conhecimento. Dentro desse contexto, a predação é comumente definida como uma interação ecológica “negativa” ou “desarmônica”, destacando seus efeitos ou consequências apenas para o indivíduo que é predado e não para outros níveis hierárquicos (populações, comunidades, ecossistemas) (FREIRE; CASTRO; MOTOKANE, 2016). Assim, ao trabalhar a predação e a competição de forma integrada e em um nível de comunidades, a SDI pode contribuir para relativizar visões sobre prejuízos ou benefícios das interações ecológicas.

Dentre os contextos argumentativos descritos por Bravo, Puig e Jiménez-Aleixandre (2009), a SDI tem como foco a identificação das causas de um fenômeno, a construção e avaliação de explicações causais. Em relação à promoção da argumentação, a tarefa foi desenhada para que pudesse envolver ao menos as seguintes operações associadas ao uso de evidências: (1) decidir qual dado pode ser utilizado como evidência para apoiar sua conclusão; (2) comparar dados; (3) construir explicações causais para o fenômeno e (4) articular diferentes explicações causais.

4.4 Registro e tratamento dos dados

O *corpus* deste trabalho é composto pelas gravações em áudio e vídeo das aulas, que foram posteriormente transcritas e pelas anotações do caderno de campo da pesquisadora, utilizadas para aprimorar a descrição da aula, bem como auxiliar a compreensão durante a fase

de análise dos dados.

A aplicação da SDI teve duração total de três aulas (aproximadamente 50 minutos/aula) e foi realizada em um único período a fim de que fosse garantida a coleta dos dados com a participação dos mesmos sujeitos. As aulas foram registradas em vídeo com o auxílio de duas câmeras filmadoras e em áudio com gravadores de voz colocados sobre as mesas de cada um dos quatro grupos de estudantes. Uma das câmeras foi posicionada em um grupo composto por cinco alunas e uma licencianda, de modo que possibilitasse a filmagem do maior número de sujeitos do grupo e a mesa de trabalho, na qual estava o material instrucional (Figura 1).

Figura 1. Planta esquemática da sala de aula.

A gravação do grupo foi transcrita integralmente de acordo com as normas de Preti (1999) (Quadro 1). Procurou-se reproduzir de forma fidedigna as falas da professora em formação e das alunas, que tiveram seus nomes preservados. Ambas foram identificadas como PF ou An, onde o n é um número em sequência na identificação de cada aluna durante a transcrição. Utilizamos 'Als' na designação do sujeito para falas nas quais todas as estudantes se pronunciam ao mesmo tempo e 'A?' para falas nas quais o sujeito não pode ser identificado.

Quadro 1. Normas para transcrição. Adaptado de: Preti (1999).

Símbolos	Ocorrências
()	Incompreensão de palavras ou segmentos
(hipótese)	Hipótese do que se ouviu
/	Truncamento
:: podendo aumentar para ::: ou mais	Prolongamento de vogal ou consoante
letras maiúsculas	Entonação enfática
?	Interrogação
-- --	Comentários que quebram a sequência temática da exposição
...	Qualquer pausa
((descrição))	Intervalos descritivos do transcritor
{	Superposição, simultaneidade de falas (i.e., fala que se sobrepõe ao turno seguinte)
(...)	Indicação de que a fala foi interrompida
“entre aspas”	Citações literais de leituras de textos

A partir da transcrição foram mapeados episódios (Quadro 2). A ideia de episódio é uma adaptação da definição de evento na tradição da etnografia interacional. Os episódios podem ser definidos como um segmento do discurso com início e fim claros em termos de conteúdo temático, fase didática ou tarefa desenvolvida. Suas fronteiras são delimitadas por pistas contextuais verbais e não verbais, que incluem gestos, movimentos corporais dos participantes e as formas pelas quais se posicionam no ambiente e interagem entre si e com os recursos materiais (MORTIMER et al., 2007). Os episódios contextualizam as ações e o discurso de sala de aula, de modo que auxiliam o pesquisador na compreensão do andamento das interações discursivas, possibilitando uma análise panorâmica da situação (SILVA, 2008).

Cada episódio é composto por um agrupamento de turnos, que correspondem à fala transcrita de cada interlocutor. Neste trabalho, os episódios foram subdivididos em unidades menores, as sequências discursivas (APÊNDICE A). Os episódios, as sequências discursivas e os turnos de fala que abrangem foram delimitados considerando as etapas da sequência didática, propostas pelo próprio material instrucional, e o conteúdo temático das falas. Neste trabalho, nos detivemos aos episódios 3, 5 e 6, que correspondem a análise dos dados após o estabelecimento das hipóteses explicativas.

Quadro 2. Síntese dos episódios mapeados.

Etapa da atividade	Episódio	Duração (min)	Turnos de fala	Tema do episódio	Breve descrição das ações	Dados fornecidos	Transformações analisadas
I	1	00:12:07	1-60	Identificando diferenças entre as vegetações.	A partir de um mapa de duas áreas florestais, as estudantes identificam diferenças entre as vegetações e, com base nas diferenças, dão significado ao problema a ser investigado.	Dado empírico 1 – a quantidade de plantas em cada local.	
II	2	00:08:20	61-103	Levantando uma hipótese explicativa - a hipótese sobre a predação de sementes.	Apoiando-se em dados teóricos sobre o ciclo de vida de besouros, as estudantes preveem a relação entre a taxa de predação e a abundância de plantas em uma mata qualquer.	Dado teórico 1 – os besouros destroem o embrião das sementes ao se alimentarem delas.	
	3	00:16:16	104-200	Testando a hipótese sobre predação.	Utilizando dados empíricos sobre as taxas de predação das espécies vegetais nas duas florestas, as estudantes	Dado empírico 2 – a taxa de predação de cada espécie em cada local. Dado anômalo 1 –	A relação entre taxa de predação e a quantidade de plantas é evidência de que a predação é o

					avaliam a validade da predação como modelo explicativo.	no local onde há maior taxa de predação, há maior quantidade de plantas da espécie roxa.	modelo explicativo para a floresta A.
III	4	00:07:02	201-225	Levantando uma nova hipótese - a hipótese sobre competição.	Apoiando-se em dados teóricos sobre a competição entre plantas, as estudantes preveem a relação entre a abundância de uma espécie vegetal mais competitiva e uma menos competitiva.	Dado teórico 2 – espécies melhores competidoras são aquelas que conseguem mais recursos para sobrevivência.	
	5	00:37:40	226-504	Testando a hipótese sobre a competição.	Utilizando dados empíricos sobre a competição entre as espécies vegetais, as estudantes avaliam a validade da competição como modelo explicativo.	Dado empírico 3 – quantidade de plantas vermelhas e roxas que crescem quando plantadas próximas e distantes. Dado empírico 4 – a espécie vermelha é uma espécie melhor competidora. Dado anômalo 2 –	A relação entre a quantidade de plantas e a espécie melhor competidora é evidência de que a competição é um modelo explicativo para a floresta A.

						a espécie melhor competidora não existe em maior quantidade na floresta B.	
IV	6	00:36:47	505- 873	Propondo a explicação final para o problema da diferença entre as vegetações.	Com base nos dados fornecidos sobre predação, competição e quantidade de plantas, as estudantes constroem uma explicação final.		<p>A relação entre taxa de predação, a espécie melhor competidora e a quantidade de plantas é evidência de que a predação e a competição são modelos explicativos para a floresta A.</p> <p>A relação entre a taxa de predação, a espécie melhor competidora e a quantidade de plantas é evidência de que a predação é a causa da</p>

							quantidade de plantas na floresta B.
	7	00:46:43	874-1184	Escrevendo a explicação final.	Estudantes e licencianda elaboram uma resposta escrita para o problema.	_____	_____

4.5 Processo analítico

Considerando que dados se constituem evidência a partir do seu papel discursivo, analisamos para cada episódio os objetivos epistêmicos associados ao trabalho com os dados nas interações discursivas, que podem ser definidos como os propósitos das estudantes na utilização dos dados durante a construção do conhecimento científico escolar. O processo de análise permitiu a identificação de três objetivos predominantes. O Quadro 3 apresenta os objetivos identificados no estudo, bem como a descrição das categorias.

Quadro 3. Objetivos epistêmicos do trabalho com dados identificados nas interações discursivas.

Objetivos epistêmicos do trabalho com dados	Descrição
Explorar dados	Corresponde às falas que visam a identificação e compreensão dos dados disponíveis, recorrente no início das atividades.
Organizar informações	Quando os estudantes retomam dados já trabalhados com o objetivo de organizar ideias.
Apoiar enunciados	Quando os dados são utilizados no discurso com o objetivo de apoiar conclusões, hipóteses ou explicações.

Além de caracterizar o uso discursivo dos dados ao longo da SDI, analisamos especificamente as etapas de transformação dos dados anômalos. A análise do material possibilitou a identificação de quatro etapas de natureza epistêmica e duas etapas de natureza conceitual. As etapas epistêmicas descrevem as formas pelas quais os estudantes lidam com os dados anômalos durante a construção do conhecimento (Quadro 4).

Quadro 4. Etapas epistêmicas associadas ao trabalho com os dados anômalos nas interações discursivas.

Etapas epistêmicas	Descrição
Reconhecendo dados anômalos	A partir das compreensões iniciais as estudantes identificam dados como anômalos.

Apelando a dados indisponíveis	Na tentativa de explicar os dados anômalos, as estudantes recorrem a dados indisponíveis.
Selecionando dados	Na tentativa de explicar os dados anômalos, as estudantes selecionam apenas dados condizentes com sua proposta.
Incorporando dados anômalos à uma explicação	Na tentativa de explicar os dados anômalos, as estudantes revisam compreensões iniciais e incorporam os dados à nova explicação.

As etapas conceituais, por sua vez, descrevem a compreensão dos estudantes sobre as interações ecológicas enquanto lidam com os dados anômalos (Quadro 5). Assim, descrevemos a transformação de dados anômalos que envolve, em uma primeira etapa, seu reconhecimento a partir das compreensões teóricas iniciais. À medida que o entendimento das interações ecológicas é aperfeiçoado ao longo da SDI, os dados anômalos podem se constituir evidências.

Quadro 5. Etapas conceituais identificadas nas interações discursivas ao longo da SDI. P: predação; C: competição; E: efeito observado.

Etapas conceituais	Descrição	Representação esquemática das relações conceituais
1	A predação sempre conduz a redução de uma população e o melhor competidor sempre possui maior abundância.	$P \rightarrow E$ $C \rightarrow E$
2	Os efeitos da predação e competição são considerados em uma relação de causa-consequência, ou seja, o efeito observável é resultado dos impactos de uma interação ecológica sobre a outra.	$P \rightleftarrows C \rightarrow E$

5 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentamos os resultados a partir da descrição dos episódios, ilustrados por sequências discursivas representativas. Salientamos que os turnos de fala suprimidos nas sequências selecionadas não interferem na sua compreensão.

No episódio 3, analisamos o processo que conduz a identificação da taxa de predação e da quantidade de plantas como evidência de que a predação é o modelo explicativo para a floresta A. No episódio 5, analisamos como os dados sobre a quantidade de plantas e a espécie melhor competidora passam a ser considerados evidência de que a competição também é um modelo explicativo para a floresta A. E no episódio 6, de que forma as estudantes passam a considerar que dados, anteriormente identificados como anômalos, são evidência de que a predação é a causa da quantidade de plantas na floresta B.

5.1 Episódio 3 - Reconhecendo dados anômalos e estabelecendo conclusões para a predação

No início do episódio, é necessário construir sentido sobre os dados observados. Assim, as alunas iniciam a atividade identificando os dados para a predação e estabelecendo relações de comparação entre eles. Com questionamentos, a professora em formação auxilia as estudantes na identificação de dados específicos e na compreensão de seu significado. Nessa fase da atividade, a exploração dos dados prevalece como objetivo epistêmico nas interações discursivas entre alunas-professora e alunas-alunas. Na sequência discursiva apresentada no Quadro 6, analisando as tabelas de abundância de plantas e taxa de predação, as alunas estabelecem a primeira relação para os dados da predação: no local onde o número de plantas vermelhas é baixo, a taxa de predação é alta.

Quadro 6. Sequência discursiva 2: explorando os dados sobre predação.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
108	00:40:30	PF	Então vamo vê primeiro... antes de a gente responder isso... o que vocês viram aí... já... batendo o olho nessa tabela... o que tá acontecendo... com a espécie vermelha comparando a floresta A com a floresta B?

109	00:40:43	A2	Que na floresta B tem mais...
110	00:40:44	A1	Predação
111	00:40:45	A2	É... tem mais predação na espécie vermelha do que na floresta A
... 118	00:41:02	A1	Na floresta B a vermelha tá em menor quantidade e a porcentagem tá maior pra predação na floresta... B
119	00:41:13	A4	Talvez porque na floresta B tenha um número maior de besouros
120	00:41:16	PF	A gente pode falar isso?... o que que tá representando a porcentagem?
121	00:41:20	A3	O número de sementes predadas
122	00:41:23	PF	Isso... vamos pensar na porcentagem... essa porcentagem representa o quê?... o número de sementes predadas... então o que que eu posso falar em relação à floresta A e a floresta B?
123	00:41:37	A3	A floresta A te/ tem menos
124	00:41:40	PF	Menos o que?
125	00:41:41	A3	Sementes predadas

Em seguida, no turno 138, quando questionadas pela professora se a hipótese sobre predação é capaz de explicar a quantidade de plantas vermelhas nas florestas, as alunas não conseguem estabelecer uma conclusão pautada nos dados. Sem a compreensão teórica da relação entre a predação e a quantidade de plantas, os dados ainda não constituem evidência do fenômeno. No início da sequência discursiva, as alunas organizam as informações trabalhadas. No turno 156, a professora em formação retoma um dado teórico fornecido no material instrucional durante a construção da hipótese sobre predação: os besouros destroem a semente quando se alimentam dela e impedem o desenvolvimento de novas plantas. A ação da

professora em formação permite que as alunas utilizem os dados com o objetivo de apoiar enunciados (Quadro 7).

Quadro 7. Sequência discursiva 3: apoiando uma conclusão para a predação.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
138	00:42:32	PF	Menos predação... aí agora vem uma pergunta... a predação explica a diferença na quantidade de plantas pra essa espécie?
139	00:42:40	A1	Sim
140	00:42:41	PF	Por quê?
141	00:42:45	A3	É isso que eu estou tentando entender
... 156	00:43:23	PF	A predação explica essa diferença?... pensando nisso... pensando que a predação... que a gente já discutiu... vai destruir o embrião e a planta não vai se desenvolver... o que que a gente viu aqui... ((aponta pra tabela com a taxa de predação da vermelha)) que na floresta B tem uma maior taxa de predação do que a floresta A... e o que que a gente viu aqui ((aponta pra tabela com a quantidade de plantas))?
157	00:43:49	A3	Que aqui ((floresta A)) tem mais plantas vermelhas do que na floresta B
158	00:43:54	A2	E tem mais predação na floresta B...
159	00:43:56	Als	Do que na A...
160	00:43:58	PF	Tem mais predação na floresta B do que na A... isso pra espécie vermelha... então... e... isso aqui... isso aqui que a gente viu não é a diferença?... a gente tava discutindo o porquê da diferença... então o que que vocês acham... esses dados... eles respondem essa diferença na quantidade?
161	00:44:18	A3	Responde... porque oitenta e cinco por cento foi destruída ((aponta para floresta B)) e aqui ((aponta para floresta A))

			só quarenta por cento... por isso que tem mais aqui ((floresta A)) {e menos aqui ((floresta B))
162	00:44:27	A2	{e menos aqui ((floresta B))
163	00:44:29	A1	É::

Em seguida, as alunas passam a analisar os dados sobre a espécie roxa. A incongruência entre o esperado e o observado é rapidamente notada pelas alunas. Novamente, as alunas iniciam a sequência discursiva explorando os novos dados. No turno 178, uma estudante percebe o dado como anômalo e então, nos turnos seguintes, as alunas apoiam conclusões.

Nessa etapa da atividade, a partir de seus entendimentos prévios sobre as interações ecológicas, as alunas reconhecem um dado como anômalo. Inicialmente, as estudantes acreditam que altas taxas de predação sempre conduzem a redução da abundância de uma espécie. Os dados da espécie roxa, no entanto, mostram que há uma maior quantidade de plantas no local onde há uma maior taxa de predação. Os turnos 178 e 181 ilustram o reconhecimento do dado como anômalo. Assim, para as alunas, a predação ainda não é capaz de explicar a abundância da espécie roxa na floresta B (Quadro 8). Em síntese, no episódio 3, as alunas se encontram em uma etapa conceitual 1, reconhecendo o efeito da predação como a redução de uma população.

Quadro 8. Sequências discursivas 6 e 7: reconhecendo dados anômalos para a predação.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
169	00:48:06	PF	Então vamo lá... vamo vê o que que tava acontecendo pra espécie roxa... o que que tava acontecendo pra espécie roxa entre as duas florestas?
170	00:48:16	A3	Na floresta A ela tava sendo mais predada
171	00:48:20	A1	E na floresta B...

172	00:48:21	PF	Vamos primeiro pensar nesse caso aqui ó... ((aponta para a tabela com a quantidade de plantas)) a gente ainda não tinha o que estava acontecendo com a predação... vamo (...)
173	00:48:27	A5	Tinha menos ((aponta a floresta A na tabela com as quantidades))
174	00:48:28	PF	Tinha menos... comparado com a floresta B... então agora ele te/ ele traz uma nova informação... qual é essa informação?... o que que tá acontecendo aí?
175	00:48:45	A1	Na floresta A tem mais sementes predadas do que na floresta B
176	00:48:51	PF	Então vamo dá uma olhada aqui
177	00:48:55	A2	Mas na flo/ na floresta B tem mais ((sementes predadas)) do que na A não é?
178	00:48:58	A4	Por que se só trinta e cinco por cento das sementes ((roxas)) foram predadas ((na floresta A))... deveria ter mais ((plantas na floresta A)) do que na floresta B
179	00:49:24	PF	E agora... pensando nisso... a predação tá explicando essa diferença na quantidade da espécie roxa?
180	00:49:35	A4	Não
181	00:49:37	A2	Não porque aqui ((aponta para floresta A na tabela com as quantidades)) tem menos plantas ((roxa)) do que aqui ((aponta para floresta B na tabela com as quantidades))... mas aqui ((tabela com taxa de predação)) mostra que na B... { tem mais predação
182	00:49:43	A1	{ Tem mais predação

Ao final do episódio, uma das estudantes questiona a licencianda quanto a generalização das conclusões alcançadas (Quadro 9). Ainda em uma etapa que se refere ao reconhecimento

dos dados anômalos, a aluna parece estranhar o fato de o dado apresentado não ser capaz de apoiar a conclusão. Atribuímos esse estranhamento não apenas ao fato de os dados não corresponderem as concepções prévias da aluna, mas também ao contato com o dado anômalo em um ambiente escolar. Acreditamos que não é esperado pelas estudantes a presença de dados que não confirmem suas suposições durante aulas de ciências uma vez que, quando presentes em sala de aula, os dados são comumente utilizados para apoiar conclusões sem gerar controvérsias (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

Quadro 9. Sequência discursiva 8: reconhecendo dados anômalos para a predação.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
188	00:50:13	A1	Mas... seria só nesse caso que não explica?
189	00:50:16	PF	Oi?
190 ...	00:50:17	A1	Seria só nesse caso que a predação não explica a diferença?

Apesar de ser uma etapa da aula destinada ao teste da hipótese elaborada no episódio anterior, este é o primeiro contato das estudantes com os dados sobre predação, de modo que o objetivo epistêmico predominante no episódio é a exploração dos dados disponíveis. Assim, a maior parte dos turnos de fala se caracterizam pela identificação e compreensão dos novos dados. É apenas no final das sequências discursivas 3 e 7, que o objeto epistêmico predominante passa a ser apoiar enunciados.

Nesse episódio a atuação da professora na retomada de dados teóricos foi importante para que as alunas atribuissem sentido aos dados disponíveis, passando a utilizá-los para defender uma conclusão sobre a hipótese da predação. A compreensão da relação entre os dados e a teoria na análise da espécie vermelha fez com que, rapidamente, as alunas identificassem os dados da espécie roxa como anômalos. O Quadro 10 sintetiza as categorias identificadas para o episódio.

Quadro 10. Categorização do Episódio 3.

EPISÓDIO 3	
Trabalho com dados anômalos	

Etapas epistêmicas	Etapas conceituais	Objetivo epistêmico predominante
Reconhecendo dados anômalos	1	Explorar dados

5.2 Episódio 5 - Reconhecendo dados anômalos e estabelecendo conclusões para a competição

No episódio 5, as alunas entram em contato com o segundo dado anômalo: a competidora mais forte não existe em maior quantidade. Novamente, em uma das florestas analisadas, o esperado pelas estudantes ao elaborarem a hipótese sobre competição não corresponde ao observado. Nesse episódio, ao analisarem os dados disponíveis, as alunas percebem que a espécie vermelha, melhor competidora, não existe em maior quantidade na floresta B, quando comparada a espécie roxa.

Inicialmente as alunas analisam dados experimentais a fim de identificar qual espécie é a melhor competidora. Nessa etapa, prevalecem os objetivos de explorar os dados fornecidos e apoiar enunciados. As alunas rapidamente identificam que, quando plantadas próximas, a planta vermelha se desenvolve mais do que a roxa. O dado sobre o crescimento é utilizado para apoiar a conclusão de que a planta vermelha é a espécie melhor competidora (Quadro 11).

Quadro 11. Sequências discursivas 3 e 5: explorando dados experimentais e apoiando conclusões sobre a competição.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
234	01:02:58	PF	Então quando elas estão plantadas separadamente... o que que tá acontecendo?
235	01:03:50	A1	É a mesma quantidade
236	01:03:51	A3	Tem a mesma quantidade
237	01:03:52	PF	Tem a mesma quantidade... e quando elas são plantadas juntas?
238	01:03:55	A1	A vermelha é a mais forte?

239	01:03:57	A2	É a mais forte
240	01:03:58	PF	Como você sabe que a vermelha é a mais forte?
241	01:04:00	A1	Porque ela é a que cresce mais do que a outra
... 248	01:04:36	A2	((Plantadas separadamente)) as duas cresceram
249	01:04:37	A3	Elas desenvolveram
250	01:04:39	PF	As duas desenvolveram
251	01:04:41	A1	Normal
252	01:04:43	PF	E aqui? ((aponta na tabela a outra condição experimental))... elas desenvolveram também...
253	01:04:44	A3	Só que a vermelha é mais forte
254	01:04:47	A1	Por isso ela se desenvolveu mais

Em seguida, à luz dos novos dados, a professora em formação solicita que as estudantes observem o que ocorre com a quantidade de plantas em cada floresta. Imediatamente, uma das estudantes relaciona as condições experimentais (espécies plantadas próximas ou separadas) com a abundância nas florestas. Para a aluna, a partir dos dados sobre a quantidade de plantas em cada local é possível inferir a distribuição das plantas (Quadro 12).

Quadro 12. Sequência discursiva 8: apoiando conclusões sobre a competição.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
278	01:11:50	PF	Vamo vê então se esse experimento tá... realmente fazendo sentido aqui pro que tá acontecendo nas florestas
279	01:11:57	A3	Aqui ((aponta para a floresta A na tabela de quantidade de plantas)) elas tavam juntas e a vermelha tava com todo o recurso... aqui ((aponta para a floresta B na tabela de

			quantidade de plantas)) elas estavam separadas e então ele ((o recurso do solo)) tava sendo dividido para as duas
280	01:12:06	PF	Pensando no que a gente discutiu até agora... o que tá acontecendo na floresta A?
281	01:12:28	A3	Elas tão muito juntas... aí a vermelha acaba deixando a roxa sem recursos
282	01:12:30	PF	E na floresta B? Elas não tão juntas?
283	01:12:44	A3	Não... elas estão separadas... porque tem a mesma quantidade de plantas vermelhas e roxas

A quantidade de plantas, no entanto, não é um dado suficiente para concluir como espécies se distribuem em um ambiente. Como apontam Sandoval e Millwood (2005), a suficiência é um critério associado ao uso dos dados necessários para se estabelecer uma conclusão e não é uma tarefa simples para os estudantes, especialmente se não compreendem adequadamente os conceitos científicos associados aos dados em análise.

Assim, a professora em formação direciona a aluna para a análise do mapa das florestas, disponível no material instrucional. O mapa poderia legitimar a ideia de que na floresta B as plantas vermelhas estão dispostas mais distantes uma das outras. Contudo, as alunas e a licencianda têm dificuldade em interpretar a imagem fornecida. De forma equivocada, a professora em formação encerra as discussões afirmando que a distribuição das espécies é igual nas duas florestas. Assim, a conclusão da distribuição das espécies não é pautada em evidências, mas na autoridade da professora em formação (Quadro 13).

Quadro 13. Sequência discursiva 9: explorando dados sobre a distribuição das plantas.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
286	01:13:05	PF	E em relação ao mapa?
287	01:13:07	A4	Acabei de olhar aqui... dá pra ver que tem bastante espaço... ao contrário da floresta A

288	01:13:11	PF	Ao contrário da floresta A?... por quê?
289	01:13:22	A4	Eu acho que elas tão bem separadas... mais na floresta B do que na floresta A
290	01:13:37	PF	Mas... a distância entre elas... tá a mesma ou tá diferente?
291	01:13:40	A5	Tá diferente... ((diz enquanto observa o mapa))
292	01:13:44	PF	Qual a distância aqui?
293	01:13:46	A2	Parece que na... A... tá mais separadas do que na B
294	01:13:50	PF	Então...
295	01:13:55	A1	Não bate... na B parece que elas estão mais juntas
... 303	01:14:40	PF	Vocês entenderam?... na verdade... elas estão igualmente distribuídas... se você for perceber aqui quando você fala assim... ah aqui tá distante dessa daqui... mas e essa que tá perto dessa e essa que tá perto dessa... essa daqui tá... tá mais distante das outras... todas estão mais ou menos... quando você for comparar os dois... o que você chega a conclusão... tanto na floresta A quanto na floresta B... é que depende de qual ((planta)) você olha... essa daqui do meio tá realmente mais distante das outras... agora se você for olhar essa outra aqui... ela tá próxima da vermelha... certo?... agora... se você for olhar aqui na floresta A... você vai ver que ela tá mais próxima dessa... se você for olhar essa daqui não tem nenhuma roxa perto... mas essa daqui tem... então vocês podem ver que depende pra qual planta você está analisando... pra qual floresta você está analisando... mas o que que a gente pode conclu/ o que a gente pode ver... em relação ao experimento e a quantidade?... vamo pensa pra floresta A... tá confuso?

Em seguida, a professora em formação solicita que as alunas retomem as análises da quantidade de plantas em cada floresta e os dados experimentais da competição. Assim, as alunas utilizam os dados nas interações com o objetivo de organizar as informações previamente trabalhadas (Quadro 14).

Quadro 14. Sequência discursiva 10: organizando informações e apoiando uma conclusão para a competição.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
305	01:16:14	PF	Vamo volta na pergunta então... vamo volta pro experimento... o que que aconteceu no experimento... elas viram que quando plantavam separadas... o que acontecia com essas espécies?
306	01:16:30	A1	Elas cresciam igual
307	01:16:31	A3	A quantidade se igualava
308	01:16:33	PF	E quando elas eram cultivadas juntas?
309	01:16:35	A2	Mostrava que a vermelha era mais forte
... 320	01:18:44	PF	E esse experimento ajuda a explicar a quantidade de plantas em cada floresta?... vamos pensar na quantidade de plantas roxas... esse experimento... ele tá me ajudando a entender o que... em relação à espécie roxa... o que está acontecendo na floresta A pensando em competição?
321	01:19:07	A1	Ah:: a vermelha pega mais... {recursos do que a roxa
322	01:19:08	A2	{Mais recursos do que a roxa
323	01:19:12	PF	Que a vermelha ela tá... pegando mais recursos do que a roxa... qual é a mais forte?
324	01:19:19	Als	A vermelha
325	01:19:20	PF	E pra floresta B?

326	01:19:24	A2	Aqui as duas tão... {na mesma quantidade
327	01:19:25	A5	{Igual
328	01:19:29	PF	Então... as duas tem a mesma quantidade... o que tá acontecendo... a vermelha tá interferindo na::...
329	01:19:35	A5	Não
330	01:19:36	A2	Na floresta B não... mas na floresta A sim

Sabendo que a espécie vermelha é a melhor competidora e que na floresta A há mais plantas vermelhas do que roxas, as alunas concluem que a competição é capaz de explicar o que ocorre neste local. Assim, a quantidade de plantas é consequência da competição entre as espécies. Para a floresta B, no entanto, os dados não correspondem ao esperado, já que as espécies vermelha e roxa estão em igual abundância. Assim, as alunas identificam o dado como anômalo e a competição como um modelo explicativo insuficiente para explicar o que ocorre na floresta B (Quadro 15).

Quadro 15. Sequência discursiva 13: reconhecendo dados anômalos para a competição.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
... 354	01:21:50	A2	Então eu posso falar que ((na floresta A)) ajuda a explicar... porque a vermelha acaba sendo mais forte do que a roxa
... 360	01:22:10	PF	Tá... agora na floresta B... a competição tá explicando o que tá acontecendo?
361	01:22:14	A1	Não... eu acho que não porque ela ((roxa)) não tá com o número menor ((do que a vermelha))... então quer dizer que a vermelha não tá pegando mais ((recursos)) do que a roxa

Nesse episódio, as alunas reconhecem um novo dado anômalo. Ainda em uma etapa conceitual 1, as estudantes consideram que a competição entre espécies conduz a redução no número da espécie pior competidora. Ao longo do episódio, as alunas não apenas exploram os novos dados, mas também retomam dados já analisados com o objetivo de organizá-los e apoiam enunciados (Quadro 16).

Quadro 16. Categorização do Episódio 5.

EPISÓDIO 5		
Trabalho com dados anômalos		Objetivo epistêmico predominante
Etapas epistêmicas	Etapas conceituais	
Reconhecendo dados anômalos	1	Explorar dados

5.3 Episódio 6 - A construção de uma explicação final para o fenômeno

No episódio 6, agora com todos os dados fornecidos, as alunas tentam explicar o fenômeno, de maneira que apoiar enunciados é o objetivo epistêmico prevalecente. Logo no início do episódio, as estudantes sugerem que a predação e a competição juntas são capazes de explicar a quantidade de plantas. No entanto, a conclusão é apresentada como um palpite, sem que os dados sejam utilizados como evidência (Quadro 17).

Quadro 17. Sequência discursiva 2: estabelecendo uma conclusão inicial para o problema.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
510	01:39:28	A5	Não é a C? ((alternativa do material instrucional que apresenta a predação e a competição como a causa do fenômeno))
511	01:39:30	A3	Eu também acho que é a C
512	01:39:32	A2	A predação e a competição?... por quê?

513	01:39:35	A3	Porque primeiro era o negócio dos besouros... depois foi a competição
514	01:39:42	A4	Não:: por que os besouros tão comendo
515	01:39:44	A5	Sim... verdade

Logo após esse momento, as alunas expressam novamente a incongruência entre dados e teoria. Por meio de expressões como “não dá certo”, “aconteceu errado”, “ela não se encaixa”, “não tô entendendo”, as alunas revelam suas compreensões iniciais e refletem sobre seu próprio entendimento. A atitude, que se repete ao longo do episódio 6, parece associada a uma tentativa de compreensão dos dados anômalos e é importante para delimitar qual parte do problema as alunas ainda precisam solucionar (Quadro 18).

Quadro 18. Sequências discursivas 2 e 11: reconhecendo dados anômalos e delimitando o problema.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
516	01:39:45	A2	Sim:: só que não dá certo na outra ((se refere a floresta B))
517	01:39:46	A1	Gente... tira essa floresta B aí
518	01:39:48	A2	Aí gente... põem tudo em uma floresta só e pronto... ((risos)) o problema tá nessa floresta
519	01:40:10	A1	Nessa floresta... é::
520	01:40:11	A2	Porque tudo nessa... aconteceu errado nos dois ((se refere as duas hipóteses))
521	01:40:16	A1	Ela não se encaixa
... 647	01:50:42	A5	Não tô entendendo o que tá acontecendo... se na A ela não tá...

648	01:50:43	A3	Se a vermelha tá pegando os recursos da roxa ((se a vermelha é a mais forte)) por que que na B tá na mesma quantidade?
649	01:50:52	A1	Elas tão juntas... mas não tem uma pegando mais que a outra ((não há uma mais forte do que a outra))
650	01:50:58	A2	Na B tá na mesma quantidade
651	01:51:00	A1	Por que a vermelha não tá pegando mais do que a roxa ((crescendo mais do que a roxa)) se ela é a mais forte?
652	01:51:04	A2	Entendi... na A a vermelha tá sendo mais forte... só que na B elas estão na mesma quantidade... por quê?

Ao longo do episódio 6, a estratégia da professora em formação e das estudantes é retomar as conclusões já estabelecidas e revê-las, agora à luz de todo o conjunto de dados. As estudantes iniciam retomando as duas primeiras conclusões, que se referem ao potencial explicativo da predação, como ilustra as sequências discursivas 5 e 6. Nas retomadas de conclusões, a organização de ideias previamente elaboradas prevalece como objetivo epistêmico (Quadro 19).

Quadro 19. Sequências discursivas 5 e 6: organizando informações sobre a predação.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
544	01:41:42	PF	Bom... é:: vamo pensa então... vamo volta... você falou que na... a hipótese da predação explica?
545	01:41:53	A2	Só sobre a espécie vermelha
546	01:41:55	PF	O que que tá acontecendo com a espécie vermelha então?... vamo fala em espécie... pra espécie vermelha... que que tá acontecendo em relação à predação?... em qual floresta ela tá sendo mais predada?

547	01:42:11	A2	Na B ela tá sendo mais... mais predada ((do que na A))... a espécie vermelha
548	01:42:15	A1	A predação eu acho que faz sentido pra espécie vermelha... porque ela é mais predada na B ((do que na A)) e tá certo
... 552	01:42:33	PF	Pra espécie vermelha... tá explicando... por quê?... que que tá acontecendo na vermelha?
553	01:42:35	A2	Porque na B ela tá sendo mais predada do que na A
554	01:42:40	A1	E aí tem um número menor de plantas
... 568	01:43:29	A2	É por isso... tem só quarenta por cento das sementes predadas na floresta A... por isso que tem mais quantidade ((de plantas vermelhas)) do que na B
569	01:43:39	PF	Exatamente... agora vamo por a roxa aí junto... você conseguiu compreender a vermelha separada... pra gente pensar na competição então a gente coloca a roxa... o que que tá acontecendo com a roxa... em qual tá sendo mais predada?
570	01:43:54	A2	Essa já não explica
571	01:43:55	A1	Na B ((é mais predada do que na A))
572	01:43:57	A2	Mas pra ela não explica
573	01:43:58	PF	Pra roxa não explica por quê?
574	01:44:00	A1	Porque ela tem maior ((quantidade em relação à floresta A))
575	01:44:02	A2	Porque ela tá sendo mais predada na B... mas mesmo assim ela continua tendo maior quantidade

576	01:44:05	A1	É:: do que na A
-----	----------	----	-----------------

Em seguida, uma das estudantes incorpora nas discussões o dado sobre competição. Assim, as alunas concluem que a predação e a competição explicam o que ocorre com as espécies na floresta A. Os dados sobre competição e predação passam a ser considerados na explicação para a abundância de plantas na floresta A (Quadro 20). Uma vez que os dados apresentados para a floresta A não são considerados anômalos, as estudantes conseguem associar as explicações construídas nos episódios anteriores para explicar o fenômeno. Como já estabelecido no episódio 3, para as estudantes, a espécie vermelha pode ser encontrada em maior número na floresta A, já que apresenta menor taxa de predação nesse local. Da mesma forma, como estabelecido no episódio 5, a espécie vermelha também está em maior número, em comparação com a espécie roxa, por ser a competidora mais forte.

Quadro 20. Sequência discursiva 7: apoiando uma conclusão para a floresta A.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
583	01:44:50	A1	A competição também... pra vermelha as duas explica... não explica?
584	01:44:54	A2	Porque a vermelha é a mais forte... só que na B não explica
... 592	01:45:53	A1	As duas hipóteses explicam as duas florestas... explica a floresta A e a floresta B ((para a vermelha))
593	01:46:00	PF	Por que você pode dizer isso?
594	01:46:03	A2	Porque a hipótese um ((predação)) tá falando que na floresta A tem mais ((plantas vermelhas)) do que na B porque... na B ela tá sendo mais predada...
595	01:46:09	A2	A predação... tem mais na floresta B
596	01:46:13	A1	Da espécie vermelha
597	01:46:14	A2	É

598	01:46:15	PF	E a competição?
599	01:46:16	A2	E a segunda hipótese porque ah:: ah::
600	01:46:22	A1	Da competição?
601	01:46:24	A2	Porque tem mais plantas da espécie vermelha ((na floresta A))... porque ela é mais forte do que a roxa
602	01:46:30	PF	Aqui pra floresta A?
603	01:46:32	A2	É::

Após a retomada de conclusões, a licencianda questiona as alunas quanto a proposição de uma explicação para a quantidade de plantas na floresta B. A fim de explicar o fenômeno, as alunas respondem aos dados anômalos de diferentes formas. Nesses momentos entra em discussão o que pode e o que não pode ser utilizado para apoiar uma conclusão. Após os questionamentos da professora em formação, ao invés de apelar aos dados fornecidos pelo material instrucional, as alunas apelam a dados indisponíveis ou a efeitos não observáveis, que são consequências do fenômeno e não causa. No turno 534, uma estudante apresenta a possibilidade de uma floresta possuir uma quantidade de besouros predadores diferente da outra. No turno 611, outra estudante sugere que as florestas possuem diferenças na fertilidade do solo e que, por esse motivo, as abundâncias das espécies não são as mesmas. Como não são pautadas em dados disponíveis, as propostas não são aceitas pelos demais membros. Já nos turnos 608 e 609, as alunas apelam para a possibilidade de as duas espécies obterem em igualdade os recursos do solo, de maneira que nesse momento não distinguem o que é a causa do fenômeno (predação/competição) e o que é seu efeito (recursos do solo) (Quadro 21).

Quadro 21. Sequências discursivas 3 e 8: apelando a dados indisponíveis.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
534	01:40:43	A3	Vai ver que não tem a mesma quantidade de besouros em cada floresta
535	01:40:45	A2	Mas a gente não sabe disso... ele não ficou contando quantos besouros tinha

536	01:40:53	PF	É... você não tem essa informação
... 607	01:46:48	PF	O que acontece na floresta B... que tem a mesma quantidade?
608	01:47:01	A3	Porque os recursos estão indo na mesma quantidade pra ambas?
609	01:47:03	A1	Porque ela tem muitos recursos?
610	01:47:06	PF	Porque ela tem (...)
611	01:47:07	A2	Porque o solo é mais fértil?
612	01:47:09	PF	A gente não tem essa informação

Em seguida, ainda tentando lidar com os dados anômalos, as estudantes selecionam somente parte dos dados, deixando de lado aqueles que contradizem suas explicações. Nesse momento, continua sendo defendida a ideia de que a espécie menos predada e o melhor competidor precisam estar em maior abundância. Para manter essa ideia, uma estudante sugere uma explicação considerando uma diferença insignificante entre as taxas de predação das espécies em uma mesma floresta. Ao fazer isso, a estudante deixa de lado um dado relevante, a comparação entre florestas. A professora enfatiza o dado desconsiderado pela aluna. No turno 675, pela primeira vez, uma estudante compreende as relações ecológicas em uma relação de causa e efeito, considerando que a alta taxa de predação da espécie melhor competidora, possibilita o estabelecimento da outra espécie (Quadro 22).

Quadro 22. Sequências discursivas 13 e 14: selecionando dados.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
660	01:51:41	PF	Exatamente... então o que será que tá acontecendo que a gente fez um experimento... viu que quando são plantadas juntas a vermelha é mais forte do que a roxa... por que será que aqui na floresta B isso tá acontecendo?... pensa no

			conjunto da obra... o que tá acontecendo de diferente na espécie vermelha da floresta A pra floresta B
661	01:52:16	A2	Na segunda hipótese?
662	01:52:17	PF	Agora a gente não tá falando de uma hipótese só
663	01:52:24	A2	Ah... Ah... na A tem mais ((plantas vermelhas)) do que na B
664	01:52:27	PF	Por que que a A tem mais do que a B?...
665	01:52:32	A2	Porque a espécie vermelha é mais forte do que a roxa
667	01:52:38	PF	Certo... em relação a competição... e em relação a predação?
668	01:52:44	A2	Já esqueci
669	01:52:49	PF	Pensando pra espécie vermelha
670	01:52:51	A1	A predação na espécie vermelha?
671	01:52:53	PF	Isso
672	01:52:57	A1	Ela tá sendo mais predada na floresta B... então tem menos quantidade... e ela tá sendo menos predada na floresta A... por isso tem mais quantidade
673	01:53:07	PF	Isso... se ela é a mais forte... por que ela não influencia no crescimento da roxa na floresta B?
674	01:53:18	A1	Porque ela ((vermelha)) tá sendo mais predada na floresta B... é?
... 682	01:54:08	PF	Aí a gente viu que na floresta B isso não acontecia... que por mais que a espécie vermelha fosse a mais forte... a roxa tava conseguindo... ela até aumenta... olha aqui ((aponta a tabela com as quantidades))

...	01:54:40	A1	É porque a espécie vermelha... na floresta A... ela tá sendo menos predada do que na floresta B?
692	01:54:52	PF	Você tá conseguindo juntar os dados de uma forma bem interessante... desenvolve...
693	01:55:00	A1	Porque a espécie vermelha... ela tá sendo mais predada na floresta B
694	01:55:08	A3	Do que na A
695	01:55:09	A1	Então ela vai diminuir... fica em nove... já na floresta roxa (...)
696	01:55:16	A2	Floresta roxa?
697	01:55:17	A1	Já na espécie roxa... ela tá sendo menos predada do que a vermelha na floresta B e aí ficou com esse nove porque ela não tem tanto recurso pra desenvolver mais?
698	01:55:32	A2	Porque ela ((a vermelha)) é mais predada na B ((do que na A))... eu entendi o que ela tá falando
699	01:55:37	PF	Mas ó... se... se ela ((roxa)) tá sendo mais predada em relação à floresta A... por que que tem essa quantidade aqui?
700	01:55:43	A2	Mas...
701	01:55:44	A1	Ela ((roxa)) não tem tanto recurso... porque no caso...
702	01:55:48	PF	Mas se ela ((roxa)) não tem recurso... por que ela tem uma maior quantidade ((na B do que na A))?
703	01:55:50	A2	Na floresta B... se ela ((vermelha)) tá sendo mais predada do que na A... ela acaba deixando de ser tão forte... não?

A explicação sugerida pela aluna no turno 703 começa a ser desenvolvida nos turnos subsequentes (Quadro 23). No turno 732, apesar de ainda considerar significativa a diferença

entre as taxas de predação para a floresta B, a aluna A1 passa a compreender a consequência de uma espécie melhor competidora ser mais predada, estabelecendo uma relação de causa e efeito entre as interações ecológicas. Assim, ao longo das sequências discursivas, as estudantes utilizam os dados disponíveis para defender a nova conclusão: a predação da espécie vermelha é a causa do fenômeno na floresta B.

Quadro 23. Sequências discursivas 17, 20 e 22: desenvolvendo uma explicação final para o problema.

Turno	Tempo	Sujeito	Transcrições da fala
727	01:58:49	PF	Ó... que que tá acontecendo... pra espécie roxa e pra espécie...na floresta A a vermelha tem um monte... a espécie vermelha
728	01:59:07	A1	E a roxa tá sendo prejudicada
729	01:59:09	PF	Quando a vermelha e a roxa competem na floresta A a vermelha consegue recursos... só que na floresta B a roxa consegue aumentar
730	01:59:28	A1	Porque a planta vermelha tá sendo mais predada... e aí a roxa consegue achar uma forma de igualar ((aumentar a quantidade))... é isso?
731	01:59:46	PF	Tá por aí... tenta explicar pra elas
732	01:59:52	A1	Pera aí... deixa eu me organizar... eu tô conseguindo... ela ((vermelha)) consegue mais recursos do que a roxa... mas ao mesmo tempo ela ((vermelha)) tá sendo mais predada do que a roxa... a roxa recebe menos recursos... mas tá sendo menos predada do que ela
733	02:00:10	PF	Isso explica a floresta:?
734	02:00:11	A1	B
735	02:00:12	A3	Por isso que a roxa tá... tá... chegando perto dela... ah então a sete é a predação e a competição... porque é graças a alta

			predação da vermelha que a roxa tá chegando perto dela ((aumenta a quantidade))... é isso
736	02:00:27	A2	Tá conseguindo se reproduzir mais
... 800	02:11:23	A3	Só que eu acho que é aquilo que a A1 falou... do... eu acho que é assim... que aqui nesse caso ((floresta B)) tá explicando a vermelha tá explicando a predação e sobre as roxas a competição... aquilo que a A1 falou... que como os besouros tão consumindo mais a vermelha aqui ((floresta B)) do que na A... a roxa tá conseguindo chegar perto da vermelha ((aumenta a quantidade))... por isso que tá assim
801	02:11:55	A5	Tá igual ((mesmo número de vermelhas e roxas))
802	02:11:56	A3	É::
803	02:11:57	A1	Por que na vermelha... naquele caso... nesse daqui ((aponta para a folha dela))
804	02:11:59	PF	Que caso?
805	02:12:00	A1	Não pera... ali... ((aponta a tabela de predação da vermelha))
806	02:12:02	PF	Tá certo... tá certo
807	02:12:04	A1	Que nem a gente tava falando... a vermelha tem mais recurso ((é mais forte)) só que tá sendo predada
808	02:12:14	A2	Eu tô entendendo até a parte que a A1 falou assim... que ó:: a vermelha é a mais forte e a roxa a mais fraca
809	02:12:15	PF	Aham
810	02:12:19	A2	Só que pelo fato de a vermelha estar sendo predada... a roxa acaba se igualando a vermelha ((tendo a mesma quantidade))

811	02:12:52	A3	Porque a mais forte tá morrendo... entendeu? Ela não consegue
812	02:13:01	PF	Isso
813	02:13:02	A2	Então... aí a fraca consegue se igualar
814	02:13:07	A3	Ela consegue se igualar com a mais forte...
... 836	02:14:44	PF	Qual que é o fator que diferencia?... o que tá acontecendo com a vermelha?
837	02:14:48	A5	{ Tá sendo predada...
838	02:14:48	A2	{ Ela é mais forte... mas ela tá sendo mais predada na B do que na A
839	02:14:54	A3	Aí ela tá morrendo e vai sobrar recursos pra roxa... que vai se igualar a ela
... 868	02:19:29	PF	Isso... por que a gente já viu que a vermelha é a mais forte... mas... o que que acontece... o que tá acontecendo com ela que ela não tá parecendo mais forte?
869	02:19:38	A5	Ela ((vermelha)) tá... tá sendo muito predada
870	02:19:39	A1	É
871	02:19:40	PF	Entendeu?... e aí o que que acontece com a roxa... que antes não conseguia viver?
872	02:19:44	A5	Ela... ela consegue mais recursos porque a vermelha tá sendo predada
873	02:19:52	A1	((A vermelha)) Tá morrendo mais na B... de maneira que ela ((roxas)) consegue alcançar a mais forte ((vermelha))

O Quadro 24 resume as categorias identificadas para o episódio 6.

Quadro 24. Categorização do Episódio 6.

EPISÓDIO 6		
Trabalho com dados anômalos		Objetivo epistêmico predominante
Etapas epistêmicas	Etapas conceituais	
Apelando a dados indisponíveis	1	Apoiar enunciados
Selecionando dados		
Incorporando dados anômalos à uma explicação	2	

Os objetivos epistêmicos observados para cada episódio estão correlacionados a estrutura da SDI e ao andamento proposto para a atividade. A SDI se inicia com a apresentação e contextualização do problema, apresentando as matas para as estudantes e a quantidade de plantas em cada local. Como os episódios 3 e 5 apresentam novos dados para as estudantes, é necessário construir sentido sobre eles, de maneira que o objetivo de explorar dados prevalece nas interações discursivas. Já a organização de informações ganha maior foco no episódio 6, quando as alunas têm a necessidade de conciliar as explicações previamente elaboradas. Enquanto no episódio 6 prevalece o objetivo de apoiar conclusões na defesa das explicações, nos episódios 3 e 5, esse objetivo aparece em momentos pontuais, principalmente ao final de cada episódio, quando as alunas, estimuladas pela professora em formação, devem defender uma conclusão para cada floresta. Assim, salientamos a necessidade de, no momento da elaboração de materiais instrucionais, dar atenção as potencialidades de cada tarefa em relação a proporcionar o trabalho com os dados e a construção de evidências pelas estudantes.

Neste estudo, as estudantes reconhecem dados como anômalos, tentam explicá-los e, por fim, incorporam os dados anômalos a uma explicação para o fenômeno. Chinn e Brewer (1998) descrevem oito respostas típicas de estudantes quando lidam com dados anômalos. Diferente da proposta dos autores, no entanto, não foram observadas nas interações discursivas respostas comuns, tais como: ignorar os dados, ou seja, descartá-los; rejeitá-los, por exemplo, alegando erros metodológicos; ou deixá-los em suspensão, alegando que um dia serão explicados pela teoria vigente. Nos três casos, Chinn e Brewer (1998) identificam a ausência de explicações para os dados anômalos e a manutenção da teoria vigente. Neste trabalho, em

todos os momentos, as estudantes assumem o compromisso de explicar os dados anômalos, o que pode estar associado a natureza investigativa da tarefa. A SDI propõe para as estudantes, desde o início, a tarefa de solucionar um problema.

Assim, diferente dos estudos clássicos de Chinn e Brewer (1998) ou de Kuhn (1989), que identificam o trabalho com os dados anômalos por meio de entrevistas, aqui avaliamos a construção de conhecimento nas interações discursivas no decorrer da implementação de uma SDI e, portanto, analisamos o processo que leva as estudantes a utilizarem evidências.

Nossas categorias “apelando a dados indisponíveis” e “selecionando dados” se aproximam mais de “reinterpretando dados anômalos” de Chinn e Brewer (1998). Nesse caso, os estudantes aceitam os dados e tentam explicá-los sem alterar a teoria que defendem. Ao buscar causas alternativas (*e.g.*, a fertilidade do solo ou a quantidade de besouros) ou considerar apenas parte dos dados disponíveis, as alunas persistem com suas teorias iniciais sobre as interações ecológicas, mas em momento algum desacreditam os dados anômalos. Aqui, optamos por atribuir outros nomes para as categorias com o objetivo de discriminar os mecanismos pelos quais as alunas lidam com os dados enquanto mantem o cerne de suas concepções iniciais sobre as interações ecológicas.

Berland e Reiser (2009) defendem que a participação em uma comunidade epistêmica, nas atividades em que se propõem a elaboração e avaliação de explicação causais, envolve objetivos relacionados a construção de sentido, a articulação de ideias e a persuasão. Na SDI aqui analisada, utilização das evidências apresentou relação direta com a compreensão conceitual das alunas, de modo que a construção de sentido para os dados se deu com o estabelecimento de relações entre dados e teoria. A partir da criação de sentidos, as estudantes utilizam a linguagem científica para dizer aos colegas e professora a relação causal que constroem para explicar o número de plantas, bem como quando a relação construída a partir dos dados disponíveis pode ou não atuar como evidência da ocorrência do fenômeno e suportar uma conclusão. Ao longo do episódio 6, especialmente, as estudantes se empenham na tarefa de explicar o fenômeno em sua totalidade e, organizando ideias já construídas, expõem seus entendimentos e revisam conclusões.

A Figura 2 resume o processo de construção de evidências ao longo da SDI e sua relação com a aprendizagem conceitual das estudantes. Assim, nos episódios 3 e 5, a exploração dos novos dados e a organização das informações permite que as alunas construam as relações causais para a predação e para a competição e identifiquem em quais casos os dados se constituem ou não evidência do fenômeno, ou seja, suportam ou não, nesse momento, suas

concepções iniciais sobre cada interação ecológica. Nesse processo, a comparação com as concepções teóricas permite o reconhecimento de dados como anômalos. No episódio 6, ao organizar informações, as estudantes são capazes de conciliar as explicações causais anteriormente construídas e defender a predação e a competição como modelos explicativos para a floresta A. No entanto, enquanto as estudantes não associam os dados anômalos com uma nova forma de pensar as interações ecológicas, elas não são capazes de explicar o fenômeno em sua totalidade e não consideram os dados como evidência do fenômeno na floresta B. Ao longo desse episódio, as alunas sugerem diferentes explicações para os dados anômalos. Optar por lidar apenas com dados disponíveis, desprezando explicações que não podem ser testadas, foi importante para que fosse sugerida uma primeira explicação para a floresta B, que considerasse os dados disponíveis para a predação e para a competição. Nesse momento, a professora em formação, ao revelar dados relevantes que são desconsiderados por uma das alunas na elaboração da explicação em questão, permite a incorporação dos dados anômalos e o avanço conceitual, de maneira que os dados anômalos passam a ser evidência do fenômeno na floresta B.

Figura 2. Síntese da compreensão conceitual a partir da construção de evidências.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho analisamos o processo de construção discursiva de evidências no desenvolvimento de uma SDI. Caracterizamos, para cada episódio, como as estudantes utilizam os dados nas interações, revelando que seus objetivos epistêmicos predominantes estão associados a estrutura da atividade proposta. Descrevemos elementos do processo de construção de evidências a partir de dados esperados e dados anômalos. A utilização de dados com o objetivo de organizar informações previamente trabalhadas foi importante para que as alunas considerassem os dados sobre predação e competição na defesa de uma explicação.

Por sua vez, a análise do processo de construção de evidências a partir de dados anômalos, revela a relação entre a análise dos dados e a compreensão conceitual. Nossos resultados sugerem que as estudantes são capazes de utilizar dados anômalos na revisão de compreensões e aprendizagem de conceitos científicos e é parte desse processo a proposição de diferentes explicações para os dados. A presença dos dados anômalos e o trabalho com eles é o que possibilita que as alunas, na tarefa de defender as explicações para cada floresta, conciliem as diferentes explicações causais e, com isso, avancem na compreensão sobre as interações ecológicas.

Destacamos também o fato de as estudantes demonstrarem nas falas estranheza e incômodo em relação aos dados, algo que parece associado não apenas a natureza anômala dos dados, mas também a sua presença em um ambiente escolar.

Nós enfatizamos, por fim, a importância de estudos que investiguem como os estudantes engajam não apenas em atividades investigativas nas quais os dados confirmam suas previsões, mas também em atividades que apresentam dados anômalos a fim de compreendermos como esses dados podem ser utilizados por professores em sala de aula, bem como formas de aprimorar a compreensão dos estudantes sobre esse importante aspecto da construção do conhecimento científico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIKENHEAD, G. S. Science-based occupations and the science curriculum: Concepts of evidence. **Science Education**, v. 89, n. 2, p. 242-275, mar. 2005.
- BERLAND, L. K.; REISER, B. J. Making sense of argumentation and explanation. **Science Education**, v. 93, n. 1, p. 26-55, jan. 2009.
- BERLAND, L. K.; REISER, B. J. Classroom Communities' Adaptations of the Practice of Scientific Argumentation. **Science Education**, v. 95, n. 2, p. 191-216, mar. 2011.
- BRAVO, B.; PUIG, B.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Competencias en el uso de pruebas en argumentación. **Educación Química**, v. 20, n. 2, p.137-142, abr. 2009.
- BREM, S. K.; RIPS, J. L. Explanation and Evidence in Informal Argument. **Cognitive Science**, v. 24, n. 4, p. 573-604, dec. 2000.
- CHIARO, S.; LEITÃO, S. O papel do professor na construção discursiva da argumentação em sala de aula. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 18, n. 3, p. 350-357, set./dez. 2005.
- CHINN, C. A.; BREWER, W. F. An Empirical Test of a Taxonomy of Responses to Anomalous Data in Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 6, p. 623–654, 1998.
- CHINN, C. A.; BUCKLAND, L. A.; SAMARAPUNGAVAN, A. L. A. Expanding the dimensions of epistemic cognition: Arguments from philosophy and psychology. **Educational Psychologist**, v. 46, n. 3, p. 141-167, july. 2011.
- DRIVER, R. NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education**, v. 84, n. 3, p. 287-312, may. 2000.
- DUNBAR, K. How scientists think in the real world: implications for science education. **Journal of Applied Developmental Psychology**, v. 21 n. 1, p. 49–58. 2000.
- DUSCHL, R. Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. **Review of Research in Education**, v. 32, n. 1 p. 268-291, feb. 2008.
- DUSCHL, R. A.; OSBORNE, J. Supporting and promoting argumentation discourse in science education. **Studies in Science Education**, v. 38, n. 1, p. 39-72, mar. 2002.
- FLICK, U. **Introdução à Metodologia de Pesquisa**: um guia para iniciantes. Porto Alegre: Penso, 2012.
- FREIRE, C. C. **Argumentação e explicação no ensino de ecologia**. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

FREIRE, C. C.; CASTRO, R. G.; MOTOKANE, M. T. O conceito de interações ecológicas em livros didáticos de biologia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 131-148, mai./ago. 2016.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÃS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v., 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção dos significados**. Ijuí: Editora Unijuí, 2008.

GOTT, R.; DUGGAN, S. Practical work: its role in the understanding of evidence in science. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 7, p. 791-806, feb. 1996.

GOTT, R.; DUGGAN, S.; ROBERTS, R. Research into Understanding Scientific Evidence. 2003. Disponível em: <http://community.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/CofEv_PDF_GCSE.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2017.

GREENE, J. A.; SANDOVAL, W. A.; BRÅTEN, I. **Handbook of Epistemic Cognition**. New York: Routledge, 2016.

HOGAN, K.; MAGLIENTI, M. Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 6, p. 663-687, aug. 2001.

JANZEN, D. H. Herbivores and the number of trees species in tropical forests. **American Naturalist**, v. 104, n. 940, p. 501-528, nov./dec. 1970.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas**. Barcelona: Graó, 2010.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: An Overview. In: JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. (Ed.). **Argumentation in Science Education**. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2008. p. 3-27.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUGALLO RODRÍGUEZ, B.; DUSCHL, R. A. "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. **Science Education**, v. 84, n. 6, p. 757-792, nov. 2000.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; MORTIMER, R. F.; SILVA, A. C. T.; DÍAZ, J. B. Epistemic Practices: an Analytical Framework for Science Classrooms. **Proceedings of Annual Meeting of the American Educational Research Association**. New York: AERA, 2008.

KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. In: DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. (Ed.). **Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation**. Rotterdam: Sense Publishers, 2008. p. 99-117.

KELLY, G. J. Methodological considerations for the study of epistemic cognition in practice. In: GREENE, J. A.; SANDOVAL, W. A.; BRÅTEN, I. (Ed.). **Handbook of Epistemic Cognition**. New York: Routledge, 2016. p. 393-408.

KELLY, G. J.; TAKAO, A. Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. **Science Education**, v. 86, n. 3, p. 314-342, apr. 2002.

KELLY, G. J.; MCDONALD, S.; WICKMAN, P. Science learning and epistemology. In: FRASER, B.; TOBIN, K. (Ed.). **Second international handbook of science education**. Dordrecht: Springer, 2012. p. 281-291.

KNORR-CETINA, K. **Epistemic cultures: how the sciences make knowledge**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1999.

KOSLOWSKI, B.; MARASIA, J.; CHELENZA, M.; DUBLIN, R. Information becomes evidence when an explanation can incorporate it into a causal framework. **Cognitive Development**, v. 23, n. 4, p. 472-487, 2008.

KUHN, D. Children and adults as intuitive scientists. **Psychological review**. v. 96, n. 4, p. 674-689, nov. 1989.

KUHN, D. **The skills of argument**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

KUHN, D. Science as argument: implications for teaching and learning scientific thinking. **Science Education**, v. 77, n. 3, p. 319-337, june. 1993.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A Vida de Laboratório: A produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro, RJ: Relume Dumara, 1997.

LEMKE, J. L. **Talking science: Language, learning, and values**. New Jersey: Ablex, 1990.

LEMKE, J. L. Articulating Communities: Sociocultural Perspectives on Science Education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 3, p. 296-316, 2001.

LIDAR, M.; LUNDQVIST, E.; ÖSTMAN, L. Teaching and learning in the science classroom: The interplay between teachers' epistemological moves and students' practical epistemology, **Science Education**, v. 90, n. 1, p. 148-163, nov. 2005.

LONGINO, H. E. **Science as social knowledge: Values and objectivity in science inquiry**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1990.

LONGINO, H. E. **The fate of knowledge**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2002.

MAURIZ, B. P.; MACEIRA, J. J. P.; VILAR, S. M. La sucesión de terremotos del Delta del Ebro. Una secuencia para investigar las ideas del alumnado y la práctica de uso de pruebas. **Praxis & Saber**, v. 6, n. 11, p. 43-65. dic. 2015.

MCNEILL, K. L. Elementary students' views on explanation, argumentation and evidence, and their abilities to construct arguments over the school year. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 48, n. 7, p. 793-823, 2011.

MCNEILL, K. L.; KRAJCIK, J. Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In: LOVETT, M. C.; SHAH, P. (Ed.). THINKING WITH DATA CARNEGIE SYMPOSIUM ON COGNITION, 33., 2007, Mahwah, NJ. **Proceedings...** Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc, 2007. p. 233-265.

MONTEIRA, S. F.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. The Practice of Using Evidence in Kindergarten: The Role of Purposeful Observation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 53, n. 8, p. 1232-1258, oct. 2016.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. **Meaning making in secondary science classrooms**. Buckingham: Open University Press, 2003.

MORTIMER, E. F.; MASSICAME, T.; TIBERGHIE, A.; BUTY, C. Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de ciências. In: NARDI, R. (Org.) **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras, 2007. p. 53-94.

MOTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, n. 17, p. 115-137, nov. 2015. Número especial.

PERELMAN, C.; OLBRECHTS-TYTECA, L. **Tratado da argumentação: A Nova Retórica**. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

PRETI, D. **O Discurso Oral Culto**. São Paulo: Humanitas Publicações, 1999. p. 19-20.

RATZ, S. V. S.; MOTOKANE, M. T. A construção dos dados de argumentos em uma Sequência Didática Investigativa em Ecologia. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 4, p. 951-973, out./dez. 2016.

SADLER, T. D. Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 5, p. 513-536, may. 2004.

SAMPSON, V.; GROOMS, J.; WALKER, J. P. Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Students Learn How to Participate in Scientific Argumentation and Craft Written Arguments: An Exploratory Study. **Science Education**, v. 95, n. 2, p. 217-257, mar. 2011.

SANDOVAL, W. A. Students' uses of data as evidence in scientific explanations. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION, 2011, Seattle, WA. **Proceedings...** Seattle, WA: AERA, 2001.

SANDOVAL, W. A.; MILLWOOD, K. A. The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. **Cognition and Instruction**, v. 23, n. 1, p. 23-55, 2005.

SANDOVAL, W. A.; REISER, B. J. Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 345-372, may. 2004.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. 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, dez. 2011.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 2, p.393-410, jun. 2014.

SILVA, A. C. T. **Estratégias enunciativas em salas de aula de química:** contrastando professores de estilos diferentes. 184 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SILVA, A. C. T. Práticas e movimentos epistêmicos em atividades investigativas de química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: ABRAPEC, 2011.

SILVA, A. C. T. Interações discursivas e práticas epistêmicas em salas de aula de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, p. 69-96, 2015. Número especial.

SILVA, M. B.; TRIVELATO, S. L. F. A mobilização do conhecimento teórico e empírico na produção de explicações e argumentos numa atividade investigativa de biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 139-153, ago. 2017.

SUTTON, C. Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. **Enseñanza de las ciencias**, v. 21, n.1, p. 21-25, 2003.

TAKAO, A. Y.; KELLY, G. J. Assessment of evidence in university students' scientific writing. **Science & Education**, v. 12, n. 4, p. 341-363, may. 2003.

TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

VAN EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST, R.; HENKEMANS, F. S. **Fundamentals of argumentation theory:** a handbook of historical backgrounds and contemporary developments. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1996. p. 1-26.

VENVILLE, G. J.; DAWSON, V. M. The Impact of a Classroom Intervention on Grade 10 Students' Argumentation Skills, Informal Reasoning, and Conceptual Understanding of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, n. 8, p. 952-977, oct. 2010.

WICKMAN, P. -O. The practical epistemologies of the classroom: A study of laboratory work. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 325–344, may. 2004.

YIN, R. K. **Case Study Research: Design and Methods**. Thousand Oaks: Sage Publications, 2003.

ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 1, p. 35-62, jan. 2002.

ANEXO A - Sequência Didática Investigativa: material instrucional

CONECTE-SE COM O MUNDO

Os seres vivos precisam se relacionar com indivíduos da própria espécie e também com outras espécies para sobreviver. Essas relações são chamadas de **interações ecológicas**. Quando digitamos no google-imagens "interações ecológicas", podemos encontrar as seguintes fotos:

Figura. 1

Figura. 2

Figura. 3

As Figuras 1, 2 e 3 ilustram uma interação ecológica conhecida como **predação**. Os leões, serpentes e larvas de besouros são exemplos de **predadores**. As zebras, grilos, sementes e outros organismos que servem de alimento para os predadores são chamados de **presas**. Assim, podemos definir **predação** como um tipo de interação entre duas espécies diferentes, na qual organismos de uma espécie provocam a morte de organismos de outra espécie para se alimentarem.

SAIBA MAIS...

Os **predadores** não são apenas animais **carnívoros**, ou seja, *que caçam e se alimentam da carne de outros animais*. Há também aqueles que se alimentam das sementes das plantas. *Animais que comem outros materiais vegetais (por exemplo, as folhas) são chamados de herbívoros*. Eles não são considerados predadores, pois consomem apenas algumas partes da planta, sem matá-la. Já os animais que se alimentam da semente são chamados predadores porque eles matam o embrião contido na semente e, com isso, impedem que uma nova planta nasça.

As Figuras 4, 5 e 6 ilustram outra interação ecológica, conhecida como **competição**. Quando os indivíduos envolvidos são da mesma espécie dizemos que é uma **competição intraespecífica**. Na Figura 4, por exemplo, dois lobos machos competem pela atenção de uma fêmea para se reproduzirem.

A competição também pode envolver indivíduos de espécies diferentes e nesse caso é chamada de **competição interespecífica**. Na Figura 5, as folhas do Pinus caem sob o solo formando uma cobertura que impede o brotamento de outras espécies de plantas. Na Figura 6, a hiena e o leão competem pelo mesmo tipo de alimento.

Figura. 4

Folhas

Figura. 5

Figura. 6

SAIBA MAIS...

Plantas podem ser tanto **competidoras interespecíficas** quanto **intraespecíficas**. Elas podem competir entre si por recursos do meio, tais como água, nutrientes do solo e a luz solar.

SAIBA QUE...

Um grupo de cientistas está estudando duas florestas no interior do estado de São Paulo, distantes 30 km uma da outra: a floresta A e a floresta B. Em suas pesquisas, eles observaram algo interessante: a floresta A parecia ter uma vegetação muito diferente da floresta B. Eles ficaram intrigados e resolveram coletar algumas informações que pudessem indicar se realmente estavam certos. Dentro de cada floresta, os cientistas escolheram analisar duas espécies de plantas, aquelas que mais lhes chamaram atenção. Uma espécie eles apelidaram de espécie Vermelha (por ter flores de cor vermelha) e a outra de espécie Roxa (por ter flores de cor roxa). Em campo, com o auxílio de um GPS, os cientistas marcaram a localização de todas as plantas dessas duas espécies. A partir dos pontos encontrados no GPS, eles produziram o mapa das florestas A e B, indicando a distribuição das plantas em cada local (Figura 7). A seguir são apresentados os resultados:

Figura 7. Distribuição das espécies Vermelha e Roxa nas florestas A e B. As marcações com "V" representam a posição de uma planta da espécie Vermelha, e as marcações com "R" representam uma planta da espécie Roxa.

1) Considerando a Figura 7, qual a quantidade de plantas de cada espécie em cada floresta? Preencham a Tabela 1 com essa informação.

	Número de plantas na floresta <u>A</u>	Número de plantas na floresta <u>B</u>
Espécie Vermelha		
Espécie Roxa		

Tabela 1. Quantidade de plantas da Espécie Vermelha e da Espécie Roxa nas florestas A e B.

A partir dos resultados, os cientistas realmente concluíram que suas observações iniciais estavam corretas e a floresta A apresentava uma vegetação diferente da floresta B.

2) Qual ou quais diferenças você observa entre a vegetação da floresta A e da floresta B?

O que poderia explicar essas diferenças? Os cientistas decidiram continuar sua investigação para entender “porque” as vegetações são diferentes. Eles sabem que algumas espécies de besouros são predadores de sementes. Esses besouros colocam seus ovos dentro de sementes (Figura 8A). Quando as larvas saem dos ovos, elas se alimentam das sementes (Figura 8B). Depois que se alimentam, as larvas se desenvolvem em pupa (Figura 8C). E quando atingem a fase adulta, esses insetos saem de dentro do fruto (Figura 8D). Durante esse processo, as larvas se alimentam de todo o interior da semente e, com isso, matam o embrião que se encontra dentro dela, impedindo que uma nova planta cresça e se desenvolva. Por isso, chamamos esse besouro de predador e as plantas de presas.

Figura 8. Ciclo de vida de um besouro predador de semente. Ovos (A); Larva madura (B); Pupa (C) e Besouro adulto (D).

Partindo dos seus conhecimentos sobre os besouros predadores, os cientistas elaboraram a seguinte hipótese para tentar explicar a diferença entre a vegetação da floresta A e a vegetação da floresta B:

Hipótese 1 - A predação é a causa da diferença entre as vegetações.

PARA A PREDACÃO, qual foi a relação que os cientistas provavelmente hipotetizaram?

Quanto (maior ou menor?) _____ o número de besouros predadores, (maior ou menor?) _____ o número de plantas, porque _____

Quadro 1. Relação entre a taxa de predação e o número de plantas da espécie predada.

Para testar a hipótese sobre a predação por besouros, os cientistas reuniram mais dados. Eles coletaram e analisaram todas as sementes encontradas ao redor de cada planta, tanto da espécie Vermelha, quanto da espécie Roxa. As sementes contendo ovos, larvas ou orifícios de saída dos besouros adultos foram contadas como sementes predadas. Assim, os cientistas construíram duas tabelas: a Tabela 2 para a espécie Vermelha e a Tabela 3 para a espécie Roxa. Vejamos os resultados encontrados:

	Taxa de predação na floresta <u>A</u>	Taxa de predação na floresta <u>B</u>
Espécie Vermelha	40% das sementes predadas	85% das sementes predadas

Tabela 2. Taxa de predação da espécie Vermelha na floresta A e na floresta B.

3) Observem novamente a Tabela 1. A predação explica a diferença na quantidade de plantas Vermelhas em cada floresta? Justifiquem.

Agora, analisem a Tabela 3 com os dados da espécie Roxa.

	Taxa de predação na floresta <u>A</u>	Taxa de predação na floresta <u>B</u>
Espécie Roxa	35% das sementes predadas	70% das sementes predadas

Tabela 3. Taxa de predação da espécie Roxa na floresta A e na floresta B.

4) Observem novamente a Tabela 1. A predação explica a diferença na quantidade de plantas Roxas em cada floresta? Justifiquem.

Após analisar melhor o mapa (Figura 7), os cientistas perceberam que nos dois locais as plantas da espécie Vermelha se encontram a uma distância mínima de 10 metros das plantas da espécie Roxa. Os cientistas sabem que algumas plantas, quando crescem muito próximas umas das outras, podem competir pelos recursos do solo, por exemplo, água e sais minerais. Uma planta mais forte em termos de competição é capaz de se desenvolver (crescer) bem, mesmo perto de outras plantas, e estas últimas têm seu crescimento prejudicado pela competidora mais forte. Dessa forma, uma nova hipótese foi pensada:

Hipótese 2 - A competição é a causa da diferença entre as vegetações.

PARA A COMPETIÇÃO, qual foi a relação que os cientistas provavelmente hipotetizaram?

Quanto (maior ou menor?) _____ o número de plantas da espécie competidora mais forte, (maior ou menor?) _____ o número de plantas da outra espécie, porque _____

Quadro 2. Quantidade de plantas da espécie Vermelha e da espécie Roxa nas florestas A e B.

Para testar a hipótese sobre a competição, os cientistas realizaram um experimento em laboratório. Para o experimento, sementes da espécie Vermelha e sementes da espécie Roxa foram plantadas em duas situações diferentes. No primeiro caso, 20 sementes da espécie Vermelha foram plantadas distantes de 20 sementes da espécie Roxa, ou seja, uma espécie foi cultivada separada da outra (Tabela 4). No segundo caso, 20 sementes da espécie Vermelha e 20 sementes da espécie Roxa foram plantadas muito próximas umas das outras (Tabela 5). Para cada situação os cientistas analisaram quantas plantas de cada espécie cresceram.

Plantas Vermelhas e Roxas cultivadas separadas	
Espécie	Quantidade de plantas
Vermelha	20
Roxa	20

Tabela 4. Quantidade de plantas das espécies Vermelha e Roxa que cresceram quando as espécies foram cultivadas separadas uma da outra.

Plantas Vermelhas e Roxas cultivadas juntas	
Espécie	Quantidade de plantas
Vermelha	15
Roxa	3

Tabela 5. Quantidade de plantas das espécies Vermelha e Roxa que cresceram quando as espécies foram cultivadas juntas.

5) A partir dos resultados do experimento, existe uma espécie competidora mais forte? Justifiquem.

6) Observem novamente a Tabela 1. Os resultados do experimento ajudam a explicar a diferença na quantidade de plantas Roxas em cada floresta? Justifiquem.

7) Afinal, o que explica a diferença entre a vegetação das florestas A e B: a) a predação; b) a competição ou c) a predação e a competição? Por quê? Para responder, utilize os dados que foram analisados pelos cientistas.

Compartilhem com os outros grupos os resultados encontrados.

APÊNDICE A - MAPEAMENTO DE SEQUÊNCIAS DISCURSIVAS

Episódio	Sequência discursiva	Tempo inicial	Turnos de fala	Breve descrição das ações
3	Sequência 1	00:38:32	104-107	Leitura do material instrucional.
	Sequência 2	00:40:30	108-137	Identificação e compreensão dos dados do problema.
	Sequência 3	00:42:32	138-163	Estabelecimento da conclusão para a espécie vermelha (conclusão 1).
	Sequência 4	00:44:30	164-166	Orientações para a escrita.
	Sequência 5	00:47:05	167-168	Leitura do material instrucional.
	Sequência 6	00:48:06	169-177	Identificação dos dados do problema.
	Sequência 7	00:48:58	178-187	Identificação do dado anômalo 1 e estabelecimento da conclusão para a espécie roxa (conclusão 2).
	Sequência 8	00:50:13	188-196	Generalização das conclusões.
5	Sequência 1	01:01:14	226-227	Leitura do material instrucional.
	Sequência 2	01:02:00	228-233	Compreensão do objetivo experimento realizado pelos cientistas.
	Sequência 3	01:02:58	234-266	Identificação dos dados do problema e estabelecimento da conclusão de qual espécie é a mais forte (conclusão 3).
	Sequência 4	01:05:50	267-268	Leitura do material instrucional.
	Sequência 5	01:06:01	269-273	Retomada da conclusão 3.
	Sequência 6	01:06:27	274-275	Pausa para escrita e retomada do contexto da SDI.
	Sequência 7	01:10:42	276-277	Leitura do material instrucional.
	Sequência 8	01:11:06	278-285	Comparação dos dados experimentais com o observado em cada floresta.

	Sequência 9	01:13:05	286-304	Análise do mapa de distribuição das espécies em cada floresta. Prevalece a autoridade da professora.
	Sequência 10	01:16:14	305-311	Retomada do experimento realizado em laboratório.
	Sequência 11	01:17:55	312-336	Estabelecimento da conclusão de que a espécie vermelha interfere no crescimento da roxa apenas na floresta A (conclusão 4 e 5).
	Sequência 12	01:20:29	337-345	Uma das alunas afirma não ter compreendido.
	Sequência 13	01:20:53	346-384	Retomada das conclusões 4 e 5 a partir da dúvida da aluna.
	Sequência 14	01:34:20	385-504	Pausa para a escrita. Professora esclarece dúvidas individuais.
6	Sequência 1	01:38:54	505-507	Leitura do material instrucional.
	Sequência 2	01:39:18	508-533	Elaboram uma conclusão final como palpite e retomam a inconsistência dos dados.
	Sequência 3	01:40:43	534-536	Uma das alunas sugere uma explicação que não é baseada nas evidências disponíveis.
	Sequência 4	01:40:55	537-541	Retomam a dificuldade em compreender o que ocorre com a competição na floresta B.
	Sequência 5	01:41:16	542-568	Retomam a conclusão 1, suportada pelos dados fornecidos.
	Sequência 6	01:43:39	569-576	Retomam a conclusão 2, suportada pelos dados fornecidos.
	Sequência 7	01:44:08	577-603	Ampliam as conclusões estabelecidas anteriormente, construindo uma explicação para a abundância de vermelhas. A predação e a competição explicam o que ocorre com a espécie vermelha na floresta A (conclusão 6). A predação explica a redução no número de vermelhas entre as florestas A e B (conclusão 1).
	Sequência 8	01:46:33	604-620	Sugerem explicações que não são baseadas nas evidências disponíveis ou são consequências do fenômeno. Manifestam interesse e ansiedade na resolução do problema.

	Sequência 9	01:47:47	621-629	Retomam as conclusões 1 e 2, ambas suportadas pelos dados fornecidos.
	Sequência 10	01:48:32	630-643	Retomam as conclusões 4 e 5, ambas suportadas pelos dados fornecidos.
	Sequência 11	01:50:23	644-657	Avaliam a inconsistência dos dados.
	Sequência 12	01:51:27	658-659	Uma aluna reconhece a necessidade do experimento realizado em laboratório para afirmar que a vermelha é a espécie melhor competidora nas duas florestas, apesar de não estar em maior número na floresta B.
	Sequência 13	01:51:41	660-690	Retomam as conclusões 2, 4 e 5, ambas suportadas pelos dados fornecidos. Uma aluna, pela primeira vez, identifica a predação como causa do fenômeno (conclusão 7).
	Sequência 14	01:54:40	691-703	Uma aluna identifica a predação como causa do fenômeno (conclusão 7), mas desconsidera um dado relevante ao propor a explicação final. No final da sequência uma estudante sugere a relação de causa e efeito entre predação e competição.
	Sequência 15	01:55:57	704-721	Professora propõem uma analogia, mas se confunde.
	Sequência 16	01:58:34	722-726	Avaliam a dificuldade da tarefa.
	Sequência 17	01:58:49	727-731	Utilizam dados para suportar a conclusão 7.
	Sequência 18	02:00:37	738-747	Demonstram interesse e ansiedade na resolução do problema. Saem para o intervalo.
	Sequência 19	02:05:06	748-799	Retomam as conclusões 1 e 2, ambas suportadas pelos dados fornecidos.
	Sequência 20	02:11:23	800-841	Uma aluna retoma a conclusão 7 e os dados que a suportam. Desenvolvem a explicação final.
	Sequência 21	02:15:25	842-847	Orientações para a escrita do texto final.
	Sequência 22	02:17:52	848-873	Uma aluna solicita a retomada da explicação final para melhor compreensão.

APÊNDICE B - MAPEAMENTO CONCEITUAL

Etapa conceitual	Turnos de fala	Episódios
1	104-582	3, 5 e 6
2	583-873	6