UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

MAÍRA BATISTONI E SILVA

A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia

Versão revisada pela autora

São Paulo

2015

MAÍRA BATISTONI E SILVA

A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia

Tese apresentada a Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Educação.

Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Profa. Dra. Sílvia L. Frateschi Trivelato

São Paulo

2015

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.

Catalogação na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

375.2 Silva, Maíra Batistoni e
S586c A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia / Maíra Batistoni e Silva; orientação Silvia L. Frateschi Trivelato. São Paulo: s.n., 2015.
253 p. ils.; grafs.; tabs; anexos

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática) - - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

1. Alfabetização científica 2. Ensino (Investigação) 3. Práticas epistêmicas 4. Inscrições literárias 5. Explicação 6. Argumentação I. Trivelato, Silvia L. Frateschi, orient.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Maíra Batistoni e Silva

A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia

Tese apresentada a Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Educação.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Aprovada em: **13/03/2015**

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Para

Rosângela Batistoni, minha mãe, mulher resistente,
militante das causas sociais, professora e pesquisadora.
Porque muito dela faz parte de mim!

Cleodon Silva, meu pai, em memória.
Porque ele "já sabia"!

João Carlos, parceiro na vida.
Porque me ensina, todos os dias, o sentido da palavra
compartilhar.

Téo e Luca, meus meninos.
Porque ter filhos é prolongar a existência daquilo que há de
melhor em nós.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial:

À Profa. Dra. Sílvia L. Frateschi Trivelato, pela valiosa orientação nesta pesquisa, pelo incentivo final e pela enorme compreensão. Aproveito para agradecer sua importante contribuição para minha formação profissional.

Aos alunos da Escola de Aplicação, que me fazem perguntas e que me instigam a fazer perguntas. Em especial aqueles do 1º ano do Ensino Médio de 2013, por terem participado da pesquisa e se engajado nas atividades propostas.

À Profa. Dra. Lúcia Helena Sasseron pela fundamental contribuição no meu exame de qualificação. Seus questionamentos conduziram boa parte do trabalho que apresento agora.

À Profa. Dra. Ma. Cândida Varone de Moraes Capecchi pela minuciosa leitura de meu relatório de qualificação. Em cada anotação eu reconheci sua dedicação.

Ao Thiago Marinho Del-Corso, colaborador fundamental na coleta de dados, por ter se encantado com a sequência didática e ter-me revelado diferenças entre explicações e argumentos.

À Denise Ferreira Diniz Rezende, colaboradora fundamental na coleta de dados, por evidenciar meu papel na alfabetização científica dos alunos do 1º ano do Ensino Médio de 2013. E pela sua enorme capacidade de me fazer rir e sorrir.

Ao Daniel Manzoni de Almeida pela prestativa ajuda com o *abstract*.

Agradeço à equipe técnico-pedagógica de 2013 da Escola de Aplicação da FEUSP, por ter me autorizado a realizar esta pesquisa em sala de aula.

A todos que passaram pelo GEPEB desde 2009, em especial à Renata Orofino, Sarah Leandrini, Sandra Tonidandel, Fernanda Pardini, Thiago Del-Corso, Denise Rezende, Daniel Manzoni e Marsílvio Pereira, pelas discussões, reflexões, leituras, conversas e risadas, pois ciência se faz no coletivo.

Ao Anderson e Reinaldo, pelo cuidadoso trabalho de impressão.

À minha mãe, Rosângela, e à minha irmã, Inaê, por acompanharem tudo de perto, oferecendo ajuda para todos os momentos de dificuldades.

Ao meu marido, esposo, namorado, amigo, parceiro, João Carlos Micheletti Neto, por cuidar de tudo enquanto eu cuidava disso.

Às “meninas da EA”, Adriana Sesti, Cláudia Viégas, Kelly Sabino, Lindy Moretti, Milena Bushatsky e Sahsha Delatorre, companheiras de profissão, parceiras de sonhos e amigas na vida!

Aos “meninos da EA”, Ernani Nagy de Moraes, pois matemática e biologia tem tudo a ver e nossos alunos precisam saber disso! E ao Roberto Ravena, por compartilhar sua paixão pelo ensino e me mostrar o quanto ele pode, e deve, ser libertador!

À Profa. Dra. Daniela Scarpa, minha amiga Dani, pela parceria desde os tempos da Escola de Aplicação, pelas conversas sobre o ensino de biologia e todas as outras.

Ao Rodrigo Mendes, pelos 18 anos de amizade que ensina, diverte e conforta.

Science is (…) an essential tool for a democracy in an age of change. Our task is not just to train more scientists but also to deepen public understanding of science.

Carl Sagan (1989)

A ciência é (...) uma ferramenta essencial para a democracia numa época de mudanças. Nossa tarefa não é apenas formar mais cientistas, mas também aprofundar a compreensão pública da ciência.

(tradução nossa)

RESUMO

SILVA, M.B., **A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia.** 2015, 253 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Nos últimos anos aumentou o número de pesquisas que abordam aspectos epistemológicos no ensino de ciências, destacando a ideia de que este não deve se preocupar somente com a aquisição de conceitos, mas também deve possibilitar que os alunos se apropriem das práticas epistêmicas da ciência, favorecendo assim a Alfabetização Científica. As páginas que se seguem apresentam um estudo de caso qualitativo planejado e realizado para compreender como se dá o engajamento dos alunos em práticas epistêmicas da cultura científica. Nosso principal objetivo foi analisar as práticas de inscrição realizadas pelos alunos e suas relações com a produção de explicações e argumentos durante uma atividade investigativa sobre crescimento populacional de *Lemna sp*. Os dados da pesquisa foram coletados durante as aulas de biologia em duas classes do primeiro ano do ensino médio (alunos com idades entre 15 e 16 anos) de uma escola pública estadual da cidade de São Paulo. A análise da sequência didática e dos relatórios produzidos pelos alunos nos forneceu evidências de que as práticas epistêmicas experimentadas pelos alunos ao longo da atividade de investigação diferem a depender do tipo de dado coletado por eles, se de acordo com o modelo explicativo já conhecido ou diferente do previsto pelo modelo. Além disso, nossa análise evidenciou que o contexto de investigação constitui-se como importante repertório interpretativo das inscrições literárias produzidas pelos alunos, favorecendo a construção de explicações com garantia nos dados coletados. O contexto de investigação também se mostrou relevante na construção de argumentos, uma vez que a maioria das justificativas utilizadas era de natureza empírica, especialmente nos relatórios dos alunos que trabalharam com dados não previstos pelo modelo explicativo. Assim, após análise da sequência didática e dos relatórios produzidos pelos alunos, encontramos evidências de que a atividade de investigação propiciou oportunidades de engajamento em práticas epistêmicas da cultura científica, especialmente aquelas relacionadas à produção e intrepretação de inscrições literárias, o que favoreceu o processo de construção de explicações e argumentos, práticas fundamentais na produção do conhecimento científico.

Palavras-chave: Alfabetização científica; Ensino por investigação; Práticas epistêmicas; Inscrições literárias; Explicação; Argumentação.

ABSTRACT

SILVA, M.B.**, The construction of literary inscriptions and their use in the argumentative process in an inquiry-based learning activity in biology.** 2015, 253 p. Thesis (Doctoral) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

In recent years increased the number of researches on epistemological aspects in science teaching, emphasizing the idea that this shouldn't be concerned only with the acquisition of concepts, but should also enable students to take ownership of epistemic practices of science, favoring so the *Scientific Literacy*. Here, is presented a qualitative case study planned and conducted to understand how is the engagement of students in epistemic practices of scientific culture. Our aim was to analyze the application of practices carried out by students and their relationship with the production of explanations and arguments during an investigative activity on growth of *Lemna sp* population. The data were collected during biology classes from high school classes in a public high school, São Paulo city, Brazil (students aged: 15 to 16 years). The analysis of the inquiry-based learning activity and reports produced by the students provided us with evidence that the epistemic practices experienced by the students during the research activity differ depending on the data type collected by them, in accordance with the explanatory model already known by students or different predicted by these model. In addition, our analysis showed that the research context constitutes an important interpretive repertoire of literary inscriptions produced by the students, favoring the construction of explanations to assure the data collected. The research context was also relevant in the construction of arguments, since most of the justifications used was empirical, especially, in the reports of the students who worked with data not provided by the explanatory model. So after a review of inquiry-based learning activity and reports produced by the students, we found evidence that this inquiry-based learning activity led engagement opportunities in epistemic practices of scientific culture, especially those related to production and interpretation of literary inscriptions, which favored the process of construction of explanations and arguments, fundamental issues for the production of scientific knowledge.

Keywords: Scientific literacy; inquiry-based learning activity; Epistemic practices; Literary inscriptions; explanation; Argument.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **1**

1.1. Objetivos do ensino das ciências da natureza **1**

1.2. Alfabetização científica e a linguagem da Ciência **7**

1.3. A argumentação no ensino de ciências **11**

1.4. As inscrições literárias no ensino de ciências **18**

1.5. As práticas epistêmicas como objeto de estudo **24**

2. OBJETIVO DA PESQUISA **33**

3. METODOLOGIA DE PESQUISA **34**

3.1. O local de pesquisa **36**

3.2. A professora **37**

3.3. Os dados produzidos **37**

3.4. O planejamento da sequência didática **37**

3.5. A sequência didática **40**

3.5.1. O *continuun* evidência-explicação na atividade de investigação **55**

3.6. A análise dos dados **58**

3.6.1. As práticas epistêmicas nos relatórios dos alunos **58**

3.6.2. A produção de explicações **65**

3.6.3. A construção de argumentos e a natureza das justificativas **69**

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO **71**

4.1. A produção dos alunos e o *continuun* evidência-explicação **71**

4.1.1. Coletando dados **71**

4.1.2. Dos dados ao padrão **76**

4.2. As categorias de relatórios produzidos pelos dos alunos **89**

4.3. As práticas epistêmicas nos relatórios dos alunos **94**

4.4. A produção de explicações **130**

4.5. A construção de argumentos e a natureza das justificativas **140**

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS **152**

5.1. Respondendo nossas questões de pesquisa **153**

5.2. Possíveis desdobramentos de nossa pesquisa **156**

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... **158**

7. ANEXOS **167**

7.1. Demography of Northern Elephant Seals, 1911-1982. ..... **167**

7.2. Materiais entregues aos alunos ao longo da sequência didática **171**

7.3. Relatórios analisados **183**

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivos do ensino das ciências da natureza

Ao abrir jornais e revistas, consultar a internet ou assistir à TV, é comum encontrarmos todos os dias notícias sobre problemas ambientais, impactos de novos hábitos sociais na vida dos indivíduos, epidemias e pandemias, além de promissoras novidades tecnológicas e científicas.

Esse exacerbado volume de informações científicas impõe exigências educacionais no que diz respeito ao ensino de ciências, tanto em relação ao mundo do trabalho, quanto ao exercício da cidadania. Pois, afinal de contas, o conhecimento científico tem a ver com o garçom que não lava as mãos para lidar com alimentos, com os altos índices de infecções hospitalares, com a falta de cuidados domésticos para evitar a proliferação de mosquitos vetores de infecções graves, com a adoção de política pública para o manejo da água que abastece grandes metrópoles, com o uso abusivo de medicamentos "inofensivos" que podem levar à morte, com jogar lixo nas ruas, com optar por não vacinar os filhos, com optar por não amamentar, com consumir produtos ricos em gorduras saturadas e açúcares, com a mamadeira mal higienizada que mata crianças com diarreia, com o uso irracional de insumos agrícolas que contaminam o solo e os lençóis freáticos e mais uma infinidade de ações que deixariam esta lista sem fim.

A compreensão adequada das ciências e suas tecnologias depende do conhecimento que cada cidadão construiu, em grande parte, nas situações de ensino formal, ou seja, na instituição escolar. Desta forma, a ciência que é ensinada na escola precisa permitir aos alunos compreenderem as ciências e suas tecnologias para que possam atuar como cidadãos no mundo atual (HURD, 1998, CAZELLI & FRANCO, 2001).

Durante a década de 1980, um número considerável de países e a Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) assumiram um compromisso internacional no que diz respeito à educação em ciências: uma nova meta sob o slogan "ciência para todos" (CAZELLI & FRANCO, 2001).

Em 1999, ocorreu a "Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI: Um novo compromisso". Organizada pela UNESCO e pelo Conselho Internacional para a Ciência (ICSU), esta conferência contou com a participação de pesquisadores em Ciências e em Ensino de Ciências e pautou-se sobre a relação entre a Ciência e suas tecnologias (C&T) com a sociedade para a promoção da paz mundial e bem estar da humanidade,

conforme artigo da Declaração sobre a Ciência e o Uso do Conhecimento Científico, Budapeste, 1999:

> *"Nós, os participantes da Conferência Mundial sobre Ciência para o Século XXI: um Novo Compromisso, nos comprometemos a envidar todos os esforços no sentido de promover o diálogo entre a comunidade científica e a sociedade, a remover toda e qualquer discriminação relativa à educação para a ciência e aos benefícios da ciência e a agir de forma ética e cooperativa, no âmbito de nossas responsabilidades específicas, para fortalecer a cultura científica e sua aplicação pacífica em todo o mundo e para promover o uso do conhecimento científico para o bem-estar de todas as populações, em prol de uma paz e de um desenvolvimento sustentáveis, levando em conta os princípios éticos e sociais ilustrados anteriormente."* (UNESCO, 2003, pp. 38)

Partindo destes objetivos gerais, no mesma conferência foi produzida uma Agenda com um plano de ações, entre as quais destaco:

> *"Para que um país tenha a capacidade de atender às necessidades básicas de sua população, a educação em ciência e tecnologia é um imperativo estratégico. Como parte dessa educação, os estudantes devem aprender a solucionar problemas específicos e a tratar das necessidades da sociedade através do uso de conhecimentos e técnicas científicas e tecnológicas."* (UNESCO, 2003, pp. 47).

O texto da agenda deixa evidente uma preocupação dos participantes em relação à educação científica, apontando para a necessidade de implementar programas de educação formal e não formal em ciências que possam contribuir para a formação de cidadãos críticos, capazes de apreciar a ciência como parte da cultura, de procurar o próprio enriquecimento cultural científico permanentemente, de questionar o conhecimento difundido pela mídia e de interagir de forma consciente com o mundo ao seu redor (CAZELLI & FRANCO, 2001).

Com base nesses pressupostos, os especialistas na área de políticas públicas referentes à educação em ciências têm buscado, notadamente na Europa e Estados Unidos, mas também no Brasil, produzir diretrizes para um ensino de ciências que promova a formação de jovens capazes de atuar num mundo permeado pelo conhecimento científico.

O mais recente parâmetro americano para o ensino de ciências (*A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*), por exemplo, destaca como objetivo da educação em ciências:

> *"Até o final da escolarização, os alunos devem ter conhecimento suficiente das práticas, conceitos transversais e ideias centrais da ciência para que possam: se envolver em discussões públicas sobre questões científicas, consumir criticamente as informações científicas relacionadas à sua vida cotidiana e continuar a aprender sobre a ciência ao longo de suas vidas. Além disso, os estudantes devem compreender que a ciência e os conhecimentos científicos atuais são resultado de muitos anos de esforço humano criativo. É especialmente importante notar que os objetivos acima são para todos os alunos, não apenas para aqueles que seguirem carreiras científicas (...)"* (NRC, 2012, p. 9, tradução nossa)

No Brasil, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica, (BRASIL, 2013) as propostas curriculares desde a Educação Infantil até o Ensino Médio devem se comprometer com cinco metas, dentre as quais as quatro a seguir:

> "*I – ampliar a compreensão sobre as relações entre o indivíduo, o trabalho, a sociedade e a espécie humana, seus limites e suas potencialidades, em outras palavras, sua identidade terrena;*
> *II – adotar estratégias para que seja possível, ao longo da Educação Básica, desenvolver o letramento emocional, social e ecológico; o conhecimento científico pertinente aos diferentes tempos, espaços e sentidos; a compreensão do significado das ciências, das letras, das artes, do esporte e do lazer;*
> *III – ensinar a compreender o que é ciência, qual a sua história e a quem ela se destina;*
> *IV – viver situações práticas a partir das quais seja possível perceber que não há uma única visão de mundo, portanto, um fenômeno, um problema, uma experiência podem ser descritos e analisados segundo diferentes perspectivas e correntes de pensamento, que variam no tempo, no espaço, na intencionalidade; (...)"* (BRASIL, 2013, p. 33)

Onde ciência é conceituada como:

> *"O conjunto de conhecimentos sistematizados, produzidos socialmente ao longo da história, na busca da compreensão e transformação da natureza e da sociedade."* (BRASIL, 2013, p. 195)

Entendendo tais metas como elementos essenciais para a formação dos estudantes, podemos inferir que a proposição acima caracteriza, de maneira geral, um conjunto de direitos à aprendizagem e ao desenvolvimento humano que devem ser garantidos aos estudantes da Educação Básica no Brasil.

Abrangentes, estas diretrizes educacionais estão em consonância com as atuais pesquisas em educação que investigam o ensino e a aprendizagem das ciências sob o enfoque da Alfabetização Científica (AC).

O termo Alfabetização Científica foi introduzido em 1958 por Paul Hurd e, embora amplamente citado na literatura em ensino de ciências, carece de uma definição precisa (DEBOER, 2000; LAUGKSCH, 2000).

George DeBoer (2000) realizou uma revisão sobre o conceito de Alfabetização Científica e sua relação com os objetivos do ensino de ciências ao longo da história dos Estados Unidos, especialmente após a 2ª Guerra Mundial. Neste trabalho, DeBoer demonstra como a definição do termo se transformou de acordo com os interesses políticos e econômicos do país. Ao final da revisão, o autor lista nove propósitos relacionados ao objetivo maior da Alfabetização Científica:

> *(...) i) Entender a Ciência como uma importante cultura do mundo moderno, ii) Promover o preparo dos jovens para o mundo do trabalho, iii) Compreender o conhecimento científico que possui aplicação direta com cotidiano das pessoas comuns, iv) Formar cidadãos bem informados, v) Entender a ciência como uma forma particular de examinar o mundo natural, vi) Compreender relatórios e discussões sobre ciência que aparecem na mídia, vii) Reconhecer o valor estético da ciência e do mundo natural, viii) Formar cientistas e ix) Compreender a natureza e a importância da tecnologia e sua relação com a ciência.* (DEBOER, 2000, tradução nossa)

Para DeBoer (2000), há várias formas de ser alfabetizado cientificamente e, portanto, cada um dos objetivos identificados acima poderia ser usado para conceituar a Alfabetização Científica.

No Brasil, Sasseron & Carvalho (2011) também realizaram uma revisão da literatura sobre o conceito de Alfabetização Científica. Essas autoras apontam que há divergências na tradução do termo “literacy” do inglês para a língua portuguesa. Algumas traduções utilizam, além de “Alfabetização Científica”, os termos “letramento científico” ou “enculturação científica”. Os autores que utilizam o termo letramento apoiam-se no significado do termo que engloba o domínio do conjunto de práticas sociais que usam a escrita como sistema simbólico e como tecnologia. Já os autores que usam o termo enculturação partem do pressuposto de que o ensino de Ciências pode e deve promover condições para que os alunos possam também fazer parte da cultura científica, obtendo informações e fazendo-se comunicar (SASSERON & CARVALHO, 2011).

Deste modo, optamos por utilizar o termo alfabetização científica neste trabalho, pois concordamos com Krasilchik & Marandino (2007) quando as autoras afirmam que as congruências entre as diferentes linhas de pensamento podem ser colocadas sob o termo alfabetização científica se deixarmos de entender a alfabetização apenas como saber ler e escrever.

Nesse sentido, pensar a Alfabetização Científica significa ampliar as oportunidades dos estudantes aprenderem ciências para além dos conceitos científicos, envolvendo a forma de funcionamento das ciências, os procedimentos utilizados no desenvolvimento da ciência, a natureza do conhecimento científico e as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. De forma geral, esses aspectos foram organizados em *três eixos estruturantes* da Alfabetização Científica por Sasseron & Carvalho (2011):

O primeiro eixo estruturante refere-se à *compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais.* Concerne na possibilidade de trabalhar com os alunos a construção de conhecimentos científicos, destacando a especificidade do nível de ensino em que se encontram e da faixa etária a que pertencem. Estes conhecimentos devem permitir que estes indivíduos possam aplicá-los em situações diversas e não apenas em situações didáticas.

O segundo eixo diz respeito à *compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática.* Destaca-se, aqui, a necessidade de abordar a própria ciência como um corpo de conhecimentos em constantes transformações e que se modifica por meio de processos de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originam os saberes. O desenvolvimento deste eixo estruturante pode permitir ações críticas, investigativas e analíticas sempre que os indivíduos sejam

apresentados a novas circunstâncias, as quais exigem reflexões e análises considerando-se o contexto antes de tomar uma decisão.

Já o terceiro eixo estruturante compreende o *entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente*, e, portanto, envolve a possibilidade de que estas esferas sejam vistas como relacionadas. Nesta perspectiva, este eixo estruturante coloca em voga a necessidade de se compreender as aplicações dos saberes construídos pelas ciências tendo o conhecimento das ações que podem ser desencadeadas pela utilização dos mesmos.

Estes três eixos estruturantes podem ser considerados como marcos para o planejamento de cursos e aulas capazes de iniciar a promoção da Alfabetização Científica, pois criam oportunidades para trabalhar problemas envolvendo a sociedade e o ambiente, relacionando os fenômenos do mundo natural com a construção do conhecimento sobre estes fenômenos e, ao mesmo tempo, com as ações geradas a partir de tal conhecimento (SASSERON & CARVALHO, 2011).

1.2. Alfabetização científica e a linguagem da Ciência

A partir da revisão publicada por Sasseron & Carvalho (2011) sobre Alfabetização Científica podemos estabelecer uma relação entre esta e a compreensão da cultura científica e suas especificidades (regras, temas de interesse, forma de trabalho, relações existentes em seu escopo e estrutura por meio da qual se produz o conhecimento).

De uma forma abrangente e pragmática, a Ciência pode ser considerada como o esforço humano para alcançar um entendimento do mundo (MAYR, 2005). Segundo Kuhn (2013), a ciência é construída socialmente a partir de práticas específicas que são sustentadas pelo compartilhamento de crenças, regras e linguagem que lhe são próprias.

Um estudo dos linguistas Halliday & Martin (1993) demonstra que a linguagem científica apresenta características próprias que a distingue da linguagem cotidiana. Para estes autores, além do vocabulário técnico e da estrutura semântica, o discurso científico busca organizar os fenômenos por meio de classificações e de apresentação de relatórios, que constituem um gênero de discurso marcado pelo uso de diagramas, esquemas, gráficos e ilustrações. Para Villani & Nascimento (2003), a linguagem científica não se constitui apenas como forma de registro do pensamento científico, mas também como portadora de características que a torna indissociável do próprio conhecimento produzido.

Norris & Phillips (2008) também defendem que as práticas sociais que fazem a ciência possível não seriam possíveis sem o texto e, consequentemente, sem a habilidade de leitura e escrita de seus membros, uma vez que a ciência depende: *i) do registro, apresentação e reapresentação dos dados; ii) da codificação e preservação do conhecimento para outros cientistas; iii) da revisão pelos pares em qualquer lugar do mundo; iv) da análise crítica das ideias, uma vez publicadas; v) da conexão de diversas ideias elaboradas no passado; vi) da comunicação de ideias entre pessoas não conhecidas e, muitas vezes, não contemporâneas; vii) da codificação de diferentes posicionamentos; viii) da focalização da atenção num conjunto de ideias para interpretação, previsão, explicação ou teste.* (NORRIS & PHILLIPS, 2008, p. 260, tradução nossa).

Desta forma, considerando que para alcançar os objetivos da Alfabetização Científica devemos criar oportunidades para os alunos compreenderem a cultura científica e dialogar com ela, defendemos que o domínio e a apropriação da linguagem científica pelos estudantes é de suma importância neste processo. Como argumentam Mortimer et al. (1998), a forma diferenciada de pensar e ver o mundo construída pela cultura científica resultou na construção de um gênero de discurso próprio, diverso do gênero do discurso

cotidiano. Desta perspectiva, ganha destaque, como um dos principais desafios para o ensino de ciências, a inseparabilidade da aprendizagem das ciências e da aprendizagem do gênero científico do discurso.

Mortimer et al. (1998) analisam duas características do gênero de discurso científico que o distinguem da linguagem cotidiana: a nominalização e a ausência de “voz”. Na linguagem científica, a expressão de processos por meio de verbos, típica da linguagem cotidiana, é substituída por uma expressão por grupos nominais, e os verbos deixam de designar ações e passam a designar relações. Para ilustrar esta característica, Mortimer et al. (1998, p.103) mostram como um mesmo fenômeno, o fato de o aumento de temperatura afetar a dissolução do sal de cozinha, é representado de forma diversa nos dois gêneros de discurso citados. Cotidianamente, este fenômeno pode ser descrito da seguinte maneira: *quando colocamos sal em água e aquecemos, conseguimos dissolver uma maior quantidade do que em água fria*. Na linguagem científica, este mesmo fato seria expresso de forma diferente: *o aumento de temperatura provoca um aumento da solubilidade do sal.*

Para os autores, enquanto a linguagem científica é estrutural e aparentemente descontextualizada, sem narrador e nominativa, a linguagem cotidiana é dinâmica, contextualizada, geralmente produzida por um narrador em uma sequência de eventos. Desta forma, os autores sugerem que a peculiaridade do gênero de discurso científico o torna estranho e pouco compreensível aos alunos, que pertencem a outro contexto sociocultural. (MORTIMER et al., 1998).

Norris & Phillips (2003) também enfatizam a importância da habilidade de leitura e escritura para a Alfabetização Científica. Como já mencionado anteriormente, estes autores defendem que o texto é o mediador da maioria das práticas sociais da ciência e, neste trabalho, classificaram os objetivos da educação em ciências em dois grandes grupos: um que incorpora os elementos relativos à especificidade do conhecimento científico, e outro que abrange os elementos relativos à função social da ciência. Independentemente da classificação num grupo ou em outro, para atingir os objetivos propostos para o ensino de ciências, os autores enfatizam que é preciso ensinar o aluno a compreender sua linguagem o que significa compreender sua estrutura sintática e discursiva, o significado de seu vocabulário, interpretar suas fórmulas, esquemas, gráficos, diagramas, tabelas etc.

Wertsch (1998) cunhou o termo ferramentas culturais para referir-se a quaisquer elementos mediadores disponíveis para a ação dos indivíduos numa determinada cultura,

abrangendo tanto os instrumentos, quanto os sistemas de sinais. O autor utilizou-se das ideias de Vygotsky e Bakhtin para construir sua teoria sobre a ação humana, a teoria da ação mediada, na qual o foco de análise situa-se nos elementos ato, agente e mediador. De acordo com Wertsch, pelo fato das ferramentas culturais serem fornecidas por um campo social particular, ao utilizarmos a irredutível tensão "agente-agindo-com-ferramentas" como unidade de análise, estamos comprometidos com uma investigação da ação humana inserida num contexto sociocultural (WERTSCH, 1998).

Como explicitado anteriormente, um dos objetivos do ensino de ciências é que os alunos dominem e se apropriem da linguagem científica, considerada aqui uma ferramenta cultural. Porém, utilizando a definição de ferramentas culturais de Wertsch (1998), podemos dizer que a própria linguagem da ciência é construída por outras ferramentas culturais, dentre as quais destacaremos para este estudo a argumentação e as inscrições literárias.

A argumentação é compreendida como a capacidade de relacionar dados e conclusões, avaliando enunciados teóricos, previsões, modelos explicativos ou mesmo conclusões pessoais à luz de dados empíricos ou procedentes de outras fontes (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE & BUSTAMANTE, 2003). Os cientistas caminham da observação dos dados empíricos à formulação e testes de hipóteses e, após essa fase, utilizam os resultados obtidos para chegar à determinada conclusão. Porém os conhecimentos produzidos só são validados quando concretizados como gênero textual e analisados de forma crítica pelos sujeitos que compartilham a mesma cultura, e todo esse processo se baseia na linguagem argumentativa (DRIVER et al., 2000; OSBORNE, 2002), principalmente na forma de relatórios científicos publicados em periódicos especializados.

Assim, para a produção do gênero textual, os cientistas precisam se debruçar sobre suas leituras, suas experiências empíricas e suas interações com os pares e então usar semioses verbais para transformar os fenômenos e objetos investigados em símbolos reproduzíveis, identificáveis e persuasivos para seus pares. Assim, ao final de cada período de trabalho, os cientistas escrevem seus relatórios com registros de sua experimentação, que formam evidências, tornando-se resultados que sustentam a afirmação científica justificada pelo conhecimento teórico específico. Esse gênero textual produzido é então uma ferramenta final, que os capacita a convencer os outros de que o que eles fazem é importante, o que eles dizem é verdade e o que eles propõem é significativo (LATOUR, 2000).

Como os fenômenos e objetos investigados compõem os argumentos, eles precisam ser materializados para integrarem os textos científicos. O termo inscrição literária foi adotado por Latour & Woolgar (1997) para designar os traços, pontos, gráficos, mapas, espectros, histogramas, fotografias ou números produzidos para formalizar os objetos de estudo da Ciência. Como formalizam os fenômenos literariamente, as inscrições são ferramentas culturais fundamentais para a construção da linguagem científica, pois são utilizadas como evidências para as conclusões e, portanto, constituem-se como matéria prima para a elaboração de argumentos (BOWEN et al., 1999).

Nesta pesquisa investigamos a relação entre inscrições literárias e argumentos produzidos por alunos do 1º ano do Ensino Médio durante uma sequência didática investigativa em biologia. Nos capítulos a seguir faremos uma discussão da literatura sobre argumentação e sobre inscrições literárias no ensino de ciências a fim de apresentarmos os pressupostos teóricos utilizados na discussão dos nossos resultados.

1.3. A argumentação no ensino de ciências

Para iniciar este capítulo, consideramos importante tratar da definição de argumentação que será adotada nesse trabalho, uma vez que diferentes autores, sejam filósofos, sejam pesquisadores do ensino de ciências, utilizam diferentes definições a depender da perspectiva de estudo.

Em muitas definições, argumentação é tratada como uma atividade social, racionalmente guiada e primariamente constituída por atos de fala, enquanto o argumento é o produto, a afirmação ou um pedaço do discurso fundamentado (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE & ERDURAN, 2007; NIELSEN, 2013).

A argumentação como atividade social, dependendo do seu contexto, pode ser classificada como analítica/lógica, dialética ou retórica (VAN EEMEREN, 1996 *apud* DUSCHL, 2007). Para Wenzel (1990), essas divisões não devem ser vistas como classificações, mas como diferentes perspectivas, diferentes pontos de vistas de qualquer argumentação.

A perspectiva lógica explora o argumento como produto, aplica padrões de avaliação de sua validade e tem como fim prático o julgamento; a perspectiva dialética foca a argumentação como procedimento que regula as discussões, organiza as intervenções e tem como fim a crítica; já a perspectiva retórica está centrada na argumentação como processo cujo fim prático é a persuasão (WENZEL, 1990).

Na ciência, a construção do conhecimento está relacionada a justificativas e, portanto, as conclusões devem estar relacionadas umas às outras e/ou a dados e evidências empíricas ou teóricas, numa lógica causal (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE & ERDURAN, 2007). Para além deste produto, a prática discursiva inerente à produção do conhecimento científico relaciona-se à busca da aceitação tanto das conclusões como de seu processo de construção pelos pares (DRIVER et al., 2000) e, portanto, a argumentação científica também pode ser analisada sob a perspectiva dialética e retórica, com a aplicação rigorosa de critérios de crítica, avaliação e aceitação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE & ERDURAN, 2007).

Para fins pragmáticos, adotaremos a definição de argumentação dada por De Chiaro e Leitão (2005) para as quais:

> *"A argumentação [é vista] como atividade social e discursiva que se realiza pela justificação de pontos de vista e consideração de perspectivas contrárias com o objetivo último de promover mudanças nas representações dos participantes sobre o tema discutido."* (DE CHIARO & LEITÃO, 2005, p.350)

Nesse mesmo trabalho as autoras definem argumento como um conjunto mínimo de ponto de vista e justificativa e, nesse formato, o argumento é o elemento que permite identificar a posição defendida por um falante e as ideias com as quais a justifica (DE CHIARO & LEITÃO, 2005).

No que diz respeito especificamente à argumentação científica, sem contradizer a definição de De Chiaro & Leitão (2005), adotaremos a definição das autoras espanholas Bravo, Puig e Jiménez-Aleixandre (2009), para as quais a argumentação científica consiste na avaliação de enunciados à luz das evidências disponíveis, o que requer a coordenação entre dado e conclusão. Ou seja, não basta ter acesso aos dados para que os alunos consigam justificar uma conclusão, eles precisam saber como e quais dados utilizar como evidência para determinada conclusão. Assim, segundo Jiménez-Aleixandre (2009), a argumentação consiste no uso de dados como evidência para sustentar um enunciado.

Desta forma, diferentes pesquisas sobre o ensino de ciências vêm abordando de formas distintas como desenvolver a competência no uso de dados como evidências. Gott & Duggan (1996), por exemplo, consideram que a compreensão das evidências requer um corpo de conhecimento teórico que deve ser ensinado explicitamente, ao passo que outros autores, como Sandoval & Millwood (2007) defendem que o desenvolvimento desta competência depende da prática. Novamente concordamos com Bravo et al. (2009), uma vez que as autoras defendem que ambas as dimensões são necessárias, já que para poder utilizar de forma adequada os dados como evidências é necessário tanto um conhecimento conceitual básico, quanto um contexto adequado para sua prática.

Na última década, um crescente número de estudos vem se preocupando em analisar a argumentação em contextos de ensino e aprendizagem (DRIVER et al., 2000; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2000; KELLY & TAKAO, 2002; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE & BUSTAMANTE, 2003; SANDOVAL, 2003, ERDURAN et al., 2004; SIMON et al., 2006; BERLAND & HAMMER, 2012).

Preocupadas em responder por que introduzir e promover a argumentação no ensino de ciências, Jiménez-Aleixandre & Erduran (2007) revisaram diversos trabalhos sobre argumentação em contextos de ensino e listaram cinco potenciais contribuições:

> *i) torna público o raciocínio através da linguagem e pode ajudar o desenvolvimento de processos cognitivos e metacognitivos; ii) suporta o desenvolvimento de competências comunicativas e, particularmente, do pensamento crítico; iii) capacita os alunos a se comunicarem utilizando a linguagem da Ciência; iv) desenvolve critérios epistêmicos de produção, comunicação e avaliação do conhecimento científico; e, por fim, v) promove o desenvolvimento do raciocínio, particularmente a escolha de teorias ou posicionamentos baseada em critérios racionais.* (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE & ERDURAN, 2007, p. 5, tradução nossa).

Reconhece-se que todas essas dimensões são potenciais contribuições e que, portanto, seu alcance não é uma garantia ao se introduzir a argumentação em sala de aula (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE & ERDURAN, 2007), visto que, como discutido anteriormente, o discurso científico engloba a argumentação sob a perspectiva lógica, dialética e retórica (DUSCHL, 2007). Para o efetivo alcance destas contribuições é preciso um conjunto de iniciativas didático-pedagógicas, curriculares e avaliativas no contexto da sala de aula, ou seja, construir um ambiente de aprendizagem que favoreça e promova a argumentação apresenta-se como um problema complexo (DUSCHL, 2007).

Em 2010, Cavagnetto realizou uma revisão da literatura para determinar como diversas iniciativas didático-pedagógicas que visam promover a argumentação no ensino de ciências podem favorecer a alfabetização científica. O autor classificou as intervenções em três categorias principais: a) imersão na prática científica, b) instrução explícita da estrutura do argumento e c) participação em questões sócio científicas. Algumas intervenções apresentavam múltiplas orientações e foram classificadas pelo autor considerando-se a principal delas.

Considerando o papel da argumentação na ciência, Cavagnetto (2010) sugere que as intervenções de imersão, ou seja, de práticas de investigação, utilizam o argumento como uma ferramenta tanto para construção e compreensão dos princípios científicos, como para a aprendizagem das práticas culturais da ciência (incluindo as práticas discursivas). Segundo a análise do autor, as intervenções orientadas para a prática da investigação científica foram projetadas para incorporar o argumento durante o processo de investigação, não somente para concluir o processo. Desta forma, nestas intervenções os alunos produziam argumentos enquanto elaboravam perguntas, planejavam

experimentos, interpretavam os dados com base em evidências e comunicavam os resultados.

Outras pesquisas mais pontuais também sugerem que as argumentações em sala de aula, visando à alfabetização científica, devem ser desencadeadas por meio de investigações na resolução de problemas, possibilitando o estabelecimento de explicações ou modelos que mostrem a relação entre hipóteses, testes, resultados e conclusões (DRIVER et al., 2000; SANDOVAL & MILLWOOD, 2005).

Ferraz & Sasseron (2013) defendem que no ensino de ciências baseado em investigação, o produto da argumentação nem sempre é um argumento, pois ao mesmo tempo em que os estudantes investigam um fenômeno, ampliando conexões e tecendo relações entre evidências, justificativas e conclusões, eles também estão em busca de explicações para caracterizar o objeto de investigação que lhes está disponível.

Os autores acreditam que no cerne do ensino de ciências por investigação, há o que eles denominam de dualidade argumentativa. Essa característica reside no fato de que durante uma investigação em sala de aula, tanto o professor quanto seus alunos estão em busca de explicações para um determinado fenômeno ou situação, mas a solução almejada é diferente a depender da perspectiva adotada. Para os alunos, a explicação é uma resposta direta ao problema, para o professor, que almeja de seus alunos uma compreensão não dogmática, a explicação deriva de um processo argumentativo (FERRAZ & SASSERON, 2013).

Nesse sentido, o produto da argumentação gerado em uma abordagem investigativa é uma explicação, mas durante o processo de interação argumentativa o professor faz com que seus alunos integrem e avaliem diferentes evidências e garantias às hipóteses que foram fornecidas para que conjuntamente sejam feitas análises da validade da explicação que se quer construir. Em outras palavras, a dualidade está no fato de que apesar de almejarem e construírem uma explicação, quando imersos no processo de argumentação, ambos, professor e alunos, também elaboram um argumento (FERRAZ & SASSERON, 2013).

Como resultado das potenciais contribuições da argumentação no ensino de ciências ressaltadas pela comunidade científica, atualmente muitas diretrizes curriculares governamentais também vêm endossando a importância da argumentação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE & ERDURAN, 2007, MARTIN & HAND, 2009).

Muitas pesquisas sobre argumentação em contextos de ensino e aprendizagem se utilizam de uma ferramenta de análise produzida por Toulmin (2006) na sua obra “Os usos

do argumento". O ´modelo de Toulmin´ ou ´padrão de Toulmin´, como é chamado o esquema proposto pelo autor para analisar os argumentos, volta-se para o estudo da argumentação tal como é praticada na linguagem cotidiana e, portanto, se distancia dos esquemas da lógica formal (HENAO & STIPCICH, 2008).

Para Jiménez-Aleixandre & Bustamante (2003) a lógica formal pode ser utilizada para representar ou analisar o conhecimento já estabelecido, mas não é adequada para interpretar o discurso em situações nas quais um novo conhecimento está sendo produzido. Num contexto de sala de aula, por exemplo, as falas dos alunos normalmente não são corretas conceitualmente ou são falaciosas segundo a lógica formal, mas nos servem para identificar os processos de construção do conhecimento e, portanto, nestes casos, o modelo de Toulmin é mais adequado para representar esta argumentação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE & BUSTAMANTE, 2003).

O modelo argumentativo de Toulmin (2006) é formado por elementos distinguíveis interconectados a uma conclusão: dados que suportam a conclusão, devido a uma garantia. Esta garantia é embasada em um apoio, que a fortalece. Há também o refutador e o qualificador (Figura 1). Mais especificamente, a conclusão é a afirmação apresentada ao público para avaliação. Os dados e garantias são os fatos invocados para sustentar a conclusão. O apoio é constituído por generalizações que tornam explícito o corpo de experiências invocadas para dar confiabilidade à justificativa dada. O refutador são as condições ou circunstâncias nas quais a conclusão não é válida e, finalmente, o qualificador delimita qual é a força da conclusão a partir da justificativa apresentada.

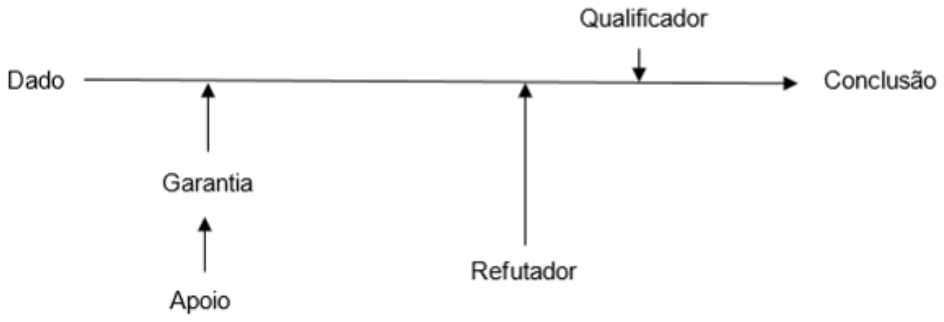


Figura 1 - Modelo de argumento segundo o padrão de Toulmin (2006).

Da forma como descrito, fica implícito que argumentar é um processo de justificar asserções a partir de dados, garantias e apoios para que determinado público aceite sua conclusão. Sendo assim, quanto mais elementos combinados um argumento apresentar,

mais forte ele será (ERDURAN, 2007; SAMPSON & CLARK, 2006). Considerado desta maneira, o modelo de Toulmin permite uma análise quantitativa e qualitativa dos argumentos (DRIVER et al., 2000; ERDURAN et al., 2004).

A análise de argumentos através do modelo de Toulmin permite examinar como os alunos fornecem garantias para conclusões e também quando o fazem. Segundo Sampson & Clark (2006), estes estudos forneceram muitas informações sobre a forma como os alunos falam ou escrevem em diversas situações, mas pouco contribuíram sobre a qualidade dos aspectos normativos ou referentes ao conteúdo dos argumentos, pois o modelo de Toulmin vem sendo usado para analisar a qualidade dos argumentos numa perspectiva limitada à sua estrutura. Como resultado, estes mesmos estudos produziram poucas informações sobre como o conhecimento conceitual dos alunos influencia como eles coordenam a teoria com evidências enquanto argumentam (SAMPSON & CLARK, 2006).

Apesar de ser uma ferramenta muito utilizada para analisar os argumentos, a aplicação do modelo de Toulmin em situações de sala de aula apresenta muitas dificuldades metodológicas. A principal delas é a identificação dos elementos constituintes do argumento, uma vez que muitas vezes se faz confusão sobre o que seriam dados, garantias ou apoios na fala dos alunos (ERDURAN, 2007).

Para reduzir este problema metodológico, diversos autores fizeram ajustes no modelo de Toulmin de acordo com os objetivos de suas pesquisas. Zohar & Nemet (2002), por exemplo, agruparam dados, garantias e apoios num único elemento que justifica a conclusão. Para este trabalho a definição de argumento adotada foi “qualquer afirmação ou conclusão e suas justificativas”. Esse mesmo ajuste do modelo de Toulmin foi utilizado no trabalho de Erduran et al. (2004). Nestes trabalhos observa-se uma preocupação em entender se o aluno é capaz de justificar suas afirmações a partir de conhecimentos científicos, independente se ele o fará baseando-se em observações empíricas, em conceitos específicos ou em generalizações.

Além da dificuldade na identificação de seus elementos constituintes, de acordo com Kelly & Takao (2002), o uso do modelo de Toulmin exige muita atenção ao contexto de uso da linguagem. Para estes autores, esta ferramenta analítica é restrita para argumentos curtos, uma vez que os elementos de argumentos maiores podem ser ambíguos. Num discurso de sala de aula, uma afirmação conclusiva pode ser utilizada como nova afirmação a ser testada ou como garantia de outra conclusão numa mesma argumentação (KELLY & TAKAO, 2002).

Para Toulmin (2006), a análise do conteúdo e do contexto em que o argumento é produzido é essencialmente importante para determinar o que vale como dado, garantia e apoio. Para o autor a qualidade de um argumento não pode ser julgada apenas pela sua forma. Por esta razão, Toulmin introduziu a ideia de campo argumentativo, ou seja, o contexto que delimita o conteúdo do argumento. Desta forma, o conteúdo do argumento é composto de elementos que são *campo independente (dado, garantia, apoio e conclusão)*, ou seja, elementos que podem ser usados para estudar a estrutura do argumento independente do contexto; e por elementos *campo dependente* ("aquilo que conta" como dado, garantia, apoio ou conclusão apropriados).

Como a maior parte das pesquisas realizadas utilizando o modelo de Toulmin focou na análise dos elementos campo independentes dos argumentos, ainda sabemos pouco sobre o quanto estes argumentos produzidos pelos estudantes atendem aos critérios de qualidade compartilhados pela comunidade científica.

Para Sampson & Clark (2006), utilizando apenas o modelo de Toulmin, algumas perguntas continuam sem respostas. Por exemplo: Os estudantes incorporam evidências válidas e plausíveis como parte de seus argumentos? Os estudantes se preocupam em relacionar suas conclusões a todas as evidências disponíveis ou apenas àquelas que suportam um determinado ponto de vista?

Respostas a este tipo de perguntas pode fornecer evidências sobre o raciocínio científico dos alunos, mas para alcança-las precisamos de ferramentas metodológicas capazes de analisar os elementos campo dependentes dos argumentos (SAMPSON & CLARK, 2006).

Sampson & Clark (2006) realizaram uma revisão de cinco ferramentas de análise de argumentos para tentar responder como uma determinada ferramenta pode nos informar sobre a qualidade da argumentação realizada pelos alunos. Para Duschl (2007), a argumentação, como prática social, quando realizada na comunidade científica, possui regras particulares para definir "o que conta" na produção do conhecimento. Essas regras representam as práticas epistêmicas da comunidade.

Esse novo entendimento sobre a qualidade da argumentação dos alunos tem incentivado a promoção de estudos sobre os aspectos epistêmicos envolvidos nas situações de ensino e aprendizagem de ciências (KELLY & DUSCHL, 2002; DUSCHL, 2007). Como o objetivo de nossa pesquisa se relaciona aos aspectos epistêmicos envolvidos na produção de argumentos utilizando inscrições literárias, abordaremos os estudos sobre práticas epistêmicas no capítulo "As práticas epistêmicas como objeto de estudo".

1.4. As inscrições literárias no ensino de ciências

Como discutido no capítulo anterior, a construção do conhecimento científico está relacionada a justificativas e, portanto, as conclusões devem estar relacionadas umas às outras numa lógica causal e/ou a dados e evidências de diferentes fontes. Logo, argumentação em ciência pode ser definida como conexão entre conclusões e dados através de justificativas ou de avaliações de outras conclusões sob a luz de evidências empíricas ou teóricas (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE & ERDURAN, 2007).

Desta forma, os fenômenos e objetos investigados compõem os argumentos, e, portanto, precisam ser materializados para integrarem os textos científicos (BOWEN et al., 1999). As inscrições literárias são os recursos utilizados para materializar o objeto de estudo e, portanto, constituem-se ferramentas culturais da ciência.

Assim como os trabalhos sobre argumentação, o estudo das inscrições literárias no contexto escolar também se faz importante para a pesquisa sobre o ensino de ciências, pois seu uso envolve práticas sociais específicas, tais como a discussão sobre propriedades do objeto de estudo a partir de esquemas e gráficos que estabelecem uma relação direta com o fenômeno observado (CAPECCHI, 2004). Além disso, alguns tipos de inscrições costumam ser trabalhados na sala de aula como parte integrante das disciplinas das ciências naturais, porém, na maior parte das vezes, descontextualizadas do processo de sua produção (ROTH, 2013).

Desta forma, ao passo que na cultura científica as inscrições servem de matéria prima para a argumentação e produção do conhecimento científico, nas aulas de ciências essa prática não é compartilhada por todos e, por isso, pode ser problemática.

Segundo Capecchi (2004), uma das principais dificuldades dos alunos em lidar com a linguagem científica é justamente a falta de compreensão de seu papel dentro dos contextos de pesquisa.

> *"Enquanto para cientistas, um gráfico é praticamente o próprio fenômeno em discussão, para os estudantes trata-se de mais uma linguagem a ser decodificada, que se não for explicitamente relacionada com um fenômeno, torna-se apenas mais um formalismo a ser decorado, desprovido de sentido."* (CAPECCHI, 2004, p. 64)

Bowen & Roth (2002) realizaram um estudo cujo objetivo era entender por que os alunos têm dificuldades para aprenderem a interpretar inscrições literárias. Para isto, analisaram como estudantes interpretam gráficos relacionados à sua área de formação e compararam como as inscrições são utilizadas em livros didáticos com seu uso em artigos científicos, onde foram publicadas originalmente.

Os autores concluíram que as dificuldades de interpretação das inscrições enfrentadas pelos alunos ocorreram especialmente devido à falta de conhecimento do domínio físico ao qual elas se referem. Para Bowen & Roth (2002), quando os alunos encontram alguma contradição entre aspectos do gráfico e o mundo natural que conhecem, a interpretação não se concretiza.

Estes autores também concluíram que em seu contexto original de publicação, ou seja, nos artigos científicos, há mais auxílio para a interpretação das inscrições do que nos livros didáticos. Para eles, as legendas curtas e a falta de relação com conceitos e questões teóricas fazem com que inscrições nos livros didáticos permitam diversas interpretações e ofereçam poucas possibilidades de relacionar exemplos específicos com conceito mais amplo da disciplina em questão. Já os artigos científicos restringem a interpretação e guiam leitor para relacionar inscrição com conceito teórico, enfatizando importância dos dados para determinada conclusão (BOWEN & ROTH, 2002).

Num estudo anterior, Bowen et al. (1999) investigaram a interpretação de gráficos de dinâmica populacional por graduandos de biologia e por cientistas da mesma área do conhecimento, buscando suas similaridades e diferenças. Os autores perceberam que os alunos aprendem a dar as respostas desejadas, mas não conseguem realizar uma compreensão aprofundada dos gráficos nem estabelecer relações entre estes e a população natural; já os cientistas conseguem tirar proveito de suas experiências empíricas com diversas populações naturais e utilizam-nas como repertório interpretativo dos gráficos.

Além disso, Bowen et al. (1999) concluíram que os alunos constroem interpretações sobre o fenômeno representado a partir do conhecimento que já possuem sobre a ferramenta em si (no caso o gráfico), ao mesmo tempo em que compreendem a ferramenta utilizando o conhecimento que já possuem sobre o referente.

Nessa mesma pesquisa, Bowen et al. (1999) defendem que a interpretação de um gráfico exige que o leitor caminhe no sentido inverso ao da sua produção, ou seja, da inscrição para o fenômeno que ela representa, porém a relação entre ambos só existe a partir das práticas sociais associadas a esta inscrição.

Nessa mesma perspectiva, Knorr-Cetina (1999) comparou as práticas sociais de duas comunidades científicas (microbiologia e física de partículas). Para ambas comunidades, o papel dos signos e das tecnologias de produção de signos é central no processo de produção do conhecimento. A autora notou, por exemplo, que as tecnologias de produção de signos produzem inscrições importantes tanto para a experimentação como para a transmissão/publicação dos resultados científicos. Ela também observou como as inscrições, resultados de coletas experimentais se tornam algo útil, quando consideradas pelos pares à luz do contexto do experimento.

Estes dois trabalhos corroboram os resultados encontrados por Latour & Wolgar (1997) conforme examinavam como as inscrições "viajavam" através de diferentes espaços retóricos até alcançar seu *status* epistêmico final.

Para todos esses autores, as inscrições oferecem flexibilidade interpretativa e, portanto, os práticas sociais relacionadas ao observar, mostrar e descrever fazem parte das decisões sobre o que conta como evidência para uma determinada comunidade (KELLY & DUSCHL, 2002).

Wu & Krajcik (2006) denominam estas práticas sociais específicas de "práticas de inscrição"[1], que consistem em construir inscrições para expressar ideias numa determinada investigação, interpretar seu significado em diferentes contextos, usá-las para explicar fenômenos, fazer previsões e comunicar resultados de uma pesquisa.

Considerando a importância das práticas de inscrição, Bowen et al. (1999) acreditam que os alunos somente alcançarão uma interpretação efetiva de um gráfico se já tiverem suficiente participação em práticas de inscrição, durante as quais conhecerão os diversos processos de transformação dos dados empíricos até o gráfico. Por esta razão os autores defendem que os estudantes devem participar de atividades que os permitam aumentar suas capacidades interpretativas (referentes à ferramenta cultural) e, ao mesmo tempo, fornecer recursos interpretativos (referentes ao conhecimento sobre o referente).

Para Roth (2013), a dificuldade de interpretação de gráficos e outros tipos de inscrições literárias reside no próprio processo de produção das inscrições. Ao representar os fenômenos através de inscrições, os cientistas conseguem articular teorias e conceitos independentes de contextos particulares ou de contingências da situação concreta, o que é chamado, pelo autor, de descontextualização (ROTH, 2013).

[1] Nossa tradução para *inscriptional practices*.

Por exemplo, a Figura 2 nos mostra o contínuo de transformações de inscrições entre o mundo natural e a linguagem verbal. Podemos perceber que as semelhanças entre o fenômeno original e as várias inscrições que podem materializar este fenômeno diferem. Nesse caso específico, a fotografia traz ao leitor muitas semelhanças com o objeto de estudo (flor de lótus), mas ao mesmo tempo também traz detalhes daquele objeto específico (o ambiente em que ele se encontra, p.e.) que podem desviar a interpretação. Já o diagrama da flor de lótus apresenta apenas as características que a maior parte das flores de lótus possui e, portanto, podem representar ou generalizar a flor de uma determinada espécie. Por sua vez a equação pode mostrar a massa de uma flor em função do tempo (informação não disponível nas fotografias, desenhos e diagramas), mas o leitor não tem mais acesso às características da flor, tais como cor, número ou formato das pétalas. A compreensão das potencialidades e limitações de cada tipo de inscrição exige a aprendizagem das práticas sociais envolvidas nas suas transformações (ROTH & POZZER-ARDENGHI, 2013).

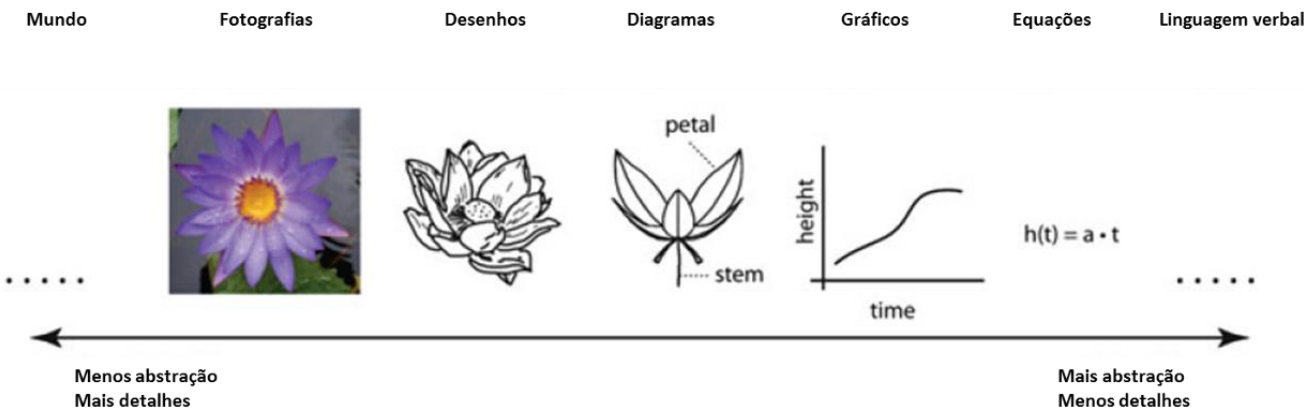


Figura 2 – Inscrições que representam uma flor de lótus ao longo de um *continuum* de abstração.

Ao realizar um estudo etnográfico num laboratório de pesquisas oceanográficas, Roth (2013) demonstrou que o processo de descontextualização pode dificultar a interpretação das inscrições. Neste estudo, Roth descreveu os esforços dos cientistas para reconstruírem o contexto de coleta dos dados e para desvendarem todas as etapas de transformação dos mesmos até a inscrição final para então conseguirem interpretar determinada inscrição literária. A partir desta etnografia, Roth transpôs suas conclusões para o contexto de ensino, sugerindo que a capacidade de interpretação das inscrições é uma função que depende tanto de familiaridade com a ferramenta em si, como do

processo de investigação como um todo. Desta forma sugere que a participação dos alunos no processo de produção das inscrições é de fundamental importância para que desenvolvam a capacidade de interpretá-las, realizando o processo que o autor denomina de recontextualização (ROTH, 2013).

Wu & Krajcik (2006) defendem que um ambiente de aprendizagem que favoreça o desenvolvimento de práticas de inscrição deve ser planejado com este objetivo e deve permitir que os alunos usem as inscrições de forma flexível, ou seja, deve permitir que os alunos decidam onde, quando, porque e de que maneira usarão as inscrições literárias. Wu & Krajcik (2006) realizaram um estudo de caso sobre as práticas de inscrição em duas sequências de ensino baseadas em investigação e concluíram que este tipo de intervenção didática permite aos alunos compreenderem a relação entre inscrições, conceitos e o processo investigativo. Segundo os autores, ao se envolverem em atividades investigativas, os alunos participam de práticas de inscrição em diversas etapas, tais como ao fazer previsões, desenvolver perguntas e planejar a investigação, e não apenas nas etapas de análise dos dados e apresentação dos resultados (WU & KRAJCIK, 2006).

Na mesma linha de investigação encontramos o trabalho de Prain & Tyler (2012), no qual os autores defendem que as atividades investigativas nas quais os alunos constroem suas próprias inscrições[2] e utilizam-na de forma autônoma e flexível promovem um aprendizado científico de qualidade. Esses autores afirmam que a produção de inscrições pelos estudantes não deve ser vista apenas como uma ferramenta para a aprendizagem de conceitos, mas sim como promotora da aprendizagem de práticas científicas, pois este tipo de atividade é consistente com a forma como o conhecimento é produzido e comunicado na comunidade científica. Para justificar esta afirmação, os autores se basearam na literatura da área e em investigações de situações em sala de aula e construíram um diagrama para explicar como e porque as práticas de inscrição promovem aprendizagem científica. Este diagrama, com adaptações nossas, está representado na Figura 3.

[2] Prain & Tyler, no artigo "*Learning Through Constructing Representations in Science: A framework of representational construction affordances*" (2012) utilizam o termo ´representação´ para designar as ilustrações, diagramas, tabelas, gráficos e outras formas não-textuais. Para evitar a confusão entre o termo `representação` que designa ideias mentais, os estudos de antropologia da ciência introduziram o termo ínscrição literária´ para definir todo recurso não-textual utilizado no trabalho científico (Lunsford, et al., 1997). Ao discutir o artigo de Prain & Tyler, optamos por fazer a tradução de ´*representations*´ para ´inscrições´; o mesmo ocorreu para a reprodução do diagrama construído pelos autores.

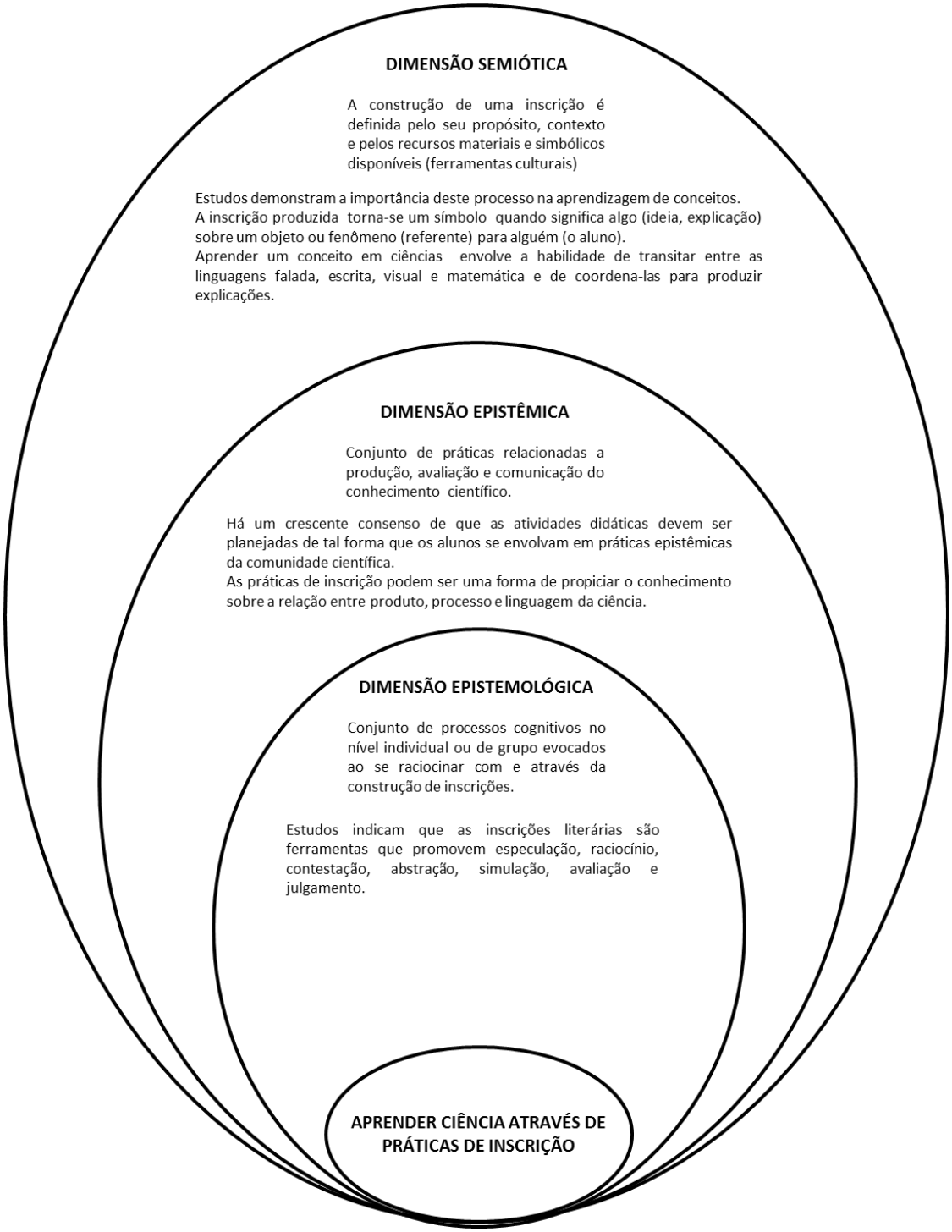


Figura 3 – Diagrama das três dimensões envolvidas nas práticas de inscrição em sala de aula e suas contribuições para a aprendizagem científica.

Como já mencionado no capítulo sobre argumentação no ensino de ciências, o objetivo de nossa pesquisa se insere na dimensão epistêmica das práticas de inscrição. Abordaremos no próximo capítulo as contribuições dos estudos situados nesta mesma dimensão.

1.5. As práticas epistêmicas como objeto de estudo

Como apresentado nos capítulos anteriores, muitos estudos sobre o ensino de ciências, baseados em pesquisas do campo da sociologia/antropologia das ciências, consideram tanto a produção de inscrições como a argumentação exemplos de práticas sociais, ou seja, "ações tipicamente executadas por membros de um grupo baseados em propósitos e expectativas comuns, com valores culturais, ferramentas e significados compartilhados" (KELLY, 2008, p. 99, tradução nossa).

Quando estas práticas sociais dizem respeito às formas como membros de uma comunidade propõem, justificam, avaliam e legitimam o conhecimento, denominamo-las de práticas epistêmicas (KELLY, 2008). Assim, ao pensarmos na produção de conhecimento científico, devemos entender que ele está atrelado às práticas epistêmicas de uma comunidade particular, a comunidade científica de um determinado campo do conhecimento.

Relacionando essa visão da construção do conhecimento científico como prática social com nossa defesa inicial de que o ensino de ciências deve almejar a alfabetização científica, ou seja, deve promover, entre outros objetivos, "*a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática*" (SASSERON & CARVALHO, 2011), podemos concluir que a educação científica deve possibilitar que os alunos conheçam e se apropriem das práticas epistêmicas da comunidade científica (KELLY, 2008).

Desta forma, as atividades de ensino de ciências devem engajar os estudantes em processos investigativos, na produção de evidências, na comunicação das ideias científicas para diferentes audiências e na compreensão das relações entre ciências e sociedade (KELLY & DUSCHL, 2002), processos que favorecem a apropriação pelos estudantes de critérios de avaliação e justificação que são compartilhados pela comunidade científica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2008). Para tanto, o ensino de ciências deve criar oportunidades para a construção de conceitos, abordagens experimentais e atitudes, bem como para a participação em processos discursivos nos quais são realizadas operações discursivas típicas das ciências, como: descrever, explicar, generalizar, definir, exemplificar, construir argumentos, construir narrativas, usar analogias e metáforas e calcular (SILVA, 2008).

É relevante ressaltar, no entanto, que essas proposições sobre a aprendizagem científica não devem estabelecer uma analogia ingênua entre a construção do

conhecimento nas disciplinas científicas e nos contextos de educação formal. A comunidade escolar também se constitui como uma cultura particular, com suas práticas sociais e epistêmicas características. Assim, a alfabetização científica não pode pressupor a reprodução fiel da cultura científica no ambiente escolar (BRICKHOUSE, 2008), pois cada uma representa uma cultura distinta. Scarpa (2009) sugere que o ensino de ciências compreende uma hibridação das culturas escolar e científica, e que a primeira regula o acesso que os alunos têm à segunda.

Considerando-se essas premissas sobre a produção do conhecimento científico e da aprendizagem científica, têm surgido algumas linhas de pesquisa cujo foco recai sobre as práticas epistêmicas na construção do conhecimento *in situ*, ou seja, nos contextos de ensino de ciências (KELLY & DUSCHL, 2002). Uma delas foca o processo de construção, apropriação e justificação do conhecimento através do discurso oral (tanto de alunos como de professores) e escrito (KELLY & DUSCHL, 2002). Como nossa pesquisa se insere nessa abordagem, descreveremos a seguir alguns estudos importantes para o escopo teórico e metodológico do nosso trabalho.

Um exemplo é o estudo realizado por Kelly & Chen (1999), no qual os autores realizaram uma análise dos argumentos escritos de alunos de graduação em oceanografia utilizando referências do trabalho de Latour (2000). De acordo com Latour, os textos científicos sugerem que os cientistas frequentemente partem de contingências do seu experimento (i.e. muito específico), para afirmações mais generalistas (i.e. conclusões teóricas), assumindo diferentes *status* epistêmicos ao longo deste continuo. Neste sentido, Kelly & Chen (1999) analisaram o *status* epistêmico das conclusões dos alunos nos seus argumentos escritos, de acordo com o modelo apresentado por Latour, buscando evidências das práticas associadas à construção, apropriação e justificação do conhecimento.

Alguns autores defendem que as práticas epistêmicas são específicas para cada comunidade científica (disciplina) (DUSCHL, 2007; KELLY, 2008) e, desta forma, a compreensão dos argumentos científicos requer considerações sobre os constructos específicos da disciplina analisada (TOULMIN, 2006, LATOUR, 2000). Assim, em 2002, Kelly & Takao, fizeram ajustes no modelo de análise de argumentos escritos proposto por Kelly & Chen (1999), acrescentando os constructos específicos da disciplina (geologia) e também incluíram as características definidas pela própria tarefa escolar (os alunos tinham que analisar diversas inscrições disponibilizadas pelo professor referentes a processos geológicos em diferentes regiões do planeta).

No estudo em questão as proposições encontradas nos textos escritos dos alunos foram categorizadas da seguinte forma: o *status* epistêmico I indica as proposições que fazem referência explícita a dados, figuras, gráficos e outras representações que fazem menção direta à idade ou à localização geográfica da área em estudo; o *status* II indica as proposições que identificam e descrevem características topográficas da estrutura geológica específica para a área geográfica de estudo; o *status* epistêmico III se caracteriza por proposições que descrevem relações geográficas relativas entre as estruturas geológicas específicas para a área de estudo; o *status* IV se caracteriza por apresentar argumentos teóricos da geologia ou modelo ilustrado com dados específicos para a área geográfica de estudo; o quinto nível contempla as proposições que se pautam em afirmações teóricas ou em modelos específicos da região em questão; o sexto e último nível epistêmico identifica as proposições gerais que descrevem os processos geológicos com referência a especialistas e/ou livros texto.

Esta ferramenta de análise dos argumentos identificou as formas pelas quais os alunos se engajavam nas práticas epistêmicas ao relacionarem inscrições específicas aos modelos e teorias da geologia (KELLY & TAKAO, 2002).

Outra importante contribuição do estudo de Kelly & Takao (2002) foi assumir as variações das práticas epistêmicas de acordo com a disciplina em análise.

Em 2006, Jiménez-Aleixandre e Reigosa, investigaram uma prática epistêmica que envolve a coordenação entre dados e teorias ou inscrições - o processo de conexão entre uma tarefa de titulação e os conceitos de concentração e neutralização. Para isso os autores classificaram as práticas dos alunos em três categorias distintas, de acordo com seu *status* epistêmico: “i) práticas que envolvem a transformação de observações para a linguagem teórica (p.e.: quando os alunos utilizam o termo “verde” para designar “neutro”) ou quando transitam entre duas formas de inscrição, ii) práticas que envolvem o uso de conceitos como recurso para planejar e executar uma ação (p.e.: preparar uma solução) e iii) usar conceitos como recurso para interpretar resultados e lidar com dados anômalos (p.e.: para explicar porque a neutralização não ocorreu) (Jiménez-Aleixandre e Reigosa, 2006). Assim como no estudo de Kelly & Takao (2002), as categorias foram criadas ao passo que os dados disponíveis eram analisados e também consideravam constructos específicos da área do conhecimento investigada (química).

É importante esclarecer que o *status* epistêmico não é escalonado de acordo com uma valoração, ou seja, as categorias de *status* epistêmicos mais elevados não são

melhores que as outras, visto que o desejado é uma combinação de práticas de diferentes *status* epistêmicos.[3]

Os estudos realizados por Sandoval (2001, 2003) procuram estabelecer relações entre as ações executadas ou os artefatos produzidos pelos alunos e suas concepções sobre a ciência formal. Estas concepções dos alunos são denominadas pelo autor de epistemologia formal para diferenciá-las das práticas epistêmicas, que se referem às práticas sociais que emergem quando os alunos estão engajados na produção e avaliação do conhecimento científico e que podem levar a compreensão epistemológica da ciência.

Nesse sentido, em 2003, Sandoval verificou o que acontece quando é oferecido aos alunos um suporte explícito para entenderem o tipo de produto que a investigação científica deve produzir. O autor queria entender como as ideias epistemológicas dos alunos interagiam com o conhecimento conceitual específico e se manifestavam nos artefatos (produtos) criados por eles a partir da investigação. Para isso, ele utilizou um ambiente virtual de aprendizagem que disponibilizava aos alunos um conjuto de dados em diferentes tipos de inscrições sobre uma ilha do arquipélago de Galápagos. Os alunos tinham como tarefa analisar os dados disponíveis e produzir uma explicação para a morte expressiva de tentilhões em 1977 e para a sobrevivência de alguns indivíduos. A explicação escrita era produzida no software *ExplanationConstructor* que oferecia o suporte necessário para que as explicações científicas fossem coerentes e fundamentadas nas evidências disponíveis, tornando-se articuladas (SANDOVAL, 2003).

Uma contribuição analítica do estudo de Sandoval é a separação entre a compreensão conceitual e a epistemológica dos estudantes, o que permitiu verificar, por exemplo, que os alunos compreendem a teoria da seleção natural, mas têm dificuldades em interpretar diversos e complexos dados que foram disponibilizados (SANDOVAL, 2003).

Mais recentemente, Jiménez-Aleixandre et al. (2008) desenvolveram, a partir das propostas e definições apresentadas por Sandoval et al. (2000) e Kelly (2008) uma rubrica para investigação das práticas epistêmicas em sala de aula. Esta rubrica está representada na Tabela 1: na primeira coluna as práticas epistêmicas estão apresentadas segundo as três categorias de Kelly (2008). Já na segunda e na terceira colunas estão distribuídas práticas gerais e específicas. As práticas epistêmicas específicas foram

[3] Por este motivo optamos por utilizar o termo status epistêmico, assim como Kelly & Takao (2002), ao invés do termo nível epistêmico, como fazem Jiménez-Aleixandre e Reigosa (2006).

identificadas nos discursos dos alunos e depois associadas às práticas mais gerais (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2008).

Em sua dissertação, Araújo (2008) analisou as práticas epistêmicas explicitadas por alunos em aulas ministradas em laboratório de ciências, sobre termoquímica e cinética química. O sistema de categorias proposto por Araújo se distingue do desenvolvido por Jiménez-Aleixandre et al. (2008) em alguns aspectos importantes. Em primeiro lugar, ela não separa as práticas epistêmicas em gerais e específicas, propondo uma lista única para a classificação dessas práticas. Em segundo lugar, ela acrescenta uma série de tipos de texto à prática social relacionada à comunicação do conhecimento, que configuram as operações de textualização empregadas pelos alunos. A Tabela 2 explicita o sistema de categorias desenvolvido por Araújo (2008) em sua dissertação.

Tabela 1 – Práticas epistêmicas de acordo com sua conexão com o conhecimento (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2008, tradução nossa)

Práticas sociais relacionadas ao conhecimento	**Práticas epistêmicas gerais**	**Práticas epistêmicas específicas**
Produção	Articular o próprio conhecimento	Monitorar o progresso
		Realizar investigações
		Usar conceitos para planejar e executar ações (p.e. no laboratório)
		Articular conhecimento técnico e conceitual
		Construir significados
	Dar sentido aos padrões nos dados	Considerar diferentes fontes de dados
		Construir dados
Comunicação	Interpretar e construir inscrições	Relacionar difentes linguagens: observacional, representacional e teórica
		Transformar dados em diferentes formatos
	Produzir relatórios e outros textos que circulam na sala de aula	Escrever textos em diferentes linguagens científicas
	Persuadir os membros da comunidade	Apresentar suas próprias ideias e enfatizar pontos chaves
		Negociar explicações
Avaliação	Coordenar teoria e evidência: argumentação	Distinguir conclusões de evidências
		Usar dados para avaliar teorias
		Usar conceitos para interpretar dados
		Olhar os dados de diferentes perspectivas
		Recorrer a outros conhecimentos para consistência dos dados
	Contrastar conclusões (próprias ou alheias) com as evidências disponíveis (avaliar plausibilidade)	Justificar suas próprias conclusões
		Criticar conclusões de outros
		Usar conceitos para categorizar dados anômalos

Tabela 2 – Práticas epistêmicas de acordo com sua conexão com o conhecimento (ARAÚJO, 2008).

Práticas sociais relacionadas ao conhecimento	Práticas Epistêmicas
Produção	1. Problematizar
	2. Elaborar hipóteses
	3. Planejar investigação
	4. Construir dados
	5. Utilizar conceitos para interpretar dados
	6. Articular conhecimento observacional e conceitual
	7. Lidar com situação anômala ou problemática
	8. Considerar diferentes fontes de dados
	9. Checar entendimento
	10. Concluir
Comunicação	1. Argumentar
	2. Narrar
	3. Descrever
	4. Explicar
	5. Classificar
	6. Exemplificar
	7. Definir
	8. Generalizar
	9. Apresentar ideias (opiniões) próprias
	10. Negociar explicações
	11. Usar linguagem representacional
	12. Usar analogias e metáforas
Avaliação	1. Complementar ideias
	2. Contrapor idéias
	3. Criticar outras declarações
	4. Usar dados para avaliar
	5. Avaliar a consistência dos dados

Araújo (2008) verificou que, muitas vezes, ao comunicar conhecimentos em sala de aula, o aluno também o está desenvolvendo. Desta forma, as oito categorias de textualização das atividades sociais relacionadas à comunicação do conhecimento podem aparecer também em práticas epistêmicas relacionadas às atividades produção e de avaliação do conhecimento, gerando uma sobreposição de categorias.

Considerando esta questão metodológica, Lima-Tavares (2009) eliminou as categorias de textualização ao investigar as práticas epistêmicas em três salas de aulas durante uma sequência de aulas sobre a teoria sintética da evolução dos seres vivos. A autora considerou que a categoria de comunicação do conhecimento pode ser

problemática, visto que ao comunicar conhecimentos em sala de aula, o aluno pode também estar desenvolvendo o seu próprio conhecimento sobre determinado tema, ou mesmo avaliando os conhecimentos em discussão na aula.

Lima-Tavares (2009) considerou também que as dinâmicas das aulas podem favorecer ou desfavorecer uma distinção mais clara das categorias de práticas sociais relacionadas ao conhecimento às quais as práticas epistêmicas se vinculam. Para a autora, aulas mais investigativas, com uma maior distinção das fases de problematização, coleta, análise, discussão e comunicação dos resultados obtidos, podem facilitar essa distinção de categorias gerais. Já aulas em que tais fases são menos definidas, como as aulas analisadas por elas (expositivas e de resolução de exercícios), esta distinção geral de categorias fica um pouco comprometida.

Além dos questionamentos apontados por Lima-Tavares (2009), acreditamos que a classificação das práticas epistêmicas de sala de aula nas três práticas sociais associadas à construção do conhecimento dependerá do contexto da atividade. Jiménez-Aleixandre et al. (2008), por exemplo, classifica a prática epistêmica “argumentar” como prática social relacionada à avaliação do conhecimento e “relacionar diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica”, à comunicação do conhecimento. No entanto sabemos que na ciência estas práticas estão enraizadas em todo o processo investigativo e, desta forma, aparecerão vinculadas às práticas de produção, comunicação e avaliação do conhecimento.

Em sala de aula, cada prática epistêmica poderá estar associada às práticas sociais de produção, comunicação e avaliação a depender da situação de aprendizagem, assim como do tipo de dado analisado. Por exemplo, no processo de decisão sobre como contar os indivíduos de uma população os alunos poderão argumentar com seus pares para definir como construir os dados (argumentação na prática social de produção do conhecimento), ao passo que ao produzir um relatório científico os alunos deverão argumentar para justificar suas conclusões (argumentação na prática social de comunicação do conhecimento).

O interesse crescente de pesquisas em torno de aspectos epistêmicos no Ensino de Ciências relaciona-se ao fato de que este não se deve restringir apenas a promover no aluno a aquisição de conceitos, procedimentos experimentais e atitudes, mas possibilitar uma compreensão acerca da natureza da ciência. Nessa perspectiva, espera-se que a ciência escolar seja compreendida como uma prática situada socialmente, em que os

estudantes discursivamente constroem e negociam valores para o que pode ser considerado como boas questões, métodos e respostas adequadas. Tais práticas são, portanto, inerentemente epistêmicas e, desse modo, a aprendizagem de ciência envolve também uma aprendizagem epistêmica (ARAÚJO & MORTIMER, 2009).

2. OBJETIVO DA PESQUISA

Considerando o contexto teórico descrito nos capítulos anteriores, nosso principal objetivo é analisar as características das inscrições, das explicações e dos argumentos produzidos pelos alunos durante uma investigação sobre dinâmica populacional em aulas de biologia.

Apesar de muito investigados separadamente, a relação entre inscrição literária e o propósito de se construir um argumento válido é pouco explorada nas pesquisas em ensino de ciências. Estabelecer esta relação requer que os alunos compreendam como teorias particulares podem ser utilizadas para interpretar evidências, assim como entendam a finalidade retórica dos argumentos e os critérios pelos quais serão julgados pela comunidade científica. Ou seja, o uso de inscrições como fontes de dados na produção de um texto científico exige mais do que a compreensão conceitual de teorias e conceitos, exige uma compreensão epistemológica do conhecimento científico (SANDOVAL, 2001). Desta forma focaremos nossa investigação nas práticas epistêmicas nas quais os alunos se envolvem ao explicar e argumentar com base nas inscrições produzidas por eles.

Essa análise basear-se-á nas seguintes perguntas de investigação:

1) Quais são as práticas epistêmicas evidenciadas nos relatórios científicos produzidos pelos alunos?

2) Os alunos constroem explicações com garantia nos dados das inscrições literárias produzidas por eles?

3) Os estudantes justificam suas explicações com argumentos válidos de acordo com práticas epistêmicas da cultura científica? Qual é a natureza dos dados utilizados por eles para justificar suas conclusões sobre a dinâmica populacional investigada?

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Nossa pesquisa se insere em uma perspectiva de pesquisa qualitativa, utilizando-se do estudo de caso da aplicação de uma sequência didática investigativa sobre dinâmica populacional em aulas de Biologia e da análise documental dos relatórios científicos produzidos pelos alunos após a sequência de aulas.

A impossibilidade de desconsiderar as muitas variáveis e a extrema dificuldade de estabelecer relações causais diretas faz da pesquisa qualitativa a forma preponderante de pesquisa na área em que se insere esse trabalho. Para Lüdke & André (1986), em educação ao invés da ação de uma variável independente, produzindo um efeito sobre uma variável dependente, o que ocorre no geral é a ação de inúmeras variáveis agindo e interagindo ao mesmo tempo.

Nossa pesquisa, dentro de uma abordagem qualitativa se refere, mais especificamente, a um estudo de caso, por se tratar de uma investigação empírica, dependente do trabalho de campo não experimental e que se baseia no raciocínio indutivo para desenvolver conceitos e explicações que não são restritos ao caso investigado (YIN, 2014; GOMEZ et al., 1996).

A “arte” do estudo de caso, considera Stake (1995), está em o investigador obter as confirmações necessárias para aumentar a credibilidade das interpretações que faz, e, para isso, deve recorrer a um ou mais protocolos de triangulação: das fontes de dados, do investigador, da teoria e metodológica.

No que se refere à triangulação das fontes de dados, nossa pesquisa utiliza-se de duas fontes: a sequência didática e os registros escritos produzidos pelos alunos. Em relação à triangulação do investigador, procuramos ao longo da análise dos dados, apresentar os resultados para o GEPEB (Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino de Biologia) a fim de que outros pesquisadores procurassem detectar desvios derivados da influência da pesquisadora/professora. Por fim, no que tange a triangulação metodológica, para aumentar a confiança de nossas interpretações, fizemos a combinação de três diferentes análises.

Vale citar também que está em processo a triangulação teórica, uma vez que outros pesquisadores do GEPEB estão analisando o mesmo caso (sequência de aulas) utilizando outras fontes de dados (interações discursivas, p.e.) e diferentes abordagens teóricas e metodológicas.

A análise documental dos relatórios científicos busca identificar informações factuais nos documentos a partir de questões ou hipóteses de interesse. Lüdke & André (1986) afirmam que a construção de categorias de análise para documentos não é tarefa fácil, e que estas brotam, num primeiro momento, do arcabouço teórico em que se apoia a pesquisa, mas que este conjunto inicial de categorias vai ser modificado ao longo do estudo, num processo de confronto constante entre teoria e empiria.

Segundo Lüdke & André (1986), a análise de dados qualitativos é um processo criativo que exige grande rigor intelectual e muita dedicação. Não existe uma forma melhor ou mais correta. O que se exige é sistematização e coerência do esquema escolhido com o que se pretende no estudo. Neste sentido, consideramos importante ressaltar que a professora que aplicou a sequência didática investigada é a própria pesquisadora. Esta é uma condição importante a ser considerada na metodologia de pesquisa, pois pode significar um olhar equivocado sobre os dados. Por este motivo optamos investigar apenas a perspectiva do aluno e tomamos alguns cuidados para promover um distanciamento entre a pesquisadora e os dados: todos os registros escritos foram digitados sem identificação e a análise dos mesmos foi feita pela pesquisadora cinco meses depois de terem sido lidos pela professora, o que dificultou lembrar seus autores.

Como respaldo para a ética nesse trabalho, seguimos as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os alunos participantes desta pesquisa, assim como seus representantes legais, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido do participante e tiveram o anonimato preservado.

3.1. O local de pesquisa

A coleta de dados foi realizada na Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (EAFEUSP), uma instituição de ensino pública, localizada no Campus Armando Sales de Oliveira da Universidade de São Paulo.

Conforme Regimento Escolar da EAFEUSP, aprovado em 2006, é um dos objetivos da instituição: *Sediar e executar pesquisas de interesse próprio ou da Faculdade de Educação, de seus cursos e docentes, que visem ao aperfeiçoamento do processo educativo e de formação docente.*

Atualmente a escola possui cerca de 730 alunos distribuídos no Ensino Fundamental (EF) e Médio (EM). Cada ano escolar é composto por duas turmas com 30 alunos.

Os alunos ingressam no 1º ano do EF por meio de sorteio público para o qual um terço das vagas (20) é reservado aos filhos de funcionários e docentes da Faculdade de Educação da USP, um terço aos filhos de funcionários e docentes da USP e o restante para a comunidade externa (sem vínculos empregatícios com a USP). Frequentemente os alunos que ingressam no 1º ano do EF terminam a educação básica na própria escola, o que significa que a turma de alunos convive por 12 anos.

Além das salas de aula, a escola possui quatro laboratórios bem equipados, sendo um de Física, um de Química, um de Biologia e um de Ciências, onde são ministradas todas as aulas das respectivas disciplinas. Além da estrutura física (amplas bancadas, pias, tomadas, tubulação para gás, equipamentos permanentes e materiais de consumo para experimentos), os professores contam com o auxílio de um Técnico de Laboratório para o planejamento e preparação das aulas e para o desenvolvimento das atividades práticas.

As aulas de Biologia se distribuem em dois encontros semanais de 50 minutos cada, todos realizados no laboratório da disciplina.

3.2. A professora

Sou bacharel e licenciada em Ciências Biológicas e mestre em Ecologia. Atuo como professora da Escola de Aplicação desde quando ingressei na carreira docente, em maio de 2005. No início trabalhei com alunos do Ensino Fundamental II, dando aulas de Ciências. Em 2011 assumi a disciplina de Biologia para as três turmas do Ensino Médio. O 1º ano do EM de 2013, turma com a qual realizamos esta pesquisa, não teve aulas de ciências comigo no EFII e, portanto, eu só conhecia os alunos havia um semestre.

3.3. Os dados produzidos

Muitos foram os dados produzidos da aplicação da sequência didática. Nesta pesquisa analisamos os relatórios produzidos pelos alunos ao final da atividade de investigação. Como já mencionado, a produção escrita dos alunos foi digitada e codificada para facilitar o distanciamento na análise dos dados. As inscrições foram escaneadas e inseridas aos relatórios digitados, pois achamos importante preservar todas as características desta produção. Os relatórios codificados, constituídos como dados para nossa pesquisa, encontram-se nos anexos deste relatório.

3.4. O planejamento da sequência didática

A sequência didática descrita a seguir foi baseada no trabalho de Kelly & Duschl (2002), nos quais os autores empregam ideias oriundas dos estudos em epistemologia e sociologia da ciência para desenvolver uma estrutura para o ensino de ciências denominada evidência-explicação (EE), cujo objetivo é desenvolver nos estudantes a compreensão de critérios que definem “o que conta” como evidência e explicação (Figura 4). Os autores defendem que a análise de cada transformação realizada pelos alunos durante o continuum EE permite acessar os critérios utilizados por eles para:

> *“i) classificar os dados obtidos em uma das quatro categorias: fato, artefato, irrelevante ou anômalo; ii) selecionar estratégias e ferramentas para identificar padrões a partir dos dados disponíveis; iii) desenvolver ou selecionar teorias ou explicações para explicar os padrões; iv) decidir se, e então quais, novos dados são necessários.”* (KELLY & DUSCHL, 2002, p. 27, tradução nossa).

Esta estrutura se inicia com a coleta de dados e o primeiro momento de decisão no continuum EE é a transformação do dado em evidência. Após esta transformação, o segundo momento de decisão é a transformação da evidência em padrões. Para isso os alunos deverão selecionar estratégias para identificar o(s) padrão(ões) a partir dos dados. Por fim, o terceiro momento de decisão é a transformação dos padrões em explicações.

Bravo et al. (2009) afirmam que não basta ter acesso aos dados para que os alunos consigam justificar uma conclusão, eles precisam saber como e quais dados utilizar como evidência para determinada conclusão. Um mesmo dado pode servir de evidência para diferentes conclusões, a depender da relação estabelecida entre o dado e o enunciado teórico. Por exemplo, a existência da fase clara e da fase escura no período de um dia pode ser uma evidência de que a Terra gira em torno dela mesma no período de 24 horas ou de que o Sol gira em torno da Terra no mesmo período de tempo.

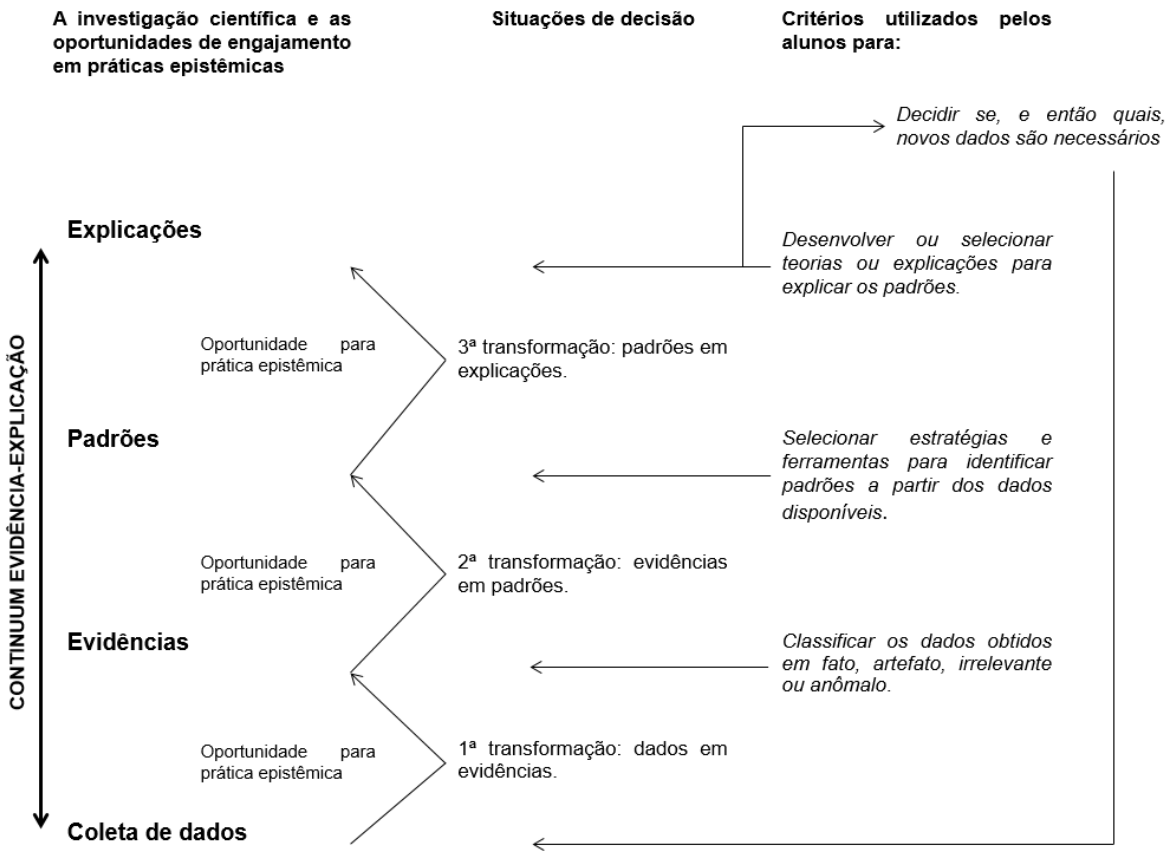


Figura 4 – Estrutura Evidência-Explicação (KELLY & DUSCHL, 2002, p. 51, tradução nossa). Cada transformação corresponde a uma oportunidade para o engajamento em práticas epistêmicas dado que os alunos precisam pensar sobre “o que conta” como evidência, padrões e explicações na investigação científica que estão realizando.

Considerando que as experiências perceptivas não são determinadas apenas pelos aspectos físicos do que está sendo observado, mas influenciadas pelas expectativas e pelo contexto, inclusive o teórico, do observador (CHALMERS, 1994), em nosso entendimento a busca por padrões com base nos dados disponíveis não ocorre após a transformação dos dados em evidências numa sequência temporal bem definida, mas ocorre, sim, de forma concomitante. Defendemos, pois, que a seleção do dado a ser usado como evidência depende da visualização de padrões a partir do conhecimento (ou não) de algum modelo explicativo para o fenômeno investigado.

Dentre tantos processos e eventos que nos intrigam na profissão docente, sempre me chamou a atenção a dificuldade dos alunos das diferentes faixas etárias e níveis de escolarização em representar os fenômenos através de inscrições, enxergar fenômenos traduzidos em inscrições e, especialmente, saber como e quais dados utilizar como evidência para determinada conclusão.

Quando integrada ao GEPEB, participando de reuniões nas quais discutíamos sequências de ensino baseadas em investigação, me interessei em pesquisar como atividades investigativas poderiam auxiliar o domínio e apropriação das inscrições pelos alunos.

Foi com esta questão inicial em mente que planejei, para o 1º ano do Ensino Médio, uma sequência didática sobre “Dinâmica populacional” na qual os alunos trabalhariam com inscrições fornecidas por mim e com inscrições produzidas por eles ao longo de uma investigação. Meu intuito era compreender como os alunos utilizavam cada uma das representações (fornecida ou produzida por eles) sobre o mesmo fenômeno biológico – crescimento populacional.

No 2º semestre de 2012 apliquei a sequência planejada e apresentei a descrição das aulas e as produções dos alunos para o grupo de pesquisa, para que fossem feitos os ajustes necessários e pudéssemos validá-la, considerando sua capacidade de promover a alfabetização científica. A aplicação da sequência didática que gerou os dados analisados neste trabalho ocorreu no final do 1º e no início do 2º semestre do ano letivo de 2013.

Quando a narrativa estiver na 1ª pessoa do singular é porque as ações se referem à professora que, além de aplicar a sequência, tal como validada pelo grupo de pesquisa, atuando como professora das turmas, precisou tomar decisões em razão dos eventos não previstos de sala de aula.

3.5. A sequência didática

Apresentamos a seguir a descrição detalhada da sequência didática reformulada após o pré-teste e aplicada em sala de aula no 2º semestre de 2013 como forma de obtenção dos dados para a pesquisa. Méheut & Psillos (2004) afirmam que, embora haja muitos trabalhos que analisam a aprendizagem dos alunos resultante da aplicação de diversas sequências de ensino, são poucos aqueles que discutem as decisões e suposições que concernem ao desenvolvimento destas sequências. Considerando isto, quando houver alterações em relação à sequência didática inicial, desenvolvida no ano de 2012, e a aplicada para coleta de dados em 2013, estas serão destacadas, assim como os motivos que levaram a elas.

As atividades desenvolvidas ao longo da sequência didática não foram pensadas para um número fixo e pré-determinado de aulas, pois sabemos que o tempo de aula realmente utilizado para o desenvolvimento das atividades pode variar de acordo com os eventos do cotidiano escolar. Desta forma, as atividades serão descritas na forma como foram planejadas e, em seguida, apresentaremos uma tabela (Tabela 3) resumindo a atividade e o número de aulas utilizadas, respectivamente.

Na apresentação de cada atividade, procuramos estabelecer relações entre elas e os objetivos desta pesquisa. Todo material entregue aos alunos, formatado exatamente como foi utilizado em classe, pode ser encontrado nos anexos deste relatório.

a) Atividade I - Leitura e discussão de artigo científico sobre dinâmica populacional de elefantes-marinhos.

A primeira atividade propõe a leitura do artigo científico *Demography of Northern Elephant Seals, 1911-1982*[4] (Cooper & Stewart, 1983) adaptado.

Dada a inerente complexidade da literatura científica, a criação de versões adaptadas para uso com alunos torna-se necessária (Bell, 2008). Neste caso a adaptação do original consistiu em tradução com adequação da linguagem, inserção de mapa com local do estudo, simplificação das análises estatísticas e omissão da conclusão para que os alunos analisassem a conclusão sem conhecer as justificativas dos autores.

O artigo apresenta os resultados de uma pesquisa demográfica com elefantes marinhos na Califórnia (EUA) e na Califórnia do Sul (MEX). Os autores apresentam o

[4] O artigo original, assim como o texto adaptado encontram-se no anexo.

crescimento populacional de elefantes marinhos ao longo de duas décadas em diferentes ilhas através de gráficos (Figura 5) e discutem os motivos que favoreceram um altíssimo crescimento populacional em algumas delas.

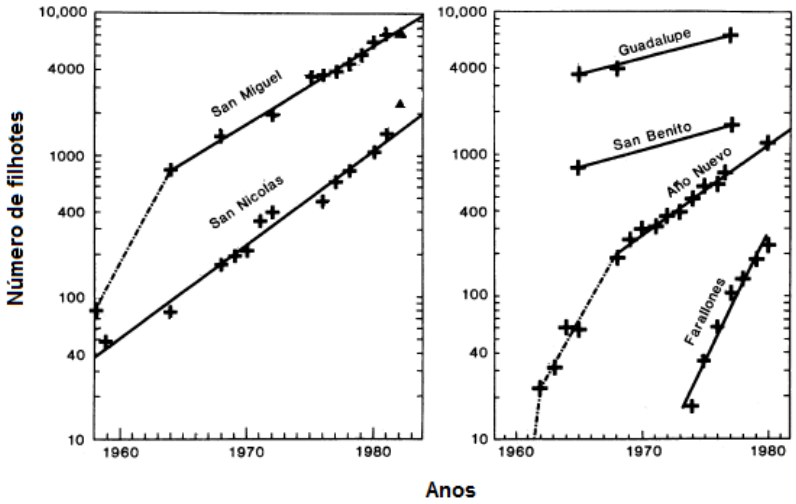


Figura 5 – Gráfico apresentado no artigo de Cooper & Stewart (1983) e que foi analisado em sala de aula na atividade I da sequência didática.

O principal objetivo didático desta atividade foi trabalhar os conceitos de população, competição intraespecífica, densidade populacional, taxa de natalidade e mortalidade, imigração, emigração, potencial biótico e capacidade suporte a partir de dados reais, utilizando ferramentas culturais da ciência, artigo publicado em revista científica com inscrições literárias representando o objeto de estudo.

A leitura do artigo foi realizada em voz alta e de forma compartilhada por alunos voluntários. Ao longo da leitura, eu fazia intervenções entre alguns trechos para esclarecimentos de dúvidas ou para destacar algum processo ou conceito. Numa dessas intervenções, eu demonstrei para os alunos como o gráfico do artigo foi construído. Para isso, preparei uma tabela com valores brutos aproximados do tamanho das populações e fazia a correspondência entre os pontos do gráfico e os valores da tabela. Neste momento também aproveitei para apontar quando deve ser usado uma tabela ou um gráfico para apresentar os dados de uma pesquisa.

Os objetivos didáticos por trás destas ações relacionavam-se à compreensão sobre como a inscrição utilizada no artigo foi produzida, revelando aos alunos que o gráfico é resultado de uma série de transformações dos dados, desde a contagem até a produção das curvas de crescimento populacional nas diferentes ilhas. Para além destes objetivos

mais relacionados às práticas epistêmicas vinculadas à produção do conhecimento científico, minhas ações como professora também tinham a intenção de facilitar o domínio e a apropriação desta ferramenta cultural. Os gráficos utilizados por Cooper & Stewart (1983) apresentam algumas características que dificultam a leitura e, consequentemente, a interpretação do fenômeno biológico representado (populações de elefantes marinhos em ilhas distintas, com diferentes taxas de crescimento populacional). As características que foram abordadas com os alunos foram: a unidade de medida do tamanho populacional é o número de filhotes, não a população total, a escala temporal possui intervalos anuais e não em décadas como pode paracer, há ausência de dados em alguns anos e ilhas, a quantidade de dados é diferente para cada ilha, a reta não é uma ligação exata entre os pontos, mas sim uma reta média, há ilhas que apresentam diferentes taxas de crescimento ao longo do período de estudo e, por fim, há pontos muito distantes da reta (*outliers*). É importante destacar que algumas destas características geraram dúvidas que os próprios alunos transformaram em perguntas para a professora nos momentos de discussão.[5]

Na mesma ficha em que o artigo foi entregue aos alunos havia um roteiro com questões de interpretação do artigo. A resolução do roteiro de interpretação foi realizada pelos alunos aos poucos, com a mediação da professora, conforme a leitura e análise do artigo transcorriam.

b) atividade II – Produção de argumentos a partir de dados do artigo “Demografia de elefantes marinhos” e construção de gráfico de crescimento populacional

Na aula seguinte, reunidos em trios ou quartetos, os alunos fizeram uma avaliação na qual tinham dois problemas: construir argumentos com base em evidências e produzir um gráfico a partir de dados fornecidos numa tabela. Durante esta atividade, não fiz nenhuma intervenção relacionada à avaliação e orientei que as dúvidas fossem discutidas e resolvidas no próprio grupo de trabalho.

Em 2012, para desencadear a produção de argumentos, os alunos receberam o seguinte problema:

[5] As interações discursivas que ocorreram nas aulas de leitura e discussão do artigo científico, mais especificamente na discussão sobre a inscrição literária do artigo estão sendo analisadas por outra pesquisadora do GEPEB, Denise Ferreira Diniz Rezende em sua dissertação de mestrado no Programa Interunidades da USP.

“Os autores concluem, com base nos dados dos gráficos, que a constante imigração de fêmeas das Ilhas Guadalupe e San Benito foi fundamental para o crescimento populacional em San Miguel e San Nicolas. Por que é possível concluir isso?”

De acordo com o modelo de Toulmin, esperávamos que os alunos formulassem um argumento para o qual a conclusão foi fornecida pelo enunciado, o dado deveria ser retirado do gráfico e a justificativa, do texto. Conforme Figura 6 abaixo:

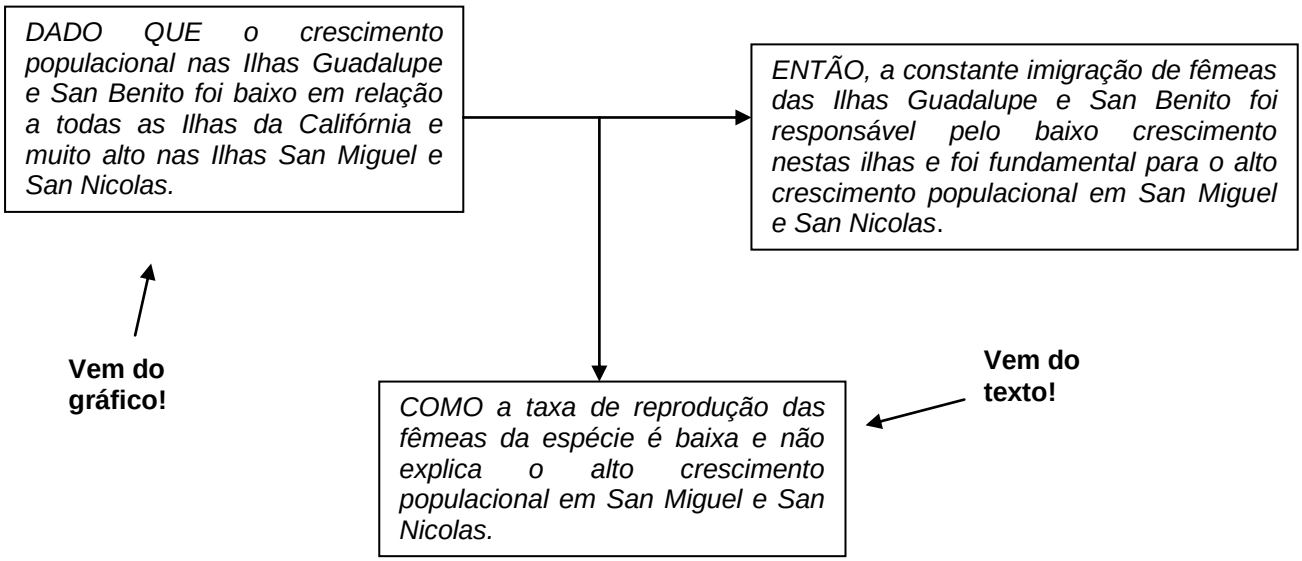


Figura 6 – Exemplo de argumento esperado na produção dos alunos. De acordo com proposta de atividade aplicada em 2012.

No entanto, a produção dos alunos revelou que o problema proposto não desencadeava a produção de argumentos, uma vez que grande parte das respostas apenas reforçava que o crescimento populacional em San Miguel e San Nicolas foi muito alto, não considerando o baixo crescimento em San Benito e Guadalupe, que poderia ser explicado devido à imigração.

Segundo Berland & Hammer (2012) quando os alunos estão realizando uma atividade desenhada com o objetivo de promover a argumentação, precisam entender que isto está sendo solicitado. Neste sentido, alteramos a instrução para:

“Considerando que a imigração foi fundamental para que o crescimento populacional nas ilhas San Miguel e San Nicolas fosse tão alto, duas cientistas estavam discutindo sobre a origem das fêmeas imigrantes. Daniela afirmava que as fêmeas que imigraram para San Miguel e San Nicolas vieram de Guadalupe e San Benito, enquanto Sílvia afirmava que vieram de Año Nuevo e Farallones. a) Quem está correta? b) Que

dados vocês têm para afirmar isto? c) O que a cientista que está correta poderia fazer para convencer a outra sobre a origem das fêmeas imigrantes?”

Com esta nova instrução, pretendíamos deixar mais claro que a imigração não estava sendo questionada, mas sim o local de origem das fêmeas. Além disso, criamos um contexto de persuasão entre duas cientistas. Desta forma, esperávamos que os alunos, nos pequenos grupos, articulassem o conhecimento sobre crescimento populacional com os dados disponíveis no texto e no gráfico, na tentativa de persuadir os colegas de suas ideias.

Cada grupo de trabalho me entregou sua produção escrita como forma de avaliação na disciplina de biologia e também para que fossem fotocopiadas e, futuramente, utilizadas como dados para pesquisa. Este material poderá ser analisado para investigarmos como os alunos recorrem a dados que descrevem fenômenos não investigados empiricamente por eles para justificar argumentos explicativos ou persuasivos. No caso descrito, os dados disponíveis para os alunos eram: mapa, texto e gráfico.

Na mesma avaliação, para a construção de um gráfico de crescimento populacional, os alunos receberam a seguinte instrução:

“Construa um gráfico para representar o comportamento das populações da espécie 1 e da espécie 2 ao longo da década de 2000 a 2010. Considerando que ambas espécies se alimentam dos mesmos recursos e habitam o mesmo local, qual espécie apresenta vantagem competitiva? Justifique com dados do gráfico.”.

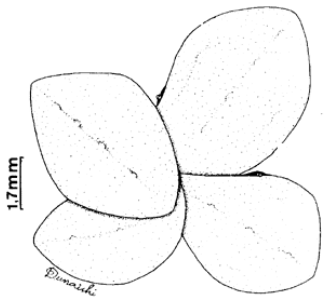
Ano	Nº de indivíduos	
	Espécie 1	*Espécie 2*
2000	5	5
2001	7	15
2002	10	30
2003	20	60
2004	40	120
2005	80	150
2006	160	160
2007	180	170
2008	190	160
2009	195	140
2010	195	140

Esta atividade pretendia avaliar se os alunos conseguiam transpor os dados apresentados na forma de tabela para um gráfico. Ao fazer isto corretamente, os alunos ilustrariam as relações existentes entre as variáveis *tempo*, *número de indivíduos* e *espécie* de forma concisa e os dados necessários para justificar a conclusão solicitada no enunciado estariam disponíveis.

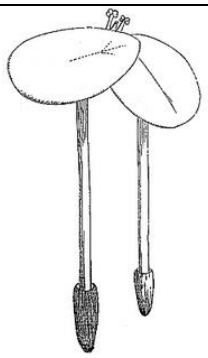
Para pesquisas futuras este material poderá ser útil para analisarmos se a atividade I desta sequência (Leitura e discussão de texto científico sobre dinâmica populacional de elefantes-marinhos) forneceu repertório interpretativo da ferramenta gráfica, assim como do fenômeno biológico representado por ele (crescimento populacional).

c) Atividade III – Investigação sobre o crescimento populacional de *Lemna sp.*[6]

Na primeira aula desta atividade eu apresentei aos alunos o objeto de estudo no qual eles basearam a investigação sobre dinâmica populacional, uma população de *Lemna sp.* A apresentação foi feita oralmente, baseada na descrição abaixo e sem apoio de recursos audio visuais.

 Disponível em: http://delta-intkey.com/angio/images/lemna839.gif Acesso em: 06/03/2014	Disponível em: http://www.peixefauna.com/t9580-lemna-minor Acesso em: 06/03/2014

[6] De toda a sequência didática elaborada, esta pesquisa foca apenas na etapa de investigação sobre o crescimento populacional de *Lemna sp.*.

 Disponível em: http://delta-intkey.com/angio/images/lemna839.gif Acesso em: 06/03/2014	 Disponível em: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lemna_minor.jpg Acesso em: 06/03/2014

Lemna sp. *pertence à família Lemnaceae Gray, as menores Angiospermas conhecidas. O nome comum no Brasil, quando utilizado ou conhecido, é "lentilha-d'água". É uma família pequena, com quatro gêneros e 36 espécies. A propagação, em geral, é vegetativa e, por isso e pelo reduzido tamanho das plantas, é uma família de difícil delimitação dos táxons, devendo sua identificação freqüentemente ser auxiliada por dados sobre sua distribuição geográfica. Apresenta distribuição subcosmopolita, com centro de dispersão tropical e subtropical na América do Sul. No Brasil, a família está representada pelos seus quatro gêneros: Spirodela, Lemna, Wolffiella e Wolffia. As espécies de Lemna são monóicas, aquáticas de água doce, flutuantes livres na superfície, ou levemente submersas, onde pequena parte da fronde é exposta ao ar, ou completamente submersa, vindo à tona no período da floração. São diminutas, sem diferenciação de caule e reduzidas a um pequeno corpo talóide, por isso chamado de fronde. Frondes simétricas ou assimétricas, arredondadas, verdes, com ou sem pigmentos castanhos ou avermelhados; com um nó, quase ao centro da linha mediana, de onde emergem raízes e nervuras (quando presentes), e novas frondes e flores. A propagação é na maioria das vezes por via vegetativa, através de 1 ou 2 cavidades vegetativas (ou reprodutivas), dando origem a frondes-filhas, e estas, por sua vez, a outras frondes-filhas, e assim sucessivamente. Podem apresentar uma forma latente em condições adversas, chamada de "turion". Cada fronde possui uma raíz, fasciculada, não funcional, sem pelos absorventes e protegida por coifa. (POTT & CERVI, 1999).*

Após esta apresentação, os alunos foram informados que realizariam uma investigação a respeito da dinâmica populacional desta espécie de planta. Organizados nos mesmos grupos da atividade II, os alunos deveriam responder a seguinte questão de caráter científico:

“O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?”

A pergunta por si só exigiu dos alunos a definição de um método de contagem da população e a coleta de dados por um determinado período, a fim de que percebessem algum padrão nos dados obtidos.

Para respondê-la, cada grupo foi orientado a colocar água, um pouco de terra e alguns indivíduos de *Lemna sp.* num pequeno recipiente transparente. Os indivíduos selecionados foram considerados os colonizadores do novo ambiente (recipiente com água e terra). Em seguida, todos os recipientes foram dispostos sob uma luminária que fornecia luz constante (Figura 7).

Figura 7 – Vista dos recipientes com populações de *Lemna sp.* dispostos sob iluminação na bancada da sala de aula. Registro do 1º dia de investigação.

Em 2012, o recipiente utilizado por cada grupo foi um balde transparente de 5L. Em uma semana de investigação, a população cresceu muito, o que exigiu dos alunos o desenvolvimento de estratégias de amostragem dos indivíduos para estimarem o tamanho populacional (Figura 8). Minha avaliação, como professora, foi que o formato do recipiente (circular) dificultou a amostragem correta da população, pois os alunos tiveram que fazer relações exponenciais entre a área amostrada e área total ocupada. Para fugir deste fator complicador da investigação, em 2013 optamos pelo recipiente retangular.

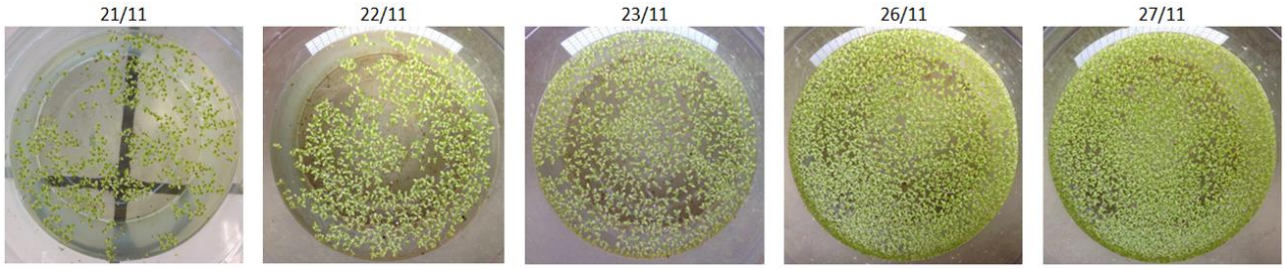


Figura 8 – Vista superior do recipiente utilizado pelos alunos para investigar o crescimento populacional de *Lemna sp.* em 2012. As imagens em sequência temporal demonstram como, naquele momento, a taxa de reprodução vegetativa foi muito alta, o que exigiu estratégias de amostragem populacional.

Depois que cada grupo preparou sua própria população para investigação, os alunos puderam perceber a dificuldade de manipular os indivíduos de *Lemna sp.* Como são muito pequenos, se misturam com qualquer movimento da superfície da água e grudam facilmente nos objetos nos quais enconstam. A partir desta percepção dos alunos, mediei uma discussão sobre como fariam para contar o número de indivíduos ao longo do tempo para poderem descrever a dinâmica populacional. Rapidamente alguns alunos propuseram o registro fotográfico dia a dia para que pudessem fazer a contagem sobre a imagem.

Decidido que este seria o procedimento de acompanhamento do tamanho populacional, orientei-os a fazerem o registro todos os dias no mesmo horário durante uma semana. Para evitar que, por ventura, algum grupo ficasse sem dados em algum dia do período de investigação, também fotografei cada recipiente diariamente.

O período de uma semana foi determinado a partir do crescimento observado em 2012, quando a capacidade suporte de um recipiente muito maior foi atingida em todos os grupos de trabalho em seis dias. Porém, em 2013, a taxa de reprodução dos indivíduos foi muito menor e o período de observação foi estendido por mais uma semana. Possivelmente esta diferença na taxa de crescimento populacional foi decorrente da época do ano: em 2012 o experimento foi realizado em novembro, em dias com altas temperaturas, já em 2013, a sequência investigativa ocorreu em agosto, durante dias extremamente frios (abaixo dos 10ºC).

Findo o período de registro fotográfico, os alunos se reuniram em grupos para determinarem o tamanho populacional em cada dia e construírem inscrições para representar a dinâmica populacional observada. Por fim, ainda reunidos em grupos e durante as aulas, os alunos produziram um relatório para comunicar o processo de investigação.

Durante as aulas de produção escrita, orientei-os sobre os itens que deveriam constar no relatório e o que cada um deveria conter, a saber:

Pergunta: transcrição da pergunta que mobilizou o processo investigativo (O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento da espécie?).

Metodologia: descrição detalhada dos materiais e dos procedimentos realizados para coleta e produção de dados.

Resultados: descrição dos resultados encontrados na forma que o grupo achar mais representativo daquilo que foi observado (desenhos, fotos, tabelas, gráficos, símbolos, etc.).

Interpretação: explicação, baseada em conhecimento empírico ou teórico, de todos os resultados encontrados. Neste item deve aparecer *o por quê* dos resultados descritos no item anterior.

Ferraz & Sasseron (2013) afirmam que, num contexto de ensino por investiação, quando os estudantes, junto com o professor, buscam compreender um determinado fenômeno, situação experimental ou conceito científico, eles estão imersos num ambiente interativo que favorece a argumentação, mas estão em busca de explicações para o problema que estão tentando solucionar. Os autores apontam, portanto, que há uma dualidade relacionada às metodologias de ensino que visam o aprendizado dos estudantes por meio da argumentação, como no caso das atividades investigativas, pois ao mesmo tempo em que os estudantes investigam um fenômeno, ampliando conexões e tecendo relações entre evidências, justificativas e conclusões, eles também estão em busca de explicações para caracterizar o objeto de investigação que lhes está disponível, no nosso caso, a dinâmica populacional de Lemnas. Estas explicações deveriam aparecer no item “interpretação” do relatório.

É importante ressaltar que esta não era a primeira vez que os alunos produziram um relatório científico para comunicar os resultados de uma investigação. Em anos escolares anteriores e também no início do 1º EM, os alunos receberam instruções de como produzir relatórios e também trabalharam com relatórios que serviram de modelo daquilo que era esperado da produção deles.

Isso posto, era esperado dos alunos, especialmente no item “interpretação” do relatório, uma produção escrita que desse conta de explicar o fenômeno estudado e, ao

mesmo tempo, fosse baseada em linguagem argumentativa, na qual demonstrassem a capacidade de relacionar dados e conclusões, avaliando o modelo explicativo para crescimento populacional trabalhado nas aulas à luz dos dados empíricos produzidos por eles.

Após a entrega do relatório, fiz uma cópia do mesmo para cada aluno do grupo e ficamos com o material original para pesquisa. No encontro seguinte, cada aluno, com sua cópia em mãos, teve que produzir a conclusão individualmente, finalizando o relatório que fora construído coletivamente. O comando utilizado para esta última etapa foi colocado na lousa e constituia-se da seguinte instrução:

"Sabendo que a conclusão do relatório científico consiste na resposta à pergunta inicial, justificada com evidências (dados produzidos durante a investigação), conclua seu relatório."

Objetivo para a pesquisa: Estes relatórios serão utilizados para obtenção de informações sobre como se dá o processo de inscrição realizado pelos alunos (quantidade, tipos e número de transformações), além de informações sobre como os alunos recorrem a dados que descrevem fenômenos investigados empiricamente por eles para justificar argumentos explicativos ou persuasivos. No caso, os dados disponíveis para os alunos eram exatamente as inscrições por eles produzidas.

Como já descrito, a coleta de dados durou 15 dias, período no qual as aulas de biologia foram destinadas para, além do registro fotográfico, outras atividades didáticas relacionadas ao tema dinâmica populacional. Estas atividades serão descritas a seguir, mas é importante esclarecer que não ocorreram ao término da atividade de investigação e entrega dos relatórios, mas sim enquanto transcorria um tempo suficiente para os alunos observarem o crescimento populacional.

d) Atividade IV - Exercício de amostragem para estimar tamanho populacional.

Esta atividade foi criada com o objetivo didático de possibilitar aos alunos a aprendizagem de técnicas de amostragem utilizadas na biologia, para que pudessem utiliza-las na atividade III (descrita anteriormente). Ela foi realizada na aula seguinte àquela na qual cada grupo preparou sua população de *Lemna sp.*.

Para relacionar as atividades anteriores com a investigação científica em andamento, elaboramos um problema metodológico desencadeador da tarefa. Os alunos tiveram que responder duas questões relacionadas à amostragem populacional.

A primeira questão foi: “No artigo *Demografia de Elefantes Marinhos do Norte, 1911-1982* (Cooper & Stewart, 1983) vimos que a determinação do tamanho da população de elefantes marinhos foi realizada por um método de contagem de cada indivíduo. Quais as características da população estudada foram fundamentais para a escolha deste método de contagem?”.

Com esta primeira questão, pretendíamos discutir que a escolha do método de contagem dos indivíduos adotado estava relacionada ao tipo de população estudada (pequena, restrita a uma ilha, com indivíduos grandes, sedentários e conspícuos).

Após conduzir a discussão para relacionar método de contagem populacional e característica dos indivíduos, forneci uma folha A4 preenchida por círculos e quadrados e propus a segunda tarefa para ser finalizada em casa:

“A seguir, você vai encontrar uma área coberta por dois tipos de sinais: quadradinhos brancos e circunferências pretas. Considere que cada tipo de sinal representa uma espécie de capim. Estas populações, diferentemente da população de Elefantes Marinhos da Califórnia, são numerosas e a contagem de cada indivíduo não é o melhor método para quantificá-las. Os indivíduos de cada espécie estão espalhados de maneira bem uniforme, ou seja, não há regiões com uma concentração maior de indivíduos da mesma espécie, em comparação com outras regiões.

O desafio é propor um método para determinar o tamanho de cada população de capim sem contar um a um. Sabendo que a população de capim representada por quadradinhos brancos possui 1570 indivíduos e a população de capim representada por círculos pretos possui 630 indivíduos, descreva em detalhes o método que resultou em dados mais próximos dos valores reais.”.

Na aula seguinte, solicitei que os alunos compartilhassem com a turma seu método de amostragem mais eficiente e discutimos as causas de cada método descrito ter sido mais ou menos preciso na estimativa do tamanho populacional de cada espécie.

e) Atividade V - Aula teórica expositivo dialogada sobre dinâmica populacional.

Com o auxílio de um data show, apresentei alguns gráficos do número de indivíduos em função do tempo para retomar e/ou definir os seguintes conceitos relacionados ao tema dinâmica populacional: natalidade, imigração, mortalidade, emigração, potencial biótico, resistência do meio, capacidade de carga ou capacidade biótica máxima, curva padrão do crescimento populacional e suas respectivas fases (crescimento lento, crescimento exponencial e estabilização).

Durante minha exposição relacionei os conceitos com a investigação sobre dinâmica populacional de *Lemna sp.* em andamento e ressaltei que os conceitos discutidos nesta aula seriam importantes para a interpretação dos dados que eles coletariam.

f) Atividade VI – Lista de exercícios sobre dinâmica populacional.

Os alunos receberam uma lista de exercícios selecionados de diversos vestibulares para resolverem em casa. A correção foi feita de forma coletiva, na qual mediei as participações e fiz comentários sobre as respostas compartilhadas com a classe.

Tabela 3 – Principais atividades de cada aula da sequência didática investigada, seus objetivos de aprendizagem e dados produzidos para pesquisa.

Aula	**Principal atividade**	**Objetivos didáticos**	**Dados produzidos para pesquisa**
01 - 03	Atividade I Leitura e interpretação do artigo *Demography of Notthern Elephant Seals, 1911-1982* (Cooper & Stewart, 1983).	Definir conceitos de dinâmica populacional, natalidade, mortalidade, emigração, imigração, capacidade suporte. Aumentar repertório interpretativo de gráficos de crescimento populacional.	Gravação em áudio e vídeo das interações entre professora e alunos.
04	Atividade II Produção de argumentos a partir de dados do artigo “Demografia de elefantes marinhos”. Construção de gráfico de crescimento populacional.	Argumentar com justificativas extraídas de dados fornecidos aos alunos.	Gravação em áudio e vídeo das interações entre professora e alunos e entre alunos trabalhando em grupos. Argumentos escritos a partir de dados fornecidos aos alunos.
05 a 14	Atividade III Investigação sobre o crescimento populacional de *Lemna sp.*	Produzir inscrições para materializar um fenômeno biológico. Usar evidências empíricas para justificar conclusões Argumentar com seus pares sobre quais explicações adotar. Comunicar resultados da investigação na forma de relatório escrito.	Gravação em áudio e vídeo das interações entre professora e alunos e entre alunos trabalhando em grupos. Relatórios científicos com os itens: pergunta, metodologia, resultados, interpretação e conclusão.

06 e 07	Atividade IV Exercício de amostragem para estimar tamanho populacional.	Utilizar diferentes métodos de amostragem populacional.	Gravação em áudio e vídeo das interações entre professora e alunos.
08	Atividade V Aula teórica expositiva dialogada sobre dinâmica populacional.	Difinir os conceitos de natalidade, imigração, mortalidade, emigração, potencial biótico, resistência do meio, capacidade de carga ou capacidade biótica máxima, curva padrão do crescimento populacional e suas respectivas fases (crescimento lento, crescimento exponencial e estabilização).	Gravação em áudio e vídeo das interações entre professora e alunos.
09	Atividade VI Resolução de exercícios sobre dinâmica populacional	Revisar e sistematizar os conceitos referentes ao tema dinâmica populacional	Gravação em áudio e vídeo das interações entre professora e alunos.

Apesar de a produção da sequência didática não constituir um objetivo específico desta pesquisa, seu planejamento foi de fundamental importância para a produção dos dados que serão descritos futuramente nesta tese.

Isto posto, gostaríamos de tecer outras considerações sobre características da atividade de investigação sobre *Lemna sp.* que atendem os pressupostos teóricos discutidos no item 3.4 (O planejamento da sequência didática) e que, portanto, a tornam capaz de propiciar um ambiente de aprendizagem no qual os alunos se engajem em práticas epistêmicas específicas da biologia, mais especificamente da ecologia e, consequentemente, de promover a alfabetização científica.

3.5.1. O continuun evidência-explicação na atividade de investigação

Conforme já descrito, a atividade se iniciou com a proposição de uma pergunta-problema feita pela professora, a saber: “O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento da espécie?”

O engajamento em perguntas de orientação científica faz parte das etapas fundamentais para o desenvolvimento do ensino por investigação (CARVALHO, 2013). Considerando a sequência diática como um todo, podemos supor que os alunos já tinham o conhecimento teórico (modelo logístico de crescimento populacional) para responder a pergunta dada pela professora, no entanto o caráter invetigativo da proposta foi explicitado nas discussões orais mediadas pela professora ao apresentar e caracterizar a *Lemna sp.* como objeto de estudo daquela ocasião e fazendo comparações com o estudo da dinâmica populacional de elefantes marinhos, já conhecido pela turma.

Neste momento, com o auxílio da professora, os alunos vivenciaram momentos de decisão sobre como proceder para responder a questão-problema. *Como contar os indivíduos se as plantas são diminutas e se mexem com qualquer movimento da água? Contar durante quanto tempo e com qual frequência? Contar o indivíduo ou a fronde? Considerar aparência dos indivíduos? Considerar distribuição dos indivíduos no espaço?* foram algumas das questões colocadas pelos alunos. Estas questões revelaram que os alunos reconheceram a principal variável relevante ao problema a ser investigado: o número de indivíduos ao longo do tempo.

O procedimento para facilitar a contagem dos indivíduos foi acordado coletivamente e constituiu-se da ação de fotografar diariamente a população de cada grupo ao longo de duas semanas. As demais decisões foram tomadas no contexto do grupo de trabalho. Estes momentos de discussões em torno da tomada de decisões sobre os dados podem favorecer o engajamento em práticas epistêmicas relacionadas à produção do conhecimento científico, tais como elaborar hipóteses e previsões e argumentar.

Findo o período de coleta de dados, os alunos, reunidos em grupos de três ou quatro alunos e com um conjunto de fotografias organizadas em sequência temporal, tiveram que construir seus dados levando em conta que a principal variável a ser considerada era o número de indivíduos em cada dia de estudo.

O processo de construção de inscrições que ocorreu em cada grupo também propiciou aos alunos situações de decisões referentes ao que considerar como evidência para suas explicações e a como identificar padrões nos dados. *Calcular taxa diária de crescimento? Construir gráfico? Ligar ou não ligar os pontos em sequência temporal? Traçar a reta média?* foram algumas questões para as quais os alunos tiveram que tomar decisões e que foram evidenciadas nos relatórios produzidos por eles.

Por fim, com as inscrições prontas, os alunos tiveram que construir uma explicação causal para os resultados encontrados. Neste momento, para atender a exigência da professora, os alunos tiveram que analisar se o modelo de crescimento logístico explicava o padrão encontrado nas inscrições e, em caso negativo, produzir uma explicação alternativa.

Ressaltamos, no entanto, que na atividade proposta os alunos não foram incentivados a decidir se, e então quais, novos dados seriam necessários para justificar as explicações alternativas e, sendo assim, apenas um aluno deu indícios de que se envolvera nessas práticas relacionadas à avaliação do conhecimento científico.

A partir desta descrição, consideramos que a atividade de investigação aplicada atende boa parte da estrutura do *continuum* evidência-explicação (EE) proposta por Kelly & Duschl (2002) para produzir situações nas quais os alunos precisam decidir “o que conta” como evidência, padrão e explicação na investigação, ou seja, são oferecidas as condições para os alunos se engajarem em práticas epistêmicas especialmente relacionadas à produção e à comunicação do

conhecimento científico, mas quase nenhuma condição para engajamento em práticas relacionadas á avaliação do conhecimento científico (Figura 9).

Ainda merece ser comentado aqui que, embora a atividade de investigação sobre a dinâmica populacional de *Lemna sp.* se mostre capaz de possibilitar o engajamento dos alunos em práticas epistêmicas específicas da biologia, não se pode assumir que eles possam recriar, somente a partir da atividade proposta, um conhecimento culturalmente produzido. É necessário que um processo social e comunicativo de apropriação de um conteúdo preexistente aconteça e para isso, o papel do professor torna-se fundamental (DE CHIARO & LEITÃO, 2005), papel este que fora comentado na descrição de cada etapa da sequência didática.

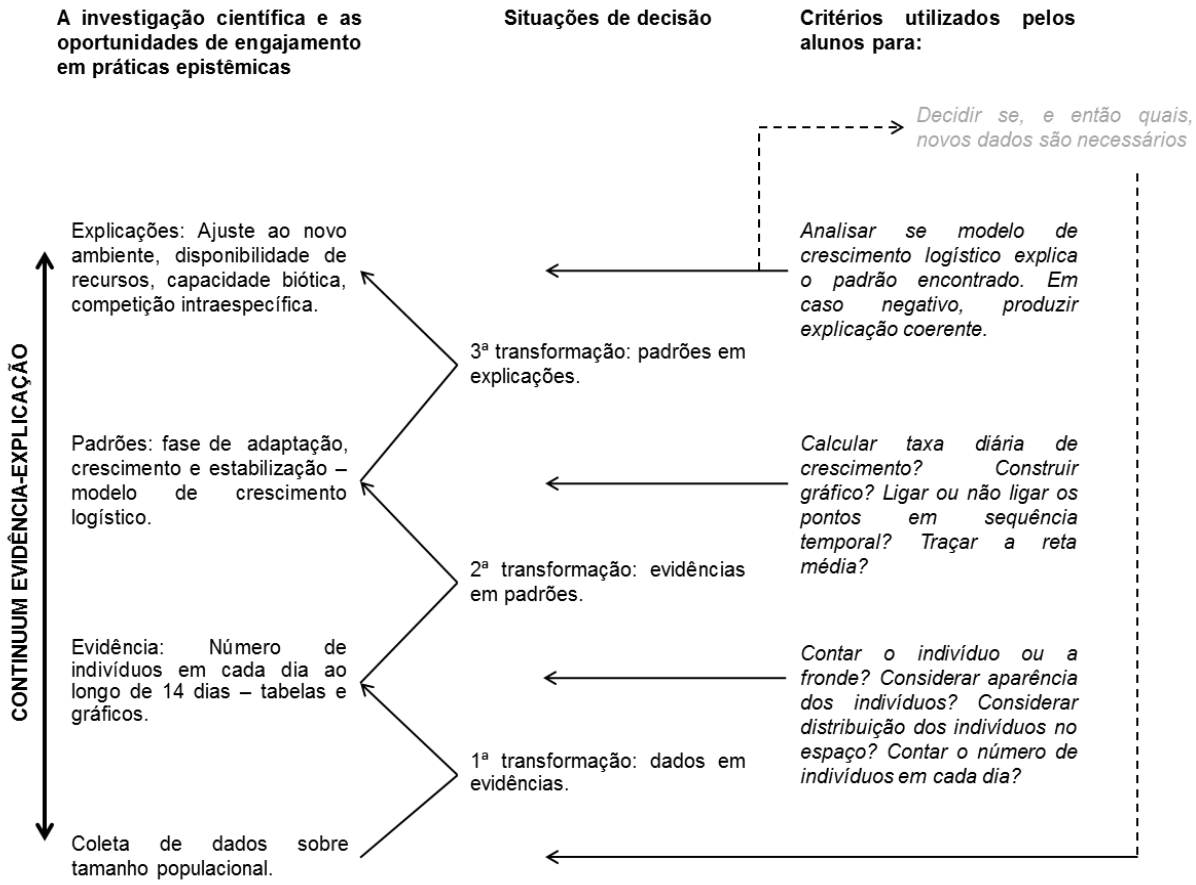


Figura 9 - Esquema da investigação realizada pelos alunos de acordo com a estrutra EE proposta por Kelly & Duschl (2002).

3.6. A análise dos dados

3.6.1. As práticas epistêmicas nos relatórios dos alunos

Para responder nossa primeira pergunta de investigação buscamos evidenciar as práticas epistêmicas nas quais os alunos se engajaram durante a atividade de investigação sobre a dinâmica populacional de *Lemna sp.* a partir da produção escrita apresentada nos relatórios científicos.

Conforme discussão apresentada no capítulo 1.5. (As práticas epistêmicas como objeto de estudo), estamos nos referindo às práticas epistêmicas como as práticas sociais adotadas por membros de uma comunidade para produzir, justificar, avaliar e legitimar o conhecimento (KELLY, 2008) e às práticas epistêmicas científicas àquelas relacionadas, especificamente, à produção, comunicação e validação do conhecimento científico e partilhada pelos membros da comunidade científica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2008).

Para evidenciarmos as práticas epistêmicas, analisamos o relatório inteiro de cada aluno, que era composto pelos seguintes itens elaborados coletivamente nos trios de trabalho: pergunta, metodologia, resultados, interpretação, além da conclusão, elaborada individualmente. Os relatórios começam sempre com um pequeno cabeçalho com a identificação da escola e da disciplina, com o nome e número dos integrantes dos grupos e data. Todos os cabeçalhos foram excluídos para não ser possível identificar os alunos.

Considerando a produção coletiva e individual (conclusão), cada relatório foi nominado com o seguinte código 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3 e assim sucessivamente até o relatório 18.3. O primeiro número identifica o grupo de trabalho e o segundo número identifica o aluno no grupo (1, 2, 3 e, eventualmente, 4). Tivemos alguns alunos ausentes no dia da produção da conclusão individual e, consequentemente, na codificação, temos apenas dois relatórios no grupo, mas a parte coletiva foi construída com o número mínimo de três alunos.

Após a codificação dos relatórios, o procedimento seguinte foi a definição das unidades de análise. Adotamos as mesmas unidades utilizadas por Del Corso (2014) em sua dissertação, na qual utilizou os mesmos relatórios como fonte de dados para analisar indicadores de alfabetização científica. A adoção das mesmas unidades de

análise é uma estratégia importante nas pesquisas do grupo para que possamos triangular os dados obtidos.

Definimos nossa unidade de análise como *marca*, que pode se referir a um parágrafo, quando se tratava de um texto corrido, ou a uma inscrição literária (desenho, esquema, foto, tabela, gráfico) construída pelos alunos (Figura 10).

RELATÓRIO 1

MARCA 1

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

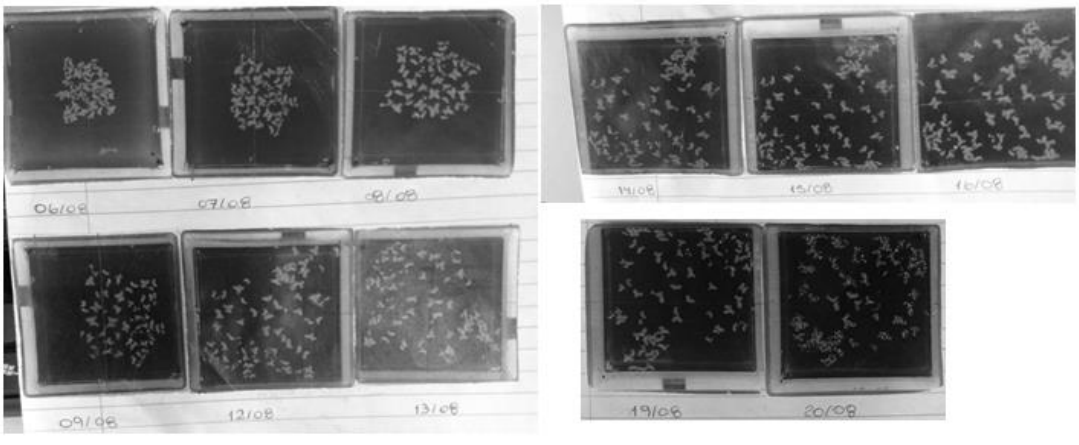
MARCA 2

Metodologia

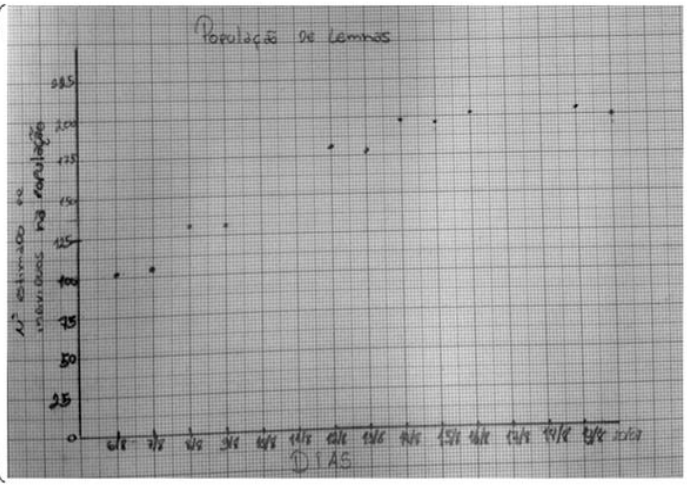
Ao iniciar o trabalho recebemos um potinho onde colocamos água, terra e as lemnas, o potinho recebia luz de uma lamparina diariamente. A pesquisa durou 15 dias, de segunda a sexta tiramos fotos e contamos todos os indivíduos da população.

MARCA 3

Resultados



MARCA 4



MARCA 5 Na primeira semana da pesquisa da população de Lemnas houve um grande crescimento. Durante a 2ª semana algumas lemnas morreram com isso o crescimento se estabilizou.

Interpretação

MARCA 6 Durante a 1ª semana de pesquisa, houve um crescimento na população. Isso ocorreu devido a luz que as Lemnas recebia para realizar a fotossíntese e também os nutrientes que estavam na terra que foi dissolvida na água.

MARCA 7 Já na 2ª semana da pesquisa na população de Lemnas houve uma estabilização e uma redução. A morte de algumas Lemnas pode ter ocorrido por não ter suportado a uma semana de frio ou a falta de nutrientes devido a grande quantidade de Lemnas na população.

CONCLUSÃO 1.1

MARCA 8 A população cresce por um tempo com a ajuda dos nutrientes e o clima, mas a população também estabiliza devido à falta de nutrientes pelo acúmulo de população e ao clima que pode mudar a qualquer instante.

CONCLUSÃO 1.2

MARCA 9 A população de Lemnas se desenvolveu, ou seja, cresceu. Só que em um certo momento houve um grande crescimento da população. Após o dia seguinte percebemos que a população diminuiu e estabilizou. A diminuição da população ocorreu devido a falta de nutrientes pois havia muitos indivíduos e poucos nutrientes e também pela semana fria que tivemos e algumas Lemnas não conseguiram resistir ao frio.

MARCA 10 A população de lemnas conseguiu se desenvolver pois recebia luz diariamente para realizar a fotossíntese e também utilizava os nutrientes da terra que estava dissolvida na água para se desenvolverem.

CONCLUSÃO 1.3

MARCA 11 Na população de Lemnas houve um crescimento grande e rápido, mas durante a 2ª semana algumas Lemnas morreram, no final da pesquisa a população se estabilizou.

MARCA 12 No primeiro dia iniciou com 115. O dia houve maior número de Lemnas foi 211. E o dia mais baixo depois da estabilização foi 201. Final da pesquisa: sobreviveram 201 e morreram 21.

Figura 10 – Exemplo de relatório com a indicação das marcas utilizadas como unidades de análise.

Em seguida iniciamos a identificação das práticas epistêmicas em cada marca de cada relatório e suas respectivas conclusões individuais. Dentre as rubricas disponíveis na literatura para análise das práticas epistêmicas em sala de aula, optamos por iniciar nossa categorização a partir daquela utilizada por Araújo (2008). Nesta primeira análise, cada relatório foi lido e quando encontrávamos a evidência de uma das práticas epistêmicas utilizadas por Araújo (2008), fazíamos uma marcação na lateral do texto. Finda a leitura de todos os relatórios, verificamos que algumas das categorias da literatura utilizada não estavam presentes no nosso

conjunto de dados, ao mesmo tempo em que percebemos algumas características dos relatórios que as categorias previamente estabelecidas não davam conta de evidenciar.

Nossa rubrica para análise exclui as grandes categorias de práticas sociais (produção, comunicação e validação do conhecimento científico), pois avaliamos que esta divisão pode ser problemática. A produção do relatório científico, por si só, caracteriza-se como uma prática epistêmica associada à comunicação do conhecimento. Desta forma, ao analisar os relatórios em busca das práticas epistêmicas nas quais os alunos se envolveram, encontramos práticas associadas a outra categoria. Por exemplo: “construir dados” é uma prática epistêmica da “produção do conhecimento”, ao passo que “avaliar a consistência dos dados” é uma prática epistêmica da “avaliação do conhecimento”, mas tanto “construir dados” como “avaliar a consistência dos dados” foram encontradas nos relatórios, cuja finalidade faz parte da “comunicação do conhecimento”.

Além disso, consideramos que ao comunicar suas conclusões em relatórios científicos, os alunos podem também estar desenvolvendo o seu próprio conhecimento sobre o tema investigado ou mesmo avaliando os conhecimentos produzidos.

A seguir, apresentamos a tabela que ilustra as categorias de análise utilizadas em nosso trabalho (Tabela 4) com a descrição das práticas epistêmicas conforme os critérios que utilizamos para categorizá-las.

Tabela 4 – Rubrica produzida com base na literatura e na interação com os dados dos relatórios analisados para evidenciar as práticas epistêmicas a partir dos relatórios científicos.

Prática epistêmica	Quando aluno...
1. Problematizar	Cria uma questão relacionada ao tema que está sendo estudado ou retoma uma questão anteriormente proposta pela professora. Corresponde à motivação para o início de uma discussão.
2. Elaborar hipótese	Elabora possível explicação para uma pergunta ou problema.
3. Planejar investigação	Traça estratégias para a investigação de um problema.
4. Fazer previsões	Consegue prever resultados com base numa hipótese explicativa.
5. Construir dados	Coleta e registra dados.
6. Considerar diferentes fontes de dados	Recorre a algum dado diferente do que está sendo trabalhado naquele momento para solucionar o problema em discussão.
7. Concluir	Finaliza um problema ou uma questão proposta.
8. Citar	Faz referência explícita às inscrições produzidas ou a algum conhecimento de autoridade (professora ou bibliografia especializada).
9. Narrar	Relata ações ou acontecimentos passados em sequência temporal lógica.
10. Descrever	Aborda um sistema, objeto ou fenômeno, em termos de características de seus constituintes ou dos deslocamentos espaçotemporais desses constituintes.
11. Usar linguagem representacional	Utiliza inscrição para representar ideias próprias.
12. Explicar	Estabelece relação causal entre fenômeno observado e conceitos teóricos e/ou condições de execução do experimento para dar sentido a esse fenômeno.
13. Argumentar	Usa evidências para suportar uma conclusão que está em cheque, provisória. Ou ainda quando o estudante utiliza recursos linguísticos para persuadir o leitor.
14. Exemplificar	Apresenta modelo teórico ilustrado pelos dados específicos.
15. Opinar	Apresenta uma opinião pessoal, bem sinalizada.
16. Definir / Conceituar	Atribui significado a algum conceito de forma explícita.
17. Generalizar	Elabora descrições ou explicações que são independentes de um contexto específico.
18. Usar dados para avaliar teoria	Apresenta dados para avaliar os enunciados teóricos.
19. Avaliar a consistência dos dados	Pondera a validade dos dados obtidos.

No processo de identificação das práticas epistêmicas nos deparamos com a dificuldade de distinguir as explicações dos argumentos. Segundo Osborne & Patterson (2011) explicitam, essa dificuldade surge porque os argumentos são essenciais para o processo de justificativa e validade de qualquer explicação, pois a depender dos arcabouços teóricos que se têm disponíveis é possível fornecer múltiplas explicações para qualquer fenômeno ou situação. Outro ponto que pode dificultar a nossa compreensão pode ser atribuído ao fato de que as explicações surgem, no contexto do ensino de Ciências, como uma hipótese que poderia explicar um fenômeno. Nesse contexto, o *status* epistemológico da hipótese só é transformado em explicação quando esta resistiu a vários argumentos que almejaram demonstrar sua invalidade, em outras palavras, uma explicação socialmente legitimada como parte do corpo da Ciência resistiu ao confronto com diferentes argumentos.

Para realizar a distinção entre explicações e argumentos, utilizamos a metodologia desenvolvida por Del Corso (2014) a partir dos trabalhos de Toulmin (2006) e Osborne & Patterson (2011). O procedimento realizado consistiu em:

1. Identificação das assertivas que apresentam uma afirmação e a tentativa de explicar ou justificar esta afirmação. Quando houver apenas enumeração de fatos, sem relação de causa e efeito explicitada, estes não serão considerados explicações ou argumentos.
2. Identificação da conclusão da assertiva: Identificação daquilo que se está tentando explicar ou justificar.
3. Análise da assertiva: Quando a intenção da assertiva for convencer, esta está relacionada a um Argumento. Quando a intenção for deixar um fenômeno mais claro, apresentar as causas que levaram ao desenrolar deste fenômeno, trata-se de uma Explicação.
4. Identificação de diferentes motivadores: Quando houver hipóteses explicativas concorrentes, uma em relação à outra, explicita ou implícita, a assertiva está relacionada a um argumento. Quando houver motivos que se somem para explicar e não concorram como hipóteses explicativas, esta se relaciona a uma explicação.
5. Análise da assertiva: Se a assertiva estiver sob contestação, se houver conclusões concorrentes, trata-se da conclusão de um argumento. Se a assertiva

não estiver sob contestação, se não houver dúvida, se não houver conclusão concorrente, trata-se do explanandum de uma explicação.

6. Análise da relação de plausibilidade entre os elementos: as premissas e as entidades invocadas para validar e dar força à explicação são menos certas que o fato ou fenômeno a ser explicado. Em oposição, o pressuposto básico da definição do que vem a ser um argumento é que suas premissas são consistentes e não são questionáveis, ao passo que as conclusões são pouco sólidas.

7. Tentativa de correspondência ao modelo modificado de Toulmin (2006): após identificarmos um argumento, buscamos estruturá-lo no layout adaptado de Toulmin, como proposto por Para as assertivas identificadas como Argumentos haverá a tentativa de reestruturação no layout adaptado de Toulmin (2006) como proposto por Driver et al., (2000), Zohar & Nemet (2002) e Erduran et al. (2004). A correspondência permite revisitar a origem e natureza dos Dados (D), das Conclusões (C) e Justificativas (J).

Durante o processo de produção das categorias para análise das práticas epistêmicas, percebemos que a prática “explicar” apresentava características distintas no conjunto de relatórios: encontramos situações nas quais os alunos estabeleciam uma relação causal entre o fenômeno observado com as condições específicas de execução do experimento, o que chamamos de condições experimentais (por exemplo, um dia de baixa temperatura ambiente ou um dia em que a professora adicionou água ao exeprimento) e encontramos situações nas quais os alunos articulavam o fenômeno observado com o modelo logístico de crescimento populacional (por exemplo, competição intraespecífica).

3.6.2. A produção de explicações

Após percebermos que existia uma diversidade qualitativa de explicações nos relatórios dos alunos, tentamos relacioná-la aos tipos de dados que cada grupo tinha disponível para usar como evidência, o que nos levou a seguinte questão de pesquisa: “Os alunos constroem explicações com garantia nos dados das inscrições literárias produzidas por eles?”

A análise utilizada para responder estas perguntas foi baseada no trabalho de Sandoval (2003), no qual o autor defende que as explicações produzidas pelos alunos são artefatos que revelam tanto a compreensão conceitual como epistêmica que possuem de um determinado campo científico. Para comprovar sua tese, o autor utiliza ferramentas distintas para analisar a compreensão conceitual e a epistemológica dos estudantes, o que permitiu verificar, por exemplo, que os alunos compreendem a teoria da seleção natural, mas têm dificuldades em interpretar diversos e complexos dados que foram disponibilizados.

Para analisar a compreensão conceitual, o autor pontuou as explicações atribuindo um ponto para cada elemento causal que fora articulado pelos alunos. Estes elementos causais foram previamente definidos pelo pesquisador e versavam sobre a teoria da seleção natural (SANDOVAL, 2003).

Já para analisar a compreensão epistêmica, o autor examina se as relações causais (articulação mencionada na análise anterior) são suportadas pelos dados oferecidos aos alunos, estabelecendo também uma pontuação para as explicações produzidas (SANDOVAL, 2003).

Não podemos aqui realizar as mesmas análises, pois há uma diferença grande entre os contextos de produção das explicações. Em nossa pesquisa as inscrições disponíveis eram diferentes para cada grupo de alunos, exatamente por terem sido construídas por eles e porque o fenômeno resultava, também, das características dos indivíduos que compunham cada população de *Lemna sp.*.

Dessa forma, assumindo o presuposto de que os alunos sabiam que deveriam explicar os resultados encontrados por eles, não podemos utilizar uma rubrica com elementos causais pré-definidos por um modelo explicativo, tal como fez Sandoval (2003), já que este modelo não serviria para todos os alunos.

Esse contexto nos impede de analisar a compreensão conceitual separadamente da compreensão epistêmica, visto que o fato dos alunos não

estabelecerem relações causais com a teoria, não significa essencialmente que não a compreenderam, mas pode significar que eles perceberam que ela não servia para os dados que dispunham. Da mesma forma, se os estudantes usaram a teoria para explicar dados que não se ajustam a ela, pode indicar problemas de compreensão conceitual ou epistêmica.

Isso claro, produzimos uma rubrica que agrega todas as relações causais estabelecidas pelos alunos, considerando aspectos teóricos (baseadas no modelo logístico de crescimento populacional), experimentais (baseadas nas condições específicas nas quais o experimento fora realizado) e metodológicos (baseados nos procedimentos de produção dos dados empíricos) (Tabela 5).

Tabela 5 – Rubrica para pontuação dos elementos causais articulados pelos alunos e descrição dos dados que suportariam a articulação estabelecida. Os elementos destacados com * estão associados ao modelo logístico de crescimento.

Elementos causais articulados pelos alunos	**Dados que suportariam a articulação estabelecida**
* Ajuste ao meio	Crescimento populacional inicial baixo ou queda do número de indivíduos.
* Potencial de reprodução	Crescimento populacional próximo do exponencial.
* Disponibilidade de recursos (genéricos)	Quando baixa, crescimento populacional baixo queda do número de indivíduos; quando alta, crescimento elevado.
* Condições ambientais (genéricas)	Quando favoráveis, crescimento. Quando desfavoráveis, queda do tamanho populacional.
* Competição intraespecífica	Ausência de crescimento populacional ou queda do número de indivíduos.
* Capacidade biótica máxima	Estabilização do tamanho populacional sem retomada do crescimento.
Disponibilidade de recursos específicos da condição experimental	Quando baixa, ausência de crescimento ou queda do número de indivíduos; quando alta, crescimento elevado. Mas específicos da situação analisada (luz, água, nutrientes e espaço).
Condições ambientais específicas da condição experimental	Quando favoráveis, crescimento. Quando desfavoráveis, queda do tamanho populacional. Mas específicas para a situação analisada (temperatura, manejo do recipiente, etc.).
Aspectos metodológicos	Dados anômalos, muito fora do padrão encontrado.

Em seguida separamos os relatórios em três categorias, considerando a dinâmica populacional observada por cada grupo de alunos, a saber: 1) ajustada ao modelo explicativo conhecido (modelo logístico de crescimento populacional), 2) parcialmente ajustada ao modelo explicativo e 3) diferente do esperado pelo modelo explicativo.

Nossa unidade de análise se constituiu dos textos nos quais havia explicações: os itens “interpretação” (construído coletivamente) e “conclusão”

(construído individualmente) dos relatórios. Neste momento não trabalhamos com as marcas utilizadas para analisar as práticas epistêmicas dos relatórios, dado que a explicação construída pelos alunos poderia constituir-se de mais de um parágrafo e, dessa forma, separaríamos elementos que podem fazer parte do mesmo raciocínio explicativo.

Isto definido, revimos cada relatório atribuindo “1” (um) ponto para cada relação causal coerente, ou seja, para a qual existitiam dados disponíveis (publicados no relatório) para aquele grupo de alunos (de acordo com a Tabela 4). Para diferenciar quando os alunos não produziam relações causais e quando produziam relações incoerentes com os dados, atribuímos um “0” (zero) para as relações incoerentes e nenhum valor (deixamos a célula em branco) para a ausência de relações causais.

É importante destacar que os dados que suportariam a articulação estabelecida não foram, necessariamente, citados pelos alunos. Estes dados foram definidos a partir da *nossa* análise das inscrições publicadas pelos alunos.

Uma vez atribuídos os valores para cada articulação, estabelecemos a pontuação total de cada explicação somando o número de elementos causais articulados a conceitos teóricos e articulados a aspectos intrínsecos à experimentação (condições experimentais e aspectos metodológicos). Em seguida comparamos a média das pontuações em cada categoria de relatórios.

3.6.3. A construção de argumentos e a natureza das justificativas

No item 3.5.3., verificamos que as explicações produzidas pelos alunos coerentes com seus dados apresentavam diferenças com relação ao tipo de elemento utilizado na relação causal. De acordo com nossa pesquisa, há mais relações causais com elementos associados ao modelo logístico de crescimento quando os dados se ajustam a ele, ao passo que, quando os dados diferem do previsto pelo modelo, os estudantes estabelecem mais relações causais com elementos relacionados à condição experimental.

Assim, defendemos a tese de que o contexto de produção das inscrições literárias forneceu repertório para que os alunos pudessem explicá-las e justificá-las com argumentos, se apropriando das práticas epistêmicas *explicar* e *argumentar*.

Na tentativa de buscar mais evidências para fortalecer esta tese, tecemos as seguintes questões de pesquisa:

1) “Os estudantes justificam suas explicações com argumentos válidos de acordo com práticas epistêmicas da cultura científica?”.

Até agora temos indícios de que os alunos, quando propõem explicações alternativas ao modelo já conhecido, coerentes com dados disponíveis, se apropriaram desta prática epistêmica, aplicando-a adequadamente na produção de relatórios científicos escolares. No entanto, na ciência, as explicações carecem de justificativas (SANDOVAL, 2003; OSBORNE & PATERSON, 2011). Assim, a construção de argumentos para justificar explicações pode indicar que os alunos entenderam os critérios pelos quais estas serão julgadas pela comunidade científica e a finalidade retórica dos argumentos, se apropriando das práticas epistêmicas *explicar* e *argumentar*.

2) “Qual é a natureza dos dados utilizados por eles para justificar suas conclusões sobre a dinâmica populacional investigada?

Considerando que as evidências utilizadas para justificar conclusões podem ser de natureza empírica ou teórica (ERDURAN et al., 2004), ao investigá-las teremos mais informações sobre o papel do contexto de produção dos dados na construção de explicações e argumentos.

Assim, para proceder nossa análise, selecionamos, nas três categorias de relatórios produzidos pelos alunos, todas as explicações coerentes com os dados disponíveis nas inscrições literárias publicadas por eles.

Revimos cada explicação atribuindo o valor “1” (um) quando o aluno apresentava justificativa explícita, ou seja, produzia argumento para defendê-la e “0” (zero) para quando não o fazia. Uma vez atribuídos os valores para cada argumento, comparamos o número e a frequência de explicações associadas ao modelo explicativo e às condições específicas de experimentação (utilizando classificação realizada na análise anterior), sem justificativas e com justificativas, em cada categoria de relatórios.

Em seguida, utilizamos a ferramenta de análise da estrutura dos argumentos proposta por Toulmin (2006) (Figura 1), agrupando a garantia e o apoio num único elemento, a justificativa (ERDURAN et al.,2004; OROFINO, 2011) para então identificar sua natureza.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir apresentaremos os resultados encontrados articulando-os com o conhecimento disponível na literatura, buscando compreender em detalhes o caso estudado. O capítulo se incia com a caracterização da produção dos alunos durante a atividade de investigação sobre crescimento populaciuonal de Lemna sp. e em seguida se divide de acordo com a sequência das nossas perguntas de investigação.

4.1. A produção dos alunos e o *continuun* evidência-explicação

4.1.1. Coletando dados

A coleta de dados foi planejada coletivamente, com a mediação da professora. Alguns atributos da população investigada dificultavam a contagem ou estimativa do tamanho populacional, tais como o tamanho diminuto dos indivíduos, a movimentação dos indivíduos com a mínima ondulação da superfície da água, a facilidade com que as plantas “grudavam” em qualquer material que encostasse nelas, assim como o elevado número de indivíduos esperado para os últimos dias de observação. Quando um aluno sugeriu que tirássemos fotos da população ao longo do tempo, a grupo prontamente concordou com a sugestão.

A princípio os alunos pareciam estar satisfeitos com a proposta de um colega para fotografarmos no primeiro e no último dia de pesquisa, somente. Neste momento precisei fazer mediações, esclarecendo que se tivéssemos dados apenas do momento inicial e final, nada poderíamos dizer sobre como a população se coportou ao longo deste período. Nesta ocasião aproveitei para relacionar a situação com o caso dos elefantes marinhos estudados a partir do artigo científico *Demography of Notthern Elephant Seals*, 1911-1982 (Cooper & Stewart, 1983), no qual os autores apresentam um gráfico com grandes intervalos de tempo entre uma coleta e outra, e discutimos sobre os problemas que isto acarreta para a pesquisa.

Em seguida, precisei mediar uma discussão para que acordássemos de quanto em quanto tempo os alunos deveriam tirar fotos do experimento para que contassem os indivíduos a partir da imagem.

Com as fotos em mãos cada grupo de alunos decidiu como definir o tamanho da população em cada dia. Percebi que a decisão tomada por cada grupo dependeu do tamanho final da população e da distribuição dos indivíduos no espaço. Por exemplo, quando o número de indivíduos na população final era muito grande, os alunos optavam por trabalhar com amostragem para não ter que lidar com a tarefa de contar os vários indivíduos um a um. Caso os indivíduos estivessem aglomerados num dos cantos do recipiente, os alunos se viram obrigados a contar cada indivíduo, pois se adotassem a amostragem do canto vazio, subestimariam o tamanho da população, e caso amostrassem o canto povoado, superestimariam o tamanho da população. Como dito, essas decisões foram tomadas por cada grupo após discussão entre os integrantes e mediação da professora para esclarecer os prós e contras de cada procedimento.

A narrativa presente no item "Metodologia" de cada relatório nos dá informações sobre as decisões tomadas por cada grupo. Segue trecho dos relatórios 3 e 14, grupo nos quais os alunos optaram pela contagem um a um:

"Observamos durante 15 dias, tiramos fotos para facilitar a conta dos mortos e vivos, com as fotos impressas criamos uma maneira de contar as lemnas, dividimos em partes a população para facilitar:

[7]

Após contar a população, somamos e comparamos os 15 dias observados."

(Relatório 3 – Marcas 3, 4 e 5)

[7] A imagem apresentada ilustra a divisão da fotografia em quatro partes com dados fictícios, utilizada neste relatório com o intuito de ilustrar a coleta dos dados. Neste momento os alunos ainda não estão apresentando seus dados.

"Ao longo de quase três semanas, observamos o crescimento das lemnas. Para isso, foi necessária a contagem delas, ao final dessas semanas. Essa contagem foi feita de um em um indivíduo. As fotos dos potes que possuíam muitas lemnas, a contagem foi muito difícil, então dividimos o pote em dois, depois somamos os resultados. Para certificarmos que a contagem estava correta, outro aluno contava novamente as lemnas. Caso o resultado não batesse com o anterior, era feito uma média." (Relatório 14 – Marca 5)

Como o tamanho da população não atingiu os valores esperados de acordo com as características da espécie, quando acabou o período de observação ainda havia espaço na maior parte dos recipientes, o que facilitou a contagem dos indivíduos um a um. Desta forma, poucos grupos adotaram procedimentos de amostragem, como descrevem os relatórios 17 e 18:

"Para contarmos os indivíduos dividimos a foto em 4 quadrantes e nomeamos com letras (A, B, C, D) e contamos sempre o quadrante C em seguida multiplicamos esse valor por quatro." (Relatório 17 – Marca 2)

"Contamos as lemnas dividindo 4 partes iguais e contamos apenas o quadrado superior da direita, multiplicamos por 4 e tivemos os resultados. Fizemos isso com todos os dias." (Relatório 18 – Marca 5)

Como as ferramentas para amostragem foram anteriormente trabalhadas na sequência didática, podemos aqui discutir sobre a utilização das mesmas pelos alunos neste momento.

Podemos considerar a amostragem uma ação mediada por ferramentas culturais (instrumentos e signos), conforme o termo fora empregado por Wertsch (1998) para referir-se aos recursos disponíveis numa determinada cultura para a ação dos indivíduos.

O uso das ferramentas culturais depende dos conceitos de domínio e apropriação[8] (WERTSCH, 1998). O domínio está relacionado com a forma como os sujeitos usam as ferramentas culturais, e pode ser avaliado pelo grau de facilidade com que essas ferramentas são usadas. Já o conceito de apropriação está relacionado com o processo pelo qual os sujeitos escolhem e inserem as ferramentas em suas ações. Em resumo, o domínio é definido como "saber usar uma ferramenta cultural" (WERTSCH, 1998, p. 50), e apropriação como "tomar algo do outro e torná-lo seu próprio" (p. 53).

A situação que estamos analisando traz indícios de que nos grupos que realizaram a amostragem, os alunos dominavam as ferramentas e signos necessários para a ação, uma vez que conseguiram executá-la com sucesso, atingindo seus propósitos. Para além do domínio, não podemos afirmar que os alunos se apropriaram das ferramentas utilizadas, dado que o exercício de amostragem conduzido pela professora fazia parte da mesma sequência didática, do mesmo contexto de ensino-aprendizagem. Soma-se a isto o fato da professora ter trabalhado apenas uma técnica de amostragem e, portanto, os alunos talvez não tivessem repertório suficiente para escolher uma determinada ferramenta.

Ainda sobre o processo de transformação dos dados em evidências, todos os grupos tiveram que decidir "o que" contariam como um indivíduo na população investigada. Como pode ser observado na imagem a seguir, cada indivíduo pode apresentar um número variado de frondes (folhas) conforme propagação vegetativa. Quando muito próximos uns dos outros, somente pela imagem não é possível definir a qual indivíduo cada fronde pertence. Desta forma, todos os grupos perceberam que a única possbilidade de contagem, a partir de fotos, era por fronde. Somente um grupo relatou esta decisão no relatório:

"Através de fotos tiradas durante os dias de experimento, contamos a população de Lemnas por folhas e não por plantas." (Relatório 13 – Marca 3)

[8] Estes termos foram utilizados por Wertsch em substituição ao conceito de internalização, caracterizado por Vigotski como uma reconstrução interna de uma atividade externa. Ou seja, numa reorganização das atividades mediadas pelos signos, o que pressupõe a incorporação da cultura pelo sujeito e, ao mesmo tempo, a reconfiguração do próprio sujeito (Giordan, 2005).

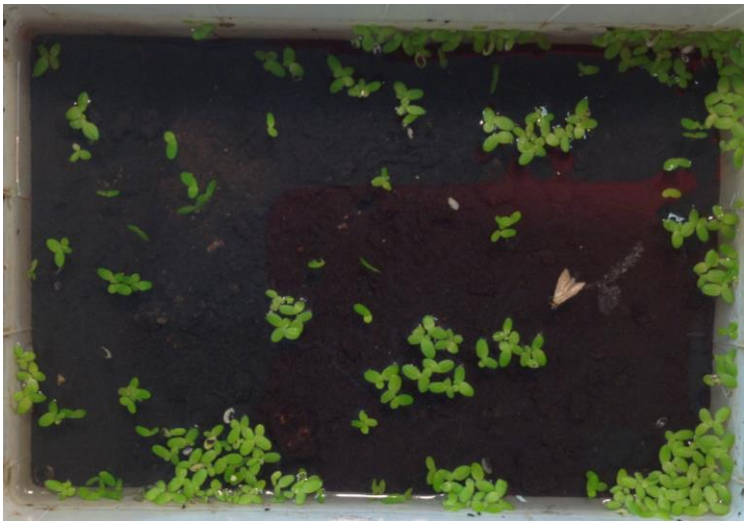


Figura 11 – Imagem da população de *Lemnas* do grupo 13 no último dia de observação.

4.1.2. Dos dados ao padrão

Para a produção do relatório científico, os alunos receberam a orientação para, no item “Resultados”, descrever os resultados encontrados na forma que o grupo achasse mais representativo daquilo que fora observado (desenhos, fotos, tabelas, gráficos, símbolos, etc.). O tipo e a quantidade de inscrições utilizadas dependeram somente das negociações entre os integrantes de cada grupo. Minhas mediações como professora aconteceram para auxiliá-los na construção e interpretação das inscrições escolhidas pelos alunos.

Por fim, todos os relatórios utilizaram algum tipo de inscrição literária no item “Resultados”, um apresentou inscrição também no item “Metodologia” e outro, no item “Interpretação”. A síntese referente ao número e tipos de inscrições utilizados encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Inscrições utilizadas em cada relatório analisado.

Número do relatório	**Inscrições utilizadas**					**Tipos de inscrições utilizados**
	Foto	**Desenho**	**Símbolos**	**Tabela**	**Gráfico**	
1	1				1	2
2					1	1
3	11	1	1	2	1	5
4					1	1
6					1	1
7	4			1	2	3
8					1	1
9				1	1	2
10			1	1		2
11	3				1	2
12	2				1	2
13				1	1	2
14	11				1	2
15	4			1	1	3
16				1	1	2
17	11			1	1	3
18					1	1
Total	**8**	**1**	**2**	**8**	**17**	

A natureza das inscrições utilizadas no conjunto dos relatórios é diferente. A proximidade entre o fenômeno original e as várias inscrições (foto, desenho, símbolo, tabela e gráfico) é diferente (ROTH & POZZER-ARDENGHI, 2013). A fotografia traz ao leitor muitas semelhanças com o objeto de estudo (população de Lemnas), mas ao mesmo tempo também traz detalhes daquele objeto específico (o ambiente em que ele se encontra, p.e.) que podem desviar a interpretação. Já o desenho apresenta apenas as características que a maior parte das populações possui e que foram selecionadas para focar a atenção do leitor e, portanto, pode representar ou generalizar a população. Na tabela há um foco ainda maior para as características de interesse do pesquisador, no caso, número de indivíduos em função do tempo, (informação não disponível na fotografia ou desenho), mas o leitor não tem mais acesso às características dos indivíduos que compõem a população, tais como cor, tamanho e localização no ambiente. Por fim, o gráfico permite ao leitor a visualização do comportamento da população ao longo do tempo, mas com as escalas que foram utilizadas pelos alunos não permite ao leitor acessar o número bruto de indivíduos num determinado momento.

A compreensão das potencialidades e limitações de cada tipo de inscrição exige a aprendizagem das práticas sociais envolvidas nas suas transformações (ROTH & POZZER-ARDENGHI, 2013).

Dos 17 relatórios analisados, 16 apresentaram pelos menos um gráfico, indicando que os alunos realizaram um *continuum* de transformações das inscrições produzidas entre o mundo natural e a linguagem verbal: mundo natural > foto > tabela > gráfico > linguagem verbal. De acordo com Roth & Pozzer-Ardenghi (2013), este *continuum* parte de uma situação menos abstrata e rica em detalhes, para uma representação muito abstrata e com menos detalhes.

Considerando a importância das práticas de inscrição para a alfabetização científica, Bowen et al. (1999) acreditam que os alunos somente alcançarão uma interpretação efetiva de um gráfico se já tiverem suficiente participação em práticas de inscrição, durante as quais conhecerão os diversos processos de transformação dos dados empíricos até o gráfico. Por esta razão os autores defendem que os estudantes devam participar de atividades que os permitam aumentar suas capacidades interpretativas (referentes à ferramenta cultural) e, ao mesmo tempo, fornecer recursos interpretativos (referentes ao conhecimento sobre o referente).

Desta forma, levando-se em conta as estratégias didáticas adotadas, assim como a produção de inscrições dos alunos, acreditamos que a sequência de ensino por investigação desenvolvida nesta pesquisa permitem aumentar as capacidades de interpretação das inscrições, contribuindo então para a alfabetização científica dos alunos.

Fotos

Apesar de todos os grupos terem trabalhado com imagens da população para contar o número de indivíduos em cada dia do experimento, apenas oito grupos utilizaram-nas nos relatórios. As fotografias foram utilizadas quando os alunos faziam referência à cor e tamanho dos indivíduos ou à ocupação do espaço (se os indivíduos estavam aglomerados ou dispersos pelo recipiente).

Como fotos são inscrições muito próximas ao fenômeno em si, a maioria dos alunos não fez distinção entre os registros fotográficos e o objeto ao qual se referiam. Três exemplos deste uso das inscrições podem ser notados nos relatórios a seguir:

"Os resultados obtidos foram que com o passar dos dias as Lemnas foram se multiplicando, as folhas ficaram mais largas, compridas e foram ganhando uma cor mais forte, mas também pudemos observar algumas mortes de indivíduos. Podemos observar estes dados[9] nas fotos abaixo." (Relatório 11 – Marca 4)

[9] Os dados apresentados nas imagens foram selecionados e organizados de tal forma que constituem evidências para as conclusões dos alunos.

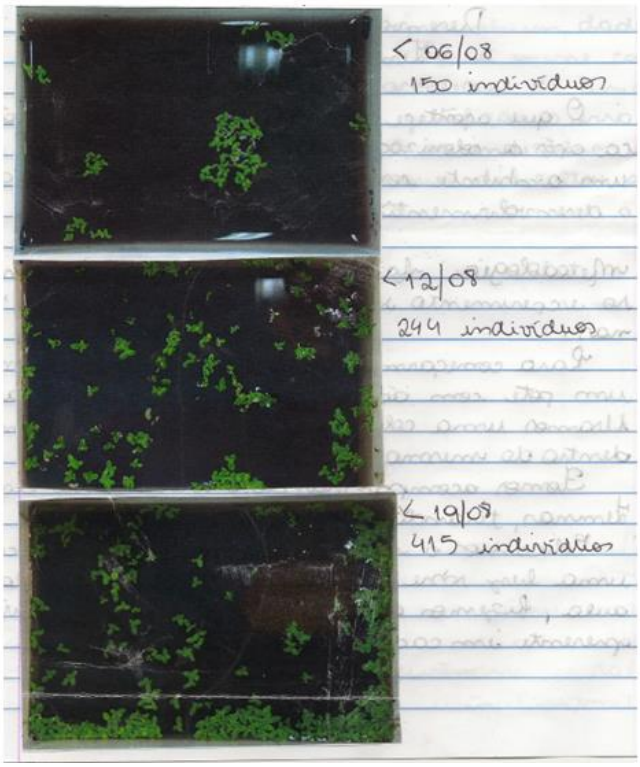


Figura 12 – Foto da população de Lemnas em três momentos ao longo da investigação publicadas no relatório 11.

"As fotos nos mostram o crescimento da população. No último dia notamos a população mais verdinha, gordinha e uma maior quantidade de indivíduos, o que demonstra saúde." (Relatório 12 – Marca 6)

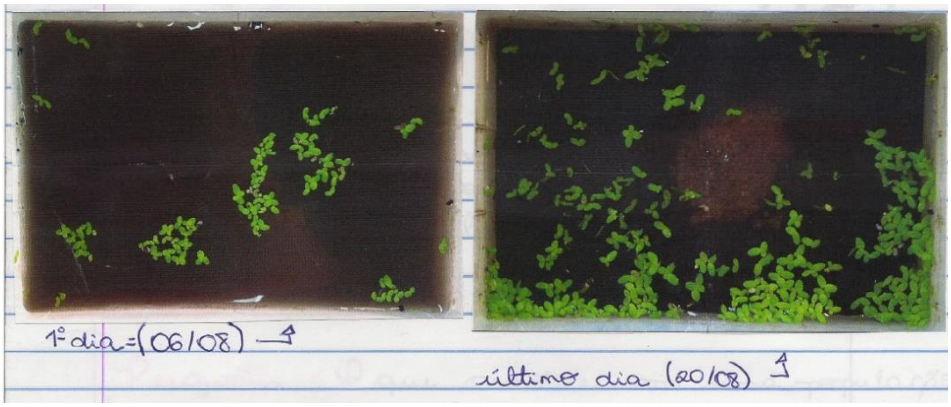


Figura 13 – Foto da população de Lemnas em dois momentos ao longo da investigação publicadas no relatório 12.[10]

[10] Novamente os dados apresentados nas imagens foram selecionados e organizados de tal forma que constituem evidências para a inferência realizada pelos alunos de que as plantas estão saudáveis.

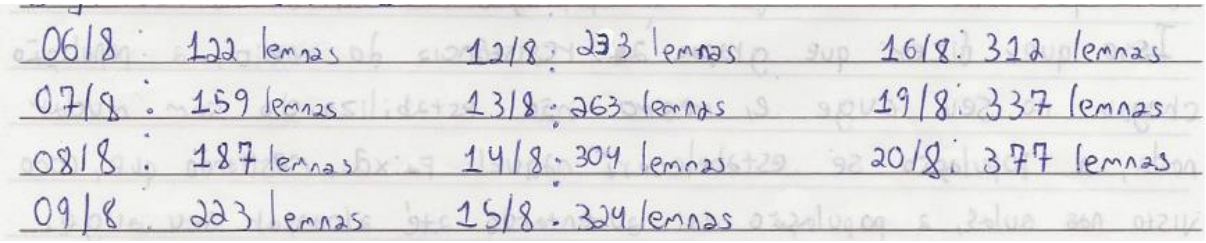
Este tipo de citação em que o aluno não distingue a inscrição do fenômeno descrito e interpretado por eles, pode demonstrar que eles acreditam que a imagem "fala por si" e que a inscrição citada possui as características do fenômeno observado e analisado, podendo dar indícios da emergência de uma importante propriedade da inscrição na cultura científica: substituir o fenômeno (LATOUR & WOOLGAR, 1997).

Tabelas

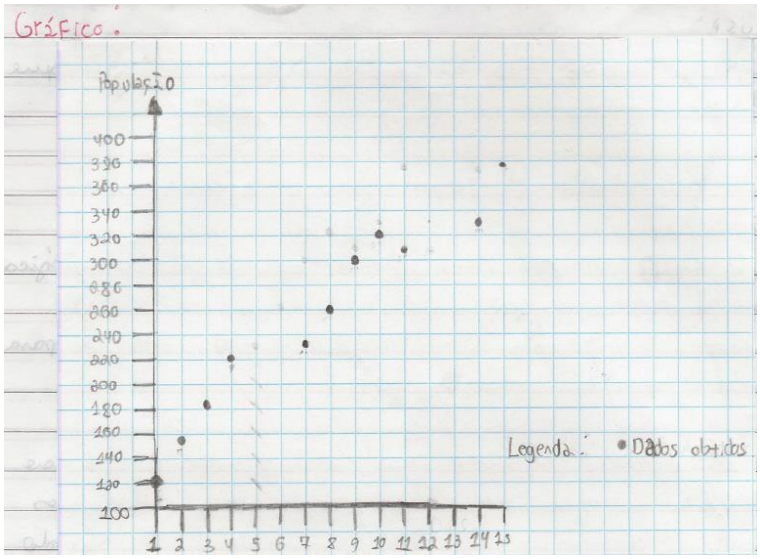
Dos oito relatórios que utilizaram tabela para mostrar os resultados da investigação, sete também construíram gráficos. O uso destas duas inscrições se mostrou redundante em três relatórios (9, 16 e 17), pois os alunos não utilizaram os valores apresentados na tabela na interpretação dos resultados, focando a análise no comportamento da população ao longo do tempo, o que é melhor representado pelos gráficos. Apesar disso, podemos supor que utilizar a tabela foi uma forma de demonstrar como o gráfico foi construído, uma vez que esta inscrição é derivada da transformação de uma tabela. Ou seja, todos os grupos produziram tabelas, mas apenas alguns as publicaram. Nos outros quatro relatórios há evidências de que os alunos souberam utilizar os dados das duas inscrições em situações diferentes: Ao descrever os resultados encontrados, os alunos se remetiam aos valores da tabela para quantificar o número de indivíduos em determinado dia da investigação, já quando se referiam à dinâmica populacional ao longo do tempo, citavam as curvas do gráfico, onde já não existia a precisão numérica, mas a tendência de crescimento, queda ou estabilização é mais clara. Esta distinção de uso é nítida no relatório 13 a seguir:

"Resultados

Foram tiradas 11 fotos nas 2 semanas e obtivemos os seguintes resultados:



06/8: 122 lemnas	12/8: 233 lemnas	16/8: 312 lemnas
07/8: 159 lemnas	13/8: 263 lemnas	19/8: 337 lemnas
08/8: 187 lemnas	14/8: 304 lemnas	20/8: 377 lemnas
09/8: 223 lemnas	15/8: 324 lemnas	



Interpretação

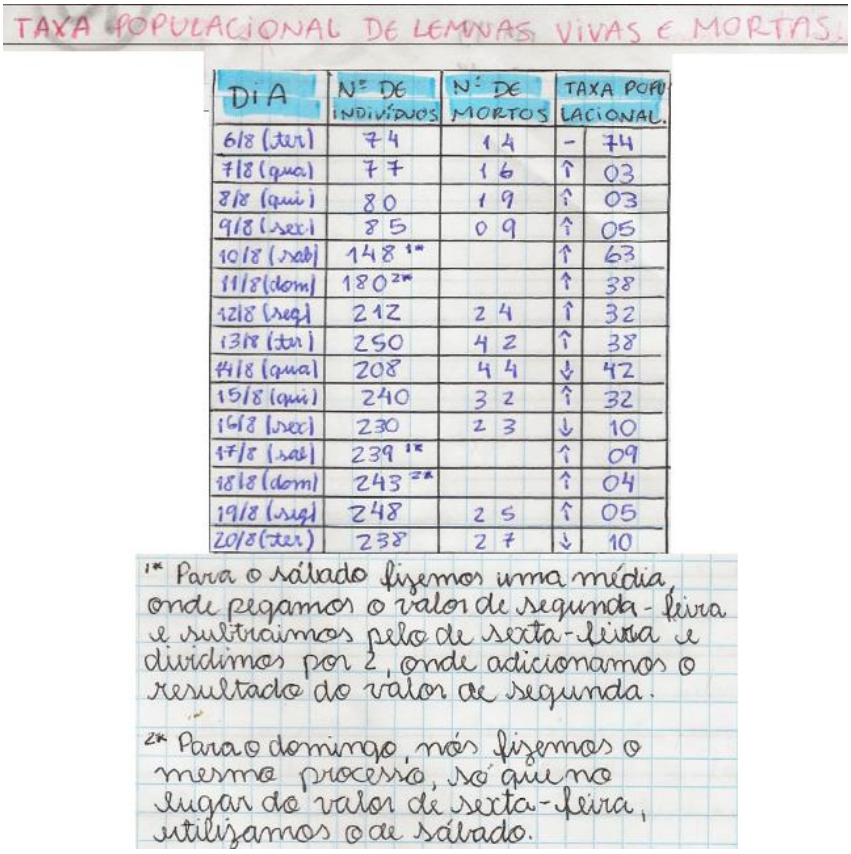
A população de Lemnas no dia 6/08 estava com 122 folhas. No decorrer do trabalho de 15 dias, podemos observar o crescimento constante da população. No começo do dia 1 ao dia 7 do experimento, a população cresceu muito, indo de 263 à 304 folhas, mostrando que sua ocupação no espaço está relacionada aos seus recursos, que nesse caso era abundante.

Já nos outros dias, a população cresceu tanto como na primeira semana, reforçando a hipótese de recursos, tanto que nos últimos dias a população variou muito...” (Relatório 13 – Marcas 4 a 7).

No primeiro parágrafo os alunos citam o número de indivíduos da população para provar que esta estava em franco crescimento nos primeiros dias de experimentação. Os valores citados só podiam ser acessados na tabela, dado que a escala gráfica utilizada por eles foi muito pequena. Já no segundo parágrafo, os alunos utilizam o gráfico para mostrar que a hipótese de crescimento associado à

disponibilidade de recursos é válida, pois a população continuou crescendo, tanto que seu tamanho variou muito nos últimos dias.

O relatório do grupo 10 foi o único que utilizou apenas a tabela para expressar os resultados obtidos, no entanto, a inscrição construída não se limitou às variáveis “dia” e “nº de indivíduos”, como nos demais grupos. Para produzirem uma tabela capaz de indicar o comportamento da população ao longo do tempo, os alunos contaram o número de indivíduos mortos e também calcularam a variação do tamanho populacional a cada dia de experimento, a qual denominaram de “taxa populacional” na quarta coluna da tabela a seguir:



TAXA POPULACIONAL DE LEMNAS VIVAS E MORTAS.

DIA	Nº DE INDIVÍDUOS	Nº DE MORTOS	TAXA POPULACIONAL	
6/8 (ter)	74	14	-	74
7/8 (qua)	77	16	↑	03
8/8 (qui)	80	19	↑	03
9/8 (sex)	85	09	↑	05
10/8 (sab)	148 1*		↑	63
11/8 (dom)	180 2*		↑	38
12/8 (seg)	212	24	↑	32
13/8 (ter)	250	42	↑	38
14/8 (qua)	208	44	↓	42
15/8 (qui)	240	32	↑	32
16/8 (sex)	230	23	↓	10
17/8 (sab)	239 1*		↑	09
18/8 (dom)	243 2*		↑	04
19/8 (seg)	248	25	↑	05
20/8 (ter)	238	27	↓	10

1* Para o sábado fizemos uma média, onde pegamos o valor de segunda-feira e subtraímos pelo de sexta-feira e dividimos por 2, onde adicionamos o resultado do valor de segunda.

2* Para o domingo, nós fizemos o mesmo processo, só que no lugar do valor de sexta-feira, utilizamos o de sábado.

Figura 14 – Tabela publicada no relatório 10 (Marca 4).

Aqui é importante destacar a preocupação e habilidade do grupo em preencher a tabela de tal forma que pudessem analisar o comportamento da população ao longo do tempo. Para indicar se houve incremento ou queda populacional, o grupo utilizou setas para cima ou para baixo ao lado da variável “taxa populacional”, com exceção do primeiro dia de observação, para o qual utilizaram “--”.

Além do uso de símbolos, estes alunos fizeram cálculos matemáticos para prever o tamanho populacional aos sábados e domingos, quando não houve coleta de dados. Este procedimento evidencia práticas epistêmicas importantes da cultura científica, visto que os alunos elaboram uma previsão a partir de uma hipótese de que a taxa de crescimento populacional foi constante ao longo do final de semana. No entanto, visto por outra perspectiva, há aqui uma incrongruência em relação ao trabalho científico, uma vez que os alunos utilizaram uma previsão, fruto de uma interpretação, no lugar do dado.

Uma possível interpretação para esta situação é que aqui se evidencia uma hibridação das culturas escolar e científica. Como discutido anteriormente, a comunidade escolar também se constitui como uma cultura particular, com suas práticas sociais e epistêmicas características. Assim, a alfabetização científica não pode pressupor a reprodução fiel da cultura científica no ambiente escolar (BRICKHOUSE, 2008).

Scarpa (2009) sugere que a cultura escolar regula o acesso dos estudantes à cultura científica, desta forma, podemos supor que os alunos não sabiam como lidar com uma tabela de cédulas vazias (fins de semana), pois não se trata de uma situação comum na cultura escolar[11]. Ao proceder com o intuito de solucionar o problema, os alunos se envolveram com algumas práticas epistêmicas da cultura científica e atingiram o objetivo escolar.

Vale ressaltar que os alunos destacaram na tabela os valores produzidos por estes procedimentos interpretativos e esclareceram como foram produzidos (o raciocínio utilizado para a estimativa foi descrito nas observações), indicando que também reconheciam que os valores expressos ali eram de natureza distinta dos demais.

Podemos concluir que a tabela produzida por este grupo agrega diferentes tipos de informações para apresentar aquilo que foi conhecido empiricamente. Desta forma, a inscrição construída pelos alunos permite comunicar o fenômeno observado por eles, indicando que compreenderam o papel da inscrição como forma de formalizar semioticamente o fenômeno estudado.

[11] Dos oito grupos que publicaram uma tabela como inscrição literária, apenas um (nº 17) resolveu o problema da falta de dados nos finais de semana deixando as cédulas do número de indivíduos correspondentes em branco.

Gráficos

Com exceção do relatório 10 descrito anteriormente, todos os demais (16 relatórios) utilizaram o gráfico para representar o fenômeno estudado. Acreditamos que os gráficos foram priorizados pelos alunos, pois em momentos anteriores a professora priorizou análises de dinâmicas populacionais utilizando este tipo de inscrição (p.e., o artigo científico que trata da dinâmica de elefantes marinhos utiliza gráficos para expressar e analisar o fenômeno estudado) e, desta forma, é possível supor que a maior parte dos alunos entendeu que dinâmica populacional deve ser representada graficamente.

Do conjunto dos gráficos apresentados pelos alunos, destacamos dois procedimentos importantes na transformação de uma tabela em gráfico: a construção da escala temporal e a representação da curva.

Com relação à construção da escala temporal, percebemos que os alunos tiveram que lidar com o seguinte problema: ao longo do tempo de experimento, ocorreram dois finais de semana e, portanto, devido à dinâmica do cotidiano escolar, foram períodos em que os alunos ficaram sem dados do tamanho populacional.

Ao construir a tabela, isto não significava um problema, dado que os alunos podiam, simplesmente, não indicar os finais de semana, como fizeram os alunos no relatório 13 descrito acima. Outra possibilidade seria indicar a data ou dia do experimento e deixar a célula correspondente ao tamanho populacional sem dados, como fizeram os autores do relatório 17 exemplificado a seguir. No entanto, ao construir o gráfico, todos os alunos tiveram dificuldades para lidar com esta ausência de dados, o que revela o desconhecimento dos diversos processos de transformação dos dados empíricos até o gráfico.

Muitos grupos produziram, primeiramente, gráficos nos quais a escala temporal não indicava os finais de semana, outros me questionavam sobre o que fazer com os finais de semana. Quando isto ocorreu, como professora da classe, precisei fazer intervenções individualmente nos grupos de trabalho e também coletivamente, com toda a turma, ressaltando a importância de se representar todos os dias do experimento, independente de termos dados para todos eles. Nestas mediações construí alguns gráficos na lousa simulando a curva de crescimento populacional com e sem a representação dos finais de semana na escala temporal para evidenciar a distorção causada na leitura.

O resultado deste processo de questionamentos e mediações foi a adequação de todas as inscrições produzidas e a opção, da maior parte dos grupos, de diferenciar os dias em que os dados foram coletados, daqueles nos quais o tamanho populacional foi determinado empricamente, como nos relatórios 1 e 17 a seguir.

Com relação à construção da curva, os relatórios apresentam três opções adotadas pelos alunos: 1) não traçar a curva; 2) traçar a curva ligando os pontos; e 3) traçar a reta média entre os pontos.

Para os grupos 1 e 13 a visualização de um padrão estava nítida apenas com os pontos plotados no plano cartesiano dado os valores coletados e as escalas adotadas para a construção do gráfico (Figura 15); para 13 grupos, ligar os pontos em sequência temporal no plano cartesiano foi uma estratégia para evidenciar algum padrão já conhecido (Figura 16); ao passo que para outros dois grupos (9 e 15), a construção de uma reta média foi a melhor alternativa para destacar o padrão dos dados (Figura 17).

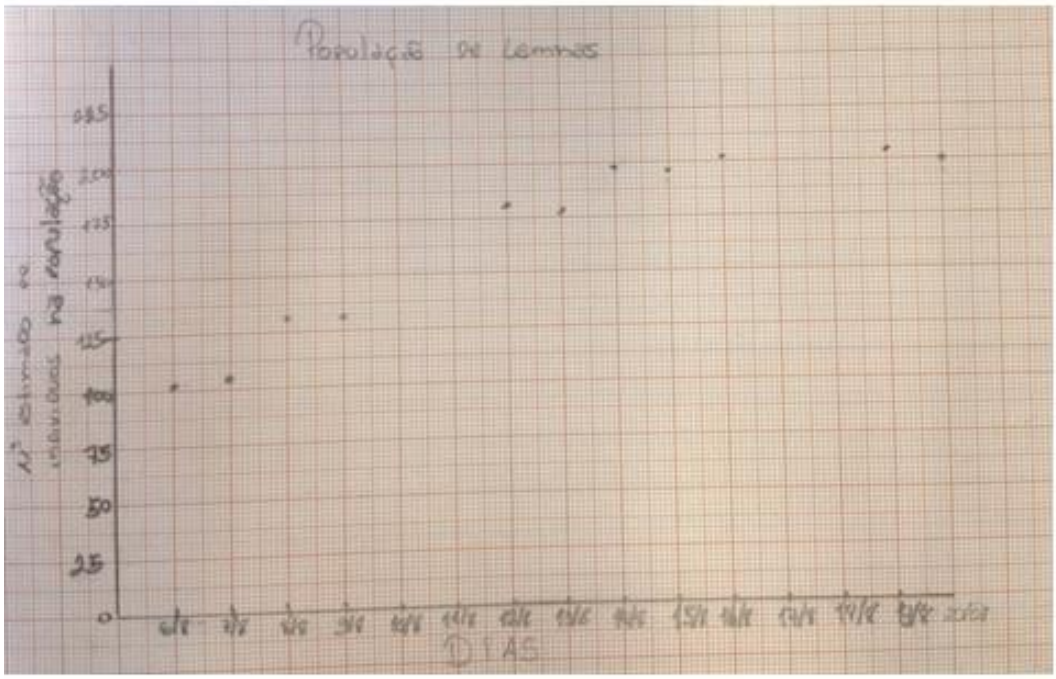


Figura 15 – Gráfico publicado no relatório 1 (Marca 4). Nesta inscrição, os dados plotados no plano cartesiano são suficientes para evidenciar um crescimento populacional segundo o modelo logístico.

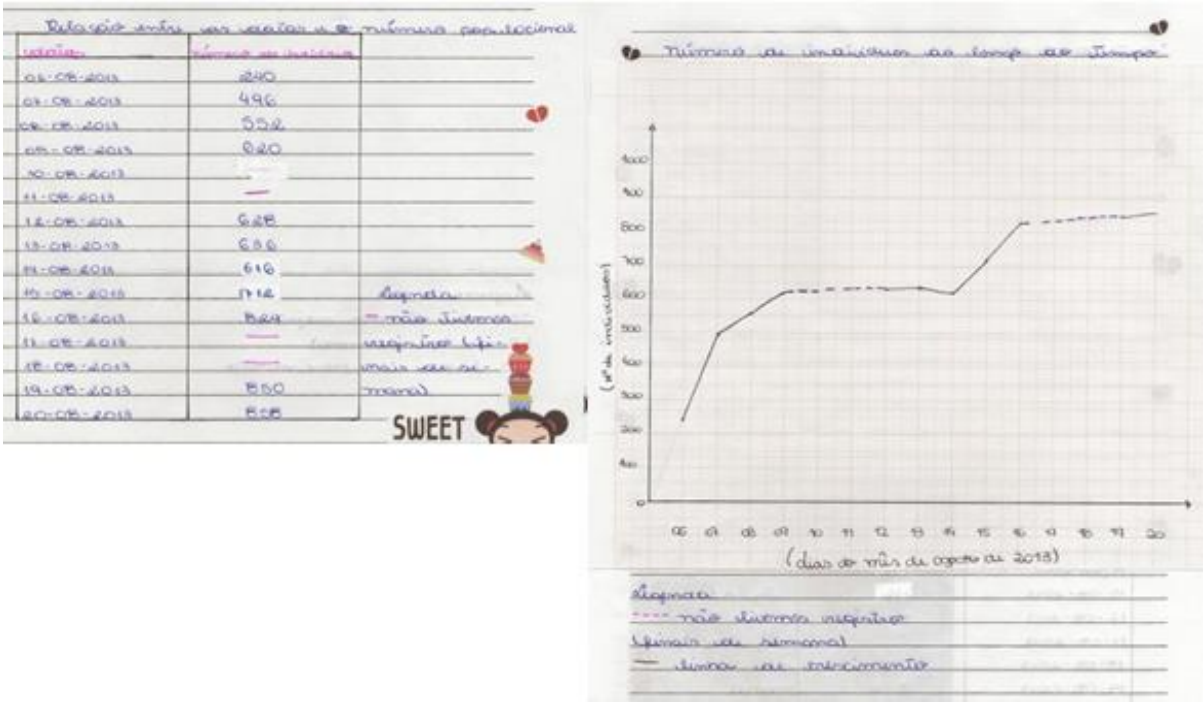


Figura 16 – Tabela e gráfico publicados no relatório 17 (Marca 4 e 5, respectivamente). Nesta inscrição, os alunos ligaram os pontos plotados no plano cartesiano buscando evidenciar algum padrão nos dados.

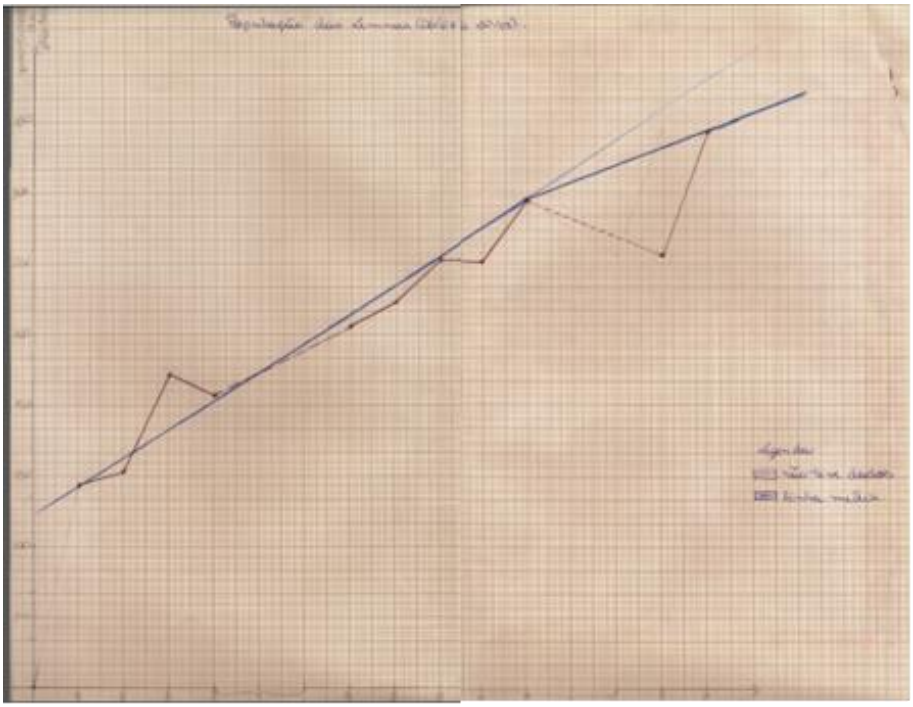


Figura 17 – Gráfico publicado no relatório 9 (Marca 4). Nesta inscrição, os alunos traçam a reta média dos dados plotados no plano cartesiano evidenciando um crescimento populacional com fases semelhantes ao modelo logístico de crescimento.

O gráfico construído pelo grupo 9 (Figura 17) demonstra que esses alunos se apropriaram da ferramenta utilizada no artigo *Demography of Notthern Elephant Seals, 1911-1982* (Cooper & Stewart, 1983), discutido em sala de aula no início da sequência didática sobre dinâmica populacional. No artigo, os autores utilizam gráficos com retas médias para representar o crescimento populacional em cada ilha investigada e, em algumas delas, há mais de uma reta, representando a taxa de crescimento da população em momentos diferentes (crescimento acentuado ou mais lento) (Figura 5). No gráfico do relatório 9 os alunos adotaram a mesma estratégia, traçando uma reta para a primeira fase do crescimento populacional (mais inclinada), e uma segunda reta na fase final do experimento (menos inclinada).

Voltando a considerar a estrutura do *continuum* evidência-explicação proposta por Kelly & Duschl (2002), aqui podemos abordar como os alunos se apropriaram dos dados e foram analisando-os e adequando-os para que pudessem interpretá-los e usá-los como evidência para justificar ideias.

Analisando o gráfico, podemos supor que os alunos tentaram evidenciar o padrão dos dados ligando-os em sequência temporal, o que foi infrutífero e levou a estratégia de traçar a reta média. Para construí-la os alunos precisaram classificar os dados obtidos em fato ou artefato, irrelevante e anômalo. Apenas a inscrição final não nos permite afirmar qual foi a “classificação” dada pelos alunos, mas podemos perceber que alguns dados não foram considerados para definir a inclinação da reta. A hipótese é que ao ligarem os pontos, os alunos perceberam que alguns pontos estavam “fora” da curva e, então, desconsideraram-os na definição da inclinação da reta.

Se estamos supondo que a construção da reta média permite distinguir a evidência de artefatos, dados irrelevantes ou anômalos, significa que sua construção pode ter sido orientada pelo conhecimento que os alunos já tinham do modelo de crescimento logístico. Analisando apenas o relatório final, não conseguimos perceber se os alunos usaram o modelo logístico para encontrar algum padrão nos dados, ou para explicar o padrão encontrado.

É importante destacar que na interpretação dos dados os alunos se preocuparam em explicar a tendência representada pela reta média, e não mais pelos valores do tamanho populacional em cada dia de observação, indicando que

para esses alunos a inscrição produzida substituiu o fenômeno investigado empiricamente. Podemos notar isto no trecho:

"(...) Depois houve uma grande queda, pelo mesmo fato, e teve um crescimento, que a partir da reta (azul) no gráfico, podemos concluir que a população está se estabilizando, por causa da redução de espaço, devido ao crescimento da população.".

A conclusão de que a população está se estabilizando, a partir dos dados do gráfico apresentado só é possível quando observamos a reta média. Desta forma, temos aqui outro indício do uso da inscrição tal qual é feito na cultura científica, substituindo o fenômeno (LATOUR & WOOLGAR, 1997).

Roth (2002) realizou um estudo para mostrar como cientistas passam a usar gráficos de tal modo que não mais os distinguem do objeto ao qual estão relacionados. O autor refere-se a este processo como o desaparecimento da ferramenta. À medida que os cientistas participam de processos de transformação do mundo material em dados e representações visuais, estas vão se tornando transparentes ao seu olhar, desaparecendo.

Em 2013, Roth realizou um estudo considerando o processo de materialização de dados (produção de inscrição) uma forma de descontextualização e, desta forma, somente aqueles que conhecem o contexto no qual os dados foram produzidos conseguem realizar o processo inverso, acessar o fenômeno representado pelas inscrições literárias (recontextualização) (ROTH, 2013).

Portanto, é importante destacar que a transparência da ferramenta mediadora, assim como a capacidade de acessar um fenômeno a partir das inscrições, só se torna possível a partir de um longo processo de familiarização entre o sujeito, fenômeno e ferramentas mediadoras. Nesta nossa pesquisa, as inscrições produzidas, assim como a forma utilizada pelos alunos para citá-las e/ou interpretá-las, nos indicam que o processo investigativo favoreceu a familiarização dos estudantes com as inscrições e forneceu repertório para que os alunos pudessem transitar das representações para o fenômeno em si, recontextualizando-as.

4.2. As categorias de relatórios produzidos pelos alunos

Cada grupo de 3 ou 4 alunos, totalizando 18, produziu um relatório com os itens: pergunta, metodologia, resultados e interpretação que foi entregue à professora. Em seguida, cada integrante do grupo produziu uma conclusão individual para o relatório que fora escrito coletivamente. Um dos grupos (5) não conseguiu atender o tema e a estrutura do relatório e foi excluído das análises realizadas. Desta forma, temos 17 relatórios, cada um com mais de uma conclusão, totalizando 50 produções individuais, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Número de conclusões individuais em cada relatório analisado.

Número do relatório coletivo	Número de conclusões individuais
1	3
2	2
3	3
4	3
6	2
7	3
8	3
9	4
10	3
11	3
12	3
13	4
14	2
15	3
16	2
17	4
18	3

Organizamos os relatórios em três categorias a depender do tipo de resultados que cada grupo obteve: cujos dados são totalmente, parcialmente ou não

ajustados ao modelo de crescimento populacional logístico. Esta organização será importante na análise das práticas epistêmicas e do uso de evidências pelos alunos, pois sendo este um dos modelos vigentes na ecologia, foi trabalho em sala de aula pela professora e, desta forma, era o modelo explicativo conhecido pelos alunos ao analisar seus dados.

O modelo de crescimento logístico de uma população foi proposto pelo matemático Verhurst em 1837. Este modelo supõe que uma população poderá crescer até um limite máximo, a partir do qual tende a se estabilizar (Figura 18). O modelo proposto por Verhurst atende a uma condição em que a taxa de crescimento efetiva de uma população varia ao longo do tempo. Para espécies animais de vida livre, por exemplo, a disponibilidade de alimento, abrigo e água, é um fator limitante para o crescimento populacional. Esse limite máximo sustentável é denominado capacidade de suporte (ou de carga) em ecologia. Assim, quando a população tende à capacidade de suporte, tem-se que o crescimento é 0 (zero) e o tamanho da população permanece estável. O que se espera que ocorra é que haja ou uma elevação da taxa de mortalidade devido à competição por recursos ou uma redução da taxa de natalidade.

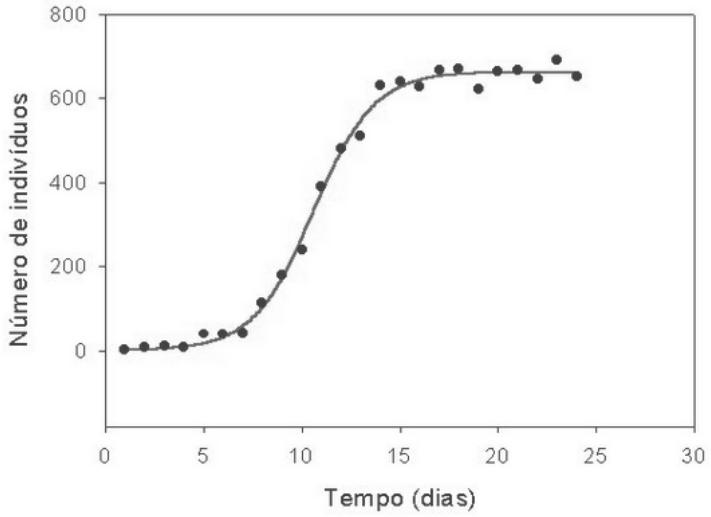


Figura 18 – Representação gráfica do modelo de crescimento logístico proposto para explicar o crescimento de populações biológicas em ambientes naturais.

Para classificar os relatórios dos alunos verificamos se o gráfico publicado por eles apresentava as três fases de crescimento previstas pelo modelo (início lento,

seguido de um momento de crescimento acelerado e, por fim, crescimento nulo). No caso do relatório 10, como os alunos não publicaram um gráfico, nós utilizamos a tabela produzida por eles e construímos o gráfico correspondente.

Quando encontramos as três fases de crescimento, classificamos como “relatório com dados que se ajustam totalmente ao modelo logístico de crescimento”, como nos exemplos a seguir:

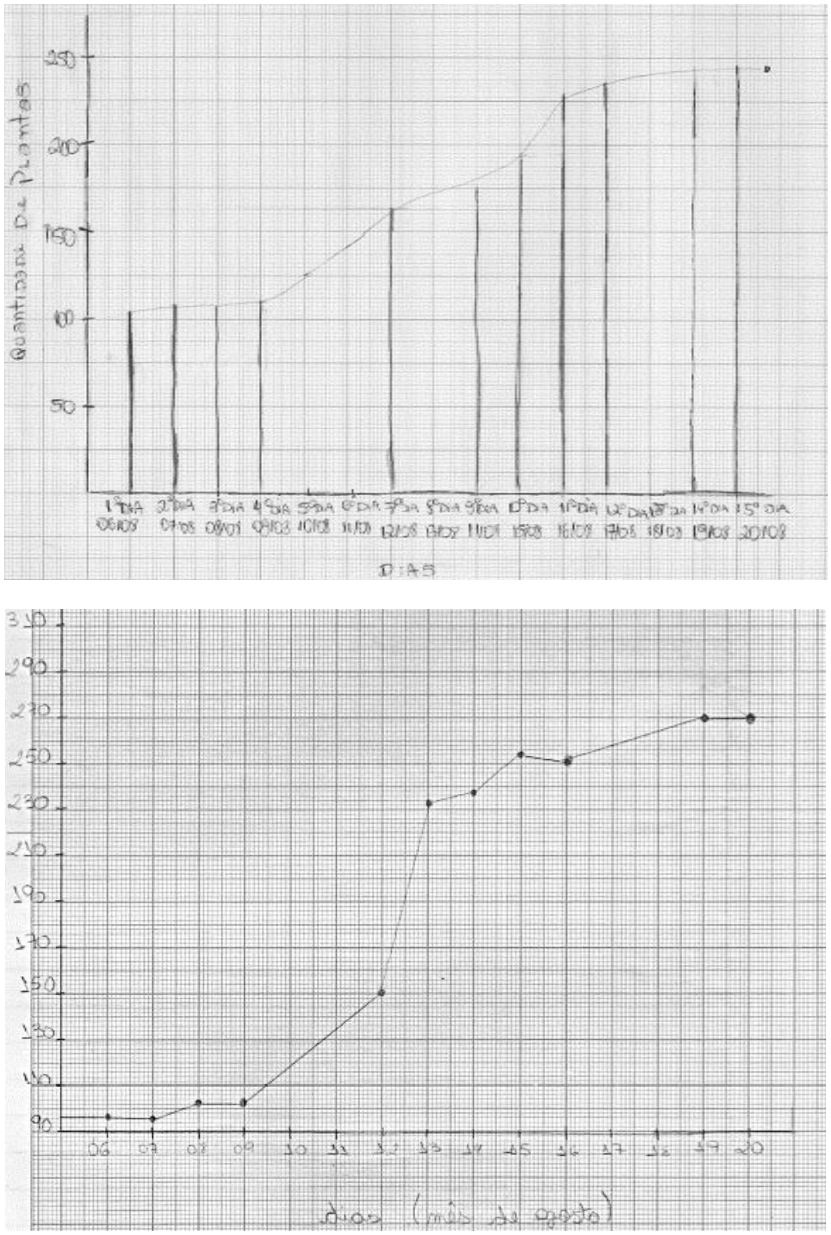


Figura 19 – Exemplos de gráficos cujos dados se ajustam ao modelo logístico de crescimento de uma população. Relatórios 1 e 14, respectivamente.

Quando não encontramos uma das fases do crescimento previsto pelo modelo logístico, ou ainda quando o gráfico possuía *outliers* (pontos distantes da curva) classificamos como “relatório com dados que se ajustam parcialmente ao modelo logístico de crescimento”, como nos exemplos a seguir:

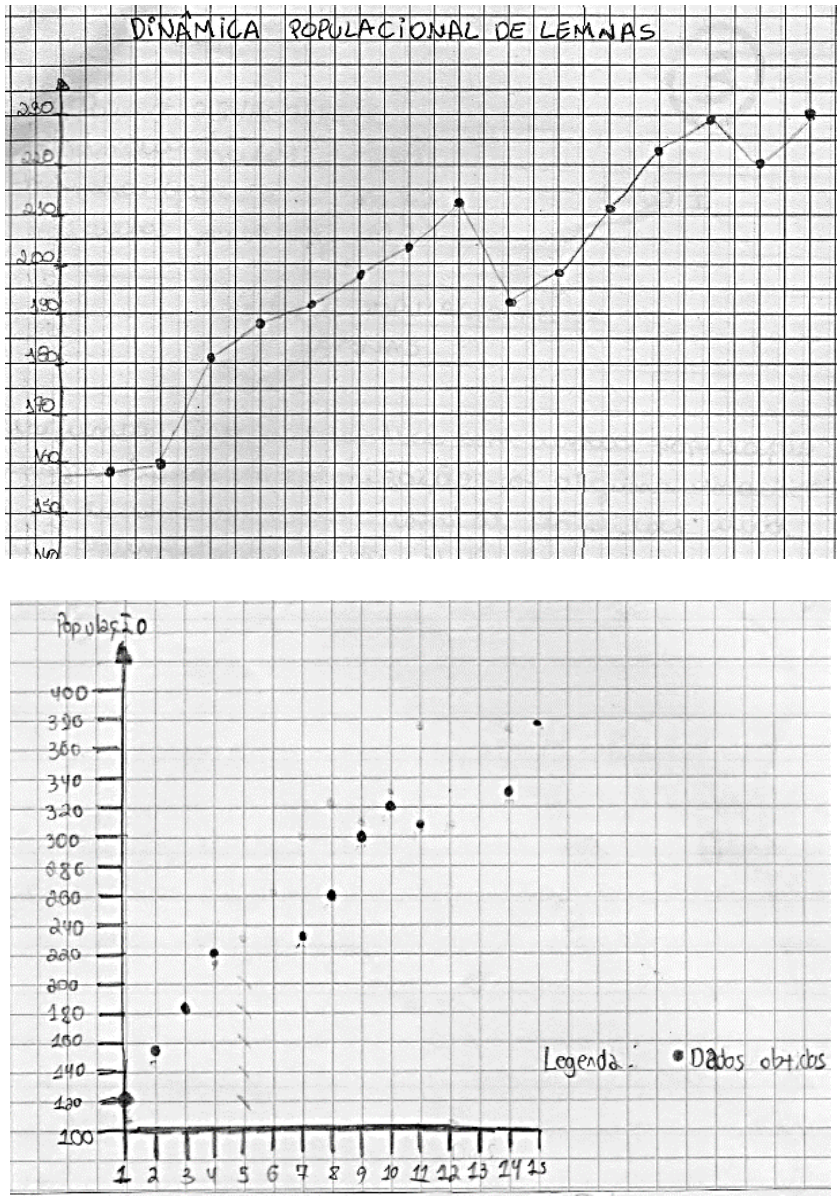
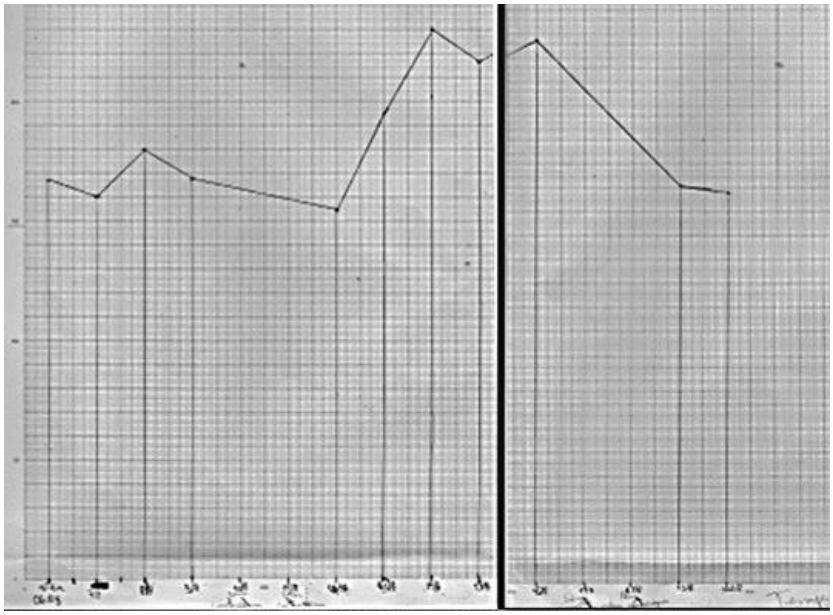


Figura 20 – Exemplos de gráficos cujos dados se ajustam parcialmente ao modelo de crescimento logístico de uma população. Relatórios 3 e 13, respectivamente.

Por fim, quando nenhuma das fases de crescimento previstas pelo modelo logístico, classificamos como “relatório com dados que não se ajustam ao modelo logístico de crescimento”, como nos exemplos a seguir:



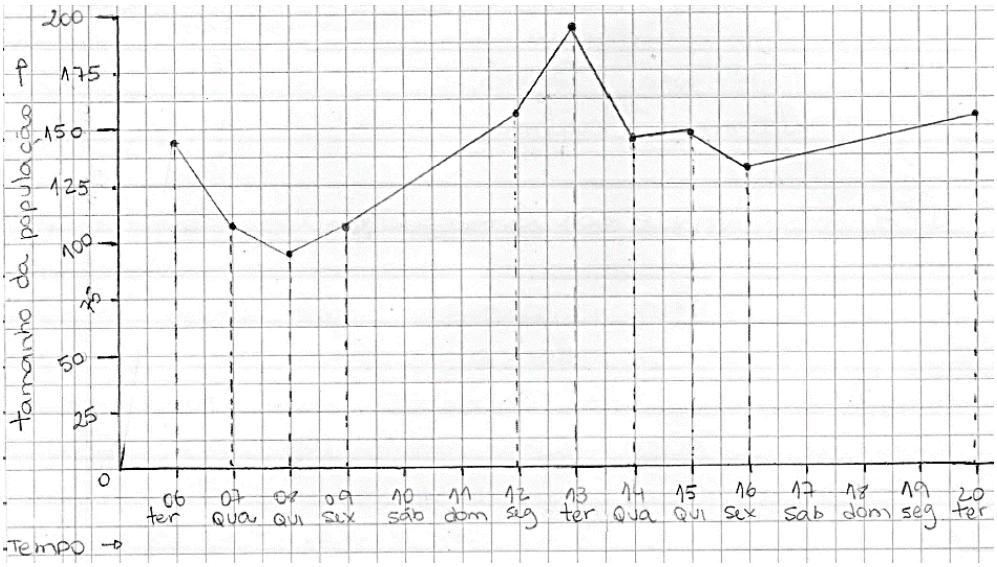


Figura 21 – Exemplos de gráficos cujos dados se ajustam parcialmente ao modelo logístico de crescimento de uma população. Relatórios 4 e 12, respectivamente.

Em síntese tivemos a seguinte distribuição dos relatórios nas três categorias:

Tabela 8 – Grupos de relatórios de acordo com o tipo de dado coletado pelos alunos

Relatórios cujos dados, em relação ao modelo logístico de crescimento,		
se ajustam totalmente	**se ajustam parcialmente**	**não se ajustam**
1, 2, 6, 10 e 14	3, 7, 9, 11, 13 e 16	4, 8, 12, 15, 17 e 18

4.3. As práticas epistêmicas nos relatórios dos alunos

Iniciaremos a apresentação dos resultados referentes às práticas epistêmicas detalhando nossa análise para dois relatórios e suas respectivas conclusões individuais e, a seguir, faremos uma descrição global das práticas epistêmicas evidenciadas no conjunto dos relatórios (Tabela 9).

As práticas epistêmicas do relatório 1

RELATÓRIO 1

MARCA 1

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

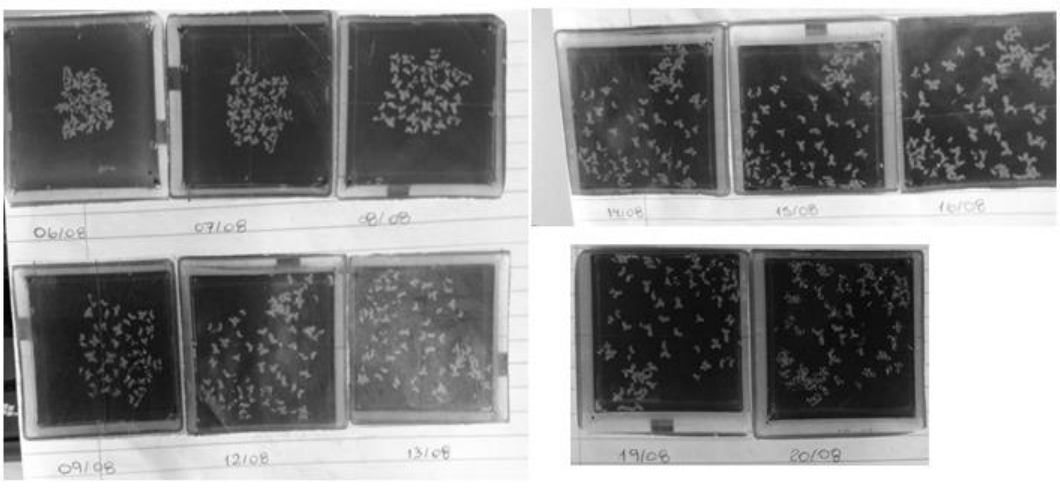
MARCA 2

Metodologia

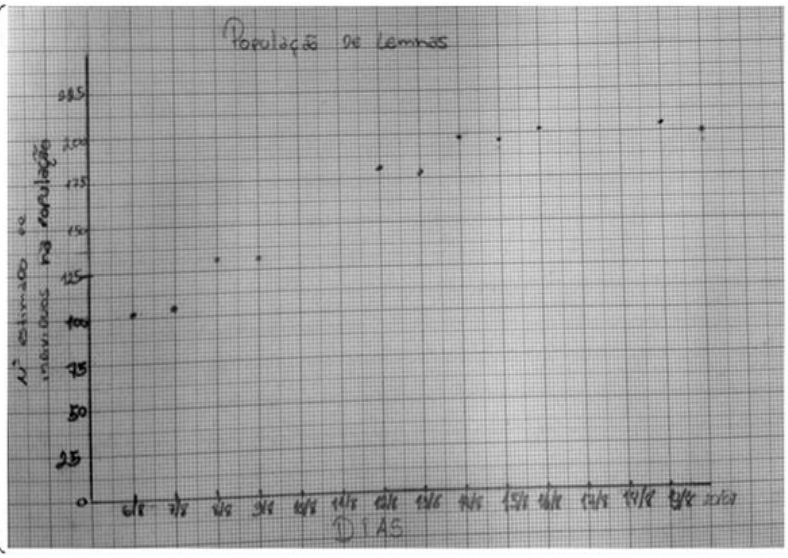
Ao iniciar o trabalho recebemos um potinho onde colocamos água, terra e as lemnas, o potinho recebia luz de uma lamparina diariamente. A pesquisa durou 15 dias, de segunda a sexta tiramos fotos e contamos todos os indivíduos da população.

MARCA 3

Resultados



MARCA 4



MARCA 5

Na primeira semana da pesquisa da população de Lemnas houve um grande crescimento. Durante a 2ª semana algumas lemnas morreram com isso o crescimento se estabilizou.

Interpretação

MARCA 6

Durante a 1ª semana de pesquisa, houve um crescimento na população. Isso ocorreu devido a luz que as Lemnas recebia para realizar a fotossíntese e também os nutrientes que estavam na terra que foi dissolvida na água.

MARCA 7

Já na 2ª semana da pesquisa na população de Lemnas houve uma estabilização e uma redução. A morte de algumas Lemnas pode ter ocorrido por não ter suportado a uma semana de frio ou a falta de nutrientes devido a grande quantidade de Lemnas na população.

CONCLUSÃO 1.1

MARCA 8

A população cresce por um tempo com a ajuda dos nutrientes e o clima, mas a população também estabiliza devido à falta de nutrientes pelo acúmulo de população e ao clima que pode mudar a qualquer instante.

CONCLUSÃO 1.2

MARCA 9

A população de Lemnas se desenvolveu, ou seja, cresceu. Só que em um certo momento houve um grande crescimento da população. Após o dia seguinte percebemos que a população diminuiu e estabilizou. A diminuição da população ocorreu devido a falta de nutrientes pois havia muitos indivíduos e poucos nutrientes e também pela semana fria que tivemos e algumas Lemnas não conseguiram resistir ao frio.

MARCA 10

A população de lemnas conseguiu se desenvolver pois recebia luz diariamente para realizar a fotossíntese e também utilizava os nutrientes da terra que estava dissolvido na água para se desenvolverem.

CONCLUSÃO 1.3

MARCA 11

Na população de Lemnas houve um crescimento grande e rápido, mas durante a 2ª semana algumas Lemnas morreram, no final da pesquisa a população se estabilizou.

MARCA 12

No primeiro dia iniciou com 115. O dia houve maior número de Lemnas foi 211. E o dia mais baixo depois da estabilização foi 201. Final da pesquisa: sobreviveram 201 e morreram 21.

Marca 1

Os alunos iniciam o relatório com a pergunta geradora da investigação. Como já descrito, esta pergunta foi dada aos alunos na aula que inicia a atividade de investigação. Apesar do texto não ser uma produção dos alunos, eles retomaram a pergunta no relatório, o que para nós é uma evidência de *problematização*, uma vez que todo o desenvolvimento da produção escrita objetiva responder a pergunta inicial.

Marca 2

Aqui os alunos utilizam a *prática narrativa* para contar ao leitor quais foram os procedimentos realizados com o objetivo de responder a pergunta de investigação.

Marca 3

Sob o título "Resultados", os alunos apresentam as fotos tiradas dos recipientes montados para acondicionar as *Lemnas* e coletar os dados referentes ao crescimento populacional das mesmas. Aqui há uma evidência de que os alunos estão *construindo dados*, uma vez que as imagens são datadas e dispostas em sequência temporal, dando ao leitor a possibilidade de inferir que houve crescimento populacional, mesmo sem conhecer o número de indivíduos no início e no final da experimentação.

Marca 4

Quando há produção de um gráfico, entendemos que os alunos estão construindo dados, uma vez que houve a contagem do número de indivíduos nas fotos tiradas em diferentes datas. Nesta inscrição literária, como os alunos relacionam a variável "número de indivíduos" com a variável independente "data", entendemos que há *construção de dados*, já que dá ao leitor a oportunidade de visualizar a dinâmica populacional e identificar as diferentes fases do crescimento.

Marca 5

Quando os alunos afirmam que "Na primeira semana da pesquisa da população de Lemnas houve um grande crescimento. Durante a 2ª semana algumas lemnas morreram com isso o crescimento se estabilizou", eles estão abordando a

dinâmica populacional em termos de características de seus constituintes (número de indivíduos), mais especificamente da alteração destes constituintes (cresceu ou estabilizou), o que evidencia a prática epistêmica de *descrever*.

Além da descrição, encontramos também evidências de uma *explicação*, dado que os alunos afirmam que a causa da estabilização do crescimento foi a morte de algumas Lemnas ("algumas lemnas morreram com isso o crescimento se estabilizou").

Marca 6

Neste parágrafo os alunos retomam os dados obtidos na investigação utilizando novamente a *descrição* ("Durante a 1ª semana de pesquisas, houve um crescimento na população."), mas demonstram uma preocupação em explicar os dados obtidos. Ao explicar, os estudantes estabelecem relações causais entre o fenômeno observado e o conhecimento teórico que já possuíam ("Isso ocorreu devido a luz que as lemnas recebiam para realizar a fotossíntese ...") ou com as condições específicas da situação investigada ("Isso ocorreu devido a ... os nutrientes que estavam na terra que foi dissolvida na água.")

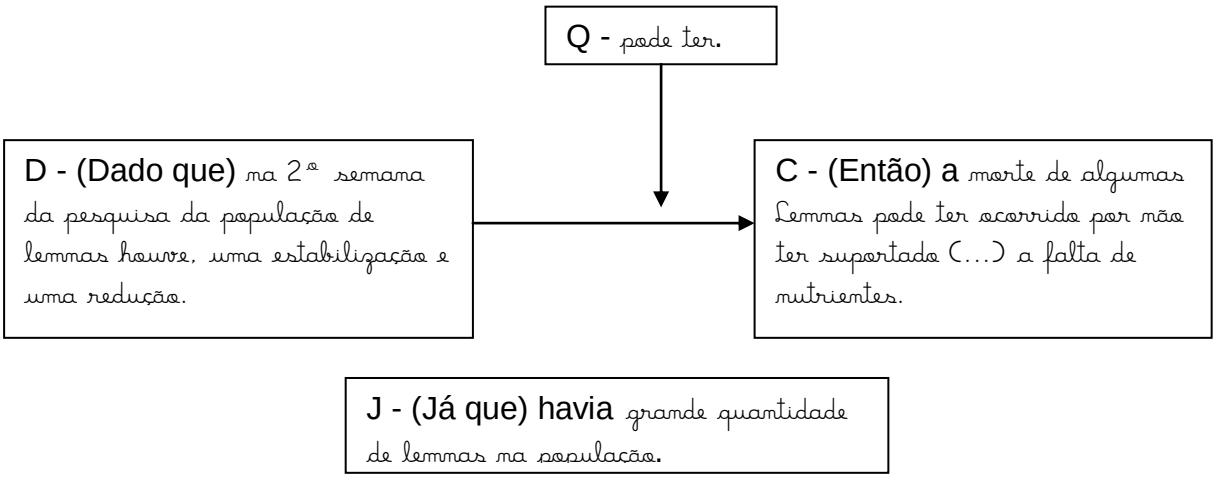
Marca 7

O segundo parágrafo da "Interpretação" apresenta evidências das práticas epistêmicas *descrever*, *explicar* e *argumentar*.

A descrição fica evidente quando, novamente, os alunos retomam os dados obtidos ("Já na 2ª semana da pesquisa da população de lemnas houve, uma estabilização e uma redução."). Em seguida os alunos apresentam as explicações para os fenômenos observados: a estabilização e a redução da população, segundo eles, "pode ter ocorrido por não ter suportado a uma semana de frio ou a falta de nutrientes". A falta de nutrientes, diferente da percepção de que estava frio durante aquela semana, é uma inferência e de acordo com as práticas epistêmicas da

ciência, precisa ser justificada. Para isso os alunos utilizam uma evidência ("a grande quantidade de lemnas na população"), produzindo então um *argumento*.

Utilizando o layout do Toulmin para a estrutura do argumento teríamos:



Marca 8

Este parágrafo é a conclusão individual de um dos integrantes do grupo e consideramos que o aluno retoma a produção coletiva, sintetizando-a, e traz evidências da repetição de duas práticas epistêmicas já identificadas no relatório, a *explicação* e a *argumentação*.

A explicação aparece quando o aluno apresenta as causas para o crescimento da população ("A população cresce por um tempo com a ajuda dos nutrientes e o clima"), assim como para a estabilização ("... mas a população também estabiliza devido à falta de nutrientes... e ao clima que pode mudar a qualquer instante").

A argumentação é muito semelhante àquela presente na marca 7. Aqui também o estudante utiliza a evidência ("acúmulo de população") se referindo ao acúmulo de indivíduos para justificar sua conclusão ("... a população também estabiliza devido à falta de nutrientes").

Marca 9

Nesta marca se inicia outra conclusão individual e, assim como na anterior, o estudante retoma a produção coletiva, sintetizando-a, e traz evidências da repetição

de três práticas epistêmicas já identificadas no relatório, a *descrição*, a *explicação* e a *argumentação*.

A *descrição* aparece quando o aluno escreve "A população de Lemnas se desenvolveu, ou seja, cresceu. Só que em um certo momento houve um grande crescimento da população. Após o dia seguinte percebemos que a população diminuiu e estabilizou.", dado que ele aborda a dinâmica populacional em termos de características de seus constituintes (número de indivíduos), mais especificamente da alteração destes constituintes ao longo do tempo (cresceu, diminuiu ou estabilizou).

Em seguida evidenciamos a *explicação*, uma vez que o estudante procura estabelecer as causas para os fenômenos observados. Para ele, "A diminuição da população ocorreu devido a falta de nutrientes ... e também pela semana fria que tivemos e algumas Lemnas não conseguiram resistir ao frio.". Novamente a causa da diminuição das Lemnas ("a falta de nutrientes") carece de justificativa e, ao lançar mão de uma evidência para isso ("pois havia muitos indivíduos") , o aluno constrói um *argumento*.

Marca 10

Neste parágrafo o aluno retoma o fenômeno que não fora explicado ("A população de lemnas conseguiu se desenvolver") na marca anterior para fazê-lo. A causa apontada para o desenvolvimento da população foi "pois recebia luz diariamente para realizar a fotossíntese e também utilizava os nutrientes da terra que estava dissolvido na água para se desenvolverem.".

Marca 11

A última conclusão dos integrantes deste grupo apresenta evidências apenas da prática epistêmica descrever. Aqui se percebe que o aluno identifica os padrões nos dados, caracterizando a dinâmica populacional investigada ("Na população de

Lemmas houve um crescimento grande e rápido, mas durante a 2ª semana algumas Lemmas morreram, no final da pesquisa a população se estabilizou.”).

Marca 12

Nesta marca o aluno continua caracterizando o fenômeno observado. A diferença para a marca anterior é que aqui o aluno apresenta alguns valores brutos referentes ao tamanho da população para *descrever* a dinâmica populacional (“No primeiro dia iniciou com 115. O dia houve maior número de Lemmas foi 211. E o dia mais baixo depois da estabilização foi 201. Final da pesquisa: sobreviveram 201 e morreram 21.”).

As práticas epistêmicas do relatório 2

RELATÓRIO 2

Pergunta

MARCA 1

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

MARCA 2

Com base na contagem de cada dia, que começou dia 16/08 e foi até dia 13/08, podemos afirmar que a população está aumentando.

Metodologia

MARCA 3

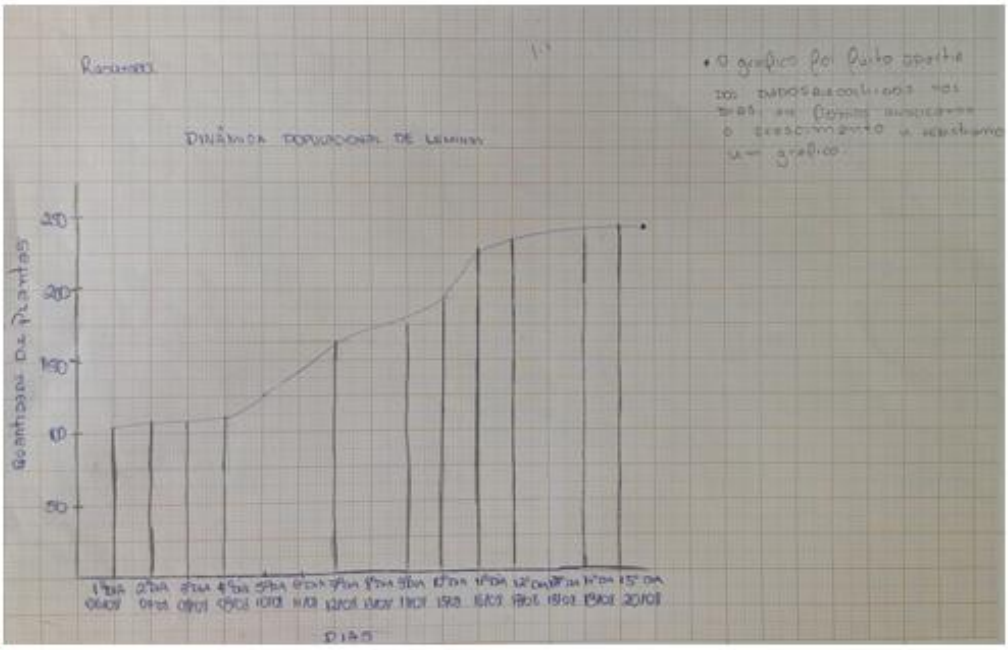
No começo do nosso experimento nós recebemos um " pote" que colocamos água, terra (nutrientes) e Lemnas. Depois de colocarmos as Lemnas no " pote" deixamos em cima da bancada recebendo luz. Fomos acompanhando e tirando fotos durante o período de experimento com as Lemnas. Durante esse experimento vimos a população crescer e fomos registrando a quantidade de Lemnas que apareceu.

MARCA 4

Ao longo do registro, fomos contando uma por uma das lemnas, para registrar melhor, construímos um gráfico com índice de crescimento das lemnas do primeiro dia ao décimo quinto dia (06/08 a 20/08). Ficamos analisando elas por 15 dias e não contamos os finais de semana.

Resultados

MARCA 5



Interpretação

MARCA 6

O índice de crescimento da nossa experimento é: do primeiro ao quarto dia de experimento (06/08 a 09/08), teve um leve crescimento das plantas, pelas nossas contas cresceu de 123 à 133 plantas nesse período, pois ao transferirmos as lemnas de um ambiente para outro, pode ser que tenha interferido no crescimento da população.

MARCA 7

Do quarto dia ao décimo primeiro dia de experimento (09/08 a 16/08), teve um grande crescimento da população, as plantas cresceram de 133 a 220, pois as plantas se adaptaram ao novo ambiente e o novo ambiente estava fornecendo luz, água, nutrientes e espaço.

MARCA 8

Do décimo primeiro dia ao décimo quinto dia (16/08 à 20/08), as plantas voltaram a ter um crescimento leve, cresceram de 220 a 245, pois já não havia mais espaço para a população crescer.

Conclusão 2.1

MARCA 9

Com base na contagem de cada dia, que começou dia 16/08 e foi até 20/08, a população aumentou de 123 a 245, pois no início as Lemnas estavam reconhecendo o local, a luz e o " pote" para fazer a fotossíntese e aumentar a população.

MARCA 10

Depois de conhecer o local, as Lemnas foram aumentando a população, pois esse ambiente estava fornecendo luz, água, nutrientes e espaço e com isso a população foi crescendo com números bem altos de Lemnas no espaço.

MARCA 11

Ao final do experimento, as Lemnas não cresceram muito, teve um índice baixo de crescimento, depois de ter conhecido já o local, a luz, água, nutrientes e espaço do ambiente.

Conclusão 2.2

MARCA 12

Após o final do experimento, podemos concluir que uma população biológica de Lemnas, juntas em um mesmo ambiente com as mesmas condições e recursos, a população vai crescer, e podemos concluir que a população vai crescendo até o limite do espaço que o ambiente disponibiliza, concluímos que os recursos são limitados e ajudam a planta a crescer, mas a planta só cresceu até o limite de tempo e nos primeiros dias não teve um crescimento significante, mas do quarto dia até o décimo primeiro dia teve um crescimento significante, e a partir do 11º dia o crescimento se estabilizou e por falta de espaço a partir do 15º dia não cresceu mais.

Marca 1

Assim como no primeiro relatório, aqui os alunos iniciam o relatório com a pergunta geradora da investigação. Como já descrito, esta pergunta foi dada aos alunos na aula que inicia a atividade de investigação. Apesar do texto não ser uma produção dos alunos, eles retomaram a pergunta no relatório, o que para nós é uma evidência de *problematização*, uma vez que todo o desenvolvimento da produção escrita objetiva responder a pergunta inicial.

Marca 2

Semelhante aos resumos dos artigos científicos que apresentam um panorama geral da pesquisa, os alunos trazem, nessa marca, a resposta objetiva da pergunta de investigação. Consideramos, portanto, um indício da prática epistêmica *concluir*, uma vez que os estudantes finalizam um problema.

Marca 3

Aqui os alunos utilizam a *prática narrativa*, na qual relatam ações passadas em sequência temporal lógica para contar ao leitor quais foram os procedimentos realizados com o objetivo de responder a pergunta de investigação. Neste primeiro parágrafo o grupo foca nas ações de execução do experimento.

Marca 4

Nesta marca os alunos continuam usando a prática narrativa para relatar os procedimentos realizados com o objetivo de responder a pergunta de investigação. No entanto, neste segundo parágrafo, o grupo foca nas ações de construção dos dados.

Marca 5

Sob o título “Resultados”, os alunos apresentam o gráfico da dinâmica populacional investigada. Nesta inscrição literária, como os alunos relacionam a variável “número de indivíduos” com a variável independente “data”, entendemos que há *construção de dados*, já que dá ao leitor a oportunidade de visualizar a dinâmica populacional e identificar as diferentes fases do crescimento.

Nesta inscrição também encontramos evidências da prática epistêmica *narrar*, dado que no alto à direita, os alunos relatam as ações realizadas para construir o gráfico.

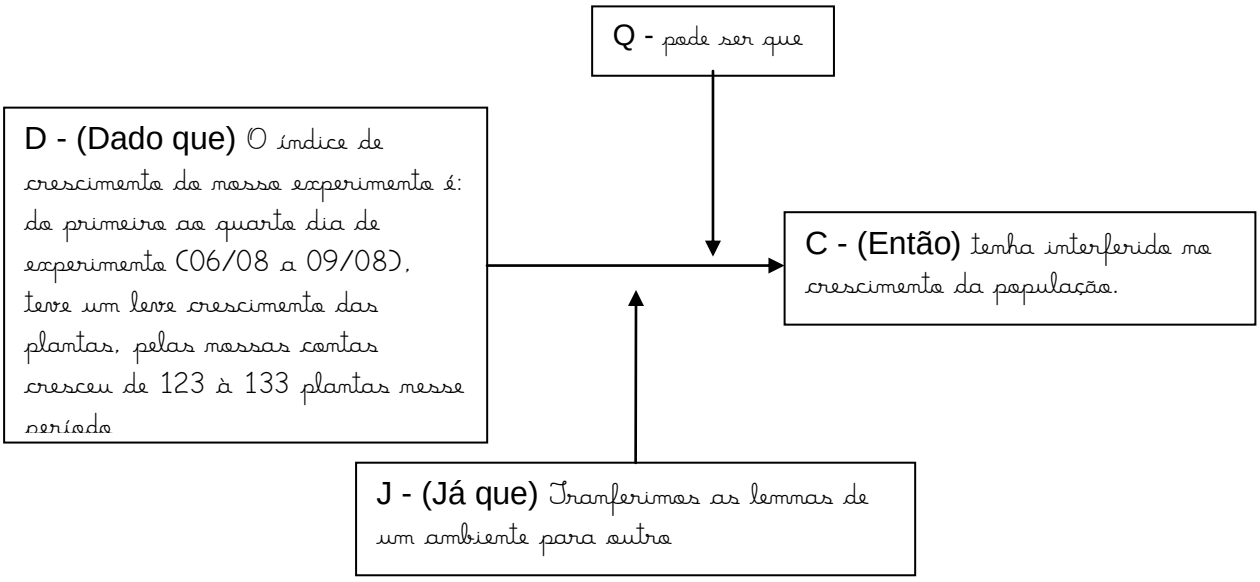
Marca 6

Esse primeiro parágrafo da “Interpretação“ do relatório apresenta evidências das práticas epistêmicas *descrever*, *explicar* e *argumentar*.

A descrição está presente no trecho “O índice de crescimento do nosso experimento é: do primeiro ao quarto dia de experimento (06/08 a 09/08), teve um leve crescimento das plantas, pelas nossas contas cresceu de 123 à 133 plantas nesse período...”, já que aborda a dinâmica populacional em termos de características de seus constituintes (número de indivíduos), mais especificamente da alteração destes constituintes ao longo do tempo (leve crescimento).

A possibilidade de interferência no crescimento da população é uma inferência que de acordo com as práticas epistêmicas da ciência precisa ser justificada. Para isso os alunos utilizam uma evidência (“pois transferimos as lemnas de um ambiente para outro”) e constroem um *argumento*.

Utilizando o *layout* do Toulmin para a estrutura do argumento teríamos:



Marca 7

A estrutra lógica deste parágrafo é a mesma do parágrafo anterior: os alunos retomam um resultado utilizando a prática epistêmica *descrever*, elaboram uma *explicação* para o fenômeno observado e apresentam uma evidência, construindo então um *argumento*.

A evidência da descrição está no trecho "Do quarto dia ao décimo primeiro dia de experimento (09/08 a 16/08), teve um grande crescimento da população, as plantas cresceram de 133 a 220...".

Além da descrição, encontramos também evidências de uma *explicação*, dado que os alunos afirmam que a causa da grande crescimento a adaptação das plantas ao novo ambiente ("pois as plantas se adaptaram ao novo ambiente"). A função epistêmica aqui é, mais uma vez, deixar claro o porquê do fenômeno. Para justificar esta explicação produzida os alunos utilizam como evidência o fato de que "o novo ambiente estava fornecendo luz, água, nutrientes e espaço para a população crescer".

Marca 8

Na última marca do item "Interpretação", os alunos tentam novamente apresentar a mesma estrutura para o parágrafo. No entanto, não apresentam a justificativa para a explicação dada.

No início descrevem o fenômeno observado "Do décimo primeiro dia ao décimo quinto dia (16/08 à 20/08), as plantas voltaram a ter um crescimento leve, cresceram de 220 a 245..." e, em seguida, apresentam a causa para o crescimento leve observado "pois já não havia mais espaço para a população crescer". Esta é uma conclusão que, de acordo com as práticas epistêmicas da ciência, carece de uma evidência para justificá-la, mas esta não foi apresentada pelos alunos.

Marca 9

Este parágrafo inicia a conclusão individual de um dos integrantes do grupo. A produção escrita deste aluno é organizada em três parágrafos que remetem, cada um, a uma fase da dinâmica populacional descrita e explicada na produção coletiva.

No início, ao retomar os resultados, o aluno lança mão da descrição "Com base na contagem de cada dia, que começou dia 16/08 e foi até 20/08, a população aumentou de 123 a 245," e, em seguida, apresenta a causa para este crescimento "pois no início as Lemnas estavam reconhecendo o local, a luz e o " pote" para fazer a fotossíntese e aumentar a população".

Marca 10

Em seguida o estudante descreve a segunda fase do crescimento da população ("Depois de conhecer o local, as Lemnas foram aumentando a população ... foi crescendo com números bem altos de Lemnas no espaço") e explica a dinâmica observada ("pois esse ambiente estava fornecendo luz, água, nutrientes e espaço e com isso a população").

Marca 11

Por fim, ocorre a descrição da última fase do crescimento populacional ("Ao final do experimento, as Lemnas não cresceram muito, teve um índice baixo de crescimento, depois de ter conhecido já o local, a luz, água, nutrientes e espaço do ambiente") e não há evidências de explicação para este fenômeno.

Marca 12

Neste parágrafo, produzido por outro integrante do grupo, há marcas gramaticais que evidenciam uma *conclusão*, ou seja, a finalização de um problema ou questão ("Após o final do experimento, podemos concluir que uma população biológica de Lemnas, juntas em um mesmo ambiente com as mesmas condições e recursos, a população vai crescer, e podemos concluir que a população vai

crescendo até o limite do espaço que o ambiente disponibiliza, concluímos que os recursos são limitados e ajudam a planta a crescer...).

Também há evidências de que o aluno faz previsão, afirmando que em condições ideais uma população qualquer de *Lemnas sp.* irá crescer ("Após o final do experimento, podemos concluir que uma população biológica de Lemnas, juntas em um mesmo ambiente com as mesmas condições e recursos, a população vai crescer...").

O aluno também retoma os resultados descrevendo parte da dinâmica populacional observada ("nos primeiros dias não teve um crescimento significante, mas do quarto dia até o décimo primeiro dia teve um crescimento significante, e a partir do 11ª dia o crescimento se estabilizou e ... a partir do 15ª dia não cresceu mais.").

Para finalizar o parágrafo o estudante apresenta uma causa para o fato da população ter parado de crescer a partir do 15º dia de experimentação ("por falta de espaço a partir do 15ª dia não cresceu mais.").

Este trabalho de identificação das práticas epistêmicas se repetiu para os demais relatórios científicos, o que gerou a Tabela 9 de resultados a seguir:

Tabela 9 – Práticas epistêmicas evidenciadas nos relatórios científicos. A quantidade indica o número de marcas nas quais a prática epistêmica foi identificada. **Legenda:** Pro – problematizar, El Hi – elaborar hipótese, Pl In – planejar investigação, Fa Pr – fazer previsão, Co Da – construir dados, CDFD – considerar diferentes fontes, Con – concluir, Cit – citar, Nar – narrar, Des – descrever, ULR – usar linguagem representacional, Exp – explicar, Arg – argumentar, Exe – exemplificar, Opi – opinar, Def – definir, UDPAT – usar dados para avaliar teoria, ACD – avaliar consistência dos dados.

Relatório	**Pro**	**El Hi**	**Pl In**	**Fa Pr**	**Co Da**	**CDFD**	**Conc**	**Cit**	**Nar**	**Des**	**ULR**	**Exp**	**Arg**	**Exe**	**Opi**	**Def**	**Gen**	**UDPAT**	**ACD**	**TOTAL**
1	1	0	1	0	2	0	0	0	1	6	0	6	2	0	0	0	0	0	0	19
2	1	0	1	1	1	0	2	0	3	7	0	6	3	0	0	0	1	0	0	26
3	1	0	1	0	4	1	0	0	2	11	2	9	1	0	0	1	0	0	0	33
4	1	2	1	1	1	0	1	3	1	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	19
6	1	0	1	2	1	1	0	1	3	5	1	3	1	0	0	0	0	0	0	20
7	1	0	1	2	4	1	3	3	5	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	30
8	1	0	1	1	1	0	2	1	1	7	1	5	2	2	0	1	1	0	1	28
9	1	0	1	2	2	0	5	2	1	7	1	9	4	0	0	0	1	0	1	37
10	1	1	1	2	1	0	4	1	3	3	1	6	8	0	0	0	1	0	0	33
11	1	0	1	1	2	0	2	3	2	5	1	5	3	0	0	0	1	0	3	30
12	1	0	1	0	2	0	3	0	3	5	1	5	3	0	0	0	1	0	0	25
13	1	0	1	5	2	0	2	0	2	4	0	9	2	0	0	0	0	0	0	28
14	1	0	1	1	1	0	2	0	3	8	0	8	4	2	1	1	2	0	0	35
15	1	1	1	0	2	2	2	2	2	5	0	4	3	0	0	0	0	1	0	26
16	1	0	1	0	2	0	0	2	3	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	14
17	1	0	1	0	3	1	6	5	2	3	1	2	1	0	0	0	0	0	0	26
18	1	0	1	0	1	0	2	0	3	9	0	2	0	0	0	0	0	0	2	21
TOTAL	17	4	17	18	32	6	36	23	40	100	10	85	37	4	1	3	9	1	7	450
%	3,8	0,9	3,8	4,0	7,1	1,3	8,0	5,1	8,9	22,2	2,2	18,9	8,2	0,9	0,2	0,7	2,0	0,2	1,6	

Analisando a Tabela 9, podemos perceber que as práticas epistêmicas mais frequentes foram respectivamente descrever (22,2%) e explicar (18,9%), seguidas, num segundo plano, pelas práticas epistêmicas narrar (8,9%), argumentar (8,2%), concluir (8,0%) e construir dados (7,1%).

Para explicar estes resultados, é importante relacioná-los com a natureza da sequência didática que fora desenvolvida.

Relembrando que os alunos tinham como tarefa, responder a pergunta "O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento da espécie?", é esperado que, ao comunicar os resultados da investigação realizada, os estudantes realizassem a prática de descrever, uma vez que a pergunta solicita uma resposta descritiva ("O que acontece?").

Avaliamos que o envolvimento em atividades que exijam a capacidade de descrever sejam importantes para a alfabetização científica em Biologia, uma vez que nesta ciência a observação e a descrição foram e, ainda, são métodos essenciais na construção do conhecimento científico. A tradição descritiva predominou nas ciências biológicas durante muito tempo e, ainda, é considerada extremamente importante para sustentar os estudos comparativos que embasam as explicações causais sobre a evolução dos seres vivos (Mayr, 1998).

A descrição foi a prática epistêmica mais frequente nas três categorias de relatórios (Figura 22). Para identificá-la buscamos nos relatórios trechos nos quais os alunos abordavam um sistema, objeto ou fenômeno em termos de características de seus constituintes ou deslocamentos espaço-temporais desses constituintes, como nos exemplos a seguir:

"Nos finais de semana houve um crescimento grande na população, que ficou estável durante dois dias (13 e 14), mas houve uma queda do segundo dia (14) para o terceiro (15) e logo após houve um crescimento muito grande entre o dia 15 ao dia 19, mas novamente ocorreu uma queda, do penúltimo para o último." (Relatório 8 – Marca 5)

"Passado um final de semana, a população aumentou muito. Na sexta-feira, dia 09/08, a população era de 104 indivíduos e na segunda, 12/08, já era de 150 indivíduos." (Relatório 14 – Marca 8)

Já abordamos o caráter descritivo da pergunta de investigação dada pela professora, o que favorece este tipo de prática epistêmica. Para além desta característica, é possível notar nos exemplos transcritos acima que a descrição é basicamente um relato textual daquilo que já está dito pelas inscrições literárias, o que pode indicar que estas não assumem as mesmas funções nas culturas científica e escolar.

Considerando que os alunos descrevem as inscrições e não os potes com indivíduos de *Lemna sp*., temos indícios de que os alunos enxergam o fenômeno através da inscrição, no entanto a necessidade da transcrição textual pode revelar que alguns estudantes não tenham se apropriado, totalmente, do papel das inscrições literárias no texto científico.

Apesar da pergunta em si não exigir dos alunos "o por quê" do fenômeno observado durante a investigação, verificamos que a explicação também foi bastante frequente (Tabela 9) nos relatórios produzidos pelos estudantes para comunicar o resultado da pesquisa.

Para explicar esta característica dos relatórios, vamos recorrer às comandas dadas pela professora ao solicitar o relatório científico e as conclusões individuais aos estudantes.

Durante as aulas de produção escrita, orientei-os sobre os itens que deveriam constar no relatório e o que cada um deveria conter, a saber:

Pergunta: transcrição da pergunta que mobilizou o processo investigativo.

Metodologia: descrição detalhada dos materiais e dos procedimentos realizados para coleta e produção de dados.

Resultados: descrição dos resultados encontrados na forma que o grupo achasse mais representativo daquilo que fora observado (desenhos, fotos, tabelas, gráficos, símbolos, etc.).

Interpretação: explicação, baseada em conhecimento empírico ou teórico, de todos os resultados encontrados. Neste item deveria aparecer *o por quê* dos resultados descritos no item anterior.

É importante ressaltar que esta não foi a primeira vez que os alunos produziram um relatório científico para comunicar os resultados de uma investigação. Em anos escolares anteriores, e também no início do 1º EM, os alunos receberam instruções de como produzir relatórios e também trabalharam com relatórios que serviram de modelos daquilo que era esperado da produção deles. Isso posto, é possível admitir que os alunos soubessem que deveriam apresentar uma produção escrita para explicar o fenômeno estudado.

As práticas epistêmicas narrar, concluir e construir dados aparecem em porcentagens muito semelhantes: 8,9%, 8,0% e 7,1%, respectivamente. O que também pode ser associado às orientações dadas pela professora para a produção do relatório. O item “Metodologia” solicitava que os alunos relatassem as ações para a execução do experimento e construção dos dados em sequência temporal lógica. O item “Resultados” pedia que os alunos apresentassem os dados produzidos, o que evidenciaria a construção dos mesmos.

Por fim, após a entrega do relatório, todos os alunos tiveram que produzir a conclusão individualmente seguindo a seguinte comanda: “Sabendo que a conclusão do relatório científico consiste na resposta à pergunta inicial, justificada com evidências (dados produzidos durante a investigação), conclua seu relatório.”. Sendo assim, era esperado que os alunos usassem marcas linguísticas para evidenciar que estavam cumprindo a tarefa dada, finalizando a pergunta-problema dada inicialmente.

A prática epistêmica argumentar, que ocorreu em 14 dos 17 relatórios analisados e em 8,2% das marcas utilizadas como unidade de análise, também pode ser, em partes, explicadas pela comanda dada para a produção da conclusão individual, que exigia o uso de evidências para suportar as conclusões. No entanto, vimos que os argumentos não foram produzidos apenas nas conclusões, mas também no item “Interpretação”, produzido coletivamente.

Neste caso, concordamos com Ferraz & Sasseron (2013) quando os autores sugerem que num contexto de ensino por investiação, quando os estudantes, junto com o professor, buscam compreender um determinado fenômeno, eles estão

imersos num ambiente interativo que favorece a argumentação, mas estão em busca de explicações para o problema que estão tentando solucionar. Assim, ao mesmo tempo em que buscam explicações para caracterizar o objeto de investigação, no nosso caso a dinâmica populacional de *Lemnas sp.*, a metodologia de ensino favorece que os alunos teçam relações entre evidências, justificativas e conclusões, produzindo argumentos.

O gráfico a seguir representa a frequência de práticas epistêmicas encontradas em cada categoria de relatório de acordo com o ajuste dos resultados ao modelo logístico de crescimento.

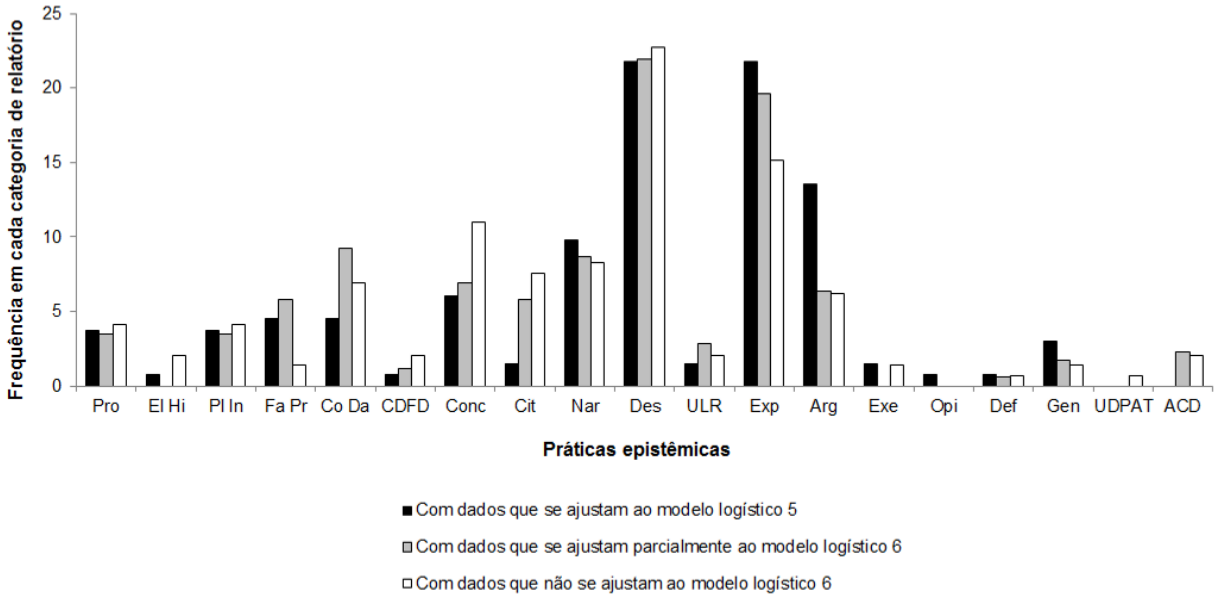


Figura 22 – Frequência de práticas epistêmicas nas três categorias de relatórios investigadas.

A primeira característica deste gráfico que nos chama a atenção é que a frequência das diferentes práticas epistêmicas é diferente em cada categoria de relatório. Esta diferença nos parece relevante para uma discussão mais aprofundada sobre a natureza da sequência didática investigativa que fora desenvolvida.

Para Scarpa & Silva (2012), enquanto atividades de investigação têm sido desenvolvidas para o conhecimento físico no Brasil, são poucas as iniciativas que contemplam os conteúdos de Biologia de maneira investigativa, ou seja, que proporcione o desenvolvimento de habilidades envolvidas nas atividades científicas específicas dessa área do conhecimento. As autoras acreditam que a falta de

iniciativas desse tipo possa refletir dificuldades relacionadas à própria natureza do conhecimento biológico.

Na atividade de investigação que estamos analisando fica evidente uma dessas dificuldades: a variedade de resultados obtidos pelos alunos. Essa característica está associada à ideia de biopopulação, que de acordo com Mayr (2005) é um conceito fundamental para a Biologia. Enquanto o mundo inanimado pode ser constituído por classes em que os membros de cada uma podem ser considerados idênticos ou com variações irrelevantes, em uma biopopulação, ao contrário, cada indivíduo é único. Dessa forma, as propriedades das populações mudam de acordo com os indivíduos que as constituem e, além disso, os processos observados em um indivíduo podem não ocorrer da mesma forma em outro.

Sob uma perspectiva pragmática, esta característica da Biologia pode ser um complicador para a elaboração e condução de atividades de ensino investigativas. Como lidar com esta variedade de resultados? Como relacionar o conhecimento teórico a todos os dados coletados pela turma?

Se estamos defendendo um ensino no qual os alunos possam, além de conhecerem os conteúdos específicos da Biologia, integrá-los de forma relevante e contextualizada, e também desenvolver habilidades envolvidas no fazer científico, precisamos mostrar que atividades baseadas em investigação contribuem para essa aprendizagem.

Adotando uma abordagem conceitual, a variedade de resultados encontrados pelos grupos de alunos favorece a compreensão do conceito de biopopulação, visto que a única diferença entre os experimentos eram os indivíduos que constituíam as diversas populações. Assim, ao invés de enxergamos essa característica como uma dificuldade, podemos ressaltar sua importância, uma vez que a compreensão do conceito de biopopulação só pode ser alcançada experimentalmente com a análise de diversas populações.

No caso investigado, apesar da professora não ter formalizado o conceito de biopopulação, alguns alunos demonstraram em seus relatórios o entendimento de que as características das populações dependem das características dos diferentes indivíduos que as constituem, como é evidente nos relatórios 6 e 9, conforme os trechos transcritos a seguir:

"Ao iniciar o experimento, selecionamos algumas Lemnas, algumas bem saudáveis, com 3 brotos, para ver se assim, a população aumentaria mais facilmente, porém, colocamos poucos indivíduos, os outros grupos que realizaram também este experimento, colocaram um pouco a mais de indivíduos." (Relatório 6)

"Como algumas das lemnas que foram utilizadas nos 1os dias, já estavam para morrer, logo de início, ocorreu uma queda na população, assim tendo mais espaço e ocorrendo um aumento." (Relatório 9)

Sob a perspectiva da produção do conhecimento científico, a Figura 22 também nos indica que o que podia ser visto como dificuldade pode ser abordado como promotor do engajamento em diferentes práticas epistêmicas da cultura científica, visto que algumas dessas práticas foram encontradas com maior frequência nos relatórios cujos dados não correspondem exatamente ao esperado pelo modelo conceitual.

Dessa forma, discutiremos a seguir as práticas epistêmicas que evidenciam a diferença entre as três categorias de relatórios dos alunos: elaborar hipótese, fazer previsão, construir dados, considerar diferentes fontes de dados, concluir, citar, explicar, argumentar, generalizar, usar dados para avaliar teoria e avaliar a consistência dos dados.

Elaborar hipóteses

De maneira geral esta foi uma prática epistêmica bem rara nos relatórios (apenas três), o que provavelmente está relacionado com a pergunta de investigação dada pela professora, conforme já discutido no início deste capítulo. Convém ressaltar aqui que classificamos uma prática epistêmica como "elaborar hipóteses" apenas quando os alunos explicitaram que esta era a ação que estavam realizando. Isso significa que algumas dessas práticas foram identificadas como "explicar", já que muitas relações causais elaboradas pelos alunos, especialmente alternativas ao modelo logístico de crescimento, consistiam em hipóteses explicativas.

Nos relatórios 4 e 15, ambos com dados anômalos em relação ao modelo logístico de crescimento populacional, os alunos tentaram elaborar hipóteses para explicar porque a população investigada não se comportou como esperado ao se considerar o modelo logístico.

No relatório 14, apesar de pouco coerente com os dados, os alunos tentaram explicar uma grande oscilação do tamanho populacional ao longo do experimento, especialmente as grandes quedas observadas nos finais de semana:

"Nossa hipótese é que houve uma competição intraespecífica e nosso experimento não estava em uma área com grande contato de luz." (Relatório 4 – Marca 5)

"Concluímos que os fatores ambientais influenciam muito mais no desenvolvimento de uma espécie, pois com base no nosso gráfico houve uma variação muito grande no número de indivíduos. (...) Um dos fatos que podemos ver isso foi a grande queda que ocorreu nos fins de semana. Não temos certeza, mas temos a hipótese de que a luz que estava sobre as plantas foi apagada ou movida de lugar." (Relatório 4 – Marcas 8 e 10)

Já no relatório 15, podemos verificar uma hipótese cuja relação causal é muito coerente com os dados disponíveis. Os alunos tentaram explicar porque o crescimento populacional observado era grande no início das semanas e diminuía ao passar dos dias, chegando a estabilizar nos finais de semana.

"Ao longo da semana, a água ia evaporando por conta da forte iluminação, e isso causava uma estabilização na quantidade de indivíduos. Todas as segundas-feiras era acrescentado água até a marca do volume inicial, com isso o número de Lemnas aumentava significativamente. Temos a hipótese de que a estabilização do crescimento dos indivíduos pode ser dada a partir do momento em que as raízes dobram e/ou encostam na terra, impedindo que as Lemnas consigam nutrientes suficientes para se reproduzir." (Relatório 15 – Marcas 9 e 10).

Como esses relatórios pertencem às categorias de relatórios cujos dados não se ajustam total ou parcialmente ao modelo de crescimento logístico, podemos afirmar que os alunos enfrentaram um problema diferente daqueles cujos dados se ajustavam ao modelo já compartilhado por alunos e professora: *produzir* explicações para os padrões obtidos, ao passo que quando os dados se ajustam ao modelo, os alunos precisam *utilizar* um modelo explicativo já existente.

Podemos supor, mais uma vez, que nestas situações a cultura científica está sendo acessada por meio da cultura escolar. Como não é prática frequente da cultura escolar a produção de explicações, mas fora exigido na atividade investigativa em questão, os alunos que não tinham um modelo explicativo que servisse aos seus dados podem ter explicitado que estavam elaborando hipóteses a fim de caracterizar o caráter provisório das explicações dadas. Já os alunos que podiam utilizar o modelo explicativo compartilhado com a professora não explicitaram que estavam elaborando hipóteses, o que pode demonstrar o desconhecimento do caráter provisório de qualquer modelo explicativo.

Também podemos perceber nos trechos desses relatórios, que os alunos retomam o contexto de produção dos dados como repertório para interpretar os dados anômalos, utilizando para isso o conhecimento observacional.

Estes dados se assemelham ao processo de recontextualização observado na pesquisa de Roth (2013) com pesquisadores em oceanografia. O autor descreveu os esforços dos cientistas para reconstruírem o contexto de coleta dos dados e para desvendarem todas as etapas de transformação dos mesmos até a inscrição final para então conseguirem interpretar determinada inscrição literária. A partir desta etnografia, Roth transpôs suas conclusões para o contexto de ensino, sugerindo que a capacidade de interpretação das inscrições é uma função que depende tanto de familiaridade com a ferramenta em si, como do processo de investigação como um todo. Desta forma sugere que a participação dos alunos no processo de produção das inscrições é de fundamental importância para que desenvolvam a capacidade de interpretá-las, realizando o processo que o autor denomina de recontextualização (ROTH, 2013).

Fazer previsão

Como a professora não solicitou que os alunos formalizassem suas previsões para a dinâmica populacional, a baixa frequência desta prática epistêmica nos relatórios era esperada. No entanto, avaliamos que, como o modelo de crescimento populacional logístico já havia sido trabalho em sala de aula, este era compartilhado pelos alunos e, desta forma, podia ser tomado como verdadeiro acima de qualquer suspeita. Assim, consideramos que muitos alunos tinham o crescimento logístico como previsão para seus dados.

Analisando a frequência desta prática epistêmica em cada categoria de relatório, notamos que é um pouco maior nos relatórios cujos dados se ajustam parcialmente ao modelo. No conjunto total dos relatórios analisados essa prática epistêmica foi identificada em 18 marcas. Dessas, 10 faziam parte de relatórios cujos dados não se ajustavam completamente ao modelo de crescimento logístico.

Nos relatórios 9 e 13, as curvas de crescimento populacional produzidas não apresentavam a fase de estabilização, ou seja, ao terminar o período de observação as populações ainda apresentavam altas taxas de crescimento.

No relatório 9, apesar do tamanho da população não ter estabilizado, no final do experimento a curva apresentava uma inclinação menor, o que permitiu que o aluno 9.3 elaborasse uma previsão de declínio da taxa de crescimento.

Já no relatório 13 não há nenhum indício de queda da taxa de crescimento populacional, ainda assim os alunos recorrem ao conhecimento compartilhado com a professora para preverem a estabilização.

"A partir do nosso gráfico podemos prever que vai haver declínio por falta de espaço do nosso ambiente artificial." (Relatório 9 – Marca 15).

"Vemos que a população foi crescendo num passo sem padrões muito perceptíveis, ainda assim, é certo que o crescimento da população iria se estabilizar, já que um dia os recursos irão acabar." (Relatório 13 – Marca 12).

"Quando os recursos começarem a acabar, a população parará de crescer tanto, por conta de mortes e, se manterá numa faixa populacional de acordo com os recursos disponíveis." (Relatório 13 – Marca 14).

O relatório 6 traz uma previsão diferente das já descritas. Este grupo tinha dados que se ajustavam perfeitamente à curva logística, mas o tamanho máximo atingido pela população dele foi visivelmente menor que o tamanho da população dos demais grupos. Ao tentarem explicar essa diferença, formalizaram uma previsão que tinham enquanto montavam o experimento:

"Ao iniciar o experimento, selecionamos algumas Lemnas, algumas bem saudáveis, com 3 brotos, para ver se assim, a população aumentaria mais facilmente, porém, colocamos poucos indivíduos, os outros grupos que realizaram também este experimento, colocaram um pouco a mais de indivíduos." (Relatório 6 – Marca 8).

A partir deste exemplo é possível supor que os alunos esperavam que sua população crescesse bastante, visto que estavam selecionando indivíduos saudáveis e já em processo de propagação vegetativa para colonizarem o novo ambiente.

Mais uma vez esses dados vêm contribuir para a importância dos alunos lidarem com dados produzidos por eles. Apesar de considerarmos que a maior parte dos alunos fez alguma previsão sobre os resultados que iria obter, o fato dos dados não se ajustarem exatamente ao que era previsto provocou uma ação explicativa que resultou na formalização da previsão. Esta formalização faz parte do processo de produção do conhecimento científico e também é almejada para o ensino de ciências.

Construir dados

A construção de dados foi uma prática epistêmica evidenciada pelas inscrições literárias publicadas pelos alunos e das 32 marcas em que foi identificada, 26 estavam presentes nos relatórios cujos dados não se ajustavam ou se ajustavam

parcialmente ao modelo logístico de crescimento populacional. Considerando nossa metodologia para definição da unidade de análise e identificação da prática epistêmica em questão, estes dados indicam que nestas duas categorias de relatórios os alunos inseriram mais de uma inscrição literária, refletindo na frequência maior desta prática epistêmica, conforme o gráfico da Figura 22.

Scarpa (2009) sugere que o ensino de ciências compreende uma hibridação das culturas escolar e científica e estes dados podem indicar este processo: Se ao construiur o gráfico de crescimento populacional, os alunos enxergam o modelo logístico, previamente trabalhado em sala de aula pela professora, podem assumir que atingiram o objetivo do trabalho e ao construir o relatório para comunicar os resultados de sua investigação, focam principalmente no gráfico, já aqueles que não conseguiram enxergar o padrão de crescimento previsto pelo modelo, podem ter valorizado mais as outras inscrições a fim de encontrar evidências para suas explicações.

Considerar diferentes fontes de dados

Uma prática epistêmica associada à produção do conhecimento científico é a consideração de diferentes fontes de dados para formular uma conclusão. Na atividade de investigação realizada, cada grupo tinha autonomia para decidir quais e quantas inscrições utilizariam no relatório científico. Na tabela 9, vemos que a maior parte dos grupos produziu e publicou mais de uma inscrição, mas apenas quatro consideraram informações de todas elas na produção de seus argumentos explicativos.

Um dos exemplos encontrados é o relatório 17. Os dados oriundos das fotos indicam que o ambiente está favorável ao crescimento populacional, enquanto os dados do gráfico indicam que houve um período com mortes de alguns indivíduos:

"Analisando a foto do 1º dia (06-08) e do último dia (20-08) percebemos que a população cresceu, espalhou-se no espaço e está saudável, isso indica que o ambiente está favorável ao crescimento populacional dos indivíduos.

Analisando o gráfico, observamos que no primeiro momento do dia 06 ao dia 09 a população aumentou, pois tinha condições de espaço e de reprodução. No segundo momento do dia 10 ao dia 12 não obtivemos dados (finais de semana), já no dia 12 ao 13 a população aumentou minimamente, no dia 13 e 14 a população caiu pois houve disputa de território e recursos." (Relatório 17 – Marcas 6 e 7).

Em algumas situações percebemos que os alunos incluíam informações que não foram formalizadas em nenhuma inscrição, mas que consistiam em conhecimento observacional, relacionado ao contexto de produção dos dados. Esse conhecimento constitui repertório interpretativo das inscrições (ROTH, 2013).

No relatório 7, por exemplo, os alunos fazem uma consideração do arranjo experimental de toda a classe, ilustrado pela Figura 7 desta tese, para concluírem sobre a importância da luz para o crescimento das Lemnas:

"Observamos que os potinhos que estavam com as Lemnas e mais próximos da luminária tinham mais folhas do que as que estavam afastadas da luminária, ou seja, as Lemnas precisam de luz constante para a população aumentar." (Relatório 7 – Marca 12)

"Considerar diferentes fontes de dados" foi uma prática epistêmica evidenciada em seis marcas, sendo cinco delas em relatórios com dados anômalos ao modelo de crescimento logístico.

Novamente essa condição pode ser mais uma evidência de hibridação da cultura escolar e científica no ensino de ciências: Os alunos que podiam utilizar o modelo logístico compartilhado com a professora para explicarem os padrões evidenciados nos seus gráficos (ou tabela, no caso do grupo 10) não precisavam considerar outra fonte de dado para cumprir a tarefa dada por ela; já aqueles que não podiam usar o modelo buscaram também em outras fontes de dados as evidências para suas explicações.

Concluir

Conforme a Figura 22, a prática epistêmica concluir também fora mais frequente nos relatórios cujos dados não se ajustavam ou se ajustavam parcialmente ao modelo logístico (em 28, das 36 marcas com a prática). No entanto não conseguimos estabelecer uma relação clara entre esta distribuição e a natureza dos dados com os quais os alunos tiveram que trabalhar.

Uma suposta explicação seria que, ao usar corretamente os conectivos linguísticos de conclusão, os alunos reforçam, textualmente, que apesar dos dados apresentados não estarem de acordo com o modelo explicativo compartilhado pela professora, estão cumprindo a tarefa dada quando ela solicitou uma conclusão individual para o relatório.

Citar

Assim como concluir, esta prática epistêmica foi menos frequente nos relatórios cujos dados estavam de acordo com o modelo explicativo compartilhado pela a professora (Figura 22).

Lembrando que a citação é um recurso textual para fazer referência explícita às inscrições produzidas ou a algum conhecimento de autoridade (professora ou referência bibliográfica), consideramos que a diferença da frequência desta prática epistêmica nas três categorias de relatórios pode ser devido ao maior número de inscrições publicadas nos relatórios cujos dados não se ajustam ou se ajustam parcialmente ao modelo explicativo já conhecido.

Como os alunos foram orientados a explicar todos os dados obtidos, se optaram por publicar mais dados (por meio de diferentes inscrições literárias) no item “Resultados” do relatório, no item “Interpretação” deveriam se referir a elas para explicá-las. Quando os alunos não citavam a inscrição a ser explicada, retomavam os dados da mesma utilizando a prática narrativa.

Explicar

Quando o aluno estabelece relações entre fenômenos e conceitos, importando algum modelo ou mecanismo causal para dar sentido a esses fenômenos, dizemos que ele está explicando.

Observando a Figura 22, podemos perceber que quanto maior a diferença entre os dados obtidos daqueles que eram esperados pelo modelo, menor foi a frequência de relações causais nos relatórios.

No que se refere à tradicional cultura escolar, podemos dizer que este tipo de resultado era esperado. Sem um modelo explicativo para conferir sentido aos dados obtidos, alguns alunos podem ter desistido de estabelecer algumas relações causais sem a certeza de que estas estivessem “corretas”, o que poderia implicar num baixo desempenho escolar. Enquanto os alunos que dispunham de dados perfeitamente ajustados puderam utilizar o modelo explicativo para todos os seus resultados e, dessa forma, cumprir a tarefa dada pela professora com bom desempenho escolar.

Além de ensinar Ciências a escola exige também do professor a função de avaliar seus alunos (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2000). Dessa forma, para ultrapassarmos esta cultura escolar que supervaloriza a reprodução de determinados conhecimentos já estabelecidos, assim como Carvalho (2013), defendemos que as inovações didáticas devem estar aliadas à inovações na avaliação, pois uma nova postura metodológica em sala de aula torna-se inconsistente quando aliada à uma postura tradicional de avaliação. Na situação da pesquisa, a avaliação do desempenho escolar se deu através do próprio relatório científico, mas num contexto espaço-temporal mais amplo, os alunos em questão viveram e ainda vivem experiências tradicionais de avaliação.

Considerando aspectos qualitativos das explicações produzidas pelos alunos, percebemos que eles estabeleceram relações causais utilizando o modelo logístico de crescimento populacional ou o contexto experimental.

Quando os dados disponíveis se ajustavam ao modelo compartilhado, os alunos conseguiam produzir explicações muito bem articuladas com a teoria.

No relatório 2, por exemplo, a dinâmica populacional observada correspondia exatamente à curva logística, com as três fases muito perceptíveis (crescimento lento, crescimento exponencial e estabilização). Dessa forma, a explicação que foi

oferecida pela professora se ajustavava perfeitamente aos dados disponíveis, conforme a transcrição a seguir:

"O índice de crescimento do nosso experimento é: do primeiro ao quarto dia de experimento (06/08 a 09/08), teve um leve crescimento das plantas, pelas nossas contas cresceu de 123 à 133 plantas nesse período, pois ao transferirmos as lemnas de um ambiente para outro, pode ser que tenha interferido no crescimento da população.
Do quarto dia ao décimo primeiro dia de experimento (09/08 a 16/08), teve um grande crescimento da população, as plantas cresceram de 133 a 220, pois as plantas se adaptaram ao novo ambiente e o novo ambiente estava fornecendo luz, água, nutrientes e espaço.
Do décimo primeiro dia ao décimo quinto dia (16/08 à 20/08), as plantas voltaram a ter um crescimento leve, cresceram de 220 a 245, pois já não havia mais espaço para a população crescer." (Relatório 2 – Marcas 6 a 8)

Como podemos perceber, os alunos restringem as explicações àquela condição experimental específica e, apesar de não citarem o modelo logístico de crescimento populacional, ele está implícito na interpretação dos dados do grupo. Há uma clara separação do texto em três parágrafos, que correspondem exatamente às três fases do modelo. Além disso, os alunos citam conceitos que não são observáveis, como adaptação e nutrientes para explicar os dados.

O mesmo ocorreu no relatório 6 transcrito a seguir:

"No primeiro dia, 06/08 até o 4ª dia, 09/08, o crescimento foi pequeno, houve um patamar, nos dias em que não houve contagem, no fim de semana, 10 e 11/08, foi quando houve um crescimento, pois no primeiro patamar, as Lemnas estavam em um processo de adaptação, a partir do 4º dia, um crescimento devido à adaptação a absorção dos nutrientes, foi uma curva de crescimento real. Houve um

momento, no dia 13/08, onde houve o maior crescimento, e então a população se estabilizou, pois com as condições dadas a essa população, de luz por exemplo, a população alcançou sua capacidade de carga ou capacidade biótica máxima com essas condições, e a população se estabilizou na casa dos 120 e 130 indivíduos." (Relatório 6 – Marca 10).

Quando os dados disponíveis não se ajustavam completamente ao modelo explicativo compartilhado, os alunos não conseguiram produzir explicações articuladas com a teoria e então buscavam relações causais com as condições experimentais.

No relatório 3, por exemplo, a dinâmica populacional observada apresenta uma fase sem crescimento, seguida de um crescimento elevado, o que se ajustaria ao modelo, porém há uma queda do tamanho populacional seguida de outro pico de crescimento. Para explicar esta dinâmica os alunos recorreram ao modelo teórico quando este era coerente com os dados, e às condições experimentais para explicar o que o modelo não dava conta, conforme transcrição a seguir:

"No começo do experimento, a população começou com 158 indivíduos vivos e 14 indivíduos mortos, não houve crescimento nos dois primeiros dias, pois elas estavam se adaptando ao ambiente.

Após o segundo dia houve um grande crescimento na população, pois havia muitos nutrientes, luz e espaço para elas se desenvolverem.

Já no oitavo dia de observação houve uma queda significativa das lemnas; neste período (13/ago a 15/ago) a temperatura ambiente caiu, o que pode ter provocado a diminuição da população.

A partir do décimo dia de observação volta aumentar a quantidade de lemnas. Com a queda anterior os nutrientes aumentam e o espaço também, além da temperatura ambiente ter aumentado.

No dia 18/08 até o último dia de observação a população se torna estável, pois sua carga capacidade biótica deve ter sido máxima." (Relatório 3 – Marcas 11 a 15)

Mais uma vez o conhecimento observacional, associado à prática de inscrição, possibilitou aos alunos produzirem explicações coerentes com as evidências disponíveis.

Argumentar

Acreditamos que a prática epistêmica argumentar, como discutido anteriormente, está associada à prática explicar, pois num contexto investigativo, ao mesmo tempo em que os alunos buscam explicações para caracterizar o objeto de investigação, a metodologia de ensino favorece que teçam relações entre dados, evidências e conclusões, produzindo argumentos (FERRAZ & SASSERON, 2013).

Mas isto não significa que toda vez que o aluno faz uma explicação esteja argumentando. Se ao estabelecer uma relação causal, ele não explicitar a evidência para sua conclusão, o aluno explica, mas não argumenta. No entanto, ao argumentar, caso tenha estabelecido uma relação causal, o aluno também está explicando.

Dessa forma, a situação exposta na Figura 22 para a prática argumentar (mais frequente nos relatórios cujos dados se ajustam ao modelo explicativo), está associada às frequências da prática de explicar.

Como a frequência de argumentações em relação às explicações é menor nos grupos cujos dados não se ajustavam ou se ajustavam parcialmente ao modelo logístico, podemos pensar que quando o aluno possui dados ajustados ao modelo, sua tarefa consiste em *utilizá-lo* e *buscar as evidências* para suas explicações. Ao passo que quando o modelo explicativo não serve, a tarefa do aluno consiste em *produzí-lo* e *buscar as evidências* que o justifiquem. Como no segundo caso a tarefa é mais exigente, é esperado que a frequência de argumentação seja, portanto, menor.

Usar dados para avaliar teoria

Esta prática epistêmica é associada à prática social de avaliação do conhecimento em diversos trabalhos (ARAÚJO, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2008; SILVA, 2008; LIMA-TAVARES, 2009). Nos relatórios analisados, o único indício que temos desta prática encontra-se no trecho transcrito a seguir de um aluno que possuía dados que não se ajustavam totalmente à teoria:

"De acordo com a pergunta, após a colonização de alguns indivíduos em um ambiente nas condições ideais para desenvolvimento da espécie, tivemos um crescimento significativo e em alguns momentos uma estabilização.
Podemos concluir que quando as lemnas estabilizaram, elas ainda tinham espaço para se reproduzir. Mas com um pouco mais de estudo, poderíamos saber com certeza porque as lemnas se estabilizaram em um certo período (dados no gráfico)."
(Relatório 15 – Marcas 11 e 12)

Neste caso o aluno considerou informações de diferentes fontes para avaliar o modelo. O gráfico construído indica uma tendência à estabilização, mas de acordo com a imagem da população, ainda há muito espaço disponível para o crescimento. Conforme fora discutido em sala de aula anteriormente, a população estabiliza quando não há recursos para a sobrevivência de novos indivíduos. O espaço é o recurso visível neste contexto experimental, então o aluno não utiliza o modelo e afirma que novos estudos precisam ser realizados, já que o que está visível não corrobora a teoria vigente.

Segundo Chin & Brewer (1993), cientistas e estudantes reagem similarmente aos dados anômalos. Estes autores identificaram sete formas de respostas dos indivíduos aos dados que não se ajustam à teoria vigente. Uma delas é manter o dado em suspenso, ou seja, não elaborar uma explicação para eles naquele momento, prometendo analisá-los no futuro.

Avaliamos que neste caso o aluno deixou parte de seus dados (a estabilização com disponibilidade de recursos) em suspenso, assumindo que precisará ser revisitada e articulada a novos dados.

Avaliar a consistência dos dados

Em três relatórios (8, 11 e 18) nos quais os dados não se ajustavam ao modelo pudemos encontrar indícios desta prática epistêmica relacionada à avaliação do conhecimento científico.

"No dia 14/08 ao dia 15/08 houve uma queda muito alta e poderíamos explicar essa queda, pois a contagem pode ter sido feita errada, porque a população fica aglomerada e podemos ter contado algumas lemnas mais de uma vez." (Relatório 8 – Marca 6).

"Podemos observar no gráfico, entre os dias 14 e 16 de agosto (9ª, 10ª e 11ª dias de contagem) uma queda brusca na população. Isso se deve provavelmente a um erro de contagem, pois não há nenhum dado biológico que possa explicá-la nesse contexto, já que a queda aconteceu de um dia para o outro. Podemos justificar o erro de contagem pelo fato de os indivíduos estarem muito próximos, o que dificultou a contagem." (Relatório 11 – Marca 8).

"No início houve crescimento da população, a partir do dia 08/08 a população diminuiu, pois houve variações na contagem porque algumas plantas se moveram por causa de ventos e possíveis esbarrões no pote." (Relatório 18 – Marca 8).

Seguindo a classificação de Chin & Brewer (1993) sobre a forma como cientistas e estudantes lidam com dados anômalos, os trechos transcritos representam exemplos de rejeição. Segundo os autores, rejeitar o dado anômalo é similar a ignorá-lo, dado que em ambos os casos o dado não é aceito. A diferença, no entanto, é que ao ignorar, o indivíduo não explica porque abandonou o dado, enquanto ao rejeitar, o indivíduo elabora alguma explicação para a rejeição. Segundo os autores a rejeição é muito comum entre os cientistas e as justificativas para este tipo de resposta normalmente se enquadram numa das seguintes formas:

(i) argumentando que ocorreu um erro metodológico na obtenção dos dados, (ii) argumentando que a variação encontrada foi meramente randômica, ou (iii) declarando que o dado é fraudulento. Em todos os casos apresentados os alunos apontaram erro metodológico.

Usar dados para avaliar teoria e avaliar a consistência dos dados foram as únicas práticas epistêmicas que encontramos relacionadas à validação do conhecimento científico, conforme outros trabalhos que realizaram o mesmo tipo de investigação (ARAÚJO, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2008; SILVA, 2008: LIMA-TAVARES, 2009).

Este resultado não nos parece surpreendente se levarmos em conta dois aspectos do contexto social no qual a atividade se concretizou e que também foram abordados por De Chiaro & Leitão (2005). Primeiro, estando os alunos engajados num processo de investigação, torna-se pouco provável que se reconheçam em posição de avaliar ou legitimar um conhecimento já estabelecido. Segundo, na cultura escolar, é da professora, enquanto participante socialmente instituída como representante desse saber a ser construído pelos alunos, que se espera o exercício desse papel de avaliação.

Além disso, conforme analisamos no item 3.5.1 desta tese, a atividade de investigação proposta aos alunos não incentivava o engajamento em práticas epistêmicas relacionadas à avaliação do conhecimento científico.

A análise das práticas epistêmicas nos relatórios científicos nos revelou que a atividade de investigação proposta permitiu a participação dos alunos em práticas sociais relacionadas à produção, comunicação e validação do conhecimento, conforme almejado no ensino que busca a alfabetização científica.

Destacamos também que a atividade de investigação propiciou aos alunos lidarem com um importante conceito da biologia, o de biopopulações, segundo o qual as características das populações dependem dos indivíduos que as constituem. Como cada grupo de alunos trabalhou com uma população distinta, os dados construídos foram diferentes e, muitos dos quais, diferente do previsto pelo modelo logístico de crescimento populacional, compartilhado com a professora.

Ao lidar com dados e padrões diferentes daqueles previstos por um modelo explicativo já conhecido, os alunos produziram relatórios científicos com diferentes evidências das práticas epistêmicas almejadas no ensino de ciências.

Também avaliamos que as práticas de inscrição realizadas pelos alunos forneceram repertório de interpretação dos dados, uma vez que eles conheciam o contexto no qual foram produzidos, o que foi fundamental para a produção de explicações, especialmente dos padrões não previstos pelo modelo logístico.

A diferença qualitativa entre as explicações produzidas nas diferentes categorias de relatórios nos levou a indagação se estas são ou não coerentes com os dados das inscrições literárias produzidas pelos alunos e se eles utilizam essas garantias para justificar suas conclusões sobre a dinâmica populacional investigada, o que será abordado nos itens 4.4. e 4.5. a seguir.

4.4. A produção de explicações

A tabela 10 lista os elementos aos quais os alunos articularam seus dados e a descrição da relação causal estabelecida por eles em cada caso. Nesta síntese consideramos apenas as explicações coerentes com os dados dos relatórios.

Tabela 10 – Elementos articulados aos dados produzidos pelos alunos e descrição da relação causal padrão estabelecida por eles.

Articulação com	**Descrição da relação causal coerente**
Ajuste ao meio	Quando alunos associam fase de baixo crescimento populacional no início do experimento a um ajuste dos indivíduos ao novo habitat.
Potencial de reprodução	Quando alunos associam a taxa de crescimento populacional à capacidade de reprodução (brotamento) dos indivíduos.
Disponibilidade de recursos (genéricos)	Quando alunos associam a taxa de crescimento populacional à disponibilidade de recursos sem discriminá-los.
Condições ambientais (genéricas)	Quando alunos associam a taxa de crescimento às condições ambientais sem discriminá-las.
Competição intraespecífica	Quando alunos associam baixo crescimento ou queda do número de indivíduos da população à competição intraespecífica por recursos.
Capacidade biótica máxima	Quando alunos associam estabilização do tamanho da população à capacidade biótica máxima do ambiente investigado.
Disponibilidade de recursos específicos da condição experimental	Quando alunos associam a taxa de crescimento populacional à disponibilidade de recursos específicos do ambiente investigado (água, luz, nutrientes e espaço).
Condições ambientais específicas da condição experimental	Quando alunos associam a taxa de crescimento às condições ambientais específicas da investigação (temperatura ambiente, movimentação dos alunos, barulho, posição do recipiente em relação à luminária, etc.)
Aspectos metodológicos	Quando alunos associam algum dado não esperado com o procedimento de coleta dos resultados (erro de contagem, amostragem equivocada).

A Tabela 11 apresenta os resultados da análise do item “Interpretação” e as conclusões de cada relatório, dividida nas três categorias de relatórios analisadas.

Analisando-a separadamente, podemos notar que nos relatórios cujos dados se ajustam ao modelo logístico de crescimento populacional (Tabela 11-A), o elemento mais utilizado para explicar os resultados foi “Disponibilidade de recursos específicos da condição experimental” (30% das explicações), ou seja, nesta relação causal os alunos associaram elementos da situação específica à curva do modelo explicativo, estabelecendo um *link* entre a teoria e o fenômeno investigado, especialmente ao que diz respeito à disponibilidade de recursos, seja ela baixa ou alta, como nos exemplos a seguir:

“Durante a 1ª semana de pesquisa, houve um crescimento na população. Isso ocorreu devido a luz que as Lemnas recebia para realizar a fotossíntese e também os nutrientes que estavam na terra que foi dissolvida na água.” (Relatório 1 – Interpretação).

“(...) e por falta de espaço a partir do 15º dia não cresceu mais.” (Conclusão 2.2).

Apesar da maior parte das relações causais ter sido estabelecida com um elemento específico da situação analisada, podemos perceber que a maioria das explicações (61%) possuía articulações com elementos que constituem o modelo explicativo já conhecido, cujos dados dos alunos se ajustavam perfeitamente.

Podemos considerar que nesta categoria de relatórios todos os alunos tiveram a oportunidade de articular o modelo explicativo (conhecimento compartilhado pela e com a professora) e não precisaram buscar outras explicações para os dados que possuíam, visto que o modelo de crescimento logístico bastava para cumprir a tarefa.

Esta situação pode nos indicar que os estudantes compreenderam o modelo explicativo e souberam aplicá-lo para explicar seus dados, o que seria um indicativo de que estão se apropriando de práticas epistêmicas específicas da cultura científica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2008; BRAVO et al., 2009), no entanto, sem considerarmos se eles justificam as relações causais estabelecidas, não

conseguimos distinguir as explicações dadas de um uso irrefletido do conhecimento escolar.[12]

Outra possível interpretação para estes dados é a de que os alunos estão "fazendo a lição" (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2000), ou seja, eles sabiam que a atividade de investigação estava inserida numa sequência de aulas sobre dinâmica populacional, na qual já havia sido trabalhado um modelo teórico sobre a temática. Desta forma, podiam supor que o desejado seria mostrar que eles conheciam o modelo e que sabiam aplicá-lo na atividade.

Esta análise se assemelha àquela realizada por Jiménez-Aleixandre et al. (2000) numa situação de sala de aula que guarda algumas semelhanças com a nossa (trabalho em pequenos grupos para resolver um problema e produzir um relatório escrito). Os autores demonstraram que parte das interações discursivas relacionava-se ao "fazer escola" e não ao "fazer ciência", como era desejado.

A Tabela 11 – B mostra a análise dos relatórios cujos dados se ajustam parcialmente ao modelo logístico de crescimento populacional. Nesta segunda categoria de relatórios o elemento mais utilizado para explicar os resultados também foi "Disponibilidade de recursos específicos da condição experimental" (novamente 30% das explicações). Voltando a cada uma dessas articulações, notamos que todas estabeleciam um *link* entre o modelo explicativo e o fenômeno investigado, uma vez que se referiam à parte dos dados que se ajustava ao modelo.

Ainda com relação aos elementos utilizados para explicar os resultados, podemos perceber que os alunos articularam seus dados também com outros elementos que não constituem o modelo explicativo, tais como "Condições ambientais específicas do experimento" (7 vezes – 14%) e com "Aspectos metodológicos" (3 vezes – 6%), assim diminuindo a porcentagem relativa aos elementos associados ao modelo. Analisando as articulações realizadas com estes elementos e coerentes com os dados, verificamos que os alunos utilizaram estas explicações alternativas ao modelo exatamente para explicar os dados que não se ajustavam a ele.

[12] Na tentativa de resolver este conflito, realizamos a análise das justificativas utilizadas pelos alunos e a discussão pode ser encontrada no próximo item da tese.

Tabela 11 – Elementos utilizados pelos alunos para explicar os dados obtidos na investigação sobre crescimento populacional de *Lemna sp.*. Foi atribuído “1” para cada relação causal coerente com os dados disponíveis e “0” quando a explicação não era coerente com os dados publicados pelos alunos. Os elementos destacados com * compõem o modelo logístico de crescimento, previamente apresentado aos alunos.

A - ***Análise dos relatórios cujos dados se ajustam ao modelo explicatico*.**

Relatório [1]	*** Ajuste ao meio**	*** Potencial de reprodução**	*** Disponibilidade de recursos (genéricos)**	*** Condições ambientais (genéricas)**	*** Competição intraespecífica**	*** Capacidade biótica máxima**	**Disponibilidade de recursos específicos da condição experimental**	**Condições ambientais específicas do experimento**	**Aspectos metodológicos**
1					1		1	1	
1.1				0	1		1		
1.2					1		1	1	
1.3									
2	1	1					1		
2.1	1						1		
2.2			1				0		
6	1					1	1		
6.1	1				1		2	1	
6.2	1					1			
10					1		2		
10.1		1	1						
10.2					1	1	1		
10.3					1		2		
14	1	1	1		1		1	1	
14.1			1		1	1			
14.2	1				1				
TOTAL	**7 / 15%**	**3 / 6%**	**4 / 9%**	**0 / 0%**	**10 / 22%**	**4 / 9%**	**14 / 30%**	**4 / 9%**	**0 / 0%**

[1] – Em cada relatório utilizamos como unidade de análise o texto do item “Interpretação” (indicado por apenas um número) e os textos das conclusões produzidas individualmente (indicado pelo número do relatório seguido do número que codifica o aluno).

Tabela 11 (continuação) – Elementos utilizados pelos alunos para explicar os dados obtidos na investigação sobre crescimento populacional de *Lemna sp.*.

B - ***Análise dos relatórios cujos dados se ajustam parcialmente ao modelo explicatico*.**

Relatório	* Ajuste ao meio	* Potencial de reprodução	* Disponibilidade de recursos (genéricos)	* Condições ambientais (genéricas)	* Competição intraespecífica	* Capacidade biótica máxima	Disponibilidade de recursos específicos da condição experimental	Condições ambientais específicas do experimento	Aspectos metodológicos
3	1					1	2	2	
3.1	1			1			1	1	
3.2			1						
3.3							1	1	
7									
7.1									
7.2									
7.3			1			1			
9		1	1		1		2	1	
9.1				0			1		
9.2		1		1			1		
9.3		1	1				2		
9.4				1			1		
11							1	1	1
11.1			0	1			0		
11.2				1		0			1
11.3							1	1	1
13			1			0	1		
13.2			1						
13.3			1				1		
13.4						0			
16		1							
16.1		1							
16.2			1	1					
TOTAL	**2 / 4%**	**5 / 10%**	**8 / 18%**	**6 / 12%**	**1 / 2%**	**2 / 4%**	**15 / 30%**	**7 / 14%**	**3 / 6%**

[1] – Em cada relatório utilizamos como unidade de análise o texto do item “Interpretação” (indicado por apenas um número) e os textos das conclusões produzidas individualmente (indicado pelo número do relatório seguido do número que codifica o aluno).

Tabela 11 (continuação) – Elementos utilizados pelos alunos para explicar os dados obtidos na investigação sobre crescimento populacional de *Lemna sp.*.

C - ***Análise dos relatórios cujos dados não se ajustam ao modelo explicatico*.**

Relatório	* Ajuste ao meio	* Potencial de reprodução	* Disponibilidade de recursos (genéricos)	* Condições ambientais (genéricas)	* Competição intraespecífica	* Capacidade biótica máxima	Disponibilidade de recursos específicos da condição experimental	Condições ambientais específicas do experimento	Aspectos metodológicos
4					0			0	
4.1					0			0	
4.2								1	
4.3					0			0	0
8							1	2	1
8.1							1	1	
8.2								1	
8.3									
12	1				1				1
12.1					0				
12.2	1			1	1				
12.3	1				1				
15								2	1
15.1									
15.2									
15.3				1				1	
17		1	1		0		1		
17.2		1		1			1		
17.3									
17.4									
18									0
18.1									0
18.2									
18.3									
TOTAL	**3 / 11%**	**2 / 7%**	**1 / 4%**	**3 / 11%**	**3 / 11%**	**0 / 0%**	**4 / 14%**	**8 / 30%**	**3 / 11%**

[1] – Em cada relatório utilizamos como unidade de análise o texto do item “Interpretação” (indicado por apenas um número) e os textos das conclusões produzidas individualmente (indicado pelo número do relatório seguido do número que codifica o aluno).

Na conclusão 3.1 o aluno associou, de forma coerente com os dados, uma queda populacional não prevista à baixa temperatura numa das semanas de investigação:

"O tempo em alguns dias ajudou elas crescerem, mas também teve um período de temperatura baixa que ocorreu redução de plantas da população..." (Conclusão 3.1)

Já na interpretação do relatório 11, os alunos articularam uma queda populacional não prevista a um erro de contagem:

"Podemos observar no gráfico, entre os dias 14 e 16 de agosto (9ª, 10ª e 11ª dias de contagem) uma queda brusca na população. Isso se deve provavelmente a um erro de contagem, pois não há nenhum dado biológico que possa explicá-la nesse contexto, já que a queda aconteceu de um dia para o outro." (Interpretação 11)

Nessa mesma categoria de relatórios (Tabela 11 – B), podemos perceber que aparecem cinco articulações com elementos que constituem o modelo logístico de crescimento populacional, mas que não são coerentes com os dados apresentados.

Percebemos que alguns alunos tentaram utilizar o modelo explicativo já conhecido também para os dados não previstos. A maior parte da falta de coerência estava associada ao conceito de capacidade biótica máxima (3 casos), atributo do ambiente que provocaria a estabilização do tamanho da população, situação denominada equilíbrio dinâmico.

No relatório do grupo 11, por exemplo, a dinâmica populacional observada não apresenta nenhum indício de estabilização. No entanto há, do 9º para o 10º dia de experimentação, uma queda do número de indivíduos; mas no dia seguinte a população já retoma um crescimento acentuado. Na conclusão 11.1 o aluno interpretou estes dados como um equilíbrio dinâmico, desconsiderando o alto crescimento ainda em curso:

"A população biológica vai aumentando conforme os dias vão se passando, depois diminui e aumenta e assim sucessivamente, pois nas condições ideais elas aumentam e chegam até onde der, isso gera a falta de recursos, então a população diminui por falta de recursos, então volta a aumentar, pois tem indivíduos mortos, fazendo com que sobre espaço e

voltem a ter recursos, e continua nesse ciclo até que a população se estabilize." (Conclusão 11.1)

O mesmo podemos obeservar no relatório do grupo 13, no qual a curva de crescimento populacional não apresenta nenhum indício de diminuição de sua taxa:

"Isso quer dizer que graças à resistência do meio, a população chegou ao seu auge e, mesmo não estabilizando sem mudar nada, a população se estabelecerá naquela faixa." (Interpretação 13)

Estabelecer uma relação entre a inscrição literária produzida e o propósito de se construir uma explicação coerente com os dados requer que os alunos compreendam como teorias particulares podem ser utilizadas para interpretar dados, assim como entendam a finalidade retórica destas explicações e os critérios pelos quais tais explicações serão julgadas pela comunidade científica. Nos exemplos citados acima, fica claro que alguns alunos não conseguiram estabelecer esta relação, uma vez que optaram por utilizar um modelo explicativo que não se adequava às inscrições literárias que dispunham. Além disso, estes exemplos nos dão indícios de que pode ter ocorrido a compreensão conceitual, mas não houve uma compreensão epistemológica do conhecimento científico (SANDOVAL, 2001).

Sandoval (2003) investigou se alunos adotavam critérios epistêmicos da cultura científica para coerência causal e para suportar suas explicações em evidências e, utilizando uma análise semelhante, também evidenciou que os estudantes conseguem produzir explicações articuladas à teoria, mas quando havia ambiguidade nos dados fornecidos pelo professor, algumas explicações não eram suportadas pelas evidências disponíveis.

Assim, nestes exemplos de uso do modelo logístico de crescimento para explicar dados incoerentes a ele, temos portanto mais indícios de que, mesmo sendo poucos, alguns alunos estão "fazendo escola" e não "fazendo ciência" (Jiménez-Aleixandre et al, 2000), como desejado.

Na Tabela 11 – C apresentamos a análise dos relatórios cujos dados não se ajustavam ao modelo explicativo. No geral, nesta categoria de relatórios os alunos construíram um número menor de explicações quando comparamos com as categorias

anteriores, indicando que a falta de um modelo explicativo já constituído prejudicou a realização da prática epistêmica explicar.

A Figura 23 resume esta discussão, ao mostrar a quantidade de relações causais estabelecidas com elementos do modelo explicativo e com elementos da condição experimental separadamente para cada categoria de relatório analisada.

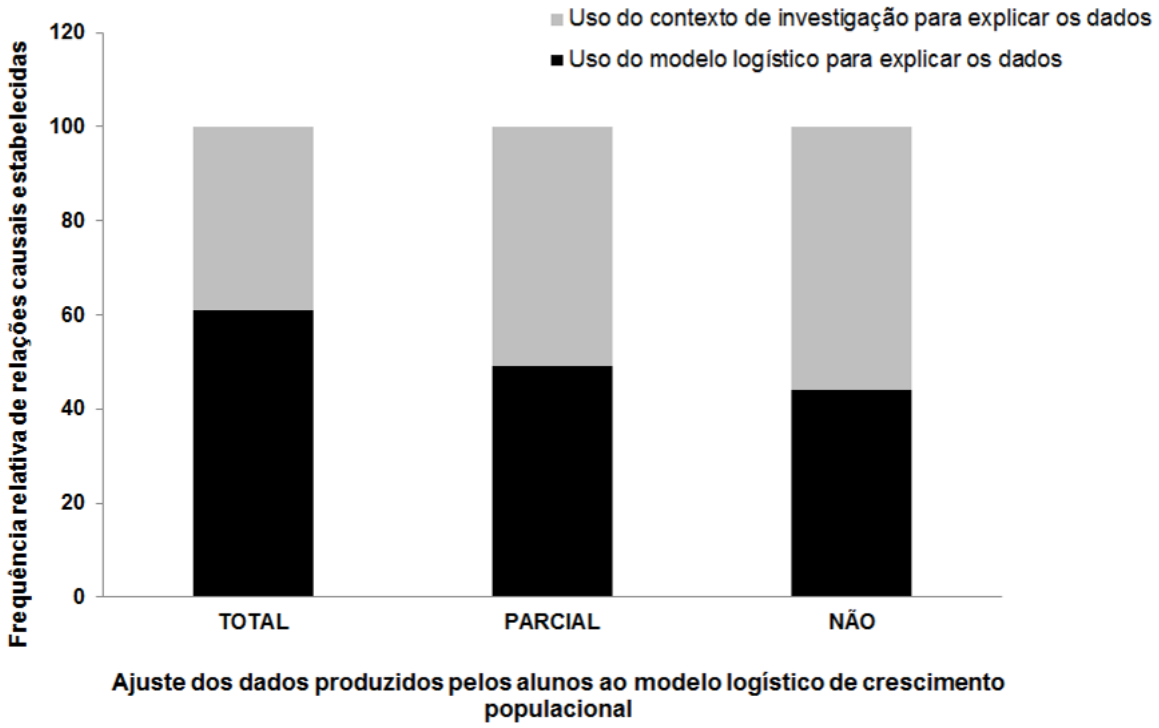


Figura 23 – Natureza das relações causais com garantia nos dados estabelecidas nas diferentes categorias de relatórios.

Com essa nova organização de nossos resultados, evidenciamos o padrão encontrado: ***Quando os dados se ajustam ao modelo explicativo já conhecido, os alunos recorrem com maior frequência a ele para estabelecer relações causais suportadas por evidências, ao passo que quando os dados diferem do previsto pelo modelo, os estudantes diminuem sua aplicação e buscam explicações alternativas, estabelecendo mais relações causais com elementos relacionados à condição experimental.***

Estes resultados vão ao encontro de outros resultados referentes a pesquisas sobre inscrições literárias.

Por exemplo, Bowen et al. (1999) investigaram a interpretação de gráficos de dinâmica populacional por graduandos de biologia e por cientistas da mesma área do

conhecimento, buscando suas similaridades e diferenças. Os autores perceberam que os alunos aprendem a dar as respostas desejadas, mas não conseguem realizar uma compreensão aprofundada dos gráficos nem estabelecer relações entre estes e a população natural; já os cientistas conseguem tirar proveito de suas experiências empíricas com diversas populações naturais e utilizam-nas como repertório interpretativo dos gráficos.

Nesse mesmo trabalho, os autores defendem que a interpretação de um gráfico exige que o leitor caminhe no sentido inverso ao da sua produção, ou seja, da inscrição para o fenômeno que ela representa, porém a relação entre ambos só existe a partir das práticas sociais associadas a esta inscrição.

O padrão evidenciado em nossos resultados (Figura 23) indica que na situação que pesquisamos alguns alunos puderam, assim como os cientistas no trabalho de Bowen et al. (1999), tirar proveito de suas experiências empíricas, vividas ao longo do processo de construção das inscrições literárias na atividade de ensino investigativa.

Para Roth (2013), a dificuldade de interpretação de gráficos e outros tipos de inscrições literárias reside no próprio processo de produção das inscrições. Ao representar os fenômenos através de inscrições, os cientistas conseguem articular teorias e conceitos independentes de contextos particulares ou de contingências da situação concreta, o que é chamado, pelo autor, de descontextualização (ROTH, 2013).

Este autor defende que o processo de descontextualização pode dificultar a interpretação das inscrições e, nesse sentido, transpôs suas conclusões para o contexto de ensino, sugerindo que a capacidade de interpretação das inscrições é uma função que depende tanto de familiaridade com a ferramenta em si, como do processo de investigação como um todo. Desta forma sugere que a participação dos alunos nas práticas de inscrição é de fundamental importância para que desenvolvam a capacidade de interpretá-las, realizando o processo que o autor denomina de recontextualização (ROTH, 2013).

Viemos também corroborar o trabalho de Prain & Tyler (2012), para os quais a produção de inscrições pelos estudantes não deve ser vista apenas como uma ferramenta para a aprendizagem de conceitos, mas sim como promotora da aprendizagem de práticas científicas, uma vez que encontramos explicações com garantia nos dados nas três categorias de relatórios investigadas.

Por fim, viemos defender que as atividades investigativas nas quais os alunos constroem suas próprias inscrições de forma autônoma favorecem a produção de explicações, uma vez que os alunos conseguem usar o contexto de produção das mesmas como repertório interpretativo para seus dados.

4.5. A construção de argumentos e a natureza das justificativas

A Tabela 12 apresenta os resultados da análise comparativa de cada tipo de explicação nas três categorias de relatórios. Nela podemos perceber que o número de explicações com justificativa é, pelo menos, 50% menor nas três categorias de relatórios, independente da natureza da articulação (se associada ao modelo ou a elementos da condição experimental).

Tabela 12 – Comparação entre o número de explicações sem e com justificativa nas diferentes categorias de relatórios e de acordo com a natureza das articulações estabelecidas pelos alunos.

Ajuste dos dados ao modelo logístico de crescimento	**Explicações associadas a elementos do modelo explicativo**		**Explicações associadas ao contexto de investigação específico**	
	SEM JUSTIFICATIVA	**COM JUSTIFICATIVA**	**SEM JUSTIFICATIVA**	**COM JUSTIFICATIVA**
TOTAL	30	14	18	4
PARCIAL	25	0	25	9
NÃO	12	4	16	6

Na Figura 24 apresentamos um gráfico que compara o total de explicações com e sem justificativa, independente da categoria de relatório ao qual pertence.

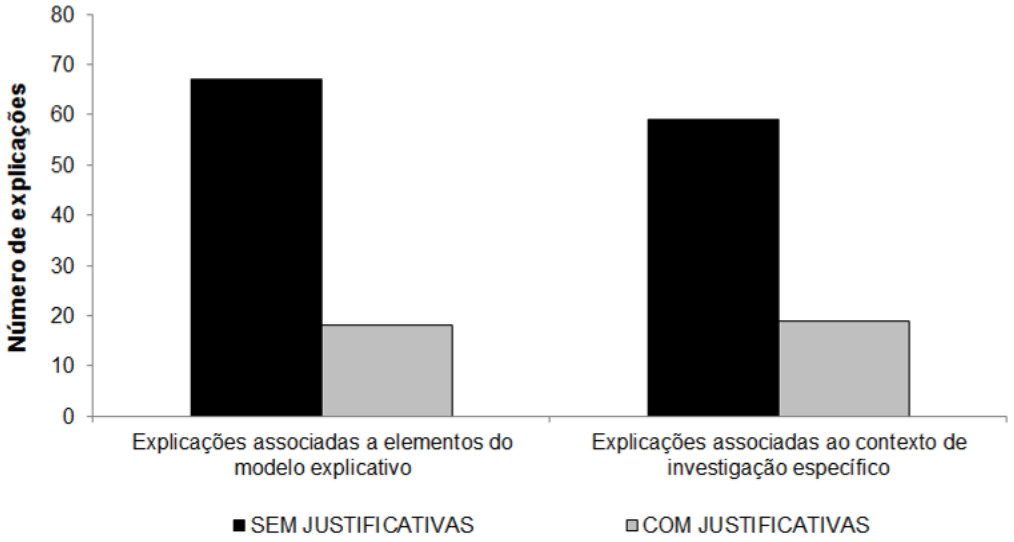


Figura 24 – Número de explicações sem e com justificativas no total de relatórios de acordo com as articulações estabelecidas pelos alunos.

Estes resultados revelam que, apesar de construírem 126 explicações coerentes com os dados das inscrições literárias, apenas 37 (30%) vêm acompanhadas de uma justificativa explícita, indicando que os alunos não realizaram a argumentação como prática epistêmica da cultura científica na maior parte dos casos em que esta se fazia necessária para justificar suas conclusões.

Estes dados corroboram os achados de outras pesquisas sobre argumentação no ensino de ciências.

Um dos exemplos é o estudo de Kelly & Takao (2002), no qual os autores analisam o *status* epistêmico da argumentação de estudantes universitários em oceanografia que dispunham de um conjunto de dados sobre fenômenos geológicos em diferentes lugares do mundo. Os autores indicam que o alunado apresenta dificuldades em coordenar os dados às conclusões e possui limitada compreensão do papel das evidências na argumentação.

Outro caso é o trabalho de Sandoval (2003), nos indicando que com frequência os alunos não explicitam os dados que suportam suas conlusões sobre evolução por seleção natural devido à dificuldade em interpretá-los e, especialmente, porque não compreendem que a justificativa seja crucial na explicação científica.

Bravo et al. (2009) estudaram diferentes situações nas quais os alunos deveriam avaliar enunciados sobre questões sócio-científicas, tais como diferenças genéticas entre brancos e negros ou eficiência ecológica do consumo de pescados do topo das cadeias alimentares *e* também concluíram que tanto alunos de graduação, como da educação básica, apresentam sérias limitações no uso de dados como evidências. As autoras também sugerem que estas dificuldades podem se relacionar a problemas na compreensão da natureza do trabalho científico e, em particular, da natureza e função das evidências.

Considerando as explicações justificadas com argumentos (37 das 126 totais), investimos agora na análise da natureza das justificativas utilizadas pelos alunos, se teórica ou empírica. A Figura 25 apresenta nossos resultados para a análise da natureza das justificativas utilizadas pelos alunos, segundo a ferramenta analítica do Toulmin (2006).

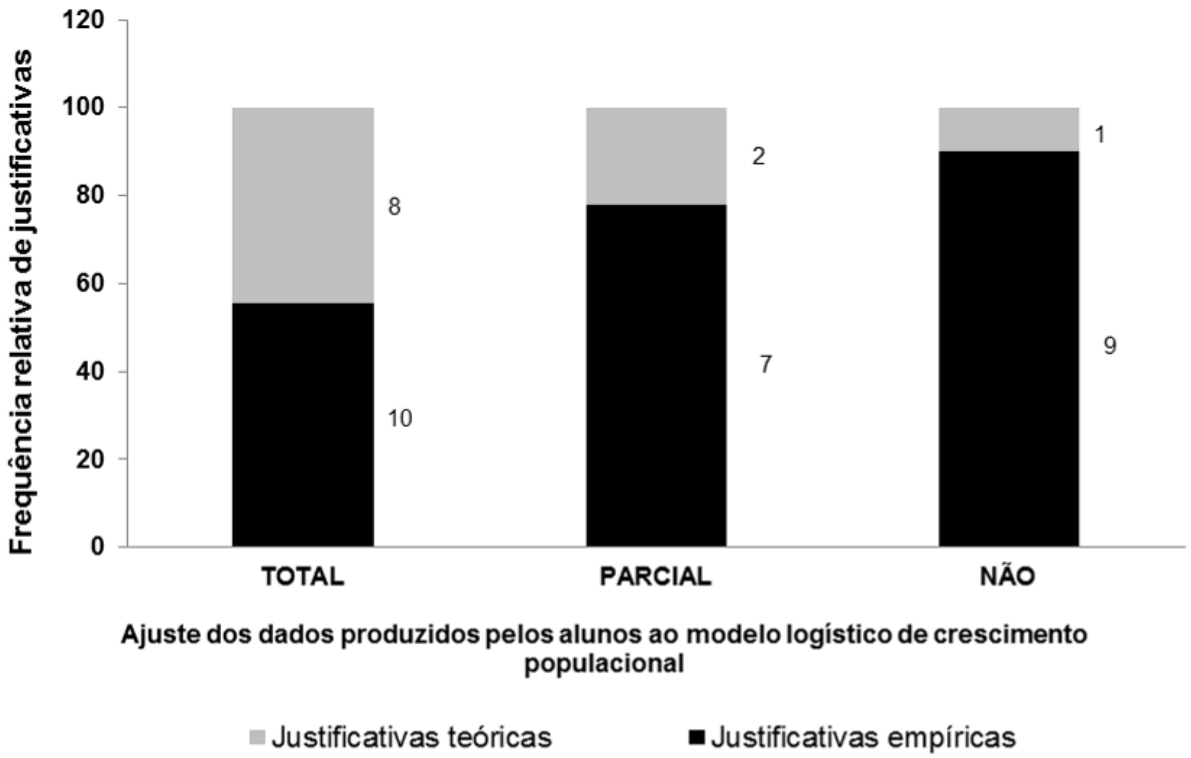


Figura 25 – Frequência de justificativas teóricas e empíricas nos argumentos em cada categoria de relatório. Os rótulos indicam o número absoluto.

A partir desta organização dos resultados, podemos perceber que o uso de justificativas empíricas foi importante nas três categorias de relatórios, sendo a menor de 55% nos relatórios cujos dados se ajustavam perfeitamente ao modelo explicativo. Também fica evidente que a frequência de justificativas empíricas aumenta conforme os dados se distanciam do previsto pelo modelo logístico de crescimento (Figura 25).

Na Tabela 13 apresentamos todos os argumentos produzidos, destacando a natureza das justificativas apresentadas.

Tabela 13 – Organização dos argumentos produzidos pelos alunos com a categorização do ajuste dos dados ao modelo explicativo (TOTAL, PARCIAL ou NÃO), tipo de relação causal estabelecida (se associada ao MODELO ou à CONDIÇÃO experimental) e natureza da justificativa (EMPÍRICA ou TEÓRICA).

Relatório	Ajuste dos dados ao modelo	Relação causal estabelecida na explicação com ...	Estrutura do Argumento (Toulmin, 2006)			Natureza da justificativa
			Dado que...	Então...	Já que...	
1	TOTAL	MODELO	na 2ª semana da pesquisa da população de lemnas houve, uma estabilização e uma redução.	a morte de algumas Lemnas pode ter ocorrido por não ter suportado (...) a falta de nutrientes.	havia grande quantidade de lemnas na população.	EMPÍRICA
1.1	TOTAL	MODELO	a população também estabiliza	devido à falta de nutrientes	pelo acúmulo de população	EMPÍRICA
1.2	TOTAL	MODELO	A diminuição da população ocorreu	devido a falta de nutrientes	havia muitos indivíduos	EMPÍRICA
2	TOTAL	MODELO	O índice de crescimento do nosso experimento é: do primeiro ao quarto dia de experimento (06/08 a 09/08), teve um leve crescimento das plantas, pelas nossas contas cresceu de 123 à 133 plantas nesse período	tenha interferido no crescimento da população.	Tranferimos as lemnas de um ambiente para outro	EMPÍRICA
2	TOTAL	MODELO	teve um grande crescimento da população, as plantas cresceram de 133 a 220	pois as plantas se adaptaram ao novo ambiente	o novo ambiente estava fornecendo luz, água, nutrientes e espaço.	EMPÍRICA
6.1	TOTAL	MODELO	depois fica estável	morre mais indivíduos.	pois os nutrientes estão acabando	TEÓRICA

Tabela 13 – Organização dos argumentos produzidos pelos alunos com a categorização do ajuste dos dados ao modelo explicativo (TOTAL, PARCIAL ou NÃO), tipo de relação causal estabelecida (se associada ao MODELO ou à CONDIÇÃO experimental) e natureza da justificativa (EMPÍRICA ou TEÓRICA).

Relatório	Ajuste dos dados ao modelo	Relação causal estabelecida na explicação com ...	Estrutura do Argumento (Toulmin, 2006)			Natureza da justificativa
			Dado que...	Então...	Já que...	
10	TOTAL	MODELO	devido ao fato de ter alimento e espaço	disputa aumentava	crescia	EMPÍRICA
10	TOTAL	CONDIÇÃO	disputa aumentava	e assim criando espaço e alimento para que nasçam novos indivíduos	fazendo alguns morrerem	TEÓRICA
10.1	TOTAL	MODELO	as condições do ambiente condicionam a uma vida melhor	ele gera poucas condições de se extinguirem	pois com o ambiente em condições ideais suas taxas de natalidade de indivíduos tende a ser muito alta	TEÓRICA
10.1	TOTAL	MODELO	pelo fato de que se continuar o crescimento grande da população	havendo uma estabilidade da própria população no fim da pesquisa	o ambiente não ia poder proporcionar os recursos suficientes para os indivíduos nascerem e continuarem vivendo.	TEÓRICA
10.2	TOTAL	MODELO	devido ao fato de ter alimento e espaço	a disputa aumentava	crescia	EMPÍRICA

Tabela 13 – Organização dos argumentos produzidos pelos alunos com a categorização do ajuste dos dados ao modelo explicativo (TOTAL, PARCIAL ou NÃO), tipo de relação causal estabelecida (se associada ao MODELO ou à CONDIÇÃO experimental) e natureza da justificativa (EMPÍRICA ou TEÓRICA).

Relatório	Ajuste dos dados ao modelo	Relação causal estabelecida na explicação com ...	Estrutura do Argumento (Toulmin, 2006)			Natureza da justificativa
			Dado que...	Então...	Já que...	
10.2	TOTAL	CONDIÇÃO	disputa aumentava	e assim criando espaço e alimento para que nascam novos indivíduos	fazendo alguns morrerem	TEÓRICA
10.3	TOTAL	MODELO	tinha espaço	aumentavam a disputa	cresciam	EMPÍRICA
10.3	TOTAL	CONDIÇÃO	aumentavam a disputa	assim deixando espaço e alimento	fazendo com que morressem	TEÓRICA
14	TOTAL	MODELO	Esse crescimento foi muito baixo	que as lemnas estavam se acostumando com o ambiente, por isso não se reproduziram de forma elevada.	não se reproduziram de forma elevada.	TEÓRICA
14	TOTAL	MODELO	O crescimento foi bem alto	por causa das lemnas terem se acostumado com o ambiente que elas foram introduzidas	o pote havia condições necessárias para a reprodução delas	EMPÍRICA
14	TOTAL	MODELO	estabilidade	a competição intraespecífica cresceu.	Ao final do experimento, havia muitos indivíduos no pote	EMPÍRICA
14	TOTAL	CONDIÇÃO	a professora colocou água toda segunda-feira, com isso a terra se deslocou e ficou no canto do pote.	elas se deslocaram para o lugar onde havia mais terra, ou seja, no canto.	Já que as lemnas precisam da terra para retirar os nutrientes e sais minerais,	TEÓRICA

Tabela 13 – Organização dos argumentos produzidos pelos alunos com a categorização do ajuste dos dados ao modelo explicativo (TOTAL, PARCIAL ou NÃO), tipo de relação causal estabelecida (se associada ao MODELO ou à CONDIÇÃO experimental) e natureza da justificativa (EMPÍRICA ou TEÓRICA).

Relatório	Ajuste dos dados ao modelo	Relação causal estabelecida na explicação com ...	Estrutura do Argumento (Toulmin, 2006)			Natureza da justificativa
			Dado que...	Então...	Já que...	
3	PARCIAL	CONDIÇÃO	queda anterior	A partir do décimo dia de observação volta aumentar a quantidade de lemnas.	os nutrientes aumentam e o espaço também	TEÓRICA
9	PARCIAL	CONDIÇÃO	vimos um crescimento	pode ter sido decorrente das boas condições	a luz que estava direcionada para o recipiente do nosso grupo.	EMPÍRICA
9	PARCIAL	CONDIÇÃO	ocorreu um aumento	tinha mais espaço	ocorreu uma queda na população	EMPÍRICA
9	PARCIAL	CONDIÇÃO	a população está se estabilizando	por causa da redução do espaço	devido ao crescimento da população	EMPÍRICA
9.1	PARCIAL	CONDIÇÃO	O nosso experimento recebeu mais luz do que os outros	isso favoreceu o crescimento da população	Se as condições do ambiente forem favoráveis, o crescimento da população é grande	TEÓRICA
9.2	PARCIAL	CONDIÇÃO	Então chega um ponto da pesquisa em que a população se estabiliza	devido ao fato de não haver mais espaço	a população tanto crescia	EMPÍRICA

Tabela 13 – Organização dos argumentos produzidos pelos alunos com a categorização do ajuste dos dados ao modelo explicativo (TOTAL, PARCIAL ou NÃO), tipo de relação causal estabelecida (se associada ao MODELO ou à CONDIÇÃO experimental) e natureza da justificativa (EMPÍRICA ou TEÓRICA).

Relatório	Ajuste dos dados ao modelo	Relação causal estabelecida na explicação com ...	Estrutura do Argumento (Toulmin, 2006)			Natureza da justificativa
			Dado que...	Então...	Já que...	
11	PARCIAL	CONDIÇÃO	Podemos observar no gráfico, entre os dias 14 e 16 de agosto (9ª, 10ª e 11ª dias de contagem) uma queda brusca na população.	Isso se deve provavelmente a um erro de contagem	pois não há nenhum dado biológico que possa explicá-la nesse contexto, já que a queda aconteceu de um dia para o outro. Podemos justificar o erro de contagem pelo fato de os indivíduos estarem muito próximos, o que dificultou a contagem	EMPÍRICA
11.2	PARCIAL	CONDIÇÃO	No gráfico, podemos observar que nos dias 14 e 16 de agosto (9ª, 10ª e 11ª dias de contagem) houve um drástico crescimento da população, seguido por uma grande queda de número de indivíduos.	podemos explicar isto por um erro de contagem	que as lemnas estavam muito juntas, o que dificultou a contagem. Já que não há nenhum dado biológico pois a queda da população foi de um dia para o outro.	EMPÍRICA

Tabela 13 – Organização dos argumentos produzidos pelos alunos com a categorização do ajuste dos dados ao modelo explicativo (TOTAL, PARCIAL ou NÃO), tipo de relação causal estabelecida (se associada ao MODELO ou à CONDIÇÃO experimental) e natureza da justificativa (EMPÍRICA ou TEÓRICA).

Relatório	Ajuste dos dados ao modelo	Relação causal estabelecida na explicação com ...	Estrutura do Argumento (Toulmin, 2006)			Natureza da justificativa
			Dado que...	Então...	Já que...	
11.3	PARCIAL	CONDIÇÃO	Houve um ponto negativo em que teve uma queda brusca de um dia para o outro na população	se deve a um erro de contagem	sem nenhum dado biológico que possa mostrar e representar uma explicação.	EMPÍRICA
8	NÃO	CONDIÇÃO	novamente ocorreu uma queda, do penúltimo para o último.	faltou nutrientes para as lemnas.	no dia 19/08 a professora adicionou uma certa quantia de água	EMPÍRICA
8	NÃO	CONDIÇÃO	No dia 14/08 ao dia 15/08 houve uma queda muito alta	a contagem pode ter sido feita errada	a população fica aglomerada e podemos ter contado algumas lemnas mais de uma vez.	EMPÍRICA
8.2	NÃO	CONDIÇÃO	No meu experimento, as lemnas tinham um crescimento maior aos finais	as lemnas se desenvolvem melhor com um ambiente calmo e sem movimento	pois ficaram imóveis, não recebiam nosso contato e muito menos a luz da sala.	EMPÍRICA
12	NÃO	MODELO	adaptaram no seu novo ambiente	houve competição por espaço,	teve um grande crescimento	EMPÍRICA
12.2	NÃO	MODELO	elas se reproduziram	o que causou outra queda	houve competição por espaço	TEÓRICA

Tabela 13 – Organização dos argumentos produzidos pelos alunos com a categorização do ajuste dos dados ao modelo explicativo (TOTAL, PARCIAL ou NÃO), tipo de relação causal estabelecida (se associada ao MODELO ou à CONDIÇÃO experimental) e natureza da justificativa (EMPÍRICA ou TEÓRICA).

Relatório	Ajuste dos dados ao modelo	Relação causal estabelecida na explicação com ...	Estrutura do Argumento (Toulmin, 2006)			Natureza da justificativa
			Dado que...	Então...	Já que...	
12.3	NÃO	MODELO	o número caiu	isso ocorreu devido a adaptação dos indivíduos ao novo habitat	mudamos de lugar	EMPÍRICA
12.3	NÃO	MODELO	caiu rapidamente de novo	houve competição por espaço	já que como a população estava muito grande	EMPÍRICA
15	NÃO	CONDIÇÃO	estabilização na quantidade de indivíduos	a água evaporava	por conta da forte iluminação	EMPÍRICA
15	NÃO	CONDIÇÃO	estabilização do crescimento	as Lemnas não conseguem nutrientes suficientes para se reproduzir	as raízes dobram e/ou encostam na terra	EMPÍRICA
15.3	NÃO	CONDIÇÃO	a população se estabilizava	impedidas de conseguir nutrientes	a água era evaporada	EMPÍRICA

A análise dos argumentos segundo o padrão do Toulmin (2006) nos permitiu destacar as justificativas e direcioná-las um olhar mais qualitativo. Desta forma, percebemos que no conjunto das justificativas empíricas (24 de 37 - 65%) há uma diferença em relação à origem do dado: as inscrições literárias ou as observações do contexto de investigação.

Neste conjunto, os alunos utilizam os dados das inscrições literárias em 46% (11 de 24) das justificativas, como nos exemplos a seguir:

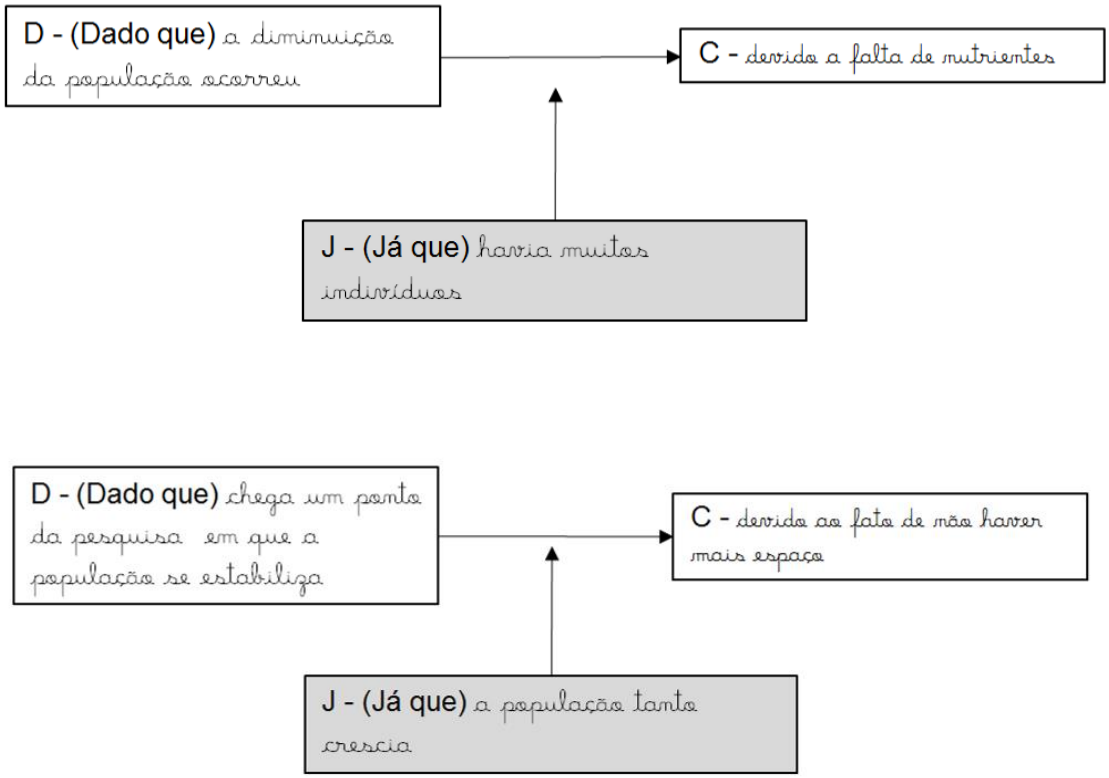


Figura 26 – Argumentos estruturados conforme padrão do Toulmin com destaque para as justificativas empíricas oriundas das inscrições literárias produzidas pelos alunos. Conclusões 1.2 e 9.2, respectivamente.

Em 54% (13 em 24) dos argumentos analisados a justificativa vinha da observação do contexto da investigação, como nos exemplos a seguir:

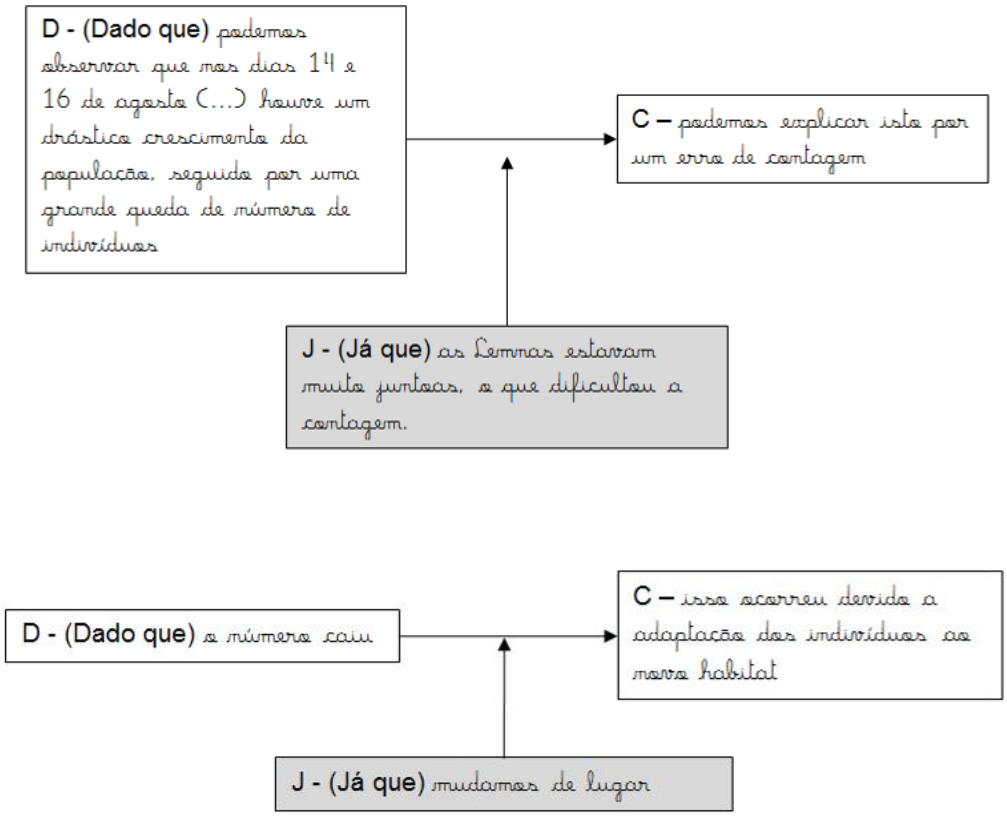


Figura 27 – Argumentos estruturados conforme padrão do Toulmin com destaque para as justificativas empíricas oriundas das condições experimentais. Conclusões 11.2 e 12.3, respectivamente.

Estes dados, então, fortalecem nossa tese de que o processo de produção das inscrições literárias forneceu repertório para que os alunos pudessem construir uma explicação sobre porque um determinado fenômeno ocorreu e, além disso, contribuiu para a produção de argumentos para defender suas proposições, práticas epistêmicas centrais na produção do conhecimento científico.

Estes resultados corroboram a proposição de que a participação dos alunos nas práticas de inscrição é de fundamental importância para que consigam recontextualizá-las, acessando o fenômeno investigado (ROTH, 2013) e também a afirmação de que a produção de inscrições pelos estudantes deve ser vista como promotora da aprendizagem de práticas epistêmicas científicas (PRAIN & TYLER, 2012).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para tecer comentários finais é importante reiniciar nossa problematização para que o leitor refaça o caminho que traçamos ao longo desta pesquisa.

Partindo do conhecimento sobre a natureza da ciência, mais especificamente sobre o papel das inscrições literárias e da argumentação na produção do conhecimento científico e das recentes proposições de que o ensino de ciências deve favorecer a apropriação de práticas epistêmicas da cultura científica, pretendíamos entender como se dá a relação entre inscrições literárias e argumentação no contexto da sala de aula.

Com este objetivo norteador, aliado ao conhecimento teórico construído a partir da leitura de diferentes pesquisas sobre ensino de ciências e ao conhecimento prático construído em 10 anos de atuação profissional como professora de ciências e biologia, elaboramos uma sequência didática que fora aplicada para a obtenção de diversos dados que nos possibilitassem entender a relação entre inscrição literária, explicação e argumentação.

Construímos então nossas perguntas de pesquisa:

"Quais são as práticas epistêmicas evidenciadas nos relatórios científicos produzidos pelos alunos?"

"Os alunos constroem explicações com garantia nos dados das inscrições literárias produzidas por eles?"

"Os estudantes justificam suas explicações com argumentos válidos de acordo com práticas epistêmicas da cultura científica? Qual é a natureza dos dados utilizados por eles para justificar suas conclusões sobre a dinâmica populacional investigada?"

Após a aplicação da sequência didática, fizemos um recorte analítico e selecionamos apenas a sequência de aulas correspondentes à atividade de investigação sobre crescimento populacional de *Lemna sp.*. Esta atividade investigativa e os relatórios escritos dos alunos constituíram, então, nossas fontes de dados.

5.1. Respondendo nossas perguntas de pesquisa

As primeiras leituras dos relatórios produzidos pelos alunos já nos evidenciaram que tínhamos em mãos um bom material para tratar das especificidades do ensino de biologia baseado em atividades investigativas.

Pelo princípio da biopopulação, as características e o comportamento de cada população dependem das características dos indivíduos que as constituem. Sendo assim, como cada grupo de alunos investigou a dinâmica populacional de uma população distinta, ao final da experimentação, no conjunto da sala de aula, tivemos resultados que retratavam diferentes dinâmicas populacionais.

O interessante deste contexto foi perceber que alguns alunos trabalharam com dados que estavam de acordo com o modelo explicativo já conhecido pela classe, ao passo que outros alunos tiveram como resultado dados que não se ajustavam ou se ajustavam apenas parcialmente ao modelo explicativo. Estas diferenças nos conduziram para uma categorização destes relatórios de acordo com o tipo de dado que fora coletado e estas categorias estiveram presentes em todas as análises realizadas.

Analisando as práticas epistêmicas nos relatórios científicos, identificamos que em todas as categorias de relatórios produzidos, descrever e explicar foram as práticas mais frequentes, indicando que apesar da diferença no tipo de dados coletados, a natureza descritiva da pergunta de investigação e a mediação feita pela professora na orientação da escrita do relatório foram determinantes no processo de engajamento nas práticas da cultura científica.

Considerando cada categoria de relatórios, percebemos que os alunos que trabalharam com dados que se ajustavam ao modelo explicativo conseguiram produzir mais explicações e argumentos, indicando que articularam a teoria com as observações empíricas e utilizaram evidências para justificar as relações causais estabelecidas.

Já os alunos que trabalharam com dados que não se ajustavam ou se ajustavam parcialmente ao modelo explicativo, se engajaram com mais frequência na construção de dados e produziram mais inscrições literárias em seus relatórios. Foi também neste grupo de relatórios que encontramos algumas evidências de

práticas relacionadas à avaliação do conhecimento científico, tais como avaliar a consistência dos dados e usar dados para avaliar a teoria.

Defendemos que o engajamento em diferentes práticas epistêmicas nessas diferentes categorias de relatório seja resultado da hibridação entre as culturas escolar e científica, considerando que a primeira é mediadora do acesso dos alunos à segunda. Isto porque os alunos que trabalharam com dados ajustados ao modelo explicativo, já tinham a “resposta certa” para explicá-los, bastando, para isso, aplicar a teoria que já fora compartilhada pela professora, ao passo, que, diante de dados anômalos, os demais alunos tiveram que elaborar uma explicação alternativa e encontrar dados para justifica-la.

Considerando todo o conjunto de relatórios produzidos, a análise das práticas epistêmicas nos revelou que a atividade de investigação proposta permitiu o engajamento dos alunos em práticas sociais da ciência, especialmente aquelas relacionadas à produção e comunicação do conhecimento, visto que produziu situações nas quais os alunos precisaram decidir “o que contava” como evidência, padrão e explicação na investigação realizada.

Após analisarmos a diversidade de práticas epistêmicas nos relatórios e concluírmos que as estratégias didáticas adotadas engajaram os estudantes em práticas de inscrição, buscamos avaliar se este engajamento favoreceu a familiarização dos estudantes com as inscrições literárias, facilitando sua interpretação.

Assim, investimos na análise das explicações para os fenômenos observados pelos alunos, avaliando a natureza das relações causais estabelecidas (se ao modelo explicativo ou ao contexto específico de investigação) e se estas eram coerentes ou não com os dados das inscrições literárias produzidas por eles.

Foi a partir desta análise que pudemos evidenciar a importância do contexto de investigação como repertório para a construção de explicações, especialmente para os alunos que lidaram como dados anômalos, pois quandos os dados se ajustavam ao modelo explicativo já conhecido, os alunos recorreram a ele com maior frequência para estabelecer relações causais coerentes com os dados produzidos. Quando os resultados diferiram do previsto pelo modelo, os estudantes diminuíram sua aplicação e buscaram explicações alternativas, estabelecendo mais relações causais com elementos relacionados à condição experimental.

Evidenciado este padrão, analisamos o papel do contexto de investigação na produção de argumentos.

Ao buscar, dentre o conjunto de explicações produzidas, aquelas às quais os alunos associaram uma justificativa explícita, nosso universo amostral foi reduzido a 30% do total das explicações. Isto nos indicou que os alunos não realizaram a argumentação na maior parte dos casos em que esta se fazia necessária para justificar suas conclusões de acordo com as práticas epistêmicas da ciência.

Esta baixa frequência de argumentos em relação às explicações tem sido frequentemente relatada em pesquisas sobre argumentação e o ensino de ciências. Diferentes autores avaliam que esta baixa produção de argumentos está associada a problemas na compreensão da natureza do trabalho científico e, em particular, da natureza e função das evidências.

Investimos, então, na análise da estrutura do argumento e, utilizando o padrão do Toulmin, destacamos as justificativas apresentadas e identificamos sua natureza, se empírica ou teórica.

Nesta análise, encontramos uma prevalência de justificativas de natureza empírica nas três categorias de relatórios, mas ficou evidente que a frequência de justificativas empíricas aumentava conforme os dados se distanciavam do previsto pelo modelo explicativo conhecido.

Ainda destrinchando a natureza das justificativas nos argumentos produzidos, percebemos que naquelas de natureza empírica os dados das inscrições literárias produzidas pelos alunos e o conhecimento das condições de investigação tiveram importância semelhantes.

Assim, ainda que não na totalidade dos relatórios analisados, nossos dados evidenciam que o engajamento em práticas epistêmicas relacionadas à produção de inscrições literárias forneceu repertório para que os alunos pudessem construir explicações e, além disso, contribuiu para a produção de argumentos para defender suas proposições, práticas epistêmicas centrais na produção do conhecimento científico, indicando estar em processo a alfabetização científica desses alunos.

5.2. Possíveis desdobramentos da nossa pesquisa

Numa perspectiva acadêmica, esta pesquisa apresenta dados que corroboram a tese de que o engajamento em práticas epistêmicas da cultura científica, especialmente aquelas ligadas às inscrições literárias, favorecem a produção de explicações e argumentos, pois aumentam o repertório interpretativo dos alunos.

Também apresentamos dados que evidenciam a importância do contexto de investigação para que os alunos possam interpretar os dados não previstos pelo modelo explicativo.

Há, no entanto, algumas questões que ficaram em aberto devido à metodologia que adotamos em nosso estudo:

A primeira delas diz respeito à baixa frequência de argumentos em relação às explicações nas três categorias de relatórios. A dificuldade dos alunos em lidar com as evidências tem sido bastante relatada em pesquisas sobre argumentação e o ensino de ciências, reforçando a necessidade de investigarmos os obstáculos epistêmicos desta prática a fim de que possamos traçar estratégias para que os alunos consigam superá-los.

A segunda refere-se à diferença das práticas epistêmicas realizadas por alunos que trabalharam com diferentes tipos de dados. Nossa pesquisa se constituiu num estudo de caso com um baixo tamanho amostral e, além de pequenas, nossas amostras possuíam grande variação interna, típica do contexto escolar. Futuras pesquisas podem, no entanto, reproduzir nossas análises tanto em outros estudos de caso, como em estudos de larga escala, o que contribuiria para verificarmos se as diferenças encontradas constituem um padrão nos contextos de ensino por investigação ou se são características específicas do caso analisado.

Numa perspectiva educacional, nossa pesquisa traz contribuições para o ensino de biologia sob uma perspectiva investigativa.

A sequência didática publicada, além de ser viável para o contexto de uma escola pública, supera obstáculos referentes à escala temporal e espacial dos fenômenos biológicos e possibilita abordarmos o princípio da biopopulação de forma empírica, o que frequentemente só é possível com uma grande amostragem.

Decorrente deste princípio da biologia, a depender das características dos indivíduos analisados, cada grupo de alunos trabalhou com dinâmicas populacionais distintas, o que acarretou no engajamento em diferentes práticas epistêmicas. Este

resultado também é relevante para o planejamento de atividades investigativas no contexto da sala de aula, visto que a apropriação de determinadas práticas epistêmicas demandará diferentes ações mediadoras por parte dos professores.

Por fim, nossos dados revelam que a habilidade de interpretar inscrições literárias (ferramenta cultural da ciência muito frequente nos materiais didáticos) pode ser favorecida ao engajarmos os alunos em atividades de ensino que exijam a produção e o uso contextualizado destas ferramentas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. O. **O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de Química.** 2008. 144 (Mestrado). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG.

ARAÚJO, A. O.; MORTIMER, E. F. **As práticas epistêmicas e suas relações com os tipos de texto que circulam em aulas práticas de Química.** VII ENPEC. Florianópolis**:** 12 p. 2009.

BELL, P. Inquiry as Inscriptional Work: A Commentary on Norris & Phillips In: DUSCHL, R. A. e GRANDY, R. E. (Ed.). **Teaching Scientific Inquiry. Recommendations for Research and Implementation.** Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers, 2008. cap. 18, p.263-267.

BERLAND, L. K.; MCNEILL, K. L. For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. **Science Education,** v. 96, n. 5, p. 808-813, 2012.

BOWEN, G. M.; ROTH, W. M. Why students may not learn to interpret scientific inscriptions. **Research in Science Education,** v. 32, n. 3, p. 303-327, 2002.

BOWEN, G. M.; ROTH, W. M.; MCGINN, M. K. Interpretations of graphs by university biology students and practicing scientists: Toward a social practice view of scientific representation practices. **Journal of Research in Science Teaching,** v. 36, n. 9, p. 1020-1043, 1999.

BRAVO, B.; PUIG, B.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Competencias en el uso de pruebas en argumentación **Educación Quimica,** v. De Aniversario, p. 137-142, 2009.

BRICKHOUSE, N. W. Should the social epistemology of science be rated x? In: DUSCHL, R. A. e GRANDY, R. E. (Ed.). **Teaching Scientific Inquiry. Recommendations for Research and Implementation.** Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers, p.95-98, 2008.

CAPECCHI, M. C. V. D. M. **Aspectos da Cultura Científica em Atividades de Experimentação nas Aulas de Física**. (Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. D. (Ed.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Learning, p.1-20, 2013.

CAVAGNETTO, A. R. Argument to Foster Scientific Literacy: A Review of Argument Interventions in K-12 Science Contexts. **Review of Educational Research,** v. 80, n. 3, p. 336-371, Sep 2010.

CAZELLI, S.; FRANCO, C. Alfabetismo científico: novos desafios no contexto da globalização. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências,** v. 3, n. 1, p. 1-18, 2001.

CHALMERS, A. **A Fabricação da Ciência**. São Paulo: Editora UNESP, 185p.,1994.

CHINN, C. A.; BREWER, W. F. The role of anomalous data in knowledge acquisition - a theoretical framework and implications for science instruction. **Review of Educational Research,** v. 63, n. 1, p. 1-49, Spr 1993.

COOPER, C. F.; STEWART, B. S. Demography of Northern Elephant Seals, 1911-1982. **Science,** v. 219, n. 4587, p. 969-971, 1983.

DE 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, 2005-12-01 2005.

DEBOER, G. E. Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching,** v. 37, n. 6, p. 582-601, AUG 2000.

DEL-CORSO, T. M. **Indicadores de Alfabetização Científica, Argumentos e Explicações: análise de relatórios no contexto de uma sequência de ensino investigativo.** (Mestrado). Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

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.

DUSCHL, R. A. Quality argumentation and epistemic criteria. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from classroom-based research.** . Dordecht, The Netherlands: Springer, v.35, p.159-175, 2007.

_____. Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. In: KELLY, G. J.;LUKE, A.*, et al* (Ed.). **What Counts as Knowledge in Educational Settings: Disciplinary Knowledge, Assessment, and Curriculum**: AERA / SAGE, v.32, p.268-291, 2008.

ERDURAN, S. Methodological Foundations in the Study of Argumentation in Science Classrooms. In: ERDURA, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordecht, The Netherlands: Springer, v.35, cap. 3, p.47-69, 2007.

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. **Science Education,** v. 88, n. 6, p. 915-933, NOV 2004 2004.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. **Dualidade Argumentativa: Os produtos da argumentação em aulas investigativas**. IX ENPEC. ABRAPEC. Águas de Lindóia**:** 1-8 p, 2013.

GOMEZ, G. R.; FLORES, J.; JIMÈNEZ, E. **Metodologia de la Investigacion Cualitativa** Malaga: Ediciones Aljibe, 378p, 1996.

GOTT, R.; DUGGAN, S.; GOTT, R. A. D., S. , INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENCE EDUCATION, 18(7), 791-806, 1996. HOGAN, K. AND MAGLIENTI, M. COMPARING TH. Practical work: its role in the understanding of evidence in science. **Practical work: its role in the understanding of evidence in science,** v. 18, n. 7, p. 791-806, 1996.

HALLIDAY, M. A. K.; MARTIN, J. R. **Writing science: Literacy and discursive power.** London: Falmer Press., 283p, 1993.

HENAO, B. L.; STIPCICH, M. S. Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias,** v. 7, n. 1, p. 47-62, 2008.

HURD, P. D. Scientific literacy: New minds for a changing world. **Science Education,** v. 82, n. 3, p. 407-416, Jun 1998.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA, A., DIVERSIDADE E INCLUSÃO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA. CONSELHO NACIONAL DA EDUCAÇÃO. CÂMARA NACIONAL DE EDUCAÇÃO BÁSICA. Brasília: MEC, SEB, DICEI**:** 562 p., 2013.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P. et al. **Epistemic Practices: an Analytical Framework for Science Classrooms**. Annual Meeting of the AERA. New York City, USA 2008.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P.; REIGOSA, C. Contextualizina practices across epistemic levels in the chemistry laboratory. **Science Education,** v. 90, n. 4, p. 707-733, Jul 2006.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P.; RODRIGUEZ, A. 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. **10 ideas claves: competencias en argumentación y uso de pruebas**. Barcelona: Graó, 200p., 2009.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUSTAMANTE, J. D. Discurso de Aula y Argumentación en la Clase de Ciencias: Cuestiones Teóricas y Metodológicas. **Enseñanza de las Ciencias,** v. 21, n. 3, p. 359-370, 2003.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: An Overview. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research.** Dordecht, The Netherlands.: Springer, v.35, p.3-27, 2007.

KELLY, G. J. Inquiry, Activity, and Epistemic Practice. In: DUSCHL, R. A. e GRANDY, R. E. (Ed.). **Teaching Scientific Inquiry. Recommendations for Research and Implementation.** Rotterdam, The Netherlands.: Sense Publishers., p.99-117, 2008.

KELLY, G. J.; CHEN, C. The sound of music: Constructing science as sociocultural practices through oral and written discourse. **Journal of Research in Science Teaching,** v. 36, n. 8, p. 883-915, Oct 1999.

KELLY, G. J.; DUSCHL, R. A. **Toward a research agenda for epistemological studies in science education.** NARST annual meeting. New Orleans, LA 2002.

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, May 2002.

KNORR-CETINA, K. **Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge**. Cambridge: Harvard University Press, 352p., 1999.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo, SP: Editora Moderna, 88p., 2007.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 12ª. São Paulo, SP: Editora Perspectiva, 2013.

LATOUR, B. **Ciência em ação**. São Paulo, SP: Editora Unesp, 440p., 2000.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro, RJ: Relume Dumará**:** 310 p. 1997.

LAUGKSCH, R. C. Scientific literacy: A conceptual overview. **Science Education,** v. 84, n. 1, p. 71-94, Jan 2000.

LIMA-TAVARES, M. **Argumentação em salas de aula de Biologia sobre a teoria sintética da evolução**. (Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2009.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo, SP: Editora pedagógica e universitária, 99p., 1988.

MARTIN, A. M.; HAND, B. Factors Affecting the Implementation of Argument in the Elementary Science Classroom. A Longitudinal Case Study. **Research in Science Education,** v. 39, n. 1, p. 17-38, Jan 2009.

MAYR, E. **Biologia, Ciência Única**. São Paulo, SP: Companhia das Letras, 266p., 2005.

MEHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education,** v. 26, n. 5, p. 515-535, Apr 16 2004.

MORTIMER, E. F.; CHASSOT, A.; OLIVEIRA, R. J. Sobre chamas e cristais: a linguagem cotidiana, a linguagem científica e o ensino de ciências. In: CHASSOT, A. e OLIVEIRA, R. J. (Ed.). **Ciência, ética e cultura na educação**. São Leopoldo: Unisinos, p.99-118, 1998.

N.R.C.. **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. BOARD ON SCIENCE EDUCATION, D. O. B. A. S. S. A. E. Washington, DC: National Academic Press**:** 320 p., 2012.

NIELSEN, J. A. Dialectical Features of Students' Argumentation: A Critical Review of Argumentation Studies in Science Education. **Research in Science Education,** v. 43, n. 1, p. 371-393, Feb 2013.

NORRIS, S. P.; PHILLIPS, L. M. How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. **Science Education,** v. 87, n. 2, p. 224-240, Mar 2003.

_____. Reading as Inquiry. In: DUSCHL, R. A. e GRANDY, R. E. (Ed.). **Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation**. Netherlands: Sense Publishers, p.233-262, 2008.

OROFINO, R. D. **Análise da Argumentação e de seus processos formadores em uma aula de biologia.** 2011. (Mestrado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.

OSBORNE, J. **Notes on the use of data transformations**. Practical Assessment, Research & Evaluation. http://pareonline.net/. 8 2002.

OSBORNE, J. F.; PATTERSON, A. Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? **Science Education,** v. 95, n. 4, p. 627-638, Jul 2011.

POTT, V. J.; CERVI, A. C. A família Lemnaceae Gray no Pantanal (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), Brasil. **Revista Brasileira de Botânica,** v. 22, n. 2, p. 153-174, 1999.

PRAIN, V.; TYTLER, R. Learning Through Constructing Representations in Science: A framework of representational construction affordances. **International Journal of Science Education,** v. 34, n. 17, p. 2751-2773, 2012.

ROTH, W. M. Reading graphs: contributions to an integrative concept of literacy. **Journal of Curriculum Studies,** v. 34, n. 1, p. 1-24, Jan 2002.

_____. Undoing decontextualization or how scientists come to understand their own data/graphs. **Science Education,** v. 97, n. 1, p. 80-112, Jan 2013.

ROTH, W. M.; POZZER-ARDENGHI, L. Pictures in Biology Education. In: TREAGUST, D. F. e TSUI, C. Y. (Ed.). **Multiple Representations in Biological Education, Models and Modeling in Science Education**. New York London: Springer Science Business Media, v.7, p.39-54, 2013.

SAMPSON, V. D.; CLARK, D. B. Assessment of Argument in Science Education: A Critical Review of the Literature. **International Conference of the Learning Sciences**, Bloomington, IN. p.655-661, 2006.

SANDOVAL, W. A. **Students` uses of data as evidence in scientific explanations**. Annual Meeting of AERA. Seattle, WA 2001.

_____. Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. **Journal of the Learning Sciences,** v. 12, n. 1, p. 5-51, 2003 2003.

SANDOVAL, W. A. et al. **Designing Knowledge Representations for Learning Epistemic Practices of Science**. Annual meeting of AERA. New Orleans, LO. 2000.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. D. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências (Online),** v. 16, p. 59-77, 2011.

SCARPA, D. L. **Cultura escolar e cultura científica: aproximações, distanciamentos e hibridações por meio da análise de argumentos no ensino de biologia e na Biologia**. (Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.

SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, A. M. P. D. (Ed.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo, SP: Cengage Learning, p.129-152, 2013.

SILVA, A. C. T. **Estratégias enunciativas em salas de aula de química contrastando professores de estilos diferentes**. (Doutor). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2008.

SIMON, S.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J. Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. **International Journal of Science Education,** v. 28, n. 2-3, p. 235-260, 2006.

STAKE, R. E. **The Art of Case Study Research**. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc, 192p., 1995.

TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. São Paulo, SP: Martins Fontes, 375p., 2006.

UNESCO; ABIPTI. **A ciência para o século XXI: uma nova visão e uma base de ação. Texto baseado na "Conferência Mundial sobre Ciência, Santo Domingo, 1999" e na "Declaração sobre Ciências e a Utilização do Conhecimento Científico, Budapeste, 1999".** DF: Brasília**:** 72 p. 2003.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. A Argumentação e o Ensino de Ciências: Uma Atividade Experimental no Laboratório Didático de Física do Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências,** v. 8, n. 3, p. 187-209, 2003.

WENZEL, J. W. Three perspectives on argument: rhetoric, dialectic, logic. In: TRAPP, R. e SCHUETZ, J. (Ed.). **Perspectives on Argumentation: essays in honor of Wayne Brockriede.** Prospect Heights, Illinois: Waveland Press, p.9-26, 1990.

WERTSCH, J. V. **Mind as Action**. New York: Oxford University Press, 216p., 1998.

WU, H. K.; KRAJCIK, J. S. Exploring middle school students' use of inscriptions in project-based science classrooms. **Science Education,** v. 90, n. 5, p. 852-873, Sep 2006.

YIN, R. K. **Case Study Research: Design and Methods**. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc, 312p., 2014.

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 I

ARTIGO ORIGINAL

COOPER, C. F.; STEWART, B. S. Demography of Northern Elephant Seals, 1911-1982. **Science,** v. 219, n. 4587, p. 969-971, 1983.

ANEXO II

MATERIAIS ENTREGUES AOS ALUNOS AO LONGO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Interpretação de texto	Professora: Maíra Batistoni	Data: / /13
Aluno (a):	nº.	1º ano - Ensino Médio

Este texto inicia nosso trabalho com o tema Dinâmica de Populações, o qual norteará todas as atividades até o final do ano. Ele foi adaptado por mim do original *Demography of Northern Elephant Seals, 1911-1982*, publicado na Revista *Science*, vol. 19, pg. 969-971, em 1983 (disponível para download em www.sciencemag.org). As adaptações consistiram em: livre tradução, inserção de mapa, adequação de termos técnicos e omissão da parte final (conclusão).

Demografia de Elefantes Marinhos do Norte, 1911-1982

Charles F. Cooper & Brent S. Stewart

Nos últimos 50 anos, a efetiva proteção do litoral do México e Estados Unidos (Figura 1), local de reprodução de diversos animais marinhos, permitiu que os Elefantes Marinhos (*Mirounga angustirostris*) retornassem para as ilhas da costa da Califórnia, onde a caça comercial havia extinguido esta população no início dos anos 1900.

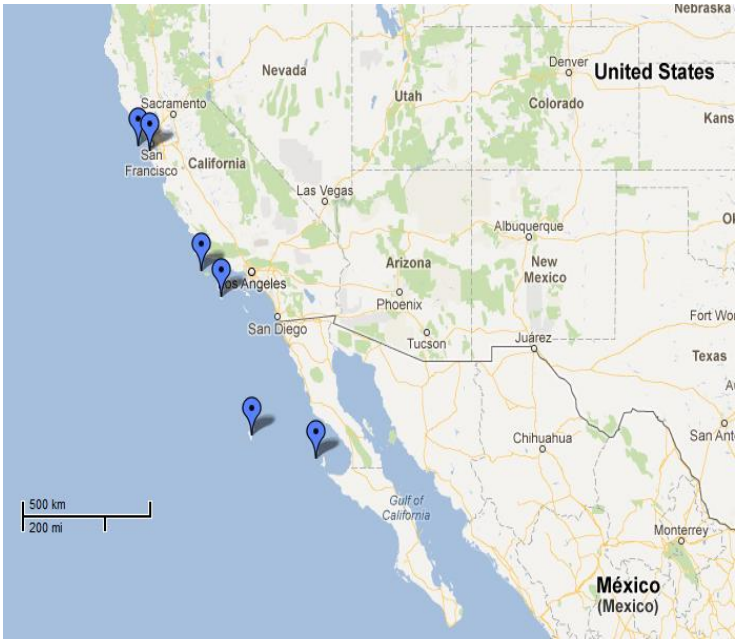


Figura 1. Mapa do local onde o estudo foi realizado. No sentido Norte-Sul, as ilhas em destaque são: *Año Nuevo*, *Farallones*, *San Miguel* e *San Nicolas*, todas nos Estados Unidos, e *Guadalupe* e *San Benito* no México.
Fonte: Googlemaps, 2012.

Este repovoamento oferece uma oportunidade única de analisar quantitativamente o crescimento da população de um grande mamífero recolonizando um antigo habitat após medidas de conservação.

Os elefantes marinhos apenas se reproduzem na faixa litorânea entre a Baía de San Francisco, nos EUA, até a ponta de Baja Califórnia, no México (Figura 1). Após quase sua extinção, por volta de 1880, a espécie foi redescoberta na Ilha Guadalupe, Baja Califórnia, em 1892. A população total logo após 1900 era estimada em menos de 100 indivíduos.

Na Califórnia, as fêmeas dos elefantes marinhos tornam-se adultas por volta dos 6 anos, porém, quando a densidade populacional é baixa, normalmente dão a luz ao primeiro filhote com 3 ou 4 anos. Os filhotes, únicos, nascem entre dezembro e fevereiro. São sedentários e conspícuos, o que permite uma contagem confiável dos animais vivos e mortos. Como parâmetro do tamanho populacional, foi utilizado o número de filhotes, que foram contados por diferentes observadores em intervalos de tempo variáveis. Este artigo é baseado em dados publicados por outros pesquisadores a partir de contagens realizadas entre 1958 e 1981.

Machos transeuntes visitavam as ilhas do Canal da Califórnia desde o início de 1925, mas a reprodução no local se iniciou apenas depois 1950. Oito filhotes foram avistados na Ilha San Miguel em 1958, e 48 na Ilha San Nicolas em 1959. Na Ilha Año Nuevo, os primeiros filhotes apareceram em 1961, enquanto na Ilha Farallones, apenas em 1972. No continente os filhotes começaram a aparecer desde 1975.

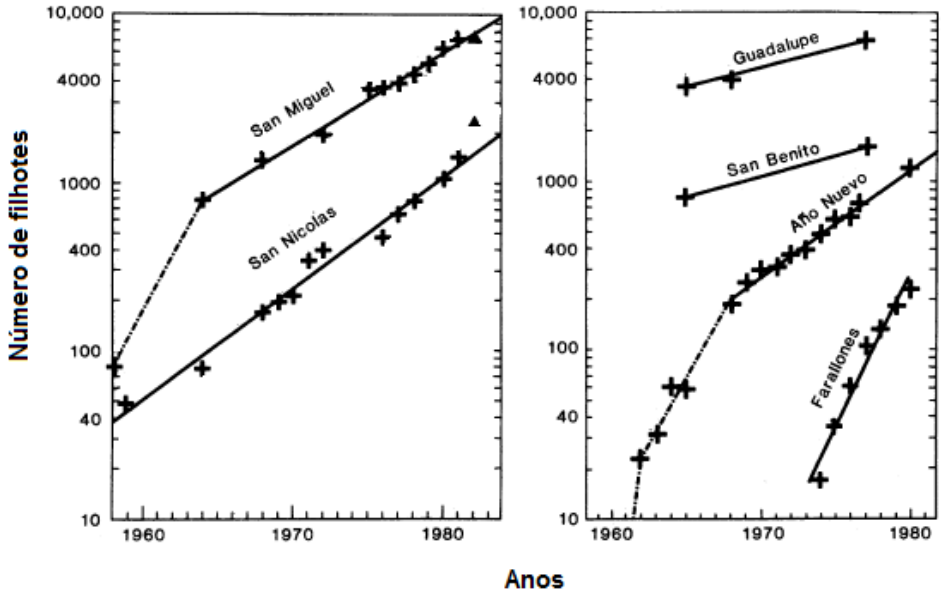


Figura 2 (esquerda). Crescimento da produção de filhotes de Elefante Marinho nas Ilhas San Miguel e San Nicolas, EUA. **Figura 3 (direita).** Crescimento da produção de filhotes de Elefante Marinho nas Ilhas Año Nuevo e Farallones (EUA) e Guadalupe e San Benito (México).

Em San Miguel, o número de filhotes aumentou a uma taxa de crescimento de 47% ao ano entre 1958 a 1964 (não há contagem no meio do período). A produção de filhotes na Ilha Año Nuevo aumentou 41% ao ano de 1962 a 1968 (Figura 3). Estas taxas de

crescimento populacional são impossíveis para uma espécie com reprodução tardia e gestações únicas sem uma contínua adição de fêmeas em idade reprodutiva (emigração).

A produção de filhotes nas ilhas San Miguel, San Nicolas e Anõ Nuevo aumentou exponencialmente desde seu estabelecimento e, aparentemente, a população nestas ilhas ainda não está estabilizando, pois não houve diminuição da taxa de crescimento das colônias (Figura 2 e 3). Em San Miguel, a população de filhotes estimada para 1982, de acordo com a linha média do gráfico, será de 7820 indivíduos, o número atual (1981) é 7370. Já em San Nicolas, a previsão é de 1480 filhotes. O número atual é de 1305 filhotes.

Para avaliar o futuro curso da população das ilhas da Califórnia, nós examinamos dados das populações de Guadalupe e San Benito, locais de origem dos elefantes marinhos responsáveis para recolonização na Califórnia.

A média anual de crescimento da produção de filhotes entre 1965 e 1977 foi de 5,4% em Guadalupe e 5,9% em San Benito, crescimento bem menor do que aquele observado nas populações da Califórnia (EUA) no mesmo período. O crescimento da população da Califórnia como um todo (EUA e México) entre 1965 e 1977 foi de 8,3% por ano, valor aceitável de crescimento considerando-se apenas a reprodução das fêmeas locais. **Continua...**

Interpretando

1. Que tipo de texto é este? Como você chegou a esta conclusão?
2. Apesar de não estar dividido, é possível identificar as partes de um texto científico. Localize-as no próprio texto.
3. Quem colocou o mapa neste texto? Qual foi a intenção?
4. Quem colocou os gráficos neste texto? Qual é o papel deste tipo de imagem num texto científico?
5. Quais dados foram necessários para construir o gráfico? Como eles foram produzidos?
6. O que os gráficos estão representando?
7. Haveria outra forma de representar o mesmo fenômeno? Qual?
8. Por que o autor escolheu a forma gráfica para representá-lo?
9. De acordo com sua compreensão do texto, o que é uma população?
10. Quais fatores, que aparecem no texto, podem influenciar o tamanho de uma população?
11. Na parte final do artigo, os autores afirmam que não é possível explicar o crescimento populacional nas Ilhas San Miguel e San Nicolas apenas pela reprodução das fêmeas destas ilhas. Com base em quais informações é possível afirmar isto?
12. Os autores concluem, com base nos dados dos gráficos, que a constante imigração de fêmeas das Ilhas Guadalupe e San Benito foi fundamental para o crescimento populacional em San Miguel e San Nicolas. Por que é possível concluir isso?

Escola de Aplicação da FEUSP

Atividade experimental	Professora: Maíra Batistoni	Data: / /13
Aluno (a):	nº.	1º ano - Ensino Médio

No artigo *Demografia de Elefantes Marinhos do Norte, 1911-1982* (Cooper & Stewart, 1983) vimos que a determinação do tamanho da população de elefantes marinhos foi realizada por um método de contagem de cada indivíduo.

1) Quais as características da população estudada foram fundamentais para a escolha deste método de contagem?

_____

_____

_____

_____

A seguir, você vai encontrar uma área coberta por dois tipos de sinais: quadradinhos brancos e círculos pretos. Considere que cada tipo de sinal representa uma espécie de capim. Estas populações, diferentemente da população de Elefantes Marinhos da Califórnia, são numerosas e a contagem de cada indivíduo não é o melhor método para quantificá-las.

Os indivíduos de cada espécie estão espalhados de maneira bem uniforme, ou seja, não há regiões com uma concentração maior de indivíduos da mesma espécie, em comparação com outras regiões.

O desafio é propor um método para determinar o tamanho de cada população de capim sem contar um a um. Sabendo que a população de capim representada por quadradinhos brancos possui 1570 indivíduos e a população de capim representada por círculos pretos possui 630 indivíduos, **descreva em detalhes** o método que resultou em dados mais próximos dos valores reais.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Escola de Aplicação da FEUSP

Avaliação de interpretação de gráfico	Professora Maíra	Data: **05/07/2013**
Aluno (a):	nº.	1º ano **II** - Ensino Médio

1) Considerando que a imigração foi fundamental para que o crescimento populacional nos ilhas San Miguel e San Nicolas fosse tão alto, duas cientistas estavam discutindo sobre a origem das fêmeas imigrantes. Daniela afirmava que as fêmeas que imigraram para San Miguel e San Nicolas vieram de Guadalupe e San Benito, enquanto Sílvia afirmava que vieram de Año Nuevo e Farallones.

a) Quem está correta? Que dados você tem para afirmar isto?
b) O que a cientista que está correta poderia fazer para convencer a outra sobre a origem das fêmeas imigrantes?

2) Construa um gráfico para representar o comportamento das populações das espécie 1 e da espécie 2 ao longo da década de 2000 a 2010. Considerando que ambas as espécies se alimentam dos mesmos recursos e habitam o mesmo local, qual espécie apresenta vantagem competitiva? Justifique com dados do gráfico.

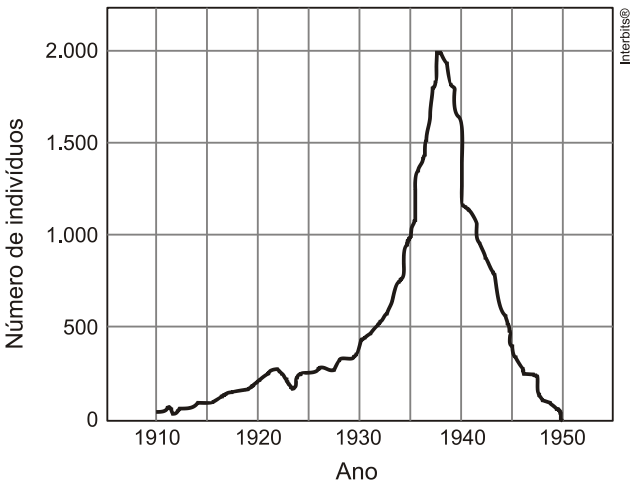
	Nº de indivíduos	
	Espécie 1	Espécie 2
2000	5	5
2001	7	15
2002	10	30
2003	20	60
2004	40	120
2005	80	150
2006	160	160
2007	180	170
2008	190	160
2009	195	140
2010	195	140

Bom trabalho! ☺

Escola de Aplicação da FEUSP

Exercícios – Dinâmica populacional	Profa: Maíra Batistoni	Data: / /13
Aluno (a):	nº.	1º ano - Ensino Médio

1. (Fuvest 2011) Em 1910, cerca de 50 indivíduos de uma espécie de mamíferos foram introduzidos numa determinada região. O gráfico abaixo mostra quantos indivíduos dessa população foram registrados a cada ano, desde 1910 até 1950.



Fonte: **BSCS Biology - An ecological approach.** Kendal/Hunt Pub. Co., 5th ed. 2006. Adaptado.

Esse gráfico mostra que,

a) desde 1910 até 1940, a taxa de natalidade superou a de mortalidade em todos os anos.
b) a partir de 1938, a queda do número de indivíduos foi devida à emigração.
c) no período de 1920 a 1930, o número de nascimentos mais o de imigrantes foi equivalente ao número de mortes mais o de emigrantes.
d) no período de 1935 a 1940, o número de nascimentos mais o de imigrantes superou o número de mortes mais o de emigrantes.
e) no período de 1910 a 1950, o número de nascimentos mais o de imigrantes superou o número de mortes mais o de emigrantes.

2. (Unesp 2011) Leia atentamente os três textos e analise o gráfico.

I. Pela primeira vez na história, os empresários deparam-se com limites reais de crescimento econômico e de consumo, impostos por questões relacionadas à natureza. Todo produto que chega ao consumidor, seja um carro, um tênis ou uma xícara de café, tem origem na extração ou colheita de bens da natureza. Esses bens, a água, as terras cultiváveis, as florestas, são finitos.

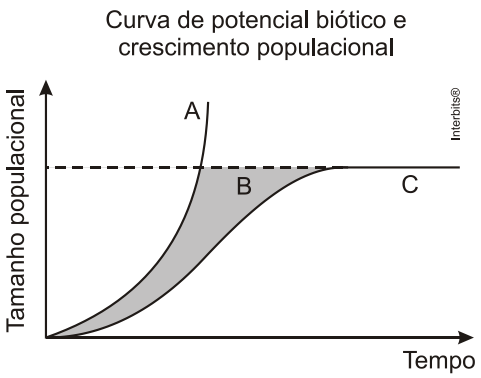
(Veja, 09.06.2010. Adaptado.)

II. A população mundial era de cerca de 250 milhões de habitantes no ano 1 da era cristã. Em 1999, chegou a 6 bilhões, e poderá alcançar 9 bilhões em 2050. Alguns autores consideram que a racionalidade humana e os avanços tecnológicos são capazes de resolver os problemas ambientais em uma situação de crescimento populacional. Afirmam que as taxas de mortalidade vão continuar caindo, o bem-estar vai continuar aumentando e que o crescimento populacional contribui para o desenvolvimento humano a longo prazo.

(opensadorselvagem.org. Adaptado.)

III. Alguns autores consideram que a espécie humana expandiu-se a tal ponto que ameaça a existência dos outros seres. Tornou-se uma praga que destrói e ameaça o equilíbrio do planeta. E a Terra reagiu. O processo de eliminação da humanidade já está em curso e vai se dar pela combinação de desastres climáticos e a escassez de recursos. “Bilhões de nós morrerão e os poucos casais férteis de pessoas que sobreviverão estarão no Ártico, onde o clima continuará tolerável”, afirmam.

(opensadorselvagem.org. Adaptado.)



Cada um dos textos I e II relaciona-se a uma das letras do gráfico, A, B ou C. Indique a que letras correspondem os textos I e II e justifique essa correlação. Para fazer jus à conclusão do texto III, uma das linhas do gráfico deveria ser modificada. Construa ao lado da figura acima, a modificação sugerida pelo texto III e justifique o porquê dessa modificação.

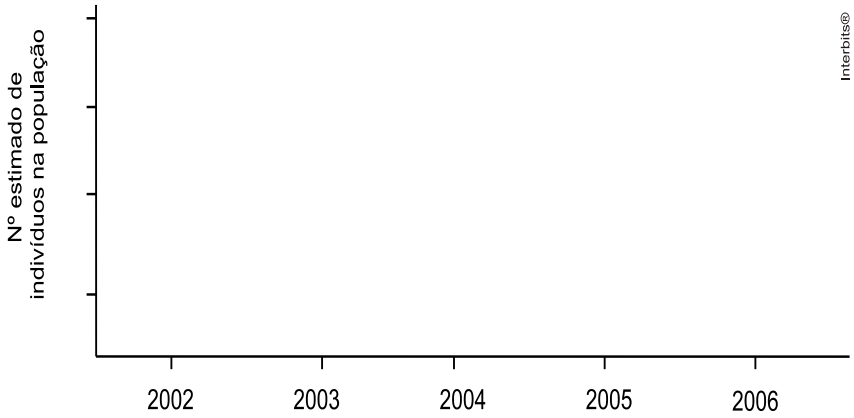
3. (Ufpr 2010) Uma população foi reintroduzida em uma ilha em 2001 com a soltura de 50 indivíduos, sendo então monitorada por 5 anos. Nesse período, a cada ano foram estimadas as taxas de natalidade, mortalidade, emigração e imigração, cujos valores são apresentados no quadro abaixo:

	2002	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**
Natalidade	110	210	356	389	298
Mortalidade	45	75	62	123	131
Emigração	11	19	32	48	104
Imigração	7	19	48	26	52

Com base nesses dados, responda:

a) Preencha o quadro com a estimativa do número de indivíduos da população em cada ano e trace no gráfico abaixo a curva de crescimento da população.

	2002	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**
Nº de indivíduos					



b) Que tipo de crescimento essa população apresenta? Como você chegou a esta conclusão?

ANEXOS II

RELATÓRIOS ANALISADOS

GRUPO 1

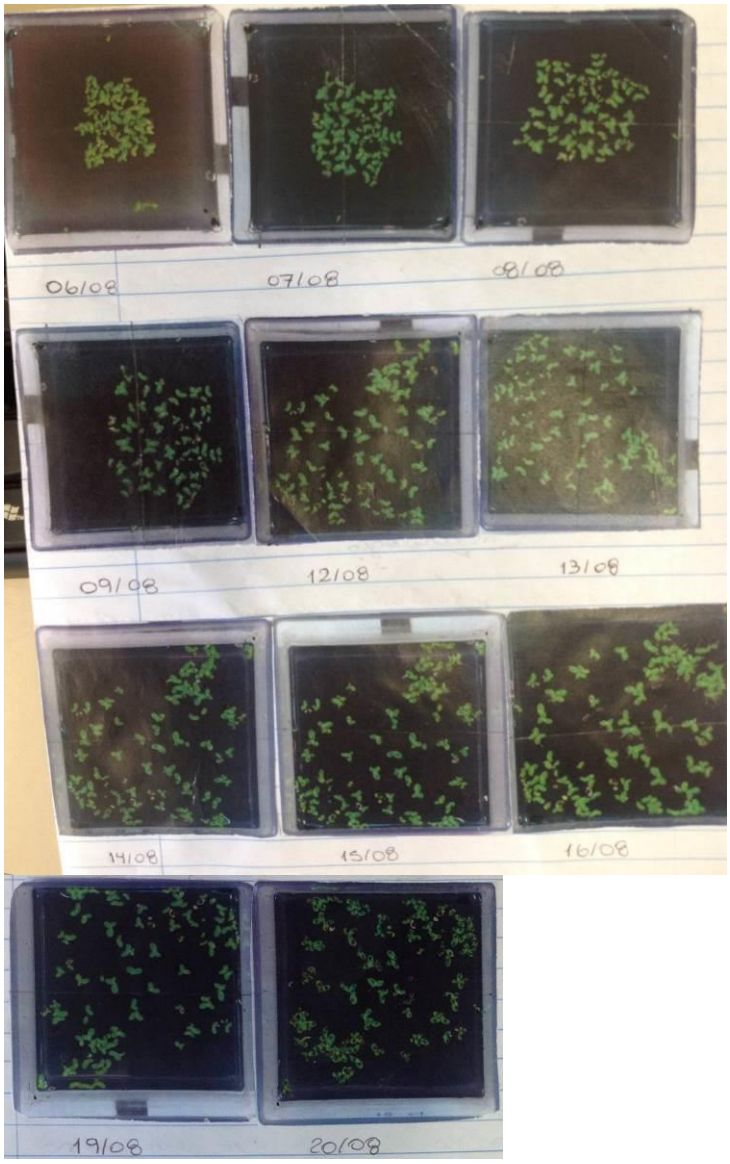
Pergunta

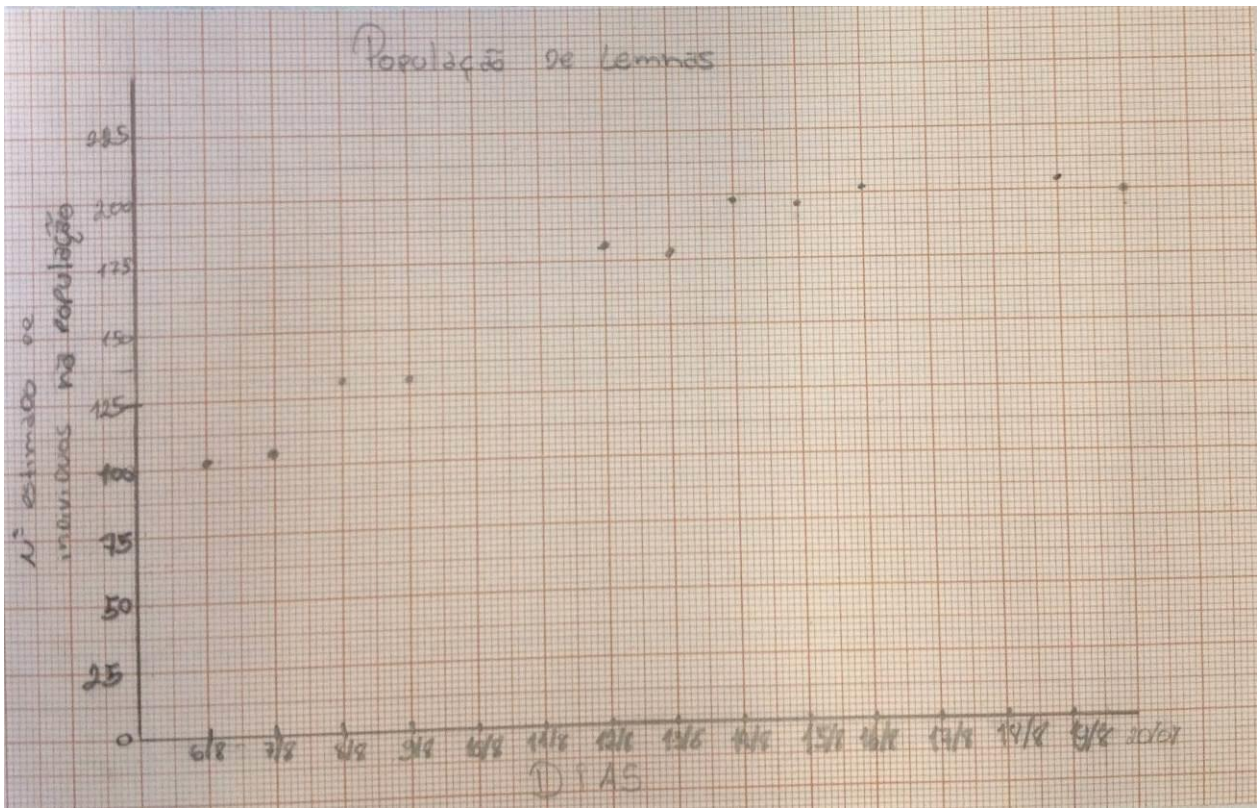
O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

Metodologia

Ao iniciar o trabalho recebemos um potinho onde colocamos água, terra e as lemnas, o potinho recebia luz de uma lamparina diariamente. A pesquisa durou 15 dias, de segunda a sexta tiramos fotos e contamos todos os indivíduos da população.

Resultados





Interpretação

Durante a 1ª semana de pesquisa, houve um crescimento na população. Isso ocorreu devido a luz que as Lemnas recebia para realizar a fotossíntese e também os nutrientes que estavam na terra que foi dissolvida na água.

Já na 2ª semana da pesquisa na população de Lemnas houve uma estabilização e uma redução. A morte de algumas Lemnas pode ter ocorrido por não ter suportado a uma semana de frio ou a falta de nutrientes devido a grande quantidade de Lemnas na população.

Conclusão 1.1

A população cresce por um tempo com a ajuda dos nutrientes e o clima, mas a população também estabiliza devido à falta de nutrientes pelo acúmulo de população e ao clima que pode mudar a qualquer instante.

Conclusão 1.2

A população de Lemnas se desenvolveu, ou seja, cresceu. Só que em um certo momento houve um grande crescimento da população. Após o dia seguinte percebemos que a população diminuiu e estabilizou. A diminuição da população ocorreu devido a falta de nutrientes pois havia muitas

indivíduos e poucos nutrientes e também pela semana fria que tivemos e algumas Lemnas não conseguiram resistir ao frio.

A população de lemnas conseguiu se desenvolver pois recebia luz diariamente para realizar a fotossíntese e também utilizava os nutrientes da terra que estava dissolvido na água para se desenvolverem.

Conclusão 1.3

Na população de Lemnas houve um crescimento grande e rápido, mas durante a 2ª semana algumas Lemnas morreram, no final da pesquisa a população se estabilizou.

No primeiro dia iniciou com 115. O dia houve maior número de Lemnas foi 211. E o dia mais baixo depois da estabilização foi 201. Final da pesquisa: sobreviveram 201 e morreram 21.

GRUPO 2

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

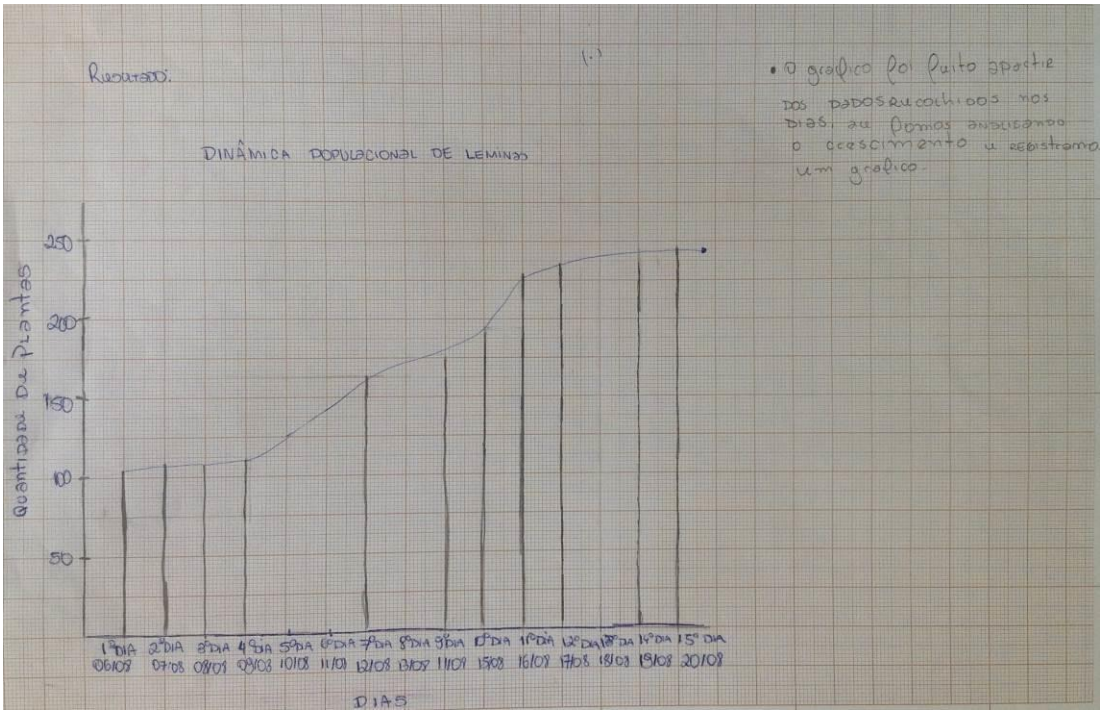
Com base na contagem de cada dia, que começou dia 16/08 e foi até dia 13/08, podemos afirmar que a população está aumentando.

Metodologia

No começo do nosso experimento nós recebemos um " pote" que colocamos água, terra (nutrientes) e Lemnas. Depois de colocarmos as Lemnas no " pote" deixamos em cima da bancada recebendo luz. Fomos acompanhando e tirando fotos durante o período de experimento com as Lemnas. Durante esse experimento vimos a população crescer e fomos registrando a quantidade de Lemnas que apareceu.

Ao longo do registro, fomos contando uma por uma das lemnas, para registrar melhor, construímos um gráfico com índice de crescimento das lemnas do primeiro dia ao décimo quinto dia (06/08 a 20/08). Ficamos analisando elas por 15 dias e não contamos os finais de semana.

Resultados



Interpretação

O índice de crescimento do nosso experimento é: do primeiro ao quarto dia de experimento (06/08 a 09/08), teve um leve crescimento das plantas, pelas nossas contas cresceu de 123 à 133 plantas nesse período, pois ao transferirmos as lemnas de um ambiente para outro, pode ser que tenha interferido no crescimento da população.

Do quarto dia ao décimo primeiro dia de experimento (09/08 a 16/08), teve um grande crescimento da população, as plantas cresceram de 133 a 220, pois as plantas se adaptaram ao novo ambiente e o novo ambiente estava fornecendo luz, água, nutrientes e espaço.

Do décimo primeiro dia ao décimo quinto dia (16/08 à 20/08), as plantas voltaram a ter um crescimento leve, cresceram de 220 a 245, pois já não havia mais espaço para a população crescer.

Conclusão 2.1

Com base na contagem de cada dia, que começou dia 16/08 e foi até 20/08, a população aumentou de 123 a 245, pois no início as Lemnas estavam reconhecendo o local, a luz e o " pote" para fazer a fotossíntese e aumentar a população.

Depois de conhecer o local, as Lemnas foram aumentando a população, pois esse ambiente estava fornecendo luz, água, nutrientes e espaço e com isso a população foi crescendo com números bem altos de Lemnas no espaço.
Ao final do experimento, as Lemnas não cresceram muito, teve um índice baixo de crescimento, depois de ter conhecido já o local, a luz, água, nutrientes e espaço do ambiente.

Conclusão 2.2

Após o final do experimento, podemos concluir que uma população biológica de Lemnas, juntas em um mesmo ambiente com as mesmas condições e recursos, a população vai crescer, e podemos concluir que a população vai crescendo até o limite do espaço que o ambiente disponibiliza, concluímos que os recursos são limitados e ajudam a planta a crescer, mas a planta só cresceu até o limite de tempo e nos primeiros dias não teve um crescimento significante, mas do quarto dia até o décimo primeiro dia teve um crescimento significante, e a partir do 11º dia o crescimento se estabilizou e por falta de espaço a partir do 15º dia não cresceu mais.

GRUPO 3

Dinâmica populacional de Lemnas

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

Metodologia

No mês de agosto iniciamos a investigação colocando água, terra e lemnas no potinho. Deixamos a população próxima à uma luminária ligada 24h por dia. Observamos durantes 15 dias, tiramos fotos para facilitar a conta dos mortos e vivos, com as fotos impressas criamos uma maneira de contar as lemnas, dividimos em partes a população para facilitar:

Após contar a população, somamos e comparamos os 15 dias observados.

Resultados

→ Imagem 1 (06/08): folhas verdes, população pequena → 158 folhas vivas; 14 mortas.

→ Imagem 2 (07/08): folhas verdes, aumento pequeno de mortos; movimento de algumas folhas. → 160 folhas vivas; 19 mortas.

→ Imagem 3 (08/08): Aumento maior da população; folhas estão ficando mais esverdiadas, movimento das folhas → folhas 181 vivas; 19 mortas

→ Imagem 4 (08/08). Distribuição das folhas no espaço, aumento das folhas mortas, estão esverdiadas/verdes → folhas 187 vivas; 13 mortas

→ Imagem 5 (12/08): aumento da população, distribuição de muitas folhas, folhas com verde mais forte → folhas 204 vivas; 15 mortas

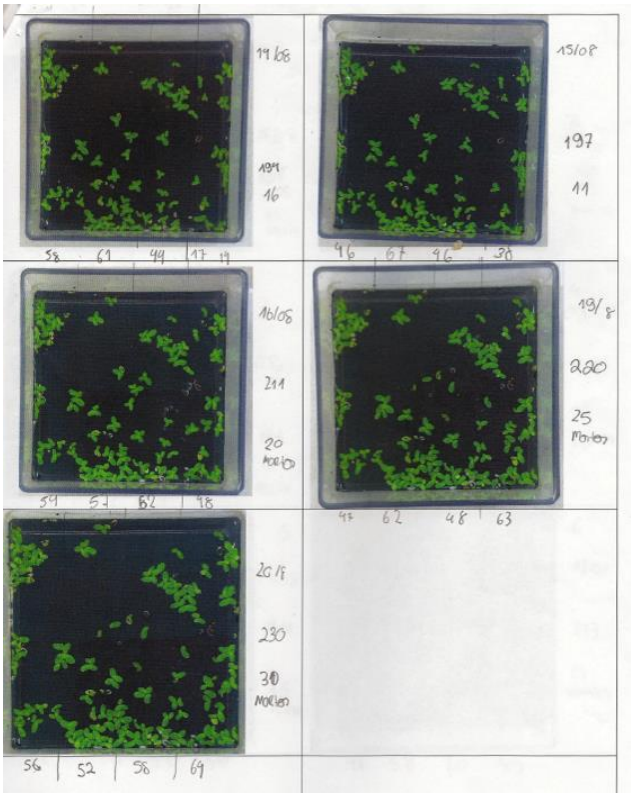
→ Imagem 6 (13/08): População bem espalhada no espaço, bem verde, aumento da população (tanto viva como morta) → 219 v; 19 m.

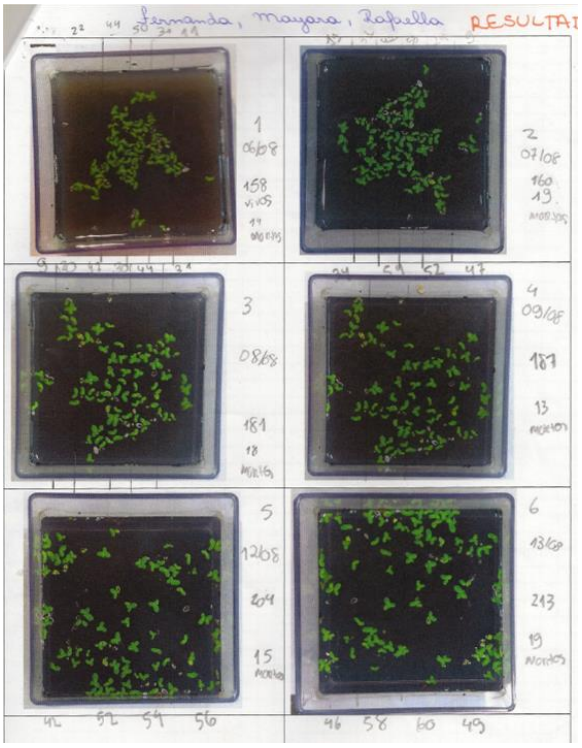
IMAGEM CEL. → Imagem 7 (14/08): Aparentemente não ocorreu mudanças nas folhas. Elas estão se "juntando" nos lados. → folhas VIVOS: 195 mortos: 16

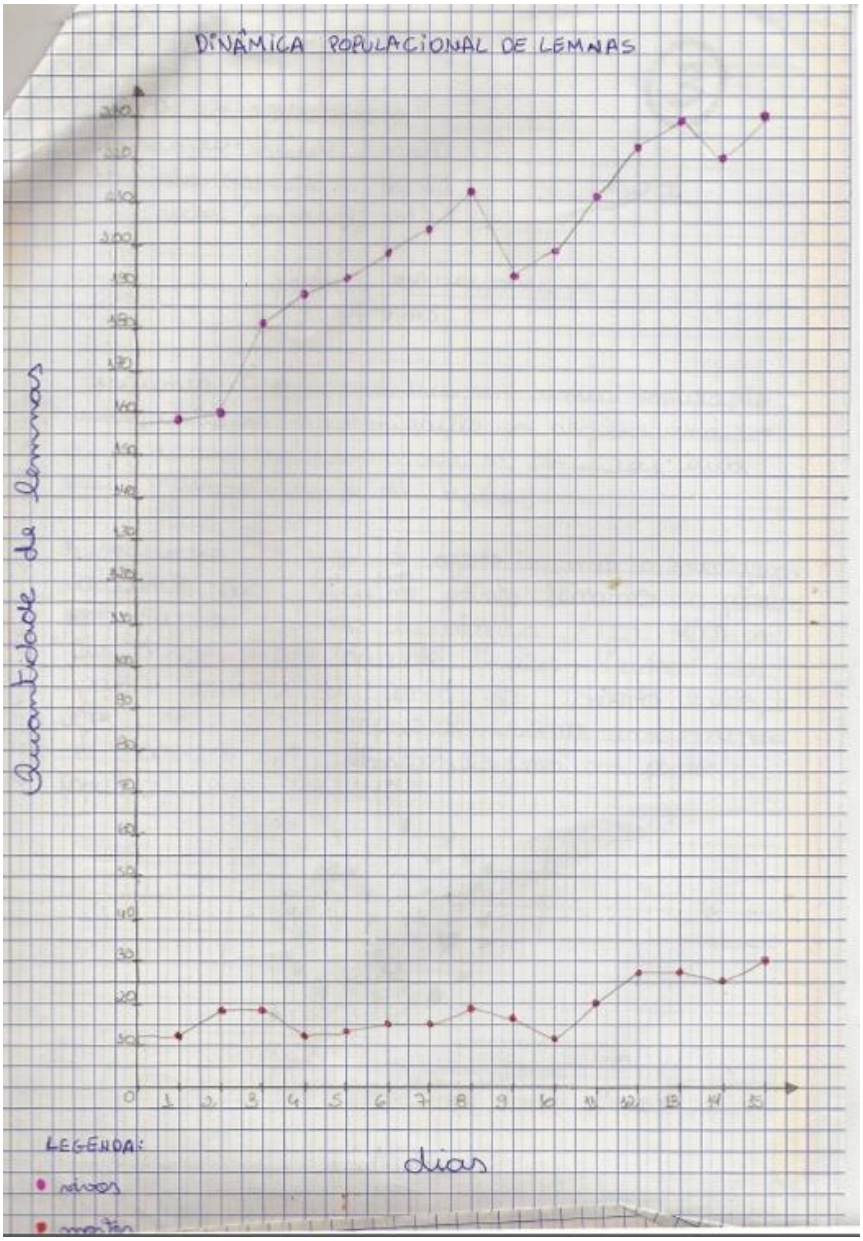
→ Imagem 8 (15/08): VIV

Dias	natalidade	mortalidade
06/08	158 (início)	14 (início)
07/08	+2	−5
08/08	+21	−0
09/08	+6	—
10/08	+5	−1
11/08	+5	−1
12/08	+17	−2
13/08	+9	−4
14/08	—	—
15/08	+3	—
16/08	+13	−9
17/08	+5	−2,5
18/08	+6	−2,5
19/08	+9	−5
20/08	+10	−5

Dias	Vivas	mortas
06/08	158	14
07/08	160	19
08/08	181	19
09/08	187	13
12/08	204	15
13/08	213	19
14/08	194	16
15/08	197	11
16/08	211	20
19/08	220	25
20/08	230	30




Fernanda, Mayara, Rafaella
RESULTA
1
06/08
158
2
07/08
160
19
3
08/08
181
18
4
09/08
187
13
5
12/08
204
15
6
13/08
213
19



Interpretação

No começo do experimento, a população começou com 158 indivíduos vivos e 14 indivíduos mortos, não houve crescimento nos dois primeiros dias, pois elas estavam se adaptando ao ambiente.

Após o segundo dia houve um grande crescimento na população, pois havia muitos nutrientes, luz e espaço para elas se desenvolverem.

Já no oitavo dia de observação houve uma queda significativa das lemnas; neste período (13/ago a 15/ago) a temperatura ambiente caiu, o que pode ter provocado a diminuição da população.

A partir do décimo dia de observação volta aumentar a quantidade de lemnas. Com a queda anterior os nutrientes aumentam e o espaço também, além da temperatura ambiente ter aumentado.

No dia 18/08 até o último dia de observação a população se torna estável, pois sua carga capacidade biótica deve ter sido máxima.

Conclusão 3.1

O que aconteceu com uma população biológica após a colonização de indivíduos em um ambiente com condições adequadas foi que a população cresceu bastante, pois as plantas estavam sempre fazendo fotossíntese, estavam em um espaço onde elas podiam se desenvolver muito bem. O tempo em alguns dias ajudou elas crescerem, mas também teve um período de temperatura baixa que ocorreu redução de plantas da população, também o que ajudou a população crescer foi a terra que estava no fundo do " potinho" onde elas estavam, tinha muitos nutrientes.

Depois que as lemnas já estavam habituadas ao espaço, com a luz 24 horas direcionada para elas, a população foi ficando estável.

Conclusão 3.2

No início há um crescimento significativo da população onde há bastante recursos, espaço para os indivíduos se desenvolverem. Mas após o décimo dia a população atinge o seu limite estabelecendo um número estável de lemnas. Com a luz fraca houve um prejudicial para o crescimento das lemnas.

Conclusão 3.3

Em uma população biológica, após a colonização por alguns indivíduos em um ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento da espécie, aconteceu um aumento na população das Lemnas. Houve um crescimento por conta do consumo de luz.

As lemnas precisam de luz e de calor para ocorrer a fotossíntese (transformação de energia solar em energia química). Com isso a população aumenta, pois nos grupos que havia uma quantidade maior de luz o aumento da população foi maior e nos dias que a temperatura ambiente foi baixa, mal crescimento na população, isso implica no consumo de calor e luz!

GRUPO 4

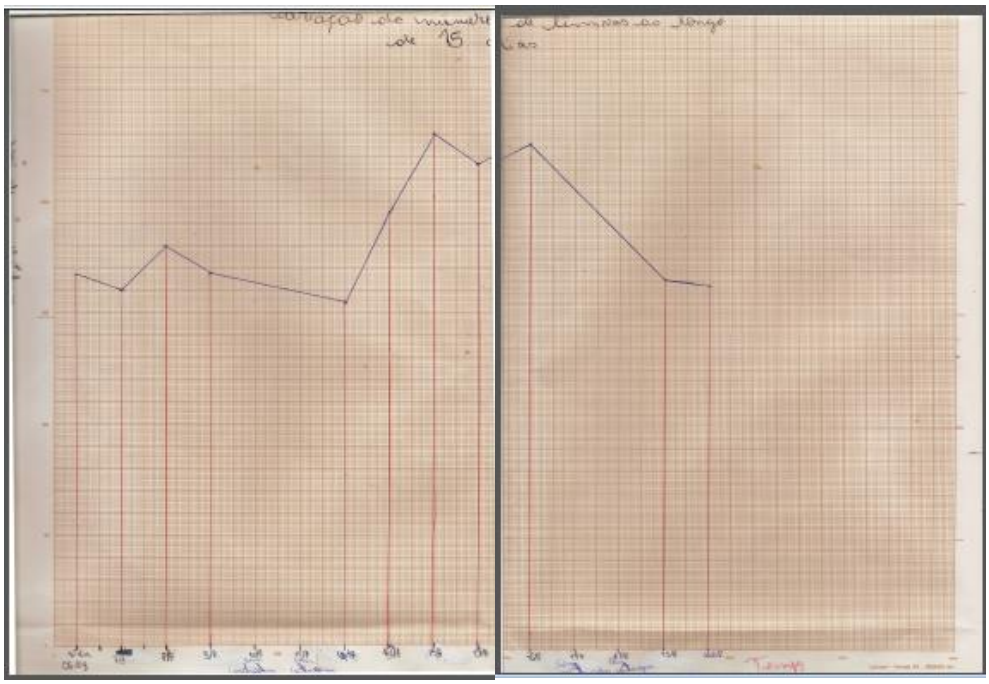
Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

Metodologia

- Colocamos as plantinhas em um recipiente com água e terra.
- Tiramos fotos todos os dias (exceto de sábados e domingos).
- Contagem de todos os indivíduos de todos os dias a partir das fotos.

Resultados



Interpretação

Hipóteses sobre os resultados: Houve uma variação nos dias, mas colocamos em destaque que, durante os finais de semana houve uma queda maior que a dos outros dias (mesmo sem dados completos e registrados).

Nossa hipótese é que houve uma competição intraespecífica e nosso experimento não estava em uma área com grande contato de luz.

Conclusão 4.1

Analisando o gráfico podemos observar que o número de indivíduos nos primeiros e nos últimos dias estava quase igual. Do dia 06/08 até o dia 08/08 houve um pequeno crescimento, mas depois do dia 08/08 começou a cair o número de indivíduos até o dia 12/08. Entre os dias 12 e 14/08 houve um grande crescimento e do dia 14/08 começou a ter uma queda muito grande voltando quase na mesma quantidade inicial.

As quedas podem ser devido a uma falta de luz, as plantas ficaram em uma área que havia pouca luz e pode ter ocorrido uma competição intraespecífica.

Conclusão 4.2

Concluímos que os fatores ambientais influenciam muito mais no desenvolvimento de uma espécie, pois com base no nosso gráfico houve uma variação muito grande no número de indivíduos.

A variação seria muito pequena se houvesse colonização por alguns indivíduos, na verdade a população apenas cresceria e se tivesse uma queda seria muito leve (pequena).

Um dos fatos que podemos ver isso foi a grande queda que ocorreu nos fins de semana. Não temos certeza, mas temos a hipótese de que a luz que estava sobre as plantas foram apagadas ou movidas de lugar.

Outro fato curioso, observando o gráfico, que o fator ambiental influencia é que no fim da nossa observação o número de indivíduos estava praticamente o mesmo de quando iniciamos.

Conclusão 4.3

Uma população biológica sofre variação de número de indivíduos devido às competições intraespecíficas.

Nosso experimento não foi muito bem elaborado, pois não ficou em uma área com contato de luz considerável.

Não sabemos por que, mas nos fins de semana o número de indivíduos diminuiu muit

GRUPO 6

Dinâmica populacional das Lemnas

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

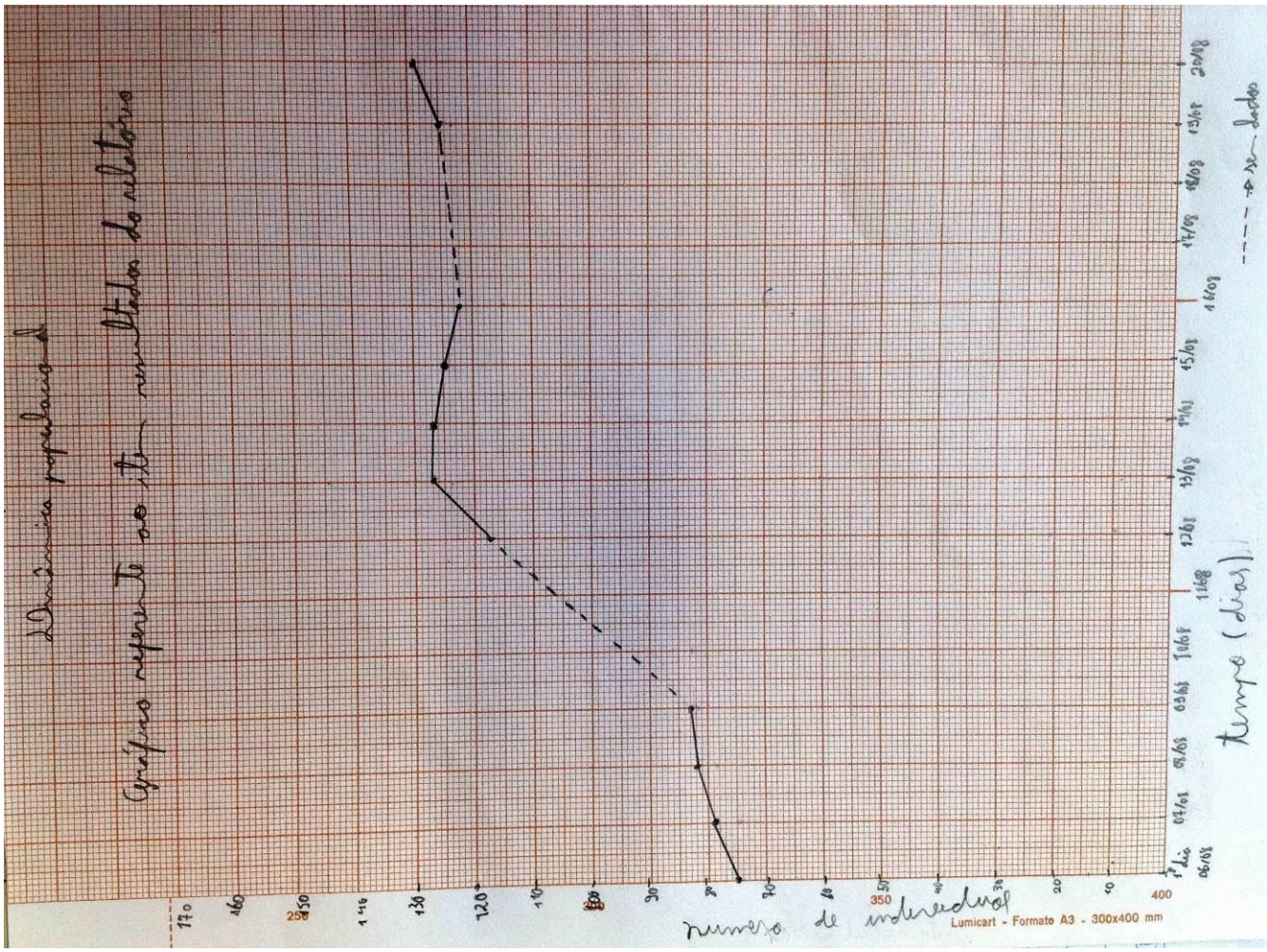
Metodologia

Primeiro, para iniciar o experimento, colocamos água em um vidro retangular pequeno, depois, acrescentamos uma colher de substrato, para fornecer nutrientes para as lemnas, que devem ser acrescentadas em pequena quantidade, abaixo de uma lâmpada 24 horas acesa, para que as lemnas possam realizar a fotossíntese.

O número de Lemnas presentes deve ser contado diariamente, nós contamos a dedo, tiramos fotos e contamos, portanto pode haver um erro de contagem.

Resultados

No início, a quantidade de Lemnas até o 4o dia, teve um patamar, no dia 06/08 tiveram 75 Lemnas, o primeiro dia, no dia seguinte, 07/08, 79 Lemnas, 08/08, 82 e 09/08, 83 Lemnas. Nos dias 10/08 e 11/08 não houve contagem, mas no dia 12/08 houve um aumento tinham 118 Lemnas, no dia 13/08, 127 Lemnas, então houve a partir daí, um patamar até o fim do experimento no dia 14/08, houveram 126 Lemnas no dia 15/08, 122 no dia 16/08, 125 no dia 19/08, pois nos fins de semana, 17 e 18/08 não houve contagem, e no último dia, 20/08, tinham 129 lemnas.



Interpretação

Ao iniciar o experimento, selecionamos algumas Lemnas, algumas bem saudáveis, com 3 brotos, para ver se assim, a população aumentaria mais facilmente, porém, colocamos poucos indivíduos, os outros grupos que realizaram também este experimento, colocaram um pouco a mais de indivíduos.

Foram colocados os potes com as Lemnas, embaixo de uma lâmpada algumas ficaram mais perto , outros mais distantes.

No primeiro dia, 06/08 até o 4ª dia, 09/08, o crescimento foi pequeno, houve um patamar, nos dias em que não houve contagem, no fim de semana, 10 e 11/08, foi quando houve um crescimento, pois no primeiro patamar, as Lemnas estavam em um processo de adaptação, a partir do 4º dia, um crescimento devido à adaptação a absorção dos nutrientes, foi uma curva de crescimento real. Houve um momento, no dia 13/08, onde houve o maior crescimento, e então a população se estabilizou, pois com as condições dadas a essa população, de luz por exemplo, a

população alcançou sua capacidade de carga ou capacidade biótica máxima com essas condições, e a população se estabilizou na casa dos 120 e 130 indivíduos.

Conclusão 6.1

A população nos primeiros dias tenta se acostumar com ambiente e tenta achar nutrientes, depois desses primeiros dias a população começa a crescer, pois conseguiram nutrientes necessários para aumentar o número de indivíduos até que fique estável o número de indivíduos. Ao longo deste crescimento houve várias mortes de indivíduos. Como o gráfico representa o número de indivíduos em duas semanas, quando começa a crescer e depois fica estável, pois os nutrientes estão acabando e morre mais indivíduos. A população recebeu muito pouca luz para que cresçam mais indivíduos e isso muito das causas de mortes dos indivíduos.

Conclusão 6.2

Em um ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento da espécie os indivíduos nos primeiros dias passam por uma fase de adaptação e não apresenta um crescimento elevado da população, depois de mais ou menos 3 dias a população tem um crescimento elevado porque já se adaptou ao novo ambiente, com esse crescimento a população foi se estabilizando pois alcançou a capacidade biótica máxima com as condições oferecidas, ficando na casa dos 120 e 130 indivíduos.

GRUPO 7

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

Metodologia

Para conseguir responder a pergunta, realizamos um experimento com os seguintes materiais:

- Pote pequeno;
- Lemnas;
- Água;
- Cubo;
- Luminária

Primeiro pegamos um pote pequeno, onde acrescentamos uma pequena quantidade de terra (uma colher de café) e um pouco de água.

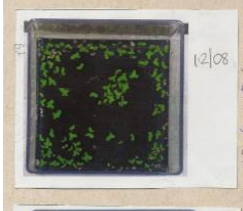
Após prepararmos o pote, utilizamos um palito de sorvete para coletar as Lemnas sem causar danos a elas, com muito cuidado as retiramos de seu recipiente e colocamos no centro do pote.

Depois colocamos em um balcão com uma luminária para fornecer luz às Lemnas.

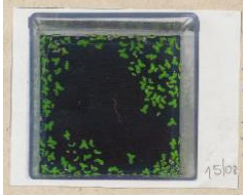
Tiramos fotos do crescimento da população das Lemnas todos os dias (tirando sábado e domingo) do dia 06/08 até 20/08.

Resultados

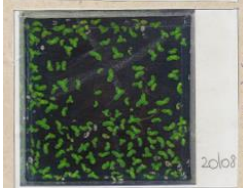
Dia 06/08 - primeiro dia
Colocamos as lemnas no aquário do pote, algumas já estavam mortas, mas a maioria eram verdes.
TOTAL DE FOLHAS: 152
TOTAL DE FOLHAS VERDES: 130
TOTAL DE FOLHAS PRETAS E BRANCAS: 22



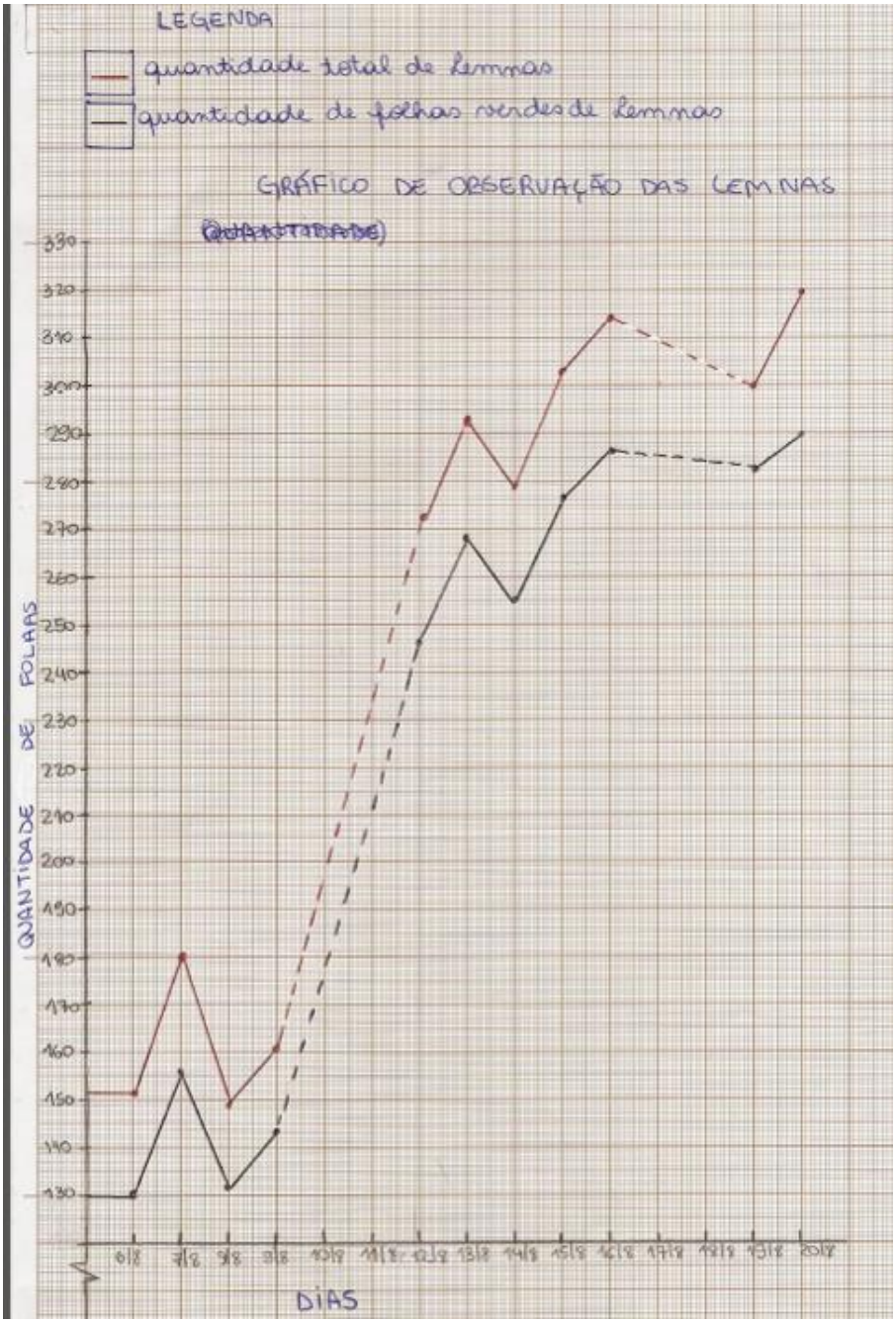
Dia 12/08 - sétimo dia.
Depois do fim de semana, houve um pico de crescimento muito grande como mostra no gráfico. As folhas estão cada vez mais espalhadas pelo pote.
TOTAL DE FOLHAS: 273 TOTAL FOLHAS VERDES: 247 FOLHAS PRETAS: 26



Dia 15/08 - décimo dia de observação. As lemnas se espalharam para os cantos do pote, a quantidade de folhas aumentaram.
TOTAL DE FOLHAS: 303
TOTAL DE FOLHAS VERDES: 276
TOTAL DE FOLHAS PRETAS E BRANCAS: 27



20/08 - último dia de experimento. As lemnas se espalharam pelo pote, o tamanho e a quantidade de folhas aumentaram.
TOTAL DE FOLHAS: 319
TOTAL DE FOLHAS VERDES: 289
TOTAL DE FOLHAS PRETA E BRANCAS: 30


LEGENDA
quantidade total de lemnas
quantidade de folhas verdes de lemnas
GRÁFICO DE OBSERVAÇÃO DAS LEMNAS
QUANTIDADE DE FOLHAS
DIAS

Dados de contagem das lemnas

DIA	QUANTIDADE FOLHAS VERDES	QUANTIDADE FOLHAS PRETAS E BRANCAS	QUANTIDADE TOTAL
06/08	130	22	152
07/08	156	24	180
08/08	131	18	149
09/08	143	18	161
12/08	247	26	273
13/08	268	25	293
14/08	255	23	278
15/08	276	27	303
16/08	286	28	314
19/08	282	18	300
20/08	289	30	319

Interpretação

Antes de analisarmos os resultados, fizemos hipóteses:

- 1/3 da população de Lemnas total são de coloração branca/preta; mas ao longo do mês (com o crescimento de folhas verdes) a população de Lemnas brancas/pretas vai diminuir.

- As Lemnas irão ocupar todo o pote.

Depois de analisarmos os resultados, observamos que a população de Lemnas brancas/pretas não chegava a ser 1/3 era bem menor, mas o crescimento de Lemnas verdes cresceu e diminuiu ao longo do mês.

Observamos que os potinhos que estavam com as Lemnas e mais próximos da luminária tinham mais folhas do que as que estavam afastadas da luminária, ou seja, as Lemnas precisam de luz constante para a população aumentar.

Conclusão

A população irá crescer, principalmente as Lemnas de folhas verdes, mas as de folhas brancas/pretas irá crescer (mas pouco) comparando com as folhas verdes.

Conclusão 7.1

Observamos o desenvolvimento da população de lemnas em condições ideais por 2 semanas, anotando sempre seus dados de crescimento (quantidade de folhas vivas e mortas), sendo que não temos dados dos finais de semana (no caso foram 2).

Respondendo a pergunta dada inicialmente, podemos concluir que, nas lemnas, em situação ideal para seu desenvolvimento (com luz 24h por dia, sem muito vento), predomina o crescimento.

Nos resultados (gráfico podemos observar facilmente), que existe um pico muito alto do crescimento da quantidade de folhas (total e verdes) das lemnas, esse pico ocorreu no fim de semana, quando não tínhamos dados, por isso imaginamos que teve um pico tão grande (de 161 folhas para 273). Ocorreram alguns picos negativos de queda no crescimento, mas não muito relevante, pequenas quedas.

Em relação a quantidade de folhas mortas, o número ficou um pouco mais estabilizados, sem picos (variou de 18 a 30 folhas).

Observando o gráfico, o crescimento só tende a crescer, então sim, em situações ideais para o desenvolvimento das lemnas, o crescimento da população aumenta.

Conclusão 7.2

Uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos, pode ocorrer fatores, tais como competição interespecífica, pois disputam os mesmos recursos (alimento, luz, água, espaço, etc.). O número populacional de Lemnas mortas diminuiu em alguns dias, mas também aumentou em outros (não foi um aumento grande semelhante ao de folhas verdes, repentino). O número

populacional de Lemnas de folhas verdes cresceu rapidamente; Quando começamos o experimento já havia folhas mortas (brancas e pretas), mas isso não interrompeu o crescimento das folhas verdes.

Conclusão 7.3

Após a colonização de alguns indivíduos de uma população biológica em um ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento da espécie, é possível afirmar, com base nos resultados do experimento realizado, que a população irá aumentar, crescer, mas não de um dia para o outro, há muitas variações, dias com grandes crescimentos e depois deste período uma enorme queda.

E além do crescimento da população, existe também o crescimento da mortalidade, que nos gráficos produzidos é possível perceber que acompanhou o crescimento da população, quando houve queda do crescimento, houve na mortalidade, assim como com as grandes altas.

Mas, neste caso, a natalidade superou a mortalidade.

No final, é possível concluir que a população irá crescer sim, como já disse anteriormente, só que até um certo ponto, até os recursos suportarem e houver para todos, mas a partir do momento que faltar recursos pode-se ter a certeza que o crescimento irá diminuir e a mortalidade aumentar.

GRUPO 8

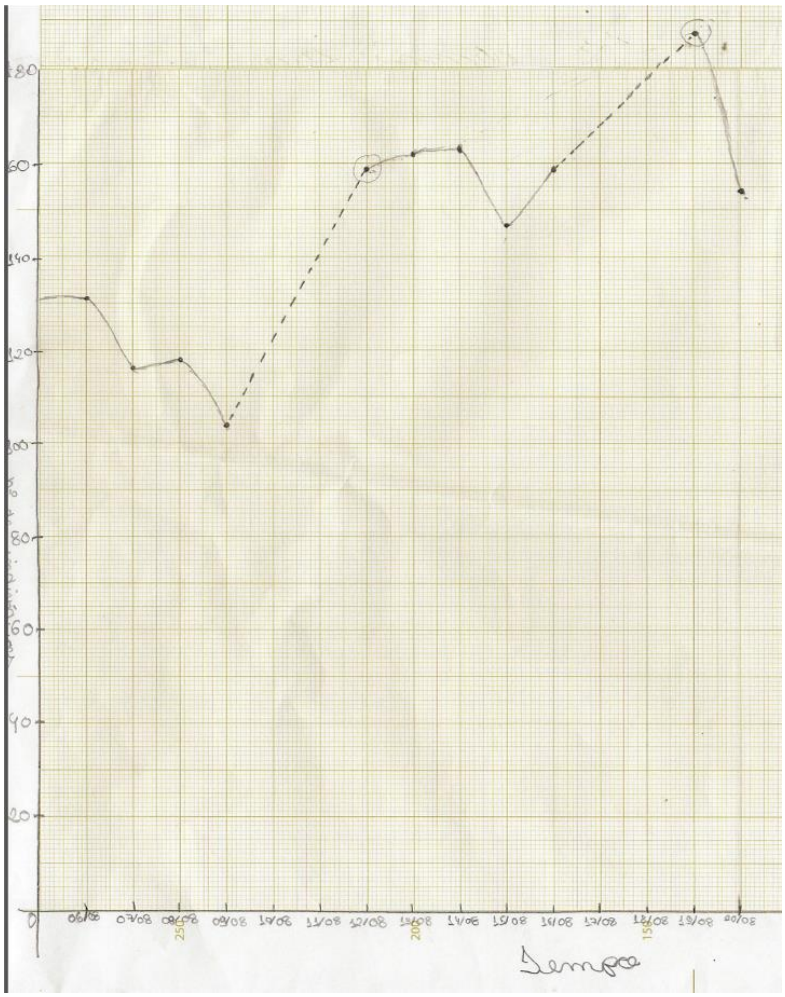
Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

Metodologia

- Pegamos um recipiente acrílico transparente.
- Colocamos água até a metade do recipiente.
- Acrescentamos um pouco de terra dentro do recipiente.
- Para pegarmos as Lemnas, utilizamos um palito de sorvete.
- Após pegarmos as Lemnas, colocamo-las no recipiente.
- Pegamos o recipiente e colocamos na bancada, com alguns dos potes recebendo luz.
- Terminamos o experimento e tiramos fotos.
- Tiramos fotos do experimento, de segunda à sexta.
- Após uma semana, imprimimos as fotos e contamos quantas lemnas havia no recipiente naquele dia em que a foto foi tirada.
- Antes das Lemnas terem um crescimento alto, elas tiveram algumas quedas.

Resultados



Interpretação

De acordo com o nosso gráfico, no primeiro dia do experimento a população começou estável, mas ao longo da semana houve uma queda.

Nos finais de semana houve um crescimento grande na população, que ficou estável durante dois dias (13 e 14), mas houve uma queda do segundo dia (14) para o terceiro (15) e logo após houve um crescimento muito grande entre o dia 15 ao dia 19, mas novamente ocorreu uma queda, do penúltimo para o último.

As quedas ocorreram, pois nas duas semanas, menos nos finais de semana, houve uma queda de temperatura muito alta. No dia 19/08 a professora adicionou uma certa quantia de água e isso fez com que faltasse nutrientes para as lemnas. No dia 14/08 ao dia 15/08 houve uma queda muito alta e poderíamos explicar essa queda, pois a contagem pode ter sido feita errada, porque a população fica aglomerada e podemos ter contado algumas lemnas mais de uma vez.

Já o crescimento, sua maior parte aconteceu aos finais de semana (período em que não houve aulas, nem movimentações de alunos), isso pode ter favorecido para o crescimento da população de lemnas.

Conclusão 8.1

O que ocorre com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie, é que com a colonização dos indivíduos, o correto seria a população crescer, alguns morrerem mas a maior parte da população crescer. Bem, isso não ocorreu no meu experimento. Era muito difícil da população ficar estável.

O que ocorreu com a população de Lemnas, é que elas não só cresceram, como as quedas foram muito altas, então , mesmo se as condições estiverem ideais para o desenvolvimento da espécie, a colonização não depende só disso, pois há vários fatores que podem contribuir como prejudicar a colonização, como a mudança do tempo, a falta ou o aumento de nutrientes. Como ocorreu no meu experimento, esses fatores podem ter alterado a colonização da população de Lemnas.

Conclusão 8.2

A população pode ficar estável mas também cair ao longo do tempo.

Não é só porque a população está em um ambiente familiar que pode ter um crescimento alto. No meu experimento, as lemnas tinham um crescimento maior aos finais, pois ficaram imóveis, não recebiam nosso contato e muito menos a luz da sala.

As lemnas se desenvolvem melhor com um ambiente calmo e sem movimento.

Conclusão 8.3

O que acontece com a população é uma variação no desenvolvimento populacional, em relação as quedas e ao crescimento. De certa forma ocorreu uma dinâmica populacional, pois houve variação do tamanho e da distribuição de uma população de lemnas ao longo do tempo.

GRUPO 9

Pergunta

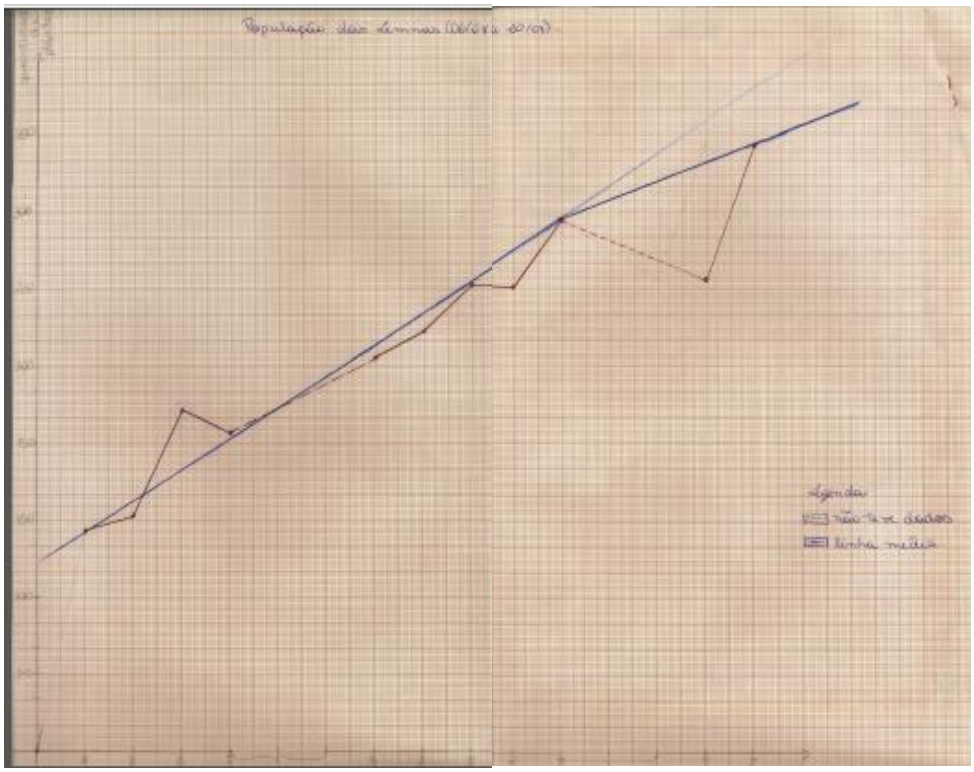
O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

Metodologia

Pegamos um recipiente, colocamos terra, água e 1 colher de café de Lemnas. Após isso, acompanhamos seu crescimento por 2 semanas e durante esse tempo tiramos fotos (exceto nos fins de semana); a partir delas, fizemos a contagem e criamos um gráfico.

Resultados

Dia	Quantidade	Dia	Quantidade
1º	146	9º	204
2º	151	10º	277
3º	171	11º	258
4º	158	~~12º~~	—
7º	215	14º	274
8º	238	15º	343



Interpretação

Ao acompanhar as Lemnas por 2 semanas, vimos um crescimento, que pode ter sido decorrente das boas condições, como a luz que estava direcionada para o recipiente do nosso grupo.
Como algumas das lemnas que foram utilizadas nos 1os dias, já estavam para morrer, logo de início, ocorreu uma queda na população, assim tendo mais espaço e ocorrendo um aumento.
Depois houve uma grande queda, pelo mesmo fato, e teve um crescimento, que a partir da reta (azul) no gráfico, podemos concluir que a população está se estabilizando, por causa da redução de espaço, devido ao crescimento da população.

Conclusão 9.1

Se as condições do ambiente forem favoráveis, o crescimento da população é grande.
O nosso experimento recebeu mais luz do que os outros; isso favoreceu para o crescimento da população de Lemnas.
Tivemos duas quedas na população, mas isso foi consequência de outros fatores, como a quantidade de água e a temperatura.

Conclusão 9.2

Após a investigação feita por 2 semanas, vimos que dadas as boas condições do ambiente e a morte de algumas Lemnas, a população pôde crescer, e apenas morreram pelo seu motivo natural, ou seja, o fim da sua vida!
Então chega um ponto da pesquisa, em que a população se estabiliza, devido ao fato de não haver mais espaço para a população que tanto crescia.
Com isso podemos concluir que a população, se estiver em um local com boas condições, irá crescer até momento em que terá que se estabilizar, pelo fato de algo impedir seu crescimento.

Conclusão 9.3

A partir do gráfico e tabela podemos perceber que nossa pergunta inicial foi um pouco respondida. Percebemos que a população de espécie que colocamos em um ambiente artificial (do qual não é seu local de origem) cresceu bastante, por conta de fatores como por exemplo a luz artificial mais a natural, vinda do sol, ajudaram para que nossa espécie crescesse muito, mas não cresceu em linha reta perfeita por conta de alguns fatores, como algumas plantas que já

estavam para morrer quando implantadas no ambiente artificial, causando pequenos declínios em nosso gráfico. Então podemos chegar a conclusão que quando uma espécie é implantada em um ambiente artificial, com fatores que influenciam seu crescimento, ela pode se adaptar e crescer, podemos perceber também que é necessário alguns recursos para que ela cresça. A partir do nosso gráfico podemos prever que vai haver declínio por falta de espaço do nosso ambiente artificial.

Conclusão 9.4

Com os dados obtidos podemos dizer que houve um grande crescimento da população, isso em condições ideais. Portanto podemos concretizar o fato de que o crescimento de uma população biológica é certo em condições ideais.

Isso, com base no fato de as tais condições ideais seriam: a luz direta, água e a recepção de nutrientes que certamente foi essencial para sua sobrevivência.

GRUPO 10

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

Metodologia

No primeiro dia nosso grupo alguns materiais como uma caixa plástica, água, adubo e lemnas. Primeiramente pegamos a caixa e enchemos d`água até a metade da caixa plástica com água para que por fim colocássemos as lemnas na caixa e deixássemos expostas uma luz constante. Nos dias seguintes, tiramos fotos em todos os dias úteis, para que no final desse processo analisássemos o número de indivíduos (lemnas) vivos e mortos em cada foto. Contamos aproximadamente o número de lemnas e obtivemos o seguinte resultado:

TAXA POPULACIONAL DE LEMNAS VIVAS E MORTAS.

DIA	Nº DE INDIVÍDUOS	Nº DE MORTOS	TAXA POPULACIONAL	
6/8 (ter)	74	14	-	74
7/8 (qua)	77	16	↑	03
8/8 (qui)	80	19	↑	03
9/8 (sex)	85	09	↑	05
10/8 (sab)	148 1*		↑	63
11/8 (dom)	180 2*		↑	38
12/8 (seg)	212	24	↑	32
13/8 (ter)	250	42	↑	38
14/8 (qua)	208	44	↓	42
15/8 (qui)	240	32	↑	32
16/8 (sex)	230	23	↓	10
17/8 (sab)	239 1*		↑	09
18/8 (dom)	243 2*		↑	04
19/8 (seg)	248	25	↑	05
20/8 (ter)	238	27	↓	10

1* Para o sábado fizemos uma média, onde pegamos o valor de segunda-feira e subtraímos pelo de sexta-feira e dividimos por 2, onde adicionamos o resultado do valor de segunda.

2* Para o domingo, nós fizemos o mesmo processo, só que no lugar do valor de sexta-feira, utilizamos o de sábado.

O número de indivíduos (lemnas) vinha numa crescente populacional a sete dias. No momento em que a taxa de mortos duplicou, houve uma primeira queda populacional. Logo após isso, houve um crescimento e queda populacional constante, devido a uma estabilidade no número de

indivíduos, quando crescia era devido ao fato de ter alimento e espaço sobrando, com isso a disputa aumentava, fazendo alguns morrerem e assim criando espaço e alimento para que nasçam novos indivíduos e uma nova disputa. E assim por diante.

Conclusão 10.1

Ao ver todo o relatório e todos os dados da pesquisa, podemos concluir que quando uma população de uma espécie se instala em um ambiente com as condições ideais, ele gera poucas condições de se extinguirem, pois com o ambiente em condições ideais suas taxas de natalidade de indivíduos tende a ser muito alta pois as condições do ambiente condicionam a uma vida melhor, assim como a taxa de mortalidade de indivíduos só acompanha o crescimento da população, sem nada abundante por falta de recursos no ambiente.

Mas havendo uma estabilidade da própria população no fim da pesquisa, pelo fato de que se continuar o crescimento grande da população o ambiente não ia poder proporcionar os recursos suficientes para os indivíduos nascerem e continuarem vivendo.

Conclusão 10.2

Concluímos que após a colonização de Lemnas em um ambiente com condições ideais para o desenvolvimento, a taxa populacional cresceu e em alguns períodos dobrou o número de indivíduos.

Com o espaço e alimentos tendo o máximo de uso, a população se estabilizou. Quando crescia era devido ao fato de ter alimento e espaço sobrando, com isso a disputa aumentava, fazendo alguns morrerem e assim criando espaço e alimento para que nasçam novos indivíduos e uma nova disputa.

Então concluímos que quando a população de Lemnas vive em um ambiente ideal para seu desenvolvimento, a população cresce, mas quando chega ao limite de espaço e alimento ela estabiliza e vive pequenos altos e baixos no número de indivíduos em sua população.

Conclusão 10.3

Podemos que na primeira semana após a colonização de alguns indivíduos em um ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento da espécie, a população biológica aumentará e não terá uma taxa de mortalidade tão grande, isso pode ser explicado pelo fato de ter alimento e

espaço sobrando. Após a primeira semana o número de indivíduos oscilará, ou seja, irá aumentar e diminuir , a taxa de mortalidade irá aumentar em relação a primeira semana, mas também vai oscilar, tendo dias em que terá mais e dias com menos mortos, isso pode ser explicado por estar havendo uma estabilidade no número de indivíduos, ou seja, eles cresciam porque tinha espaço e alimento sobrando, então por consequência aumentaram a disputa fazendo com que morressem alguns indivíduos, assim deixando espaço e alimento para nascerem novos indivíduos que criam novas disputas.

GRUPO 11

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

Metodologia

No dia 06/08, iniciamos o nosso experimento sobre desenvolvimento das Lemnas.

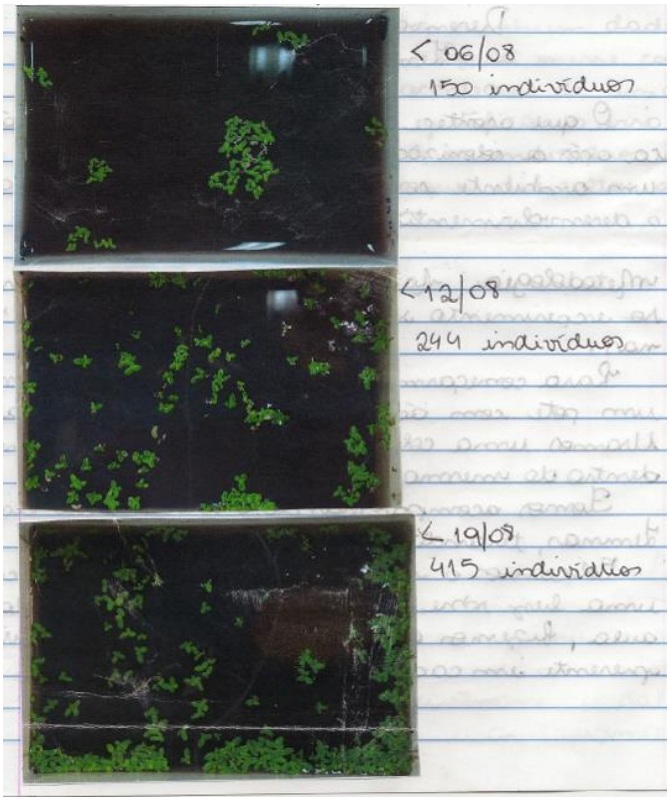
Para começarmos o experimento, enchemos um pote com água e um pouco de terra. Usamos uma colher para colocar as Lemnas dentro da mesma.

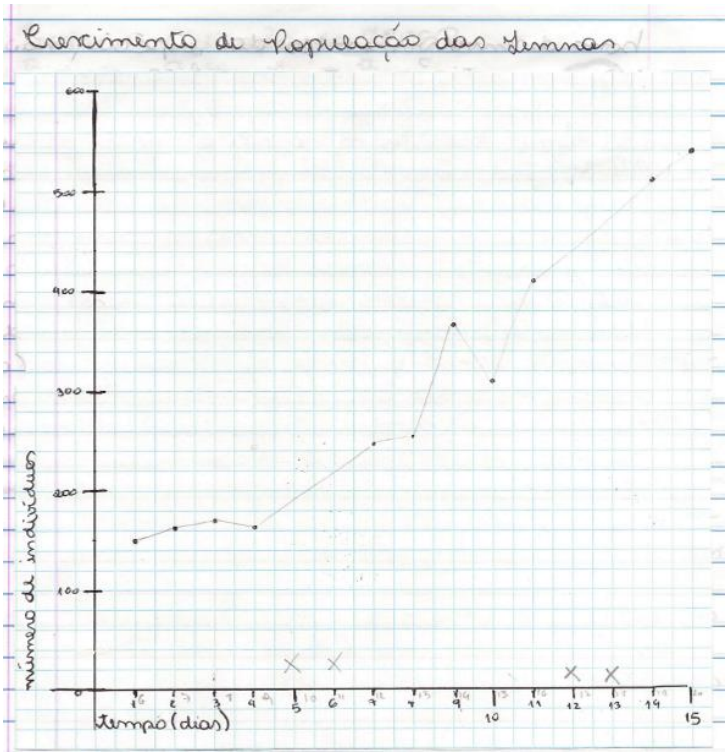
Fomos acompanhando o crescimento das Lemnas, tirando fotos todos os dias.

Colocamos o pote sobre uma bancada com uma luz sobre ele. E por última, em sala de aula, fizemos a contagem de cada indivíduo presente em cada foto.

Resultados

Os resultados obtidos foram que com o passar dos dias as Lemnas foram se multiplicando, as folhas ficaram mais largas, compridas e foram ganhando uma cor mais forte, mas também pudemos observar algumas mortes de indivíduos. Podemos observar estes dados nas fotos abaixo:





Interpretação

A partir dos resultados obtidos, podemos concluir que as Lemnas cresceram e se desenvolveram bem. Isso se deve ao ambiente onde elas se encontravam, onde além de possuir a temperatura e a

luz necessárias para um bom desenvolvimento da espécie, não havia competição interespecífica e nem imigração.

Podemos observar no gráfico, entre os dias 14 e 16 de agosto (9ª, 10ª e 11ª dias de contagem) uma queda brusca na população. Isso se deve provavelmente a um erro de contagem, pois não há nenhum dado biológico que possa explicá-la nesse contexto, já que a queda aconteceu de um dia para o outro. Podemos justificar o erro de contagem pelo fato de os indivíduos estarem muito próximos, o que dificultou a contagem.

Conclusão 11.1

A população biológica vai aumentando conforme os dias vão se passando, depois diminui e aumenta e assim sucessivamente, pois nas condições ideais elas aumentam e chegam até onde der, isso gera a falta de recursos, então a população diminui por falta de recursos, então volta a aumentar, pois tem indivíduos mortos, fazendo com que sobre espaço e voltem a ter recursos, e continua nesse ciclo até que a população se estabilize.

Conclusão 11.2

Como podemos observar na nossa investigação, em um ambiente com as condições ideais (com a temperatura, luz necessárias e sem haver competição e não poderia haver imigração) a população tem mais indivíduos do que uma taxa de mortalidade (que seria a única coisa possível a acontecer, já que não havia outras espécies de seres vivos para ocorrer uma competição e como era um ambiente fechado as lemnas não poderiam imigrar) ou seja, em ambientes ideais as lemnas se reproduzem e aumentam sua população. No gráfico, podemos observar que nos dias 14 e 16 de agosto (9ª, 10ª e 11ª dias de contagem) houve um drástico crescimento da população, seguido por uma grande queda de número de indivíduos. Podemos explicar isto por um erro de contagem, justificando que as lemnas estavam muito juntas, o que dificultou a contagem. Já que não há nenhum dado biológico pois a queda da população foi de um dia para o outro.

Concluímos então, que em uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento da espécie, há o crescimento ideal, atingindo o que seria a capacidade de carga, com um crescimento gradual.

Conclusão 11.3

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente é que eles se multiplicam ao longo do tempo e isso aconteceu também por conta do ambiente onde elas estavam, a iluminação e a temperatura necessárias para que se desenvolvessem bem. Houve um ponto negativo em que teve uma queda brusca de um dia para o outro na população, que se deve a um erro de contagem, sem nenhum dado biológico que possa mostrar e representar uma explicação.

GRUPO 12

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

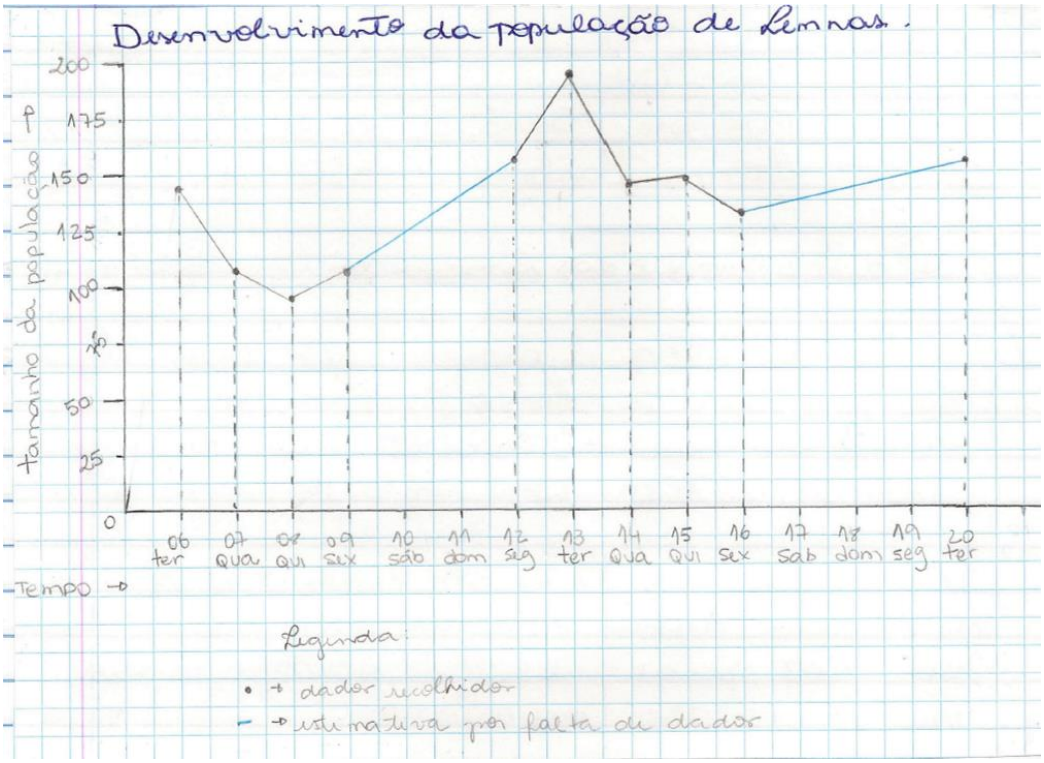
Metodologia

Pegamos uma população de Lemnas sadia e colocamos água e terra num pote, para que elas pudessem crescer em um habitat adequado.

Tiramos fotos de segunda a sexta para podermos observar seu desenvolvimento.

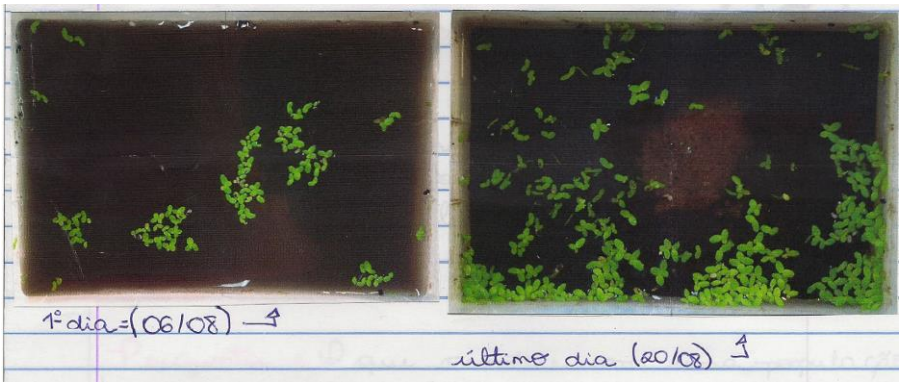
Após 14 dias de observação, recolhemos todas as fotos e dividimo-las em quatro partes, selecionamos 1 das partes e contamos as Lemnas. Com isso, podemos ver o progresso do desenvolvimento da espécie.

Resultados



O gráfico mostra o crescimento populacional de Lemnas por dia.

A linha azul indica a estimativa dos dados nos dias em que não coletamos dados.



As fotos nos mostram o crescimento da população. No último dia notamos a população mais verdinha, gordinha e uma maior quantidade de indivíduos, o que demonstra saúde.

Interpretação

Nosso experimento começou com aproximadamente 144 Lemnas retiradas de um habitat. Com a mudança de ambiente, teve uma queda relativamente alta no número de indivíduos.

Ao se adaptarem no seu novo ambiente a população teve um grande crescimento, porém com esse crescimento houve competição por espaço, onde alguns indivíduos se desenvolveram mais do que outros resultando uma estabilidade.

Conclusão 12.1

Uma população biológica pode diminuir ou aumentar. No caso do meu grupo, as Lemnas tiveram um começo relativamente alto, logo depois da mudança de ambiente teve uma queda, em seguida aumento, depois houve uma outra queda e depois disso houve uma estabilidade.

Com isso, conseguimos perceber que o que acontece com uma população biológica após a colonização de um ambiente com condições ideais para o desenvolvimento da espécie é uma competição, eles disputam nutrientes, e então alguns conseguem mais nutrientes e sobrevivem, os que não conseguem morrem.

Conclusão 12.2

A população de Lemnas se adaptou bem em seu novo habitat. No começo teve uma queda relativa, isso fez com que a população diminuísse. Quando elas conseguiram se adaptar elas se reproduziram, o que causou outra queda porque houve competição por espaço, as Lemnas

cresceram, ficaram gordinhas e mais verdes perto das Lemnas do primeiro dia, o que é um bom sinal, pois significa que o habitat está adequado.

Conclusão 12.3

O que acontece com uma população, no caso, as Lemnas, após a colonização por alguns indivíduos em um ambiente ideal para o desenvolvimento da espécie é: A população se estabiliza em um ambiente saudável, onde todos os seres podem viver.

Durante nosso experimento, observamos um grande crescimento dos indivíduos exatamente no meio do período em que estavam sendo observados. O que ocorreu foi: tínhamos um número x de indivíduos para fazermos uma população, assim que mudamos o lugar, o número caiu, isso ocorreu devido a adaptação dos indivíduos ao novo habitat mas logo houve mudanças de dados, o que indica o crescimento da população, ela cresceu de uma forma inesperada e rapidamente caiu de novo. Isso ocorre pois como a população estava muito grande, houve competições entre os indivíduos e ao cair o crescimento foram se estabilizando em questão de números.

No final do experimento tínhamos uma grande população de Lemnas fortes e saudáveis em um habitat natural e igualmente saudável.

GRUPO 13

Lemnas: a população ascendente

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

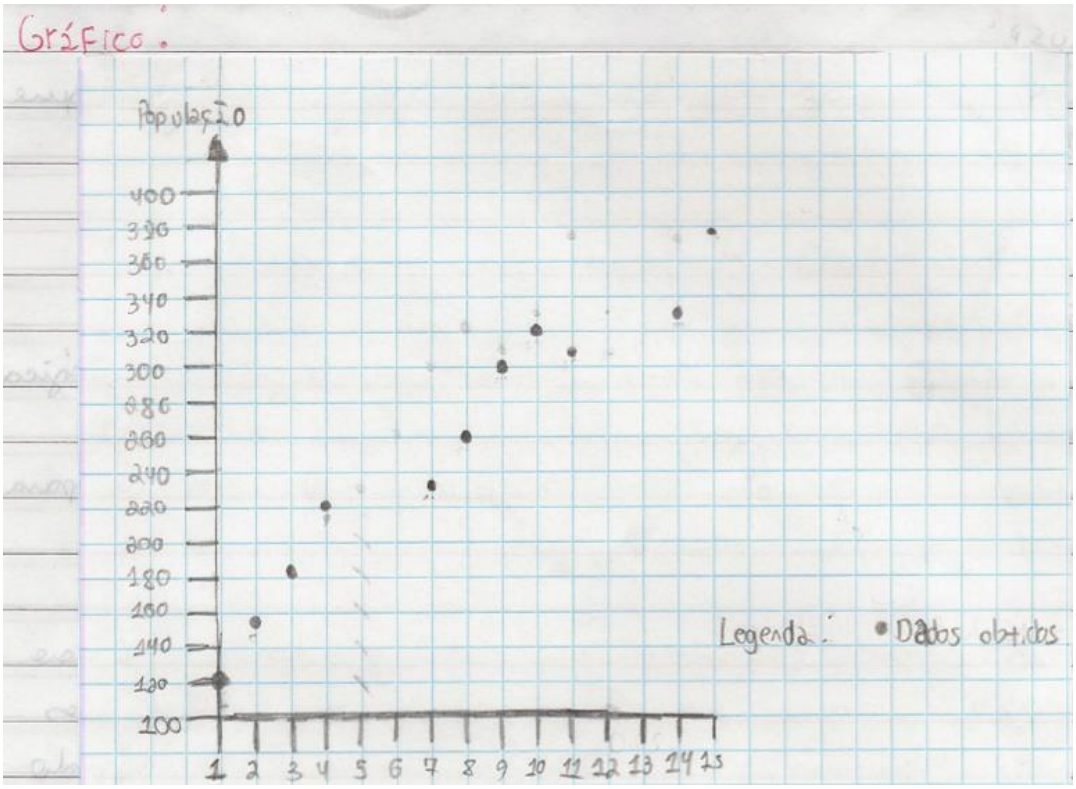
Metodologia

Começamos pegando um pote, pondo um pouco de terra e água por cima. Após isso, colocamos algumas Lemnas na água e fomos fotografando ao longo de 15 dias, não contando os fins de semana. Ao lado do recipiente havia uma lâmpada iluminando-o. Através de fotos tiradas durante os dias de experimento, contamos a população de Lemnas por folhas e não por plantas. Após adquirir os resultados, formulamos um gráfico para melhor visualização dos resultados.

Resultados

Foram tiradas 11 fotos nas 2 semanas e obtivemos os seguintes resultados:

06/8 : 122 lemnas	12/8 : 233 lemnas	18/8 : 312 lemnas
07/8 : 159 lemnas	13/8 : 263 lemnas	19/8 : 337 lemnas
08/8 : 187 lemnas	14/8 : 304 lemnas	20/8 : 377 lemnas
09/8 : 223 lemnas	15/8 : 324 lemnas	



Interpretação

A população de Lemnas no dia 6/08 estava com 122 folhas. No decorrer do trabalho de 15 dias, podemos observar o crescimento constante da população. No começo do dia 1 ao dia 7 do experimento, a população cresceu muito, indo de 263 à 304 folhas, mostrando que sua ocupação no espaço está relacionada aos seus recursos, que nesse caso era abundante. Já nos outros dias, a população cresceu tanto como na primeira semana, reforçando a hipótese de recursos, tanto que nos últimos dias a população variou muito.

8Isso quer dizer que graças à resistência do meio, a população chegou ao seu auge e, mesmo não estabilizando sem mudar nada, a população se estabelecerá naquela faixa, mostrando que, como vista nas aulas, a população vai aumentando até alcançar seu auge.

9Como havia várias Lemnas lá, a reprodução da população não diminuiu o passo, já que o espaço e, aparentemente, os nutrientes não estavam em falta, a população pôde continuar crescendo já que as condições são propícias para o ainda crescimento da população.

Conclusão 13.1

Uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento da espécie, aumenta. Ao longo de 15 dias, analisando o

desenvolvimento das Lemnas, concluímos que nos primeiros dias de experimento (dos dia 1 ao 7), a população cresceu muito, partindo de 263 à 304 folhas, provando assim que sua ocupação no espaço está relacionada aos seus recursos. Nos outros dias a população cresceu tanto como na primeira semana, nos últimos dias a população variou muito.

Graças a resistência do meio, a população chegou ao seu auge, mesmo não estabilizando ela se estabilizará naquela faixa. A população pode continuar crescendo, já que as condições são boas para o ainda crescimento da espécie.

Conclusão 13.2

Após olhar e analisar os resultados obtidos, conseguimos perceber que a população ainda estava em crescimento, cada vez menor, concluindo que, em certo ponto, estabilizará, já que os recursos uma vez abundantes irão acabar. Vemos que a população foi crescendo num passo sem padrões muito perceptíveis, ainda assim, é certo que o crescimento da população iria se estabilizar, já que um dia os recursos irão acabar.

Também há que mesmo não ocupando todo o espaço, o crescimento só estabilizaria, já que o espaço é um dos vários recursos que necessitam de disponibilidade.

Conclusão 13.3

A população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideias para o desenvolvimento da espécie, passa a crescer significativamente graças ao grande número de recursos naturais presentes, possibilitando o alimento das Lemnas em longa data onde morrerão, não de fome e, nasce mais indivíduos do que morre.

O espaço não ocupado pela espécie também impulsiona a distribuição da população em busca de mais recursos, resultando no crescimento dela. Quando os recursos começarem a acabar, a população parará de crescer tanto, por conta de mortes e, se manterá numa faixa populacional de acordo com os recursos disponíveis.

Conclusão 13.4

A população biológica (Lemnas) após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideias desenvolve-se positivamente, ou seja, a população cresce. Porém nos últimos dias a população variou muito, atingindo seu auge graças à resistência do meio, mesmo assim a

população continuou crescendo e diminuindo já que os recursos do ambiente (espaço, nutrientes) eram encontrados ali ainda.

As Lemnas ocuparam quase todo o espaço e em alguns dias ou semanas os recursos acabarão e tudo se estabilizará de forma que a tamanha variação vista anteriormente diminua.

GRUPO 14

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

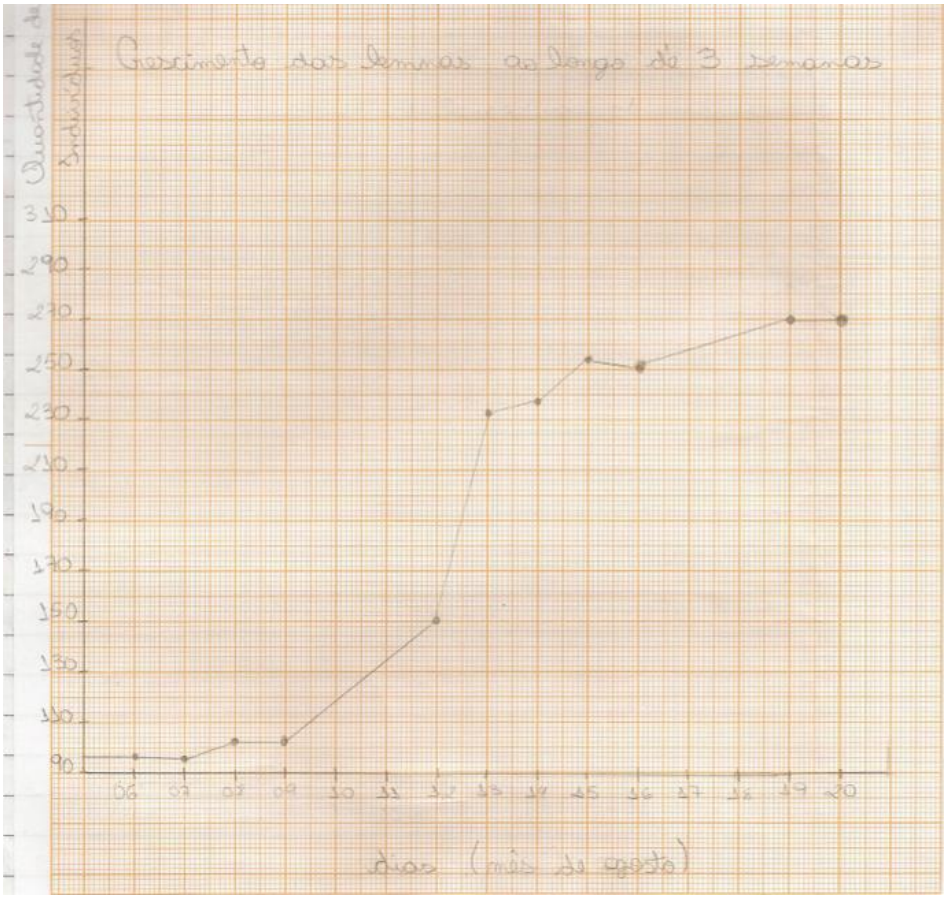
Metodologia

Nós pegamos um pote, inserimos um pouco de água e terra e uma pequena porção de lemnas. Essa pequena porção de lemnas é a nossa população inicial.

Para acompanhar o crescimento das lemnas, a proposta era tirar fotos delas todos os dias, mas por causa de esquecimentos, isso não foi possível. (Apesar disso, temos fotos de todos os dias da semana, exceto final de semana, graças aos professores (porque ninguém está na escola nos finais de semana).

Ao longo de quase três semanas, observamos o crescimento das lemnas. Para isso, foi necessário a contagem delas, ao final dessas semanas. Essa contagem foi feita de um em um indivíduo. As fotos dos potes que possuíam muitas lemnas, a contagem foi muito difícil, então dividimos o pote em dois, depois somamos os resultados. Para certificarmos que a contagem estava correta, outro aluno contava novamente as lemnas. Caso o resultado não batesse com o anterior, era feito uma média.

Resultados



Interpretação dos resultados

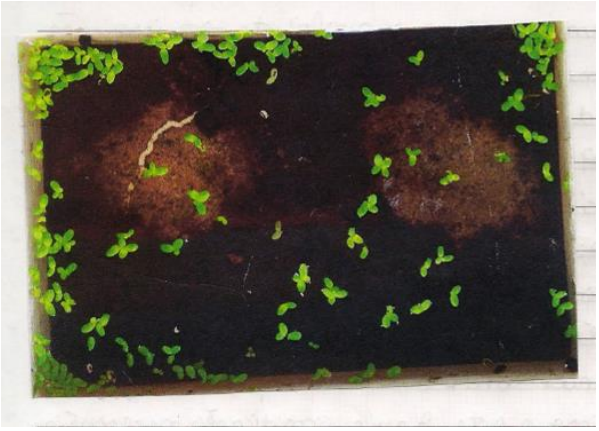
No dia 06/08 havia 96 indivíduos. Já no dia 09/08 a população era de 104 indivíduos. Vemos que ao longo de 3 dias a população cresceu 8 indivíduos. Esse crescimento foi muito baixo e achamos que as lemnas estavam se acostumando com o ambiente, por isso não se reproduziram de forma elevada.

Passado um final de semana, a população aumentou muito. Na sexta-feira, dia 09/08, a população era de 104 indivíduos e na segunda, 12/08, já era de 150 indivíduos. Devemos considerar o tempo passado: dois dias que é o fim de semana. Mas mesmo fazendo essa consideração, o crescimento foi bem alto. Esse crescimento também deve ter sido por causa das lemnas terem se acostumado com o ambiente que elas foram introduzidas. Além disso, o pote havia condições necessárias para a reprodução delas: recursos, não havia predação e a competição intraespecífica era baixa, não alterou a população total.

Já na última semana, a população começou a se estabilizar. No dia 16/08, a população de lemnas era de 250 indivíduos. Nos dias 19/08 e 20/08, a população era de 270. Essa estabilidade se deve ao ambiente de novo. No começo, a população cresceu muito, em condições

ideais as lemnas se reproduziram. Ao final do experimento, havia muitos indivíduos no pote, então a competição intraespecífica cresceu. Os fatores que limitam o crescimento populacional ficaram mais fortes também.

No final do experimento, percebemos que as lemnas estavam localizadas no canto do pote, porque a professora colocou água toda segunda-feira, com isso a terra se deslocou e ficou no canto do pote. Já que as lemnas precisam da terra para retirar os nutrientes e sais minerais, elas se deslocaram para o lugar onde havia mais terra, ou seja, no canto. Podemos observar isso na foto abaixo:



Conclusão 14.1

Uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie, cresce muito e depois se estabiliza. Isso é bem marcado pelos dados de quantidade de indivíduos ao longo das semanas.

Foram três semanas que se dividem em três momentos: lemnas se acostumando com o novo ambiente no qual foram introduzidas -> crescimento populacional muito baixo, o crescimento elevado da população e a estabilidade da quantidade de lemnas.

A população de lemnas cresceu até a capacidade biótica máxima, isto é, o limite máximo de indivíduos que o ambiente pode suportar. Após alcançar essa capacidade, tanto lemnas, quanto qualquer população de seres vivos, irá se estabilizar em um ambiente com as condições ideias para desenvolvimento da espécie.

Isso acontece porque há fatores que limitam o crescimento populacional, como por exemplo: recursos, competição intraespecífica, predação. Nesse caso, predação não é um fator que limitou o crescimento populacional, mas em outro ambiente poderia ter sido um fator.

Conclusão 14.2

Concluímos que após pegarmos uma população biológica, no caso as lemnas, e colocarmos em um ambiente com as condições ideais para seu desenvolvimento, essa população cresce, mas se reproduzem lentamente durante um determinado tempo, até se acostumarem com o local onde foram colonizadas.

O experimento durou quase três semanas e vimos que, nos primeiros dias, as lemnas não se reproduziram de forma elevada, concluímos que foi devido ao pouco tempo no ambiente. Depois de uma semana no ambiente, elas cresceram muito e depois se estabilizaram.

Em condições ideais as lemnas se reproduziram e nos últimos dias já haviam muitos indivíduos no pote, tendo assim uma competição intraespecífica muito grande.

GRUPO 15

Colonização de Lemnas em um ambiente com condições ideais

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

Metodologia

Instrumentos utilizados:

- 1 recipiente pequeno
- lemnas
- água
- 1 palito de sorvete
- terras

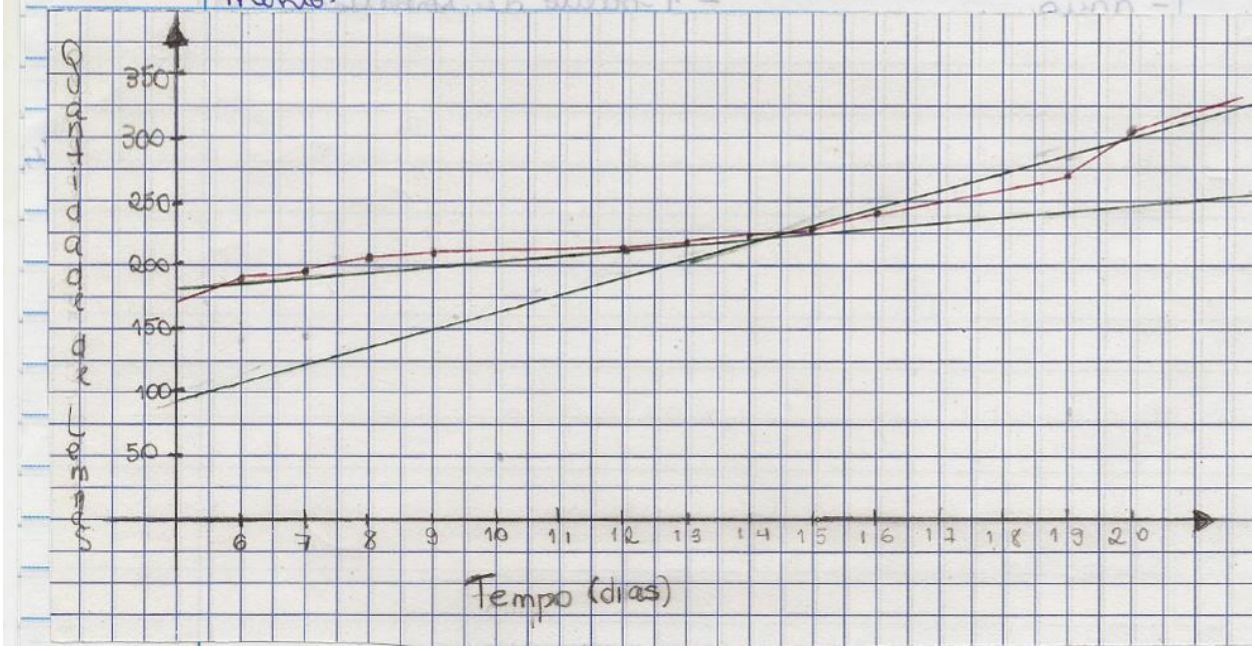
Para montar o aquário de Lemnas, pegamos o recipiente, colocamos água e duas colheres de sopa de terra. Depois com um palito de sorvete, pegamos um número aleatório de Lemnas e colocamos dentro do recipiente. Logo após esse procedimento, começamos a contar as Lemnas todos os dias e acrescentar água todas as segundas-feiras.

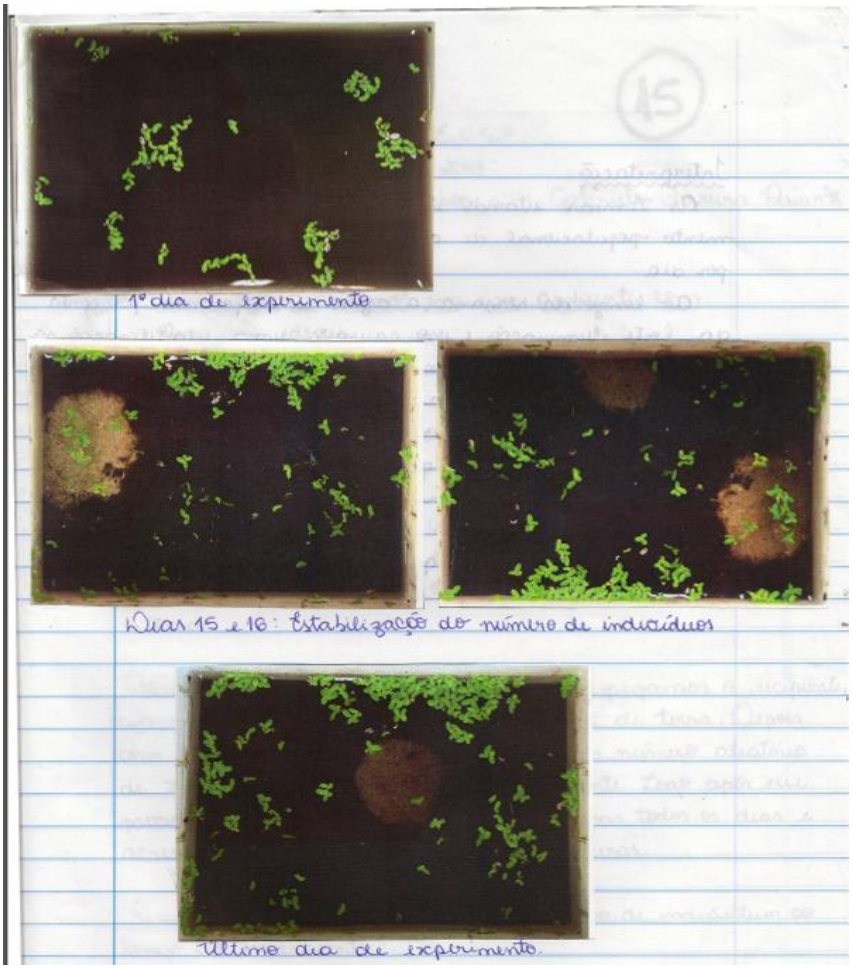
Resultados

Tabela: Crescimento do número de indivíduos ao longo do experimento.

Data	nº de Indivíduos
06/08/13	186
07/08/13	194
08/08/13	203
09/08/13	217
12/08/13	229
13/08/13	237
14/08/13	247
15/08/13	251
16/08/13	230
19/08/13	247
20/08/13	307

Gráfico: Crescimento do número de indivíduos ao longo do experimento.





Interpretação

As Lemnas estando em um ambiente ideal tem um crescimento populacional de aproximadamente 15 e 20 indivíduos por dia.

Ao longo da semana, a água ia evaporando por conta da forte iluminação, e isso causava uma estabilização na quantidade de indivíduos. Todas as segundas-feiras era acrescentado água até a marca do volume inicial, com isso o número de Lemnas aumentava significativamente.

Temos a hipótese de que a estabilização do crescimento dos indivíduos pode ser dada a partir do momento em que as raízes dobram e/ou encostam na terra, impedindo que as Lemnas consigam nutrientes suficientes para se reproduzir.

Conclusão 15.1

De acordo com a pergunta, após a colonização de alguns indivíduos em um ambiente nas condições ideais para desenvolvimento da espécie, tivemos um crescimento significativo e em alguns momentos uma estabilização.

Podemos concluir que quando as lemnas estabilizaram, elas ainda tinham espaço para se reproduzir. Mas com um pouco mais de estudo, poderíamos saber com certeza porque as lemnas se estabilizaram em um certo período (dados no gráfico).

Então podemos concluir que, se as Lemnas estiverem em um ambiente adequado, elas vão conseguir se reproduzir tranquilamente.

Conclusão 15.2

Podemos concluir que, estando em um ambiente ideal, as lemnas têm um crescimento populacional com uma média de 15 a 20 indivíduos por dia.

Analisando a tabela e o gráfico, podemos notar essa pequena diferença na quantidade de indivíduos, sendo assim, podemos notar que sempre haverá crescimento de indivíduos se as lemnas estiverem em um ambiente ideal.

Conclusão 15.3

As lemnas em um ambiente ideal têm um crescimento de aproximadamente 15 a 20 indivíduos diariamente.

Em alguns momentos a população se estabilizava. Acreditamos que isso ocorria pois ao longo da semana a água era evaporada, fazendo com que as raízes das lemnas dobrassem e impedissem-nas de crescer, se reproduzir e adquirir nutrientes.

Nas segundas-feiras, ao acrescentar mais água, as Lemnas voltavam a seu estado inicial (condições ideais) e davam um salto no crescimento populacional.

GRUPO 16

Sentido da vida

Pergunta

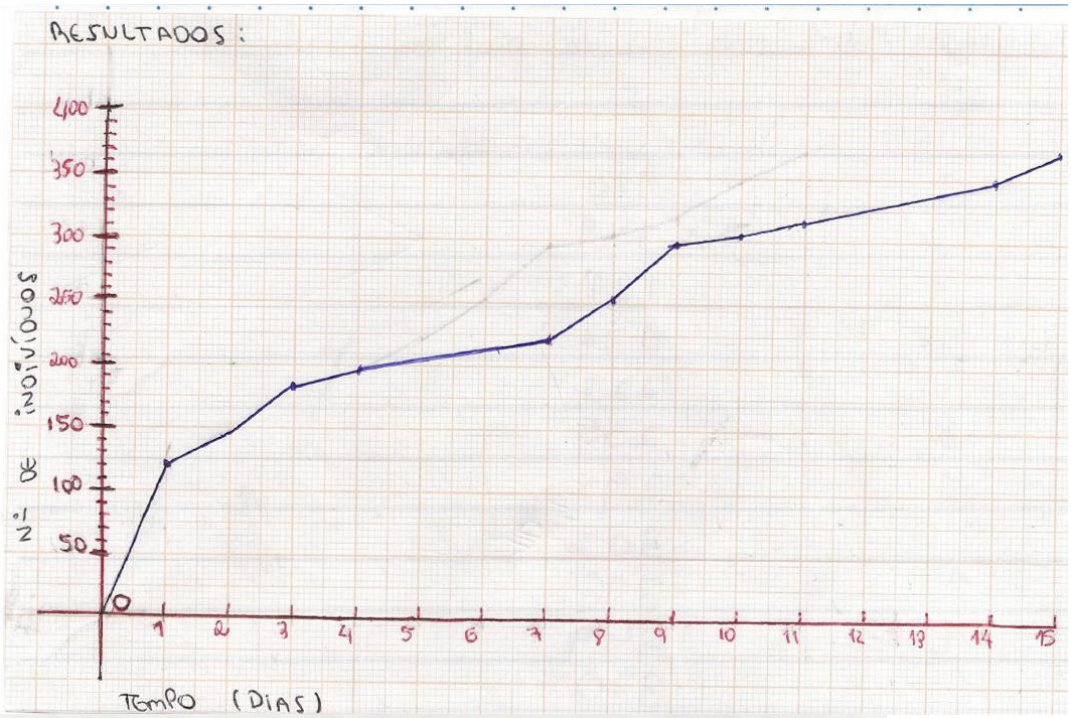
O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

Metodologia

Primeiramente pegamos o recipiente com a professora e colocamos a terra no pote, depois acrescentamos água.

Após os procedimentos anteriores, pegamos uma espátula de madeira e passamos no recipiente com água e lemnas e logo após colocamos no suporte.

Deixamos o recipiente em repouso nas bancadas, com a presença de luz a todo momento. Enquanto o recipiente estava na bancada, ao longo doas dias íamos tirando fotos para acompanhar o crescimento das lemnas (pulamos os finais de semana). Com as fotos impressas, cada integrante do grupo ficou responsável por contar uma folha impressa e ver o resultado do crescimento ao longo dos dias.



RESULTADOS (DE ACORDO COM OS DIAS EM SEQUÊNCIA):

DIAS	QUANTIDADE DE LEMNAS
1	120
2	149
3	181
4	192
7	221
8	255
9	292
10	302
11	316
14	349
15	370

Interpretação

Podemos interpretar tais resultados por fatos do ambiente, ou talvez pelo modo natural de crescimento das lemnas em um determinado ambiente. Podemos interpretar pelo ambiente em que as Lemnas estão repousadas, com a influência do frio, do calor, da presença de muita ou pouca luz ou até pela quantidade de terra no recipiente com lemnas.

A outra forma em que podemos interpretar é pelo seu curso natural de crescimento (das lemnas), independente do ambiente em que está, precisando apenas de terra e água.

Conclusão 16.1

O que acontece com a população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento da espécie, é que a espécie " invasora" vai " expandindo seus territórios" , ou seja, vai se multiplicando, aumentando seu número de indivíduos até conseguirem tomar toda a área onde habitam, elas (a espécie) pode ir (possivelmente por causa de alguns fatos). Podemos explicar isso pelo seu curso natural de crescimento no ambiente perfeito, segundo o gráfico, avalie que as lemnas, no caso a nossa espécie, tem seu crescimento primário relevante e pouco tempo depois desse inicial crescimento, vai dando uma estabilizada, até retomar outra curva de crescimento e estabilizando novamente. Uma outra possível explicação é o ambiente local, se está frio, muito frio, calor ou muito calor, o que pode influenciar no crescimento.

Conclusão 16.2

Respondendo a pergunta inicial, o que acontece com a população que é colonizada por indivíduos de um ambiente com boas condições, é a reprodução da espécie/o aumento da espécie, pois aquele ambiente oferece tudo o que ela precisa para ter um bom desenvolvimento.
Como mostra o gráfico, a cada dia que passa, aumenta um tanto de indivíduos, nunca se estabiliza.

GRUPO 17

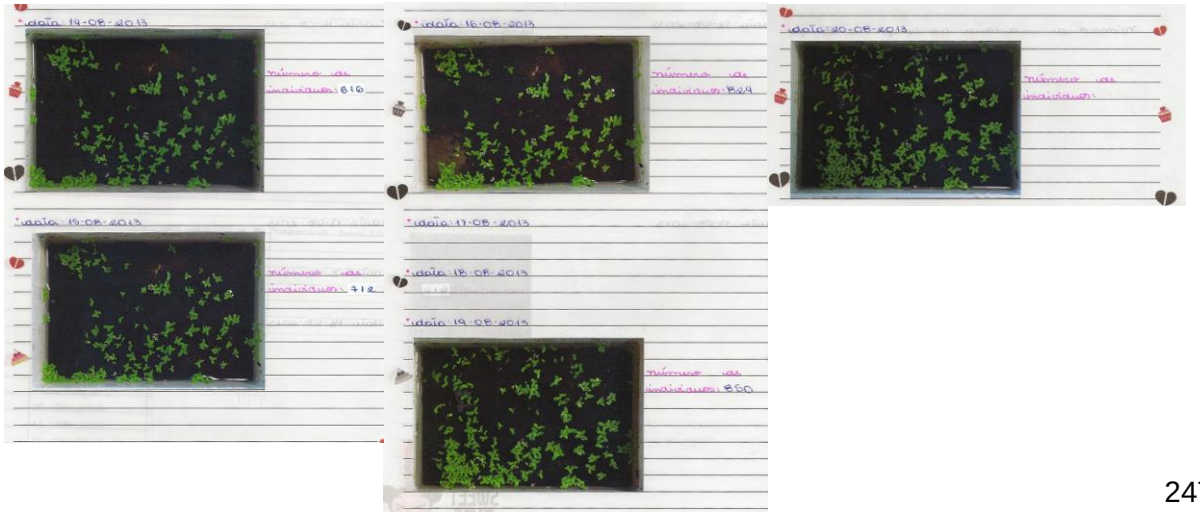
Pergunta

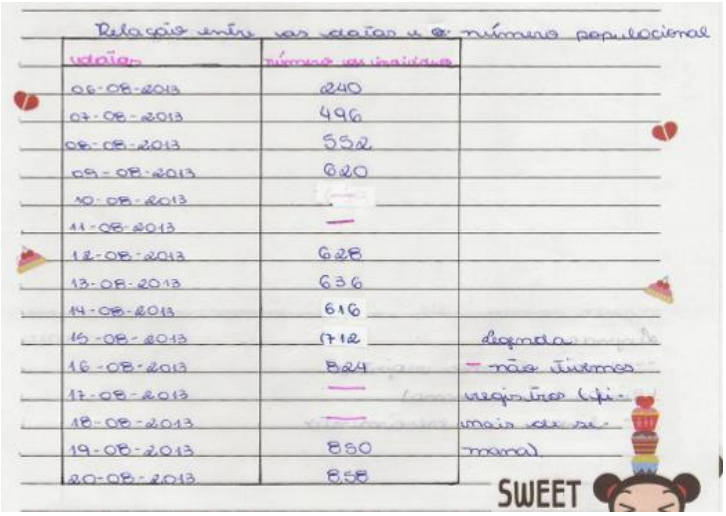
O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

Metodologia

- Primeiro pegamos um potinho e colocamos água e terra.
- Com um palito pegamos um pouco das lemnas e colocamos no nosso potinho que ficou em cima da bancada com a luminária ligada.
- Fotografamos dia-a-dia, menos nos finais de semana.
- Para contarmos os indivíduos dividimos a foto em 4 quadrantes e nomeamos com letras (A, B, C, D) e contamos sempre o quadrante C em seguida multiplicamos esse valor por quatro.

Resultado

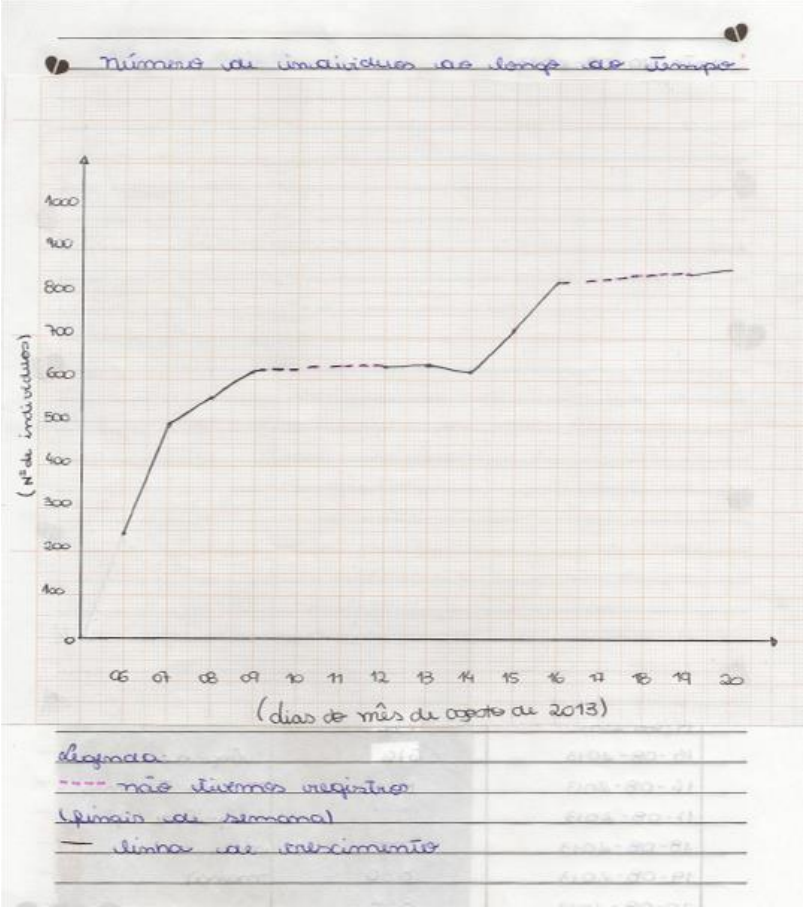




Relação entre as datas e o número populacional

datas	número de indivíduos
06-08-2013	240
07-08-2013	496
08-08-2013	552
09-08-2013	620
10-08-2013	—
11-08-2013	—
12-08-2013	628
13-08-2013	636
14-08-2013	616
15-08-2013	712
16-08-2013	824
17-08-2013	—
18-08-2013	—
19-08-2013	850
20-08-2013	858

legenda:
— não tivemos registros (período mais de semana).



Interpretação

Analisando a foto do 1º dia (06-08) e do último dia (20-08) percebemos que a população cresceu, espalhou-se no espaço e estão saudáveis, isso indica que o ambiente está favorável ao crescimento populacional dos indivíduos.

Analisando o gráfico, observamos que no primeiro momento do dia 06 ao dia 09 a população aumentou, pois tinha condições de espaço e de reprodução. No segundo momento do dia 10 ao dia

12 não obtivemos dados (finais de semana), já no dia 12 ao 13 a população aumentou minimamente, no dia 13 e 14 a população caiu pois houve disputa de território e recursos. No terceiro momento do dia 14 ao dia 16 a população cresceu, pois tiveram recursos para se reproduzirem e se desenvolverem. No quarto e último momento nos dias 17 e 18 não tivemos dados (finais de semana) e do dia 19 ao 20 a população cresceu minimamente pois ainda havia recursos.

Conclusão 17.1

Concluímos que o que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento da espécie, porém mesmo com as condições ideais alguns indivíduos da espécie das lemnas não sobreviveram, pois teve algum tipo de interferência (mexeram no potinho onde esta os indivíduos) e assim acabou morrendo alguns indivíduos, mas mesmo com a morte de alguns indivíduos tiveram bastante indivíduos se reproduzindo e colonizando " vários lugares do potinho" e com bastante reprodução tivemos um resultado de crescimento muito bom.

Conclusão 17.2

O que ocorre com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições para o seu desenvolvimento/crescimento é, com base nos dados dos dias (06/08) ao (20/08), é possível que a população se desenvolveu ao longo do período analisado.

Com isso percebe-se que o ambiente está propício ao crescimento populacional dos indivíduos, e com a análise do gráfico em um primeiro momento é possível concluir que a população cresceu por ter condições de espaço e de reprodução das mesas, e no dia 16 até 18 não tivemos informações de crescimento ou declínio populacional assim como no dia 10 ao 12 por serem finais de semana.

Sendo assim, o que ocorre com uma população biológica em um ambiente com plenas condições de desenvolvimento é um crescimento de alta escala com poucas chances de declínio.

Conclusão 17.3

Concluímos que após a colonização por alguns indivíduos a população de uma certa forma cresceu, em alguns casos significativamente e em outros nem tanto. Com base nos fatos é possível dizer que os indivíduos colonizaram bastante ao longo do tempo e que a população cresceu bastante.

A população tinha um ambiente em condições ideais para o desenvolvimento, então como em qualquer população houve uma possível disputa de território e recursos como podemos ver no gráfico que do dia 13 ao 14 a população caiu minimamente.

Então a população com a colonização dos indivíduos cresce, se desenvolve e aumenta ao longo do tempo.

Conclusão 17.4

A população biológica após a colonização de um ambiente com condições ideais para o desenvolvimento da espécie se desenvolveu muito bem, apesar de um dia ter uma pequena queda na população, mas que interferiu nos resultados obtidos. Os Lemnas se reproduziram e ocuparam todas as partes do potinho sem nenhum aperto.

GRUPO 18

O desenvolvimento das Lemnas

Pergunta

O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?

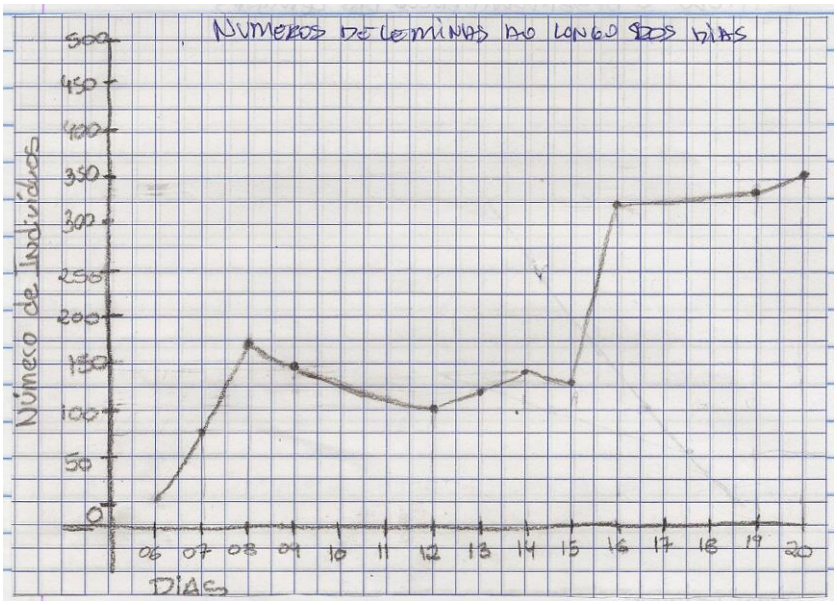
Metodologia

Colocamos as lemnas em um pequeno pote com areia e água. Introduzimos os nutrientes necessários para que as plantas se desenvolvessem.

Tiramos fotos do dia 6/08 ao dia 20/08 de segunda a sexta.

Contamos as lemnas dividindo 4 partes iguais e contamos apenas o quadrado superior da direita, multiplicamos por 4 e tivemos os resultados. Fizemos isso com todos os dias. Fizemos um gráfico para ver o crescimento das lemnas.

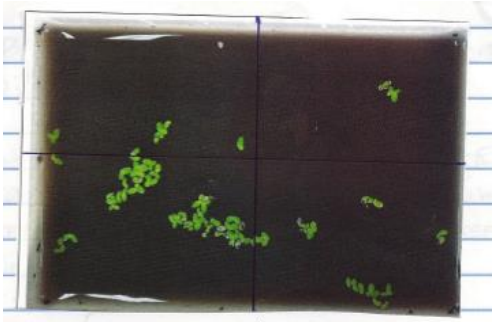
Resultados e interpretação

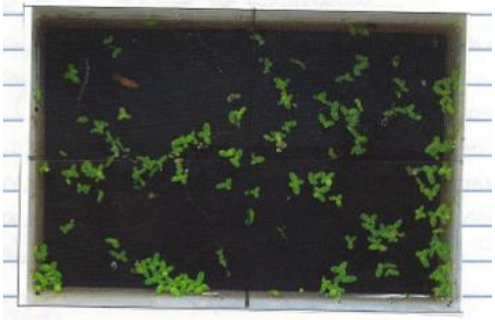


O gráfico mostra o desenvolvimento das lemnas ao decorrer dos dias.

No início houve crescimento da população, a partir do dia 08/08 a população diminuiu, pois houve variações na contagem porque algumas plantas se moveram por causa de ventos e possíveis esbarrões no pote.

A partir do dia 12/08 a população cresceu novamente, de um dia para o outro aconteceu uma pequena queda mas do dia 15/08 para o dia 16/08 houve um grande aumento e se estabilizou até o dia 20/08.





Conclusão 18.1

A população consegue se reproduzir e aumentar o número de indivíduos, acontecem muitas variações durante a pesquisa, mas conseguem aumentar sua população.

No início houve crescimento da população, no dia 08/08 ocorreu a diminuição da população por variações na contagem por esbarrões ou ventos causados por ventiladores ou por pessoas.

O dia 12/08 a população voltou a crescer de um dia para o outro houve queda mas no dia 15/08 para 16/08 ocorreu um grande aumento que se estabilizou até o dia 20/08.

Isso mostra que as plantas crescem bem com variações nos resultados por problemas de contagem, mas no final voltam a crescer.

Conclusão 18.2

Concluímos que o desenvolvimento das lemnas em um ambiente adequado seguiu perfeitamente bem como qualquer população de indivíduos — foi crescendo, se reproduzindo — o nosso método foi eficaz, mas nem tanto, pois algumas intervenções necessárias fizeram com que as lemnas se movessem para um lado diferente — isso atrapalhou um pouco o nosso método de contagem pois interferiu. Mas com relação ao primeiro dia e o último, podemos concluir também que a população se desenvolveu bem — crescendo e se reproduzindo — a população só variou na metodologia que fizemos.

Conclusão 18.3

Olhando o gráfico e fazendo as análises, pode-se concluir que nos 3 primeiros dias as lemnas cresceram em um grande número. Houve variações, mas no fim o grupo populacional de lemnas cresceu, chegamos a até 350 a 400 indivíduos aproximadamente.

Então mesmo com as variações ocorreu o esperado de que os indivíduos iriam crescer.