



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS  
Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas  
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado

SAMANTA OLIVEIRA DA SILVA

A DECOMPOSIÇÃO DE EXCREMENTOS: uma estratégia de educação científica e ambiental acerca da ciclagem de nutrientes

Anápolis  
2016

SAMANTA OLIVEIRA DA SILVA

A DECOMPOSIÇÃO DE EXCREMENTOS: uma estratégia de educação científica e ambiental acerca da ciclagem de nutrientes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós -  
Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do  
Cerrado, da Universidade Estadual de Goiás para  
obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais  
do Cerrado.

Orientadora: Profa. Dra. Solange Xavier dos Santos

Anápolis  
2016

## Ficha Catalográfica

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Silva, Samanta Oliveira da.

A DECOMPOSIÇÃO DE EXCREMENTOS: uma estratégia de educação científica e ambiental acerca da ciclagem de nutrientes/  
Samanta Oliveira da Silva. – 2016.

90 f.: 10 figs, 04 quad.

Orientadora: Profª. Dra. Solange Xavier dos Santos

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás,  
Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2016.

Bibliografia.

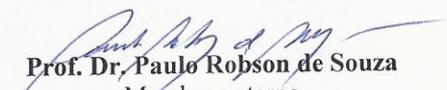
**Folha de Aprovação**

**SAMANTA OLIVEIRA DA SILVA**

**A DECOMPOSIÇÃO DE EXCREMENTOS: UMA  
ESTRATÉGIA DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E  
AMBIENTAL ACERCA DA CICLAGEM DE  
NUTRIENTES**

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos  
Naturais do Cerrado da Universidade Estadual de Goiás,  
para a obtenção do grau de Mestre, aprovada em 26 de fevereiro de 2016, pela  
Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

  
**Prof.ª Dr.ª Solange Xavier dos Santos**  
Presidente da Banca  
Universidade Estadual de Goiás

  
**Prof. Dr. Paulo Robson de Souza**  
Membro externo  
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

  
**Prof.ª Dr.ª Mirley Luciene dos Santos**  
Membro externo  
Universidade Estadual de Goiás

## DEDICATÓRIA

À Creuza Maria da Silva (mãe), à Carla Oliveira da Silva (irmã) e Guiomar Valeriano da Cruz Junior (amado esposo).

## AGRADECIMENTOS

Ao Ser Supremo, pela vida e a possibilidade de empreender esse caminho, por propiciar tantas oportunidades de estudos e por colocar em meu caminho pessoas amigas e preciosas.

À minha querida mãe Creuza Maria da Silva, por compartilhar as minhas tristezas e alegrias, pelo seu amor que me mostrou a direção correta e me ensinou a ter fé na vida, obrigada mãe por não me deixar desistir. Se hoje eu cheguei aqui eu agradeço à senhora, que sonhou cada um dos meus sonhos e os viveu comigo.

À minha irmã Carla Oliveira da Silva, que viu cada lágrima cair dos meus olhos e as secou, que me apoiou dia e noite, que me fez sorrir mesmo quando eu apenas queria chorar, obrigada pelas gargalhadas e brigas, eu amo você! Ah! Você sabe todas as coisas do meu coração!

Ao meu amado esposo Guiomar Valeriano da Cruz Junior, quem diria que seria assim, nossa vida começou cheia de emoções, fim da graduação, mestrado e casamento... UFA! Foi de tirar o folego! Foram dois anos de agonias, lágrimas e sorrisos... Você foi capaz de suportar os meus piores dias, principalmente os últimos, aqueles que eu não dormia, que sentia dor, que sentia medo... Ah quanta coisa meu amor! Obrigada, pois você me incentivou a continuar, a ir em frente e você sabe que os nossos planos são muito maiores e que iremos lapidar cada sonho, um a um, dia a pós dia. Te Amo!

À minha avó Maria Sebastiana da Silva. Agradeço a Deus diariamente por tê-la em minha vida. Nesses dois anos estive ausente, mas nunca fiquei mais que uma semana sem te visitar, porque eu sei que a senhora sente saudades e eu sinto falta do seu feijão... Te amo Vó!

Às minhas primas Esdra e Helem Silva de Oliveira, as minhas tias Neusa Silva e Dileusa Maria da Silva, que mesmo estando distante, se mantiveram incansáveis em suas manifestações de apoio e carinho.

À minha prima Gabriela Conceição Torres que sempre ficou madrugada a fora, mandando fotos da minha afilhadinha Manuella, pra estimular a escrita.

À minha prima Julia Maria da Silva Pires (Cabrita) que sempre foi a que esteve mais presente nessa etapa da minha vida e que me enchia o saco diariamente para ir ver a Manuella (minha pequena afilhadinha que me mata de amor), eu amo você por todos os motivos do mundo, principalmente por me irritar!

Ao meu pai, Carlos Antônio de Oliveira, pelo seu apoio, por acreditar que eu conseguiria e por todo seu amor.

À minha madrinha Lúcia Martins de Araújo e a Dona Nenzinha, por sempre estarem ao meu lado, me incentivando a seguir em frente e a nunca desistir dos meus sonhos. Obrigada por me ensinarem que a vida é colorida e que todos os dias há mil motivos para sorrir!

À professora regente da classe e colaboradora deste trabalho, Profª Klayner Greyce Ananias Cardoso, que contribuiu para o êxito desta pesquisa, inclusive cedendo aulas, após o término da unidade para que pudéssemos dar continuidade na aplicação das estratégias de ensino.

À minha orientadora Profª Drª Solange Xavier dos Santos, um agradecimento carinhoso por todos os momentos de paciência, compreensão e competência. Por acreditar que eu era capaz, e por me ensinar a ter coragem e a enfrentar meus medos. Foram dois anos de muita luta, no qual muitas vezes eu pensei em desistir, obrigada por não deixar isso acontecer. Agradeço muito por me permitir vivenciar essa experiência maravilhosa!

À Profª Ms Cibele Pimenta Tiradentes, o que eu posso dizer... UFA! Você foi meu suporte, quase minha psicóloga e uma amiga maravilhosa. Obrigada por toda a dedicação, por perder seus sábados e domingos lendo meu trabalho, por sempre se colocar à disposição para me ajudar, por ouvir, por colocar minha cabeça no seu colo e escutar os meus problemas. Obrigada por me acolher prontamente com carinho.

À minha amiga Jennifer Oliveira, que ouviu todas as minhas ladainhas, dúvidas e incertezas. Que acreditou em mim, que me fez erguer a cabeça e passar por cima dos medos. Obrigada pelas noites de pouso, por você e sua família (em especial sua mão Natalina) me acolherem tão bem no lar de vocês, não só nesses dois anos, mas nesses seis anos entre Graduação e Mestrado. Você sabe o quanto isso foi importante em minha vida! Obrigada!

ÀS AMIGAS Laryssa Chapadense, Letícia Campos de Lima e Letícia Horta, que mesmo seguindo caminhos diversos, sempre se fizeram presentes com lembranças, telefonemas, palavras de encorajamento e amor. Obrigada por vocês existirem!

AOS AMIGOS de Mestrado, Leciana Zago, compartilhamos muitas histórias nesses dois anos, choramos juntas e muitas vezes pensamos, “nossa não vai dar tempo”, mais deu! Obrigada por me ouvir e por cuidar sempre tão bem de mim, minha casa sempre estará aberta a você! Ao amigo Renato Lúcio Alvarenga, por abrir meus olhos para os pequenos detalhes, por encher meu saco todas as vezes que eu chegava primeiro que você na UEG, por me fazer companhia até tarde, só pra eu não pegar o ônibus sozinha. Obrigada por esses dois anos em que compartilhamos conhecimento e aprendizado juntos, foram momentos memoráveis.

À secretária Arminda Campos, “Nina” que sempre me ouviu e ajudou, mantendo sempre seus cuidados e nos enchendo de mimos. Não teria finalizado essa dissertação sem seu apoio.

À Profª Drª Samantha Salomão Caramoni por todos os seus ensinamentos científicos e de vida! A cada ida ou volta à Anápolis ao seu lado eu aprendia um pouco mais sobre o que é se dedicar ao ensino e a pesquisa, você é uma excelente pessoa. Obrigada por tudo!

Ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado, pelos momentos partilhados, sem esmorecimento e a todos os professores que fizeram parte desse caminhar.

Aos professores Dr. Paulo Robson de Souza e a Drª Mirley Luciene dos Santos, por suas contribuições para com este trabalho.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão da bolsa de Mestrado e pelo fomento mestrado e pelo fomento à pesquisa (Processos no. 201210267001098 e AUXPE 2036/2013).

À Universidade Estadual de Goiás, Laboratório de Biodiversidade do Cerrado pelo apoio logístico.

Enfim, meu agradecimento a todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram para que este percurso pudesse ser concluído.

*“Não importa quanto a vida possa ser ruim,  
Sempre existe algo que você pode fazer, e  
triunfar. Enquanto há vida, há esperança.”*

Stephen Hawking

## SUMÁRIO

RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	12
LISTA DE FIGURAS .....	13
LISTA DE QUADROS .....	15
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
ARTIGO I: "Decomposição e ciclagem de nutrientes no Ensino Médio: uma análise da abordagem do livro didático e da prática docente" a ser submetido à Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências: .....	20
ARTIGO II: "Concepção dos estudantes concluintes do ensino médio sobre a decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes" a ser submetido à Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências .....	37
ARTIGO III: "FUNGOS NA DECOMPOSIÇÃO DE EXCREMENTOS: uma estratégia didática para o ensino da ciclagem de nutrientes" a ser submetido à Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias .....	53
<b>3. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>72</b>
<b>4. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>73</b>
APÊNDICES .....	75
Apêndice A - Questionário aplicado ao docente .....	76
Apêndice B - Questionário aplicado ao estudante .....	78
Apêndice C - Termo de consentimento livre e esclarecido .....	80
Apêndice D - Solicitação de autorização para pesquisa científica na escola .....	81
Apêndice E - Ficha de Observação da Atividade Investigativa .....	82
ANEXOS .....	83
Anexo A - Diretrizes para autores da Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências .....	84
Anexo B - Diretrizes para autores da Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências ...	86
Anexo C - Diretrizes para autores da Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias .....	88

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo investigar a concepção dos estudantes e a forma de abordagem dos processos da decomposição, especialmente do material fecal, na educação básica, promovendo estratégias para sua utilização como ferramenta de educação científica e ambiental acerca da ciclagem de nutrientes. Os procedimentos metodológicos foram organizados em quatro momentos e os dados obtidos foram analisados qualitativa e quantitativamente. O primeiro procurou averiguar como o conteúdo de ciclagem de nutrientes é abordado na educação básica, tanto pelo professor de Biologia quanto no livro didático. Os dados foram obtidos a partir da aplicação de um questionário semiestruturado aos professores sobre a sua prática envolvendo o conteúdo em questão. Paralelamente foi realizada a análise desse conteúdo em três livros didáticos adotados nas escolas participantes da pesquisa. No terceiro momento foi aplicado um questionário semiestruturado aos estudantes concluintes do Ensino Médio contendo questões acerca do seu entendimento sobre a decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes. O quarto momento foi marcado pelo desenvolvimento de uma prática investigativa acerca do processo de decomposição de excrementos com uma turma da 3ª série do Ensino Médio. Os dados mostraram que, em geral, os professores utilizam entre três e quatro aulas para abordar o conteúdo, contudo, indicaram como principais dificuldades para e destinam entre três e quatro aulas para a abordagem do conteúdo, cujas principais dificuldades estão na falta de interesse dos estudantes e falta de tempo para preparação das aulas/atividades e falta de infraestrutura e/ou materiais pedagógicos para abordar o assunto de forma prática. As estratégias e os recursos didáticos mais utilizados são data-show, quadro, livro didático e vídeos, sendo que apenas 2 deles fazem uso de atividades práticas, as quais são comumente atividades de acompanhamento da decomposição de frutos e a construção de terrários. Nos livros didáticos analisados, esse conteúdo é abordado de forma breve na unidade de Ecologia. As principais fragilidades encontradas são a falta de contextualização dos ciclos biogeoquímicos com a ciclagem de nutrientes, falta de coerência entre texto e figuras, ausência de escalas nas figuras e atividades práticas que incrementem a abordagem desse assunto. A análise das respostas dos estudantes mostrou que a maioria concebe a noção de decomposição no processo de desaparecimento das fezes do ambiente, mas o entendimento do fenômeno é bastante superficial, visto que não o nomearam corretamente, deram mais relevância à participação dos fatores físicos do que aos seres vivos e relacionaram o desaparecimento das fezes à fertilização do solo, ainda que não tenham deixado claro como isso ocorreria. A atividade investigativa proposta mostrou-se como excelente estratégia didático-pedagógica para o ensino aprendizagem desse conteúdo, promovendo a construção do conhecimento através de um fenômeno simples e corriqueiro, permitindo a exploração didática sob diferentes aspectos que proporcionam o desenvolvimento cognitivo e crítico do estudante.

**Palavra-chaves:** Biodegradação, Ensino Médio, Fezes, Livro didático, Microrganismos.

## ABSTRACT

This study aimed to investigate the design of the students and how to approach the decomposition processes, especially fecal material, in basic education, promoting strategies for their use as science and environmental education tool about nutrient cycling. The methodological procedures were organized in four times and the data obtained were analyzed qualitatively and quantitatively. The first sought to find out how the nutrient cycling of content is covered in basic education, both by Professor of Biology and in the textbook. Data were obtained from the application of a semi-structured questionnaire to teachers about their practice involving the content in question. In parallel was performed the analysis of this content in three textbooks adopted in schools participating in the survey. The third time was applied a semi-structured questionnaire to graduating high school students with questions about their understanding of the decomposition of manure and nutrient cycling. The fourth time was marked by the development of an investigative practice of the excrement decomposition process with a group of 3rd grade of high school. The data showed that, overall, teachers use between three and four classes to address the content, however, they indicated that the main difficulties for and intended between three and four classes for the content of the approach, the main difficulty is the lack of interest students and lack of time to prepare lessons / activities and lack of infrastructure and / or educational materials to address the matter in a practical way. The strategies and the most used teaching resources are data-show, picture, textbook and videos, and only 2 of them make use of practical activities, which are commonly follow-up activities of the decomposition of fruits and building terrariums. In the textbooks analyzed, this content is covered briefly in Ecology unit. The main weaknesses found are the lack of contextualization of biogeochemical cycles with cycling of nutrients, lack of consistency between text and pictures, lack of scales in the practical figures and activities that enhance the approach to this subject. The analysis of students' responses showed that most conceives the notion of decomposition in the disappearance of environmental stool process, but the understanding of the phenomenon is quite superficial, as not named correctly, gave more importance to the participation of physical factors than to living beings and related the disappearance of feces to soil fertilization, although they have not made clear how this would occur. The proposal investigative activity proved to be excellent didactic and pedagogical strategy for teaching and learning of this content, promoting the construction of knowledge through a simple and commonplace phenomenon, allowing the didactic exploration under different aspects that provide cognitive development and student critical.

**Keywords:** Biodegradation, High school, Stools, Textbook, Microorganisms.

## LISTA DE FIGURAS

### INTRODUÇÃO

Figura 1 - Figura 1 – Frutificações fúngicas desenvolvendo-se sobre fezes de cavalo. Foto: S. O. da Silva.....17

### ARTIGO III

Figura 1 - Etapas de esterilização das fezes, passo-a-passo: A amostra fecal (esterco de cavalo) foi colocada em uma lata de alumínio vazia (**a e b**), em seguida, a lata foi vedada com jornal (**c**) e papel alumínio (**d**). E, então colocada em uma panela de pressão com água até a metade (**e**) a qual foi, então, tampada e mantida por 40 minutos sob pressão em fogo baixo (**f**). Somente após a pressão ter se exaurido completamente, a panela foi aberta. Fotos: S. O. da Silva.....57

Figura 2 - Materiais utilizados para instalação da atividade investigativa, realizada pelos estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma instituição da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO, acerca da decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes. Foto: S. O. da Silva.....58

Figura 3 - Representação de uma câmara úmida utilizada nos experimentos sobre decomposição de excrementos. Foto: S. O. da Silva.....58

Figura 4 – Instalação do experimento sobre decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes, realizado por estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma instituição da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO. Foto: S. O. da Silva.....59

Figura 5 - Frutificações do fungo do gênero *Pilobolus* se desenvolvendo sobre fezes de cavalo umedecidas, ao segundo dia de observação durante experimento realizado por estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO. Foto: S. O. da Silva.....62

Figura 6 - Colônias do fungo *Chrysonilia sitophila* se desenvolvendo sobre fezes de cavalo esterilizadas e umedecidas, aos sete dias de observação, durante experimento realizado por estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO. **a:** Micélio com esporos de coloração laranja; **b:** Micélio com esporos de coloração amarela; **c:** Micélio com esporos de coloração rosada. Foto: S. O. da Silva.....63

Figura 7 - Frutificações do fungo *Coprinus patouillardii* se desenvolvendo sobre fezes de cavalo umedecidas, ao décimo dia de observação, durante experimento realizado por estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO. Foto: S. O. da Silva.....64

Figura 8 - Corpos de frutificação *Iodophanus*, filo Ascomycota, se desenvolvendo sobre fezes de cavalo umedecidas, durante experimento realizado por estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO. Foto: S. O. da Silva.....64

Figura 9 - Apresentação dos resultados finais do experimento sobre decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes, realizado pelos estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma instituição da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO.....67

## LISTA DE QUADROS

### ARTIGO I

Quadro 1 - Livros didáticos de Biologia analisados quanto ao conteúdo de decomposição e ciclagem de nutrientes.....24

Quadro 2 - Critérios utilizados para a análise do conteúdo de decomposição e ciclagem de nutrientes nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio.....24

### ARTIGO III

Quadro 1 - Distribuição das equipes e variáveis (tratamentos) a serem testadas no experimento sobre decomposição de excrementos.....57

Quadro 2 - Relatório produzido pela equipe E3, cujo tratamento das amostras foi: não umedecidas e esterilizadas.....66

## 1. INTRODUÇÃO

A decomposição da matéria orgânica é um processo essencialmente biológico, no qual organismos vivos são os principais agentes (LAVELLE et al. 1993). Entre os seres vivos envolvidos nesse processo, as bactérias e fungos (microbiota) são considerados os agentes sapróbios, por estarem envolvidos na decomposição de moléculas complexas (GOMES; PACHECO, 1988; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), e possuem mecanismos enzimáticos capazes de realizar a degradação da matéria orgânica contida no solo, ora promovendo a mineralização de compostos orgânicos e a liberação de nutrientes, ora imobilizando-os em sua biomassa (PELCZAR; CHAN; KRIEG, 1996).

A fauna do solo (constituída principalmente por pequenos invertebrados) também contribui com esse processo, digerindo proteínas, lipídeos e glicídios simples, pois possui aparatos enzimáticos limitados, não sendo capaz de degradar macromoléculas complexas, como a celulose e a lignina (CORREIA; ANDRADE, 1999). No entanto, as associações da fauna com a microbiota promovem um sinergismo no sistema de decomposição.

A matéria orgânica pode ser proveniente da morte de partes ou do indivíduo inteiro, ou ainda da eliminação de excretas (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). A decomposição da matéria orgânica proveniente do esterco de animais auxilia no enriquecimento do solo e desenvolvimento dos vegetais, pois, além de promover a liberação de nutrientes, promove a redução da compactabilidade dos solos, melhorando sua aeração, movimento e capacidade de retenção de água (TESTER, 1990; ZHANG; STEVERSON, 1994; HARTGE; RINGE, 1997; TRINCA, 1999; BARROS, 2011).

A umidade e a presença de substâncias orgânicas tornam as fezes, especialmente a de animais herbívoros, um microhabitat ideal para a proliferação de diversos microrganismos, conhecidos como coprófilos (CALAÇA; XAVIER-SANTOS, 2012). Dentre esses, um grupo peculiar de fungos possui adaptações ecológicas e morfológicas que permitem seu desenvolvimento sobre diversos tipos de excrementos (Figura 1).



Figura 1 – Frutificações fúngicas desenvolvendo-se sobre fezes de cavalo. Foto: S. O. da Silva.

Ao assimilar os nutrientes não aproveitados durante a passagem do alimento pelo trato digestivo do animal, esses organismos participam dos processos de decomposição das fezes, facilitando a ciclagem dos nutrientes no ambiente (ABDULLAH, 1982; BELL, 1983; TRUFEM et al. 1996). O ciclo de vida desses organismos coprófilos é bastante interessante, podendo ser amplamente explorado na abordagem de diferentes conteúdos no ensino de Biologia, especialmente dentro do contexto da evolução (adaptação, co-evolução), ecologia (interações ecológicas, cadeias tróficas, ciclagem de nutrientes, sucessão ecológica), fisiologia, bioquímica, entre tantos outros.

Estudos realizados por Santos (2010); Zômpero; Laburú (2010); Ribeiro; Cataneo; Meglhioratt (2015) mostram que na educação básica, os estudantes possuem dificuldades em relacionar os agentes decompositores à decomposição da matéria orgânica e estabelecer a relação da decomposição com a ciclagem de nutrientes. Dessa forma, a abordagem de conteúdos relacionados à decomposição e ciclagem de nutrientes deve ser trabalhada de forma contínua, pois é importante que o estudante compreenda os processos que tornam o ecossistema dinâmico.

Freire (1996) já apontava as dificuldades de se buscar um ensino que auxilie o estudante a compreender o mundo e seus fenômenos. De acordo com Maldaner (2007) e Santos (2007), isso se deve ao ensino fragmentado e descontextualizado, que interfere e dificulta o processo educativo. As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) preconizam que a contextualização do conteúdo com a realidade do estudante não deve se basear apenas em situações vividas, mas sim demonstradas através de aulas expositivas, de campo, experimentação, desenvolvimento de projetos, entre outras diversas atividades que podem ser utilizadas como recurso didático pedagógico no processo de aprendizagem.

Em consonância com essas observações, fazer uso da decomposição das fezes como ferramenta didática para o ensino da ciclagem de nutrientes pode despertar os estudantes de forma mais contundente para a importância desse processo natural para o ambiente, incluindo aí os seres humanos, em detrimento da noção negativa atribuída à decomposição e aos organismos decompositores, quase sempre associados à deterioração/apodrecimento de alimentos e outros produtos úteis ao homem.

Ao compreender o processo de decomposição desses materiais, isso ressaltaria o caráter benéfico do fenômeno, já que além de eliminar do ambiente um produto que incomoda, especialmente pelos odores desagradáveis e sensação de aversão provocada, esse processo ainda contribui para a obtenção de produtos de interesse direto ao homem. Por fim, permitiria ainda aos estudantes perceberem que o que é dejetado para alguns seres vivos é nutriente para outros, reforçando a integração das cadeias tróficas. Nesse sentido, este trabalho foi estruturado na forma de três artigos que se complementam e que foram organizados da seguinte maneira:

No primeiro artigo são apresentados e discutidos os resultados da abordagem do conteúdo de decomposição e ciclagem de nutrientes na escola. Esse artigo foi realizado em duas etapas: a primeira envolvendo professores de Biologia, que responderam a um questionário acerca da sua prática docente ao tratar do assunto em questão. Na segunda etapa foi realizada a análise do livro didático adotado nas escolas.

No segundo artigo, são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa sobre a Concepção dos concluintes do Ensino Médio sobre o processo de decomposição das fezes e ciclagem de nutrientes, a partir da aplicação de questionário semiestruturado.

No terceiro artigo é apresentada uma proposta de atividade investigativa para a exploração didática do processo de decomposição e ciclagem de nutrientes, baseada na decomposição de excrementos.

## **2. OBJETIVOS**

Investigar a concepção dos estudantes e forma de abordagem dos processos da decomposição, especialmente do material fecal, na educação básica, promovendo estratégias para sua utilização como ferramenta de educação científica e ambiental acerca da ciclagem de nutrientes.

Em razão disso, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- Verificar como o conteúdo envolvendo a decomposição e ciclagem de nutrientes é abordado no Ensino Médio, tanto pelo professor na sala de aula, quanto no livro didático de Biologia;
- Investigar a concepção dos estudantes sobre a decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes;
- Desenvolver uma metodologia de educação científica e ambiental acerca da ciclagem de nutrientes na natureza, utilizando-se de práticas experimentais envolvendo a decomposição de excrementos.

## ARTIGO I

Artigo a ser submetido na Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (Anexo A)

"Decomposição e ciclagem de nutrientes no Ensino Médio: uma análise da abordagem do livro didático e da prática docente"

## **Decomposição e ciclagem de nutrientes no Ensino Médio: uma análise da abordagem do livro didático e da prática docente**

### **Decomposition and nutrient cycling in high school: an analysis of the textbook approach and teaching practice**

#### *Resumo*

O objetivo deste trabalho foi verificar como o conteúdo envolvendo a decomposição e ciclagem de nutrientes é abordado no Ensino Médio, tanto pelo professor, quanto no livro didático de Biologia. O trabalho foi dividido em duas etapas, a primeira envolveu a participação de oito professores da rede de ensino público e privado da cidade de Goiânia/GO, que responderam a um questionário semiestruturado acerca da sua formação profissional e da sua prática no assunto em questão. Na segunda etapa foi realizada a análise do livro didático de Biologia, adotado em três diferentes escolas para a 3ª série do Ensino Médio. Os dados mostraram que todos os professores são formados em Licenciatura em Ciências Biológicas, a titulação máxima variou entre a graduação (5), especialização (2) e doutorado (1) e destinam entre três e quatro aulas para a abordagem do conteúdo, cujas principais dificuldades estão na falta de interesse dos estudantes e falta de tempo para preparação das aulas/atividades e falta de infraestrutura e/ou materiais pedagógicos para abordar o assunto de forma prática. As estratégias e os recursos didáticos mais utilizados são data-show, quadro, livro didático e vídeos, sendo que apenas 2 deles fazem uso de atividades práticas, sendo mais comumente atividades de acompanhamento da decomposição de frutos e a construção de terrários. Nos livros didáticos analisados, esse conteúdo é abordado de forma breve na unidade de Ecologia. As principais fragilidades encontradas são a falta de contextualização dos ciclos biogeoquímicos com a decomposição e ciclagem de nutrientes, falta de coerência entre texto e figuras, ausência de escalas nas figuras e sugestões de atividades práticas que incrementem a abordagem desse assunto. Dessa forma, é necessário que os conteúdos de decomposição e ciclagem de nutrientes sejam trabalhados de forma contínua e contextualizados com a realidade do estudante, permitindo a relação e a compreensão dos processos que tornam o ecossistema dinâmico.

**Palavras-chave:** Ciclos Biogeoquímicos; Ensino de Biologia; Professores do Ensino Médio; Recursos didáticos.

#### **Abstract**

The aim of this study was to determine how content involving decomposition and nutrient cycling is covered in high school, both the teacher and in textbook Biology. The work was divided into two stages: the first involved the participation of eight teachers from public and

private schools in the city of Goiânia / GO, who answered a semi-structured questionnaire about their training and their practice in the subject matter. In the second stage it was carried out the analysis of the textbook Biology, adopted in three different schools to the 3rd year of high school. The data showed that all teachers are trained in Degree in Biological Sciences, the maximum degree ranged from undergraduate (5), expertise (2) and doctorate (1) and intended between three and four classes for the content of the approach, the main difficulties are the lack of interest of students and lack of time to prepare lessons / activities and lack of infrastructure and / or educational materials to address the matter in a practical way. The strategies and the most used teaching resources are data-show, picture, textbook and videos, and only 2 of them make use of practical activities, more commonly follow-up activities of decomposing fruits and building terrariums. In the textbooks analyzed, this content is covered briefly in Ecology unit. The main weaknesses found are the lack of contextualization of biogeochemical cycles with the decomposition and nutrient cycling, lack of consistency between text and pictures, lack of scales in the figures and suggestions for practical activities that enhance the approach to this subject. Thus, it is necessary that the contents of decomposition and nutrient cycling are worked continuously and contextualized manner with the student reality, allowed the relationship and understanding of the processes that make the dynamic ecosystem.

**Keywords:** Biogeochemical cycles; Biology teaching; High School teachers; Didactic resources.

## Introdução

No processo ensino-aprendizagem, cada estudante possui motivações e preferências ao aprender e ao se relacionar com o conteúdo, possui também ritmo próprio de aprendizagem e diferentes experiências (socialmente) vividas (SCARPATO, 2004). Para Silva (2002) e Moraes; Varela (2007), o interesse nas disciplinas, por parte do estudante, depende de como o professor expõe o conteúdo, despertando interesse intenso ou não sobre os assuntos tratados em sala.

Para Silveira (2009), apesar das novas tecnologias e instrumentos pedagógicos, na sala de aula, o livro didático ainda é o elo de “comunicação verbal” entre estudantes e professores, tanto no Ensino Fundamental e Médio, quanto na graduação. Por essa razão a forma superficial e complexa com que expõem o conteúdo, o modo como os conteúdos são trazidos nos livros didáticos e a falta de associação dos conteúdos ministrados frente à realidade na qual o estudante está inserido constituem fatores prejudicialmente significativos nesse processo (VASCONCELOS, 2002; VILELA, 2007).

Silva; Tiradentes; Xavier-Santos (2016) e Zômpero; Laburú (2010), ao trabalharem a decomposição com estudantes do Ensino Fundamental e Médio, perceberam que eles encontravam dificuldades em relacionar os agentes decompositores à decomposição da matéria orgânica (processo natural que ocorre no meio ambiente) e relacionar esse fenômeno à ciclagem de nutrientes, isso porque o conteúdo é ensinado de forma superficial, não havendo contextualização apropriada com as situações do dia a dia.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) preconizam que a contextualização dos conteúdos de Biologia, aliada à realidade do estudante, leva a momentos de reflexão acerca da interação entre os seres vivos e o ambiente que os rodeia. O objetivo deste trabalho foi verificar como o conteúdo envolvendo a decomposição e ciclagem de nutrientes é abordado no Ensino Médio, tanto pelo professor na sala de aula, quanto no livro didático de Biologia.

## Metodologia

Esta pesquisa exploratória, de caráter quali-quantitativo foi dividida em duas etapas. A primeira envolveu a participação de professores de Biologia do Ensino Médio que atuam em instituições da rede pública e privada da cidade de Goiânia/GO (n=8). A coleta de dados foi realizada entre os meses de maio e junho de 2015.

Os docentes foram selecionados a partir de seu interesse em participar da pesquisa, os quais responderam a um questionário composto por questões abertas e fechadas (Apêndice A), que buscavam averiguar informações da sua formação profissional e da sua prática docente acerca do conteúdo de decomposição e ciclagem de nutrientes. Os dados oriundos dos questionários foram analisados com base na técnica da estatística descritiva (por meio de números absolutos), com o auxílio do software Excel<sup>®</sup> 2010.

Aos participantes foi garantido o anonimato. Nas transcrições das suas respostas para o texto foram retirados indicativos de reconhecimento dos sujeitos envolvidos na pesquisa, que foram identificados com a inicial P, seguida de um número: P<sub>1</sub> a P<sub>8</sub>. Da mesma forma, foi utilizada a expressão 'professor' para os participantes do sexo masculino e feminino.

A segunda etapa focou em analisar o livro didático de Biologia acerca da abordagem do conteúdo referente à decomposição e ciclagem de nutrientes. Os livros selecionados são adotados para a 3ª série do Ensino Médio por três professores (que participaram da primeira etapa da pesquisa) de diferentes instituições da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO. Tais livros foram tratados como L1, L2 e L3, respectivamente (Quadro 1).

O L1 faz parte da coleção do Plano Nacional do Livro Didático 2012 (PNLD 2012) e foi analisado por estar sendo adotado naquele momento numa das instituições de ensino pesquisadas, visto que, os livros do PNLD são válidos por três anos consecutivos. L2 e L3 fazem parte do PNLD 2015 (BRASIL, 2011; 2014). Cada uma dessas obras constitui um volume de uma coleção distinta, composta de três volumes, cada volume destinado a uma das três séries do Ensino Médio.

Quadro 1 - Livros didáticos de Biologia analisados quanto ao conteúdo de decomposição e ciclagem de nutrientes.

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Editora</b>	<b>Ano</b>	<b>Volume</b>	<b>Identificação</b>
Amabis, J. M.; Martho, G. R.	Biologia das Populações	Moderna	2010	3	L1
Bröckelmann, R. H.	Conexões com a Biologia	Moderna	2013	3	L2
Linhares, S.; Gewandsznajder, F.	Biologia Hoje: Genética, Evolução e Ecologia	Ática	2014	3	L3

A análise focou no conteúdo de decomposição, biodegradação e ciclagem de nutrientes, considerando os critérios discriminados no quadro 2. Esses critérios foram propostos conforme a disposição do conteúdo nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) - documento utilizado para nortear o conteúdo das disciplinas do Ensino Médio (BRASIL, 2013); Matriz de Referência do Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM (BRASIL, 2009); Currículo Referência da Rede Estadual de Educação de Goiás (GOIÁS, 2015) e nos trabalhos de Vasconcelos; Souto (2003), Espínola (2007), Rosa; Mohr (2010), Batista; Cunha; Cândido (2010) e Silva (2014).

Quadro 2 – Critérios utilizados para a análise do conteúdo de decomposição, biodegradação e ciclagem de nutrientes nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio.

<b>Critérios</b>	<b>Itens analisados</b>
Conteúdo Geral	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Capítulo onde o assunto é abordado</li> <li>● Ciclos biogeoquímicos</li> <li>● Decomposição</li> <li>● Ciclagem de nutrientes</li> <li>● Cadeia alimentar</li> <li>● Papel dos agentes decompositores</li> </ul>
Contextualização	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Efeito estufa e aquecimento global</li> <li>● Fertilização do solo</li> <li>● Relação com a vida cotidiana dos estudantes</li> </ul>
Recursos visuais	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Qualidade (nitidez e cor)</li> <li>● Presença de escala nas figuras</li> <li>● Relação da imagem com o conteúdo abordado no texto</li> </ul>
Conteúdo complementar	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Atividades práticas</li> <li>● Informações complementares</li> </ul>

## Resultados e Discussão

### A prática docente

As respostas obtidas a partir da aplicação do questionário, na primeira etapa da pesquisa, permitiram avaliar como o conteúdo envolvendo a decomposição e ciclagem de nutrientes é abordada na sala de aula. Dos dez professores de Biologia abordados, oito aceitaram participar da pesquisa, sendo dois atuantes na rede particular e seis na rede pública de ensino.

Todos os professores pesquisados são graduados em Ciências Biológicas, ainda que a titulação máxima tenha variado entre a graduação (5); especialização (2) e doutorado (1). Maranhão (2000) chama a atenção para a importância da formação do professor, salientando a existência de uma relação entre o nível de escolaridade do docente e o desenvolvimento do conhecimento do estudante. Por serem graduados em Ciências Biológicas é mais fácil estabelecer as relações entre o conteúdo estudado e o dia a dia do estudante, reforçando o sucesso no ensino aprendizagem.

Indagados sobre a quantidade de tempo (aulas) que destinam à abordagem do conteúdo, 4 professores utilizam entre três e quatro aulas e os demais estão distribuídos entre as opções 1-2 aulas (2), 'não abordo esse conteúdo' (1), ou outro (1). Nesta última opção o docente disse utilizar entre 4 a 5 aulas, porém depende da série em que se está trabalhando e em qual conteúdo está inserida a ciclagem de nutrientes. Para a opção outro, o docente disse utilizar entre 4 a 5 aulas, porém depende da série em que se está trabalhando e em qual conteúdo está inserida a ciclagem de nutrientes.

Ao serem questionados sobre em que momento do ano letivo eles abordam o conteúdo de ciclagem de nutrientes, 5 disseram que na 3ª série do Ensino Médio (4 no segundo semestre e 1 no primeiro bimestre, durante as aulas sobre ciclos biogeoquímicos), 1 disse abordar na 1ª série do Ensino Médio (no primeiro bimestre); 1 disse na 2ª série do Ensino Médio, quando se trabalha o Reino Fungi; 1 professor não aborda.

A maioria dos professores (5) respondeu que aborda a ciclagem de nutrientes durante as aulas sobre os ciclos biogeoquímicos. Esse conteúdo, geralmente é abordado na 3ª série do Ensino Médio, pois está agregado aos estudos de Ecologia. No Currículo Referência das escolas estaduais do município de Goiânia, o tópico "ciclos biogeoquímicos" está inserido no quarto bimestre da 3ª série do Ensino Médio. Entretanto, por ser um tema complexo, cada ciclo envolvido na ciclagem de nutrientes é explicado individualmente e dissociado da importância e participação de cada ciclo na manutenção do ecossistema.

Indagados sobre as dificuldades encontradas para se ministrar esse conteúdo, os professores marcaram mais de uma opção para esta pergunta e as queixas concentraram-se no desinteresse dos estudantes (3), falta de tempo para a preparação das aulas/atividades (3), falta de infraestrutura e/ou materiais pedagógicos para abordar o assunto de forma prática

(3), falta de tempo para execução das aulas (2), complexidade do assunto, falta de conhecimento e ou formação na área em questão (2).

A falta de interesse demonstrada pelos estudantes tem fragilizado o ensino de Biologia. De acordo com Silva; Morais; Cunha (2011) não se pode culpar apenas os estudantes por este fracasso, o professor também é responsável pela motivação no processo de aprendizagem. Essa desmotivação é reflexo da falta de organização escolar, bem como das metodologias adotadas pelos professores para intermediar o conhecimento.

Além do desinteresse dos estudantes, a falta de tempo para a preparação/execução de atividade e a falta de infraestrutura adequada para a realização de aulas práticas prejudicam o ensino aprendizagem. Tais afirmações vêm de encontro ao que expõe os estudos de Silva; Morais; Cunha (2011) e Vieira et al. (2010) nos quais também, a falta de tempo para preparação/execução de atividade e a falta de infraestrutura adequada para a realização de aulas práticas são as maiores dificuldades encontradas pelos professores para ministrar os conteúdos de Biologia.

Questionados sobre os recursos e estratégias didáticas mais utilizadas para ministrar o conteúdo, os professores marcaram mais de uma opção, os professores listaram: data show (7), quadro (7), livro didático (6), vídeos (3), aulas práticas (2 - sendo realizadas em sala de aula e em laboratório de ciências); revistas e jornais (1). Nenhum docente mencionou utilizar jogos, livros paradidáticos, cartazes feitos por eles ou pelos estudantes, ou ainda páginas na internet dedicadas ao assunto.

No ambiente escolar, podem ser utilizados diversos recursos didáticos para o ensino de Biologia, entretanto, é importante uma escolha adequada do material pedagógico para que se alcance os objetivos de ensino do conteúdo (SOUZA, 2007), e a diversificação dessas metodologias é necessária para o desenvolvimento cognitivo do estudante (ZUANON, DINIZ; NASCIMENTO, 2010). O ideal seria que o professor adotasse aulas teórico-práticas, para incentivar o desenvolvimento do conhecimento científico, melhorar a capacidade intelectual do estudante, fazendo com que ele desenvolva conhecimento crítico acerca do conteúdo aprendido (SILVA; MORAIS; CUNHA, 2011).

Ainda que seja difícil inovar as estratégias de ensino, é possível realizar aulas práticas sem a necessidade de laboratório, visto que existem diversas atividades simples que podem ser realizadas na própria sala de aula. Associada a essa estratégia didática, pode ser feito o uso de vídeos, cartazes feitos à mão, jogos, entre outros, que também irão estimular o trabalho coletivo e a troca de conhecimento entre os estudantes (PONTECORVO; AJELLO; ZUCCHERMAGLIO, 2005).

Quando solicitados a mencionar brevemente as atividades práticas que costumam realizar acerca desse conteúdo, apenas 4 professores atenderam a solicitação, ainda que apenas 3 relataram as atividades realizadas com os estudantes. Segundo eles, essas atividades são realizadas no próprio ambiente escolar e nos seus arredores, partindo da observação de

fungos; decomposição de frutos ao longo das semanas ou na construção de terrários, conforme as respostas transcritas abaixo:

(P5) *“Coleta sistemática de fungos na própria escola e nas redondezas da comunidade escolar. Já visitamos uma lavoura de soja e observamos as raízes destas leguminosas a fim de encontrar bactérias ‘nitrificantes’.”*

(P6) *“Observação, análise e registro fotográfico dos efeitos da decomposição de frutos ao longo da semana e a confecção de um relatório.”*

(P8) *“Realizo atividades simples de observação em relação a reciclagem, como: criar um espaço pequeno com terra e deixar os alunos colocarem alguns tipos de materiais, restos de alimentos, isopor, madeira e papel.”*

O Professor P5, com essa atividade, busca explicar como as bactérias estão envolvidas no ciclo do Nitrogênio (N) e como elas auxiliam no desenvolvimento das plantas. Essa atividade possibilita que o estudante compreenda que as bactérias são capazes de assimilar o nitrogênio da atmosfera e transformá-lo em nitratos para que possa ser absorvidos e utilizados pelas plantas na fabricação de suas proteínas e de seus ácidos nucleicos, auxiliando no seu crescimento. Essas informações permitem ao professor explicar o ciclo do nitrogênio e a importância das bactérias na manutenção do equilíbrio ecossistêmico.

Os Professores P6 e P8 ao levarem os estudantes a observarem a decomposição dos frutos ou ao criarem um espaço com terra e restos de materiais, conseguem explicar como o processo de decomposição está diretamente ligado à ciclagem de nutrientes, e também explicar como a liberação de nutrientes está relacionada ao equilíbrio ecossistêmico.

Assim, ao abordar o conteúdo sobre cadeias alimentares, o professor pode inserir o ser humano como consumidor e produtor de lixo, trabalhando o destino correto do lixo e como ocorre o processo de decomposição. Ao falar sobre decomposição, ele pode abordar a importância da relação dos fungos e bactérias com a ciclagem de nutrientes; como a destinação das fezes humanas pode trazer implicações para a saúde, e ainda relacionar as ações antrópicas à reciclagem da matéria. Enfim, o professor, como intermediário do conhecimento, deve promover esses momentos de reflexão, estabelecendo relações com o cotidiano do estudante e promover o conhecimento (MALUCELLI, 2007).

Ao solicitar que os professores fizessem sugestões ou solicitações de como essa abordagem poderia ser incrementada, apenas 3 docentes o fizeram, cujas respostas são transcritas abaixo:

(P4) *“Investimento por parte dos programas de pós-graduação em possibilitar uma formação continuada aos professores da educação básica para se trabalhar estes conceitos na sala de aula de uma maneira menos abstrata e que venha condizer com a realidade do nosso público-alvo.”*

(P6) *“Trabalhar a ciclagem de nutrientes abordando o desenvolvimento sustentável, a agroecologia e estimular a realização da compostagem nas escolas.”*

(P8) *“Gostaria muito de um trabalho específico na área em parceria com a Universidade.”*

Diante das solicitações, percebe-se que o professor deseja parcerias com instituições de ensino superior por meio de programas de cooperação, tais como o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência (PIBID), os mestrados profissionais em ensino, entre outros, que podem contribuir e/ou auxiliar o professor no desenvolvimento de suas práticas pedagógicas por meio do estreitamento das relações entre o ensino básico e a universidade.

## O Livro Didático

Como mencionado anteriormente, o livro didático é um dos recursos mais utilizados pelos professores envolvidos nessa pesquisa, e, como relatado em outros trabalhos, tem sido um dos principais norteadores da aula ministrada pelo docente. Por isso é importante que seja feita uma análise prévia dos conteúdos a serem ministrados aos seus usuários (GIANNOTTI, 2002; SELLES; FERREIRA, 2004; SILVA, 2005; FRACALANZA, 2006).

A análise dos livros didáticos de Biologia indicados pelos professores entrevistados mostrou que o texto possui linguagem clara sobre o conteúdo envolvendo decomposição e ciclagem de nutrientes. Cada uma dessas obras constitui um volume de uma coleção distinta, composta de três volumes, cada volume destinado a uma das três séries do Ensino Médio. Os livros L1 e L2 apresentam-se divididos em capítulos/unidades subdivididos em seções/temas, enquanto que L3 é subdividido em capítulos.

Todos os livros abordam o conteúdo de decomposição e ciclagem de nutrientes. O livro L1 é dividido em três unidades temáticas (A, B e C), sendo a Unidade C a que traz o conteúdo da decomposição e ciclagem de nutrientes. O livro L2 é dividido em sete unidades temáticas e a sétima aborda os conceitos analisados. O livro L3 é dividido em quatro unidades temáticas, sendo a quarta a tratar os assuntos analisados.

Dos critérios analisados, o Conteúdo Geral foi o que apresentou maior necessidade de reformulação ou aprimoramento. Na abordagem sobre ciclos biogeoquímicos, os livros L1, L2 e L3 fazem referência à “ciclagem de nutrientes”, abordando o conceito de decomposição e a função dos decompositores ao longo dos ciclos dos nutrientes de forma sucinta. O livro L1 informa a importância da reciclagem de nutrientes e estabelece a relação desse fenômeno com os ciclos biogeoquímicos. O livro L2 não deixa clara a terminologia para a palavra ‘biogeoquímico’, sua linguagem é complexa e direta, assim, para que o estudante compreenda é necessário conhecimento prévio de conceitos como abiótico e biótico, para entender o contexto do conteúdo.

O livro L3 contextualiza a abordagem da ciclagem de nutrientes por meio do ciclo do carbono, explicitando a diferença entre sua absorção através da fotossíntese e a sua emissão pela respiração. Para que o estudante compreenda a relação entre fotossíntese, respiração e a presença de gás carbônico na atmosfera é importante o conhecimento prévio acerca dos processos envolvidos (fotossíntese e respiração). Sem o auxílio do professor e apenas se fazendo a leitura, o estudante não compreenderia a relação da respiração e fotossíntese com a ciclagem de nutrientes.

Nos livros analisados, a abordagem sobre decomposição e ciclagem de nutrientes é tratada de forma direta, com pouca fundamentação e ausência de contextualização dos ciclos biogeoquímicos. Assim, cabe ao professor contextualizar as informações com a realidade do estudante, aproximando o conhecimento científico ao cotidiano do aprendiz (VASCONCELOS; SOUTO, 2003).

Todos os livros, ao abordar os ciclos (água, rochas, carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, etc.), não deixam clara a relação entre eles, dando a impressão de que na natureza cada um ocorre isoladamente do outro, quando na verdade todos os ciclos estão interligados devido às relações ecológicas estabelecidas entre produtores, consumidores e decompositores (teias e cadeias alimentares), os quais participam ativamente da reciclagem de nutrientes no ecossistema.

Compreender a ligação dos eventos naturais que ocorrem no ecossistema possibilita ao estudante ter resposta a perguntas como: “Qual a relação entre cada ciclo?”, “Qual a função dos fungos e bactérias nos ciclos biogeoquímicos?”, “Qual a influência da produção do lixo nos ciclos biogeoquímicos?”, “Quais ações antrópicas mais influenciam a ciclagem de nutrientes?”.

Ao compreender as transformações que ocorrem no ecossistema, o estudante desenvolve consciência crítica e percebe que suas ações podem influenciar a manutenção do equilíbrio ecossistêmico. Compreende que cada ação humana desencadeia uma reação no meio natural e que a Biologia, apesar de complexa, não é uma ciência “decorativa” ou com nomes difíceis, mas sim uma ciência, que compreende as diferentes formas de vida e que está associada ao seu dia-a-dia (SILVA, 2014).

Em todos os livros, o papel dos decompositores foi um dos itens com melhor abordagem. Os três títulos analisados mencionaram a participação dos seres vivos na decomposição da matéria orgânica, como serapilheira, restos de animais mortos e excretas de animais e ressaltaram a importância dos fungos e bactérias na ciclagem dos nutrientes e a relevância da presença desses microrganismos para a manutenção do ecossistema. Nesse sentido os livros analisados descreveram claramente quem são os decompositores e sua relação com a ciclagem de nutrientes:

(L1) *“Ao morrer, produtores e consumidores dos diversos níveis tróficos servem de alimento a certos fungos, bactérias e diversos animais invertebrados e protozoários. A decomposição é importante por permitir a*

*reciclagem dos átomos de elementos químicos, que podem voltar a fazer parte de outros seres vivos.”*

*(L2) “Seres vivos que decompõem a matéria orgânica dos organismos mortos obtendo nutrientes e energia, como fungos e bactérias, são chamados decompositores. São responsáveis pela reciclagem dos elementos químicos, disponibilizando-os novamente para outros seres vivos.”*

*(L3) “Isso ocorre, principalmente, pela ação de fungos e bactérias que vivem no solo e na água. Podemos compreender o papel fundamental dos decompositores ao promover a reciclagem da matéria orgânica contida nos cadáveres, excretas e fezes dos animais.”*

O livro L1 inclui animais invertebrados e protozoários, de fato esses seres vivos também participam do processo de decomposição da matéria orgânica, haja vista sua participação na deterioração de partículas simples, como os açúcares. De acordo com Correia; Andrade (1999) e Correia; Oliveira (2000), os pequenos invertebrados constituem uma parte importante da fauna do solo, pois contribuem com a decomposição digerindo proteínas e glicídios simples, enquanto alguns protozoários atuam como parasitas ou predadores, participando do ciclo da matéria e contribuindo com a estrutura do solo em função dos nutrientes que são disponibilizados.

A relação entre os decompositores e outros organismos foi expressa nas representações da cadeia alimentar e na distribuição de energia ao longo do nível trófico, conforme relata o livro L3:

*“Em média, apenas 10% da energia de um nível passa para o nível seguinte, [...] os resíduos ficam novamente disponíveis para a cadeia alimentar pela ação dos decompositores, sendo utilizados mais uma vez pelos produtores, [...] a matéria de um ecossistema nunca se esgota e está em permanente reciclagem”.*

A contextualização é um dos critérios mais relevantes para o processo de aprendizagem, pois permite traçar uma conexão entre o conteúdo e a rotina do estudante. Nesse sentido, os livros apresentam textos que fazem associações com assuntos do dia a dia, e esses podem ser explorados em sala.

O livro L1, ao abordar questões que envolvem o excesso de gases poluentes na atmosfera, faz um alerta quanto aos prejuízos que esses gases podem causar ao homem, se essas taxas não forem reduzidas: *“Já há registros de desertos se expandindo, cidades costeiras inundadas e grandes alterações climáticas. [...] se os gases responsáveis pelo efeito estufa continuarem a se acumular na atmosfera, devemos esperar uma elevação de até 4 C na temperatura média mundial, nos próximos 50 anos.”*

Ao abordar o ciclo da água, o livro L2 traz um texto que aborda o uso consciente desse recurso: *“Por ser um recurso essencial para os seres vivos e para a manutenção dos ecossistemas, a utilização consciente da água é tema de campanhas do governo brasileiro e UNESCO [...]”*

O livro L3, ao abordar o ciclo do oxigênio ressalta a importância de medidas mitigativas para conter a destruição da camada de ozônio, visto que para os seres vivos, a camada de ozônio é essencial, pois impede a entrada de radiação ultravioleta (UV) que pode causar prejuízo não apenas aos ecossistemas como também aos seres humanos, conforme relatado no livro L3 *“esse tipo de radiação aumenta a incidência de câncer de pele (por causa do aumento das taxas de mutações), de catarata (por lesões no cristalino) e de prejuízos ao sistema imunológico”*.

Estabelecer a associação do conteúdo estudado com os costumes e hábitos dos estudantes permite a formação do cidadão crítico. É importante ressaltar que as leituras complementares auxiliam o estudante a observar o mundo, permitindo o entendimento dos fenômenos próximos. Compreender que um assunto estudado está presente no seu dia a dia é a descoberta do conhecimento científico.

Por isso Junior; Barbosa (2009) afirmam que a escola é formadora de cidadãos plenos, conscientes, críticos e éticos. Portanto, os concluintes do Ensino Médio devem ser dotados de habilidades e competências que os levem a acompanhar as mudanças biotecnológicas e científicas, permitindo a busca por respostas complexas e sua plena participação nos avanços científicos.

A utilização de ilustrações e imagens que representem esquematicamente os processos envolvidos na decomposição e ciclagem de nutrientes é de suma importância. As obras analisadas não apresentaram problemas graves no que se refere à qualidade das figuras, como nitidez e cores. Elas são atrativas, coloridas, oportunas e relacionadas ao conteúdo. Em geral, são representações esquemáticas simplificadas dos textos, e possuem título curto, mas explicativo.

De acordo com Coutinho et al. (2010) imagens de boa qualidade, com legendas independentes e auto explicativas são recursos fundamentais no processo de ensino aprendizagem, pois incentiva a curiosidade do estudante.

O livro L3 diferencia os decompositores quanto a bactérias e fungos; nos livros L1 e L2 as bactérias são ilustradas em forma de bastonetes, enquanto os fungos ilustrados estão na sua forma anamorfa (composta de hifas vegetativas) ou são corpos de frutificação (cogumelos).

A falta de diferenciação dos decompositores envolvidos na ciclagem de nutrientes pode ocasionar uma série de erros, visto que a forma como esses seres vivos são ilustrados dificultam a diferenciação entre bactérias e fungos, principalmente, quando bactérias e a forma anamorfa do fungo são ilustradas numa mesma figura. De acordo com Vasconcelos; Souto (2003) é preciso que as figuras sejam claras e objetivas, o suficiente para não confundir o estudante, pois quando não utilizadas de forma coerente e clara, esse recurso pode prejudicar o aprendizado.

Todos os livros informam na legenda das figuras sobre a presença ou ausência de escala de tamanho e o uso de cores ‘fantasias’, entretanto, falta legenda descritiva quanto ao conteúdo de decomposição e ciclagem de nutrientes. Quanto à relação da figura com o texto, o livro L2 deixa a desejar, cabendo ao leitor encaixá-las no texto. Para Carneiro (1997)

a utilização de ilustração e imagem constitui um bom recurso para auxiliar na aprendizagem, desde que estejam relacionadas com o texto escrito e possuam caráter científico.

Quanto ao conteúdo complementar, todos os livros apresentaram atividades de fixação. Em relação a atividades práticas, apenas L2 e L3 sugeriram atividades práticas. O livro L3 fornece uma atividade que procura por meio da investigação enriquecer o conhecimento do estudante acerca do ecossistema, a partir da montagem de um terrário e da observação dos processos envolvidos na ciclagem de nutrientes. A atividade sugerida em L2 trata do crescimento populacional, e não acrescenta nenhum conhecimento acerca do assunto em foco.

A realização de atividades práticas, especialmente as experimentais de cunho investigativo, é importante para o desenvolvimento cognitivo do estudante, elas aproximam a teoria da realidade do estudante, visto que envolvem a utilização de materiais, a elaboração de hipóteses e a vivência do experimento (ROSITO, 2003; ZANON; FREITAS, 2007; COQUIDÉ, 2008; PANARARI-ANTUNES; DEFANI; GOZZI, 2009).

O despertar da curiosidade do estudante torna as aulas interessantes e motiva o ensino aprendizagem. Para Panarari-Antunes; Defani; Gozzi (2009) é fundamental que toda a sugestão de atividade seja bem elaborada (descrita), para que professores e estudantes desenvolvam de forma clara e objetiva o experimento proposto.

Todos os livros sugerem leitura complementar, a maioria dos textos complementares são abordados ao longo dos capítulos, fazendo relação com o conteúdo dos ciclos biogeoquímicos. Como diferencial, os livros L2 e L3 trazem, ao final, uma lista de sugestões de livros, artigos, filmes e sites disponíveis na internet para aprofundar os conhecimentos acerca dos conteúdos estudados.

A leitura complementar representa uma informação adicional do conteúdo didático estudado, que pode promover espaços privilegiados de discussões e debates, deixando claro aos estudantes que o assunto abordado pode ser empregado em situações cotidianas e práticas, fazendo com que essa perca um pouco do seu caráter abstrato e complexo, tornando mais fácil a assimilação do conteúdo. De acordo com Silveira (2009) e Batista; Cunha; Cândido (2010) o texto complementar pode ser eficiente em resolução de problemas no ensino aprendizagem, quando em sala de aula essas leituras retratem temas relacionados ao seu mundo vivencial, instigando a curiosidade e atenção do estudante.

## Considerações Finais

O conteúdo envolvendo a decomposição e ciclagem de nutrientes é abordado pelo professor ao longo de três a quatro aulas, dependendo do desenvolvimento da turma. Em geral os docentes utilizam preferencialmente aulas teóricas expositivas/explicativas, com o auxílio do data-show, quadro e livro didático.

Entre as limitações para se trabalhar esse conteúdo está o desinteresse por parte dos estudantes, a falta de infraestrutura e de tempo para a preparação e para a execução de atividades diferenciadas, sendo que apenas 2 professores fazem uso de atividades práticas. Entre aqueles que fazem uso dessa modalidade didática, a falta de infraestrutura adequada para o desenvolvimento de atividades, permite apenas a realização de atividades simples, utilizando-se de materiais de fácil acesso; sendo mais comumente citadas as atividades de acompanhamento da decomposição de frutos e a construção de terrários.

Os três livros didáticos utilizados na amostragem, ainda que componham o PNDL (2012 e 2015) e tenham sido avaliados antes de chegarem à escola apresentam algumas fragilidades: há carência de informações sobre a ciclagem de nutrientes, falta de contextualização dos ciclos biogeoquímicos com a decomposição e ciclagem de nutrientes, falta de contextualização como o cotidiano do estudante, falta de coerência entre texto e figuras, ausência de escalas nas figuras e de sugestões de atividades práticas.

Esses aspectos devem ser melhorados e reformulados, a fim de permitir ao professor e ao estudante uma reflexão crítica sobre as relações que envolvem o meio em que vivem com o conteúdo abordado. Dessa forma, a abordagem de conteúdos relacionados à decomposição e ciclagem de nutrientes deve ocorrer de forma contínua. Além disso, o professor deve estabelecer as relações entre a decomposição e a ciclagem de nutrientes, pois é importante a compreensão dos processos que tornam o ecossistema dinâmico.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão da bolsa de Mestrado a primeira autora.

## Referências

AMABIS, J.M; MARTHO, G.R. **Biologia das Populações**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2010, 376p.

BATISTA, M. V. A; CUNHA, M. M. S; CÂNDIDO, A. L. Análise do tema virologia em livros didáticos de biologia do ensino médio. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, n. 1, v. 12, p. 145-158, 2010.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Parte II: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2006, 135p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Guia de livros didáticos: PNLD 2012 - Biologia**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2011, 76p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de Referência do ENEM 2009**. 2009. Acesso em: <<http://sitedoenem.com.br/enem/baixar-matriz-de-referencia-enem-2013.html>>. Acesso em 12 jul. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. 562p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Guia de livros didáticos: PNLD 2015 - Biologia: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2014, 80p.

BRÖCKELMANN, R. H. **Conexões com a Biologia**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2013, 303p.

CARNEIRO, S. M. H. As imagens no livro didático. In: I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Águas de Lindóia, 1997. MOREIRA, M; CANDOTTI, G (Orgs.). **ATAS... Águas de Lindóia: ENPEC, 1997**.

CORREIA, M.E.F; ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A; CAMARGO, F.A.O (Orgs.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. 508p.

CORREIA, M.E.F; OLIVEIRA, L.C.M. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; 2000. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112).

COQUIDÉ, M. Um olhar sobre a experimentação na escola primária francesa. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 10, n. 1, p. 1-18, 2008.

COUTINHO, F. A; SOARES, A. G; BRAGA, S. A. M; CHAVES, A. C. L. Análise do valor didático de imagens presentes em livros de biologia para o ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 1-18, 2010.

ESPÍNOLA, C.R.R. **Aves na Escola: análise de livros didáticos do ensino fundamental**. 63f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

FRACALANZA, H. O ensino de ciências no Brasil. In: FRACALANZA, H; MEGID NETO, J (Orgs.). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006. p. 58-60.

GIANNOTTI, S. M. **O ensino de matemática e o livro didático na voz dos professores: um estudo de caso**. 2002. 132 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Educação, Esporte, Cultura e Lazer. **Currículo Referência da Rede Estadual de Educação de Goiás**. Goiânia: Seduce, 2015, 380p.

JUNIOR, A. N. S; BARBOSA, J. R. A. Repensando o Ensino de Ciências e de Biologia na Educação Básica: o Caminho para a Construção do Conhecimento Científico e Biotecnológico. **Democratizar**, Instituto Superior de Educação da Zona Oeste/ Faetec/ Sect – Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 1-15, 2009.

LINHARES, S; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia Hoje: Genética, Evolução e Ecologia**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2014, 312p.

MALUCELLI, V. M. B. Formação dos professores de Ciências e Biologia: reflexões sobre os conhecimentos necessários a uma prática de qualidade. **Estudos de Biologia, Ambiente e Diversidade**, Curitiba, n. 66, v. 29, p. 113-116, 2007.

MARANHÃO, E. F. A qualidade no trabalho docente. In: Seminário Escola Jovem: Um Novo Olhar Sobre o Ensino Médio. **Net**, Brasília n. 6, 2000. Disponível em: < [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/qualidade\\_trab.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/qualidade_trab.pdf)>. Acesso em: 16 out. 2015.

MORAES, C. R; VARELA, S. Motivação do aluno durante o processo de ensino-aprendizagem. **Revista Eletrônica de Educação**, São Paulo, n.1, v.1, p. 1-15, 2007.

PANARARI-ANTUNES, R. S; DEFANI, M. A; GOZZI, M. E. Análise de atividades experimentais em livros didáticos de ciências. In: IX CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, III ENCONTRO SUL BRASILEIRO DE PSICOPEDAGOGIA. Curitiba, 2009. VOSGERAU, D. S. R. ENS, R. T. CASTELEINS, V. L. (Orgs.) **Anais...** Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2009. (CD-ROM).

PONTECORVO, C; AJELLO, A.M; ZUCCHERMAGLIO, C. **Discutindo se aprende: interação social, conhecimento e escola**. Porto Alegre: Arthmed, 2005. 296p.

ROSA, M. D'. A; MOHR, A. Os fungos na escola: análise dos conteúdos de micologia em livros didáticos do ensino fundamental de Florianópolis. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 3, p. 95-102, 2010.

ROSITO, B. A. O ensino de ciências e a experimentação. In: MORAES, R. (Org). **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRG, 2003. p. 195-208.

SCARPATO, M. **Procedimento de Ensino: Um Ato de Escolha na Busca de uma Aprendizagem Integral**. São Paulo: Avercamp, 2004, 136p.

SELLES, S. E; FERREIRA, M. S. Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de ciências. **Ciência & Educação**, São Paulo, n. 1, v. 10, p. 101-110, 2004.

SILVA, G. A. Motivação: em busca do conhecimento. **Cadernos da FUCAMP**, n.1, v. 1, p. 135-142, 2002.

SILVA, S.N. Uma reflexão sobre o livro didático de biologia: sistemas de classificação dos seres vivos. In: V Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências. Baurú, 2005. NARDI, R. BORGES, O. (Orgs.) **Atas...** Baurú: ABRAPEC, 2005. (CD-ROM).

SILVA, F. S. S; MORAIS, L. J. O; CUNHA, I. P. R. Dificuldades dos professores de Biologia em ministrar aulas práticas em escolas públicas e privadas do município de Imperatriz (MA). **Educação, Políticas Públicas e Sociedade**, Imperatriz, n.1, p. 135-149, 2011.

SILVA, A.C. **Análise do conteúdo de fungos nos livros didáticos de biologia do ensino médio indicados pelo programa nacional do livro didático 2012**. 2014. 80f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas – Modalidade Licenciatura) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus São Paulo, São Paulo, 2014.

SILVA, S.O; TIRADENTES, C.P; XAVIER-SANTOS, S. **A decomposição de excrementos: uma ferramenta de educação científica e ambiental acerca da ciclagem de nutrientes**. 2016. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais do Cerrado) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2016.

SILVEIRA, A. C. R. **O papel das leituras complementares nos livros didáticos de Física**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Pontifícia Universidade Católica de Minas, Belo Horizonte, 2009.

SOUZA, S. E. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. In: I ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO, IV JORNADA DE PRÁTICA DE ENSINO, XIII SEMANA DE PEDAGOGIA DA UEM: "INFANCIA E PRATICAS EDUCATIVAS". **Anais...** Maringá, PR, p. 110-114, 2007. Disponível em:

<<http://www.dma.ufv.br/downloads/MAT%20103/2014-II/Rec%20didaticos%20-%20MAT%20103%20-%202014-II.pdf>>. Acesso em 10 mai., 2015.

VASCONCELOS, C.S. **Construção do conhecimento em sala de aula**. São Paulo: Lebertad, 2002, 144p.

VASCONCELOS, S. D; SOUTO, E. O livro didático de ciências no ensino fundamental – proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. **Ciência & Educação**, São Paulo, n.1, v.9, p. 93-104, 2003.

VIEIRA, F. L; SILVA, G. M; PERES, J. P. S; ALVES, E. D. L. Causas do desinteresse e desmotivação dos alunos nas aulas de Biologia. **Universitas Humanas**, Brasília, v. 7, n. 1/2, p. 95-109, 2010.

VILELA, M.R. **A produção de atividades experimentais em genética no ensino médio**. 2007. 50 f. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências por Investigação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ZANON, D. A. V; FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 93-103, 2007.

ZÔMPERO, A. F; LABURÚ, C. E. A decomposição da matéria orgânica nas concepções de alunos do ensino fundamental: aspectos relativos à educação ambiental. **Experiências em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, n. 1, v. 5, p. 67-75, 2010.

ZUANON, Á. C. A; DINIZ, R. H. S; NASCIMENTO, L. H. Construção de jogos didáticos para o ensino de Biologia: um recurso para integração dos alunos à prática docente. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, São Paulo, n. 3, v. 3, p. 49-59, 2010.

## ARTIGO II

Artigo a ser submetido na revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Anexo B)  
"Concepção dos estudantes concluintes do ensino médio sobre a decomposição de  
excrementos e ciclagem de nutrientes"

## CONCEPÇÃO DOS ESTUDANTES CONCLUINTE DO ENSINO MÉDIO SOBRE A DECOMPOSIÇÃO DE EXCREMENTOS E CICLAGEM DE NUTRIENTES

Samanta Oliveira da Silva\*  
Cibele Pimenta Tiradentes\*\*  
Solange Xavier dos Santos\*\*\*

\*Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas, Goiás/Brasil. Mestranda em Recursos Naturais do Cerrado – RENAC, [samantabiologa@gmail.com](mailto:samantabiologa@gmail.com)

\*\* Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas, Goiás/Brasil. Mestre em Ciências Ambientais e Saúde/(PUC/GO) [cpimentatiradentes@gmail.com](mailto:cpimentatiradentes@gmail.com)

\*\*\* Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas, Goiás/Brasil. Doutora em Ciências Biológicas - Microbiologia Aplicada/(UNESP) [solange.xavier@ueg.br](mailto:solange.xavier@ueg.br)

**RESUMO:** Neste trabalho são apresentados e discutidos os resultados de uma pesquisa acerca da concepção dos concluintes do ensino médio sobre o processo de decomposição das fezes e ciclagem de nutrientes. Os dados foram obtidos a partir da aplicação de um questionário semi-estruturado a 75 estudantes de três turmas da 3ª série do ensino médio de três escolas da rede pública estadual de Goiânia/GO. Os resultados da análise quali-quantitativa das respostas obtidas mostraram que a maioria dos estudantes concebe a noção de decomposição no processo de desaparecimento das fezes do ambiente. Entretanto, o entendimento do fenômeno é bastante superficial, pois além de poucos conseguirem nomeá-lo corretamente, muitos dão mais relevância aos fatores físicos do que aos seres vivos envolvidos no processo, sendo poucos os estudantes que compreendem com clareza a importância da ciclagem de nutrientes na natureza.

**Palavras-chave:** Biodegradação. Esterco. Ensino Médio. Microrganismos.

### DESIGN STUDENTS GRADUATING OF SECONDARY EDUCATION ABOUT DUNG DECOMPOSITION AND NUTRIENT CYCLING

**ABSTRACT:** In this work are presented and discussed the results of a research on the design of high school graduates on the process of decomposition of feces and nutrient cycling. Data

were obtained from the application of a semi-structured questionnaire to 75 students from three classes of the 3rd year of high school three schools of public schools in Goiânia / GO. The results of the qualitative-quantitative analysis of the responses obtained showed that most students conceives the idea of decomposing the disappearance process of the feces environment. However, the understanding of the phenomenon is quite superficial, as well as few get to name it correctly, many give more importance to physical factors than to living beings involved in the process, with few students understand clearly the importance of nutrient cycling in nature.

**Keywords:** Biodegradation. Dung. High school. Microorganisms.

## INTRODUÇÃO

A escola é um ambiente que proporciona o contato do estudante com o saber científico, possibilitando a partilha e construção do conhecimento, bem como a formação de cidadãos críticos (BRASIL, 2013). À medida em que a ciência vem sendo cada vez mais debatida, faz-se necessário aproximar a concepção dos conhecimentos científicos e tecnológicos (MOURA, 2012), bem como desenvolver atitudes de responsabilidade ambiental, à formação do estudante (TOZONI-REIS, 2004).

A educação ambiental constitui uma prática social e educativa que visa à construção de conceitos, valores e atitudes que possibilitem ao estudante a entender a realidade que o cerca (LOUREIRO, 2004), a fim de que ele possa atuar de forma consciente frente às questões ambientais.

Faz-se necessário que o estudante aprenda e entenda os conceitos biológicos para compreender as interações entre fatores bióticos e abióticos e a dinâmica que ocorre no ambiente (ZÔMPERO; LABURÚ, 2010). Diante disso, o ensino sobre decomposição e ciclagem de nutrientes é um componente fundamental a ser trabalhado nas séries iniciais do Ensino Fundamental e aprofundado no Ensino Médio, visto que a integração curricular compõe um todo, onde a base reforça a compreensão (BRASIL, 2013).

Apesar da inquestionável importância ecológica, durante a abordagem sobre a ciclagem de nutrientes na Educação Básica, pouca importância tem sido dada à decomposição de materiais fecais (SILVA; TIRADENTES; XAVIER-SANTOS, 2016b). Ao trabalhar os conteúdos de decomposição, os exemplos têm focado na deterioração do fruto e outros alimentos, conforme trabalhos de Ribeiro, Cataneo; Meglhioratt, (2015) e Prado, Teodoro;

Khouri (2015), o que contribui para uma visão de processo indesejável e que traz prejuízos econômicos.

Por isso, para que o estudante tenha um melhor entendimento sobre a decomposição, é necessário que ele entenda os processos envolvidos, o papel dos decompositores no fluxo de energia ao longo da cadeia alimentar (RIBEIRO; CATANEO; MEGLHIORATT, 2015) e a partir disso desenvolva uma visão mais ampla e global da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas.

Diante do que foi exposto e como parte de um projeto que investiga a decomposição de excrementos como estratégia de ensino, envolvendo pesquisa básica e aplicada, este trabalho teve por objetivo investigar a concepção dos estudantes sobre a decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes.

## **METODOLOGIA**

O presente trabalho constitui um estudo exploratório, realizado por meio da análise qualiquantitativa dos dados obtidos a partir da aplicação de um questionário semi-estruturado (Apêndice B) sobre o processo de decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes a estudantes concluintes do ensino médio.

Para a formulação das questões que compuseram o questionário, priorizou-se o uso de questões abertas e fechadas dicotômicas, e de múltipla escolha, segundo a classificação de Marconi; Lakatos (2002).

O questionário foi aplicado a estudantes de três turmas da 3ª série do Ensino Médio (n=75) de três escolas da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO, que foram selecionadas a partir de seu interesse em participar da pesquisa. Essas instituições estão situadas em três micro-regiões distintas do município: Centro (Colégio Alfa)<sup>1</sup>, Leste (Colégio Beta)<sup>1</sup> e Norte (Colégio Gama)<sup>1</sup>.

Antes da coleta de dados, os diretores das instituições de ensino assinaram uma autorização que consentia a pesquisa na unidade escolar (Apêndice D). Os estudantes foram informados sobre o objetivo do estudo e os procedimentos aos quais seriam submetidos. Dessa forma, os que concordaram em participar assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice C), no qual constam as informações detalhadas sobre o estudo, a

---

<sup>1</sup>Nomes fictícios dados às instituições de ensino participantes da pesquisa, a fim de preservar a sua identidade.

liberdade para desistir da participação a qualquer momento, a garantia do anonimato. Para que fosse mantido o anonimato dos estudantes, os questionários foram enumerados de A<sub>1</sub>,..., A<sub>75</sub>.

Os dados oriundos dos questionários foram analisados com base na técnica da estatística descritiva (por meio de porcentagens), com o auxílio do software Excel<sup>®</sup> 2010. As questões abertas foram analisadas partindo-se da leitura do material obtido, identificação dos temas e categorização em unidades de respostas que representam o conjunto de ideias comuns do grupo pesquisado. Na transcrição das respostas, foi mantida a redação original dos participantes (incluindo grafia e pontuação).

A opção pela análise quali-quantitativa foi baseada em Günther (2006, p.207), segundo o qual, o pesquisador participa da construção do conhecimento na pesquisa, por isso “não deveria escolher entre um método ou outro, mas utilizar as várias abordagens, qualitativas e quantitativas que se adequam à sua questão de pesquisa”.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Colégio Alfa, dos 30 estudantes matriculados, 28 estavam presentes quando da aplicação do questionário. No Colégio Beta, dos 27 estudantes matriculados, 25 estavam presentes. No Colégio Gama, dos 39 matriculados, 22 estavam presentes. Nos três colégios, todos os presentes concordaram em responder ao questionário, totalizando 75 participantes. As respostas obtidas permitiram avaliar a Concepção que os estudantes agregam acerca da decomposição de excrementos e da ciclagem de nutrientes.

Quando indagados sobre o que aconteceria, em quatro semanas, aos excrementos de animais depositados no solo, 60% dos estudantes acreditavam que teriam desaparecido, 17% que se tornariam pedras, 1% que não teriam se alterado, 22% não consideraram nenhuma dessas opções fornecidas.

Ao analisar as justificativas das respostas dadas, percebe-se que, em geral, os estudantes mostraram ter conhecimento do envolvimento da decomposição no processo de desaparecimento das fezes do ambiente. A maioria dos que disseram que as fezes teriam desaparecido (60%) relaciona isso às consequências ou efeitos da fertilização do solo no ambiente, mas sem explicar as causas do processo, como pode ser verificado em algumas respostas transcritas a seguir, com exceção da A34:

(A3) *“Essas fezes se tornariam adubo e seriam absorvidas pelo solo tornando a terra fértil.”*

(A8) *“Pelo fato das fezes se tornarem adubo para o solo.”*

(A34) *“Porque as fezes iriam se decompor com o passar dos dias e num passo vira adubo e esterco para o solo.”*

Entre os que disseram que as fezes se tornariam pedra, é possível perceber uma visão mais imediatista do fenômeno, considerando apenas a desidratação ocasionada pela exposição desses excrementos ao sol, que poderia acontecer num primeiro momento, a depender das condições ambientais. Os estudantes não enxergaram o processo em sua integridade, que, em geral, já teria sido concluído ao final de quatro semanas. Seguem transcritas algumas dessas respostas:

(A6) *“Porque as fezes apenas perderia a água contida no meio.”*

(A16) *“Sempre que meu cachorro defeca e se ninguém limpar de imediato, deixando passar alguns dias ela endurece, por isso acredito que viraria pedra.”*

(A52) *“Pois o sol irá secar ela até ficar parecendo uma pedra.”*

Um total de 22% optou pela alternativa ‘nenhuma das opções’ e 1% ‘não teriam se alterado’. Ainda que os estudantes (22%) tenham assinalado essas opções, percebe-se que eles atribuíram o desaparecimento das fezes do ambiente à adubação do solo, como pode ser verificado nas respostas transcritas a seguir:

(A22) *“Poderia servir como adubo para o solo.”*

(A51) *“Teria sido como um fertilizante natural para o solo.”*

(A59) *“Teria ocorrido o processo de decomposição.”*

Sobre como se dá o desaparecimento das fezes do ambiente, 57% dos estudantes forneceram respostas que mostraram ter noções sobre biodegradação, como mostrado nos dizeres de A1 e A23. Contudo, 37% atribuíram como agentes do fenômeno somente fatores físicos, considerando o sol, o vento e a chuva os eventos responsáveis pela “quebra” e consequente desaparecimento das fezes, como visto nas falas de A16, A17 e A31; 6% dos estudantes não responderam a esta questão.

(A1) *“Através dos microrganismos presentes no solo.”*

(A23) *“Através de bactérias que decompõem as fezes do animal.”*

(A16) *“O sol resseca as fezes diminuindo cada vez mais até secar tudo e desaparecer.”*

(A17) *“Podem ser levadas pela chuva e/ou vento ou podem se desintegrar”*

(A31) *“Com o passar do tempo, as fezes vão secando e aos poucos vão desaparecendo. Com a ajuda do sol e chuva vão aos poucos sumindo.”*

Sobre o que é necessário para o desaparecimento das fezes no ambiente, da mesma forma que para a questão anterior, prevaleceu a menção aos fatores abióticos (sol, chuva, vento, temperatura) em 44% das respostas; 16% dos estudantes mencionaram apenas seres decompositores (bactérias e fungos); 7% mencionaram que é necessário tanto fatores bióticos quanto abióticos; 8% mencionaram que as fezes devem estar em contato direto com o solo, 5% que não devem ter interferência humana; 20% não responderam.

A análise das justificativas mostrou que, apesar da maioria dos estudantes ter atribuído à decomposição como principal fenômeno responsável pelo desaparecimento das fezes do ambiente, a maioria (64%) não tem uma compreensão clara do processo, ao considerar apenas o envolvimento dos fatores abióticos ou não responder, como pode ser constatado em algumas respostas transcritas:

(A15) *“Estar em uma área a céu aberto, em contato com o solo, chuva, umidade e o sol.”*

(A37) *“Ter sol e lugares úmidos.”*

(A54) *“A lavagem das fezes pela ação da chuva ou ação do vento.”*

Sobre a influência das condições climáticas no desaparecimento das fezes, a maioria (75%) acha que esse processo é mais rápido em dias quentes; para 9% é nos dias frios e para 16% tanto faz. Contudo, os estudantes mostraram dificuldades em explicar a influência dessas condições no processo: 8% atribuíram a alta temperatura como fator favorável à proliferação de microrganismos (como mencionado por A47 e A19); para 4%, os dias frios ajudam mais, pois causariam umidade nas excretas podendo facilitar a adubação do solo (A9 e A55).

(A47) *“A alta temperatura favorece a decomposição e a proliferação de bactérias.”*

(A19) *“Pois os organismos se multiplicam em maior quantidade.”*

(A9) *“Pois as bactérias irão se proliferar mais rápido.”*

(A55) *“Em dias frios e úmidos seria mais rápido esse processo porque a terra ficaria mais úmida e tornaria as fezes em adubo.”*

De acordo com Santos (2010) e Zômpero; Laburú (2010), o conteúdo de biodegradação tem sido trabalhado dissociado dos fatores físicos e bióticos do ecossistema, o que resulta em muitos equívocos e dificuldades de compreensão do processo de decomposição entre os estudantes.

Indagados sobre a influência da desidratação prévia no desaparecimento das fezes, a maioria (59%) acha que a desidratação prévia das fezes acelera o processo, ainda que não consigam explicar por que isso ocorreria (como mostrado na resposta A19). Para 30% deles

retardaria, pois a desidratação das fezes não permitiria o desenvolvimento dos decompositores (como visto na resposta A9). Para 8% a desidratação não interferiria no processo, mas não forneceram explicações coerentes (como mostrado na resposta A5); 3% não responderam.

(A19) *“Pois tiraria os sais minerais e outros compostos necessários.”*

(A9) *“Pois a umidade influencia a proliferação de fungos e bactérias.”*

(A5) *“Pois as fezes de qualquer maneira irá ficar desidratada.”*

Ao verificar esse quantitativo de estudantes que responderam equivocadamente, é possível perceber que eles sequer associaram a situação ao fato de que a desidratação é uma técnica utilizada para evitar a decomposição, sobretudo de alimentos, pois cria condições desfavoráveis para o crescimento microbiano. Lembrando que no caso das fezes, a biodegradação é desejável, portanto a umidade deve ser mantida para favorecer o desenvolvimento microbiano e, conseqüentemente, a decomposição do material fecal, facilitando o retorno dos nutrientes ao solo.

Questionados sobre a interferência da pavimentação do solo no processo de desaparecimento das fezes, 92% disseram que o piso interfere, 7% disseram que não interfere e 1% não respondeu. Perguntados de que maneira o pavimento poderia interferir, 69% mostraram uma ideia de que iria dificultar o processo, pois funcionaria como uma barreira impedindo que microrganismos decompositores chegassem até as fezes (como exemplo das respostas transcritas abaixo), 31% não justificaram sua resposta.

(A11) *“As bactérias do solo não chegaria as fezes, pois o piso as impediria de chegar.”*

(A19) *“Não estariam em contato com o solo e lá agem os microrganismos responsáveis pelo processo, já o piso não tem os organismos necessários para isso”*

(A38) *“As fezes não iriam se decompor pelo fato de não possuírem contato direto com o solo.”*

(A55) *“Porque as vezes é necessário que as fezes entre em contato com a terra para que haja esse processo de decomposição.”*

Ainda analisando as respostas a essa pergunta, foi possível constatar que 35% mencionaram que fezes servem para o solo como adubo natural, como transcrito nas respostas abaixo:

(A5) *“O solo absorve alguns nutrientes das fezes, adubando aquele local que foi defecado.”*

(A46) *“Porque depois da decomposição, as fezes entraria na terra como adubo.”*

As propriedades químicas, físicas e biológicas do solo são as que auxiliam a degradação do material fecal, principalmente devido à diversidade de microrganismos presentes nele, que auxiliam e facilitam o processo de decomposição permitindo a devolução de macro e micronutrientes ao ecossistema (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Indagados se o desaparecimento das fezes é bom ou ruim para o ambiente e qual o impacto ou importância disso para o ambiente, 77% disseram que é bom, 18% disseram que é ruim e 5% não responderam. Os que consideraram bom relacionaram esse processo à fertilização/adubação do solo, ou que ajuda a evitar o mau cheiro, ou a proliferação de doenças (vide respostas transcritas abaixo):

(A1) *“Pois pode servir como adubo, além de ser um processo em forma de ciclo, pois os nutrientes são devolvidos ao solo.”*

(A70) *“Porque as fezes de alguns animais, principalmente de vacas e cavalos tem nutrientes necessários para o fortalecimento do solo, porque servem de adubo.”*

(A62) *“Pois o cheiro pode ficar insuportável com o tempo.”*

(A67) *“Porque evitaria a propagação de possíveis doenças contidas nas fezes, no solo, onde as pessoas tem acesso.”*

Aqueles que consideraram ruim relacionaram isso à transmissão de doenças e à contaminação do solo, demonstrando uma possível confusão na interpretação da questão, como pode ser visto em algumas respostas transcritas abaixo:

(A35) *“Pelo fato de afetar os lençóis freáticos e também de poluir os rios.”*

(A36) *“Pois é algo que o organismo joga fora, pois não tem serventia.”*

(A62) *“Acho que o ambiente com isso não faz tanta diferença. Mais pode causar algumas doenças para quem acaba pisando.”*

Cerca de 56% nomearam o processo responsável pelo desaparecimento das fezes como decomposição, degradação, biodegradação e desintegração; 36% não responderam; 4% como “ação bactericida, adubação e desfibrilação das fezes” e entre os 4% restantes, foram encontrados termos como catalisador, extinção, desidratação. Pode-se considerar expressivo o número de estudantes que não responderam ou se equivocaram na resposta (44%). Contudo, em algumas dessas respostas, ainda que não tenham usado termos aceitáveis, pode-se perceber uma ideia implícita de decomposição, degradação, ou envolvimento de microrganismos, como nos termos “ação bactericida”, “adubação” e “desfibrilação”.

Essa dificuldade demonstrada ao nomear o processo pode estar relacionada à limitação de vocabulário e de expressão dos estudantes, apesar da prevalência do ensino centrado na repetição ou no emprego de conceitos, o que mostra a sua ineficiência, já que os estudantes encontram dificuldade no emprego de termos científicos (CAMPANARIO; MOYA, 1999; VYGOTSKY, 2010), o que acaba por dificultar aos professores o entendimento das respostas dos estudantes.

Quando há comunicação, reflexão e interação professor-estudante ocorre a reconstrução do conhecimento (PECHLIYE e TRIVELATO, 2005). Se os professores não ouvem e não sabem a forma com que pensam e falam os estudantes, não há oportunidade de os estudantes melhorarem o desenvolvimento conceitual (KRASILCHIK, 2006).

Questionados sobre a participação dos seres vivos no processo de desaparecimento das fezes, 76% dos estudantes reconheceram a participação de seres vivos nesse processo, 17% não deixaram isso claro nas suas respostas e 7% não responderam. Dentre os seres vivos mencionados estão bactérias (21%), fungos (7%), bactérias e fungos (19%) e 9% insetos (“mosca, barata, mosquito, larva e ‘coró’”), 44% não responderam a questão. Para os estudantes (9%), os “insetos” são considerados agentes decompositores, o que evidencia certa confusão entre os organismos decompositores e os seres detritívoros.

Questionados de onde surgem esses seres vivos, os estudantes disseram ser do solo (20%), ambiente (19%), das próprias fezes (8%) e do ar (4%); 49% não responderam. Quanto às características desses seres vivos que lhes permitem atuar no processo, 4% mencionaram a forma de nutrição, proliferação rápida e o fato de serem organismos aeróbicos (ver respostas A1, A4 e A24); 21% não foram claros na justificativa, apenas repetindo (em outras palavras) o texto da pergunta (ver respostas A13 e A20); 75% não responderam.

(A1) *“Tem características de absorverem nutrientes do solo.”*

(A4) *“Serem seres aeróbicos, que permitem usufruir dos compostos das fezes na presença de oxigênio.”*

(A24) *“A proliferação é rápida.”*

(A13) *“Dependem disso para sobreviver.”*

(A20) *“Serem consumidores de matéria morta.”*

Quanto indagados se esses seres vivos poderiam ou não ser úteis ao homem, 51% disseram que sim, contudo, quase metade deles não soube dizer em que situação, o restante relacionou a utilidade desses microrganismos à produção de medicamentos, emprego na indústria alimentícia, na pesquisa e na fertilização do solo (adubo), conforme as respostas A6,

A17, A24, A34 transcritas a seguir; 20% disse que não são úteis ao homem, entretanto, não souberam dizer em que situação e 29% não responderam.

(A6) *“Para ajudar no processo de fertilização, sem ajuda de produtos químicos.”*

(A17) *“Existem muitas bactérias que podem ser usadas em pesquisas e até mesmo na fabricação de remédios.”*

(A24) *“Resolução de doenças, indústrias alimentícias.”*

(A34) *“Bactérias são usadas na fermentação do shoyo.”*

Ainda que o estudante A34 tenha demonstrado noções de biotecnologia envolvendo microrganismos decompositores, vale esclarecer que o processo de fermentação que resulta no molho de soja (*shoyu*) é realizado por cepas distintas de fungos (PASTORE; MACEDO, 2010).

Zômpero e Laburú (2010) também verificaram que os estudantes relacionam preferencialmente a utilidade dos microrganismos com a indústria alimentícia, em sua maioria citando como exemplo a produção de iogurtes e demais produtos fermentados. Isso mostra as limitações dos estudantes em reconhecer a participação desses seres vivos no seu dia a dia, seja nas diferentes formas de exploração biotecnológica, seja por seu papel ecológico.

No caso de fezes de outra espécie animal, 52% disseram que os seres vivos que surgiriam nessas fezes seriam outros, 25% que seriam os mesmos; 23% não responderam. Aqueles da primeira categoria de resposta, disseram que cada espécie animal possui diferente dieta alimentar e as espécies de seres vivos presentes nas fezes estariam diretamente relacionadas à alimentação do animal (veja respostas transcritas a seguir).

(A5) *“Pois a decomposição depende também da alimentação do animal.”*

(A67) *“Porque os seres vivos se dividem de acordo com sua espécie e cada espécie se alimenta de determinados alimentos.”*

(A73) *“Cada ser vivo se alimenta de coisas diferentes.”*

Os estudantes que optaram pela segunda categoria de resposta (25%) relacionaram isso ao fato de as espécies realizarem o mesmo processo de decomposição do material fecal. Assim, sobre fezes de animais de outra espécie podem se desenvolver as mesmas espécies decompositoras, como demonstrado em algumas respostas transcritas a seguir:

(A18) *“Pois é o mesmo processo.”*

(A24) *“Eles atuam no mesmo processo.”*

(A43) *“Seriam as mesmas bactérias para as fezes.”*

Questionados se comeriam os frutos de um pé de morango que surgisse no local onde as fezes desapareceram, 77% disseram que sim, pois as fezes servem como adubo; 18% disseram que não, pois as fezes alterariam o sabor do fruto; 4% não responderam. Percebe-se que, a maioria dos estudantes reconhece as propriedades das fezes em fertilizar o solo, trazendo beneficio aos ecossistemas, como pode ser visto em algumas respostas transcritas abaixo:

(A1) *“Pois as fezes seriam como adubo não interferindo em nada, na qualidade do alimento (fruto) e sim no solo como nutriente para a planta.”*

(A6) *“Porque as fezes é um fertilizante de solo, não prejudicial.”*

(A13) *“Pois a terra foi adubada graças as fezes o que tornou propicio surgir aquele pé de morango.”*

Os estudantes que optaram pela segunda categoria de resposta (18%), informaram que a presença prévia das fezes alteraria o sabor do fruto, ou ainda deram a entender que os frutos ali produzidos estariam contaminados, mesmo concebendo a ideia da decomposição, como pode ser visto nas respostas transcritas abaixo.

(A35) *“Pois, com a decomposição este pé de morango poderia estar afetado.”*

(A37) *“Porque está fruta não seria agradável para comer.”*

(A42) *“Pois teria contaminação dependendo do organismo.”*

Esse receio que os estudantes demonstraram em comer os frutos que se devolveram em um local onde fezes foram decompostas, provavelmente decorre do fato de acreditarem, que o pé de morango é uma planta de pequeno porte, no qual os frutos poderia ter contato com as fezes e eventualmente com alguns parasitas nelas presentes. Assim, desconsideram que a decomposição é capaz de mineralizar a matéria orgânica.

Sobre os beneficios que as fezes poderiam proporcionar ao pé de morango, 70% disseram que a planta se beneficiaria com as fezes; para 22% ele não sofreria influência; para 4% ele teria sido prejudicado e 4% não responderam. Aqueles que optaram pela primeira categoria de resposta se embasaram no aproveitamento dos nutrientes contidos nas excretas para o desenvolvimento do pé de morango, ou seja, focaram na adubação do solo, conforme as respostas transcritas abaixo:

(A1) *“Pois o solo estaria com vários nutrientes provenientes das fezes.”*

(A13) *“As fezes quando entram em decomposição deixam o solo mais rico para a plantação.”*

(A23) *“Por ter havido uma fertilização, o que promoveu uma melhora no desenvolvimento da planta.”*

Aqueles que optaram pela segunda categoria, contudo, não souberam explicar com clareza o fenômeno, conforme respostas A50 e A55. Já entre os que optaram pela terceira categoria, disseram que o pé de morango estaria prejudicado devido à presença dos microrganismos decompositores no local, possivelmente demonstrando um receio de que esses também pudessem atuar como patógenos, ou não deram justificativas coerentes, apenas repetindo o conteúdo da pergunta, conforme respostas A66 e A68.

(A50) *“Porque a natureza já fez o processo de desaparecimento das fezes.”*

(A55) *“Porque já teria ocorrido todo um processo para o qual a decomposição não influenciasse.”*

(A66) *“As fezes prejudicam aquele local.”*

(A68) *“Por causa das bactérias que ficaram.”*

Chama atenção o fato de que em vários momentos, e em várias questões, a análise das respostas mostrou que, em sua maioria, os estudantes relacionaram espontaneamente o processo de desaparecimento das fezes à fertilização do solo. Isso provavelmente seja devido aos conhecimentos prévios que eles possuíam sobre o conteúdo abordado. Conforme difundido por Ausbel (2000), esses conhecimentos, que podem ser um conceito ou ideia que já existe na estrutura cognitiva, servem como âncora para a nova informação (conhecimento). Ao relacionar esse novo conhecimento a um conceito ou ideia anteriormente aprendido, o estudante pode atribuir um novo significado, ou seja, resignificar sua ideia, construindo e compreendendo esse novo conceito.

Com base na análise das respostas, percebe-se que os estudantes não conseguem extrapolar suas respostas sobre ciclagem de nutrientes e sua relação com o desaparecimento das fezes. Isso fica evidente, quando os estudantes justificam o desaparecimento das fezes por meio da ‘adubação’ do solo, que nesse caso já é o benefício final da decomposição das fezes

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em geral, os estudantes consideraram a decomposição como o processo responsável pelo desaparecimento dos excrementos, ainda que muitos não tenham denominado corretamente o fenômeno. Contudo, eles não mostraram uma compreensão muito clara dos

mecanismos e seres envolvidos nesse processo, principalmente ao dar mais relevância à participação dos fatores físicos do que aos seres vivos.

Durante a aplicação dos questionários, percebeu-se que muitos estudantes encontravam dificuldades em responder as questões, mais por não saberem como explicar, ou se expressar, do que pela compreensão do conteúdo.

Os estudantes não souberam explicar as características que permitem a esses organismos atuar na decomposição. Ainda que reconheçam a importância desse processo para o ambiente, esse conhecimento foi de certa forma superficial, já que limitaram a relacioná-lo à fertilidade do solo. Em suas respostas os estudantes não deixaram claro o envolvimento do desaparecimento das fezes com a ciclagem de nutrientes, demonstrando que eles ainda não reconhecem a importância desse fenômeno para o ecossistema.

O reconhecimento da importância dos decompositores para o homem foi pouco expressivo, tendo se limitado a alguns exemplos da indústria de alimentos ou de medicamentos. Em sua maioria os estudantes não conseguiram reconhecer produtos e ou processos do seu próprio cotidiano que envolve a participação desses organismos.

Os resultados mostraram que os estudantes saem da educação básica sem compreender com clareza a importância desse fenômeno, visto que em sua maioria respondem superficialmente às questões, sem conexões entre conceitos ou as estabelecendo de forma incorreta, o que torna suas explicações incompletas ou, até mesmo, inconsistentes.

Possivelmente esse quadro seja decorrente, em parte, de falta de material didático adequado, de uma prática pedagógica insatisfatória, carente, sobretudo de atividades práticas, contextualizadas ou investigativas, que certamente poderiam enriquecer o processo ensino-aprendizagem, tornando os estudantes protagonistas na construção do seu próprio conhecimento, conforme mostram os estudos e reflexões de Skovsmose (2000), Malucelli (2007), Martins (2007), Silva; Tiradentes; Xavier-Santos (2016 a;b).

### **Agradecimentos**

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão da bolsa de Mestrado a primeira autora.

### **REFERÊNCIAS**

AUSUBEL, D. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Editora Plátano, 2000, 215 p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica*. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. 562p.

CAMPANARIO, J. M.; MOYA, A. Cómo enseñar Ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 2, n. 17, p. 179-192, 1999.

GÜNTHER, H. Pesquisa Qualitativa *Versus* Pesquisa Quantitativa: Esta É a Questão?. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.

KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de biologia*. São Paulo: Editora HARBRA, 2006, 195 p.

LOUREIRO, C. F. B. Educação ambiental e gestão participativa na explicitação e resolução de conflitos. *Gestão em Ação*, v.7, n.1, 2004.

MALUCELLI, V. M. B. Formação dos professores de Ciências e Biologia: reflexões sobre os conhecimentos necessários a uma prática de qualidade. *Estudos de Biologia Ambiente e Diversidade*, v. 29, n. 66, p. 113-116, 2007.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. *Técnicas de pesquisa*. São Paulo: Editora Atlas, 2002, 277 p.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 1, n. 24, p. 112-131, 2007.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Matéria orgânica do solo. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O (org.). *Microbiologia e Bioquímica do solo*. Lavras: Editora UFLA, 2006, p. 203 - 256.

MOURA, M. A. Construção social da cidadania científica: desafios. In: \_\_\_\_\_(org.). *Educação científica e cidadania: abordagens teóricas e metodológicas para a formação de pesquisadores juvenis*. Belo Horizonte: UFMG / PROEX, 2012, p. 19-30.

PASTORE, G. M.; MACEDO, G. A. Utilização dos fungos na indústria de alimentos. In: ESPOSITO, E; AZEVEDO, J. L. (org.). *Fungos – Uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia*. Caxias do Sul: EducS, 2010, p. 311-336.

PECHLIYE, M. M.; TRIVELATO, S. L. F. Sobre o que professores de Ecologia refletem quando falam de suas práticas. *ENSAIO: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 7, n. 2, p. 1-16, 2005.

PRADO, I. A. C.; TEODORO, G. R.; KHOURI, S. Metodologia de ensino de microbiologia para ensino fundamental e médio. In: VIII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, IV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO - UNIVERSIDADE DO VALE DA PARAÍBA. São José dos Campos, 2015, p. 127-129. *Anais...* São Jose dos Campos: Univap. Disponível em: <[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2004/trabalhos/inic/pdf/IC2-11.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/inic/pdf/IC2-11.pdf)>. Acesso em: 10 mai. 2015.

RIBEIRO, D. G.; CATANEO, M. P.; MEGLHIORATTI, F. A. A construção conceitual sobre fungos e decomposição em aulas teórico - práticas no ensino médio. 2015. In: OS ESTÁGIOS SUPERVISIONADOS DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA EM DEBATE II, 2015, Cascavel. *Atas...* Cascavel: UNIOESTE. Disponível em: <http://cac->

php.unioeste.br/eventos/anais\_biologia/estagio\_biologia/artigo\_20.pdf. Acesso em: 10 mai. 2015.

SANTOS, E. Abordagem pedagógica da ciclagem de nutrientes para ensino fundamental e médio. 2010. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM SOLOS, 2010, Curitiba. *Anais...* Curitiba: 2010, p. 281-282. Disponível em: [http://www.sbes.ufpr.br/resumos\\_expandidos\\_VSBES.pdf](http://www.sbes.ufpr.br/resumos_expandidos_VSBES.pdf). Acesso em: 03 ago. 2015.

SILVA, S. O.; TIRADENTES, C. P.; XAVIER-SANTOS, S. *A abordagem sobre decomposição e ciclagem de nutrientes no Ensino Médio: uma análise do livro didático e da prática docente*. 2016a, (dados em fase de preparação para publicação na Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências).

SILVA, S. O.; TIRADENTES, C. P.; XAVIER-SANTOS, S. FUNGOS NA DECOMPOSIÇÃO DE EXCREMENTOS: uma estratégia de educação científica e ambiental para o ensino da ciclagem de nutrientes. 2016b, (dados em fase de preparação para publicação na Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias).

SKOVSMOSE, O. Cenários para investigação. *Bolema - Boletim de Educação Matemática*, v. 13, n. 14, p. 66-71, 2000.

TOZONI-REIS, M.F.C. *Educação Ambiental: natureza, razão e história*. Campinas: Autores Associados, 2004, 180 p.

VIGOTSKI, L. S. *Psicologia Pedagógica*. São Paulo: Martins Fontes, 2010, 576 p.

XAVIER, M. C. F. A nova biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. *Ciência & Educação*, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. A decomposição da matéria orgânica nas concepções de alunos do ensino fundamental: aspectos relativos à educação ambiental. *Experiências em Ensino de Ciências*, v.5, n. 1, p. 67-75, 2010.

### ARTIGO III

Artigo a ser submetido na Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (Anexo C)  
"FUNGOS NA DECOMPOSIÇÃO DE EXCREMENTOS: uma estratégia de educação científica e ambiental para o ensino da ciclagem de nutrientes"

## **FUNGOS NA DECOMPOSIÇÃO DE EXCREMENTOS: uma estratégia de educação científica e ambiental para o ensino da ciclagem de nutrientes**

Samanta Oliveira da Silva<sup>1,2</sup>, Cibele Pimenta Tiradentes<sup>2</sup>, Solange Xavier dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais do Cerrado da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-Goiás, Brasil. <sup>2</sup> Universidade Estadual de Goiás (UEG) – Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas, Br 153, Fazenda Barreiro do Meio, CEP: 75132-400, Goiás/Brasil. E-mails: [samantabiologa@gmail.com](mailto:samantabiologa@gmail.com), [cpimentatiradentes@gmail.com](mailto:cpimentatiradentes@gmail.com), [solange.xavier@ueg.br](mailto:solange.xavier@ueg.br).

**Resumo:** Este trabalho teve por objetivo desenvolver uma estratégia de ensino acerca da ciclagem de nutrientes na natureza, utilizando-se de uma prática experimental envolvendo a decomposição de excrementos. Participaram 24 estudantes de uma turma da 3ª série do Ensino Médio de uma escola da rede pública do município de Goiânia/GO. A atividade teve início a partir de questionamentos a fim de provocar a turma a reflexões sobre o assunto a ser investigado, em seguida, os estudantes foram convidados a elaborar perguntas, por fim, foi proposta uma atividade investigativa experimental que pudesse auxiliá-los a responder suas perguntas. Considerando as questões formuladas, a atividade foi fundamentada em monitorar o processo de decomposição de excrementos de cavalo e a influência da umidade e da esterilização prévia. Ao fim das observações, os dados obtidos foram organizados e interpretados para compor um relatório final que foi apresentado de forma oral, permitindo uma conclusão conjunta. A atividade permitiu ampliar as possibilidades de aprendizagem, ao valorizar o conhecimento prévio dos estudantes, promover a coletividade, a interatividade e a troca de conhecimentos, além de tornar os estudantes atores na construção do seu conhecimento e promover a extrapolação e aplicação dos conhecimentos adquiridos em diferentes situações do cotidiano.

**Palavras-chave:** aprendizagem significativa; ciclos biogeoquímicos; ensino investigativo; esterco.

**Title: FUNGI IN DUNG DECOMPOSITION: a didactic strategy to teaching about nutrient cycling**

**Abstract:** This study aimed to develop an educational strategy on the nutrient cycles in nature, using an experimental practice involving the decomposition of excrement. 24 students participated in a class of 3rd high school grade of a public school network of the municipality of Goiânia / GO. The activity started from questions in order to bring the class to reflections on the subject to be investigated, then the students were asked to draw up questions finally proposed an experimental investigative activity that could help them answer your questions. Considering the questions asked, the activity was based on monitoring the process of decomposition of horse droppings and the influence of moisture and prior sterilization. At the end of the observations, the data were organized and interpreted to render a final report which was presented orally, allowing a joint conclusion. The activity allowed expand the possibilities of learning, valuing prior knowledge of students, promote the community, interactivity and the

exchange of knowledge, in addition to making the actors students in building their knowledge and promote extrapolation and application of knowledge acquired in everyday situations.

**Keywords:** Meaningful learning; biogeochemical cycles; investigative teaching; Manure.

### **Introdução**

Com os constantes avanços na Ciência e as descobertas científicas, as informações são produzidas de forma acelerada e seu acesso é quase instantâneo. Da mesma forma, elas são rapidamente substituídas por uma nova informação, fazendo com que o estudante perca o estímulo para compreendê-la (Bevilacqua e Coutinho-Silva, 2007).

De acordo com Serafim (2001), a teoria científica possui muitos conceitos abstratos, sendo assim é possível inferir que os estudantes possuem dificuldades em estabelecer a relação entre teoria e prática de temas estudados e suas relações com o cotidiano (Candau e Lelis, 1999). Segundo Freire (1997), no ensino de Ciências e Biologia é preciso testar a teoria para compreendê-la. Para Souto et al. (2015), para que esse ensino possa alcançar melhores resultados, faz-se necessário o uso de metodologias, como a experimentação que, se utilizadas de maneira adequada, podem promover a aprendizagem por meio da construção do conhecimento científico

Segundo Bueno e Kovaliczn (2015) as metodologias de ensino devem fazer uma relação entre o que é aprendido na sala de aula com aquilo que o estudante vivencia em seu cotidiano. Dessa forma, a experimentação é importante, pois favorece condições para que o estudante levante e teste suas suposições e ideias sobre os fenômenos científicos que ocorrem em seu dia a dia.

Além disso, um grande desafio do ensino de Ciências e Biologia, atualmente, é tornar as aulas prazerosas e instigantes a ponto de levar o estudante a desenvolver a educação científica (Bevilacqua e Coutinho-Silva, 2007). Para Ausubel (2000), quando a teoria se aproxima do contexto social do estudante, a aprendizagem se torna significativa, ou seja, passa a fazer sentido. De acordo com Bondía (2002), quando pensamos, somos capazes de dar sentido ao que nos acontece e ao que somos, por isso, para o estudante desenvolver o conhecimento científico, faz-se necessário que a ciência esteja ao seu alcance, de forma que as informações façam sentido e possam ser utilizadas no entendimento da realidade que o cerca.

Conforme verificado por Santos (2010), Zômpero e Laburú (2010) e Silva, Tiradentes e Xavier-Santos (2016a), o conteúdo de decomposição e ciclagem de nutrientes tem sido trabalhado dissociado dos fatores físicos e abióticos do ecossistema, sem contextualização com a realidade do estudante ou problematização para trabalhar os conceitos científicos, de modo que são verificados muitos equívocos e dificuldades na compreensão nesse processo.

Apesar da sua inquestionável importância ecológica, durante a abordagem sobre a ciclagem de nutrientes na Educação Básica, pouca importância tem sido dada à decomposição de dejetos fecais. Silva, Tiradentes e Xavier-Santos (2016b) verificaram que os estudantes dão maior relevância aos fatores físicos do que aos seres vivos envolvidos nesse processo, não relacionam os agentes

decompositores à decomposição da matéria orgânica e nem conseguem estabelecer uma relação entre esse fenômeno e a ciclagem de nutrientes.

Dessa forma, fazer uso da decomposição das fezes como estratégia para o ensino da ciclagem de nutrientes pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa, pois poderá sensibilizar os estudantes de forma mais contundente para a importância desse fenômeno na natureza, do que ao se utilizar de exemplos como a deterioração de frutos, como normalmente utilizados, já que isso reforça a ideia de decomposição como um processo negativo, que traz prejuízos ao homem.

Diante disso e das fragilidades diagnosticadas na abordagem sobre a decomposição e ciclagem de nutrientes no Ensino Médio (Silva, Tiradentes e Xavier-Santos, 2016a) e no conhecimento dos estudantes acerca da decomposição fecal (Silva, Tiradentes e Xavier-Santos, 2016b), o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia de educação científica e ambiental acerca da ciclagem de nutrientes na natureza, utilizando-se de práticas experimentais envolvendo a decomposição de excrementos.

## **Metodologia**

### *Explicações iniciais*

Esta pesquisa foi realizada em um colégio da rede estadual de ensino de Goiás, localizado na região norte da cidade de Goiânia, envolvendo 24 estudantes de uma turma da 3ª série do Ensino Médio.

Antes de se iniciarem as atividades, o diretor da instituição assinou uma autorização que consentia a pesquisa na unidade escolar. Os estudantes também foram informados sobre o objetivo do estudo e os procedimentos aos quais seriam submetidos. A todos os participantes foi garantido o anonimato. Nas transcrições das suas respostas foram retirados indicativos de reconhecimento dos envolvidos na pesquisa, de modo que os alunos foram identificados de A<sub>1</sub> a A<sub>n</sub>, quando mencionados no texto.

### *Questionamentos sobre a decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes*

A atividade teve início com alguns questionamentos a fim de provocar a turma a reflexões sobre o assunto a ser investigado. Esses foram sendo (re)formulados de acordo com o andamento da atividade e o comportamento da turma, resultando em indagações como: O que acontece com as fezes se forem deixadas na natureza? O que é preciso para decompor o material fecal? O que você acha que aconteceria se as fezes fossem submetidas a altas temperaturas? O que há nos excrementos que possibilita o desenvolvimento de seres vivos? Como o processo de decomposição das fezes contribui para a ciclagem de nutrientes? Por que isso é importante para o ambiente?

Após as reflexões, os estudantes foram convidados a elaborar perguntas para explicar as questões elaboradas. Duas das perguntas levantadas foram selecionadas para dar embasamento ao trabalho: "A esterilização das fezes interfere na decomposição?"; "A umidade contribui ou atrapalha a decomposição das fezes?". Os estudantes foram, então, desafiados a propor um teste experimental para confirmar tais perguntas.

### *Definição da metodologia e instalação dos experimentos*

A metodologia proposta consistiu da instalação de uma atividade experimental simples, passível de ser executada nas condições oferecidas pela escola, baseada no monitoramento da decomposição de amostras de esterco de cavalo. Para testar o efeito da esterilização optou-se por comparar a decomposição de amostras previamente esterilizadas e não esterilizadas e para testar o efeito da umidade, optou-se por comparar o processo em amostras umedecidas e não umedecidas, de modo que cada uma dessas condições consistisse um tratamento.

A turma foi dividida em quatro equipes, com seis componentes cada, as quais foram enumeradas de E1 a E4, sendo que cada uma ficou responsável por conduzir um tratamento que compõe o experimento, de acordo com a pergunta formulada (Quadro 1).

<b>Equipe</b>	<b>Tratamento dado às fezes</b>
E1	Umedecida e esterilizada
E2	Umedecida e não esterilizada
E3	Não umedecida esterilizada
E4	Não umedecida e não esterilizada

Quadro 1 – Distribuição das equipes e variáveis (tratamentos) a serem testadas no experimento sobre decomposição de excrementos.

Amostras de esterco de cavalo frescas foram coletadas com o auxílio de luvas e acondicionadas em sacos plásticos, e levadas até a escola. No laboratório de informática (local oferecido para a realização da atividade), as amostras foram divididas em duas porções. Para o tratamento envolvendo esterilização, uma das porções foi, então, esterilizada de forma doméstica, a partir do acondicionamento da amostra fecal em uma lata de alumínio vazia, vedada com jornal e papel alumínio. A lata com a amostra foi colocada em uma panela de pressão com água até a metade, a qual foi tampada e mantida por 40 minutos sob pressão em fogo baixo (Figura 1).



Figura 1 – Etapas de esterilização das fezes, passo a passo: A amostra fecal (esterco de cavalo) foi colocada em uma lata de alumínio vazia (**a e b**), em seguida, a lata foi vedada com jornal (**c**) e papel alumínio (**d**). E, então colocada em uma panela de pressão com água até a metade (**e**) a qual foi, então, tampada e mantida por 40 minutos sob pressão em fogo baixo (**f**). Somente após a pressão ter se exaurido completamente, a panela foi aberta. Fotos: S. O. da Silva.

O experimento foi conduzido em triplicada, ou seja, foram utilizadas três repetições por tratamento, dessa forma cada uma das duas porções de

excremento (esterilizada e não esterilizada) foi dividida em seis, totalizando 12 porções ao final. Metade delas foram mantidas úmidas e a outra metade não foi umedecida. O acompanhamento da decomposição foi feito a partir da incubação das amostras em câmara úmida. Para a montagem das câmaras úmidas, foram utilizadas doze garrafas PET de 2L, transparente e incolor, pratos descartáveis e filtro de café (Figura 2).



Figura 2 – Materiais utilizados para instalação da atividade investigativa, realizada pelos estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma instituição da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO, acerca da decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes. Foto: S. O. da Silva.

Cada câmara úmida foi confeccionada forrando-se o prato com papel filtro (recortado do filtro de café) sobre o qual o substrato (a amostra de esterco) foi repousado e recoberto com um copo construído a partir do corte de uma garrafa PET (Figura 3). Para o tratamento envolvendo amostras umedecidas, o papel foi mantido sempre úmido, a partir da adição de algumas gotas de água de torneira, sempre que necessário, enquanto que o tratamento não umedecido não recebeu adição de água. Cada câmara úmida foi identificada quanto ao nome da equipe, tratamento e número da amostra e monitorada periodicamente pelos estudantes, sob a supervisão da pesquisadora.



Figura 3 – Representação de uma câmara úmida utilizada nos experimentos sobre decomposição de excrementos. Foto: S. O. da Silva.

#### *Monitoramento do experimento e registro dos dados*

O monitoramento do experimento foi realizado três vezes por semana, ao longo de 55 dias, durante o qual, cada amostra era observada de forma macroscópica (a olho nu) e microscópica (utilizando-se de uma lupa manual e/ou estereomicroscópio) quanto às transformações físicas dos excrementos e quanto

ao surgimento de organismos decompositores nas amostras. Para tal, os estudantes fizeram o uso de luvas e máscaras descartáveis (Figura 4).



Figura 4 – Instalação do experimento sobre decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes, realizado por estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma instituição da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO. Foto: S. O. da Silva.

Os organismos que se desenvolveram sobre o substrato fecal foram fotografados, retirados e observados (macro e microscopicamente) quanto às suas características morfológicas. Cabe acrescentar que, ao crescerem sobre o substrato fecal, os fungos se destacam por formar colônias ou corpos de frutificação visíveis a olho nu, incluindo desde as espécies de organização estrutural mais simples, como alguns zigomicetos, até formas mais complexas, como alguns ascomicetos e basidiomicetos (Mueller, Bills e Foster, 2004).

Por serem facilmente visualizados e, em geral, mais fáceis de serem isolados e manipulados do que as bactérias que ocorrem nesse substrato, eles foram preferencialmente explorados como ferramenta didática para a realização dessa atividade investigativa. A identificação dos fungos que surgiam sobre as fezes foi feita com base nas características da colônia (textura), do corpo de frutificação (forma e coloração) dos esporos (cor).

A cada monitoramento, os dados observados foram registrados em uma ficha de anotações (Apêndice E) ou fotografados e, posteriormente, analisados pela pesquisadora e rediscutidos com os estudantes. Nesta ficha os estudantes descreviam qual o tratamento que estavam observando, se havia transformações físicas, como alteração de cor e liberação de odores nas amostras, surgimento de espécies fúngicas e/ou outros organismos, as características dessas espécies, como presença de hifas, esporos, aspecto da colônia e/ou do corpo de frutificação.

#### *Organização dos dados, interpretação e conclusão*

Ao término das observações, os estudantes organizaram os dados coletados para que pudessem ser interpretados e produziram um relatório final, em que descreveram a atividade em todas as suas etapas elencando suas conclusões sobre as indagações iniciais. Esse relatório foi produzido individualmente pelas equipes e os dados de cada equipe foram reunidos para o entendimento do experimento em sua integridade e a conclusão realizada em conjunto.

Para facilitar o entendimento dos estudantes quanto ao surgimento de fungos sobre as amostras de fezes, foram realizadas leituras que tratavam da decomposição de excrementos e o papel dos decompositores. Paralelamente a esta atividade investigativa foram realizadas abordagens sobre o Reino Fungi,

questões ambientais e de saneamento, doenças parasitárias envolvendo a destinação correta das fezes, especialmente as fezes humanas, e sua importância para natureza.

#### *Apresentação e divulgação dos resultados*

O relatório foi redigido pelos estudantes com a utilização do programa *Microsoft Word*. A formatação teve como modelo a comunicação científica, sendo estruturado em: capa, introdução, objetivo, metodologia, resultados e conclusão.

Foi propiciado aos estudantes um momento para a apresentação oral dos resultados e conclusão do trabalho (20 minutos). A apresentação foi preparada utilizando-se o programa *Power Point* e exibida através do dispositivo *data show*. Dessa forma, os colegas puderam acompanhar os resultados obtidos por cada equipe e a conclusão geral do trabalho foi realizada em conjunto, após todas as apresentações. Após a apresentação oral, foi aberto um momento para discussão das dúvidas que tinham surgido, as quais eram esclarecidas pelos próprios estudantes e quando necessário havia a intervenção da pesquisadora.

Em seguida os estudantes foram convidados a partilhar sua experiência pessoal vivenciada e expor sua opinião acerca da atividade desenvolvida, bem como a avaliar seus colegas quanto às apresentações, em aspectos como: facilidade para explicação do trabalho, adequação e cumprimento das tarefas propostas, organização da equipe e qualidade do material apresentado.

#### *Avaliação da efetividade da proposta*

Por fim, os estudantes foram indagados a responder individualmente, através da criação de um desenho ou redação (a sua escolha) a seguinte pergunta: O que você acha que aconteceria numa floresta se os organismos envolvidos na decomposição dos excrementos fossem extintos?

Essa produção dos estudantes, somada aos dados registrados ao longo do acompanhamento de toda atividade investigativa foram analisados e utilizados como indicadores de avaliação da efetividade da proposta.

### **Resultados e Discussão**

Durante a socialização com a turma e os questionamentos feitos aos estudantes, eles se mostraram eufóricos e curiosos sobre as questões relacionadas à decomposição, especialmente sobre esterilização e umidade. Em vários momentos, eles relacionaram esses conceitos ao seu cotidiano, expressando os conhecimentos prévios acerca do assunto, conforme descrito abaixo:

(A1) *"Professora, a esterilização das fezes é o mesmo processo que se faz com a carne de porco? Minha mãe fala que tem que cozinhar e fritar bastante para matar todos os germes."*

(A2) *"Aquele mofo verde que cresce no pão é um decompositor? Ele esta nas fezes?"*

(A3) *"Quando chove muito, meu quarto fica com cheiro forte por causa do mofo. Então é a umidade que faz eles proliferarem mais rápido?"*

Durante as discussões e questionamentos, duas perguntas foram selecionadas para que os estudantes procurassem uma maneira de respondê-las através da experimentação, quais foram: "A esterilização das fezes interfere na decomposição?" e "A umidade contribui ou prejudica a decomposição das fezes?"

Após várias suposições por eles elaboradas, foi solicitado que propusessem uma forma de obter a resposta de forma científica. Após várias sugestões, foi, então, definido um método para o desenvolvimento de uma atividade investigativa que pudesse fornecer subsídios para formular a resposta. Essa metodologia foi fundamentada no acompanhamento/monitoramento do processo de decomposição fecal, através da montagem de câmaras úmidas.

Durante a montagem e instalação dos experimentos, os estudantes disseram se sentir como cientistas por estar fazendo o uso de máscaras e luvas. Esse momento despertou a imaginação dos estudantes, que pensaram ainda em outros experimentos que pudessem responder às perguntas supracitadas:

(E1) *"Poderíamos coletar as fezes de animais, pegar garrafas de refrigerante, cortá-las ao meio e colocar diferentes amostras de solo (terra vermelha, areia e brita). Sobre as amostras de solo colocaríamos as fezes, depois acompanhamos o que ocorre."*

(E2) *"Pegar um vaso de planta, colocar as fezes e acompanhar quanto tempo as fezes demorariam para desaparecer."*

(E3) *"Poderíamos coletar fezes, colocar em dois copos. Um ficaria tampado e o outro aberto e assim acompanhar o processo de decomposição."*

Quando o estudante pensa em uma forma de explicar seu questionamento, ele resgata os conhecimentos que possui e procura fazer uso deles (aplicá-los). Conforme defendido por Zancan (2000), no processo de aprendizagem o estudante deve ser sujeito da sua própria formação, cabendo aos professores e à escola o papel de mediadores do conhecimento.

Dois dias após a instalação do experimento, as equipes E1 e E3 não fizeram nenhum registro de observação. A equipe E4 observou que havia formigas sobre suas amostras, e a equipe E2 fez o seguinte registro: *"Em todas as amostras apareceu um fungo com corpinho transparente e a cabecinha preta."* O fungo foi reconhecido como do gênero *Pilobolus*, pertencente ao filo Zygomycota (Figura 5), e os estudantes e a professora ficaram encantados com sua forma e estrutura.

A ocasião foi aproveitada para se explicar que cada pontinho preto observado na superfície interna da garrafa corresponde a uma massa de esporos que foi lançada pelo fungo, graças à sua estrutura morfológica. Essa estrutura permite ao fungo atirar seus esporos a grandes distâncias, numa velocidade que supera o lançamento de uma bala de canhão. Esse mecanismo garante a sua sobrevivência, pois permite que os esporos se distanciem das fezes em que o fungo se encontra e caem na grama. Desse modo, podem ser ingeridos por um cavalo e assim, o fungo consegue completar seu ciclo de vida (Bell, 2005).

Essas estruturas observadas permitiram estabelecer uma relação entre forma, função e como o ciclo de vida dessa espécie fúngica depende do ciclo de vida dos animais herbívoros. Essa abordagem possibilitou retomar conceitos de ecologia e evolução, em especial co-evolução, adaptação, estratégias de sobrevivência e de reprodução.

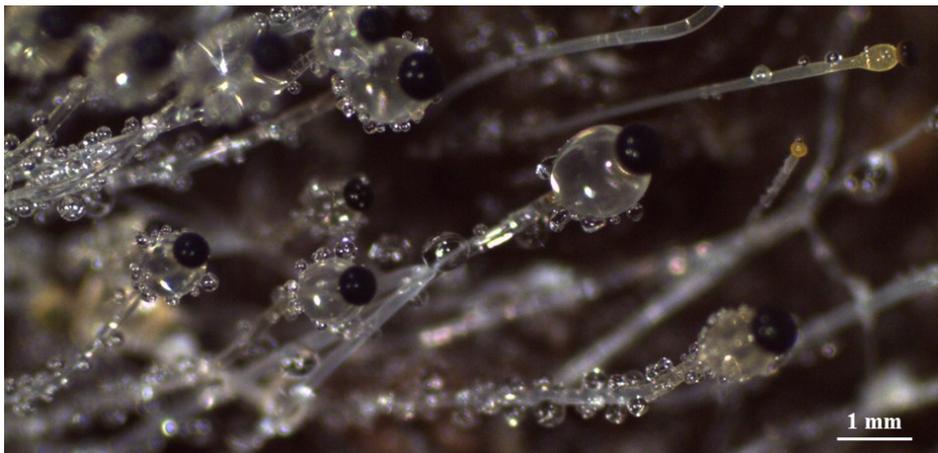


Figura 5 - Frutificações do fungo do gênero *Pilobolus* se desenvolvendo sobre fezes de cavalo umedecidas, ao segundo dia de observação durante experimento realizado por estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO. Foto: S. O. da Silva.

No quarto dia de incubação, a equipe E3 observou que nas amostras havia uma cobertura parecendo algodão, de coloração branca. A equipe E1 não observou nenhuma alteração nas amostras. A equipe E2 observou que o fungo *Pilobolus* havia desaparecido de suas amostras. A equipe E4 percebeu uma pequena aglomeração de hifas, de coloração branca sobre suas amostras.

Aos sete dias de observação, a equipe E3 observou que a capa algodonosa havia crescido e mudado de cor para rosada/alaranjada (Figura 6). A equipe E1 observou o desenvolvimento de hifas de coloração rosada e questionaram se as amostras haviam sido contaminadas pelos esporos das amostras da equipe E3, entretanto foi explicado aos estudantes que este fungo está presente no ar, se desenvolvendo mais rápido nas amostras da equipe E1 devido as condições de umidade serem favoráveis a sua proliferação. A equipe E2, observou o surgimento de pequenos pontos brancos nas amostras. A equipe E4 observou que a colônia de aspecto algodonoso e coloração branca havia desaparecido.

(E1) "*Nas amostras 2 e 3 apareceu um micélio de coloração rosada, o mesmo presente nas amostras do grupo das amostras esterilizadas e não umedecidas, será que foi contaminado?*"

(E3) "*Apareceu sobre as amostras um fungo de coloração rosa, acho que ele veio do ar, pois deixamos as amostras abertas no primeiro dia de observação.*"



Figura 6 – Colônias do fungo *Chrysonilia sitophila* se desenvolvendo sobre fezes de cavalo esterilizadas e umedecidas, aos sete dias de observação, durante experimento realizado por estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO. **a:** Micélio com esporos de coloração laranja; **b:** Micélio com esporos de coloração amarela; **c:** Micélio com esporos de coloração rosada. Foto: S. O. da Silva.

A estrutura documentada pela equipe E1 foi reconhecida como colônias fúngicas, constituídas por micélio e esporos. O fungo foi identificado como *Chrysonilia sitophila*, pertencente ao filo Ascomycota, um fungo do ar atmosférico (anemófilo) que causa bolor dos alimentos e também é encontrado na flora microbiana do homem e de animais domésticos. Seus propágulos, constituídos por esporos e hifas, são de fácil dispersão e seu crescimento é muito rápido, de modo que pode colonizar muito rapidamente um substrato contendo matéria orgânica disponível. Ele costuma ser o primeiro a repovoar áreas devastadas por incêndios florestais, ou solo submetidos a altas temperaturas (Ferraz, 1991; Souza; Farias, 2013). Suas colônias variam rapidamente de cor, do branco para o rosa/salmão para o alaranjado, com textura muito algodonoza.

Essas informações explicam os dados observados no experimento, uma vez que seus esporos estão no ar e são de fácil dispersão, esse fungo foi capaz de chegar primeiro do que outros no substrato. Como as amostras tinham sido previamente esterilizadas, não havia outros microrganismos que pudessem competir com ele pelo substrato, favorecendo seu crescimento e domínio do substrato, a exemplo do que acontece nas florestas incendiadas. A ocasião foi aproveitada para retomar conceitos de ecologia, como competição, sucessão ecológica.

Ao décimo dia de observação, a equipe E2 observou o desenvolvimento de uma nova espécie e fez o seguinte registro: "São longos, parecem guarda-chuva, com cor branca, quando abre a garrafa eles murcham, as bordas garrafa estão pretas, perguntamos a professora e ela disse que eram os esporos". O fungo foi identificado como *Coprinus patouillardii*, filo Basidiomycota (Figura 7). Nas amostras das equipes E1 e E3 foi observada mudança de coloração da capa algodonoza que se tornou amarela. Nas amostras da equipe E4, a pequena colônia de aspecto algodonozo e branca não foi mais observada; para eles isso ocorreu devido às amostras não terem sido umedecidas e assim se tornar inviável para a proliferação de fungos.



Figura 7 – Frutificações do fungo *Coprinus patouillardii* se desenvolvendo sobre fezes de cavalo umedecidas, ao décimo dia de observação, durante experimento realizado por estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO. Foto: S. O. da Silva.

Aos quinze dias de incubação, a equipe E2 observou o desenvolvimento de uma nova espécie de fungo, relatado como: “*Corpinho achatado, redondinho, transparente, são bem pequeninos, tem uns que parecem da cor bege.*” E posteriormente identificado como *Iodophanus* sp., filo Ascomycota (Figura 8). As frutificações do cogumelo *Coprinus patouillardii* ainda permaneciam nas amostras. Nas amostras das equipes E1 e E3 a capa algodonosa ainda eram vistas sem alterações. As amostras da equipe E4 permaneceram sem alterações.

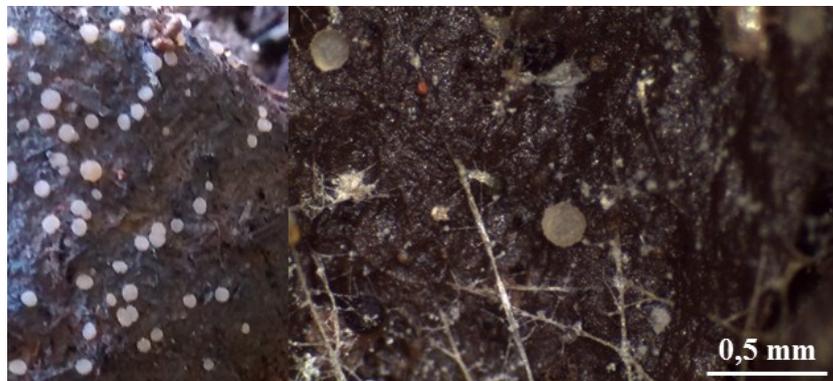


Figura 8 – Corpos de frutificação *Iodophanus*, filo Ascomycota, se desenvolvendo sobre fezes de cavalo umedecidas, durante experimento realizado por estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO. Foto: S. O. da Silva.

Os estudantes perceberam que ao longo das observações, as amostras umedecidas foram adquirindo uma coloração mais escura que as amostras que não receberam água. As equipes perceberam também que nove dias após a incubação, as amostras esterilizadas liberaram um odor mais forte em comparação com as amostras que não foram esterilizadas, e atribuíram essa alteração de odor às bactérias, que participam também do processo de decomposição. Essas alterações físicas das amostras, só foram possíveis de serem observadas, porque são visíveis a olho nu (alteração na cor da amostra) e o cheiro “ácido/podre” que as amostras adquiriram sendo facilmente perceptível ao olfato (mau cheiro).

Os tratamentos diferem na flora microbiana inicial e na umidade, condições que interferem no desenvolvimento de microrganismos sobre a amostra. Nas amostras que passaram pela esterilização prévia foi possível observar a colonização por um fungo oportunista presente no ar atmosférico. Esse fungo foi observado nessas amostras, justamente por não haver nenhum outro microrganismo que competisse com ele por esse recurso nutricional. Entretanto, proliferou rapidamente sobre as amostras da equipe E1, por elas oferecerem condições de umidade favoráveis ao seu desenvolvimento. As alterações na coloração da capa algodosa foram observadas em ambos os tratamentos, variando do rosa/alaranjado/amarelo. Em relação à amostra da equipe E2, essa se diferiu das amostras das equipes E1 e E3, por não ser esterilizada e apresentar uma maior diversidade de espécies fúngicas, enquanto que a equipe E4 se diferenciou de todas por não ser esterilizada e nem umedecida e não apresentar microrganismos sobre suas amostras, relatando apenas a presença de formigas.

Os tratamentos não esterilizados foram semelhantes no fato de as amostras não serem esterilizadas, mas aquele que se manteve úmido apresentou maior biodiversidade, já que foi possível observar o desenvolvimento de espécies fúngicas pertencentes aos três filos do Reino Fungi (Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota). Nas amostras não umedecidas, ainda que no início da incubação tenha sido observada uma pequena colônia algodosa, ela não se desenvolveu em função das condições hídricas não estarem favoráveis. Por isso, pode-se dizer que as condições ambientais interferem no desenvolvimento dos microrganismos decompositores.

Ao relatar essas observações as equipes puderam obter uma conclusão e formular as respostas para as perguntas que motivaram o desenvolvimento do trabalho. Para a questão "A esterilização das fezes interfere na decomposição?", os estudantes concluíram que sim, já que nos tratamentos com amostras esterilizadas foi possível observar o desenvolvimento de micélio e esporos, de coloração variando de rosa/alaranjada/amarela. O processo de esterilização eliminou os microrganismos pré-existentes, com isso, o fungo advindo do ar ao entrar em contato com o substrato, pode se instalar e colonizá-lo por completo, por não haver competidores por aquele recurso.

Para a questão "A umidade contribui ou prejudica a decomposição das fezes?", os estudantes concluíram que contribui, pois proporciona condições favoráveis aos organismos decompositores. A falta de umidade dificulta a germinação dos esporos e o crescimento, de forma que mesmo que alguns esporos consigam germinar, dificilmente o micélio irá se sobreviver por muito tempo.

O fato de terem surgido primeiro os fungos de organização estrutural mais simples, como aqueles do filo Zygomycota e só depois de alguns dias os fungos de organização mais complexa, como os representantes dos filos Ascomycota e Basidiomycota pode ser explicado pela teoria do "requerimento nutricional" (Fryar, 2002; Richardson, 2002). Segundo ela, os microrganismos mais simples são desprovidos de um aparato enzimático complexo, de forma que eles são capazes de aproveitar os nutrientes mais prontamente assimiláveis ainda disponíveis no substrato, como açúcares simples e proteínas.

Contudo, quando esses nutrientes são exauridos, restando apenas a matéria orgânica mais complexa e, portanto, de mais difícil degradação, como a celulose e hemicelulose, surgem os ascomicetos, microrganismos dotados das respectivas enzimas que possam hidrolizar essas moléculas e, por fim o processo culmina

quando restam apenas resíduos de lignina no substrato, cuja degradação só é possível graças a um grupo particular de basidiomicetos dotados de ligninases. Dessa forma é possível verificar uma sucessão de espécies ao longo da decomposição desse tipo de matéria orgânica, até que ela seja completamente mineralizada, disponibilizando nutrientes inorgânicos no solo, assim promovendo a ciclagem de nutrientes.

Durante o desenvolvimento de atividades investigativas é imprescindível que o professor estabeleça questões para que os estudantes reflitam sobre os dados e as possíveis explicações para os fenômenos observados, pois quando o professor e os estudantes desenvolvem um diálogo-interativo considerando os diferentes pontos de vista, eles são capazes de construir ideias e questionamentos (Zanon e Freitas, 2009; Silva, Marcondes e Akahoshi, 2010).

Propor que o relatório final seguisse as etapas da redação científica, como exemplificado no Quadro 2, teve a intenção de instigar os estudantes a se apropriar de um instrumento que possibilita a demonstração da construção do conhecimento científico.

<b>Tópico do relatório</b>	<b>Conteúdo apresentado</b>
Introdução	<i>"Os microrganismos decompositores são aqueles que se alimentam de restos de plantas e animais, garantindo os nutrientes necessários para o funcionamento de seu corpo. Desse modo, os decompositores colaboram na <b>reciclagem de nutrientes</b> no solo e na água, exercendo um papel essencial nas cadeias e teias alimentares. Os fungos coprófilos são aqueles que crescem nos excrementos dos animais, principalmente nos herbívoros. Sobre o substrato desenvolvem-se desde os fungos mais simples os zigomicetos, até os mais complexos ascomicetos e basidiomicetos."</i>
Objetivo	<i>"Esse trabalho objetivou observar se a esterilização das fezes interfere na decomposição"</i>
Metodologia	<i>"Foram montadas câmaras úmidas que consistiram de um prato descartável forrado com papel filtro (papel de filtro de café), sobre o qual foi colocada uma amostra de fezes esterilizadas, coberto com um copo construído a partir do corte de uma garrafa PET, de 2L, transparente e incolor. Para este experimento, o papel não foi molhado ao longo das observações. As observações eram realizadas três vezes por semana, a olho nu e por meio de lupas manuais. Fotos foram tiradas para acompanhar o surgimento de espécies de fungos."</i>
Resultados	<i>"Não teve fungos na primeira semana. No quarto dia nas amostras surgiram uma pequena porção de micélios de cor branca que parecem algodão. No sétimo dia de observação a porção algodonosa cresceu e mudou de cor para rosa/alaranjado. E apenas no dia décimo dia as amostras mudaram para a cor amarelo."</i>
Conclusão	<i>"Nas nossas amostras, devido não ser umedecida. Provavelmente, porque os fungos se proliferam mais rápido quando estão em ambientes úmidos. Quando imaginávamos que as fezes, algo que para muitos não serve para nada, teria seres vivos tão pequeno, que se alimentam da mesma."</i>

Quadro 2 - Relatório produzido pela equipe E3, cujo tratamento das amostras foi: não umedecidas e esterilizadas.

A abordagem sobre Reino Fungi permitiu que os estudantes explorassem as características gerais dos fungos, adquirindo conhecimento acerca das doenças causadas, sua importância ao homem e ao meio ambiente. Com isso, os estudantes foram capazes de relacionar o processo de decomposição a questões de sustentabilidade, como os banheiros secos e o uso das fezes no processo de compostagem. Essas relações permitem a extrapolação e aplicação dos conhecimentos adquiridos pelos estudantes a outras situações do seu dia a dia.

O desenvolvimento dessa atividade permitiu aos estudantes verificar que a experimentação envolve reflexões, relatos, discussões, ponderações e explicações que são características de uma investigação científica, possibilitando o desenvolvimento de habilidades cognitivas, conforme propõe Silva, Marcondes e Akahoshi (2010).

Uma das equipes propôs fazer apresentação oral em forma de vídeo. Os estudantes mostraram grande envolvimento e dedicação na preparação do material. Todas as apresentações foram bem elaboradas e as equipes mostraram-se seguras quanto aos seus resultados (Figura 9). O uso de vídeo pela equipe E2 foi uma excelente ideia, a equipe apresentou os resultados, mostrando que apesar das dificuldades encontradas em gravar o vídeo é possível fazer o uso desse material como recurso didático no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que o uso desse recurso pode ser bom tanto para a equipe que apresenta, quanto para os que assistem.



Figura 9 – Apresentação dos resultados finais do experimento sobre decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes, realizado pelos estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma instituição da rede estadual de ensino do município de Goiânia/GO.

A discussão coletiva dos resultados obtidos por cada equipe e o questionamento entre os estudantes mostraram-se muito ricos e produtivos para o desenvolvimento do conhecimento, pois os estudantes foram capazes de, juntos, chegarem a uma conclusão e formularem as respostas às perguntas formalizadas no início do trabalho.

Isso permitiu-lhes ainda uma visão crítica, pois eles disseram que todas as equipes poderiam ter se esforçado para melhorar a apresentação, bem como a organização da equipe ao se apresentar. Vários questionamentos foram feitos após as apresentações e houve críticas, quanto à qualidade das imagens utilizadas nos slides, quanto à postura dos integrantes da equipe durante a apresentação e sobre o uso do vídeo. Ao realizarem estas etapas em conjunto e ao participarem ativamente da avaliação dos demais colegas, os estudantes apropriam-se do conhecimento e adquire senso crítico. De acordo com Bevilacqua e Coutinho-Silva (2007, p. 90):

“Quando um aluno identifica a falta de clareza das informações, a desorganização, a diferença de participação e de domínio do conteúdo entre seus colegas fica evidente sua posição crítica. Este aluno – crítico precisou se apropriar do conhecimento para questioná-lo. Mais do que avaliar sua proficiência quanto a estes conteúdos, sem desconsiderar sua importância, destacamos o mérito deste aluno em se colocar na posição de questionador.”

Segundo Pellizzari et al. (2002) o estudante ainda tem o conhecimento como algo distante da sua realidade, pouco significativo nas suas necessidades cotidianas. Isso fica evidenciado durante a realização de toda a atividade investigativa, pois muitos estudantes mostraram dificuldades em explicar como se dá o processo de manutenção da vida na Terra.

Villani e Freitas (1998), em um estudo realizado com estudantes de graduação sobre as práticas de ensino, estabeleceram três categorias progressivas de sucesso escolar: envolvimento emocional, intelectual e o confronto e posicionamento dos estudantes em relação ao saber científico. Estas categorias também podem ser aplicadas nesta pesquisa. Nesse caso, o *envolvimento emocional* foi conquistado com o desenvolvimento do trabalho experimental; a curiosidade e interesse dos estudantes foram estimulados através da utilização de materiais diferentes e no desenvolvimento da atividade investigativa. O *envolvimento intelectual* foi marcado pelo esforço dos estudantes em elaborar e responder (*pensar*) as perguntas. Por fim, o terceiro estágio considerado o mais importante, o *confronto e o posicionamento dos estudantes em relação ao saber científico*, marcado pela interpretação e conclusão dos resultados obtidos.

Ao serem questionados sobre o que aconteceria numa floresta se os organismos envolvidos na decomposição dos excrementos fossem extintos, os estudantes responderam que não existiria mais vida na Terra em decorrência da falta de nutrientes, conforme respostas transcritas a seguir:

(A1) *"Se em uma floresta não houvesse organismos para fazer a decomposição logicamente não haveria nutrientes para as árvores e nem para a grama então logicamente não haveria floresta toda a flora depende desses organismos para se manter porque a partir deles são liberados nutrientes para o crescimento das árvores. E se não fosse feito a decomposição desses excrementos acredito que a poluição dessa floresta seria maior."*

(A2) *"Se os organismos envolvidos na decomposição fossem extintos, eles não seriam decompostos. Eles não seriam transformados em matéria orgânica para novos organismos vivos. Ou seja, esse ciclo iria parar, as folhas cairiam e ficariam por ali, não viraria adubo."*

(A3) *"Bom se numa floresta os organismos de decomposição fosse extintos não haveria decomposição sem decomposição a matéria não iria se decompor e o ciclo de nutrientes não iria se fechar o ecossistema sairia de controle as plantas não teria os nutrientes necessários."*

(A4) *"A primeira coisa que aconteceria era antes a matéria orgânica que entrasse em decomposição virariam matérias sólidas, deixando de beneficiar as plantas e outros animais com seus nutrientes."*

Apesar de ter sido dada a opção para responderem a pergunta em forma de redação ou desenho, os estudantes preferiram a redação. Em suas respostas,

ainda que tenham sido contatados muitos problemas na construção do texto, é possível perceber que a estratégia de ensino adotada foi favorável para o ensino da ciclagem de nutrientes, visto que eles foram capazes de explorar o conhecimento que adquiriram ao longo de toda a atividade investigativa, argumentando acerca da importância e função dos microrganismos decompositores nas cadeias alimentares. Foi consenso que o processo de decomposição das fezes tem papel importante na manutenção do equilíbrio do ecossistema, uma vez que o excremento tanto pode ser desprezível para alguns seres vivos, como pode ser essencial na vida de outros, reforçando a integração das cadeias tróficas.

### **Considerações Finais**

Diante dos resultados obtidos, a atividade proposta se mostrou eficaz, permitindo aos estudantes responder de forma científica às por elaboradas, além de permitir o aprimoramento do conhecimento dos estudantes e favorecer a troca de experiências entre os estudantes.

A experiência vivenciada evidenciou a importância da atividade investigativa como instrumento no processo de aprendizagem, sendo que o seu potencial didático foi expresso nos resultados obtidos a partir da redação e apresentação oral do relatório final e na elaboração conjunta de uma conclusão para as perguntas que embasaram a pesquisa.

Dessa forma, a teoria e a prática permitiram os estudantes discutir e estabelecer relações desses organismos com a realidade a sua volta, ao tratar de questões ambientais e de saneamento, doenças parasitárias envolvendo a destinação correta das fezes, especialmente as fezes humanas e a importância da ciclagem de nutrientes para o ecossistema.

A aprendizagem dos conteúdos relacionados à decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes foi construído de maneira a integrar as diferentes áreas da Biologia, principalmente no que se refere à evolução e ecologia, visto que os fungos que se desenvolveram sobre as fezes permitem que sejam explorados quanto aos conceitos de co-evolução, sucesso adaptativo, sucessão ecológica e competição.

O incentivo do trabalho em equipe foi eficaz entre os estudantes, apesar de o envolvimento com as atividades não ser homogêneo entre eles. Os estudantes cobravam a colaboração e participação de todos os envolvidos na atividade. Assim, fica evidente que trabalhar de forma investigativa faz com que o estudante passivo se torne ator/autor do seu conhecimento, saindo de uma educação tradicional para uma educação onde ele é pró-ativo possibilitando que ele perceba o que acontece a sua volta, especialmente em relação ao processo de ciclagem dos nutrientes.

### **Agradecimentos**

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão da bolsa de Mestrado a primeira autora.

### **Referências**

Ausubel, D. (2000). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Editora Plátano.

Bell, A (2005). *An Illustrated Guide to the coprophilous Ascomycetes of Australia*. CBS, Utrecht, The Netherlands.

Bevilacqua, G. D., e Coutinho-Silva, R. (2007). O ensino de Ciências na 5ª série através da experimentação. *Ciências e Cognição*, 10, 84-92. Recuperado de: <http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v10/m317138.pdf>

Bondía, J. L. (2002). Notas sobre a experiência e o saber de experiência. *Revista Brasileira de Educação*, 19, 20-28. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n19/n19a02.pdf>

Bueno, R. S. M., e Kovaliczn, R. A. (2015). *O ensino de ciências e as dificuldades das atividades experimentais*. 1-21. Acesso em: 03 set., 2015, Recuperado de: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/23-4.pdf>

Candau, V. M., e Lelis, I. A. (1999). *A Relação Teoria-Prática na Formação do educador*. In Candau, V. M (Org.). *Rumo a uma Nova Didática* (pp. 56-72). Petrópolis: Vozes.

Carneiro, M. C. C. A., e Henriques, S. M. O. (2009). Novas Tecnologias de Informação e Comunicação na prática pedagógica do Colégio Metodista Granbery – Ensino Médio. *Revista de Educação do Cogeime*, 18 (34/35), 79-89. Recuperado de: <https://www.redemetodista.edu.br/revistas/revistascogeime/index.php/COGEIME/article/viewFile/96/83>

Ferraz, A. L. Contribuição ao estudo do ascomiceto *Chrysonilia sitophila*: biodegradação de madeira e seus componentes. 1991, 145p. Tese (Doutorado em Química), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 25 ed. São Paulo: Paz e Terra.

Fryar, S. C. (2002). Fungal succession or sequence of fruit bodies? In: Fungal Succession (orgs.). Hyde, K. D.; Jones, E. B. G. *Fungal Diversity*, 10, p. 5-10. Recuperado de: [http://www.fungaldiversity.org/fdp/sfdp/FD\\_10\\_5-10.pdf](http://www.fungaldiversity.org/fdp/sfdp/FD_10_5-10.pdf)

Mueller, G. M.; Bills, G. F., e Foster, M. S. (2004). *Biodiversity of Fungi: Inventory and Monitoring Methods*. San Diego: Elsevier Academic Press.

Pelizzari, A.; Kriegl, M. L.; Baron, M. P.; Finck, N. T. L., e Dorocinski, S. I. (2002). Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. *Revista Psicologia Educação Cultura*, 2 (1), 37-42. Recuperado de: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>

Richardson, M. J. (2002). The coprophilous succession. In: Fungal Succession (eds. K. D. Hyde e E. B. G. Jones). *Fungal Diversity*. Acesso em 04 jan., 2016. Recuperado de: [http://www.fungaldiversity.org/fdp/sfdp/FD\\_10\\_101-111.pdf](http://www.fungaldiversity.org/fdp/sfdp/FD_10_101-111.pdf)

Serafim, M.C. (2001). A Falácia da Dicotomia Teoria-Prática. *Revista Espaço Acadêmico*, 7, 1. Acesso em 04 jan., 2016. Recuperado de: <http://www.espacoacademico.com.br/007/07mauricio.htm>

Santos, E. (2010). *Abordagem pedagógica da ciclagem de nutrientes para ensino fundamental e médio*. In: V Simpósio Brasileiro de Educação em Solos, 2010 - Curitiba, PR. Anais... Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Organização: UFPR/DSEA/PGCS/Projeto Solo na Escola, 2010.

Silva, D. P.; Marcondes, M. E. R., e Akahoshi, L. H. (2010). *Atividades Experimentais de Natureza Investigativa no Ensino de Química: Perspectiva Discursiva de um Grupo de Professores*. In: GAUCHE, R (Ed.). XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ). Brasília, 2010. Anais... Brasília: Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química – ED/SBQ, 2010.

Silva, S. O, Tiradentes, C. P., e Xavier-Santos, S. (2016 a). *A abordagem sobre decomposição e ciclagem de nutrientes no Ensino Médio: uma análise do livro didático e da prática docente*. 2016a, (dados em fase de preparação para publicação na Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências). (Artigo I)

Silva, S. O, Tiradentes, C. P., e Xavier-Santos, S. (2016 b). *Percepção dos estudantes concluintes do ensino médio sobre a decomposição de excrementos e ciclagem de nutrientes*. 2016b, (dados em fase de preparação para publicação na Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências). (Artigo II)

Souto, E. K. S. C.; Silva, L. S.; Neto, L. S., e Silva, F. C. L. (2015). A utilização de aulas experimentais investigativas no ensino de Ciências para abordagem de conteúdos de microbiologia. *Experiências em Ensino de Ciências*, 10(2), 59-69. Recuperado de: [http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID275/v10\\_n2\\_a2015.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID275/v10_n2_a2015.pdf)

Souza AEF, Farias MAA. 2013. Fungos contaminantes de ambientes compartilhados por acadêmicos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB. *Revista Brasileira de Biologia e Farmácia*, 9(1): 59-64. Recuperado de: [http://sites.uepb.edu.br/biofar/download/v9n1-2013/ci%C3%AAncias\\_biol%C3%B3gicas/FUNGOS%20CONTAMINANTES%20DE%20AMBIENTES%20COMPARTILHADOS%20POR%20ACAD%C3%8AMICOS%20DO%20CENTRO%20DE%20CI%C3%8ANCIAS%20AGR%C3%8ARIAS%20DA%20UNIVERSIDADE%20FEDERAL%20DA%20PARA%C3%8DBA%20-%20202.pdf](http://sites.uepb.edu.br/biofar/download/v9n1-2013/ci%C3%AAncias_biol%C3%B3gicas/FUNGOS%20CONTAMINANTES%20DE%20AMBIENTES%20COMPARTILHADOS%20POR%20ACAD%C3%8AMICOS%20DO%20CENTRO%20DE%20CI%C3%8ANCIAS%20AGR%C3%8ARIAS%20DA%20UNIVERSIDADE%20FEDERAL%20DA%20PARA%C3%8DBA%20-%20202.pdf).

Villani, A., e Freitas, D. (1998). Análise de uma experiência didática na formação de professores de Ciências. *Investigações em ensino em ciências*, 3(2), 121-142. Recuperado de: [http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID41/v3\\_n2\\_a1998.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID41/v3_n2_a1998.pdf)

Zancan, G.T. (2000). Educação Científica: uma prioridade nacional. *São Paulo em Perspectiva* Acesso em 02 jan., 2016, <http://www.scielo.br/pdf/spp/v14n3/9764.pdf>

Zanon, D. A. V., e Freitas, D. (2007). A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. *Ciências & Cognição*, 10, 93-103. Recuperado de: <http://www.cdcc.usp.br/maomassa/doc/m317150.pdf>

Zômpero, A. F., e Laburú, C. E. (2010). A decomposição da matéria orgânica nas concepções de alunos do ensino fundamental: aspectos relativos à educação ambiental. *Experiências em Ensino de Ciências*, 5 (1): 67-75. Recuperado de: [http://www.if.ufrgs.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID97/v5\\_n1\\_a2010.pdf](http://www.if.ufrgs.br/eenci/artigos/Artigo_ID97/v5_n1_a2010.pdf)

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível verificar que os professores geralmente trabalham esse conteúdo durante a abordagem sobre ciclos biogeoquímicos na 3ª série do Ensino Médio, para o qual o uso de atividades práticas é pouco explorado, sendo o data-show, quadro e o livro didático os instrumentos pedagógicos mais utilizados. Apenas 8% dos professores fazem o uso de atividades práticas, sendo mais comumente atividades de acompanhamento da decomposição de frutos e a construção de terrários. Nos livros didáticos analisados, esse conteúdo é abordado de forma breve na unidade de Ecologia. As principais fragilidades encontradas são a falta de contextualização dos ciclos biogeoquímicos com a ciclagem de nutrientes, falta de coerência entre texto e figuras, ausência de escalas nas figuras e atividades práticas que incrementem a abordagem desse assunto.

Foram identificadas várias lacunas na compreensão dos estudantes sobre a decomposição dos excrementos. Apesar da maioria atribuir à decomposição como fenômeno responsável pelo desaparecimento das fezes do ambiente, muitos encontraram dificuldades em definir, ou mesmo nomear corretamente o processo, mostrando ainda controversas acerca do assunto abordado, que indicam um conhecimento ainda limitado, em processo de construção, sendo necessário aproximar esse fenômeno natural da decomposição das fezes à realidade do estudante, para que o mesmo consiga estabelecer a relação entre esse fenômeno e a ciclagem de nutrientes.

A proposta pedagógica apresentada se mostrou promissora na contribuição para o ensino aprendizagem do conteúdo em questão, permitindo a aproximação entre teoria e prática, proporcionando aos estudantes a construção do conhecimento por meio de uma atividade investigativa, pautada no método científico, e com isso a extrapolação e aplicação desse conhecimento a diferentes situações do seu dia a dia, além de despertar o interesse e envolvimento dos estudantes para a construção e ressignificação dos conceitos básicos.

#### 4. REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, S. K. Coprophilous mycoflora on different dung types in Southern desert of Iraq. *Sydowia*, v. 35, p. 1-5, 1982.
- BARROS, J. D. S. *Estoques de carbono em solos dos Tabuleiros Costeiros Paraibanos: diferenças entre ambientes*. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais)-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2011.
- BELL, A. *Dung Fungi: an illustrated guide to coprophilous fungi in New Zealand*. New Zealand: Victoria University Press, 1983, 88 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2006.
- CALAÇA, F. J. S.; XAVIER-SANTOS S. Fezes de herbívoros: um microcosmo inexplorado da diversidade fúngica. *Heringeriana*, v. 6, p. 52-55, 2012.
- CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O (orgs.). Porto Alegre: Gênese, 1999, p. 137-154.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 25 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996, 52 p.
- GOMES, W. R.; PACHECO, E. *Composto orgânico*. Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras. Boletim Técnico, 11, 1988, p. 11.
- LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. *Biotropica*, v. 25, n. 2, p. 130–150, 1993.
- MALDANER, O. A. Situações de estudo no ensino médio: nova compreensão de educação básica. In: *A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: Alguns recortes*. Nardi, R. (org.). São Paulo: Escrituras, p. 239-253, 2007.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2006, 626 p.
- PELCZAR, JR. M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. *Microbiologia: Conceitos e Aplicações*. 2 ed. São Paulo: Makron Books, 1996, 517 p.
- RIBEIRO, D. G.; CATANEO, M. P.; MEGLHIORATTI, F. A. A construção conceitual sobre fungos e decomposição em aulas teórico - práticas no ensino médio. 2015. In: OS ESTÁGIOS SUPERVISIONADOS DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA EM DEBATE II, 2015, Cascavel. Atas... Cascavel: UNIOESTE. Disponível em: [http://cac.php.unioeste.br/eventos/anais\\_biologia/estagio\\_biologia/artigo\\_20.pdf](http://cac.php.unioeste.br/eventos/anais_biologia/estagio_biologia/artigo_20.pdf). Acesso em: 10 mai. 2015.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva Crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, p. 1-12, 2007.

SANTOS, E. Abordagem pedagógica da ciclagem de nutrientes para ensino fundamental e médio. 2010. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM SOLOS, 2010, Curitiba. *Anais...* Curitiba: 2010, p. 281-282. Disponível em: [http://www.sbes.ufpr.br/resumos\\_expandidos\\_VSBES.pdf](http://www.sbes.ufpr.br/resumos_expandidos_VSBES.pdf). Acesso em: 03 ago. 2015.

STEVERSON, F. J. *Humus chemistry*. Somerset: John Wiley & Sons, 1994, 446p.

TESTER, C. F. Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sandy soil. *Soil Science Society of American Journal*, v. 54, p. 827-831, 1990.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, L. C. *Microbiologia*. Porto Alegre: Artmed, 2012, 964 p.

TRINCA, C. R. Materia organica del suelo. *Revista Alcance*, v. 57, p. 53-72, 1999.

TRUFEM, S. F. B.; MALATINZKY, S.; NINOMIYA, A.; SCHOENLEINCRUSIUS, I. Mucorales (Zygomycota) from soil affected by excrements of birds in the Parque Estadual das Fontes do Ipirânga. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 19, p. 7-10, 1996.

ZHANG, H.; HARTGE, K. H.; RINGE, H. Effectiveness of organic matter incorporation in reducing soil compactibility. *Soil Science Society of American Journal*, v. 61, n. 1, p. 239-245, 1997.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. A decomposição da matéria orgânica nas concepções de alunos do ensino fundamental: aspectos relativos à educação ambiental. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 1, n.5, p. 67-75, 2010.

# APÊNDICES

## Apêndice A

### QUESTIONÁRIO APLICADO AO DOCENTE

**Prezado voluntário,**

O presente questionário é parte de uma pesquisa científica de uma dissertação de mestrado. Desta forma, solicitamos por gentileza, que responda às perguntas conforme seu conhecimento/experiência, e na ordem em que são apresentadas, evitando voltar para questões anteriores, e também deixar perguntas sem responder, de forma a evitar erros na apuração dos dados. **Não é preciso se identificar.** Os dados aqui apresentados serão utilizados **apenas** para fins científicos, sendo assegurado o total anonimato do entrevistado. Desde já, agradecemos sua colaboração neste trabalho!

#### QUESTIONÁRIO – INFORMAL

---

1. Qual o seu grau de escolaridade?
  - Magistério
  - Ensino Superior Incompleto
  - Ensino Superior Completo
  - Especialização *Lato Sensu*
  - Mestrado
  - Doutorado
  - Pós-Doutorado
  - Outro, qual? \_\_\_\_\_
2. Qual seu curso de formação? \_\_\_\_\_
3. Na sua prática docente, quanto tempo você destina para a abordagem do conteúdo sobre Ciclagem de Nutrientes?
  - Entre 1 e 2 aulas
  - Entre 3 e 4 aulas
  - Entre 5 e 6 aulas
  - Não abordo esse conteúdo
  - Outro, qual? \_\_\_\_\_
4. Em que momento do ano letivo ele é abordado? \_\_\_\_\_
5. Quais as dificuldades que você encontra ao abordar o conteúdo de Ciclagem de Nutrientes?
  - Falta de infraestrutura.
  - Falta de tempo para a preparação das aulas/atividades.
  - Falta de tempo para execução da(s) aula(s).
  - Falta de conhecimento e ou formação na área em questão.
  - Desinteresse dos alunos.
  - Outros, quais? \_\_\_\_\_
6. Quais são os recursos didáticos que você costuma utilizar para ministrar esse conteúdo?
  - Aulas práticas, aonde? \_\_\_\_\_
  - Livro didático, qual(is)? \_\_\_\_\_
  - quadro
  - data-show
  - Cartazes (feitos por você)
  - Cartazes (feitos por alunos)
  - Jogos, qual(is)? \_\_\_\_\_
  - Revistas e jornais, qual(is)? \_\_\_\_\_

- ( ) Livro paradidático, qual(is)? \_\_\_\_\_  
( ) Vídeos \_\_\_\_\_  
( ) Outros, quais? \_\_\_\_\_

7. Se você utiliza atividades práticas ao abordar a ciclagem de nutrientes, poderia descrevê-la(s) brevemente? \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

8. Você gostaria fazer alguma solicitação ou dar alguma sugestão para a incrementação dessa abordagem? \_\_\_\_\_

---

---

---

**Obrigada por sua participação!**

## Apêndice B

### QUESTIONÁRIO APLICADO AO ESTUDANTE

**Prezado voluntário,**

O presente questionário é parte de uma pesquisa científica de uma dissertação de mestrado. Desta forma, solicitamos por gentileza que responda às perguntas conforme seu conhecimento/experiência, e na ordem em que são apresentadas, evitando voltar para questões anteriores, e também deixar perguntas sem responder, de forma a evitar erros na apuração dos dados. **Não é preciso se identificar.** Os dados aqui apresentados serão utilizados **apenas** para fins científicos, sendo assegurado o total anonimato do entrevistado. Desde já, agradecemos sua colaboração neste trabalho!

#### QUESTIONÁRIO - INFORMAL

- 
1. Imagine um animal que defeca no solo. Sem que haja interferência humana, o que você acha que aconteceria com as fezes ao final de cerca de 4 semanas:
    - ( ) Teriam se tornado pedra
    - ( ) Teriam desaparecido
    - ( ) Não teriam se alterado
    - ( ) Nenhuma das opções acima
 Explique por que: \_\_\_\_\_
  2. Como as fezes desaparecem do ambiente?
   
\_\_\_\_\_
   
\_\_\_\_\_
  3. O que é preciso para que isso ocorra?
   
\_\_\_\_\_
   
\_\_\_\_\_
  4. Em que condições elas desapareceriam mais rápido?
    - ( ) em dias frios
    - ( ) em dias de calor
    - ( ) tanto faz
 Explique porque \_\_\_\_\_
  5. Se você desidratasse essas fezes, você acha que isso
    - ( ) iria acelerar o processo
    - ( ) iria retardar o processo
    - ( ) não iria interferir no processo
 Explique porque \_\_\_\_\_
  6. Se em vez de defecar no solo, o animal defecasse sobre um piso pavimentado, isso iria interferir no processo de desaparecimento das fezes? ( ) sim ( ) não
   
De que maneira? \_\_\_\_\_
   
Por quê? \_\_\_\_\_
  7. Você acha que, para o ambiente, o desaparecimento das fezes é: ( ) Bom ( ) Ruim
   
Explique porque \_\_\_\_\_
  8. Qual a importância ou o impacto disso no ambiente?
   
\_\_\_\_\_
   
\_\_\_\_\_
  9. Qual o nome desse processo que promove o desaparecimento das fezes?
   
\_\_\_\_\_
   
\_\_\_\_\_

10. Nesse processo há participação de seres vivos? ( ) Sim ( ) Não

11. Se sim:

- a) Quais seriam esses seres vivos? \_\_\_\_\_  
 b) De onde eles surgem? \_\_\_\_\_  
 c) Quais características desses seres vivos permitem que eles possam atuar nesse processo?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

d) acha que esses seres vivos poderiam ser úteis para o homem? ( ) Sim ( ) Não.  
 Se sim, de que forma ou em que situação(ões)? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

e) No caso de fezes de outra espécie animal, você acha que os seres vivos encontrados nessas fezes seriam ( ) da mesma espécie que no caso anterior ou ( ) de outras espécies  
 Por quê? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

12. Se depois do desaparecimento das fezes, no mesmo local surgisse um pé de morango, você comeria essas frutas? ( ) Sim ( ) Não  
 Por quê? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

13. Você acha que o pé de morango poderia ter:

( ) sido beneficiado

( ) sido prejudicado

( ) não ter sofrido influência pela presença anterior das fezes naquele local

Por quê? \_\_\_\_\_

**Obrigada por sua participação!**

## Apêndice C

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Através deste instrumento, vimos convidá-lo(a) a participar de uma pesquisa científica de uma dissertação de mestrado, sob a responsabilidade da mestranda Samanta Oliveira da Silva e orientação da Professora Dr<sup>a</sup>. Solange Xavier dos Santos.

Sua participação é voluntária e se dará por meio de duas etapas: a primeira através da resposta a um questionário com perguntas abertas e fechadas; a segunda através de uma atividade experimental e dialogada. **Todas as etapas poderão ser filmadas, fotografadas e/ou gravadas.**

A sua participação nesta pesquisa não trará nenhum risco a sua integridade física e mental. Os dados obtidos serão usados **apenas** para fins científicos, sendo assegurado total anonimato do entrevistado. Se você aceitar participar, estará contribuindo para o desenvolvimento da ciência. Você não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração por sua contribuição. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados em revistas científicas, mas sua identidade não será divulgada.

### CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Eu, \_\_\_\_\_, fui informado (a) sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação.

Por isso, concordo em participar da pesquisa, sabendo que não vou ganhar nada e que os dados da pesquisa serão analisados e publicados em revistas científicas, mas minha identidade não será divulgada.

Goiânia, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura da mestranda/pesquisadora

## Apêndice D

### SOLICITAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA CIENTÍFICA NA ESCOLA

Através do presente instrumento, solicitamos do Gestor do Colégio \_\_\_\_\_, autorização para realização da pesquisa integrante do Trabalho de Dissertação de Mestrado da mestranda Samanta Oliveira da Silva, orientada pela Professora Dr<sup>a</sup> Solange Xavier dos Santos, tendo como título provisório: **A decomposição de excrementos: uma ferramenta de educação científica e ambiental acerca da ciclagem de nutrientes.**

Parte da coleta de dados será feita através da aplicação de questionários com docentes e escolares da 3<sup>a</sup> série do Ensino Médio, além da realização de atividades práticas, conforme descrito no projeto e cronograma de execução na escola em anexo. Os dados obtidos serão usados **apenas** para fins científicos, sendo assegurado total anonimato dos entrevistados, bem como da instituição de ensino. Se você aceitar participar, estará contribuindo para o desenvolvimento da ciência e por esta razão agradecemos pela sua colaboração.

Goiânia, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

\_\_\_\_\_  
**Samanta Oliveira da Silva**  
Mestranda

\_\_\_\_\_  
**Solange Xavier dos Santos**  
Professora Orientadora

Ciente e autorizado,

\_\_\_\_\_  
Assinatura e carimbo do Gestor

## Apêndice E

### FICHA DE OBSERVAÇÃO DA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

**Colégio** \_\_\_\_\_

**Disciplina:** Biologia

**Equipe:** \_\_\_\_\_

### FICHA DE OBSERVAÇÃO SOBRE DECOMPOSIÇÃO DE EXCREMENTOS

- **Amostra:** Fezes de cavalo
- **Variáveis do Experimento**

Variáveis	Sim
Esterilizada e umedecida	<input type="checkbox"/>
Esterilizada e não umedecida	<input type="checkbox"/>
Não esterilizada e umedecida	<input type="checkbox"/>
Não esterilizada e não umedecida	<input type="checkbox"/>

- Quantos espécimes foram observados na amostra?

---



---



---



---



---

- Quantas espécies são diferentes?

---



---



---



---

- Desenhe ou fotografe as espécies e as diferencie.

# **ANEXOS**

## Anexo A

### Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências

O texto não está sendo avaliado em outros periódicos concomitantemente.

O arquivo não apresenta nenhum dado que permita a identificação dos autores

A contribuição é original, inédita e de autoria dos autores.

O arquivo para a submissão está em formato PDF; não ultrapassa 5MB; e não contém nenhuma identificação, inclusive nos metadados e autocitação.

Os manuscritos podem ser redigidos em português, espanhol ou inglês, sendo que a correção linguística é sempre de responsabilidade do(s) autor(es). É obrigatória a apresentação de um Resumo com até 250 palavras (em português) e de um Abstract (em inglês). Ambos os textos devem ser claros e seguir as normas cultas dos idiomas em que estão escritos. Isto significa que o Abstract não pode ser uma tradução literal do Resumo.

Os manuscritos submetidos a este periódico devem ter extensão de 15 a 25 páginas A4, formatadas de acordo com as orientações presentes no modelo cuja formatação pode ser realizada conforme orientações disponíveis no site <http://revistas.if.usp.br/rbpec/about/submissions#authorGuidelines>.

Ter extensão de 15 a 25 páginas A4.

Título (Calibri 16, normal, justificado, espaçamento simples, espaçamento antes 18, depois 18).

Subtítulo (Calibri 14, normal, justificado, espaçamento simples, espaçamento antes 12, depois 12)

Sub-sub-título (Calibri 13, normal, justificado, espaçamento simples, espaçamento antes 12, depois 12)

Texto (Calibri 12, normal, justificado, espaçamento simples, espaçamento antes 0 e depois 6).

#### Referências

##### *Livro*

APPLE, M.W. **Educação e poder**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1989.

##### *Para livro eletrônico*

Exemplo:

ALVES, Castro. **Navio negroiro**. [S.l.]: Virtual Books, 2000. Disponível em: <<http://www.terra.com.br/virtualbooks/freebook/port/Lport2/navionegroiro.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2002.

##### *Para quando o autor for uma entidade*

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: meio ambiente e saúde**. 3. Ed. Brasília: SEF, 2001.v.9.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Tratados e organizações ambientais em matéria de meio ambiente**. In: \_\_\_\_\_. **Entendendo o meio ambiente**. São Paulo, 1999. v. 1. Disponível em: <<http://www.bdt.org.br/sma/entendendo/atual.htm>>. Acesso em: 8 mar. 1999.

***Publicação Periódica***

REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA. Rio de Janeiro: IBGE, 1939-1933.

***Artigo periódico***

As 500 maiores empresas do Brasil. **Conjuntura Econômica**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 9, set. 1984. Edição especial.

COSTA, V. R. À margem da lei: o Programa Comunidade Solidária. **Em Pauta**: revista da Faculdade de Serviço Social da UERJ, Rio de Janeiro, n. 12, p. 131-148, 1998.

TOURINHO NETO, F. C. Dano ambiental. **Consulex**, Brasília, DF, ano 1, n. 1, p. 18-23, fev. 1997.

***Para artigo periódico eletrônico***

WINDOWS 98: o melhor caminho para atualização. PC World, São Paulo, n. 75, set. 1998. Disponível em: <<http://www.idg.com.br/>>. Acesso em: 10 set. 1998.

***Trabalho apresentado em eventos***

GOUVEIA, A.A.; LABURÚ, C.E.A aprendizagem da representação dos circuitos elétricos mediada por símbolos-ponte. In: V Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências. Baurú, 2005. NARDI, R. BORGES, O. (Orgs.) **Atas...** Baurú: ABRAPEC, 2005. (CD-ROM).

***Tese ou dissertação***

ARAUJO, U.A.M. **Máscaras inteiriças Tukúna**: possibilidades de estudo de artefatos de museu para o conhecimento do universo indígena. 1985. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo, São Paulo, 1986.

## Anexo B

### Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Online)

#### ***Formato do Manuscrito***

O manuscrito deve incluir: (1) título claro e objetivo sem abreviaturas, parênteses e fórmulas que dificultem a compreensão do conteúdo do artigo sem nome do autor (2) resumo no idioma do respectivo artigo (100-120 palavras), (3) abstract (incluindo título em inglês e resumo em inglês com 100-120 palavras), (4) três palavras-chave no idioma e em inglês do artigo, (5) texto e (6) referências bibliográficas, conforme diretrizes do site [http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/about/submissions#\\_Toc365268083](http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/about/submissions#_Toc365268083).

No caso de mais de um autor, devem ser informados as contribuições de cada autor na construção do manuscrito.

O manuscrito deve ser enviado em arquivo Microsoft Word ou compatível em formato doc ou rtf. A extensão máxima do manuscrito é de 25 páginas em papel A4, texto em fonte Times New Roman 12, espaçamento de 1,5 linhas, margens.

Margens: Topo, Base e Lado direito: 2,5 cm; Lado esquerdo: 3.8 cm).

Todas as páginas do manuscrito devem ser numeradas e conter um cabeçalho em corpo de letras Times New Roman 8 com uma identificação baseada no título. As imagens devem ser nomeadas conforme a indicação no texto, inserir figura 1, inserir foto 1, inserir tabela 1 e enviadas no documento principal, em formatos de arquivo tif ou jpg, com resolução de 300 dpi's. O uso de imagens é de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

#### **Citações**

*(OGA, 2003, p.131); Martins (1984); (BANGE; DUCROT, 1984; GLAZERBROOK et al, 1973; JONES, 1981).*

#### **Referências**

##### **Livro**

FOUREZ, G. A Construção das Ciências: introdução à filosofia e a ética das ciências. São Paulo: Editora FUNDUNESP, 1985.

##### ***Capítulo de livro***

KAPP, Silke. "Por que teoria crítica da arquitetura? - Uma explicação e uma aporia". In: MALARD, Maria Lúcia (org.). Cinco textos sobre arquitetura. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005, p. 115-167.

##### **Artigo de revista ou periódico**

LEITÃO, Cândido Mello. Papel educativo do Museu Nacional de História Natural. Revista Nacional de Educação, Rio de Janeiro, ano 1, n. 2, p. 83-86, jan/mar. 1932.

##### **Artigo de jornal**

FREITAS, Fernanda. "Areia suja: comissão vai pedir ajuda ao MP". O Globo, Rio de Janeiro, 24 jun. 2006. Caderno Cotidiano, p. 15.

### Tese ou Dissertação Acadêmica

SANTOS, V. T. Uma abordagem sobre o desenvolvimento de competências no ensino médio de química. 2003. 182f. Dissertação( Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.

### Artigo de revista eletrônica

ALVES, Castro. Navio Negreiro. Virtual Book, São Paulo, v.3, n.2, jun. 200. Disponível em: . Acesso em: 10 set. 1998.

### *Artigo de jornal eletrônico*

SILVA, Ives. Pena de morte. O Estado de São Paulo. São Paulo, 19 set. 1998. Disponível em: . Último acesso em: 10 jan. 2002.

## Anexo C

### Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias

#### Instruções gerais

Só serão aceites para avaliação os trabalhos enviados já prontos para publicação direta, e seguindo nossas regras e orientações. São aceites como línguas espanhol, português, catalão, basco, galego, francês, italiano e inglês. O trabalho não deve exceder um total de 25 páginas. Enviar arquivos no formato do Word 97-2003 (.doc) não no formato do Word posterior (docx). No início do trabalho deve ser incluído e nesta ordem: título, autores, filiação, e-mail, resumo de não mais de 200 palavras e lista de palavras-chave. Então, no caso da língua não é inglês, versão nesta língua do título (Title), resumo (Abstract) e palavras-chave (Keywords).

Remova toda marca de parágrafo que não correu para fim de parágrafo, todo espaçado não separar palavras, números ou outros símbolos incluindo tabelas. Revisão final do parágrafo para eliminar espaçados não desnecessários.

Não pode ser usado para destacar texto formatos de fonte (capitalização, itálico, negrito) que são reservados. Usar letras maiúsculas e minúsculas de acordo com as regras de ortografia

Evitar abreviaturas no texto e não utilizar em títulos, bem como termos específicos para um contexto ou país sem explicação do seu significado para outros leitores.

Não use notas para o pé, ou quadros de texto ou marcadores, classificar com letras ou números (a), (b)... ou 1), 2)...

Use o Word editor de equações se for caso disso. Referências a artigos ou livros aparecerão no texto entre parênteses, indicando o nome do autor ou autores e o ano da edição, separados por uma vírgula.

Se necessário, inclua confirmações em uma seção justa antes das referências.

#### Configurar página

Margem superior 2.4. Margens inferior, esquerda e direita 3. Cabeçalho 1.4. Rodapé 1.25.

Cabeçalho de páginas: Fonte 10 Verdana itálico, parágrafo com uma borda inferior, recuo esquerdo e direito 0, espaçamento antes e depois 0, espaçamento entre linhas simples.

Pé das páginas: numeração em Verdana 10 centralizado, recuo esquerdo e direito 0, espaçamento antes e depois 0, espaçamento entre linhas simples.

Título: Verdana 14 negrito centralizada, espaçamento antes 24 e depois 12. Sangramento especial primeira linha nenhum.

Nome e sobrenomes dos autores: Verdana negrito 11 centralizado, espaçamento antes 0 e depois 12. Sangramento especial primeira linha nenhum.

Filiação e endereço de e-mail dos autores: Verdana 10 espaçamento antes 0 e depois 12. Espaçamento entre linhas simples. Sangramento especial primeira linha 0.50 cm. Breve instituição e país sem endereço postal. Dados separados de cada autor por vírgulas. Ponto e seguido separa dados de diferentes autores.

Resumo: em um único parágrafo sem pontos e distante. Usar letras maiúscula depois de dois pontos. Fonte Verdana 11. Parágrafo espaçamento antes 0 e depois 12, espaçamento entre linhas simples, sangramento primeira linha 0.50 cm.

Palavras-chave: em um único parágrafo sem pontos e distante. Use letras minúsculas após dois pontos. Fonte Verdana 11. Parágrafo espaçamento antes 0 e depois 12, espaçamento entre linhas simples, sangramento especial primeira linha 0.50 cm.

Title: em um único parágrafo sem pontos e distante. Fonte Verdana 11. Parágrafo espaçamento antes 0 e depois 12, espaçamento entre linhas simple, sangramento primeira linha 0.50 cm.

Abstract: em um único parágrafo sem pontos e distante. Usar letras maiúscula depois de dois pontos. Fonte Verdana 11. Parágrafo espaçamento antes 0 e depois 12, espaçamento entre linhas simples, sangramento primeira linha 0.50 cm.

Keywords: em um único parágrafo sem pontos e distante. Use letras minúsculas após dois pontos. Fonte Verdana 11. Parágrafo espaçamento antes 0 e depois 12, espaçamento entre linhas simples, sangramento especial primeira linha 0.50 cm.

Títulos de apartados em minúsculas. Fonte Verdana 11 negrito. Parágrafo alinhamento justificado, espaçamento antes 12 e depois 6, espaçamento entre linhas simples, sangramento especial de primeira linha 0.50 cm.

Títulos de subseções em itálico. Fonte Verdana 11. Parágrafo alinhamento justificada, espaçamento antes e depois 6, sangramento especial de primeira linha 0.50 cm espaçamento entre linhas simples.

Parágrafos textuais se são pequenos podem ser colocadas em um texto entre aspas e se são maiores no ponto distante com 1 cm sangramento esquerdo e sangramento especial de primeira linha 0.50 cm. Não use itálico. O resto do texto: Fonte Verdana 11. Parágrafo alinhamento justificado, espaçamento antes 0 e depois 6, espaçamento entre linhas simples, sangramento especial de primeira linha 0.50 cm. Entre páginas e somente se não há nenhuma outra solução usar quebra de página.

### **Tabelas e figuras**

Qualquer elemento não é apresentado como uma tabela em formato Word deve ser incluído como contido em formato JPG, BMP ou GIF com resolução mínima aceitável para ver claramente o seu conteúdo.

Não podem ser incluídos em mais de uma página ou com uma fonte Verdana inferior a 10. Eles devem centrar-se e deixam um espaço anterior equivalente a 18 entre tabela ou figura e acima. Ajuste à janela. Usar em tabelas e figuras recuo esquerdo e direito 0, espaçamento antes e depois 0, espaçamento de linha única. Homogeneizar tabelas, por exemplo na fonte. Não use fonte especial exceto negrito cabeçalho. Não exceda as margens.

As tabelas em Bordas usar grade com linha de estilo contínua de largura 1 ponto e Sombreamento com preenchimento sem cor, em Alinhamento de células no canto superior esquerdo, Autoajuste para janela e em Propriedades não especificar ou indicar a altura preferencial ou largura.

Tabelas e figuras devem ter o seu pé explicativa correspondente, para ser numerados e citada no texto (Tabela 1, Figura 1,...).

Pés: Fonte Verdana 10. Parágrafo alinhamento justificado se é mais que uma linha, se não centralizado, espaçamento antes 6 e depois 12, espaçamento entre linhas simples, sangramento especial de primeira linha 0.50 cm.. Não usar abreviaturas (exemplo Fig. 1 ou Tab. 1) mais a palavra completa (exemplo Figura 1 ou Tabela 1).

### **Referências**

Verifique se todas as referências estão completas, incluindo páginas. Seguir rigorosamente todas as instruções para referências (itálico, pontos, vírgulas, entre parênteses, maneira de mencionar o volume, número e páginas,...). Não use letras maiúsculas. Use termos sob medidos para o idioma do trabalho (espanhol "e", "en"...; português "e", "em"...; "em", "e"... de inglês; francês "et", "in",...).

### ***Livros***

Lüdke, M. E., e André, D. A. (1986). Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU.

### ***Capítulos de livro***

Giroux, H., e MacLaren, P. (1995). Por uma pedagogia crítica da representação. En T.T. da Silva y A.F. Moreira (Eds.), Territórios contestados: o currículo e os novos mapas políticos e culturais. (pp.144- 158). Petrópolis: Vozes.

### ***Artigos de revistas***

Zanon, D. A. V., Almeida, M. J. P. M., e Queiroz, S. L. (2007). Contribuições da leitura de um texto de Bruno Latour e Steve Woolgar para a formação de estudantes em um curso superior de química. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 6(1), 56-69. Recuperado de: <http://reec.educacioneditora.org/>.

### ***Anexos***

Os anexos devem ser separados primeiro anexo com quebra de página. Eles apenas devem ser um cabeçalho de exposição. Numera-los e citá-los no texto. Tipo de letra Verdana 10 e espaçamento antes e depois 0. Siga as restantes regras de publicação.