

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

ICEB – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas
MPEC – Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

Derli Barbosa dos Santos

**O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO POR MEIO DE
ARTIGOS CIENTÍFICOS: PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM
PARADIDÁTICO ELABORADO POR TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA**

Ouro Preto – Minas Gerais
Julho - 2018

Derli Barbosa dos Santos

**O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO POR MEIO DE
ARTIGOS CIENTÍFICOS: PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM
PARADIDÁTICO ELABORADO POR TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: Biologia

Orientador: Prof. Dr. Leandro Márcio Moreira

Ouro Preto – Minas Gerais
Julho - 2018

S591d Santos, Derli Barbosa dos.
O desenvolvimento do pensamento científico por meio de artigos científicos [manuscrito]: produção e avaliação de um paradidático elaborado por transposição didática / Derli Barbosa dos Santos. - 2018.
137f.: il.: color; grafs; tabs; Quadro.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Márcio Moreira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.
Área de Concentração: Ensino Básico e Educação Superior (Física, Química, Biologia).

1. Ciências (Ensino fundamental). 2. Didática. 3. Publicações científicas. I. Moreira, Leandro Márcio. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 37.015:5



UFOP
Universidade Federal
de Ouro Preto

Ministério da Educação
Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências



MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE CIÊNCIAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos seis dias do mês de julho do ano de dois mil e dezoito, na Sala de Multimídia do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB) desta Universidade, às 10 horas e 00 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta por Prof. Dr. Leandro Márcio Moreira, orientador e presidente da banca, Prof.^a Dr.^a Paulina Maria Maia Barbosa, membro externa ao Programa, e Prof.^a Dr.^a Uyrá dos Santos Zama, membro interna ao MPEC. A reunião teve por objetivo julgar o trabalho do aluno Derli Barbosa dos Santos, intitulado "*O desenvolvimento do pensamento científico por meio de artigos científicos: produção e avaliação de um paradidático elaborado por transposição didática*".

Em sessão pública, os trabalhos foram abertos pelo presidente da banca. A seguir, foi dada a palavra ao estudante para apresentação do trabalho. Em seguida, cada examinador(a) arguiu o examinado. Terminadas as arguições, procedeu-se o julgamento do trabalho, concluindo a banca examinadora por sua:

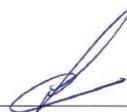
Aprovação.

Aprovação com ____% de aproveitamento, condicionada à entrega de revisão proposta pela banca em até 60 (sessenta) dias.

Reprovação.

Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pelos membros da banca examinadora e pelo candidato.

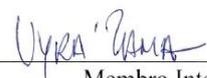
Ouro Preto, 06 de julho de 2018.



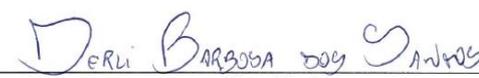
Presidente



Membro Externa



Membro Interna



Candidato

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”.

(Isaac Newton)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, fonte de inspiração e força nos momentos em que precisei me reerguer das situações mais difíceis nesta caminhada chamada “vida”.

À Luciene, fiel companheira, que compreendeu pacientemente todas as minhas ausências durante o mestrado, tanto físicas quanto mentais.

Ao Arthur, meu filho, capaz de alegrar cada instante com a sua disposição e sempre pronto a me receber de braços abertos.

À Irani, minha mãe, por me apoiar e acreditar na possibilidade de realização de cada um dos meus sonhos.

Ao Antenor, meu pai, homem sábio que me ajudou a compreender como seguir adiante quando parecia não haver caminho.

Ao Alex, meu irmão, por sempre entrar em contato e falar uma palavra de carinho.

Ao Professor Dr. Leandro Moreira, professor orientador, parceiro nesta empreitada, que acreditou no meu potencial e contribuiu valiosamente no desenvolvimento de todas as propostas.

Ao Kleber, professor e amigo, que me ajudou a acreditar neste sonho e me motivou a seguir este caminho.

Aos meus familiares e amigos, que sempre estiverem presentes nos momentos bons e ruins.

À Christiane, diretora escolar, por acreditar na minha capacidade e me possibilitar novas experiências profissionais.

Aos meus alunos, motivo pelo qual sempre busquei novos conhecimentos pedagógicos.

Ao professor Dr. Fábio Silva, pelos incentivos e elogios durante o mestrado.

Aos professores do MPEC, pelos ensinamentos e conhecimentos que muito contribuíram com o exercício da minha profissão.

Aos professores Dr. Marcos e Dr. Guilherme, pelas contribuições a este trabalho durante a banca de qualificação.

Às professoras Dra. Uyrá e Dra. Paulina, pela prontidão em aceitar o convite para a banca de defesa.

Ao Lucas, secretário do programa, pelo rápidos e eficientes atendimentos.

Aos colegas de mestrado, pela parceria e troca de experiências. Obrigado!

RESUMO

É notável o aumento no número de pesquisas na área de ensino de ciências. Entre os resultados obtidos, percebe-se a necessidade de mudança nas práticas docentes. Essa necessidade ocorre devido à grande quantidade de dificuldades apontadas para o ensino, dificuldades estas relacionadas aos conteúdos, às metodologias utilizadas pelos professores, à grande quantidade de conceitos, ao professor como fonte soberana de conhecimento, ao estudo de forma exclusivamente livresca e sem interação com fenômenos naturais e/ou tecnológicos. A utilização de textos de divulgação científica tem sido sugerida como capaz de complementar o uso de materiais educativos tradicionais e com potencial para trazer uma série de benefícios durante o ensino de ciências, levando à superação destas dificuldades. Por esse motivo, este trabalho teve como foco a produção e avaliação de um livro paradidático para o ensino de ciências, elaborado por transposição didática de textos de divulgação científica. A transposição didática é a mudança feita em um texto, trocando termos complexos e frases pouco compreensíveis por sinônimos e frases mais simples, escritas com maior clareza e passível de compreensão pela maior parte da população. Por meio desse processo é possível fazer um uso didático de textos de divulgação. Para que se organizasse o livro de uma forma clara e objetiva, optou-se por seguir a sequência proposta pela dinâmica de ensino dos “Três Momentos Pedagógicos”. Esta é dividida em três etapas de ensino/aprendizagem: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Após a produção do material, foi feita uma avaliação sob dois aspectos: avaliação do potencial de utilização do livro de acordo com a estrutura que possui e avaliação por professores de ciências. De acordo com a estrutura do livro avaliou-se que o mesmo tem potencial para ser utilizado para o ensino de ciências, uma vez que é composto por textos de divulgação científica e várias pesquisas sobre o uso de textos desta natureza apontam benefícios advindos dessa prática. Além disso, as pesquisas apontam que o uso de textos precisa estar vinculado a uma sequência pedagógica que permita explorar o material de forma adequada e, nesse sentido, o livro foi organizado segundo uma sequência pedagógica. Por fim, os resultados das pesquisas indicam que se deve ter cuidado ao transpor um texto para fins didáticos, evitando-se a supressão, acréscimo ou distorção nas informações e, por isso, foi feita uma transposição didática nos artigos originais tendo-se o cuidado de colocar o texto numa linguagem mais simples sem, com isso, excluir informações essenciais. Do ponto de vista de professores de ciências pode-se considerar o livro paradidático produzido como útil para o ensino de ciências. Isso porque praticamente todos os aspectos avaliados pelos professores obtiveram resultados positivos.

Palavras-chave: Ensino de Ciências, Transposição Didática, Textos de Divulgação Científica, Paradidático.

ABSTRACT

It is notable the increase in the number of researches in the area of science education. Among the results obtained, one can see the need for a change in teaching practices. This need occurs due to the great number of difficulties pointed out to the teaching, difficulties related to the contents, the methodologies used by the teachers, the large number of concepts, the teacher as a sovereign source of knowledge, the study exclusively book-free and without interaction with natural and / or technological phenomena. The use of texts of scientific divulgation has been suggested as able to complement the use of traditional educational materials and with the potential to bring a series of benefits during the science teaching, leading to the overcoming of these difficulties. For this reason, this work focused on the production and evaluation of a paradidactic book for the teaching of sciences, elaborated by didactic transposition of texts of scientific divulgation. The didactic transposition is the change made in a text, changing complex terms and little understood sentences by simpler synonyms and phrases, written with greater clarity and comprehensible by the majority of the population. Through this process it is possible to make a didactic use of dissemination texts. In order to organize the book in a clear and objective way, it was decided to follow the sequence proposed by the teaching dynamics of the "Three Pedagogical Moments". This is divided into three stages of teaching / learning: initial problematization, organization of knowledge and application of knowledge. After the production of the material, an evaluation was made under two aspects: evaluation of the potential of using the book according to the structure that it has and evaluation by science teachers. According to the structure of the book it has been evaluated that it has the potential to be used for science teaching, since it is composed of texts of scientific dissemination and several researches on the use of texts of this nature point out benefits derived from this practice. In addition, the researches point out that the use of texts must be linked to a pedagogical sequence that allows to explore the material in an appropriate way and, in this sense, the book was organized according to a pedagogical sequence. Finally, research results indicate that care must be taken when transposing a text for didactic purposes, avoiding the suppression, addition or distortion of the information and, therefore, a didactic transposition was done in the original articles, taking care of putting the text in a simpler language without, therefore, excluding essential information. From the point of view of science teachers one can consider the paradidactic book produced as useful for the teaching of sciences. This is because practically all the aspects evaluated by the teachers have obtained positive results.

Keywords: Science Teaching, Didactic Transposition, Scientific Dissemination Texts, Paradidactic book

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** ilustração das modificações ocorridas nos tipos de saberes em cada instituição durante a transposição didática e da relação entre professor, aluno e conhecimento.....25
- Figura 2:** Mapa hierárquico relacionado ao primeiro texto presente no livro paradidático. Cita os principais conceitos que podem ser trabalhados com a leitura do texto.....37
- Figura 3:** Exemplo de texto de divulgação científica transposto didaticamente que permite uma problematização inicial para estudo de um novo conceito científico.....42
- Figura 4:** Exemplo de atividade subsequente ao texto que solicita o estudo de conceitos importantes para a compreensão do manuscrito.....42
- Figura 5:** Exemplo de atividade multidisciplinar encontrada no material produzido.....43
- Figura 6:** Exemplo de atividade encontrada no livro que estimula a aplicação do conhecimento a partir da leitura de um novo texto.....43
- Figura 7:** Exemplo de gráfico, presente no livro paradidático, que ilustra os resultados da pesquisa citados num dos textos.....44
- Figura 8:** Imagem presente no livro que detalha explicações.....45

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Textos de divulgação científica encontrados no livro “Alfabetização Científica”36

Quadro 2: Exemplos de aplicação das regras da transposição didática na produção de textos do livro “Alfabetização Científica”40

Tabela 1: Frequência de respostas observadas no questionário de avaliação do livro paradidático "Alfabetização Científica"45

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO – SOBRE QUEM ESCREVE E DE ONDE ESCREVE	13
INTRODUÇÃO	16
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	21
A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E OS TDC's NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	23
A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA	25
OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS	30
OBJETIVOS	33
OBJETIVO GERAL.....	33
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
HIPÓTESE.....	33
PROBLEMA DE PESQUISA	33
METODOLOGIA.....	34
PRODUÇÃO DO LIVRO PARADIDÁTICO	34
PROPOSTA DE ANÁLISE DO LIVRO PARADIDÁTICO	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
POTENCIAL DO LIVRO PARADIDÁTICO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS..	38
ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS	48
CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICE	58
Apêndice I: Livro “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola”	58
ANEXOS	118
Anexo I: Artigo publicado pelo mestrando durante o programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências	118

Anexo II: Comprovante de submissão do livro “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola” para avaliação/publicação..... 135

Anexo III: Comprovante de aprovação em edital para edição e publicação do Livro “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola”. 137

APRESENTAÇÃO – SOBRE QUEM ESCREVE E DE ONDE ESCREVE

Minha trajetória na área de ensino de ciências se iniciou cedo, quando ainda bem jovem já me enxergava como professor. Desde a antiga quinta série do ensino fundamental, quando tive os primeiros contatos com a disciplina específica de ciências da natureza, comecei a me preparar para ensinar e aprender sobre o mundo científico. Sempre que compreendia algo complicado e via que colegas de sala ainda demonstravam dúvidas, procurava uma estratégia diferente daquela utilizada pelo professor para tentar esclarecer o assunto estudado.

A motivação para me tornar professor cresceu ainda mais no final do primeiro ano do ensino médio. Um ano espetacular no meu percurso como estudante. Os primeiros contatos com a química, a física e a biologia. Esta última cheia de desafios e novidades ainda não discutidas no ensino fundamental e com um professor que inspirava sabedoria e conhecimento. Tal professor, no fim do ano letivo, me presentou com um livro de biologia, no qual escreveu a seguinte frase: “Um dia o mestre se tornará discípulo, e o discípulo mestre.” A vontade de ensinar ciências se tornou sonho.

Em 2009 iniciei o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas no Instituto Federal Goiano – Campus de Rio Verde – Goiás. Um ano depois já estava em sala de aula, lecionando, em virtude da falta de professores na região. No início da profissão, o choque de realidade. Poucos recursos, escola sem estrutura, falta de experiência e de preparação para enfrentar as dificuldades impostas por uma sala de aula com, frequentemente, quase quarenta alunos. Jamais pensei em desistir.

Em 2012 comecei a trabalhar numa escola referência na cidade de Rio Verde - GO. Muita coisa mudou, e para melhor. Era o último ano da licenciatura, mais conhecimento adquirido, algum tempo de experiência em sala de aula e numa instituição com métodos de trabalho já consolidados. Ali pude me enxergar como um verdadeiro professor e passei a ter uma outra visão do que é uma sala de aula.

O ano de 2013 foi um ano triste. Marcado por perdas importantes que me fizeram refletir sobre a vida e sobre novos caminhos a seguir. No fim deste ano resolvi me desligar da escola na qual lecionava para ir “em busca de novos ares.” Após essa decisão prestei o concurso para professores na cidade de Itabirito – Minas Gerais, no qual fui aprovado e convocado para iniciar o estágio probatório em fevereiro de 2014.

A cidade de Itabirito – MG tem uma economia baseada na exploração de minério e muitas empresas voltadas para esse setor comercial se instalam frequentemente na

região. Devido as recentes políticas ambientais, muitas destas empresas desenvolvem atividades e projetos de educação ambiental nas escolas. Como professor de ciências fui inúmeras vezes convidado a coordenar projetos nessa área e a participar de cursos de formação oferecidos por diferentes instituições. O contato com os projetos de educação ambiental me estimulou a buscar mais conhecimento nesta área.

Em 2015 fiz uma Pós-Graduação em Educação Ambiental e Sustentabilidade. Tanto os projetos e cursos dos quais participei, quanto a pós-graduação, me levaram a alguns questionamentos: não seria possível ensinar ciências sem a desgastante repetição de conceitos imposta pelos livros didáticos? Teria como utilizar problemas socioambientais como ponto de partida para o ensino de ciências? Seria possível levantar situações reais para, a partir delas, discutir conceitos científicos inerentes? Dá para ensinar ciências por meio de projetos?

Durante a especialização em educação ambiental e sustentabilidade conheci o Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Me inscrevi para o processo seletivo deste programa apresentando uma proposta de pesquisa na qual buscava responder exatamente alguns dos questionamentos levantados durante a pós-graduação. Ao ser aprovado e iniciar as atividades do programa, meu orientador, Dr. Leandro Márcio Moreira, sugeriu uma proposta de trabalho a ser desenvolvida muito parecida com o que propunha o anteprojeto outrora escrito.

Durante o mestrado, professor Leandro e eu desenvolvemos um livro paradidático composto por textos de comunicação científica transpostos didaticamente. Cada texto apresenta pesquisas reais que foram feitas em diferentes lugares do planeta. Estas pesquisas são baseadas, obviamente, em conceitos científicos que muitas vezes são estudados na escola e que os alunos não sabem nem para que servem. Muitos professores de ciências, inclusive, não sabem para que vários conceitos que são ensinados servem. O livro produzido possibilita, então, que alunos e educadores tenham contato com a aplicação do conhecimento científico e passem a perceber a importância dos conceitos para o desenvolvimento de uma série de pesquisas acadêmicas.

A ideia central de utilização do livro produzido durante o mestrado é levar professores de ciências a ensinar e aprender conceitos a partir de situações reais (pesquisas realizadas) que necessitam do uso de conhecimentos adquiridos rotineiramente na escola.

O trabalho a seguir descrito apresenta os caminhos que levaram à produção de um livro paradidático e como tal livro pode ser aproveitado para a ampliação de conhecimentos científicos de alunos da educação básica.

INTRODUÇÃO

No Brasil, as pesquisas relacionadas ao ensino de ciências vêm tendo um aumento considerável nos últimos anos, sobretudo em virtude do avanço da pós-graduação nessa área, que vem se expandindo e possibilitando a formação de pesquisadores e professores de ciências. Essa informação é consolidada observando-se o crescimento no número de dissertações e teses defendidas na área de ensino de ciências (TEIXEIRA e MEGID NETO, 2012).

Os resultados de várias das pesquisas realizadas indicam uma série de dificuldades ao se ensinar ciências, a se destacar:

- conteúdos complexos para os alunos e muitas vezes para os próprios professores, por vezes despreparados e inseguros para abordar determinados assuntos;
- metodologias utilizadas pelos professores, há muito discutidas, desde a fragilidade de métodos tradicionais até a dificuldade em se adotar métodos contemporâneos;
- grande quantidade de conceitos;
- professor como fonte soberana de conhecimento;
- estudo de forma exclusivamente livresca e sem interação com fenômenos naturais e/ou tecnológicos (ALMEIDA e LOPES, 2014; VIECHENESKI, LORENZETTI e CARLETTO, 2012).

Além do supracitado, tem sido consenso entre muitos pesquisadores que algo que tem acontecido em muitas escolas é um ensino de ciências desvinculado da realidade social, desmotivador e reprodutor de conceitos. Na contramão desta perspectiva, nota-se um número crescente de descobertas científicas fascinantes, com novas informações e conhecimentos, que, muitas vezes, sequer os temas relacionados são estudados pelos alunos. Para superar esses desafios e proporcionar aos educandos um ensino de qualidade, com informações atualizadas e motivadoras, cabe ao professor a responsabilidade de se manter atualizado e preparado para compartilhar com os alunos essas novas informações, muitas vezes impossibilitado pelo volume de atribuições docentes associadas (SILVA JUNIOR e BARBOSA, 2009). O docente deve, ainda, aprofundar conceitos científicos com os alunos e relacioná-los com as vivências do educando, tornando a aprendizagem produtiva e significativa (AUSUBEL, 2003).

Os resultados acima mencionados demonstram o quão necessário é ocorrerem mudanças na forma como o ensino de ciências é praticado nas escolas, com o intuito de que esse ensino seja capaz de proporcionar aos alunos a apropriação dos conhecimentos científicos, condição básica para a formação cidadã (PEREIRA, 2015).

Este trabalho tem o objetivo de apresentar formas de se superar algumas das dificuldades citadas para o ensino de ciências e evidenciadas em diferentes publicações e pesquisas na área. Para tanto, buscou-se informações sobre metodologias que possam melhorar os processos de ensino/aprendizagem e uma infinidade de propostas e estratégias foram encontradas. Entre os métodos descobertos, destaca-se o uso de textos de divulgação científica no ensino. A divulgação científica, segundo Bueno (2009, p. 162) compreende a utilização de recursos, técnicas, processos e produtos (veículos ou canais) para a veiculação de informações científicas, tecnológicas ou associadas a inovações ao público leigo.

O uso de textos de divulgação científica (TDC) no ensino de ciências vêm sendo uma estratégia metodológica utilizada para complementar o uso de materiais pedagógicos tradicionais (FERREIRA, IMASATO e QUEIROZ, 2012). A inclusão de informações atualizadas, por meio desse tipo de texto, pode ser uma forma eficaz de solucionar alguns dos problemas de ensino/aprendizagem já citados. Como afirmam Martins et al. (2001, p. 02), o uso desse tipo de texto de forma ampliada possibilita “acesso a uma maior diversidade, e até divergência de informações; o desenvolvimento de habilidades de leitura e o domínio de conceitos, de formas de argumentação e de elementos da terminologia científica.” Desse modo, o ensino/aprendizagem de ciências deixa de ser meramente uma repetição de definições, transformando-se num momento de construção de conhecimento.

Selecionar artigos científicos de qualidade, que disponibilizem informações atuais e possibilite um relacionamento dessas informações com conceitos científicos é reconhecido aqui como um dos caminhos para o professor melhorar a qualidade do ensino e para o aluno aumentar o nível de conhecimento na área científica. No entanto, alguns problemas são observados nesse processo. O primeiro deles é que o profissional docente é encarregado de grande número de tarefas, tanto dentro quanto fora do ambiente escolar. Isto pode ser resolvido disponibilizando-se materiais de apoio didático para o professor que contemplem a utilização de textos de divulgação científica recentes. Um segundo problema está relacionado à linguagem adotada nos TDC's.

Os textos de divulgação científica utilizam-se, muitas vezes, de uma linguagem voltada especialmente para um público específico, geralmente especialistas que se dedicam a estudar temas correlacionadas ao proposto no artigo publicado. Tendo como fim o uso dos TDC's para o ensino de ciências, no qual o público alvo não está ainda totalmente habituado com textos dessa natureza, existe a necessidade de se fazer adaptações na linguagem, por meio de simplificações, dispensando o uso de linguagem esotérica e recorrendo a termos comuns, que facilitem o entendimento do artigo inicialmente publicado (FERREIRA e QUEIROZ, 2012). Este segundo problema pode ser resolvido fazendo-se uso do conceito de transposição didática. A transposição didática é a realização de modificações em um determinado saber, produzido pelos cientistas, por meio de um processo de didatização, para que este saber seja utilizado em salas de aula (CHEVALLARD, 1991).

De acordo com Chevallard (1991), a transposição didática pode ser um instrumento de análise do processo pelo qual o saber produzido pelos cientistas foi transformado naquele usado para o ensino nas escolas. Segundo este autor, existem três tipos de saberes que se diferenciam no processo de transposição didática:

- o saber científico: produzido no âmbito das universidades, por meio de pesquisas e novas descobertas.
- o saber a ser ensinado: é o saber científico moldado, transformado num saber didatizado, pronto para ser discutido em salas de aula. Esta transformação ocorre num espaço denominado noosfera (instituição invisível que realiza a transposição didática externa, primeiro momento da transposição).
- o saber ensinado: quando o saber a ser ensinado torna-se um saber ensinado no momento em que o professor, no ambiente escolar, realiza o segundo momento da transposição didática, denominado transposição didática interna. Nessa etapa o professor ainda tem a liberdade de fazer novas adaptações no saber, tornando-o ainda mais compreensível de acordo com os conhecimentos que os alunos possuem.

Neste trabalho, destaca-se o uso da transposição didática externa, que ocorre na Noosfera. Esta instituição invisível é composta de pedagogos, professores, especialistas em educação e áreas afins que buscam entender o saber científico e transforma-lo em um saber a ser ensinado, com uma linguagem mais acessível e que possa ser utilizado no ensino de ciências (CHEVALLARD, 1991). Ensino de ciências esse que tem sido nada

mais que um processo de memorização de conceitos, no qual o estudante aprende os termos científicos, mas não é capaz de apreender o significado de sua linguagem (SANTOS, 2007). Por isso, não basta realizar uma transposição didática e inserir textos de divulgação científica no ensino de ciências, existe a necessidade de estruturar o estudo desses textos dentro de uma dinâmica de trabalho que os torne compreensíveis e capazes de estimular a busca pelo conhecimento e pelo aprofundamento no saber científico. Diante desta percepção buscou-se uma metodologia de ensino próxima do que propõe este trabalho e encontrou-se a dinâmica didático-pedagógica conhecida como “Os Três Momentos Pedagógicos”.

A dinâmica didático-pedagógica conhecida como “Os Três Momentos Pedagógicos” proposta e discutida inicialmente por Demétrio Delizoicov no ano de 1982 (MUENCHEN e DELIZOICOV, 2012) é aqui entendida como uma ferramenta de ensino que contribui para o processo de ensino-aprendizagem de ciências por meio do estudo de textos de divulgação científica. Acredita-se que à medida que se realiza transposição didática em um TDC, existe a necessidade de delinear um percurso de trabalho que leve, não somente à leitura do texto, mas ao entendimento das informações ali presentes por meio do diálogo e da busca e compreensão de novas informações. É necessário, além disso, aplicar os conhecimentos adquiridos, confirmando e verificando o quanto o texto pode ser capaz de auxiliar na formação de um cidadão crítico, capaz de discutir e formar pontos de vista a respeito de diferentes temáticas. O percurso de trabalho sugerido pelos três momentos pedagógicos atende a essa perspectiva.

Nos três momentos pedagógicos o processo de ensino-aprendizagem é dividido em três etapas: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

- A problematização inicial é o momento no qual se apresentam questões, situações reais, descobertas e outras informações advindas do cotidiano do educando. Nesse primeiro momento o aluno se defronta com novas informações durante a discussão de um tema e isso provoca em cada um a necessidade de adquirir outros conhecimentos que vão além dos que já possuem.
- A organização do conhecimento é o momento no qual os discentes, sob orientação do professor, vão estudar os conceitos e termos necessários para uma melhor compreensão dos temas abordados na problematização inicial.

- A aplicação do conhecimento é a etapa na qual o conhecimento que o aluno adquiriu é abordado sistematicamente, de tal modo que o aluno possa analisar e interpretar, tanto as situações iniciais quanto outras que possam ser discutidas e compreendidas pelo mesmo conhecimento (MUENCHEN e DELIZOICOV, 2012).

Fazendo-se uso da transposição didática tem-se o objetivo de disponibilizar aos professores de ciências do ensino médio um livro paradidático que contenha textos de divulgação científica estruturados de acordo com a dinâmica didático-pedagógica denominada de Três Momentos Pedagógicos. A expectativa sobre esta produção é a de que venha a facilitar o trabalho do professor e a despertar o interesse dos mesmos para o uso de novas metodologias de ensino. Esta proposta se baseia no seguinte questionamento: é possível transpor textos de comunicação científica, tornando-os textos didáticos, organizá-los segundo a metodologia de ensino denominada de três momentos pedagógicos, e disponibilizar para professores de ciências do ensino médio?

Tendo em vista os objetivos desta proposta, o trabalho foi organizado da seguinte forma: a introdução contextualiza as dificuldades encontradas no ensino de ciências e apresenta uma estratégia que possa ser capaz de proporcionar benefícios para os processos de ensino/aprendizagem. Além disso, na introdução é citado brevemente como é possível fazer uso de textos de divulgação científica no ensino de ciências. O capítulo 1 aborda sobre o conceito de divulgação científica, diferenciando de outros conceitos parecidos, como o de comunicação científica. No mesmo capítulo há um destaque para o uso de textos de divulgação científica no ensino de ciências. No segundo capítulo discute-se sobre o conceito de transposição didática como base para a utilização de TDC's no ensino de ciências, uma vez que há a necessidade de transpor o conhecimento científico para uma linguagem mais acessível. No capítulo 3 são citadas as principais ideias que permeiam a estratégia metodológica conhecida como os “três momentos pedagógicos”, entendendo esta metodologia como ideal para se estruturar uma proposta de ensino que se baseia no uso de TDC's. O capítulo 4 destaca as metodologias utilizadas para a elaboração de textos de divulgação científica e para a produção de um livro paradidático composto por estes textos e por atividades multidisciplinares. Ainda no capítulo 4 são abordados os métodos utilizados para se avaliar a qualidade e as potencialidades do livro produzido para o ensino de ciências. Por fim, no quinto capítulo uma breve análise do material produzido e os resultados de uma avaliação realizada por pares é apresentada.

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

A divulgação científica é entendida pela maioria das pessoas como a publicação de textos de conhecimento científico com uma linguagem adaptada para o público leigo. Entretanto, existem outras formas de divulgação científica, voltada para outros públicos, inclusive de cientista para cientista, e uma definição única para o termo “divulgação científica” pode ser por si só equivocada (SILVA, 2006). Partindo desse princípio, Rocha e Souza (2015, p. 127) afirmam que “o principal objetivo da divulgação científica (DC) é garantir o acesso da população aos conhecimentos científicos e tecnológicos, considerando a relevância dos impactos da ciência e da tecnologia na sociedade e no ambiente”. Desse modo, esses pesquisadores não definem o que é DC, mas apresentam um objetivo pelo qual ela deve acontecer.

Há uma grande necessidade em se divulgar trabalhos científicos. É por meio desse processo que são apresentados os resultados de uma pesquisa/descoberta e desta forma são justificados os investimentos que são feitos em pesquisas. Por isso, o pesquisador não se preocupa em escrever com linguagem compreensível para o público em geral, mas sim para um público específico, relacionado à sua linha de pesquisa e que vai dar respaldo para o seu trabalho (GUIMARÃES, 2009). Com isso, muitos interessados nos resultados das pesquisas científicas não conseguem compreender o que está sendo divulgado e como a nova pesquisa ou descoberta pode impactar a sociedade.

Desse modo existe a necessidade de fazer com que a divulgação científica não seja somente para especialistas, mas seja popularizada, de modo que a sociedade em geral possa participar do desenvolvimento científico e tecnológico e possa ser crítica quando se trata deste assunto. Aqui, a palavra popularizada parte do conceito de Germano e Kulesza (2007, p. 20), que afirmam que popularizar é “colocar no campo da participação popular e sob o crivo do diálogo com os movimentos sociais. É converter ao serviço e às causas das maiorias e minorias oprimidas numa ação cultural”.

A sociedade atual é extremamente dependente da ciência e da tecnologia e, espera de ambas, vários aspectos para um bem-estar social e, por esse motivo, o conhecimento científico e tecnológico vem sendo encaminhado pelo próprio interesse social. Considerando um conjunto de relações político-enunciativas entre Estado, cientista, sociedade e mídia, a circulação do conhecimento deve ser considerada como elemento do processo de produção do próprio conhecimento. Dessa forma, existe um debate para

entender como a divulgação científica é influenciada por vários fatores externos – política, sociedade, mídia (GUIMARÃES, 2009).

A divulgação científica se iniciou juntamente com a ciência moderna, por volta do século XVIII, apesar de ter uma amplitude maior e ser mais difundida contemporaneamente, devido as tecnologias de informação. Na época, anfiteatros europeus se enchiam para assistir a demonstrações de diferentes fenômenos científicos, palestras eram realizadas e/ou divulgadas em veículos impressos, livros eram produzidos, inclusive voltados para o público infantil, e esse tipo de publicação se parecia muito com o que existe atualmente. Nessa mesma época surgia a ciência moderna. Esta foi se institucionalizando, a atividade científica foi aos poucos se profissionalizando e com isso, o público “especializado”, capacitado para compreender a linguagem científica, foi aumentando. No século XVIII ainda não existia claramente uma diferenciação entre cientistas, produtores do conhecimento, divulgadores e público, leitor e consumidor desse conhecimento. No entanto, a própria profissionalização do trabalho científico foi causando uma tensão por essa diferenciação. A partir daí a interlocução científica começa a sofrer mudanças (SILVA, 2006).

A questão científica contemporânea vai além dos interesses pessoais e da simples produção de conhecimento. Os resultados obtidos em trabalhos passam a possibilitar a ocorrência de outros fatores, como o próprio desenvolvimento tecnológico e, por isso, as pesquisas se direcionam para a busca de resultados que favoreçam melhoras científicas e tecnológicas. A partir daí teve início a interferência política e social nos modos de produção de conhecimento atuais. Os cientistas, atualmente, têm consciência dos limites de cada pesquisa, quase sempre pelos recursos finitos e, por esse fato, as políticas científicas foram se ampliando, definindo o que deve ser feito ou pesquisado. Assim, a ciência se tornou cada vez mais pública, sendo controlada/organizada pelo Estado (GUIMARÃES, 2009).

Sociedade, mídia, política e cientistas se inter-relacionam num processo de construção/produção de novos conhecimentos. As políticas científicas atuais controlam os novos conhecimentos, incentivando pesquisas de interesse público e a sociedade, beneficiária dos avanços científicos e tecnológicos, participa cada vez mais ativamente das escolhas do que é pesquisado.

Porém, a publicação dos resultados de uma pesquisa, muitas vezes, não é feita para o público como um todo. Os pesquisadores fazem uso de termos e conceitos bastante complexos, que tornam o texto de divulgação científica compreensível apenas para

pessoas envolvidas com trabalhos que fazem pesquisas semelhantes ou que já adquiriram certa experiência acadêmica na área. O que ocorre, na verdade, não é uma divulgação, mas sim uma comunicação científica.

“A comunicação científica e a divulgação científica têm, ainda, intenções distintas. A comunicação científica visa, basicamente, à disseminação de informações especializadas entre os pares, com o intuito de tornar conhecidos, na comunidade científica, os avanços obtidos (resultados de pesquisas, relatos de experiências, etc.) em áreas específicas ou à elaboração de novas teorias ou refinamento das existentes. A divulgação científica cumpre função primordial: democratizar o acesso ao conhecimento científico e estabelecer condições para a chamada alfabetização científica. Contribui, portanto, para incluir os cidadãos no debate sobre temas especializados e que podem impactar sua vida e seu trabalho, a exemplo de transgênicos, células tronco, mudanças climáticas, energias renováveis e outros itens.” (BUENO, 2010, p. 5)

A divulgação científica tem o propósito de disponibilizar para o público em geral o conhecimento científico e, para isso, diversos meios de comunicação como revistas, programas de rádio, blogs, feiras, congressos e outros, são utilizados. Se a divulgação científica é feita de forma adequada o público atinge uma compreensão mínima sobre ciência que lhe permite debater e se posicionar sobre temas relacionados à ciência e a tecnologia. No ambiente formal de ensino a divulgação científica possibilita ao educando um conhecimento melhor do mundo que o cerca e a reconhecer-se como parte deste mundo (PIN et al., 2016).

A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E OS TDC's NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A ciência e as descobertas científicas são consideradas como algumas das maiores conquistas da sociedade atual e, por isso, todos os cidadãos devem ter capacidade de compreender assuntos relacionados ao conhecimento científico. Nesse sentido, a ciência deve ser compreendida como um produto cultural e, portanto, para que haja o desenvolvimento cultural de uma sociedade é necessário que as pesquisas e preocupações científicas sejam apresentadas ao público, sobretudo na sociedade atual. A partir dos meios de comunicação há uma proximidade maior entre ciência e cotidiano e as várias formas de divulgação científica são responsáveis por uma grande quantidade de informações que boa parte do público, incluindo alunos da educação básica, possuem sobre ciências (ROCHA, 2012).

Entre as diversas formas de divulgação científica pode-se destacar a divulgação escrita, sobretudo em forma de textos de divulgação científica. Estes são, de acordo com Santiago (2016, p. 42), textos que trazem o conhecimento científico a um público leitor não necessariamente escolar e que, após serem publicados em literatura científica específica são transpostos, reelaborados, a fim de que sua linguagem se torne mais próxima à realidade cotidiana das pessoas.

O uso de TDC's promove uma democratização ao conhecimento histórico construído pelo ser humano e contribui para um letramento científico da população. Por esse motivo, a divulgação científica tem ganhado espaço entre os professores de ciências, possibilitando a apresentação de temas mais atualizados para a sala de aula, a apropriação desses temas e o uso de uma linguagem mais científica (SANTIAGO, 2016, p. 42).

Os textos de divulgação científica podem contribuir para enriquecer o ensino uma vez que disponibiliza novas questões para discussão, fornece novas metodologias de ensino e aprofunda determinados assuntos. Além disso, os TDC's são uma alternativa aos textos carregados de informações formais encontrados nos livros didáticos. Resultados de pesquisas indicam que o uso de textos de divulgação científica aumenta a participação dos alunos no processo de ensino/aprendizagem e possibilitam uma articulação entre o conteúdo do texto e o cotidiano dos alunos, além de aumentar a segurança dos professores ao discutir determinados assuntos em sala de aula (MARTINS, NASCIMENTO E ABREU, 2004).

Martins, Nascimento e Abreu (2004, p. 97) afirmam que:

A contribuição da divulgação científica para o ensino pode se efetivar, entre outras formas, a partir dos potenciais benefícios advindos do contato com diferentes formas de dizer e argumentar contidas nestes textos e através da discussão de temas recentes relacionados ao desenvolvimento da ciência e tecnologia, contextualizados no dia a dia da sociedade contemporânea.

É evidente o potencial do uso de TDC's para o ensino de ciências. Estes propiciam acesso a informações mais atualizadas, possibilitam discussão e contextualização de conteúdos e a familiarização com termos científicos. Porém, para esses textos serem inseridos em sala de aula eles necessitam de uma transposição didática, de um ressignificado, tendo em vista que inicialmente não foram elaborados para esse fim (SANTIAGO, 2016, p. 42).

A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

A transposição didática é a mudança feita em um texto, trocando termos complexos e frases pouco compreensíveis por sinônimos e frases mais simples, escritas com maior clareza e passível de compreensão pela maior parte da população (ALVES FILHO, 2000). Fazer uma transposição didática não é simplesmente eliminar de um texto os conceitos mais difíceis ou abstratos, mas adaptar e moldar o conhecimento profissional para um espaço de ensino específico. (HAZZAN, DUBINSKY e MEERBAUM-SALANT, 2010).

O processo de transposição didática é, de acordo com Brito Menezes (2006, p. 72-73), um fenômeno ao mesmo tempo epistemológico, sociológico e psicológico:

- *Epistemológico* porque diz respeito a um saber produzido numa comunidade científica e que precisa ser comunicado, socializado.
- *Sociológico* pelo fato de considerar toda a sua história de constituição, sua relevância em um determinado tempo e contexto históricos.
- *Psicológico* porque no ambiente escolar o aluno deverá se apropriar desse saber e reconstruí-lo a partir das situações de ensino e cotidianas por ele vivenciadas.

O conceito de transposição didática teve início no contexto da educação matemática e foi introduzido por Yves Chevallard em 1985. A transposição didática exige uma relação didática entre três objetos: o professor, o aluno e o conhecimento. Muitos esforços empreendidos quando se trata de ensino só se preocupam com o professor e o aluno, com as estratégias de ensino/aprendizagem, não havendo uma dedicação à questão do conhecimento. A transposição didática vai na contramão dessas ideias, mostrando que o conhecimento é parte essencial do processo de ensino/aprendizagem e que precisa ser tratado, moldado, modificado de modo que seja possível de ser ensinado (CHEVALLARD, 1988).

O conhecimento é uma construção histórica e a apropriação do conhecimento é uma necessidade social (VYGOTSKY, 2001). Nesse sentido, é necessário que existam pessoas e instituições que sejam responsáveis por sistematizar e transmitir tal conhecimento. Entretanto, socializar o saber não significa ensiná-lo da mesma forma como ele foi produzido. A forma científica original de um saber é específica para a comunidade científica, que adota uma linguagem característica do meio acadêmico e que necessita conhecer a origem e o formato científico de um determinado conhecimento. Sendo assim, uma das ações que deve ser realizada pelas pessoas e instituições

responsáveis por sistematizar o conhecimento é transformar os saberes de referência (científicos e culturais) em saberes passíveis de serem ensinados (BRITO MENEZES, 2006).

Dito isto, no processo de ensino/aprendizagem não há a necessidade de o aluno da educação básica compreender o novo saber tal qual ele foi produzido em pesquisas científicas. Por esse motivo o saber sofre transformações que implicam em deformações, acréscimos, supressões e criações didáticas (BRITO MENEZES, 2006), tal qual se refere o conceito de transposição didática (CHEVALLARD, 1991).

Os conhecimentos científicos são amplamente difundidos e divulgados e encontram-se disponíveis para o público em geral. Entretanto, diversos conceitos e técnicas não são facilmente compreendidos. Um aluno da educação básica, por exemplo, pode ter dificuldades para interpretar certas informações presentes em diferentes textos e documentos. Por esse motivo, é criada uma lacuna entre o aprendiz e o conhecimento científico. Desse modo, pode haver perda de interesse por parte do aluno e uma redução nas interações entre educador e educando. Para se evitar esse quadro, há a necessidade de se fortalecer o ensino das ciências. O processo de transposição didática pode auxiliar na construção de um vínculo entre professor, aluno e conhecimento. Nesse processo, a reformulação do conhecimento da informação deve ser feita de forma cuidadosa, evitando-se perda de informações e erros ou distorções no conhecimento. (DALL'ALBA, GUZZO e AVILA E SILVA, 2016).

O conhecimento aqui é entendido como saber, sendo que são três os tipos de saberes: o saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado (AVES FILHO, 2000). Esses saberes se diferenciam da seguinte forma, de acordo com Alves Filho (2000, p. 48-49):

- **Saber sábio:** entendido como o produto do processo de construção do homem acerca dos fatos da natureza. É resultante do trabalho do cientista ou intelectual relativo a uma forma de entendimento sobre a realidade. Quase sempre, esse saber é divulgado por meio de TDC's. No momento em que se torna produto, sendo publicado para a sociedade, o saber sábio aparece com uma linguagem muito própria da comunidade na qual o cientista está inserido. Nesse caso, o resultado não reflete o processo, excluindo todo o contexto no qual o pesquisador está envolvido e todo o pensamento relacionado à investigação. O resultado disso é um saber limpo, depurado em linguagem e impessoal. Destaca-se aí a descontextualização, a despersonalização e a reformulação que ocorre com o saber já na esfera do saber sábio.

- **Saber a ensinar:** produto organizado e hierarquizado em grau de dificuldade, resultante de um processo de total descontextualização e degradação do saber sábio. O saber sábio se apresenta ao público por meio de publicações científicas, enquanto o saber a ensinar está presente em livros-textos e manuais de ensino. Estes possuem formatação organizada, dogmatizada, com conteúdo fechados e ordenado em uma lógica sequencial que se constitui em um quadro epistemológico diferente daquele que gera o saber sábio.

Na escola, o saber a ensinar é o objeto de trabalho do professor quando este prepara a sua aula tomando como base o livro texto.

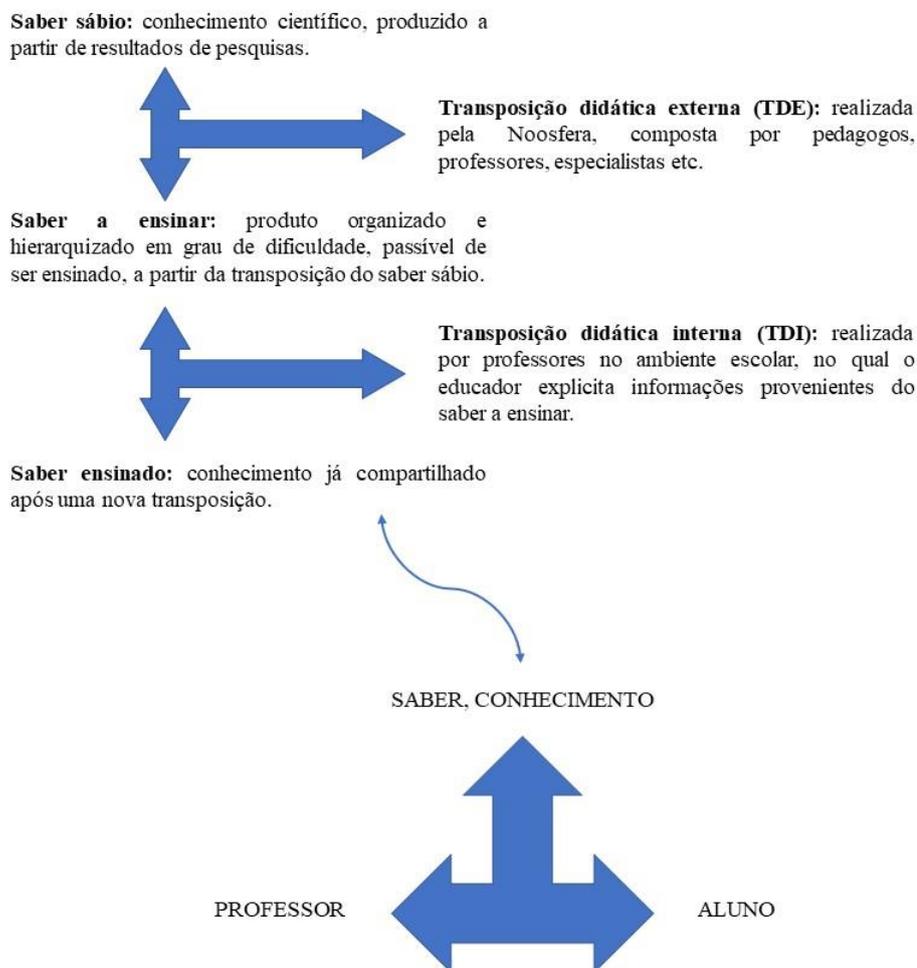
- **Saber ensinado:** momento no qual ocorre uma nova transposição didática e o professor compartilha com os alunos o saber a ensinar. Neste momento as fortes pressões externas (causadas por pais, alunos, supervisores, diretores e outros) sobre o professor fazem com que a transposição seja bastante instável. Isso interfere nas ações do educando desde o momento em que prepara a aula até o momento em que leciona.

Os diferentes tipos de saber supracitados passam por diferentes tipos de transposição, que estão diretamente relacionadas ao tipo de instituição a que pertence cada saber. As instituições são: comunidade científica (espaço no qual o saber é produzido e serve a esta comunidade), noosfera (responsável pela transposição do saber científico para o saber escolar) e, por fim, a escola (onde o saber é ensinado) (DINIZ, SIMÕES NETO e SILVA, 2015). Dito isto, a transposição didática permite que o saber passe de uma a outra instituição, sendo que cada uma delas, por suas próprias características, dará ao saber uma nova “roupagem” (BRITO MENEZES, 2006). São dois tipos de transposição didática: a externa e a interna. A mudança de saber sábio para saber a ensinar é considerada uma transposição externa (TDE), pois é feita por personagens mais distantes da escola, que se interagem de forma mais política, com regras próprias que se estabeleceram com o tempo, de forma mais rígida. A transposição de saber a ensinar em saber ensinado ocorre no próprio ambiente escolar e por isso é denominada transposição interna (TDI). Nesse espaço, cabe ao professor a responsabilidade de levar ao educando uma informação clara e precisa, sem grandes erros ou distorções, que possibilite a cada estudante compreender as descobertas feitas em pesquisas científicas e tecnológicas (ALVES FILHO, 2000).

As modificações ocorridas no saber sábio, no momento da TDE, são influenciadas por uma instituição invisível denominada de **Noosfera**, composta sobretudo por didatas,

professores, pedagogos, técnicos do governo responsáveis pelo ensino e outros, que vão elaborar programas, diretrizes curriculares, livros didáticos para o ensino (ALVES FILHO, 2000; BRITO MENEZES, 2006; BATISTETI, ARAÚJO e CALUZI, 2010). Com o tempo, o saber ensinado começa a se tornar obsoleto e, assim, surgem conflitos, negociações e soluções que levam a adequações no saber que encurtam a distância entre o saber ensinado e o saber científico contemporâneo (BATISTETI, ARAÚJO e CALUZI, 2010).

Figura 1: ilustração das modificações ocorridas nos tipos de saberes em cada instituição durante a transposição didática e da relação entre professor, aluno e conhecimento. Adaptado de Matos Filho et al. (2000, p. 1193).



De acordo com Astolfi e Develay (2001, p. 50-51) *apud* Batisteti, Araújo e Caluzi (2010, p. 91) o saber sábio, ao ser modificado nos processos de transposição didática, sofre alguns impactos que devem ser considerados. Primeiramente ocorre o “efeito de

reformulação”, no qual ocorre um distanciamento entre o que foi feito durante as pesquisas e os resultados apresentados, como se o produto do trabalho não estivesse vinculado a um contexto. que ocorre na apresentação dos resultados das pesquisas à comunidade científica. Posteriormente ocorre a dogmatização, isto é, uma relação do saber com epistemologias dominantes, relacionadas ao poder da observação e do empirismo como filosofia dos sábios. É importante, por isso, que se evite reescritos abusivos. Por fim, há a inevitabilidade da transposição didática, ou seja, não há como ensinar o saber sábio em um estado puro, mas sim na forma de conteúdos de ensino que são resultantes de relações entre conceito, formação e exigência didática.

Nos processos de transposição didática, ao transpor um conceito científico em objeto de ensino, ocorre no conhecimento original a despersonalização, a descontemporialização, a descontextualização e a naturalização. A despersonalização está relacionada à publicidade do saber, que é despersonalizado quando vai sendo compartilhado pela comunidade científica. A descontemporialização ocorre quando o saber ensinado se torna desvinculado do tempo e do lugar de suas origens, separado de sua construção histórica no contexto do saber sábio. A descontextualização se remete às mudanças ocorridas em elementos variáveis presentes nos saberes sábios, num processo de recontextualização que faz com que o saber ensinado se encontre profundamente modificado. O processo de naturalização durante a transposição didática confere ao saber ensinado uma evidência incontestável das coisas da natureza, sendo sobre esta natureza que a escola funda valores e administra a ordem didática (BATISTETI, ARAÚJO e CALUZI, 2010).

É preciso considerar que a transposição didática se apresenta como uma ferramenta de leitura e análise dos processos de transformação do saber sábio (conhecimento científico) em outros tipos de saberes. Com ela é possível explicar processos envolvidos: na construção do saber, na divulgação desse novo conhecimento, na estruturação desse saber, nas modificações que ele sofre até ser ensinado. O objetivo da transposição didática, que é o de tornar ensinável determinado saber, possibilita a elaboração de regras. Estas foram criadas com o intuito de facilitar a análise dos diferentes saberes e, certamente, servem para nortear as transformações que ocorrem no conhecimento (ALVES FILHO, 2000). São cinco as regras de transposição didática, de acordo com Alves Filho (2000, p. 52):

- *Modernizar o saber escolar*: a cada dia novas descobertas são anunciadas e com isso há a necessidade de se inserir no currículo de formação de futuros profissionais as novas teorias, modelos e interpretações científicas e tecnológicas.
- *Atualizar o saber a ensinar*: alguns conhecimentos encontram-se ultrapassados e, portanto, podem ser dispensados, dando margem para que novas informações possam ser incluídas nos currículos.
- *Articular saber “velho” com “saber” novo*: ao relacionar informações novas com conceitos antigos há uma facilidade maior em se compreender o novo, tendo em vista que um conhecimento complementa e é complementado pelo outro.
- *Transformar um saber em exercícios e problemas*: o saber sábio permite uma maior produção de exercícios, uma vez que está relacionado a vários conceitos e técnicas, por isso, deve ter preferência quando da elaboração de atividades/problemas em relação a conteúdos menos operacionais. Essa regra está diretamente relacionada com o processo de avaliação e controle da aprendizagem.
- *Tornar um conceito mais compreensível*: objetivo explícito da transposição didática, no qual um conceito construído durante a produção de um novo saber apresenta grau de complexidade significativo e precisa ser transformado para que seu aprendizado seja facilitado no contexto escolar.

Sobre a transposição didática externa, no processo de transformação do saber sábio em saber a ensinar, Diniz, Neto e Silva (2015, p. 102) afirmam que:

“O processo de transposição didática não pode ser realizado de qualquer forma, sem compromissos que preservem a sua estrutura básica. Para a transposição didática externa, Chevallard (1991) defende a necessidade de uma rigorosa vigilância epistemológica, que impede distorções deveras prejudiciais e o engessamento do ensino, criando uma coerência entre o saber científico e o saber a ser ensinado, produto final desta etapa.”

OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Paulo Freire, em sua obra *Pedagogia do Oprimido* (1987), cita que a problematização e o diálogo são mecanismos para que educadores e educandos se tornem sujeitos da própria aprendizagem. A partir dessa visão, Freire destaca que o sujeito não é neutro em relação ao conhecimento, tendo em vista que tal sujeito reflete sobre a realidade na qual está imerso. A partir disso, tem-se a perspectiva de que a problematização leve a ruptura dos conhecimentos de senso comum e dê lugar ao conhecimento científico. As

ideias de Freire indicam formas que podem ser adotadas para a construção de um trabalho pedagógico que tenha o objetivo de romper um conhecimento e possibilitar a absorção de um outro.

Um dos problemas apontados para o ensino de ciências e citado anteriormente está relacionado à metodologia utilizada pelo professor durante o ensino de conceitos inerentes às ciências. Portanto, não basta lançar mão de textos de divulgação científica transpostos didaticamente durante o ensino de ciências se não houver uma estratégia de ensino/aprendizagem que possa ser eficaz na absorção de conhecimentos e na aplicação destes.

Os três momentos pedagógicos são entendidos aqui como uma estratégia de ensino/aprendizagem que pode possibilitar o estudo de TDC's. Essa dinâmica foi inicialmente discutida por Delizoicov em 1982 ao fazer a transposição da concepção de educação de Paulo Freire para o espaço formal de educação. Os três momentos pedagógicos são caracterizados pela divisão do ensino em três etapas principais, considerando os conceitos de educação de Paulo Freire (MUENCHEN e DELIZOICOV, 2014, 2012). São estas as etapas, de acordo com Muenchen e Delizoicov (2014, p. 620):

- **Problematização inicial:** momento do ensino em que questões ou situações reais que os educandos conhecem são envolvidas no tema de ensino. Nesse momento os alunos expõem o que pensam sobre as situações apresentadas e isso possibilita ao professor conhecer o que eles pensam. O importante nesse momento é o discente perceber que precisa buscar outros conhecimentos que vão além dos que já detém para poder solucionar ou compreender o problema inicial. Segundo Delizoicov, Angotti e Permanbuco (2009, p. 200) “o ponto culminante dessa problematização é fazer com que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um problema que precisa ser enfrentado”.
- **Organização do conhecimento:** momento no qual os conhecimentos necessários para a compreensão do tema são estudados sob supervisão e orientação do professor.
- **Aplicação do conhecimento:** momento final, no qual o conhecimento incorporado pelo aluno é abordado sistematicamente, de modo que se faça uma análise e interpretação das situações iniciais. Além disso, espera-se que o conhecimento adquirido possa ser utilizado em outras situações que não estejam

diretamente ligadas ao problema inicial, mas que possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.

Os Três Momentos Pedagógicos são, para Pierson (1997, p. 156), três etapas pedagógicas que:

devem se suceder no processo de ensino e aprendizagem: o primeiro momento de mergulho no real, o segundo caracterizado pela tentativa de apreender o conhecimento, já construído e sistematizado, relacionado a este real que se observa e o terceiro momento de volta ao real, agora de posse dos novos conhecimentos que permitam um novo patamar de olhar.

A realização de diferentes projetos que envolviam a transposição da concepção de educação de Paulo Freire para os espaços de ensino permitiu que a didática pedagógica dos Três Momentos Pedagógicos fosse sendo implementada, testada e melhorada a cada nova experiência. O primeiro trabalho denominado de “Projeto de ensino de Ciências Naturais na Guiné-Bissau” ainda não apresentava exatamente as ideias dos momentos pedagógicos e tinha um percurso metodológico conhecido como roteiro pedagógico, muito parecido com os Três Momentos Pedagógicos outrora citados. Posteriormente, o projeto de “Formação de Professores de Ciências da Guiné Bissau”, realizado neste país, e os projetos “Ensino de Ciências a Partir de Problemas da Comunidade” e “Interdisciplinaridade via Tema Gerador”, realizados no Brasil, foram possibilitando a realização de práticas que levaram à formatação da dinâmica didático-pedagógica denominada de “Os Três Momentos Pedagógicos”. Nestes projetos foi possível identificar a possibilidade de utilização desta dinâmica em diferentes contextos, como: construção de um currículo (programa de ensino), elaboração de materiais didáticos/paradidáticos, formação de professores, dinâmicas de ensino em sala de aula (MUENCHEN e DELIZOICOV, 2012). A partir desta observação, de que esta dinâmica se aplica a diversos contextos no ensino, possibilitaram o uso desta metodologia para a construção de um livro paradidático.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Disponibilizar aos professores de ciências do ensino médio da educação básica um livro paradidático composto por textos de divulgação científica transpostos didaticamente e organizados segundo a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Possibilitar a ampliação de conhecimentos científicos de alunos do ensino médio por meio do uso de textos de divulgação científica nos processos de ensino/aprendizagem.
- Ofertar aos professores de ciências da educação básica uma alternativa metodológica para os processos de ensino/aprendizagem.
- Informar sobre os potenciais da utilização de textos de divulgação científica organizados segundo a metodologia dos “três momentos pedagógicos” para o ensino de ciências.

HIPÓTESE

Transpor textos de comunicação científica e organizar tais textos seguindo a metodologia de ensino denominada de “os três momentos pedagógicos” é uma estratégia para disponibilizar aos professores de ciências da educação básica um material paradidático alternativo para ensino/aprendizagem de conceitos científicos.

PROBLEMA DE PESQUISA

É possível transpor textos de comunicação científica, tornando-os textos didáticos, organizá-los segundo a metodologia de ensino denominada de três momentos pedagógicos, e disponibilizar para professores de ciências do ensino médio?

METODOLOGIA

PRODUÇÃO DO LIVRO PARADIDÁTICO

A partir dos questionamentos e das dificuldades para o ensino de ciências apontados neste trabalho, decidiu-se pela produção de um livro paradidático que possa auxiliar professores de ciências da educação básica na superação de alguns dos problemas anteriormente mencionados.

O livro intitulado “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola” produzido ao longo deste trabalho foi feito a partir da transposição didática externa de textos de divulgação científica publicados em diferentes periódicos. A ideia central do material é integrar o uso de textos de divulgação científica no ensino de ciências, apontado por muitos como um recurso para superar dificuldades no ensino (SANTIAGO, 2016; MARTINS, NASCIMENTO e ABREU, 2004), com a dinâmica dos “Três Momentos Pedagógicos”. A possibilidade de utilização dos Três Momentos Pedagógicos em diferentes situações levou à escolha desta dinâmica para a elaboração do livro, uma vez que o produto precisa ser organizado de tal forma que os TDC’s sejam trabalhados com coerência, possibilitando ensino/aprendizagem dos conceitos científicos e da aplicação destes.

Para a produção do livro seguiu-se as seguintes etapas de trabalho:

1º Escolha dos artigos/textos base (saber sábio): inicialmente foi necessário escolher quais artigos ou textos científicos poderiam compor o nosso material. Para a escolha dos textos os seguintes aspectos foram observados:

- o artigo publicado continha claramente as ideias que levaram à pesquisa, os métodos utilizados para a realização dos trabalhos e os resultados obtidos;
- os artigos possuíam informações científicas atualizadas, pouco explorados no ensino de ciências e com temáticas diretamente relacionadas aos diferentes conceitos trabalhados nas aulas de ciências.
- os artigos tinham sido publicados em revistas de grande circulação e apresentavam uma linguagem complexa para serem explorados da forma original, necessitando de serem transpostos.
- Os artigos tinham sido publicados nos últimos cinco anos e suas temáticas são pouco abordadas, possibilitando interação com novidades no ensino.

Feito isto, os cinco artigos apresentados a seguir foram escolhidos para compor o livro:

- a) Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. (Proceedings of The Royal Society B) – 2013.
- b) Faecal mimicry by seeds ensures dispersal by dung beetles. (Nature Plants) – 2015.
- c) Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. (Science) – 2013.
- d) General and species-specific impacts of a neonicotinoid insecticide on the ovary development and feeding of wild bumblebee queens. (Proceedings of The Royal Society B) – 2017.
- e) Microbial community profiling shows dysbiosis in the lesional skin of Vitiligo subjects. (Nature) – 2016.

2º Produção dos TDC's (saber a ser ensinado): os textos presentes no livro foram escritos fazendo-se uso do conceito de transposição didática. São cinco textos que se baseiam nos artigos citados acima. Em cada texto optou-se por manter as informações básicas presentes no artigo, como a metodologia científica, os resultados e as discussões, evitando-se ao máximo a supressão ou distorção de informações originais ((BRITO MENEZES, 2006). Entretanto, estas informações foram reescritas com uma linguagem mais clara e acessível do que a encontrada no artigo.

3º Produção de atividades/exercícios: com os textos prontos, houve a necessidade de se preparar atividades relacionadas ao texto que permitissem uma ampla exploração do material, evitando-se durante o uso do manuscrito apenas uma leitura superficial e sem objetivos de ensino. A partir daí começou-se a se estruturar um produto seguindo-se basicamente a dinâmica dos três momentos pedagógicos (MUENCHEN e DELIZOICOV, 2014). A problematização inicial é realizada com a leitura de um texto que aborda uma temática atual e ainda pouco discutida nas escolas. Com essa leitura são levantados questionamentos que problematizam o espaço de ensino. Instigados por compreenderem o texto, entenderem melhor os conceitos abordados e responderem aos questionamentos que surgirem, os alunos buscam novas informações e a concretização de ideias científicas, num segundo momento denominado de organização do conhecimento. Essa organização do conhecimento é feita com a realização de atividades subsequentes ao texto em estudo. Por fim, a aplicação do conhecimento é feita com a

realização de atividades posteriores que, além de promoverem a discussão da temática em estudo, proporcionam a interação dos alunos com temas relacionados.

4º Organização final do livro: o livro, após a produção de todos os textos e atividades, foi organizado em capa, prefácio, texto informativo para o professor, sumário e cinco capítulos com os textos elaborados após a transposição didática dos artigos originais. Cada capítulo contém um texto de divulgação científica com uma lista de atividades correlacionadas e imagens, gráficos e tabelas que ilustram as informações textuais (PEREIRA e TERRAZAN, 2011). Além disso, os capítulos possuem um mapa hierárquico que informa alguns dos possíveis conceitos de ciências que podem ser explorados naquela seção.

PROPOSTA DE ANÁLISE DO LIVRO PARADIDÁTICO

Após a elaboração e produção final do livro paradidático intitulado “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola”, houve a proposta de análise desse material. A análise consiste em verificar se o produto atende dois aspectos, a saber:

1º: estrutura final do livro: se os textos presentes no material se apresentam conforme as ideias básicas de transposição didática externa; se o material possui uma sequência que leve à aplicação dos “Três Momentos Pedagógicos”; se os textos de divulgação científica encontrados no material apresentam potencial para utilização em aulas de ensino de ciências.

Para este aspecto optou-se pela utilização de artigos que já fizeram análises semelhantes. Por exemplo, alguns artigos e trabalhos acadêmicos avaliam diferentes tipos de transposições didáticas realizadas em conceitos científicos e em resultados de pesquisas. Fazendo-se uso dessas análises, foi feita uma avaliação se os textos encontrados nos livros tomam os devidos cuidados, durante a transposição didática, que são citados nesses trabalhos. Além disso, foi verificado se no material houve o devido cuidado com supressões, acréscimos ou alterações indevidas no texto original.

Outros artigos avaliam o potencial de utilização de textos de divulgação científica no ensino de ciências e, a partir dos resultados desses trabalhos, foi avaliado se os textos presentes no livro produzido podem agregar qualidade ao ensino e se permitem o desenvolvimento do pensamento científico.

Por fim, a partir do levantamento teórico sobre os “Três Momentos Pedagógicos”, verificou-se se realmente o livro possui uma estrutura que se assemelhe a essa dinâmica de ensino e se isso pode contribuir com os processos de ensino/aprendizagem.

2º: anseios de professores: se o material possui qualidade para ser utilizado no ensino de ciências do ponto de vista de professores da área. A opção por professores para fazer esta análise se deve ao fato deste ser o público alvo para o qual o material está sendo produzido.

Neste segundo aspecto houve a apresentação do livro paradidático para um grupo de professores de ciências. Nesse momento, toda a estrutura do livro e possibilidades de utilização e aplicação em sala de aula foram explicitadas. Nessa fase houve o envio, por e-mail, de um questionário de avaliação do livro para o grupo de professores, que foram os responsáveis por qualificar o material produzido.

No dia 09 de junho de 2017 o livro foi apresentado para um grupo de 15 professores de ciências que compunham a turma da disciplina de “Biotecnologia: Ciência, Tecnologia e Sociedade” do primeiro semestre de 2017 do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências – MPEC da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Este público (professores que fazem parte de um programa de mestrado profissional em ensino de ciências) foi escolhido por ser formado por pessoas que buscam mudanças na forma como o ensino de ciências é praticado nas escolas. Partindo desse pensamento, acredita-se que estes professores poderiam dar um retorno adequado sobre o quanto a proposta aqui desenvolvida pode levar a utilização de novos métodos de ensino/aprendizagem nas escolas e como isso pode melhorar o trabalho do professor. Para esse momento de análise dos professores, cópias do livro foram disponibilizadas para cada professor e houve a explicação detalhada do que representava cada parte do livro e como cada item poderia ser utilizado durante as aulas de ciências. Foi comentado o que levou à construção do livro e no que se baseou a estrutura observada no material didático. A apresentação durou cerca de uma hora e cada professor pode levar a cópia do material consigo. No fim da explanação os professores foram informados de que receberiam um questionário de avaliação do livro no e-mail de contato escrito por cada um numa ficha de presença assinada por eles.

Durante o mês de julho de 2017, houve o envio de um questionário de avaliação do livro paradidático para o e-mail dos professores para os quais o livro foi apresentado. O prazo entre o período de apresentação do livro e o período de avaliação por meio do questionário se deve ao fato de ter sido disponibilizado para os professores um tempo de

avaliação minuciosa do material. O questionário foi elaborado fazendo-se adaptações no de Gutierrez (2014, p. 80). Além disso, algumas questões abertas de avaliação do livro foram elaboradas e enviadas junto ao questionário para que cada professor pudesse fazer ponderações sobre observações feitas no livro. O questionário continha questões de avaliação dos seguintes itens:

- a) Estrutura geral;
- b) Qualidade dos textos;
- c) Imagens, gráficos e tabelas;
- d) Atividades.

Cada item do questionário poderia ser avaliado pelos professores com notas de 1 a 5, na qual 1 corresponde a discordo totalmente, 2 a discordo parcialmente, 3 a não concordo, nem concordo, 4 a concordo parcialmente e 5 corresponde a concordo plenamente, numa estrutura que segue a escala de Likert. Neste método, assume-se que todos os itens avaliados medem com a mesma intensidade a qualidade do livro e o avaliador dá uma nota, normalmente de um a cinco, dependendo de sua posição em relação à afirmação sugerida pelo item. A opinião final atribuída aos avaliadores será a média da pontuação atribuída a cada um dos itens do questionário (BOZAL, 2006).

O questionário foi elaborado na plataforma do Formulários Google e após ser respondido ficou disponível no Google Drive do pesquisador.

Posteriormente, as respostas foram analisadas, organizadas quantitativamente e qualitativamente e disponibilizadas nos resultados que seguem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

POTENCIAL DO LIVRO PARADIDÁTICO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

A produção de um livro paradidático composto por textos de divulgação científica vai de encontro ao que está afirmado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) para o ensino de ciências (1998). Neste documento afirma-se que diversas fontes textuais, como enciclopédias temáticas, livros de divulgação ou ficção científica, matérias de jornais ou de revistas, folhetos de origem diversa (museus, postos de saúde, organizações não-governamentais, empresas etc.) e livros paradidáticos cumprem diferentes funções, superando e completando aquelas encontradas no livro didático tradicional. Os textos de divulgação científica permitem a atualização de conceitos científicos e a discussão de

temáticas ambientais e podem, também, serem fontes de informação, de problematização, de ilustração ou ampliação para um tema tratado em sala de aula.

O livro paradidático “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola” possui cinco textos de divulgação científica que abordam diferentes temáticas, expostas no quadro abaixo:

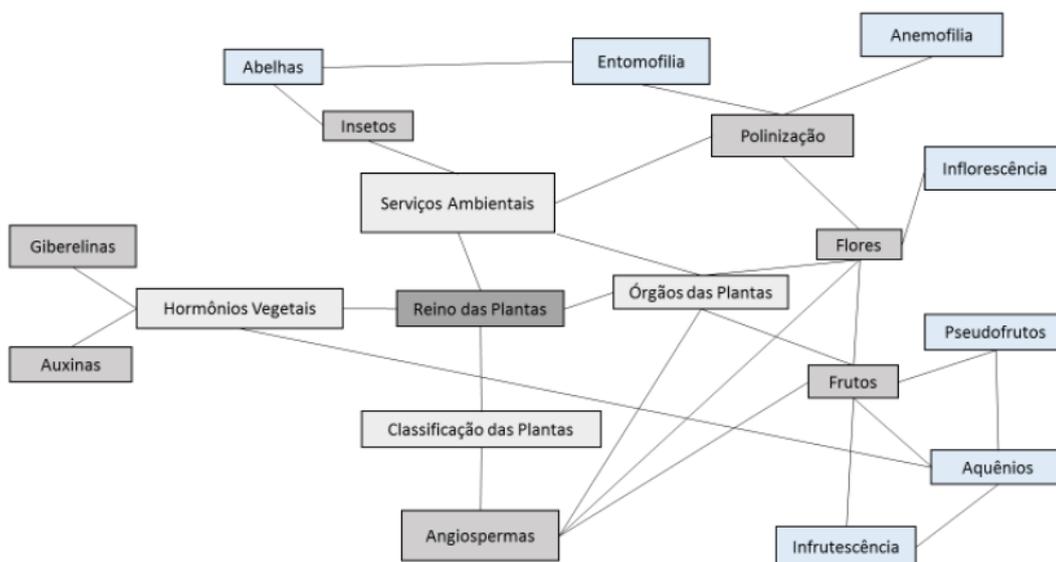
Quadro 1: Textos de divulgação científica encontrados no livro “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola”.

Título original do TDC	Título na Obra	Resumo das Informações
Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value.	Abelhas e morangos: uma relação biológica perfeita, e porque não é deliciosa?	Aborda sobre o quanto os morangos ficam mais suculentos, avermelhados e deliciosos quando se desenvolvem num local onde a polinização das flores da morangueira foi feita por abelhas. Nesse texto temos inúmeras possibilidades de assuntos para conversar com os alunos, entre eles a possibilidade de mudarmos a cultura do uso de agroquímicos por uma produção orgânica, preservando melhor o ambiente.
Faecal mimicry by seeds ensures dispersal by dung beetles.	Semente que imita fezes. Como assim?	Apresenta informações sobre uma planta que evoluiu de forma diferenciada. Enquanto algumas plantas têm sementes que são dispersas pelo vento, pela água ou por animais que se alimentam do fruto, a planta apresentada tem sementes que imitam as fezes de mamíferos para que ela possa ser dispersa de uma outra maneira.
Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size.	O tucano e a palma. Por que um é tão importante para o outro?	Com este texto há a possibilidade de conversar com os alunos sobre evolução e seleção natural. Apesar de ser um tema complexo e difícil de ser compreendido, o texto apresenta uma pesquisa feita com organismos contemporâneos, mostrando que a evolução continua acontecendo e sofre grande influência humana. No texto, fala-se sobre a evolução de aspectos fenotípicos em palmas encontradas na Mata Atlântica, aqui no Brasil.
Microbial community profiling shows dysbiosis in the lesional skin of Vitiligo subjects.	As bactérias e a nossa pele	Aborda sobre a importância da manutenção das bactérias para a saúde do nosso corpo. Neste texto são apresentadas as principais informações de uma pesquisa que mostra como alterações na microbiota da pele podem

		ser responsáveis por uma doença conhecida como Vitiligo.
General and species-specific impacts of a neonicotinoid insecticide on the ovary development and feeding of wild bumblebee queens.	Agrotóxicos – problema ou solução?	Apresenta como o uso exagerado de agroquímicos nos diferentes tipos de plantações pode causar impactos ambientais negativos, sobretudo no que diz respeito à sobrevivência de abelhas, organismos muito importantes para a própria plantação.

Veja que os textos presentes na obra possuem vários temas que podem ser explorados de diferentes maneiras e integrados com diversos conceitos científicos. Para facilitar o trabalho do professor foram disponibilizados no livro paradidático mapas hierárquicos que citam alguns dos possíveis conceitos que podem ser discutidos com a leitura de cada texto, como no exemplo a seguir.

Figura 2: Mapa hierárquico relacionado ao primeiro texto presente no livro paradidático. Cita os principais conceitos que podem ser trabalhados com a leitura do texto. Mapa hierárquico de conceitos possíveis de serem estudados com a leitura do texto 1 a partir do tema focal Reino das Plantas.



Fonte: Os autores

Os títulos que foram elaborados após a transposição didática dos TDC's buscam apresentar o tema de uma forma que estimule a curiosidade do leitor. Nem sempre o texto apresenta uma resposta definitiva para o questionamento presente no título, mas a própria

leitura do material leva professores e alunos a refletirem sobre o tema tratado e chegarem a uma conclusão pessoal, que pode ser explicitada numa situação de debate, por exemplo.

Sobre os textos de divulgação presentes no livro paradidático, acredita-se que são potencialmente úteis para o ensino de ciências. Na pesquisa realizada por Rocha (2012) com professores que faziam uso de textos de divulgação científica durante as aulas de ciências pode-se verificar alguns dos benefícios advindos do uso desse tipo de material no ensino. De acordo com os resultados da pesquisa, os próprios professores afirmam que os TDC's disponibilizam aos alunos uma informação atual, que irá contribuir para a aquisição do conhecimento; estimulam o aluno a buscar mais informações em outras fontes, como a internet e, até mesmo, jornais e revistas sobre o assunto abordado em sala de aula; ampliam o universo lexical do aluno, tornando-o mais crítico, visto que nas atividades propostas precisam opinar e se colocar diante de uma situação; estimulam a leitura, a escrita e a argumentação no aluno, que são necessárias para a interpretação do conteúdo exposto no texto.

Ainda em Rocha (2012) verifica-se que o uso de TDC's possibilita que uma classe social menos privilegiada tenha acesso às informações científicas, sobretudo alunos que não tem acesso à informação através da internet ou até mesmo da televisão, e essa seria uma forma de democratizar a informação. Afirma-se ainda que esse tipo de texto aproxima o aluno da realidade, daquilo que está acontecendo ao seu redor.

Por outro lado, os professores afirmam que certos textos, apesar de interessantes, são bastante extensos, o que dificulta o uso no contexto das limitações impostas pelo calendário. Por esta razão, os professores tendem a preferir textos curtos. Os textos encontrados no livro paradidático apresentam em média quatro páginas, sendo relativamente longos e exigindo um tempo maior para serem totalmente explorados. Entretanto, com cada texto é possível abordar uma quantidade grande de conceitos científicos e, apesar do tempo gasto para se trabalhar o texto, haverá um ganho com a quantidade de conceitos já apresentados e discutidos durante o estudo.

Ferreira, Imasato e Queiroz (2012) realizaram uma pesquisa com alunos do curso de graduação em química da Universidade de São Paulo, Brasil, sobre o uso de TDC's durante as aulas. Os resultados da pesquisa indicaram que os próprios alunos apontam benefícios do uso de TDC's para o ensino. Entre outras coisas, os alunos indicaram que os textos, trabalhados de forma adequada, contribuíram: com a habilidade de leitura e compreensão, com a capacidade de trabalhar em grupo, com o entendimento sobre a

forma como a ciência é construída, com o desenvolvimento da habilidade de comunicação oral e escrita.

Em Rocha (2010) verifica-se que o critério mais relevante para os professores na seleção do texto de divulgação é a relação entre o assunto tratado no artigo e o assunto que está sendo trabalhado pelo professor com os alunos, ou seja, a articulação a tópicos curriculares. O texto deve servir para contextualizar o conteúdo que está sendo trabalhado em sala, sempre relacionado ao conteúdo curricular daquele determinado momento. Nesse sentido, os textos presentes no livro paradidático, produto deste trabalho, apresentam temáticas atualizadas, com resultados de pesquisas recentes e diretamente relacionadas a vários dos conceitos discutidos em sala de aula. Os mapas hierárquicos do livro indicam ainda qual o texto mais adequado para se relacionar com um determinado conteúdo que o professor esteja trabalhando.

Além da relação com o conteúdo curricular, Rocha (2012) cita outros critérios elencados pelos professores como relevantes no momento da escolha dos textos de divulgação científica para uso didático. Entre eles:

- Conteúdo do texto: aspecto relacionado ao tema abordado no artigo, se traz novas informações e se contribui para a formação da cidadania.
- Linguagem do texto: a forma como está elaborado, se apresenta uma linguagem que seja compreensível.
- Credibilidade: o grau de confiança das informações encontradas baseado na credibilidade da fonte e do autor.

Sobre estes três critérios, os textos de divulgação científica presentes no livro paradidático apresentam informações atualizadas, advindas de artigos resultantes de pesquisas acadêmicas recentes e publicados em revistas de reconhecimento internacional. Além disso, foram transpostos didaticamente para adquirirem uma linguagem mais simples, sem, contudo, haver distorção nas informações.

Ferreira e Queiroz (2012), ao fazerem uma investigação sobre diversas pesquisas relacionadas ao uso de textos de divulgação científica no ensino de ciências, identificaram que essa prática proporciona, como indicado nos trabalhos, alguns benefícios. Entre estes: fomentar hábitos de leitura, favorecer a compreensão sobre aspectos da produção do conhecimento científico, aumentar o interesse dos alunos, estimular o pensamento crítico, fomentar discussões e debates em sala de aula, favorecer a aprendizagem de conceitos, desenvolver habilidades de comunicação oral e escrita.

Nos levantamentos feitos por Ferreira e Queiroz (2012) afirma-se que um dos maiores desafios para o uso de textos de divulgação científica no ensino está relacionado à transposição do conhecimento científico para um público não científico. Neste sentido, os textos presentes no livro já foram transpostos, apresentando uma linguagem mais simples e acessível, permitindo que os professores somente façam a transposição didática interna, encontrando formas de apresentar o texto para o aluno, sem a necessidade de dedicar tempo a uma transposição didática externa.

Em Alves Filho (2000) são citadas regras ou diretrizes que se relacionam com a transposição didática externa e estas regras foram observadas quando da transposição dos textos presentes no livro “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola”.

Quadro 2: Exemplos de aplicação das regras da transposição didática na produção de textos do livro “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola”.

Regra da Transposição Didática	Trecho de Texto do Livro que Indica Transposição Baseada na Regra	Detalhamento
Modernizar o saber escolar	Na tentativa de se verificar a influência do rato listrado na dispersão das sementes de <i>C. argenteum</i> câmeras ativadas por movimento foram instaladas em alguns pontos dentro da reserva natural de De Hoop.	Cita metodologias de pesquisa que envolvem o uso de recursos tecnológicos.
Atualizar o saber a ensinar	Ao realizar uma série de experimentos, um grupo de cientistas sul-africanos descobriu uma semente que imita as fezes de alguns animais que vivem na região do Cabo Ocidental, na África do Sul, onde a planta também é encontrada. Essa semente, além da forma, tem um odor semelhante ao das fezes.	Conhecimento novo, pouco discutido no ambiente escolar, sobre evolução de organismos. Exemplos como esse abrem espaço para se apresentar um tópico (evolução) de forma mais atual.
Articular saber velho com saber novo	Boa parte dos tratamentos para essa doença é feito buscando a regularização da atividade imune, que ocorre de forma excessiva nesta doença. No entanto, esse tipo de tratamento tem tido um sucesso limitado, o que significa que quase não há recuperação da pele lesionada por vitiligo quando se	Apresenta uma possível causa para uma doença, já bastante estudada, e relaciona com outras possíveis causas, ainda pouco estudadas, usando conceitos já

	trata somente do sistema imunológico. Sendo assim, considera-se que o vitiligo é causado por uma série de fatores ou distúrbios que levam a um mesmo fenótipo.	consolidados no meio científico, como fenótipo.
Transformar um saber em exercícios e problemas	Analisando os gráficos apresentados como resultados da pesquisa é possível que alguma informação importante sobre as variedades de morango tenha sido ocultada? Em caso afirmativo, dê um exemplo.	Atividade presente no livro que estimula a análise de gráficos, a exploração textual e a busca por novas informações.
Tornar um conceito mais compreensível	O pesquisador Mauro Galetti, da Universidade Estadual de São Paulo, conduziu um estudo no qual foi verificada a rápida evolução no tamanho da semente de uma palma fundamental para a manutenção da Mata Atlântica, a <i>Euterpe edulis</i> .	Com o estudo do texto e o exemplo apresentado é possível compreender mais facilmente o conceito de evolução.

Outro problema relacionado à utilização de textos de divulgação como recurso didático está relacionado ao processo de reelaboração desses textos, ou seja, ao processo de transposição didática do artigo. Martins, Cassab e Rocha (2001) mostraram em suas pesquisas sobre a reelaboração de um texto de divulgação científica para um texto didático que há redução significativa de informações durante o processo. Nesse sentido houve o cuidado de, durante o processo de transposição didática externa para elaboração dos textos presentes no livro paradidático, manter as informações básicas do artigo original no texto transposto. Isso inclui a metodologia utilizada, o que estimulou a pesquisa, os resultados obtidos e as principais discussões dos autores sobre o assunto.

Os textos de divulgação científica são excelentes recursos para o ensino uma vez que apresentam estrutura, foco e redação diferentes dos presentes em livros didáticos. Entretanto, o uso de TDC's não deve se restringir a uma simples leitura do material. Deve existir uma forma de trabalho que leve à inovação nos processos de ensino/aprendizagem e que permita análise textual, realização de questionamentos, troca de ideias e elaboração de sínteses (MENEGAT e WEBER, 2008). Com base nisso, os textos de divulgação científica inseridos no livro paradidático em análise foram organizados segundo a dinâmica didático-pedagógica conhecida como "Três Momentos Pedagógicos" (MUENCHEN e DELIZOICOV, 2014).

O primeiro momento pedagógico, denominado de Problematização Inicial, ocorre no momento em que o texto é lido e apresentado aos alunos. Nessa etapa, os alunos leem informações pouco conhecidas e com termos ainda pouco utilizados. Isso estimula a curiosidade e instiga o estudante a buscar novas informações para compreender melhor o texto.

Figura 3: Exemplo de texto de divulgação científica transposto didaticamente que permite uma problematização inicial para estudo de um novo conceito científico.

Texto 3: O tucano e a palma. Por que um é tão importante para o outro?

Muito se fala em evolução das espécies na escola, em aulas de Ciências. Para alguns, este conceito é de difícil compreensão. Para outros, no entanto, compreender evolução é algo fácil. Independentemente de ser fácil ou difícil, comprovar a ocorrência da evolução leva tempo e depende do estudo e da compreensão de várias evidências evolutivas. Na tentativa de se entender melhor como ocorre a evolução, vários pesquisadores analisam os fósseis - restos ou vestígios preservados de animais, plantas ou outros seres vivos em rochas, como moldes do corpo ou partes deste, rastros e pegadas - alguns órgãos semelhantes em diferentes espécies de animais e outras características que são consideradas evolutivas. Mas essas evidências levaram milhares de anos para surgirem e, em muitos casos, fazem parte do passado. Agora, pesquisadores brasileiros podem ter conseguido mais uma evidência de que a evolução realmente acontece, mas observando organismos que ainda vivem entre nós.

Após a leitura e discussão inicial, vários conceitos pouco estudados podem prejudicar a compreensão do texto. A partir daí se inicia a segunda etapa dos Momentos Pedagógicos, conhecida como Organização do Conhecimento. Para essa fase foram disponibilizados exercícios no livro que citam conceitos específicos que podem ser estudados para uma melhor compreensão do artigo. Acredita-se que a participação do professor como mediador neste momento é fundamental, sendo que outros conceitos podem ser estudados.

Figura 4: Exemplo de atividade subsequente ao texto que solicita o estudo de conceitos importantes para a compreensão do manuscrito.

Procure o significado dos conceitos a seguir e anote-os em seu caderno. Estude-os e, quando não conseguir entendê-los, converse com seu professor. Compreender esses conceitos é importante para interpretar melhor o texto lido.

Seleção natural.

Floresta semidecidual e floresta tropical.

Extinção.

Interações ecológicas.

Espécies endêmicas.

Adaptação biológica.

Biomass mundiais e brasileiros.

Classificação das plantas.

Para finalizar o estudo do texto, há a terceira etapa, denominada de Aplicação do Conhecimento. Nesse momento é importante que o aluno consiga utilizar os conhecimentos adquiridos e os que já possuía antes num novo contexto, parecido com o que foi apresentado na problematização inicial. Para que essa etapa se concretize, foram disponibilizadas no livro atividades multidisciplinares, de interpretação textual, de discussão e debate.

Figura 5: Exemplo de atividade multidisciplinar encontrada no material produzido.

Exercícios e atividades multidisciplinares

01. A mata atlântica corresponde a uma grande área de floresta tropical que acompanha o litoral brasileiro, desde o Sul até o Nordeste do país. No entanto, todo esse território vem sendo explorado e degradado pela ação humana. Sobre esse assunto, faça o que se pede:
 - a) Pesquise qual o tamanho da área da Mata Atlântica que já foi destruída e quanto ainda resta desse bioma.
 - b) Anote quais as principais causas do desmatamento dessa floresta.
 - c) Baseado no texto lido e em suas pesquisas, responda: como a fragmentação da mata atlântica pode levar algumas espécies de animais e de plantas à extinção?

02. No texto são citadas algumas relações ecológicas. Identifique as relações entre organismos presentes no texto, analise de que tipo elas são e anote como você chegou a essa conclusão.

Figura 6: Exemplo de atividade encontrada no livro que estimula a aplicação do conhecimento a partir da leitura de um novo texto.

- a) Discuta com seus colegas e com o professor se, de alguma forma, a adaptação nas sementes de *E. edulis* está sendo positiva para a espécie. Anote suas conclusões.

- b) Baseado na notícia acima, proponha uma explicação de como as plantas denominadas primulas conseguiram criar mecanismos de proteção contra traças e pulgões.

- c) Com base nos estudos sobre evolução e adaptação e a partir da notícia acima, responda: podemos considerar a resistência a insetos observada na 4ª geração de primulas como uma evolução?

Nos textos presentes no livro paradidático foram utilizadas ainda diferentes ferramentas linguísticas para a construção do texto comunicativo, elaborando-se assim um texto multimodal. Na atualidade considera-se fundamental lançar mão de variadas alternativas ou modalidades de escrita para facilitar o entendimento da informação por parte do leitor (PEREIRA e TERRAZAN, 2011). Pereira e Terrazan (2011, p. 490) afirmam que “a linguagem visual tem sido largamente utilizada na construção/transmissão de significados, sendo a sociedade atual considerada como a ‘sociedade das imagens’”. Com base nisso, no livro paradidático foram utilizados recursos visuais, como imagens, gráficos, tabelas, que ilustram e facilitam o entendimento de alguns trechos dos textos. As figuras a seguir exemplificam isso.

Figura 7: Exemplo de gráfico, presente no livro paradidático, que ilustra os resultados da pesquisa citados num dos textos.

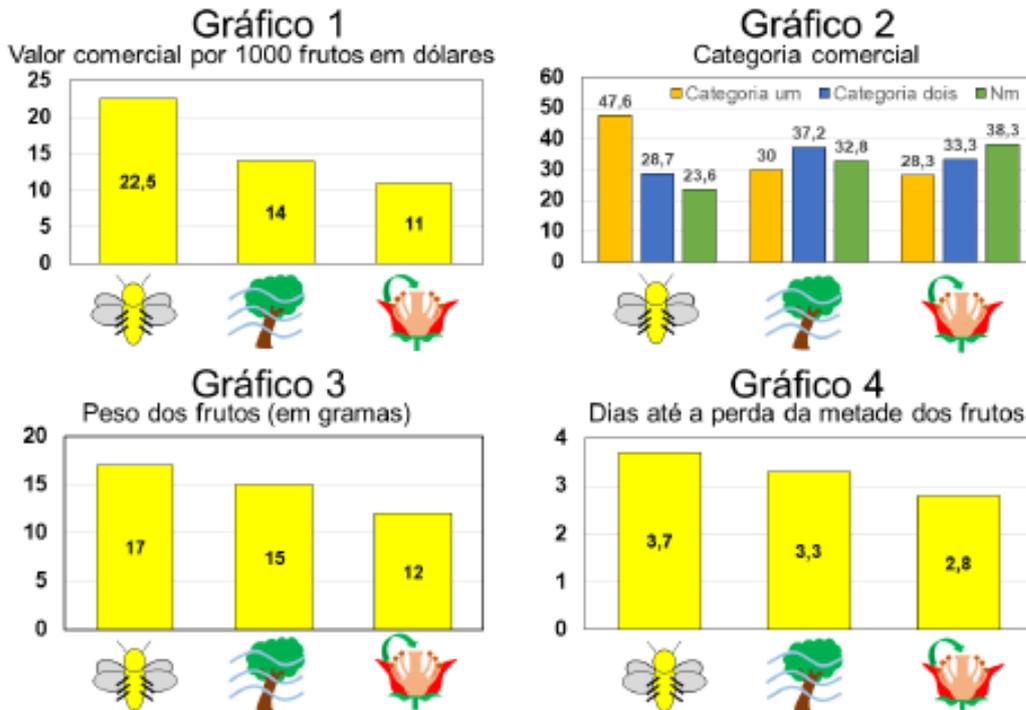
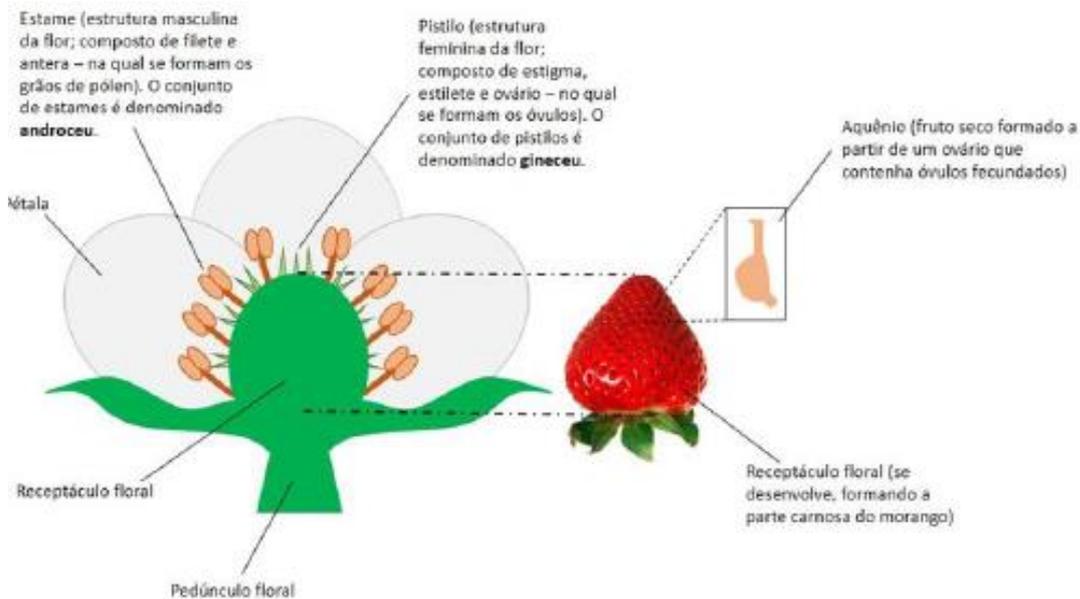


Figura 8: Imagem presente no livro que detalha explicações.



ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

Dos 15 professores para os quais foi apresentado o livro, apenas 10 fizeram a avaliação por meio do questionário enviado por e-mail. Apesar disso, os resultados

observados podem ser considerados satisfatórios para a utilização do livro paradidático “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola” no ensino de ciências. A tabela a seguir apresenta a frequência de respostas obtidas por meio do questionário e a média de pontuação encontrada para cada resposta.

Tabela 1: Frequência de respostas observadas no questionário de avaliação do livro paradidático " Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola".

Item Avaliado	Frequência					Média
	1	2	3	4	5	
Avaliação da estrutura geral do livro						
a) Os objetivos propostos para o livro são claramente compreendidos.				2	8	4,8
a) O livro é pouco atraente e não pode ser trabalhado no ensino de ciências.	7		1	2		1,8
b) O livro estimula a interação entre os alunos para assuntos multidisciplinares.				1	8	4,8
c) O livro promove a discussão de diferentes conceitos-chave.				2	8	4,8
d) A estrutura do livro, em geral, não possibilita o desenvolvimento do pensamento científico.	7	1	1	1		1,6
e) O livro apresenta uma forma diferenciada de se ensinar ciências mediada por transposição didática.				2	8	4,8
Avaliação sobre a qualidade dos textos						
a) Os textos têm linguagem clara e de fácil compreensão.		1	1	6	2	3,9
b) Os textos estimulam a busca pela compreensão de conceitos específicos.			1	2	7	4,6
c) Os termos utilizados nos textos são apropriados para alunos a partir do ensino fundamental 2.	1	3	1	3	2	3,2
d) O tempo para leitura completa de um texto é adequado para uma aula de 50 minutos.		2	1	6	1	3,6
e) Os conceitos propostos nos mapas hierárquicos são possíveis de serem trabalhados a partir da leitura dos textos.	1			1	8	4,5
f) Os textos não abordam informações novas ou pouco conhecidas.	6	2	1	1		1,7
g) Os textos apresentam conceitos científicos equivocados .	8		1	1		1,5
Avaliação das imagens, gráficos e tabelas presentes no livro						
a) As imagens e gráficos possuem boa qualidade de visualização.				2	8	4,8
b) As imagens e gráficos possibilitam uma melhor compreensão do texto.				2	8	4,8
c) As imagens e os gráficos são pouco coerentes com o texto.	8	1		1		1,4
d) As imagens e gráficos presentes no livro o tornam menos atraente.	8		1	1		1,5
e) O tamanho das imagens e dos gráficos é adequado .			1	2	7	4,6

Avaliação das atividades presentes no livro	1	2	3	4	5	
a) As atividades não possibilitam cooperação entre os alunos para a solução das questões.	5	2	2	1		1,9
b) As atividades possibilitam trazer um conhecimento diferenciado e contextualizado para a sala de aula.				1	9	4,9
c) As questões propostas não possibilitam interação entre professor e alunos.	8	1		1		1,4
d) As atividades favorecem a multidisciplinaridade.				3	7	4,7
e) As atividades não são coerentes com a leitura do texto.	9			1		1,3

Algumas perguntas subjetivas foram enviadas junto ao questionário. Por meio destas foi possível observar algumas das potencialidades do livro e identificar outras necessidades existentes no ensino de ciências que podem, em uma nova edição, serem acrescentadas no livro elaborado.

Quando os professores foram questionados se recomendariam o livro para outros professores, afirmaram que sim, por motivos diferentes. O professor P2 afirmou que “os textos trazem uma discussão importante para os dias atuais com uma linguagem de fácil acesso aos alunos do Ensino Médio e se bem trabalhada também com alunos do ensino fundamental.” O P3 afirma que recomendaria para outros professores “por ser uma forma diferenciada de abordar um assunto, trazendo aos alunos um novo material para promoção do conhecimento.” Em concordância a este, o professor P6 afirma que “trata-se de uma abordagem inovadora e muito válida para estimular e iniciar os alunos no pensamento crítico e linguagem científica.”

Sobre a utilização do livro em turmas de ensino médio, a maioria dos professores acredita que este seria o momento ideal para utiliza-lo, entretanto, por motivos diferentes. O professor P4 acredita “que pela má qualidade de ensino, principalmente na rede pública, cada vez mais decadente, os alunos de ensino fundamental não teriam base suficiente para trabalhar dentro das propostas do livro.” Já o P5 afirma que o livro possui uma “linguagem de maior complexidade.” Em concordância com os professores anteriores, o professor P10 acredita “que o vocabulário e o nível de aprofundamento da discussão proposta são de nível mais adequado para alunos mais maduros, do ensino médio e que poucos alunos do ensino fundamental teriam capacidade de ler, interpretar e realizar as atividades propostas neste material.”

Ao serem questionados sobre o que poderia ou deveria ser acrescentado no livro para que ele se tornasse ainda mais útil no ensino de ciências, os professores apresentaram diferentes respostas. O professor P5 afirma que poderiam ser acrescentados “textos que possibilitassem trabalhar com o ensino fundamental II.” O P6 sugere “um espaço

destinado para experiências simples correlacionadas com o tema (experimentos que os alunos poderiam fazer em casa mesmo).” Em concordância com o professor P6, o P8 “acrescentaria sugestões de aulas práticas e de animações sobre o tema proposto.”

Em relação ao que poderia ou deveria ser retirado do material elaborado para melhorar a utilização no ensino de ciências apenas o professor P2 cita que poderia se “tentar trabalhar em uma linguagem menos robusta, já que o público seria ensino fundamental.”

Por fim, houve um pedido para que cada professor fizesse uma avaliação geral do livro. Algumas afirmações de que o livro estava “muito bom” ou “excelente” foram observadas. O professor P4 afirma que o material é “muito bom” e que é “interessante o trabalho desenvolvido e acredita no potencial do livro”. O professor P6 cita que “o livro apresenta-se ótimo como foi apresentado e acredita que sua utilidade para o ensino é altamente significativa.” O P7 lembra que o “material é muito bom” e que “se o professor for criativo, pode aproveitar este material para abordar várias outras questões do ensino de ciências.” Por fim, o professor P10 achou “muito interessante e completo o material.”

CONCLUSÕES

Um dos problemas observados por professores e alunos de ciências é a dificuldade na compreensão de certos conceitos. Com isso, há um desânimo durante os estudos, algo que poderia ser solucionado se os esforços fossem no sentido de reduzir a quantidade de informações a serem aprendidas e aumentar a capacidade de os alunos se tornarem aprendizes ativos, independentes e capazes de solucionar problemas (GUTIERREZ, 2014).

Este trabalho se propôs a disponibilizar um material potencialmente capaz de solucionar alguns dos problemas encontrados durante o ensino de ciências. O livro paradidático “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola” produzido apresenta textos de divulgação científica que foram transpostos didaticamente e que facilitam tanto o acesso dos alunos a novas informações, quanto o trabalho do professor. Este não precisa dedicar um tempo para a transposição didática dos textos, precisa somente planejar a forma como apresentar o material para uma turma. Além disso, o livro já apresenta uma sequência, baseada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov, que proporciona o aprendizado de diferentes conceitos científicos.

Várias pesquisas apontam que o uso de textos de divulgação científica para o ensino, sobretudo se pautado por uma estratégia pedagógica já utilizada e consolidada, proporciona diversos benefícios e contribui para a superação de inúmeras dificuldades observadas nos processos de ensino/aprendizagem.

Professores de ciências com experiência em sala de aula avaliaram o livro produzido e afirmaram, por meio da pesquisa, que o manuscrito apresenta uma forma diferenciada de se estudar ciências, mediada pela transposição didática. Além disso, os avaliadores concordam que os textos presentes no livro estimulam a busca pela compreensão de conceitos científicos. Os professores avaliadores concordam, ainda, que as atividades encontradas no livro possibilitam trazer um conhecimento diferenciado e contextualizado para a sala de aula. Esses fatores são fundamentais para estimular alunos e professores na busca por novas informações e conhecimentos, característica primordial para o ensino/aprendizagem de ciências.

Conclui-se, assim, que é possível transpor textos de divulgação científica e disponibiliza-los a professores de ciências por meio da produção de um material paradidático. Para isso, basta seguir atentamente as regras que norteiam uma transposição

didática e organizar o material seguindo as orientações de uma determinada estratégia de ensino, facilitando o trabalho do professor.

Espera-se que materiais como o aqui apresentado possam ser cada vez mais disponibilizados e utilizados por professores no ensino de ciências, tendo em vista que é uma forma diferenciada de se ensinar e que possibilita interação e compreensão sobre o que é conhecimento científico e como este é aplicado na sociedade.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. 1. ed. Lisboa: Editora Plátano, 2003.

ALMEIDA, C. M. M. de; LOPES, P. T. C. Prática educativa usando a plataforma siena para o ensino de ecologia no 6º ano do ensino fundamental. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 12, n. 01, p. 1-10, 2014.

ALVES FILHO, J. de P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-182, 2000.

BATISTETI, C. B.; ARAUJO, E. S. N. N. de; CALUZI, J. J. Os experimentos de griffith no ensino de biologia: a transposição didática do conceito de transformação nos livros didáticos. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 12, n. 01, p. 83-100, 2010.

BOZAL, M. G. Escala mixta likert-thurstone. **Revista Andaluza de Ciencias Sociales**, Anduli, v. 01, n. 05, p. 81-95, 2006.

BRASIL, SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. (1998). **Parâmetros Curriculares Nacionais:** Terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental. Brasília: MEC/SEF.

BRITO MENEZES, A. P. de A. **Contrato didático e transposição didática:** inter-relações entre os fenômenos didáticos na iniciação à álgebra na 6ª série do ensino fundamental. 2006. 259 f. Tese (Programa de pós-graduação em educação – doutorado em educação) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2006.

BUENO, W. C. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Informação & Informação**, Londrina, v. 15, n. especial, p. 1 - 12, 2010.

BUENO, W. C. Jornalismo científico: revisitando o conceito. In: VICTOR, C.; CALDAS, G.; BORTOLIERO, S. (Org.). **Jornalismo científico e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: All Print, 2009. p.157-178

CHEVALARD, Y. **La Transposición Didáctica:** del saber sábio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1991

CHEVALLARD, Y. **On didactic transposition theory:** some introductory notes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RESEARCH AND DEVELOPMENT IN MATHEMATICS. Bratislava, Tchechoslováquia, 1988.

DALL'ALBA, G.; GUZZO, G. B.; AVILA e SILVA, S. de. Science and education: a perspective of didactic transposition with bioinformatics concepts. **International Journal for Infonomics**, Caxias do Sul, v. 9, n. 2, p. 1178-1183, 2016.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 3 ed. São Paulo: Cortez, 2009.

DINIZ, D. M. A.; SIMÕES NETO, J. E.; SILVA, F. C. V. da. Uma análise da transposição didática das reações químicas. **Revista de educação, ciências e matemática**, Rio de Janeiro, v. 05, n. 02, p. 97-110, 2015.

FERREIRA. L. N. A.; IMASATO, H.; QUEIROZ, S. L. Textos de divulgação científica no ensino superior de química: aplicação em uma disciplina de Química Estrutural. **Educación Química**, Cidade do México, v. 23, n. 1, p. 49-54, 2012.

FERREIRA. L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências: uma revisão. **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v.5, n.1, p.3-31, 2012.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987

GERMANO, M. G.; KULESZA, W. A.. Popularização da ciência: uma revisão conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. João Pessoa, v. 24, n. 1, p. 7-25, 2007.

GUIMARÃES, E. Linguagem e conhecimento: produção e circulação da ciência. **Revista Rua**. Campinas, v. 2, n. 15, p. 5-14, 2009.

GUTIERREZ, A. F. Development and effectiveness of an educational card game as supplementary material in understanding selected topics in biology. **CBE—Life Sciences Education**, Spring, v. 13, n. 1, p. 76–82, 2014.

HAZZAN, O.; DUBINSKY, Y.; MEERBAUM-SALANT, O. Didactic transposition in computer science education. **ACM Inroads**, Haifa, v. 1, n. 4, p. 33-37, 2010.

MARTINS, I.; CASSAB, M.; ROCHA, M. B. Análise do processo de re-elaboração discursiva de um texto de divulgação científica para um texto didático. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 3. 2001, Atibaia. **Anais...** Atibaia, 2001. 1 CD-ROM.

MARTINS, I.; NASCIMENTO, T. G.; ABREU, T. B. de. Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 09, n. 01, p. 95-111, 2004.

MATOS FILHO, M. A. S.; MENEZES, J. E.; SILVA, R. de S. da; QUEIROZ, S. M. A. Transposição didática em chevallard: as deformações/transformações sofridas pelo conceito de função em sala de aula. **Congresso Nacional de Educação**. 2008. p. 1191-1201. Disponível em: <http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2008/anais/pdf/431_246.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

MENEGAT, T. M. C.; WEBER, S. S. F. O uso de textos de divulgação científica em aulas de física e a avaliação de sua aprendizagem: abordagens inovadoras. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11. 2008, Curitiba. **Anais...**Curitiba, 2008.

MUENCHEN, C.; DELIZOIKOV, D. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 03, p. 199-215, 2012.

_____. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

PEREIRA, A. G.; TERRAZAN, E. A. A multimodalidade em textos de popularização científica: contribuições para o ensino de ciências para crianças. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 17, n. 2, p. 489-503, 2011.

PEREIRA, T. V. Refletindo sobre a tensão entre pesquisa e prática: o caso do ensino de ciências. **Educação**, Santa Maria, v. 40, n. 02, p. 425-438, 2015.

PIERSON, A. H. C. **O cotidiano e a busca de sentido para o ensino de física**. 1997. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PIN, J. R. de O.; FARIA, R. S. F.; GIMENES, S. S.; CAMPOS, C. R. P.; ROCHA, M. B. Utilização metodológica da pesquisa participante para divulgação científica: questões sobre corpo e saúde. **Revista Ensino & Pesquisa**, União da Vitória, v.14, n.02, p. 144-159, 2016.

ROCHA, M. B. O potencial didático dos textos de divulgação científica segundo professores de ciências. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 05, n. 02, p. 47-68, 2012.

_____. Textos de divulgação científica na sala de aula: a visão do professor de ciências. **Revista Augustus**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 29, p. 24-34, 2010.

ROCHA, M.; SOUZA, P. H. R. de. Caracterização dos textos de divulgação científica inseridos em livros didáticos de biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 126-137, 2015.

SANTIAGO, J. F. de A. **O uso de textos de divulgação científica como recurso didático em aulas de biologia: concepções e relações com a abordagem cts de ensino.** 2016. 119 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016.

SANTOS, W. L. P. dos. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, v. 12, n.36, set/dez. 2007.

SILVA, H. C. da. O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**. Campinas, v. 1, n. 1, p. 53-59, 2006.

SILVA JUNIOR, A. N. da; 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**, Rio de Janeiro, v. 03, n. 01, p. 1-15, 2009.

TEIXEIRA, P. M. M.; MEGID NETO, J. O estado da arte da pesquisa em ensino de Biologia no Brasil: um panorama baseado na análise de dissertações e teses. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Campinas, v. 11, n. 02, p. 273-297, 2012.

VIECHENESKI, J. P.; LORENZETTI, L.; CARLETTI, M. R. Desafios e práticas para o ensino de ciências e alfabetização científica nos anos iniciais do ensino fundamental. **Revista Atos de Pesquisa em Educação**, Blumenau, v. 07, n. 3, p. 853-876, 2012.

VYGOTSKY, L. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

APÊNDICE

Apêndice I: Livro “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola”.

Texto para orelhas (capa)

O livro “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola” é uma obra desenvolvida como parte da dissertação de mestrado do aluno Derli Barbosa. É composta de textos de divulgação científica produzidos a partir de resultados de importantes pesquisas científicas. Tudo isso de uma forma simples, prática e multidisciplinar, evidenciando a importância da pesquisa básica no desenvolvimento humano.

O primeiro texto destaca a importância das abelhas para o cultivo de morangos. Em seguida é descrito como uma planta africana produz sementes que imitam fezes de antílopes para que besouros rola-bosta as entrem, elevando a chance de dispersão. O terceiro texto descreve sobre uma palmeira brasileira que tem sofrido modificações devido à extinção de aves como os tucanos. O quarto texto aborda sobre doença vitiligo. Resultados de pesquisas mostram que a despigmentação da pele está associada a uma mudança na comunidade bacteriana deste tecido. Finalmente, o último texto retrata os impactos do uso de agroquímicos na agricultura.

Como pôde ser notado, o estímulo à curiosidade é o diferencial deste livro. Os textos foram elaborados para motivar o leitor a buscar informações sobre assuntos correlacionados, sempre acompanhados de exercícios que orientam esta busca de forma multidisciplinar. Ao finalizar o estudo de um capítulo é possível que se tenha compreendido diferentes conceitos científicos de forma diferenciada e prazerosa, permitindo que esta obra pode ser aplicada como um material de apoio pedagógico a professores da rede básica de ensino.

Texto para quarta capa

O livro “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola” foi pensado e elaborado para auxiliar professores da educação básica no ensino de ciências. O livro propõe uma forma diferenciada de ensino baseada nos três momentos pedagógicos, problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento, a partir de cinco textos de divulgação científica. Cada texto é acompanhado de exercícios conceituais e multidisciplinares que possibilitam a compreensão de diversos conceitos científico de forma simples e prazerosa.

Dados dos autores

Derli Barbosa dos Santos: é professor de ciências na rede municipal de ensino de Itabirito – MG, licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal Goiano e especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade pelo Centro Universitário Internacional – UNINTER. Atualmente é aluno do curso de Mestrado Profissional em Ensino Ciências da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP.

Leandro Márcio Moreira: é biólogo, especialista em biologia molecular, mestre e doutor em bioquímica pelo IQ-USP. Está atualmente lotado no Departamento de Ciências Biológicas – ICEB/UFOP como professor associado I. É professor e um dos co-criadores do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da UFOP.

ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola

ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola

Derli Barbosa dos Santos

Leandro Márcio Moreira

2017

SUMÁRIO

<u>Prefácio</u>	64
<u>Apresentação</u>	66
<u>A estrutura do livro</u>	68
<u>Texto 1: Abelhas e morangos: uma relação biológica perfeita, e porque não deliciosa?</u> 71	
<u>Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?</u>	76
<u>Exercícios e atividades multidisciplinares</u>	77
<u>Conversando sobre o assunto</u>	78
<u>Texto 2: Semente que imita fezes. Como assim?</u>	82
<u>Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?</u>	86
<u>Exercícios e atividades multidisciplinares</u>	87
<u>Conversando sobre o assunto:</u>	88
<u>Texto 3: O tucano e a palma. Por que um é tão importante para o outro?</u>	90
<u>Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?</u>	96
<u>Exercícios e atividades multidisciplinares</u>	96
<u>Conversando sobre o assunto:</u>	97
<u>Texto 4: As bactérias e a nossa pele</u>	100
<u>Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?</u>	103
<u>Exercícios e atividades multidisciplinares</u>	104
<u>Conversando sobre o assunto:</u>	105
<u>Texto 5: Agrotóxicos – problema ou solução?</u>	107
<u>Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir mais sobre o assunto?</u>	113
<u>Exercícios e atividades multidisciplinares</u>	113
<u>Conversando sobre o assunto:</u>	115
<u>Referências</u>	117

Prefácio

Esta é uma obra diferenciada. Única no seguimento e com uma proposta inovadora. Pode até parecer que se trata de uma supervalorização de uma obra da qual faço parte, gerando assim um hipotético conflito de interesse. Mas caros leitores, tenham a certeza de que o que descrevo aqui, nenhuma relação tem com o fato de ser um dos seus criadores.

A ciência se desenvolve de forma tão rápida que é muito difícil qualquer pessoal acompanhar esta evolução do conhecimento humano. Mesmo pesquisadores renomados apresentam esta dificuldade. Isso tem acarretado um verdadeiro descompasso entre o que a academia gera enquanto conhecimento científico e o que, de fato, é trabalhado com os alunos da educação básica. Uma lacuna difícil de ser diminuída, já que sua completa eliminação é utopia.

A ideia com esta obra não é transpor todo e qualquer conhecimento científico descoberto para que professores da rede básica de ensino elevem ainda mais o volume de conhecimentos a serem trabalhados, ou transmitidos (entendam como quiserem) a seus alunos na educação básica. A proposta central desta obra é que os conceitos que já são trabalhados com estes alunos tenham uma nova roupagem, e que possam ser contextualizados com as mais novas descobertas nas distintas áreas do conhecimento, e de forma multidisciplinar. Multidisciplinaridade esta que também é a base para grandes descobertas científicas.

No entanto, esta transposição didática não é tarefa simples, e os textos de divulgação científica, mesmo que ainda incipientes, tem ajudado enormemente a diminuir esta enorme lacuna. Assim, para que este conhecimento aplicado seja transmitido a estes alunos, uma aproximação na forma de escrita e na linguagem verbal a ser utilizada deve ser repensada. É neste contexto que esta obra se faz diferenciada. Ao longo de 14 meses, Derli Barbosa do Santos, aluno do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências sob minha orientação, dedicou-se a estudar cinco grandes descobertas retratadas em artigos científicos de alto grau de qualidade. Sua compreensão e olhar frente a este novo conhecimento, enquanto professor da rede básica de ensino, o motivou a desenvolver textos de divulgação científica para que outros professores pudessem também ter esta oportunidade. Mantendo para isso a qualidade na transposição científica e sempre fazendo uso de uma linguagem de fácil assimilação.

Pode até parecer prepotência, mas tenho certeza que qualquer professor que venha a fazer uma leitura desta obra, utilizará parte dos conhecimentos aqui compartilhados em suas

aulas de Ciências, tornando-as diferenciadas. Com isso, esperamos que este professor consiga despertar em seus alunos o motivador à curiosidade, principal característica para o desenvolvimento da Ciência, mas que hoje vem sendo substituída pela rotina de execução.

Boa leitura, e espero que apreciem.

Prof., Dr. Leandro Marcio Moreira

Apresentação

Amigo professor.

Estamos vivenciando um momento de intensas mudanças sociais, proporcionadas principalmente pelo avanço científico e tecnológico. Todos os dias inúmeras descobertas são anunciadas e muitas delas estão diretamente relacionadas com o nosso cotidiano. Sabendo disso, temos a necessidade de tornar os nossos alunos cidadãos conhecedores das informações e capacitados para, além de buscar novos conhecimentos, ter um posicionamento crítico sobre estes. Entretanto, fazer com que nossos alunos pensem cientificamente, buscando informações, propondo hipóteses, argumentando sobre determinados temas, investigando conceitos, tem se tornado algo cada vez mais difícil. Isto ocorre porque nós, professores, constantemente nos encontramos sobrecarregados com as atribuições docentes. Desse modo falta-nos tempo e disponibilidade para buscar informações científicas recentes e propor alternativas para o ensino de ciências que leve os alunos a pensarem de forma para além das fronteiras dos livros didáticos.

Seguimos constantemente um planejamento e o conteúdo proposto para ser trabalhado fazendo uso de um livro didático, pautado em um sistematizado conteúdo programático. Este, com o excesso de informações a serem discutidas em um curto espaço de tempo, é preparado para transmitir conceitos e definições bem estabelecidos, quase sempre fazendo uso dos mesmos exemplos e contextualizações. Com isso o discente pouco se propõe a buscar novas informações, não consegue relacionar os conceitos aprendidos com as vivências em sociedade e se voltam sempre a uma mesma pergunta, que muitas vezes nem nós mesmos sabemos como responder “Para que serve este conhecimento em minha vida”?

Diante dessa adversidade, surgiu a ideia da produção deste livro. Nele, existe a proposta de um ensino de ciências diferenciado, que vai ao encontro das necessidades que nós, professores, temos no dia a dia de nossa prática profissional. Com ele, temos o objetivo de possibilitar que haja transposição didática e socialização do conhecimento científico aplicado, podendo ser utilizado como material paradidático, de modo a auxiliar no desenvolvimento do pensamento científico de nossos alunos.

Contrapondo-se a uma repetição de conceitos, que muitas vezes não fazem sentido para os alunos, cada capítulo deste livro propõe a interpretação de um texto, que nada

mais é do que o resumo de uma nova e importante descoberta científica, publicada nas mais conceituadas revistas científicas do mundo. A cada leitura, o despertar da curiosidade discente e a vontade em compreender melhor o assunto que está sendo tratado estimula a busca por novas informações. Para isso, o aluno conta com as atividades multidisciplinares presentes após a leitura textual que o ajuda a refletir sobre o tema abordado num contexto e perspectiva mais amplos. Desse modo o estudante se envolve com os resultados de pesquisas recentes, atualizando informações fundamentais, e ainda passa a perceber que os conceitos trabalhados no livro didático fazem sentido e são úteis para inúmeros avanços sociais. Assim, ao buscar informações, pesquisar, investigar e interpretar diferentes textos e relacionar conceitos com a vida em sociedade, o aluno passa a desenvolver o pensamento científico crítico. Esse é o “pensar ciência” que esperamos ansiosamente propiciar a nossos alunos.

É importante destacar que esse livro não deve ser o único material de trabalho, mas sim uma ferramenta adicional ao processo de ensino e aprendizagem. Ele agrega valor às aulas de ciências ao possibilitar uma forma diferenciada de ensino, mas precisa ser complementado com outras ferramentas de trabalho. Assistir a vídeos, ler a notícias de jornais, resolver atividades (problemas), investigar informações são alguns dos recursos que precisamos utilizar para fazer dos nossos alunos jovens pesquisadores. Por isso, as atividades do livro contam com essas diferentes ferramentas de ensino.

A estrutura do livro

O livro é composto por cinco textos, produtos de uma transposição didática de um artigo científico cuja essência das descobertas e temáticas são sumarizadas abaixo.

Para começar a aventura nessas incríveis descobertas científicas, iniciamos o livro com um texto que aborda sobre o quanto os morangos ficam mais suculentos, avermelhados e deliciosos quando se desenvolvem num local onde a polinização das flores da morangueira foi feita por abelhas. Nesse texto temos inúmeras possibilidades de assuntos para conversar com os alunos, entre eles a possibilidade de mudarmos a cultura do uso de agroquímicos por uma produção orgânica, preservando melhor o ambiente.

Klatt, B.K.; Holzschuh, A.; Westphal, C.; Clough, Y.; Smit, I.; Pawelzik, E.; Tschardtke, T. 2014. **Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value.** Proceedings of The Royal Society B 281: 20132440. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.2440>

A segunda leitura leva ao conhecimento de uma planta que evoluiu de forma diferenciada. Enquanto algumas plantas têm sementes que são dispersas pelo vento, pela água ou por animais que se alimentam do fruto, a planta apresentada tem sementes que imitam as fezes de mamíferos para que ela possa ser dispersa de uma outra maneira, bem interessante por sinal.

Midgley, J. J.; White, J. D. M.; Johnson, S. D.; Bronner, G. N. 2015. **Faecal mimicry by seeds ensures dispersal by dung beetles.** Nature Plants. DOI: 10.1038/NPLANTS.2015.141.

Com o texto três há a possibilidade de conversarmos com os nossos alunos sobre evolução e seleção natural. Apesar de ser um tema complexo e difícil de ser compreendido, o texto apresenta uma pesquisa feita com organismos contemporâneos, mostrando que a evolução continua acontecendo e sofre grande influência humana. No texto, fala-se sobre a evolução de aspectos fenotípicos em palmas encontradas na Mata Atlântica, aqui no Brasil.

Galetti, M.; Guevara, R.; Côrtes, M. C.; Fadini, R.; Von Matter, S.; Leite, A. B.; Labecca, F.; Ribeiro, T.; Carvalho, C. S.; Collevatti, R. G.; Pires, M. M.; Guimarães Júnior, P. R.; Brancalion, P. H.; Ribeiro, M. C.; Jordano, P. 2013. **Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size.** Science. DOI: 10.1126/science.1233774

Continuando as leituras, podemos verificar a importância da manutenção das bactérias para a saúde do nosso corpo. Isto é demonstrado no quarto texto, no qual são apresentadas as principais informações de uma pesquisa que mostra como alterações na microbiota da pele podem ser responsáveis por uma doença conhecida como Vitiligo.

Ganju, P.; Nagpal, S.; Mohammed, M.H.; Nishal Kumar, P.; Pandey, R.; Natarajan, V. T.; Mande, S. S.; Gokhale, R. S. 2016. **Microbial community profiling shows dysbiosis in the lesional skin of Vitiligo subjects.** Nature. DOI: 10.1038/srep18761

Por fim, o texto cinco apresenta como o uso exagerado de agroquímicos nos diferentes tipos de plantações pode causar impactos ambientais negativos, sobretudo no que diz respeito à sobrevivência de organismos muito importantes para a própria plantação, que são as abelhas.

Baron G.L.; Raine N.E.; Brown M.J.F. 2017. **General and species-specific impacts of a neonicotinoid insecticide on the ovary development and feeding of wild bumblebee queens.** Proc. R. Soc. B. 284: 20170123. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2017.0123>

Ao final de cada um dos capítulos há ainda um mapa conceitual hierárquico que apresenta os principais conceitos que podem ser trabalhados após a leitura de cada texto. Talvez não seja possível e nem mesmo necessário estudar todos os conceitos apresentados. Entretanto, os mapas possibilitam identificar com maior facilidade qual o texto ideal para se compreender um determinado tema científico.

Os exercícios presentes em cada capítulo foram elaborados pensando: na necessidade de ampliação do diálogo entre os alunos sobre assuntos pertinentes à sociedade, na possibilidade de interação dos temas com outras disciplinas, na obtenção de conhecimentos que vão além da memorização de conceitos. Você vai perceber a

variedade de temas que podem ser abordados após cada leitura, bem como conceitos que podem ser trabalhados e compreendidos juntamente com os textos.

Aproveite cada momento do livro, desde os parágrafos dos textos até aos exercícios considerados mais fáceis, aproxime-se de seu aluno, converse com ele e estimule-o a desenvolver o pensamento científico. Bom trabalho!

Texto 1: Abelhas e morangos: uma relação biológica perfeita, e porque não deliciosa?



Figura de apresentação: Morangos in natura. Foto: Jenő Szabó. Fonte: Wikimedia Commons™.

Hummmmm, só de olhar dá água na boca! Lindos, vermelhos e viçosos. Quem de nós deixaria de comer uma bela fatia de bolo, um suflê, um espetinho de chocolate, ou simplesmente morangos *in natura*? Apesar deste incontrolável desejo por estes belíssimos frutos, os morangos, pela fragilidade, são muito perecíveis, e quase sempre estragam muito facilmente. Basta um simples apertão e o local passa a ficar esteticamente indesejado. Isso é agravado por um transporte ou armazenamento inadequados, essencialmente num país como o nosso em que o escoamento da produção é deficiente e altamente custoso.

Se não bastasse estas características e condições, os morangos estão entre as frutas mais susceptíveis a pragas e, para tanto, são frequentemente tratadas com fertilizantes e inseticidas para que possam crescer viçosos, especialmente em culturas em larga escala. A partir destas informações, uma pergunta que deveríamos fazer a cada vez que consumimos este fruto é: seria possível a produção orgânica de morangos mais resistentes às condições ambientais e que seriam capazes de permanecerem mais tempo lindos para o consumo? Para a ciência, isso não só é possível, como já foi feito. Vamos entender como isso acontece? Aperte os cintos e nos acompanhe nesta aventura pelo conhecimento científico.

Cientistas da Alemanha e da Suécia descobriram que morangos produzidos a partir da polinização feita por abelhas (entomofilia) são mais valiosos que os que se

desenvolvem por meio de autopolinização ou por anemofilia (polinização feita pelo vento). Nos estudos realizados por esses pesquisadores ficou comprovado que morangos fertilizados por abelhas têm maior qualidade, durabilidade, além de terem tons mais avermelhados e que os torna mais viçosos. E o que poderia justificar isso?

A ideia dos pesquisadores era a de ampliar os conhecimentos da sociedade sobre a importância e os benefícios da polinização feita por animais, especificamente abelhas, demonstrando como são perfeitos os sistemas biológicos sem intervenção humana. Em outras palavras, os objetivos da pesquisa centravam no reforçar da importância dos serviços ambientais prestados por abelhas, na ampliação sobre a compreensão da importância econômico-social das abelhas e na implementação de políticas sustentáveis de produção e consumo. Para isso analisaram experimentalmente os impactos desse tipo de fertilização sobre a quantidade de colheita, a qualidade, a vida útil e o valor de mercado do produto.

Metodologicamente os pesquisadores selecionaram nove importantes variedades comerciais de morango, nomeadas de D, Sy, F, L, E, Sa, H, K e Y em referência, respectivamente, aos cultivares Darselect, Symphony, Florence, Lambada, Elsanta, Salsa, Honeoye, Korona e Yamaska. Todas essas variedades foram cultivadas em um campo experimental, e para fazer com que os diferentes tipos de polinização investigados acontecessem, diferentes tratamentos foram empregados.

Num primeiro momento os pesquisadores colocaram em algumas das plantas de cada um dos cultivares sacos envolvendo as flores que impediam a passagem de abelhas e de grãos de pólen levados pelo vento. Caso viessem a ser polinizadas, mesmo assim, isso só poderia ser explicado por um fenômeno de autopolinização. Em outras plantas, entretanto, foram colocadas gazes com porosidade de aproximadamente 0,25 mm, objetivando que grãos de pólen pudessem permear estas aberturas sem, no entanto, terem sido carregados por abelhas. Isso implicaria em dizer que caso a polinização se instalasse, teria sido mediada pelo vento. Finalmente, outro conjunto de plantas ficou sem nenhuma proteção, permitindo assim que a polinização pudesse ser intermediada por abelhas.

Após polinização e desenvolvimento dos frutos, por um período fixado, 50 morangos de cada tratamento e de cada cultivar foram coletados para serem analisados observando as seguintes características:

- **Peso e classe comercial:** foi calculado o valor comercial dos morangos com base no peso dos frutos e nas suas respectivas classes comerciais. Para esse critério, as infrutescências de morango foram classificadas em três categorias:

um (de melhor valor comercial) representando morangos maiores e com poucas ou nenhuma área amarelada ou esverdeada; **dois** (de menor valor comercial) representando morangos com algumas áreas amareladas ou esverdeadas, porém grandes no tamanho; ou **nm** (não comercializável) representando os morangos com grandes áreas amareladas ou esverdeadas e tamanhos reduzidos.

- **Firmeza, concentração de açúcares e prazo de validade:** o prazo de validade dos morangos é dependente de dois fatores essenciais, a denominada firmeza do morango e a presença de açúcar ácido. Quanto mais firme e menor o teor de açúcar ácido, maior durabilidade terá o fruto, fator que pode favorecer seu comércio.
- **Qualidade pós-colheita:** morangos com cor vermelha mais brilhante e mais intensa são mais bem aceitos pela sociedade e, portanto, são mais consumidos. Além disso, menos açúcar ácido, além de possibilitar maior durabilidade, indica morangos mais doces e saborosos. Por isso, a qualidade dos morangos (cor e presença de açúcar ácido), foi avaliada após a colheita.
- **Sucesso da polinização:** para cada tratamento e variedade de morango foi analisada a proporção de aquênios fertilizados. Aquênios são os frutos secos presentes no fruto. Quanto mais aquênios fertilizados, maior o sucesso da polinização e melhor a qualidade dos frutos.

Os resultados obtidos na pesquisa com os valores médios aproximados obtidos das diferentes variedades de morango você confere nos gráficos a seguir:

Gráfico 1
Valor comercial por 1000 frutos em dólares

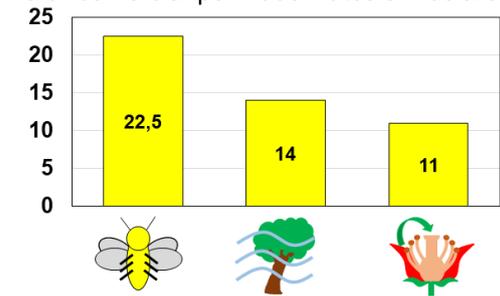


Gráfico 2
Categoria comercial

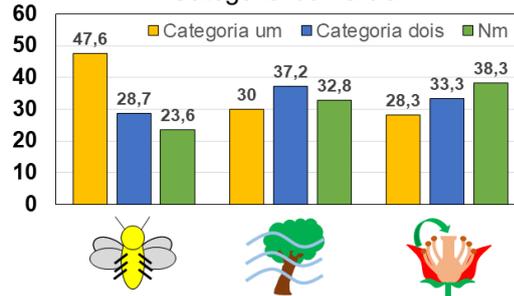


Gráfico 3

Peso dos frutos (em gramas)

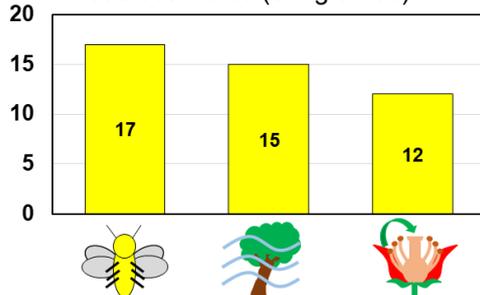


Gráfico 4

Dias até a perda da metade dos frutos

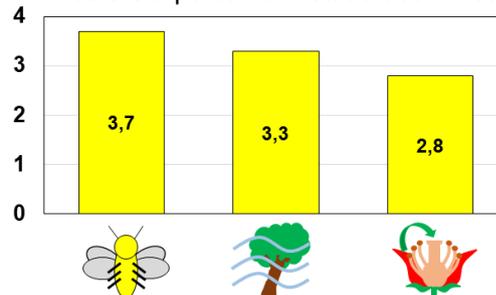


Gráfico 5

Intensidade da cor vermelha dos frutos

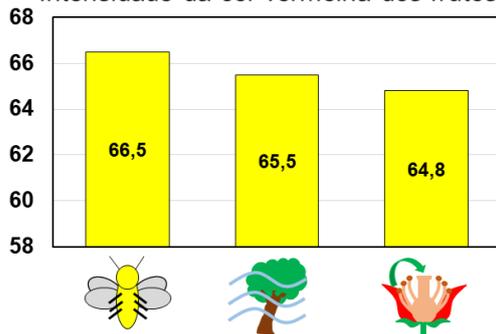


Gráfico 6

Presença de açúcar ácido

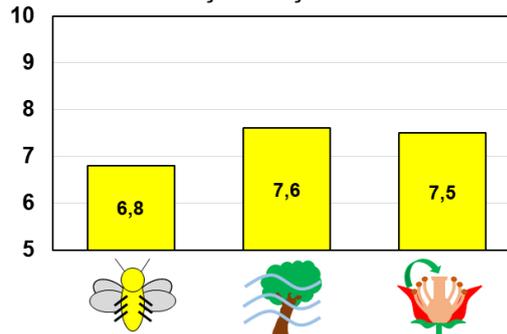
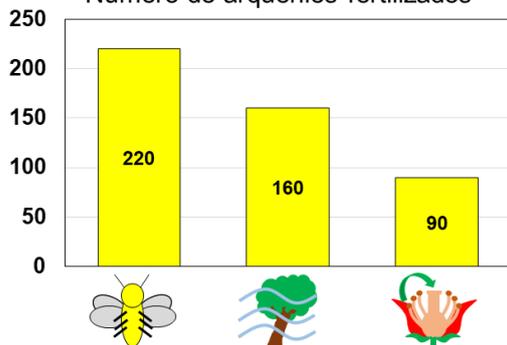


Gráfico 7

Número de arquênios fertilizados



LEGENDA

-  Polinização por abelhas
-  Polinização pelo vento
-  Autopolinização

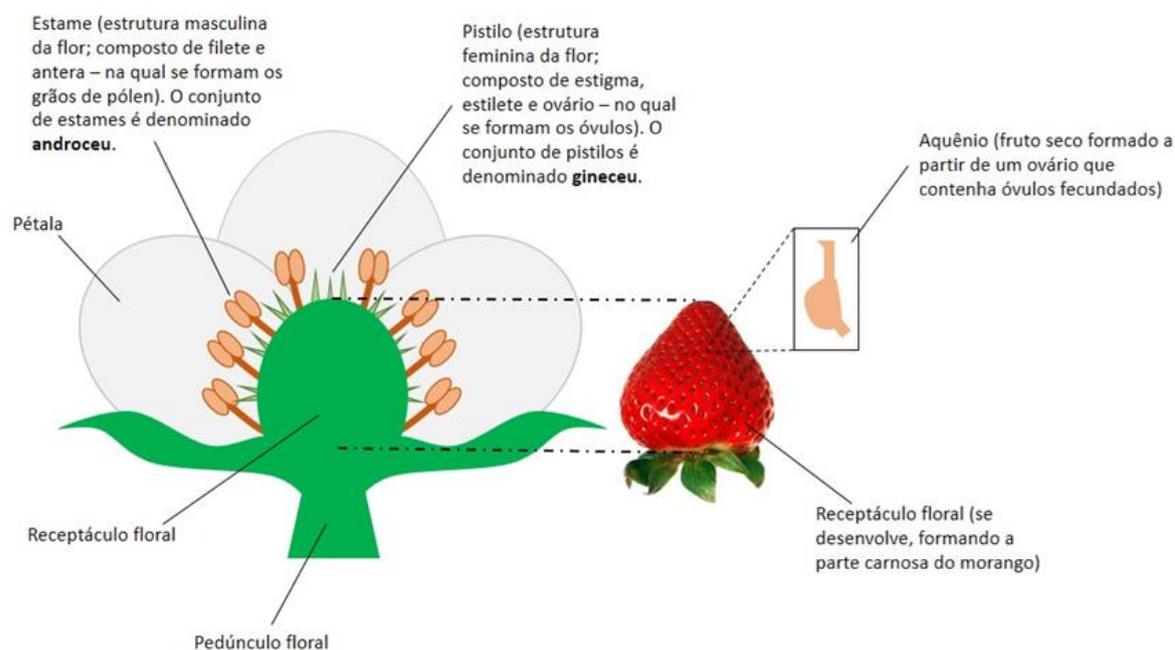
Gráficos que representam a eficiência do processo de polinização por abelhas frente a outros mecanismos de polinização, avaliada segundo sete requisitos. Fonte: Adaptado de KLATT, B.K., *et al* 2014.



Abelha sugando néctar da flor. Ao fazer isto, a abelha passeia sobre a flor e espalha os grãos de pólen de forma homogênea nos estigmas. Foto: Turmfalke. Fonte: Wikimedia Commons™.

Observe que em todos os gráficos apresentados, os resultados obtidos para os morangos polinizados por abelhas foram favoráveis frente aos outros mecanismos de polinização. Legal, não é mesmo? Mas, por que a polinização por abelhas faz tanta diferença? Acreditamos que os resultados do gráfico 7, que mostra a quantidade de aquênios fertilizados por tipo de polinização, exemplificam a resposta para esta pergunta de forma irrefutável.

Segundo os pesquisadores, a fertilização feita pelas abelhas é mais eficiente porque ao “passear” pela flor da morangueira, esses insetos espalham homoganeamente os grãos de pólen nos estigmas da flor. Desse modo, uma maior quantidade de aquênios é fecundada. Aquênios fertilizados são capazes de produzir um hormônio vegetal denominado de auxina, que auxilia no acúmulo de ácido giberélico. Esses dois hormônios vegetais participam do desenvolvimento do fruto, ajudando-o a crescer mais, com maior firmeza e maior qualidade.



Esquema da flor da morangueira e formação do fruto. Observe que o passeio da abelha pela flor possibilita a distribuição dos grãos de pólen pelos pistilos, nos quais se encontra o estigma. Por meio deste, o grão de pólen entra no pistilo e chega ao ovário, onde fecunda o óvulo. A partir daí os aquênios se desenvolvem. Fonte: Os autores.

Mas e agora? Os seres humanos normalmente têm medo de abelhas, matam esses insetos sempre que os veem, acreditamos que em parte porque desconhecem os serviços ambientais prestados por esses incríveis organismos. Além disso, na maior parte das culturas agrícolas o uso de inseticidas é tão volumoso que esses insetos sucumbem à exposição, interferindo com isso em toda a ecologia local. Sabendo do valor que as abelhas têm na produção de morangos e entendendo que essa importância pode se estender à outras culturas agrícolas, o que podemos fazer por esses insetos?

Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?

Procure informações sobre os conceitos científicos a seguir e aprenda um pouco mais sobre eles. Faça anotações, registrando-as em seu caderno.

Aquênios.

Frutos e pseudofrutos.

Polinização e tipos de polinização.

Peso, massa e volume.

Serviços ambientais.

Hormônios vegetais.

Infrutescência e Inflorescência.

Estrutura da flor.

Exercícios e atividades multidisciplinares

1. Suponha que o valor exato de 1000 morangos produzidos a partir de polinização pelo vento seja de R\$46,00 e que os morangos que se desenvolveram por entomofilia são valorizados em 60%.
 - a) Qual o valor arrecadado numa plantação que produziu 15.000 morangos por anemofilia?
 - b) Que valor resultante final seria arrecadado na forma de lucro caso essa plantação tivesse sido polinizada por abelhas, e não pelo vento?

2. A morangueira é um tipo de planta que se desenvolve melhor em regiões de clima temperado, com dias ensolarados e noites mais frias. Nessas condições o sabor do fruto é melhor. Responda:
 - a) No Brasil, em quais regiões seria ideal o cultivo da planta de morango? Por quê?
 - b) Baseado no texto lido e na informação apresentada acima, que combinações poderíamos fazer para que os morangos viessem a ser ainda mais saborosos e com elevado valor comercial?

3. Analisando o gráfico 3 apresentado no texto, informe:
 - a) Qual o peso total de 50 morangos, em kg, produzidos por entomofilia?
 - b) Qual o peso total de 50 morangos, em kg, produzidos por autopolinização?

4. Durante o feudalismo, praticamente toda a produção de alimentos era feita manualmente e sem o uso de produtos químicos. Nos últimos anos, a produção agrícola tem aumentado muito, decorrente de procedimentos e técnicas que aceleram cada vez mais a produção. Sobre o assunto, responda:
 - a) O que tem sido feito para acelerar e aumentar a produção de alimentos?
 - b) Por que, nos últimos anos, vem aumentando a necessidade de se produzir mais alimentos em um tempo menor?
 - c) De que forma o investimento em infraestrutura de transporte no escoamento da produção agrícola poderia reduzir os custos das culturas agrícolas aos

consumidores? Que tipo de meio de transporte você sugeriria para sanar este problema? Justifique.

5. Com base no texto podemos concluir que morangos produzidos a partir de polinização feita por abelhas têm maior qualidade.
 - a) Que qualidades são essas e por que elas são consideradas melhores?
 - b) O que, especificamente, possibilita o aumento da qualidade dos morangos?

6. É possível observar uma metodologia científica presente no trabalho realizado por esses pesquisadores? Explique justificando com suas palavras o que seria esta metodologia e qual a importância dela para o sucesso dos resultados.

7. Analisando os gráficos apresentados como resultados da pesquisa é possível que alguma informação importante sobre as variedades de morango tenha sido ocultada? Em caso afirmativo, dê um exemplo.

Conversando sobre o assunto

1. Leia os trechos a seguir, retirados de notícias sobre produção de morango e uso de agrotóxicos nesse tipo de cultura, depois responda as perguntas correlacionadas:

“Se para plantas, verduras e legumes o agrotóxico serve de proteção, para os humanos, é veneno. Muitas doenças, como câncer de fígado, de cérebro, leucemias e alguns tipos de tumores podem estar relacionados com o consumo dessas substâncias. Isso porque o organismo não dá conta de metabolizar o excesso do efeito tóxico causado por elementos como os metais tóxicos, que caem na corrente circulatória. (...)Pimentão e morango são os campeões de agrotóxicos. A quantidade de agrotóxicos que eles vão carregar depende de quanto tempo levam para amadurecer. Quanto mais tempo, mais pulverizações. (...)Aqueles frutas ou verduras que têm a casca bonita, com aspecto brilhante, sofreram ação de uma cera bactericida e fungicida, que também é um agrotóxico.”

Fonte: <http://saude.ig.com.br/minhasaude/2014-03-17/conheca-alguns-truques-para-eliminar-os-agrotoxicos-de-frutas-e-verduras.html>

“Uma pesquisa realizada pelo governo do Paraná para medir a quantidade de agrotóxicos utilizados em produtos comercializados no estado mostrou que o morango é o produto com maior índice de insatisfação. De acordo com o estudo, em sete amostras coletadas, cinco estavam fora dos padrões aceitáveis pela Vigilância Sanitária e poderiam trazer riscos à saúde dos consumidores. (...)Das amostras de morango em desacordo, somente 20% foram produzidas no Paraná, aponta a pesquisa. O restante foi produzido em Minas Gerais e São Paulo. (...)O superintendente de Vigilância em Saúde, Sezifredo Paz, explica que a ingestão contínua de alimentos com altos índices de agrotóxicos pode causar várias doenças, como depressão, má formação congênita, alguns tipos de câncer e problemas de imunidade e infertilidade.”

Fonte:

<http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2013/11/morango-lidera-lista-de-produtos-com-alto-indice-de-agrotoxicos-no-parana.html>

- a) Na primeira notícia, há a afirmação de que frutas ou verduras que têm casca bonita, com aspecto brilhante, sofreram intervenção humana com adição de agrotóxicos. Com base no que você aprendeu, toda fruta que tiver aspecto bonito sofreu ação de produtos químicos? Explique.
 - b) Com base nas notícias podemos perceber o quanto os agrotóxicos podem causar problemas à saúde humana. Os morangos, tradicionalmente, quando levam muito tempo para amadurecer acabam recebendo grande quantidade desses produtos. O que se pode fazer para minimizar o uso de agrotóxicos nas culturas de morango?
2. As pesquisas realizadas por Klatt e colaboradores indicam que as abelhas selvagens, ao participarem da polinização das flores de morango, ajudam a melhorar a qualidade desse fruto. Em pesquisas realizadas no Brasil, com uma outra abelha, a jataí, muito comum em várias partes do país, e bem adaptada ao clima nacional, chegou à conclusão de que esta pode ser usada nas culturas de morango, com resultados muito semelhantes aos da abelha selvagem pesquisada por Klatt. Leia:

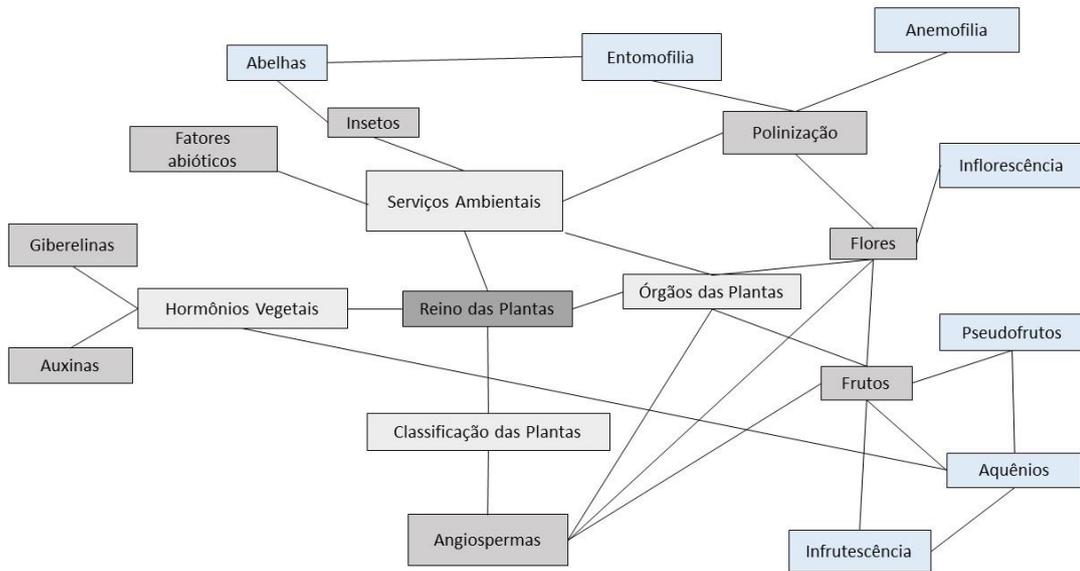
“Uma espécie de abelha com ampla distribuição no território brasileiro -- a jataí (*Tetragonisca angustula*) -- parece ser muito eficiente na polinização em estufas de morangos. É o que indica uma pesquisa desenvolvida pela bióloga Kátia S. M. Braga, doutoranda pela Universidade de São Paulo (USP). O estudo realizado em Atibaia --

município produtor de morango no estado de São Paulo -- mostra que a jataí se adapta bem às condições das culturas e aumenta significativamente a quantidade de frutos adequados à comercialização. (...) ‘As flores visitadas por essa abelha originam morangos bem formados’, diz Braga. Na presença da jataí, o número de frutos deformados cai de 85 para 5%. Vale ainda ressaltar que esse inseto se adapta bem à temperatura e à umidade características das estufas, assim como à quantidade limitada de alimento. ‘Seu tamanho populacional e alcance de vôo são compatíveis com áreas fechadas de pequeno porte’, lembra a pesquisadora. ‘Porém, é preciso integrar o manejo das abelhas nas estufas ao controle de pragas com substâncias químicas.’ A utilização da jataí em culturas de morango é um exemplo de que a presença de polinizadores naturais pode ser essencial para que se alcance o potencial máximo de produtividade.”

Fonte:http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/15/n/abelhas_melhoram_qualidade_de_morangos

- a) Em uma plantação, o uso de inseticidas é essencial para evitar a presença de insetos que se alimentam das folhas da planta. Na notícia acima, a pesquisadora destaca a necessidade de integrar o manejo das abelhas ao controle de pragas com substâncias químicas. Em muitos casos, abelhas também são eliminadas por esses produtos químicos. Há alguma outra alternativa para controlar as pragas sem a necessidade de usar inseticidas?
- b) Podemos afirmar que o cultivo de morango com polinização feita por abelhas favorece o desenvolvimento econômico desse tipo de comércio. Qual a importância de se utilizar abelhas melhor adaptadas ao território nacional na produção de morangos? Cite outros aspectos econômicos que são favorecidos pela produção com entomofilia e explique-os.

Mapa hierárquico de conceitos possíveis de serem estudados com a leitura do texto 1 a partir do tema focal Reino das Plantas.



Fonte: Os autores

Texto 2: Semente que imita fezes. Como assim?

Leves a ponto de serem levadas pelo vento. Grudentas a ponto de se prenderem aos pelos dos animais e serem dispersada ao longe. Revestidas de substâncias saborosas a ponto de serem ingeridas e dispensadas, via fezes, em outros locais.

Ao longo de centenas de milhares de anos, as plantas, por meio da evolução, foram criando adaptações na estrutura e composição de suas sementes para garantir a dispersão das diferentes espécies pelo ambiente, tornando-se, desta forma, mais eficientes em manter seu ciclo reprodutivo. Cada uma com seu específico recurso coevoluiu com outras espécies em decorrências das características do meio em que vive. Em meio a este diversificado poder adaptativo, uma planta evoluiu de forma diferente, engraçada e superinteressante: suas sementes imitam fezes de animais para serem dispersadas. Mas como sementes que tem forma e cheiro de fezes seriam transportadas para outros locais?

Ao realizar uma série de experimentos, um grupo de cientistas sul-africanos descobriu uma semente que imita as fezes de alguns animais que vivem na região do Cabo Ocidental, na África do Sul, onde a planta também é encontrada. Essa semente, além da forma, tem um odor semelhante ao das fezes.

A curiosidade dos pesquisadores estava em descobrir como ocorria a dispersão de sementes da espécie *Ceratocaryum argenteum*, pertencente à família *Restionaceae*. As plantas dessa família são comuns no hemisfério Sul, com maior abundância e diversidade na África do Sul e na Austrália. Tal família de plantas geralmente sofre anemofilia – polinização realizada pelo vento – e produz, quase sempre, sementes pequenas, com tegumento preto e liso, e que contém elaiossomo.



Plantas da família Restionaceae. Foto: Rudolph. Fonte: Wikimedia Commons™.



Rato listrado da espécie *Rhabdomys pumilio*. Foto Dwergenpaartje. Fonte: Wikimedia Commons™.

Este elaiossomo nada mais é do que uma camada de tecido gorduroso que atrai formigas, permitindo que estas façam a dispersão das sementes, enterrando-as. Curiosamente, e de maneira contrastante a outros membros, *C. argenteum* tem as maiores sementes entre as espécies da família, com tegumento rígido e áspero, de cor marrom e sem a presença de elaiossomo. Se não bastasse, além destas variações morfológicas, essas sementes têm um cheiro semelhante ao de fezes de herbívoros. Sendo assim, as sementes dessa planta não conseguem atrair as formigas, que normalmente carregariam e enterrariam sementes menores e que possuíssem o tecido gorduroso, que é usado por elas como alimento. Sendo assim, um dos possíveis e potencial dispersor da semente de *C. argenteum* já foi excluído como sendo o responsável por este feito.

Outra possibilidade de dispersão para essa semente poderia se dar por meio de pequenos roedores. Essa hipótese foi levantada porque, além da *C. argenteum*, outras espécies de plantas da família *Restionaceae* têm sementes relativamente grandes, comparadas com a maioria das espécies da família, e estas embora tenham elaiossomo (o que permitiria a atração de formigas), apresentam um tamanho maior e só podem ser dispersadas por pequenos mamíferos roedores, principalmente os das espécies *Acomys subspinosus* e *Gerbillurus paeba*, para serem dispersas. No entanto, a planta *C. argenteum*, que é endêmica da região do Cabo Ocidental, na África do Sul, e encontrada

frequentemente na Reserva Natural de De Hoop. Nessa área, o pequeno mamífero roedor dominante é o *Rhabdomys pumilio* (conhecido como rato listrado), em vez dos citados acima e, desse modo, a semente da planta em estudo não poderia ser dispersa pelos predadores mais comuns de sementes da família *Restionaceae*.

Na tentativa de se verificar a influência do rato listrado na dispersão das sementes de *C. argenteum* câmeras ativadas por movimento foram instaladas em alguns pontos dentro da reserva natural de De Hoop. Os cientistas confirmaram que esse rato não consome, tampouco enterra as sementes de *C. argenteum* intactas, embora consumem e fazem a dispersão de sementes de outras plantas da mesma família. Resultado este que aguçou ainda mais a curiosidade científica sobre o potencial dispersor de sementes da *C. argenteum* até então desconhecido.

Devido a essas características e a esses resultados preliminares, que indicaram que nem formigas e nem pequenos roedores faziam a dispersão das sementes de *C. argenteum*, os cientistas começaram a elencar outras hipóteses. Entre as novas possibilidades de dispersão para essas sementes, surgiu a pergunta: as sementes de *C. argenteum*, por terem um forte cheiro de fezes, seriam capazes de atrair organismos que se alimentam de fezes de mamíferos?

Para responderem a essa pergunta, Jeremy Midgley e seus companheiros colocaram sementes de *C. argenteum* em diferentes locais na reserva natural de De Hoop. Em cada local onde as sementes foram deixadas, os pesquisadores colocaram câmeras com sensor de movimento.

Após a colocação das sementes no campo experimental, houve a observação de que, em mais de 20 ocasiões, o besouro *Epirinus flagellatus* (escaravelho), foi atraído pelas sementes de *C. argenteum*. Esses besouros rolaram essas sementes e as enterraram, numa ação semelhante à que eles fazem com fezes de animais. No Brasil, esses besouros são conhecidos como “rola-bosta” e estão diretamente relacionados com ciclagem de nutrientes.

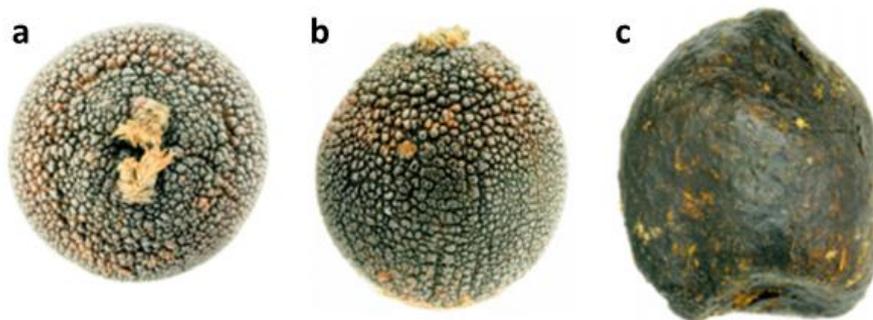
Se não bastasse esta fantástica descoberta, os mamíferos que se apresentam em maior número são os antílopes. Os cientistas então resolveram pesquisar se o cheiro da semente imitava o cheiro das fezes destes mamíferos. Comprovado! Ao compararem os compostos voláteis das fezes desses animais com os compostos voláteis das sementes da planta em estudo, os pesquisadores identificaram o quanto as sementes têm um odor parecido com o das fezes desses animais.



Escaravelho, besouro popularmente conhecido como "rola-bosta". Foto: Udo Schmidt.
Fonte: Wikimedia Commons™.

Finalmente, uma vez que o cheiro era muito parecido com o de fezes de antílopes, seriam os formatos semelhantes? Adivinha! A forma da semente é muito parecida com o formato das fezes. Desse modo, as sementes conseguem atrair os escaravelhos (besouros), para que eles transportem e enterram as sementes, simulando o ato de enterrar fezes dos antílopes.

Aí você deve estar se perguntando, e o que o escaravelho ganha com isso? Quando estes insetos enterram fezes, o fazem com o propósito de se alimentar destes restos alimentares ou, como observado com maior frequência, depositarem seus ovos para que as larvas oriundas se alimentem deste substrato. Porém, ao enterrarem as sementes, acabam descobrindo que o tegumento é muito rígido e abandonam as sementes já enterradas. Esse é um mecanismo de mimetismo sensorial feito pelas sementes de *C. argenteum*, que “enganam” os besouros para que, além de serem dispersas, possam também serem enterradas.



Sementes de *Ceratocarium argenteum* (a, b) e fezes (c) de antílope da reserva natural de De Hoop. Fonte Adaptado de MIDGLEY, J.J. et al., 2015.

Sob uma perspectiva macroecológica, a vantagem desse mecanismo para essas plantas é que, nos períodos de seca, as áreas aonde estão distribuídas sofrem com as queimadas. Ao serem destruídas pelo fogo, as sementes desta planta não conseguem germinar, interferindo desta forma no ciclo reprodutivo da espécie. Neste contexto, a perpetuação da espécie depende do nascimento de novas plântulas pós-fogo. Assim, faz-se necessário que as sementes dessas plantas tenham de ser dispersas a maiores distâncias de sua matriz e necessitam serem enterradas para que não sejam danificadas pelas queimadas. Daí o sucesso desse tipo de dispersão feita por escaravelhos. Simplesmente perfeito e sensacional!

Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?

- 01.** Entender os conceitos a seguir é importante para compreender melhor o texto lido e para aumentar seus conhecimentos sobre o assunto. Pesquise mais sobre cada um deles e anote as informações obtidas em seu caderno:

Partes de uma semente.

Elaiossomo.

Partes do fruto e tipos de frutos.

Nomenclatura científica.

Classificação de Lineu.

Evolução biológica e teorias evolucionistas.

Adaptações dos organismos aos ambientes.

Classificação dos artrópodes.

Metodologia científica.

Tipos de polinização das plantas.

- 02.** Assista aos vídeos encontrados nos links abaixo para que você possa compreender melhor as informações presentes no texto. Leia com atenção a descrição de cada vídeo a seguir:

a) <http://www.nature.com/article-assets/npg/nplants/2015/nplants2015141/extref/nplants2015141-s4.mp4>

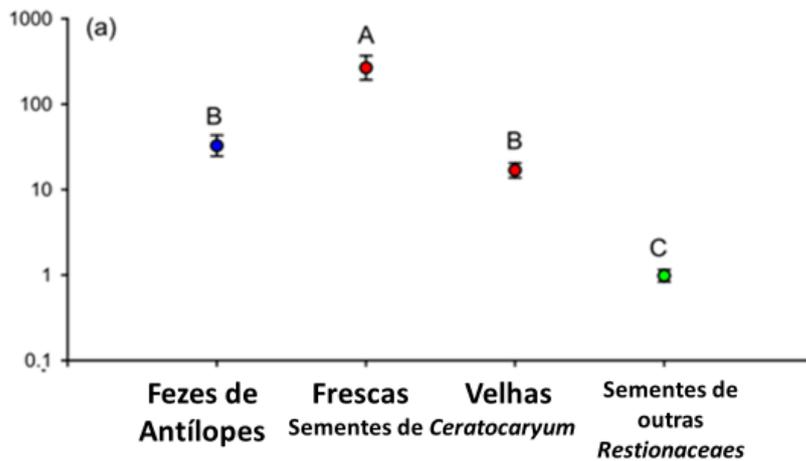
No vídeo citado acima você vai observar o *Rhabdomys pumilio* (rato listrado) comentado no texto. Além disso, vai ver o escaravelho (rola bosta) levando a semente de *Ceratocaryum argenteum*.

b) <http://www.nature.com/article-assets/npg/nplants/2015/nplants2015141/extref/nplants2015141-s3.mp4>

No vídeo presente no link acima você vai observar o *Epirinus flagellatus* (escaravelho) carregando a semente de *Ceratocaryum argenteum* e enterrando-a, como citado no texto. Observe com atenção o mecanismo de transporte desse besouro e porque ele é conhecido popularmente como “rola-bosta”.

Exercícios e atividades multidisciplinares

- 01.** Por meio da leitura do texto, podemos perceber o quanto o processo evolutivo é importante para a adaptação das espécies ao ambiente terrestre e às mudanças que ocorrem nele. Que tipos de adaptações foram observadas na planta estudada no texto? Como é o ambiente (características bióticas e abióticas) da região onde essa planta é encontrada? As adaptações citadas são relevantes para esse ambiente?
- 02.** O gráfico a seguir representa a média da quantidade de compostos voláteis emitidos por hora pelas sementes de *Ceratocaryum argenteum*, pelos excrementos de antílopes da região da planta e por sementes de outras plantas da família *Restionaceae*. Observe o gráfico, depois responda às questões.



Similaridades entre as emissões de compostos voláteis de sementes e fezes de antílopes.

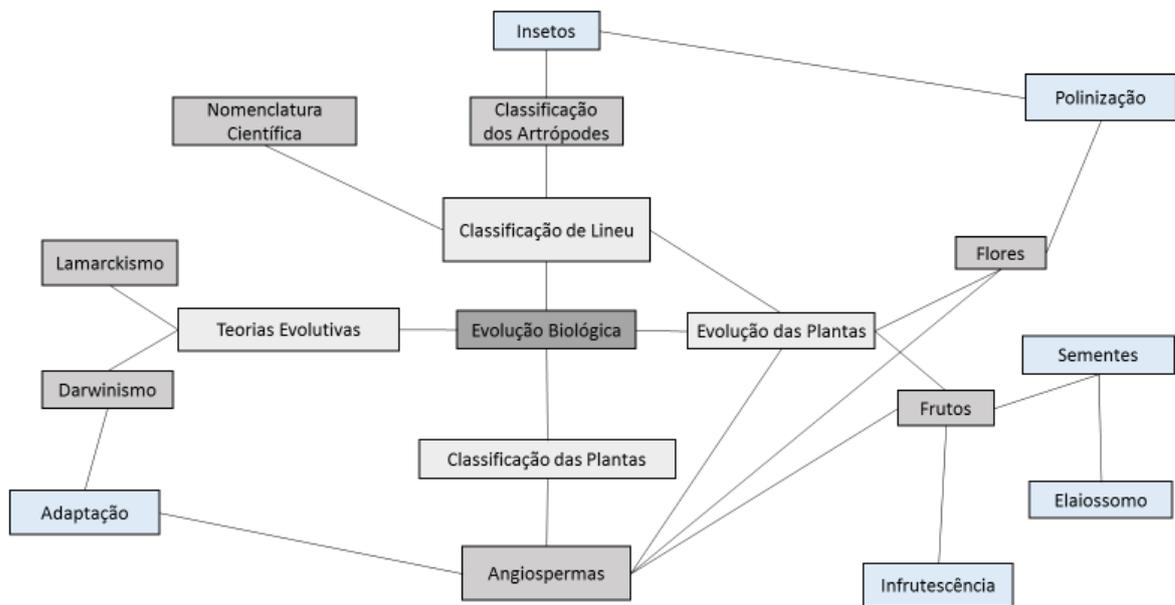
Fonte Adaptado de MIDGLEY et al., 2015.

- a) Existe, realmente, semelhança entre o perfil dos compostos voláteis das sementes de *C. argenteum* com o perfil de compostos voláteis das fezes de antílopes? Como podemos perceber essas semelhanças por meio do gráfico?
 - b) Observe que as sementes frescas da planta têm uma volatilidade superior à das fezes dos antílopes. Após a semente ficar um tempo livre no ambiente, a liberação de compostos voláteis passa a deixá-las com perfil muito parecido com o das fezes. Proponha uma explicação para isso, pensando na necessidade da dispersão da semente para a manutenção da espécie.
 - c) Com base no gráfico, por que as sementes de outras espécies da família *Restionaceae* não podem ser consideradas parecidas com as fezes dos antílopes da região?
- 03.** No texto, há a afirmação de que os escaravelhos tentam depositar seus ovos nas sementes que imitam as fezes de animais. A partir disso, podemos concluir que esse besouro naturalmente deposita os ovos em fezes. Que benefícios esse artrópode obtém ao fazer isso?
- 04.** A reserva natural de De Hoop é um dos Patrimônios Mundiais da Unesco. Qual a importância das reservas naturais? Existe alguma forma de explorar reservas naturais, obter conhecimento dentro delas e, simultaneamente, preservá-las para que todas as gerações façam uso de seus recursos?

Conversando sobre o assunto:

01. Por meio do texto podemos perceber que os organismos vão criando mecanismos de adaptação para sobreviverem ao ambiente terrestre. Entretanto, a adaptação é um processo lento, que acontece concomitantemente às mudanças dos fatores abióticos. Infelizmente, os seres humanos, explorando recursos naturais de forma não harmônica, têm acelerado essas alterações no ambiente. Com isso os organismos não conseguem acompanhar o ritmo de mudanças e muitos estão sendo extintos, em vez de evoluírem. Em pequenos grupos converse com seus colegas sobre possíveis soluções para os impactos ambientais causados pela ação humana, numa perspectiva mais local e global. Anote as informações em seu caderno. Posteriormente, socialize com os outros grupos as propostas feitas e discuta com os colegas e com professor se é ou não possível fazer algo para solucionar alguns dos problemas ambientais.

Mapa hierárquico dos conceitos que podem ser estudados após a leitura do texto 2 a partir do tema focal Evolução Biológica.



Fonte: Os autores.

Texto 3: O tucano e a palma. Por que um é tão importante para o outro?

Muito se fala em evolução das espécies na escola, em aulas de Ciências. Para alguns, este conceito é de difícil compreensão. Para outros, no entanto, compreender evolução é algo fácil. Independentemente de ser fácil ou difícil, comprovar a ocorrência da evolução leva tempo e depende do estudo e da compreensão de várias evidências evolutivas. Na tentativa de se entender melhor como ocorre a evolução, vários pesquisadores analisam os fósseis - restos ou vestígios preservados de animais, plantas ou outros seres vivos em rochas, como moldes do corpo ou partes deste, rastros e pegadas - alguns órgãos semelhantes em diferentes espécies de animais e outras características que são consideradas evolutivas. Mas essas evidências levaram milhares de anos para surgirem e, em muitos casos, fazem parte do passado. Agora, pesquisadores brasileiros podem ter conseguido mais uma evidência de que a evolução realmente acontece, mas observando organismos que ainda vivem entre nós.



Euterpe edulis, espécie de planta que produz açaí. Foto: João Medeiros. Fonte: Wikimedia Commons™.

O pesquisador Mauro Galetti, da Universidade Estadual de São Paulo, conduziu um estudo no qual foi verificada a rápida evolução no tamanho da semente de uma palma fundamental para a manutenção da Mata Atlântica, a *Euterpe edulis*.

Essa equipe de pesquisadores avaliou como a extinção de grandes aves, responsáveis pela dispersão de sementes maiores, pode causar mudanças evolutivas nessa espécie de palma. A pesquisa teve início pelo fato desses cientistas observarem que as sementes destas palmas eram menores em locais nos quais havia extinção ou redução na quantidade de aves de grande porte.

Baseados em outros estudos, esses pesquisadores propuseram que a redução no tamanho das sementes está diretamente relacionada com a fragmentação da floresta, fenômeno causado principalmente por ação humana nos últimos 100 anos. Isto por que as funções e os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas são prejudicados por essas fragmentações, uma vez que várias espécies podem ser extintas. As extinções causadas por influência humana podem ser cem vezes mais rápidas que as extinções naturais.

Com base nessas observações, Galetti e seus colaboradores pesquisaram a rápida evolução na redução do tamanho em sementes de *Euterpe edulis*, causada provavelmente pelo desmatamento excessivo feito por seres humanos.

Nas plantas de grande porte, as sementes também grandes são importantes pois possuem maior reserva de nutrientes, maior possibilidade de germinação e possibilitam, conseqüentemente, o surgimento de mudas maiores. Entretanto, as sementes maiores são dispersas exclusivamente por frugívoros que conseguem ingerir esse tipo de semente. Quase sempre aves de grande porte. Esses tipos de frugívoros são ameaçados pela caça e também pelo desmatamento, já que possuem um nicho ecológico que necessita de grandes áreas florestais. Em contrapartida, as aves menores, embora resistam a maiores perturbações, não conseguem fazer a dispersão de grandes sementes, tampouco em grandes territórios.

Por conta da extinção ou da redução populacional de grandes aves, ocorre a perda funcional desses organismos. Uma das funções que deixa de ser exercida é justamente a dispersão de sementes de tamanhos maiores. Isto faz com que os traços de frutos e sementes de plantas de grande porte sofram mudanças evolutivas rápidas.



O tucano, por ter um bico com grande abertura, é capaz de se alimentar e, conseqüentemente, dispersar sementes de tamanho maior. Foto: Julio Cesar Baldim. Fonte: Wikimedia Commons™.

Baseado nestas informações iniciais, os pesquisadores resolveram comparar o tamanho das sementes de 22 populações de palmeiras em áreas nas quais houve e não houve redução na quantidade de dispersores de grandes sementes. Os estudos ocorreram nos dois principais tipos fisionômicos da mata atlântica: floresta semidecidual e floresta tropical.

Vários fatores podem afetar o tamanho das sementes, por isso os pesquisadores tiveram o cuidado de avaliar cada um deles, como clima, fertilidade do solo, cobertura florestal, dentre outros. No entanto, nenhum destes fatores teve tanta influência no tamanho das sementes como as diferenças na fauna. Este último aspecto foi avaliado observando-se que algumas áreas apresentavam extinção ou redução na quantidade de grandes aves. Estas áreas foram chamadas de defaunadas – palavra que indica remoção ou destruição de uma população animal.



Açaí, fruta muito consumida no Brasil. Foto: Camila Neves Rodrigues da Silva. Fonte: Wikimedia Commons™.

Nesse estudo, os pesquisadores consideraram como grandes aves aquelas frugívoras com grande abertura de bico, isto é, que tem uma abertura maior ou igual a 12 mm. Entre essas aves estão tucanos (*Ramphastos dicolorus* e *R. vitelinus*) e grandes cotingas (*Procnias nudicollis*, *Carpornis spp.* e *Pyroderus scutatus*), que são as principais dispersoras de grandes sementes em florestas não defaunadas. Tordos pequenos, com pequena abertura de bico, ou seja, com abertura menor que 12 mm, são os dispersores mais comuns em áreas defaunadas. Nestas florestas os frugívoros com pequena abertura de bico são maioria.

Com a comparação das sementes, Galetti e seus colaboradores observaram que 33% dos frutos encontrados em áreas não defaunadas são pequenos e a maioria dos frutos tem tamanho grande, com 12 mm ou mais de diâmetro, sendo estes consumíveis por grandes aves. Em contrapartida, 98% dos frutos observados nas áreas defaunadas têm diâmetro menor que 12 mm e são consumíveis por aves com pequena abertura de bico.

Esse resultado indica uma tendência de sementes menores em áreas com redução da fauna. Por isso, sugere-se que o tamanho da semente está potencialmente relacionado com o processo de seleção de frutos. Isso mostra que a variação local no tamanho das sementes não está relacionada com qualquer um dos preditores abióticos citados anteriormente ou com variáveis na paisagem, mas está consistentemente relacionado com o estado de defaunação de cada local.

Para que você entenda melhor a relação da defaunação de grandes aves com a diferença no tamanho das sementes, observe o seguinte. Sementes que são dispersas com a polpa e aquelas que caem sob as plantas pais tem menos chances de germinar e

apresentam alta taxa de mortalidade. Aquelas dispersas pelas aves, quer seja por regurgitação ou por defecação, sobretudo em regiões afastadas das plantas pais, apresentam maiores chances de sobrevivência. Entretanto, diferentes tipos de aves dispersam sementes de tamanhos diferentes. As sementes dispersas por tordos apresentam tamanhos iguais ou menores que 12 mm de diâmetro. As aves com maior abertura de bico, principalmente os tucanos, dispersam uma maior quantidade de sementes de tamanhos variados, incluindo as com diâmetros superiores a 12 mm. Sendo assim, há a tendência de a dispersão ser feita por aves pequenas em áreas defaunadas e, por isso, as sementes menores são maioria entre as que germinam e originam novas plantas. Estas sementes possuem embriões com informações genéticas que levam ao surgimento de plantas menores que também produzirão sementes menores. Essas foram as primeiras conclusões dos pesquisadores.

Com o objetivo de confirmar esses primeiros resultados os cientistas realizaram outros experimentos. Eles avaliaram também a probabilidade de dispersão de sementes para cada ave em função do tamanho da semente, anotando o diâmetro de sementes dispersas com sucesso (regurgitadas ou defecadas) e sementes não dispersas (frutas contendo somente as marcas de bico) em quatro áreas intocadas e em três locais defaunados.

Neste experimento observou-se que a probabilidade de dispersão de sementes com mais de 12 mm de diâmetro era próxima de zero em áreas defaunadas. Já nas áreas não defaunadas, 32% das sementes que foram dispersas com sucesso apresentaram tamanho maior que 12 mm. Com esses novos estudos, observou-se que as áreas defaunadas perderam esta gama de variação fenotípica no tamanho da semente, sugerindo seleção direcional para sementes de tamanho reduzido na espécie *E. edulis*.

Com os experimentos chegou-se à conclusão de que em áreas defaunadas os principais dispersores de sementes são aves com pequena abertura de bico, principalmente os tordos, que são mais resistentes ao desmatamento. No entanto, estas aves só fazem a dispersão de sementes menores e, por isso, nessas áreas há uma frequência maior de sementes com diâmetro menor que 12 mm.

Para concluir os estudos, os cientistas investigaram, por meio de um modelo evolutivo simples, qual o potencial da seleção feita pelos frugívoros para causar as diferenças no tamanho das sementes em áreas defaunadas e não defaunadas. Após as simulações foi possível observar que, num período menor que 75 anos após um evento

grave de redução da fauna, por caça ou por desmatamento, já é possível haver alteração no tamanho das sementes de *E. edulis*.

A extensa conversão de áreas de floresta em áreas agrícolas e a caça descontrolada levaram a uma redução significativa de grandes aves frugívoras, como o tucano. Nas áreas em que essas aves desapareceram, há um sucesso maior na dispersão de sementes quando estas são pequenas, sendo dispersas por aves menores. Com isso, as sementes das palmas em áreas defaunadas apresentam um diâmetro menor.

Em geral, os resultados obtidos levam à conclusão de que a defaunação pode ter provocado uma mudança evolutiva rápida de uma característica fenotípica da planta, resultando em uma redução consistente no tamanho de sementes na Mata Atlântica, isto é, as sementes são menores em áreas nas quais os grandes dispersores são funcionalmente extintos.

Mas como isso pode prejudicar as palmeiras? Da seguinte forma.

Com a redução do tamanho da semente há uma menor reserva de nutrientes para o embrião que vai germinar e, com isso, as novas mudas têm um tamanho significativamente menor e são mais vulneráveis à dessecação, resultando em uma maior mortalidade das sementes em condições climáticas mais secas, finalizando com uma redução no tamanho populacional dessas plantas. Como a regeneração em áreas defaunadas depende de sementes pequenas, uma ampliação e intensificação dos períodos de seca seria extremamente prejudicial para o estabelecimento de plântulas desta espécie de palma, que já está ameaçada de extinção. E o pior, pelas alterações climáticas em curso na América do Sul, infelizmente já é previsto que a tendência do clima é se tornar justamente mais seco. Assim, esta espécie poderá até ser extinta.

Portanto, podemos concluir que a interferência humana excessiva em áreas de ambiente natural pode levar à extinção de diversas espécies animais e vegetais importantes para o equilíbrio ecológico, resultando em uma cadeia de efeitos ecológicos e evolutivos que poderão alterar significativamente a evolução natural de algumas espécies, interferindo na história de vida de vários seres vivos, inclusive na dos humanos.



Desmatamento, umas das principais causas de perda de biodiversidade no Brasil. Foto: Hans Braxmeier. Fonte: Wikimedia Commons™.

Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?

Procure o significado dos conceitos a seguir e anote-os em seu caderno. Estude-os e, quando não conseguir entendê-los, converse com seu professor. Compreender esses conceitos é importante para interpretar melhor o texto lido.

Seleção natural.

Floresta semidecidual e floresta tropical.

Extinção.

Interações ecológicas.

Espécies endêmicas.

Adaptação biológica.

Biomas mundiais e brasileiros.

Classificação das plantas.

Exercícios e atividades multidisciplinares

- 01.** A mata atlântica corresponde a uma grande área de floresta tropical que acompanha o litoral brasileiro, desde o Sul até o Nordeste do país. No entanto, todo esse território vem sendo explorado e degradado pela ação humana. Sobre esse assunto, faça o que se pede:
 - a)** Pesquise qual o tamanho da área da Mata Atlântica que já foi destruída e quanto ainda resta desse bioma.

- b) Anote quais as principais causas do desmatamento dessa floresta.
- c) Baseado no texto lido e em suas pesquisas, responda: como a fragmentação da mata atlântica pode levar algumas espécies de animais e de plantas à extinção?
02. No texto são citadas algumas relações ecológicas. Identifique as relações entre organismos presentes no texto, analise de que tipo elas são e anote como você chegou a essa conclusão.
03. Os organismos em geral possuem adaptações que os ajudam a sobreviver no meio no qual se encontram. Identifique, por meio da leitura do texto, quais adaptações a espécie *Euterpe edulis* possui para viver na Mata Atlântica. Considerando as mudanças que estão acontecendo nesse bioma, você acredita que a planta citada realmente poderá se extinguir?

Conversando sobre o assunto:

01. O Brasil é um país com extensa área territorial. Nesse grande espaço são observados diferentes biomas e diversas zonas climáticas. Faça uma pesquisa e anote quais são os principais biomas e climas observados no Brasil. Converse com o professor sobre os resultados de sua pesquisa e indique se você acha que estão acontecendo mudanças climáticas em nosso país. Aproveite esse momento para contar os resultados da sua pesquisa para os seus colegas e verificar se eles têm a mesma opinião que a sua.
02. No texto podemos perceber que a planta *Euterpe edulis* está passando por um processo evolutivo e adaptativo que pode leva-la à extinção, já que sementes menores são menos resistentes às alterações ambientais previstas para a região da Mata Atlântica. Mas, em alguns casos, as plantas interagem com organismos que as levam a adaptações importantes para a sobrevivência. Leia o texto abaixo:
- “Pesquisa realizada por cientistas da Universidade de Toronto Mississauga (UTM), do Canadá, aponta que os insetos colaboram para acelerar o processo de evolução das plantas. A investigação científica demonstra que esta interação obriga os vegetais a se adaptarem rapidamente ao ambiente onde vivem - em questão de poucos anos. Para obter mais detalhes sobre a evolução, pesquisadores canadenses, em parceria com cientistas dos Estados Unidos, Reino Unido e Finlândia, utilizaram a primula durante os procedimentos. A espécie foi escolhida por ser um vegetal que se autofertiliza, ou seja, não depende da polinização de outro exemplar. Eles dividiram um grupo de primulas em dois. Um foi mantido livre da presença de insetos e recebendo aplicações de inseticidas a cada 15 dias e outro foi colocado em

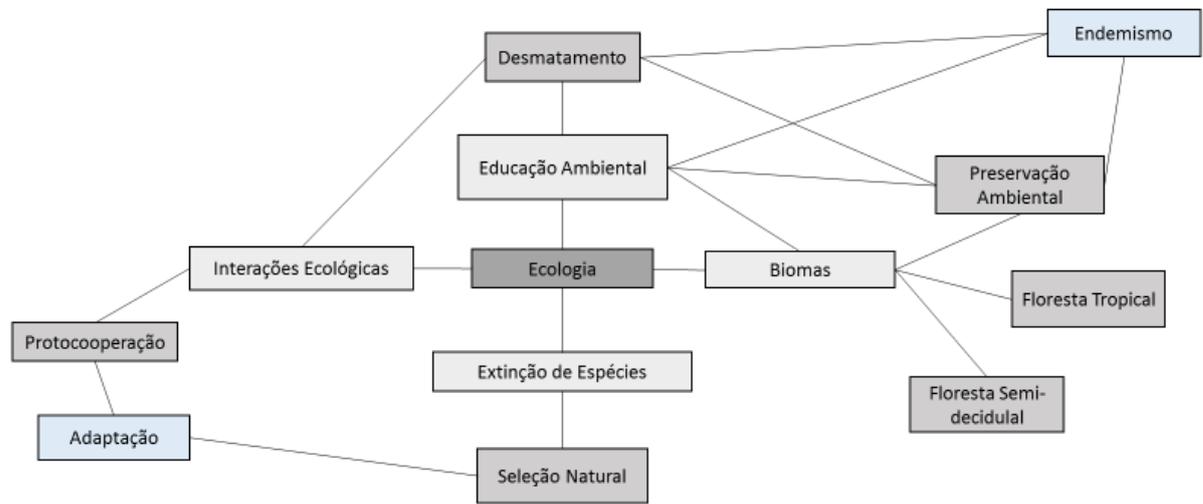
um ambiente natural, com a presença de insetos. O crescimento das plantas foi observado durante cinco anos, sendo que a cada ano era feita a análise do genótipo dos vegetais. Segundo o estudo, a evolução, que é a mudança nas informações hereditárias ao longo do tempo, foi observada em todas as plantas após o aparecimento de uma nova geração. Porém, modificações significativas em indivíduos foram detectadas a partir do nascimento das 3ª e 4ª gerações. Deste grupo, plantas que não foram tratadas com inseticida e ficaram expostas aos insetos desenvolveram uma defesa natural, graças a alterações bioquímicas e genéticas, que permitiu a proteção desses vegetais de futuros ataques de insetos. Com isso, os vegetais se tornaram intragáveis para traças e pulgões, ambos utilizados nos testes científicos.”

Fonte:

<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2012/10/cientistas-afirmam-que-insetos-ajudam-acelerar-evolucao-de-plantas.html>

- a) Discuta com seus colegas e com o professor se, de alguma forma, a adaptação nas sementes de *E. edulis* está sendo positiva para a espécie. Anote suas conclusões.
- b) Baseado na notícia acima, proponha uma explicação de como as plantas denominadas prímulas conseguiram criar mecanismos de proteção contra traças e pulgões.
- c) Com base nos estudos sobre evolução e adaptação e a partir da notícia acima, responda: podemos considerar a resistência a insetos observada na 4ª geração de prímulas como uma evolução?

Mapa hierárquico com conceitos que podem ser estudados e compreendidos após a leitura do texto 3 a partir do tema focal Ecologia.



Fonte: Os autores.

Texto 4: As bactérias e a nossa pele

A nossa pele é colonizada por uma grande quantidade de pequenos organismos conhecidos como bactérias. E, por mais que procuremos formas diferentes de nos livrar desses microrganismos, elas continuarão fazendo parte do nosso corpo. Mas, não precisamos nos preocupar. Na verdade, a maior parte das bactérias que está em nossa pele é boa para o nosso organismo, e precisa mesmo ficar conosco. Elas contribuem com o sistema imunológico do nosso organismo, ajudando na defesa do corpo contra outros microrganismos que possam causar doenças e também contra uma série de produtos que poderiam nos fazer mal, caso as bactérias não estivessem nos protegendo. Essas bactérias são tão importantes que, recentemente, um grupo de pesquisadores indianos chegou à conclusão de que uma doença de pele pode ocorrer devido a alterações na microbiota desse órgão.

O vitiligo é uma doença crônica da pele que se caracteriza com a perda irregular da pigmentação devido à morte de melanócitos. Ainda não se sabe exatamente o que causa essa doença, mas acredita-se que o ataque autoimune de melanócitos seja um dos principais fatores que levam à despigmentação da pele. Por isso, boa parte dos tratamentos para essa doença é feito buscando a regularização da atividade imune, que ocorre de forma excessiva nesta doença. No entanto, esse tipo de tratamento tem tido um sucesso limitado, o que significa que quase não há recuperação da pele lesionada por vitiligo quando se trata somente do sistema imunológico. Sendo assim, considera-se que o vitiligo é causado por uma série de fatores ou distúrbios que levam a um mesmo fenótipo.

Para tentar identificar um desses fatores que podem causar esta despigmentação da pele, este grupo de pesquisadores resolveu investigar as diferenças entre as comunidades de bactérias de pele lesionada e não lesionada de indivíduos com vitiligo. Essa investigação foi feita por meio da exploração dos perfis de comunidades microbianas de pele com e sem lesão, em indivíduos que apresentam a doença. A identificação das diferentes comunidades de bactérias foi possível graças à análise de material genético desses organismos. Para isso, identificaram as bactérias encontradas na pele normal (mais escura) e na pele com vitiligo (mais clara) de vários indivíduos e verificaram as possíveis diferenças entre as comunidades bacterianas das partes do corpo com e sem Vitiligo.

O estudo realizado por Parul Ganju e seus colaboradores obteve diversos resultados dentre os quais destacam-se os seguintes:



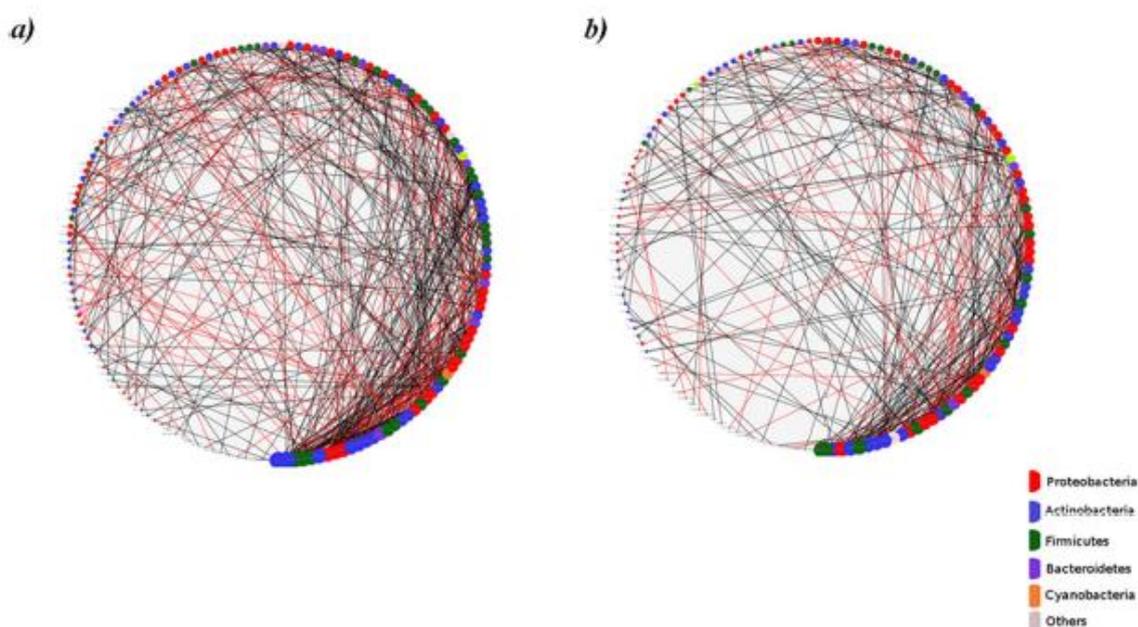
Pele de pessoa com vitiligo. A doença causa despigmentação na pele, que causa a perda de cor. Foto: James Heilman. Fonte: Wikimedia Commons™.

- **Taxonomia:** foi identificado que em ambos os tipos de pele as comunidades bacterianas são dominadas por quatro filos principais: *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Firmicutes* e *Bacteroidetes*. Cerca de 85% das bactérias encontradas pertencem a esses filos, tanto em pele com lesões como em pele sem lesões. Estes resultados são semelhantes aos observados em pessoas que não possuem a doença. O filo de *Actinobacterias* é o que possui maior abundância nos dois tipos de pele, constituindo 45% da comunidade microbiana. Entre as bactérias observadas, mais de um terço pertence aos seguintes gêneros: *Corynebacterium*, *Staphylococcus*, *Propionibacterium*, *Micrococcus*, *Kocuria*, *Acinetobacter*, *Streptococcus* e *Paracoccus*.
- **Composição comunitária nos dois tipos de pele:** de acordo com a pesquisa, há uma maior riqueza de espécies em amostras de pele sem lesão em comparação com as contrapartes lesionadas por vitiligo. Isto significa que nas peles em que não há lesão é possível obter um grande número de espécies diferentes de bactérias; e nas lesões por vitiligo o número de espécies de bactérias encontradas é menor.
- **Microbiota específica de cada tipo de pele:** no total, 39 táxons (21 gêneros, 9 famílias, 5 ordens e 4 classes) apresentaram uma diferença significativa em termos de abundância entre os dois tipos de pele. Destaca-se neste resultado o fato de *Corynebacterium* (gênero encontrado em maior abundância nos dois tipos de pele) estar presente em maior quantidade em pele sem lesão. *Corynebacteriaceae* (família) também é encontrada em maior abundância em amostras não lesionais. Enquanto isso, *Flavobacteriales* (ordem), *Gammaproteobacteria* e *Flavobacteria* (classes) tiveram abundância significativamente maior em amostras de pele com vitiligo. Veja a tabela a seguir, que apresenta a porcentagem relativa de alguns grupos taxonômicos em pele com e sem lesão por vitiligo:

Tabela 1: Proporção de bactérias por nível taxonômico encontrada em pele normal e com vitiligo.

Nível Taxonômico		Filo a que pertence	Composição relativa na pele	
			Normal	Vitiligo
Gênero	<i>Corynebacterium</i>	<i>Actinobacteria</i>	18,97%	14,8%
Família	<i>Corynebacteriaceae</i>	<i>Actinobacteria</i>	17,17%	12,76%
Ordem	<i>Flavobacteriales</i>	<i>Bacteroidetes</i>	0,94%	2,69%
Classes	<i>Gammaproteobacteria</i>	<i>Proteobacteria</i>	11,37%	17,61%
	<i>Flavobacteria</i>	<i>Bacteroidetes</i>	0,93%	2,64%

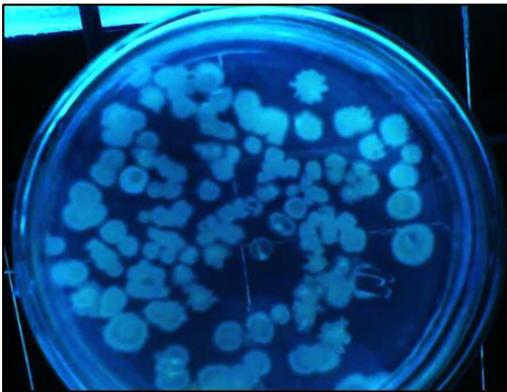
- Relação e associação entre as bactérias na comunidade:** os resultados da pesquisa mostraram que pele não lesionada possui maior diversidade de interações entre os vários membros da comunidade. Este resultado indica que há uma mudança drástica na dinâmica da comunidade quando se compara pele sem a doença com pele lesionada por vitiligo. Veja a imagem a seguir, que mostra a rede de interações entre bactérias dos dois tipos de pele e observe como há uma maior interação entre organismos da pele sem lesão.



Rede de interação entre bactérias em comunidades encontradas em pele sem vitiligo (a) e com vitiligo (b). Quanto a maior a quantidade de linhas observadas nos gráficos acima, maior a quantidade de interações entre diferentes espécies de bactérias. Pele lesionada apresenta menor interação entre diferentes espécies. Adaptado de GANJU, P., *et al.*, 2016.

Os resultados anteriormente citados indicam uma clara diferença entre a microbiota de pele afetada e não afetada pela doença vitiligo. No estudo, os autores

afirmam que a pele é um importante ecossistema e que a comunidade de microrganismos presente nesse órgão permanece relativamente estável ao longo do tempo. Essa estabilidade é essencial para a manutenção de uma pele saudável. Por esse motivo houve essa especulação por parte dos cientistas em saber se a doença de pele vitiligo não poderia estar relacionada a alguma alteração nas comunidades microbianas da pele.



Cultura de bactérias em placa de Petri. Esse tipo de cultura é comumente preparado para se estudar esses microrganismos. Foto: Fabyv07. Fonte Wikimedia Commons™.

As respostas obtidas no estudo de Parul Ganju e seus colaboradores indicam uma redução na diversidade de espécies bacterianas em locais da pele com a doença vitiligo. Além disso, foram observados táxons microbianos específicos de partes lesionadas. Ainda nesta pesquisa, observou-se uma maior interação entre bactérias de pele sem vitiligo, indicando uma alteração na dinâmica da comunidade.

Apesar dos resultados obtidos, o estudo não possibilita concluir se as alterações na comunidade de bactérias é que causam a doença ou se é a doença, com as várias alterações fisiológicas no local lesionado, que proporciona ambiente para uma mudança no perfil da comunidade microbiana. Outros estudos são necessários para se compreender melhor a importância das bactérias da pele na doença vitiligo, entretanto, este trabalho ajuda a compreender o potencial de influência da comunidade de microrganismos nesta doença e possibilita o início de um estudo que pode levar a novos diagnósticos e tratamentos para o vitiligo.

Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir sobre o assunto?

Os conceitos listados abaixo são importantes para uma melhor compreensão do texto lido. Procure mais informações a respeito desses conceitos e discuta-as com seu professor.

Microbiota

Taxonomia

Táxons (níveis taxonômicos)

Reino monera (bactérias)

Tecidos dos animais (epiderme e derme)

Pele humana (pigmentos da pele)

Sistema imune

Vitiligo

Níveis de organização dos seres vivos

Exercícios e atividades multidisciplinares

- 01.** A doença Vitiligo é uma doença de pele que afeta várias pessoas em várias partes do mundo e, por isso, há essa preocupação, observada no texto, em se descobrir exatamente o que causa essa doença para que seja possível encontrar maneiras de se amenizar os sintomas dela ou, quem sabe, curá-la. Sobre esse assunto, resolva o que se pede abaixo:
- a) Faça um levantamento com base em documentos disponíveis na internet, de quantas pessoas, em média, são atingidas por Vitiligo no mundo e também no Brasil.
 - b) O sintoma mais evidente da doença Vitiligo é a perda de pigmentação da pele devido à morte de melanócitos. Isso faz com que a pele fique clara, sem cor. Quais consequências essa perda de pigmentos pode ter para o organismo? Procure e informe formas de amenizar esses problemas.
 - c) Ainda não existe uma informação definitiva sobre o que causa a doença Vitiligo. O texto lido cita que uma das causas pode ser alteração na microbiota da pele ou no funcionamento do sistema imunológico da pessoa. Procure mais informações sobre essa doença e cite outras possíveis causas do Vitiligo. Analise as causas encontradas e cite, na sua opinião, qual causa é mais provável e por que.
- 02.** De quando são os primeiros estudos e identificação da doença Vitiligo? Nesse período, o que se acreditava ser a causa dessa doença?

Conversando sobre o assunto:

- 01.** A notícia abaixo divulga um tipo de tratamento experimental que apresentou resultados positivos na cura da doença Vitiligo. Leia a notícia e resolva o que se pede abaixo:

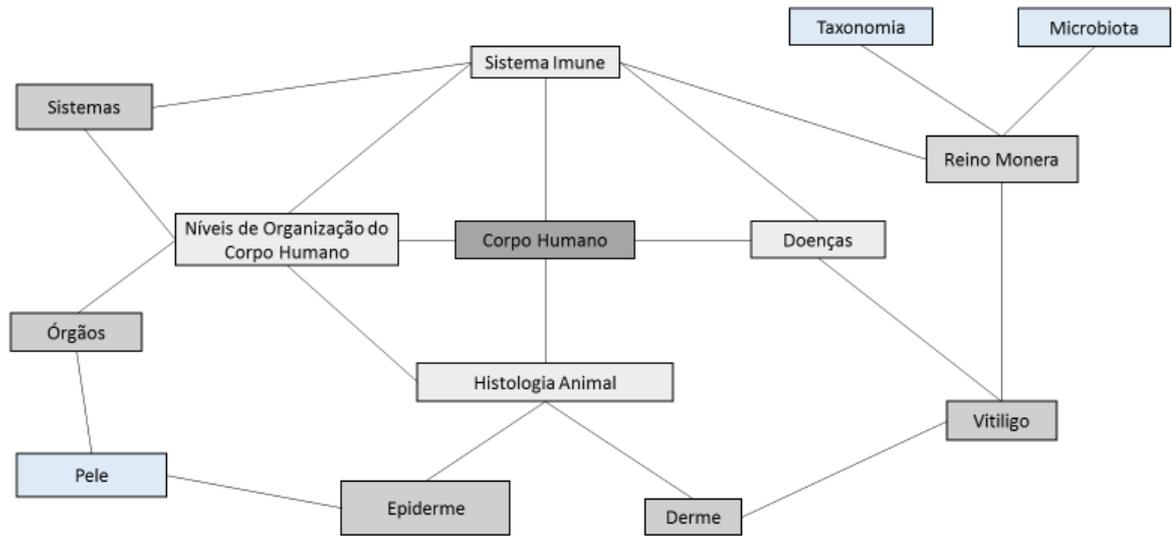
Cientistas reverteram vitiligo em paciente com droga para artrite

Medicamento Tofacitinib restaurou em poucos meses a pigmentação da pele
“Pesquisadores de Yale descobriram que um medicamento desenvolvido para tratar casos de artrite reumatoide conseguiu restaurar a pigmentação da pele de uma paciente que sofria de vitiligo Os dados foram publicados na revista “JAMA Dermatology”. A investigação foi conduzida pela equipe do cientista Brett King, da Escola de Medicina da Universidade Yale”.

Fonte: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/06/cientistas-revertem-vitiligo-em-paciente-com-droga-para-artrite.html>

- a) Com base nas informações presentes no texto e na notícia acima, explique por que o tratamento com medicamentos para artrite reumatoide teve resultados positivos na cura do Vitiligo.
- b) A notícia acima afirma que a doença Vitiligo é causada por alterações no sistema imune. Entretanto, com base em todas as leituras feitas, é possível afirmar definitivamente que esta é a causa da doença? Justifique.
- c) Forme grupos e converse com seus colegas sobre os diferentes tipos de causas do Vitiligo e, para cada causa, proponha um tipo de tratamento. Anote essas informações em seu caderno e compartilhe com os colegas de sala.

*Mapa hierárquico com conceitos possíveis de serem estudados a partir do tema focal
Corpo Humano, presente no texto 4.*



Fonte: Os autores.

Texto 5: Agrotóxicos – problema ou solução?

Com os avanços tecnológicos e científicos e o aumento do conhecimento humano, muitas novidades foram surgindo na sociedade, sendo algumas consideradas boas e úteis para a humanidade e outras nem tão legais assim. Entre estas novidades, uma série de produtos, equipamentos e utensílios que facilitam o dia a dia no campo e auxiliam produtores rurais das mais diferentes maneiras devem ser consideradas. Essa facilidade, inclusive, possibilitou a redução da mão de obra em áreas rurais e a ida de várias pessoas para as cidades, fenômeno historicamente conhecido como êxodo rural.

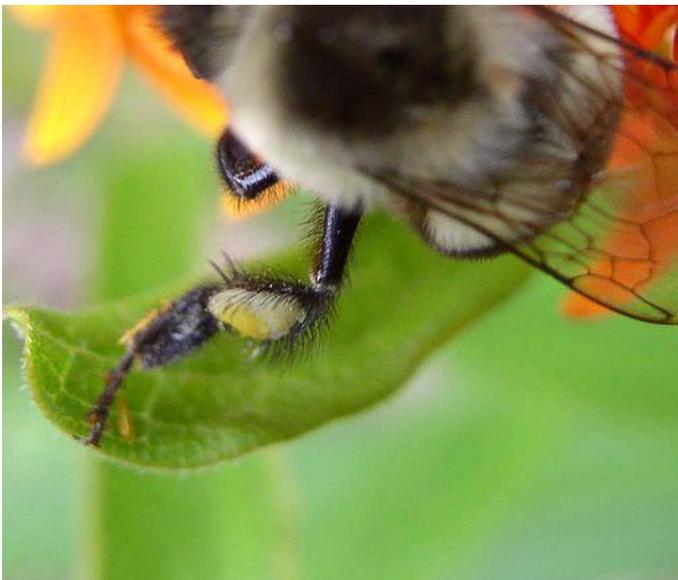
Um dos produtos que acelerou e, sob alguns aspectos facilitou, a produção agrícola foi a descoberta e uso dos agrotóxicos. Esses produtos são utilizados como defensores da plantação, eliminando pragas que naturalmente destruiriam o plantio, aumentando com isso a produção.

Mas, será que esses produtos químicos atingem somente organismos danosos à agricultura? Será que eles são tão bons quanto parecem? Poderiam os agrotóxicos agirem além do que é proposto para eles e prejudicarem o ambiente? Estas e outras perguntas poderão ser respondidas por meio da leitura a seguir.

Em uma pesquisa realizada por Gemma Baron, Nigel Raine e Mark Brown foi avaliado o impacto que o inseticida neonicotinoide TiametoxamTM pode causar em rainhas de quatro espécies diferentes de abelhas. Sabe-se que as abelhas-rainhas têm função reprodutora para a colmeia. São elas que botam ovos dos quais nascem as operárias, os zangões ou novas rainhas. As abelhas são insetos muito importantes para as plantas, pois são polinizadoras e contribuem para a fecundação vegetal ao espalharem grãos de pólen de forma homogênea na flor, o primeiro capítulo já relatou isso. Por esse motivo os pesquisadores preocuparam-se em saber se o agrotóxico que é utilizado para proteger a plantação dos insetos nocivos, não estaria também prejudicando o plantio, eliminando com isso os insetos polinizadores.



Abelha da espécie *Bombus terrestris* em flor de planta silvestre. Foto: Vera Buhl. Fonte: Wikimedia Commons™.



Detalhe da corbícula da abelha – parte da tíbia da perna traseira – local no qual se prendem grãos de pólen nas abelhas. Foto: Beatriz Moisset. Fonte: Wikimedia Commons™.

Embora possa parecer uma novidade, várias pesquisas avaliando o impacto de diferentes tipos de agrotóxicos sobre comunidades de abelhas já foram realizadas. Entretanto, a maioria delas investiga os impactos sobre a colmeia como um todo e em espécies específicas, sobretudo em *Bombus terrestris* e *Bombus impatiens*, abelhas comuns na Europa e América do Norte, respectivamente. Essas abelhas são mais facilmente manuseadas em laboratório e por isso são amplamente utilizadas em pesquisas. Entretanto, ao pesquisar somente essas espécies, há uma limitação em saber quais

impactos os agrotóxicos podem causar em outras abelhas, que participam da polinização de plantas silvestres. Veja que o impacto, caso exista, pode ir além das abelhas. Ao causar danos em abelhas-rainhas o agrotóxico pode impedir a reprodução na colmeia e a redução de abelhas impacta diretamente a fecundação em plantas silvestres, prejudicando todo o ambiente.

No trabalho feito por Gemma Baron, Nigel Raine e Mark Brown as abelhas estudadas foram das espécies *B. terrestris*, *B. lucorum*, *B. pratorum* e *B. pascuorum*. Todas estas são abelhas silvestres e que normalmente polinizam plantas silvestres.

Para realizar a investigação, os pesquisadores coletaram 506 rainhas das espécies de abelhas supracitadas entre março e abril de 2014, em Windsor Great Park, no Reino Unido. Os indivíduos de cada espécie foram coletados o mais cedo possível na estação – na Europa a primavera ocorre entre os meses de março e junho – e dentro de um curto espaço de tempo. Isso minimizou o tempo entre as capturas e, na medida do possível, padronizou a experiência. Rainhas com pólen armazenado em suas corbículas não foram coletadas porque provavelmente já haviam estabelecido um local de nidificação, isto é, aquelas que carregavam grãos de pólen já deveriam ter um ninho para postura de ovos e não seriam bem aproveitadas na pesquisa.

A região de Windsor Great Park, onde foram coletadas as abelhas, é cercada por áreas agrícolas e urbanas, onde as rainhas podem também ter entrado em contato com pesticidas utilizados em jardins ou culturas. Por esse motivo, os pesquisadores não puderam controlar a exposição das rainhas coletadas a outros pesticidas e nem teriam como saber o quanto esses pesticidas anteriores poderiam influenciar os resultados. Para diminuir qualquer influência, as rainhas foram distribuídas aleatoriamente para os grupos de tratamento, que é aquele que durante a pesquisa não recebe nenhum tipo de inseticida, para efeitos de comparação com os outros que foram contaminados.

As amostras fecais das rainhas foram examinadas com utilização de microscópio para se verificar a presença de larvas de vermes. Rainhas infectadas foram excluídas da experiência, para que se pudesse evitar qualquer influência de verminoses nos resultados da pesquisa. Isso é importante para que os pesquisadores possam verificar se realmente é o agrotóxico testado que está causando qualquer alteração que possa ser observada nas rainhas.



Windsor Great Park, Reino Unido, local onde foram coletadas as abelhas usadas no estudo. Foto: David Dixon. Fonte: Wikimedia Commons™.

As rainhas foram então distribuídas em caixas de criação e mantidas numa sala escura a uma temperatura constante de 28 °C e umidade de 50%. Para cada caixa foi disponibilizado um xarope com açúcar como alimento e grãos de pólen, imitando o ambiente natural das abelhas.

As caixas de criação receberam diferentes doses do inseticida Tiametoxam™, conforme quadro a seguir:

Espécie	Grupo Controle 0 ppb de tiametoxam	Grupo Dose Baixa 1 ppb de tiametoxam	Grupo Dose Alta 4 ppb de tiametoxam
<i>B. terrestris</i>	Caixa de criação 1	Caixa de criação 2	Caixa de criação 3
<i>B. lucorum</i>	Caixa de criação 1	Caixa de criação 2	Caixa de criação 3
<i>B. pratorum</i>	Caixa de criação 1	Caixa de criação 2	Caixa de criação 3
<i>B. pascuorum</i>	Caixa de criação 1	Caixa de criação 2	Caixa de criação 3

As doses baixa e alta na tabela estão dentro do intervalo de resíduos de Tiametoxam™ encontrados no pólen armazenado e no néctar de colônias das abelhas selvagens estudadas. Isto significa que os estudos se baseiam na quantidade de inseticidas que as abelhas recebem naturalmente, para que se possa verificar o quanto o agrotóxico usado em plantações pode interferir nas populações das abelhas.

As rainhas foram tratadas com o xarope contendo pesticida durante 14 dias. Normalmente as rainhas ficam fora do ninho e expostas aos pesticidas presentes nas flores por um período de aproximadamente quatro semanas. Portanto, um período de exposição de 14 dias, usado no experimento, é um período conservador, já que naturalmente as rainhas ficam naturalmente expostas por mais tempo. Após o período de exposição aos inseticidas, as abelhas ainda foram observadas por mais duas semanas para se avaliar quaisquer impactos imediatos causados pelo agrotóxico, como mortalidade, produção de cera e desenvolvimento de ovário (comuns às rainhas no período de nidificação). Após o período de quatro semanas todas as abelhas foram congeladas e começaram a ser analisadas.

As principais observações feitas e comparadas foram em relação à alimentação, à sobrevivência até ao final da experiência de quatro semanas, à iniciação da produção de cera, à iniciação da postura de ovos e ao comprimento médio dos oócitos (células reprodutoras). No final do período de tratamento, com a exclusão de abelhas infectadas e perda de abelhas que escaparam, restaram 230 abelhas das diferentes espécies para serem avaliadas. Os principais resultados obtidos são os seguintes:

- **Alimentação:** a dose elevada de tratamento com pesticidas teve um impacto negativo no consumo de xarope por *B. pascuorum* e *B. pratorum*. Isso indica que estas duas espécies reduziram a alimentação quando submetidas a doses altas do inseticida. Mesmo assim, apesar da redução na alimentação das rainhas no grupo de altas doses, o consumo do agrotóxico foi ainda maior em média comparado com os grupos controle e de dose baixa.
- **Desenvolvimento do ovário:** a exposição a dose elevada de TiametoxamTM causou uma redução no comprimento dos oócitos terminais das rainhas. Isto foi verificado em todas as espécies. O comprimento médio de redução dos oócitos foi de 8,1% em *B. lucorum*, 13,8% em *B. pascuorum*, 5,9% em *B. pratorum* e 4,6% em *B. terrestris*, quando comparados com os grupos controles das mesmas espécies.
- **Sobrevivência:** em todas as espécies, 88% das rainhas (203) sobreviveram durante o período de observação de quatro semanas. O tratamento com pesticidas não teve impactos significativos na taxa de mortalidade das rainhas.
- **Comportamento de enceramento:** mais de metade das rainhas (53%) exibiram comportamento de enceramento durante o experimento. A produção de cera pelas abelhas é importante para a construção da colmeia.
- **Postura de ovos:** houve diferenças na postura de ovos entre as espécies. Rainhas de *B. terrestris* iniciaram uma colônia dentro de quatro semanas. Foi a espécie mais rápida. *B. pratorum* teve a taxa de iniciação de colônia mais baixa.

Com base nos resultados acima, os pesquisadores concluíram que abelhas-rainha selvagens das espécies *B. terrestris*, *B. lucorum*, *B. pratorum* e *B. pascuorum* estão susceptíveis à agrotóxicos neonicotinoides, como o Tiametoxam™, um dos mais usados no Reino Unido e em diversos outros países. Os resultados indicam que doses relevantes deste inseticida podem ter impactos negativos no desenvolvimento do ovário de abelhas-rainha de várias espécies de abelhas selvagens. Isso significa que, indiretamente, o agrotóxico em estudo pode causar a eliminação de diversas abelhas, já que interfere diretamente no processo reprodutivo da espécie.

Além disso, foi observado que as rainhas de *B. pratorum* e *B. pascuorum* tiveram uma redução no consumo de xarope, o que indica uma diminuição na alimentação destas espécies. Como *B. terrestris* e *B. lucorum* não apresentaram redução no consumo de xarope, os pesquisadores concluíram que pode haver diferença das abelhas na sensibilidade ao pesticida.

Como citado, a exposição das rainhas à dose elevada de Tiametoxam™ causou uma redução no comprimento dos oócitos terminais das rainhas. Porém, essa redução das células reprodutoras não causou nenhum impacto na postura de ovos pelas rainhas. Como poucas rainhas botaram ovos no período observado, os pesquisadores não puderam detectar possíveis impactos dos pesticidas sobre a postura de ovos.

O grupo de rainhas que foi tratado com doses baixas de Tiametoxam™ não apresentou nenhum efeito significativo, o que indica que os impactos nas abelhas dependem do tamanho da dose de inseticida com a qual elas têm contato.

Não foi observado também nenhum impacto do inseticida na sobrevivência das abelhas-rainha. Entretanto, o estudo permitiu evidenciar que a exposição ao pesticida Tiametoxam™ no campo pode impactar a alimentação e o desenvolvimento do ovário em várias espécies de abelhas-rainha selvagens. Esse impacto pode, indiretamente, interferir na dinâmica da população de abelhas e no funcionamento da colmeia, uma vez que pode haver problemas reprodutivos. Portanto, o inseticida Tiametoxam™ pode, além de eliminar pragas de plantações, prejudicar abelhas selvagens, que são fundamentais para a polinização de diversas espécies de plantas.

Com base nos resultados, os autores afirmam que é urgentemente necessário obter mais informações sobre os resíduos e a persistência dos pesticidas nas culturas, nas plantas silvestres e nos ninhos de abelhas selvagens, a fim de avaliar com os riscos de exposição para aos agrotóxicos e formas de prevenir a redução das espécies devido ao contato com agroquímicos.

Como seres racionais que somos e usando esse raciocínio para entender que somos completamente dependentes de outras espécies para nossa sobrevivência, devemos buscar maneiras de continuar cultivando nossos alimentos, mas sem destruir toda a fauna e flora ao redor das plantações.

Vamos aprofundar nossos conhecimentos e refletir mais sobre o assunto?

Aumente seus conhecimentos aprendendo sobre os termos a seguir. Você pode procurar informações em diversos sites, em livros de ciências ou biologia ou até mesmo com seu professor. Ao compreender os conceitos abaixo você poderá interpretar melhor o texto lido.

Agrotóxicos neonicotinoides

Interações ecológicas (sociedade)

Classificação biológica (artrópodes)

Abelhas (função da rainha, do zangão e das operárias)

Reprodução das abelhas

Polinização (tipos de polinização)

Estações do ano (no Brasil e na Europa)

Verminoses

Exercícios e atividades multidisciplinares

01. Faça o desenho de um pequeno mapa mundi e identifique nesse desenho o local aproximado de Windsor Great Park, no Reino Unido. Peça ajuda ao professor para fazer essa identificação. Depois disso, procure informações para responder as questões a seguir:

a) Qual o clima nessa região do planeta?

b) Quais tipos de plantações são mais comuns nessa região? As abelhas são atraídas por esse tipo de cultura? Justifique.

- c) Por que as estações do ano nesta parte do planeta são diferentes das estações do ano aqui no Brasil? Responda a essa questão comentando sobre solstícios e movimento de rotação e translação do planeta.
- 02.** As abelhas vivem em sociedades, nas quais cada indivíduo do grupo é responsável por uma “tarefa”. Cada indivíduo (rainha, operária, zangão) possui características fisiológicas e anatômicas que os diferenciam. Suponha que o agrotóxico estudado no texto atinja somente um destes indivíduos. Faça um quadro informando quais seriam as consequências para a colmeia caso cada um deles fosse prejudicado pelo Tiametoxam™.
- 03.** Qual o tipo de alimentação das abelhas? Sabendo a resposta, por que esses insetos são excelentes polinizadores?
- 04.** Com base na leitura e interpretação do texto, por que abelhas que continham vermes não poderiam ser utilizadas na experiência feita por Gemma Baron, Nigel Raine e Mark Brown?
- 05.** Utilizando informações do texto monte um quadro, conforme modelo abaixo, informando os principais resultados obtidos para cada item analisado na pesquisa e para cada espécie de abelha estudada. Após a elaboração do quadro, informe como cada característica estudada pode interferir na sobrevivência da espécie caso a característica tenha sofrido alterações em relação ao grupo controle.

Característica Estudada	<i>B. pascuorum</i>	<i>B. pratorum</i>	<i>B. terrestris</i>	<i>B. lucorum</i>
Alimentação				
Desenvolvimento do Ovário				
Sobrevivência				
Enceramento				
Postura de Ovos				

- 06.** Faça um levantamento de informações e anote quando os agrotóxicos começaram a ser utilizados pela sociedade e que impactos esses produtos químicos causaram e causam no ambiente em geral.
- 07.** Que outros organismos do filo dos artrópodes e parecidos com as abelhas poderiam ser prejudicados pelo uso de agroquímicos? Faça uma busca de

informações e verifique se de alguma forma esses seres vivos são mesmo prejudicados por inseticidas.

Conversando sobre o assunto:

01. Leia a notícia abaixo e depois faça o que se pede:

Agrotóxicos ameaçam abelhas de extinção

"Se as abelhas desaparecerem da face da terra, a humanidade só teria mais quatro anos de existência. Esta citação, que é, aliás, falsamente atribuída a Einstein, poderá ser verificada em breve. Apicultores e especialistas do mundo inteiro chamam a atenção dos governos contra o uso de pesticidas que matam as abelhas, os neonicotinoides."

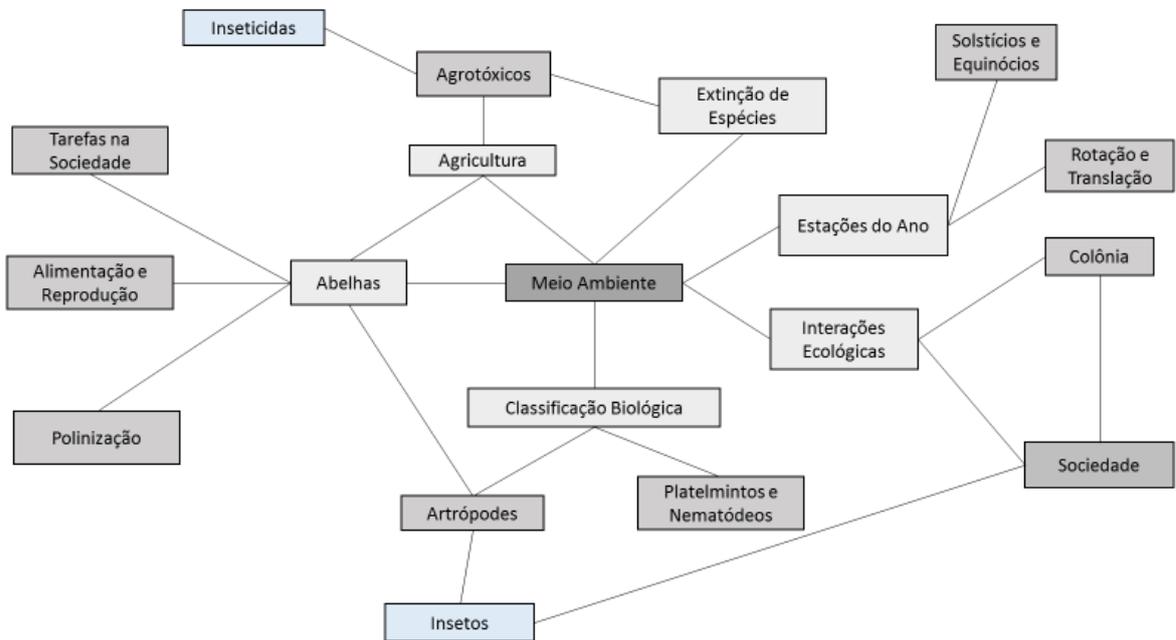
(...) De acordo com o professor Gonçalves, as abelhas são eliminadas por várias causas e, entre elas, os pesticidas neonicotinoides. Os agrotóxicos “agem no sistema nervoso das abelhas, principalmente no cérebro, fazendo com que elas tenham um problema de comunicação e se desorientem, esquecendo o local das colmeias”. O resultado desse efeito é que os insetos acabam desaparecendo e morrendo.

(...) Segundo Breno Freitas, professor da Universidade Federal do Ceará, com o efeito dos neonicotinoides, as abelhas podem passar a não reconhecer mais a rainha e matá-la. “As larvas alimentadas com produtos contaminados podem chegar a causar uma série de mortalidades e até o nascimento de abelhas com deficiência”, comenta Breno Freitas.

Fonte:http://www.agronatur.com.br/noticias/agrotoxicos_ameacam_abelhas_de_extincao

- a) A notícia acima cita outros efeitos que os inseticidas neonicotinoides podem ter sobre as abelhas. Junto com seus colegas, faça uma lista de todas as consequências negativas que esses pesticidas causam sobre esses insetos. Posteriormente, discuta com seus colegas o que pode ser feito para minimizar os impactos causados por agrotóxicos. Lembre-se que, mesmo causando impactos, esses produtos são importantes na agricultura.
- b) Após conversar com seus colegas procure divulgar o que foi discutido por meio de cartazes, vídeos, jornal da escola ou outros meios. Não se esqueça que, ao apontar o problema, devemos propor soluções.

c) Com base no texto lido, por que a notícia acima é iniciada afirmando que a humanidade só teria mais quatro anos de vida caso as abelhas desapareçam?
 Mapa hierárquico dos conceitos possíveis de serem estudados a partir da leitura do texto com tema focal Meio Ambiente.



Fonte: Os autores.

Referências

KLATT, B.K.; HOLZSCHUH, A.; WESTPHAL, C.; CLOUGH, Y.; SMIT, I.; PAWELZIK, E.; TSCHARNTKE, T. 2014. **Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value.** Proceedings of The Royal Society B 281: 20132440. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.2440>

MIDGLEY, J. J.; WHITE, J. D. M.; JOHNSON, S. D.; BRONNER, G. N. 2015. **Faecal mimicry by seeds ensures dispersal by dung beetles.** Nature Plants. DOI: 10.1038/NPLANTS.2015.141.

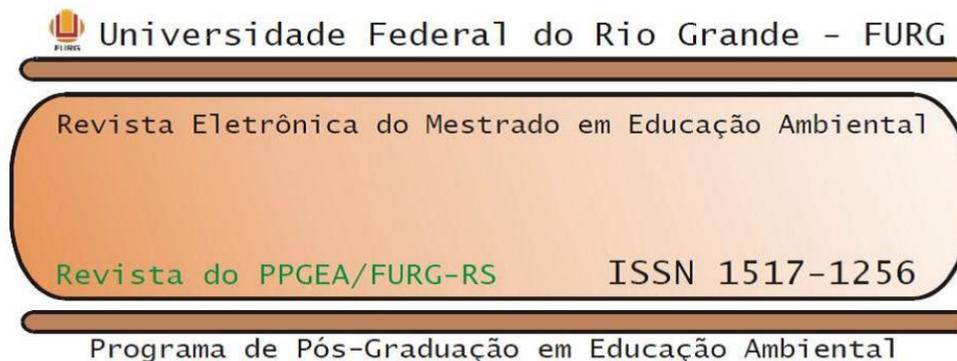
GALETTI, M.; GUEVARA, R.; CÔRTEZ, M. C.; FADINI, R.; VON MATTER, S.; LEITE, A. B.; LABECCA, F.; RIBEIRO, T.; CARVALHO, C. S.; COLLEVATTI, R. G.; PIRES, M. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, P. R.; BRANCALION, P. H.; RIBEIRO, M. C.; JORDANO, P. 2013. **Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size.** Science. DOI: 10.1126/science.1233774

GANJU, P.; NAGPAL, S.; MOHAMMED, M.H.; NISHAL KUMAR, P.; PANDEY, R.; NATARAJAN, V. T.; MANDE, S. S.; GOKHALE, R. S. 2016. **Microbial community profiling shows dysbiosis in the lesional skin of Vitiligo subjects.** Nature. DOI: 10.1038/srep18761

BARON G.L.; RAINE N.E.; BROWN M.J.F. 2017. **General and species-specific impacts of a neonicotinoid insecticide on the ovary development and feeding of wild bumblebee queens.** Proc. R. Soc. B. 284: 20170123. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2017.0123>

ANEXOS

Anexo I: Artigo publicado pelo mestrando durante o programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências



Da educação ambiental à transformação social: reflexões sobre a interdisciplinaridade como estratégia desse processo

Derli Barbosa dos Santos¹
Cinthia Raquel de Souza²
Leandro Marcio Moreira³

Resumo: A educação ambiental (EA) surgiu num contexto de mudanças sociais evidenciadas por volta de 1960. A princípio, a EA favorecia apenas o aprendizado de conceitos ecológicos. Mais tarde, em decorrência de uma redução da disponibilidade de recursos naturais, o foco da EA passou a se estabelecer no contexto cidadão e democrático. O objetivo da EA passou a ser o de transformar o indivíduo, estabelecendo um criticismo junto aos problemas socioambientais permitindo assim a tomada de decisões na promoção do desenvolvimento sustentável. Desde então, a EA tem sido vista como um caminho para mudanças atitudinais. Neste contexto, a interdisciplinaridade como uma estratégia de diálogo entre saberes passou a ser essencial nos trabalhos visando a EA. O propósito desse trabalho é apresentar contextualizações e reflexões sobre o surgimento e a importância da EA, atualmente caracterizada como um importante fator de transformações sociais, exigindo que profissionais da educação trabalhem esta temática numa perspectiva interdisciplinar.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade. Educação ambiental. Ensino e sociedade.

From environmental education to social transformation: reflections on interdisciplinarity as strategy of this process

Abstract: Environmental education (EE) emerged in a context of social changes evidenced around 1960. At first, EE favored only the learning of ecological concepts. Later, as a result of a reduction in the availability of natural resources, the focus of EE started to be established in the citizen and democratic context. EE's goal has been to transform the individual, establishing a criticism with the socio-environmental problems, thus allowing decision-making in the promotion of sustainable development. Since then, EE has been seen as a path to attitudinal change. In this context,

¹ Professor de Ciências da Escola Municipal Manoel Salvador de Oliveira e Mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. E-mail: derlibio@gmail.com

² Mestre em Química ambiental, e professora/orientadora da UNINTER, Brasil. E-mail: cinthiaras@gmail.com

³ Professor das disciplinas de Bioquímica, Biologia Molecular e ensino de Ciências para os programas de pós graduação em Biotecnologia e Mestrado Profissional em ensino de Ciências da UFOP. E-mail: lmmorei@gmail.com

interdisciplinarity as a strategy of dialogue between knowledge has become essential in the works aimed at EE. The purpose of this work is to present contextualization and reflections about the emergence and importance of EE, currently characterized as an important factor of social transformations, requiring education professionals to work this subject in an interdisciplinary perspective.

Keywords: Interdisciplinarity. Environmental education. Teaching and society.

De la educación ambiental a la transformación social: reflexiones sobre la interdisciplinaria como estrategia de ese proceso

Resumen: La educación ambiental (EA) surgió en un contexto de cambios sociales evidenciados alrededor de 1960. Al principio, la EA sólo favoreció el aprendizaje de conceptos ecológicos. Más tarde, como consecuencia de una reducción de la disponibilidad de recursos naturales, el foco de EA pasó a establecerse en el contexto ciudadano y democrático. El objetivo de EA pasó a ser el de transformar al individuo, estableciendo un criticismo junto a los problemas socioambientales permitiendo así la toma de decisiones en la promoción del desarrollo sostenible. Desde entonces, EA ha sido vista como un camino para cambios actitudes. En este contexto, la interdisciplinaria como una estrategia de diálogo entre saberes pasó a ser esencial en los trabajos hacia la EA. El propósito de este trabajo es presentar contextualizaciones y reflexiones sobre el surgimiento y la importancia de la EA, actualmente caracterizada como un importante factor de transformaciones sociales, exigiendo que profesionales de la educación trabajen esta temática desde una perspectiva interdisciplinaria.

Palabras clave: Interdisciplinaria. Educación ambiental. Enseñanza y sociedad.

INTRODUÇÃO

Estamos vivenciando uma mudança de paradigma na educação ambiental (EA). Antes vista como um tema a ser trabalhado em ecologia, em que o ensino se concentrava na tentativa de entender as relações ecológicas que favoreciam a sobrevivência dos organismos, hoje a EA vem sendo discutida e estudada em várias disciplinas e com o uso de diferentes metodologias, tanto no ambiente formal, quanto no ambiente não-formal de ensino.

As ideias a respeito da educação ambiental refletiram-se no Brasil, em uma maior extensão, durante a década de 80, quando a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 colocou como competência do poder público promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para preservação do meio ambiente. (GUERRA, 2000 *apud* ANSELMO *et al.*, 2013, p. 2)

Desde então, a EA tem sido apontada como uma ciência de transformação social, que leva à superação das injustiças ambientais, da desigualdade social, da apropriação capitalista e funcionalista da natureza e da própria humanidade (SORRENTINO *et al.*,

2005, p. 287). O saber ambiental, portanto, deixou de ser um conhecimento restrito da natureza, com preocupações limitadas à preservação das espécies, e passou a ser um ponto de partida para o entendimento das relações homem-ambiente, onde o ser humano aprende a explorar a natureza de modo sustentável. A EA, assim, deve ser parte do ensino das ciências, de tal modo que o conhecimento dos sistemas naturais esteja presente em todos os campos do saber e possa conduzir a mudanças de atitudes e posturas frente a problemática ambiental vivenciada pela sociedade moderna.

De acordo com Oliveira, Obara e Rodrigues (2007, p. 474), “a educação ambiental deve contemplar tanto o conhecimento científico como os aspectos subjetivos da vida, que incluem as representações sociais”. Dessa maneira, educar com conceitos ambientais atualmente escapa à proposta anterior, de entender somente o funcionamento da natureza, passando a relacionar o meio ambiente com a evolução histórica da humanidade e com os aspectos sociais aos quais encontra-se intimamente ligado, como, por exemplo, com a economia, saúde e bem-estar.

Assim, a EA passou a ser melhor divulgada e, portanto, estudada por diversos especialistas, que buscam encontrar maneiras de incluir essa ciência nas mais diversas modalidades de ensino, como mecanismo para uma transformação da realidade social. A EA, em específico, ao educar para a cidadania, pode construir a possibilidade da ação política, no sentido de contribuir para formar uma coletividade que é responsável pelo mundo que habita (SORRENTINO *et al.*, 2005, p. 287).

Educar ambientalmente é uma maneira de levar pessoas a entenderem como estão diretamente ligadas ao meio onde estão, a perceberem como usam os recursos naturais cotidianamente e a notarem como dependem desses recursos para sobreviverem. Possibilita, ainda, a percepção de como esses recursos provenientes da natureza estão associados ao desenvolvimento humano. Assim, com esse ensino, o ser humano passa a ter uma visão crítica da exploração da natureza e do desperdício, procurando maneiras de preservar o ambiente e, ao mesmo tempo, desenvolver a comunidade onde vive.

Esse ensino que faz uso de temas ambientais, relacionado com o desenvolvimento social e econômico, deve ser trabalhado em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal (Lei Federal nº 9795, de 1999). No entanto, o ambiente formal passa a ser espaço propício para a EA, haja visto o caráter educacional das instituições de ensino. Assim, esses locais ampliam possibilidades e facilitam o diálogo a respeito das questões ambientais, levando a um entendimento dos problemas sociais aos quais estamos imersos, principalmente àqueles relacionados à crise ambiental. Mas, diante

158

da crise de racionalidade moderna (SILVA, 2009), simplesmente ensinar o que é EA e apresentar os problemas ambientais já não é suficiente. É preciso encontrar maneiras efetivas de se analisar a problemática ambiental e discutir soluções que possam conduzir a uma mudança de atitude da sociedade frente a essas dificuldades.

Uma das maneiras de se trabalhar a EA no espaço formal de ensino é fazendo uso da interdisciplinaridade. O diálogo entre os diferentes saberes amplia a visão de toda a problemática em relação ao meio ambiente e possibilita a busca por soluções. A interdisciplinaridade, movimento contemporâneo que emerge na perspectiva da integração das ciências, vem buscando romper com a fragmentação dos saberes (THIESEN, 2008, p. 546). Essa superação da fragmentação dos saberes favorece um entendimento mais completo de tudo o que se envolve com as questões ambientais. Os aspectos históricos, sociais, econômicos e outros são melhor analisados e esse conhecimento leva a tomada de decisões consistentes, e com menores riscos para o desenvolvimento humano e para a preservação dos recursos naturais, que são essenciais para o desenvolvimento citado.

Diante do exposto, esse artigo tem o objetivo de apresentar a importância da EA e da inclusão dessa ciência nos ambientes formais de ensino para uma possível transformação social, e, ainda, mostrar como a interdisciplinaridade – estratégia fundamental no ensino das ciências – favorece o diálogo entre saberes, facilita o entendimento da EA e leva à compreensão das relações homem/ambiente.

EA: UM BREVE HISTÓRICO

A partir de meados do século XVIII e ao longo do século XIX, teve início e foi se consolidando cada vez mais, o processo de industrialização (ALVES, 2013). Várias indústrias começaram a se instalar no território mundial, alterando as formas e a velocidade de produção. Foi, porém, a partir do início do século XX que as empresas industriais começaram a se espalhar pelo mundo, intensificando esse processo. Essa nova forma de produção alterou não somente a maneira de fabricar produtos, mas trouxe mudanças para toda a sociedade. A presença de grande quantidade de indústrias começou a atrair inúmeras pessoas para áreas próximas a essas empresas, ocasionando também a urbanização. O aumento de produtos, devido à grande velocidade de produção, e a renda, garantida pelos trabalhadores, influenciou o consumo e várias mudanças na economia.

Todas essas mudanças pelas quais a sociedade passou nesse período foram acompanhadas de diversas outras alterações, algumas positivas e outras negativas. Como consequência da aglomeração de pessoas nas cidades e das mudanças nas formas de

produção, houve grande avanço científico e tecnológico, favorecendo melhoras na saúde, na economia etc. Isso levou ao aumento da média de vida da população, que teve como resultado um crescimento populacional. A partir daí começaram a surgir diversos problemas. A produção em grande escala e a constante fabricação de novos e melhores produtos, associada às propagandas – aspecto mais recente – influenciou o consumo. Com isso, houve um grande aumento na produção de lixo. Além disso, as fontes de água começaram a ser degradadas, a poluição atmosférica aumentou, os recursos naturais passaram a ser explorados demasiadamente, as áreas de lazer foram sendo reduzidas, a demanda por alimentos estimulou o uso de produtos químicos na agricultura e vários outros problemas de ordem social, associados ao meio ambiente, foram surgindo.

Desde então, as preocupações com o ambiente e com os problemas sociais foram aumentando. Nos anos 1960, com a publicação do livro “Primavera Silenciosa”, de Rachel Carson, no qual ela apresentou o impacto ambiental causado pelo uso de produtos químicos na indústria e na agricultura (SERRA e MORAES, 2006, p. 133), os defensores ambientais ganharam força. Começaram então as discussões mais intensas sobre os recursos naturais e a forma como estavam sendo utilizados e, como isso estava interferindo na vida do ser humano. Várias conferências foram sendo realizadas para discutir sobre esses problemas. Nelas houve diálogo, debate acerca dos problemas analisados, a partir do entendimento de diversos especialistas. Alguns desses encontros analisaram mudanças climáticas, outros debatiam propostas para a continuidade do desenvolvimento, outros ainda definiram maneiras da sociedade estudar e entender o ambiente. Conceitos como o de desenvolvimento sustentável foram surgindo, já que impedir o crescimento dos países era algo inaceitável.

Nas conferências que foram realizadas buscava-se entender melhor os problemas ambientais e encontrar soluções para esses problemas, de modo a refletir e melhorar também a vida em sociedade e, para isso, surgiu a proposta da EA. Infelizmente, a princípio, essa nova ciência era utilizada tão somente para conhecer o meio ambiente, aprender conceitos ambientais e pregar a defesa à natureza. Ainda não se conhecia o potencial desse novo campo do saber para mudar a visão das pessoas, tornando-as mais críticas e participativas, mais envolvidas com os problemas que incomodam a comunidade, capazes de encontrar alternativas para um desenvolvimento sustentável e de reconhecer como mudanças de atitudes são importantes para melhorar a qualidade de vida.

EA E TRANSFORMAÇÃO SOCIAL: UMA NECESSIDADE

A sociedade contemporânea é marcada por inúmeros problemas sociais, econômicos e ambientais. Má distribuição de renda e de riquezas, má qualidade da saúde e da educação, condições ruins de moradia estão entre alguns desses problemas. No entanto, os que mais causam transtornos nos últimos anos são os relacionados ao ambiente – como falta de água, poluição, pouca disponibilidade de recursos naturais – que acarretam vários outros problemas para a sociedade. Problemas esses que, se resolvidos, ou melhor “administrados”, podem favorecer o desenvolvimento social, no sentido da formação de comunidades mais justas e ambientalmente equilibradas.

O desenvolvimento social, esperado e buscado por muitos, visa uma melhora na qualidade de vida das pessoas. Melhora dos aspectos econômicos, da saúde e bem-estar, das relações entre pessoas de uma comunidade, do contato com a natureza e outros. O diálogo, a construção de saberes e o entendimento das relações existentes entre as pessoas e o meio onde vivem estão entre os métodos para se alcançar esse objetivo. Partindo desse princípio, a EA pode ser considerada o eixo integrador e unificador desse diálogo (AMARAL, 2001, p. 90), possibilitando o debate em torno de temas geradores – normalmente problemas ambientais – que levem ao entendimento de toda a problemática e permita encontrar soluções. Apesar da ideia, comungada por muitos, de que a EA favorece apenas o entendimento e a solução de problemas ambientais, pode-se perceber que essa ciência vai além disso, e favorece também a solução de outros problemas sociais; isso é possível pelo fato dessa ciência partir da questão ambiental e por meio do diálogo iniciado, identificar outros problemas que afligem a comunidade e que, assim como os relacionados ao meio ambiente, devem ser solucionados.

Diante disso, nota-se que a temática ambiental, para além do conhecimento do funcionamento da natureza, está vinculada a discussões populares de problemas comuns das pessoas. A partir daí os seres humanos encontram soluções para diferentes situações, levando a melhoras sociais. Sendo assim, a EA, dialogada e usada como se espera no presente, deixa de ser a convencional – que entende o ambiente por si só – passando a relacionar esse mesmo ambiente com o ser humano, em busca de uma transformação da sociedade.

A educação ambiental convencional tende a ser descolada ou pouco articulada com a ação coletivizadora e engajada nos processos de transformação, buscando, não raro, a disciplinarização e o enfoque biologizante do tema. Diferentemente disso, a orientação transformadora se processa, na perspectiva cidadã, de forma participativa. Por fim, na perspectiva política, enquanto a primeira esvazia de seu conteúdo social e

161

político as abordagens; a segunda volta-se para o trato das práticas sociais e para possibilidade de romper com aquelas que se contraponham ao bem-estar público e às relações de igualdade e de solidariedade. (PORTELA, BRAGA e AMENO, 2010, p. 63).

Refletir sobre a complexidade ambiental abre uma estimulante oportunidade para compreender a gestação de novos atores sociais que se mobilizam para a apropriação da natureza, para um processo educativo articulado e comprometido com a sustentabilidade e a participação (JACOBI, 2003, p. 191). Assim, com a participação e o diálogo, propostos no novo modelo de EA, cada um passa a reconhecer o seu papel na sociedade e, além disso, percebe como cada ação realizada, principalmente as vinculadas ao meio ambiente, refletem diretamente na qualidade de vida de toda a comunidade. Podemos dizer que a EA não deve consistir em transmissão de verdades, informações, demonstrações e modelos, mas, sim, em processos de ação-reflexão que levem à conquista dessas verdades e assim, ao desenvolvimento de novas estratégias de compreensão da realidade (OLIVEIRA, OBARA e RODRIGUES, 2007, p. 475).

A EA, ao possibilitar o diálogo e levar à percepção dos problemas que envolvem a comunidade, tende a encaminhar a sociedade para um desenvolvimento sustentável. Desenvolvimento esse que não só garante uma evolução social, como também possibilita a manutenção dos recursos naturais. Logo, o desenvolvimento sustentável, um dos objetos da EA, favorece a transformação social, haja visto que tem como aspectos a retomada do crescimento e melhor distribuição dos benefícios, a racionalização do uso de energia e o atendimento das necessidades básicas das populações, a estabilização dos níveis demográficos e a conservação da base de recursos, a reorientação da tecnologia no sentido da redução de seu impacto tecnológico e a incorporação de critérios ambientais nas decisões econômicas (CIMA *apud* BRUNACCI e PHILIPPI JR., 2014, p. 311).

Apesar de todo o esforço empreendido por educadores ambientais, buscando a participação e o envolvimento das pessoas na tomada de decisões, reconhecendo que somente com o diálogo os problemas serão mais rapidamente e melhor identificados, logo, passíveis de serem resolvidos. Embora isso seja um consenso, no entanto, Castro e Canhedo (2014) retratam que no Brasil os registros de processos significativos de participação da sociedade na discussão dos problemas comuns ainda são insipientes. A participação das pessoas na tomada de decisões é fundamental para mudanças sociais significativas. É a comunidade que identifica e conhece os problemas locais, o que precisa ser melhorado, transformado. As pessoas são capazes de reconhecer as atitudes que são ou não favoráveis ao desenvolvimento local. Conseguem perceber quando ajudam a impactar

162

o ambiente, quando desenvolvem atividades que não geram lucros e causam retrocesso, quando estão imersos em problemas de ordem social, assim como também conseguem perceber estratégias que possibilitam crescimento. Sendo assim, a participação da comunidade em reuniões, discussões e na tomada de decisões é fundamental para o crescimento da sociedade. O envolvimento das pessoas não deve ser apenas no sentido de observar o que está sendo feito ou decidido, mas de influenciar as escolhas, buscando sempre aquilo que possa levar ao desenvolvimento sustentável. Somente assim uma comunidade tem possibilidades de melhorar suas condições sociais, econômicas e ambientais.

No entanto, a participação de atores e grupos sociais da população implica que sejam capazes de perceber claramente os problemas existentes em determinada realidade, elucidar suas causas e determinar os meios de resolvê-los (CASTRO e CANHEDO JR., 2014, p. 471). A EA então entra em cena. Essa ciência, como mencionado, busca reconhecer atualmente não só os problemas ambientais e os aspectos ecológicos, mas todos os aspectos sociais e históricos envolvidos com a questão ambiental. É por meio da EA, portanto, que as pessoas podem buscar se envolver e conhecer os problemas da comunidade, além de reconhecer o seu papel social. A partir daí, cada um passa a ser capaz de participar ativamente de reuniões, do processo de escolhas, identificando o que realmente é válido e o que deve ser feito, buscando melhorias para cada local ou região.

É fundamental uma educação que permita desvelar os sentidos da realidade, problematizando as interpretações das diferentes forças sociais existentes, pois, ao interpretá-las, essa prática educativa abre um campo de novas possibilidades de compreensão e auto compreensão, no sentido do reposicionamento e do compromisso dos sujeitos na problemática ambiental. A maior contribuição da EA estaria no fortalecimento de uma ética socioambiental que incorpore valores políticos emancipatórios e que, com outras forças que integram o projeto de uma cidadania democrática reforce a construção de uma sociedade justa e ambientalmente sustentável. (CARVALHO *apud* LUZZI, 2014, p. 446).

A EA aqui, portanto, é definida como uma ciência que vai possibilitar discussões e reuniões sociais, identificando a problemática ambiental presente numa sociedade e, a partir dessa, todas as outras questões que causam dificuldades para o crescimento local. Por meio desse diálogo, possibilitado pela EA, diferentes soluções podem ser encontradas e implementadas no cotidiano da comunidade, favorecendo o desenvolvimento sustentável, fundamental para a melhoria social, econômica e ambiental, isto é, para a transformação da realidade atual.

INTERDISCIPLINARIDADE COMO ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE EA

Nos últimos anos temos vivenciado um conhecimento específico por parte das pessoas, em detrimento do conhecimento amplo, que existia em culturas passadas. Isso foi favorecido pelo processo de industrialização e pelo surgimento das linhas de produção, que levou as pessoas a conhecerem etapas, partes de um processo, sem o entendimento do todo. Assim passou a ocorrer também na educação e nas mais diversas áreas do conhecimento; um aprendizado específico de determinado tema. Cada vez mais temos percebido a falta de comunicação entre as diversas ciências. Cada conceito estudado ou analisado é visto de forma diferente por cada área, e uma definição tenta se sobrepor a outra. Quando surgem problemas de ordem social, cada especialista defende sua posição, sem uma visão geral da situação. A falta de comunicação entre os diversos campos do saber impede um entendimento real/crítico do problema e construtor de uma decisão correta. Como o processo de especialização é de difícil reversão, muitos estudiosos defendem a ideia de interdisciplinaridade. A interdisciplinaridade ajuda a superar a fragmentação e o caráter de especialização do conhecimento (THIESEN, 2008, p. 546).

A interdisciplinaridade pode ser entendida como a estratégia capaz de reunir informações e conhecimentos num diálogo constante entre diferentes campos do saber. Possibilita a discussão de um tema a partir de diferentes pontos de vista. É um elo entre o entendimento das disciplinas nas suas mais variadas áreas. Sendo importante, pois, abrangem temáticas e conteúdos permitindo dessa forma recursos inovadores e dinâmicos, onde as aprendizagens são ampliadas (BONATTO *et al.*, 2012).

Partindo do pressuposto de que EA é composta de uma grande variedade de conceitos a serem entendidos e problematizados, temos a interdisciplinaridade como mecanismo que possibilita uma visão ampliada de todos esses conceitos. Os diferentes métodos oferecidos pelas variadas ciências oferecem inúmeros recursos para o entendimento de conceitos. Dessa maneira, a problemática ambiental passa a ser melhor compreendida e debatida pela sociedade. A interdisciplinaridade, como estratégia de ensino, vai possibilitar um desenvolvimento crítico, pois evita conclusões precipitadas, a partir de uma única opinião. Em contrapartida, coloca diferentes conceitos frente as ideias e opiniões das diferentes ciências. Sendo assim, a interdisciplinaridade possibilita debates sociais na busca por solução de problemas de uma comunidade. Ela impede a tomada de decisões por especialistas, que defendem somente uma opinião e estimula um diálogo entre

essas pessoas, que argumentam e chegam a conclusões críticas e corretas, encontrando assim soluções para os problemas.

A busca pela interdisciplinaridade com seus dilemas, avanços e entraves tem contribuído para problematizações importantes no campo da pesquisa e da práxis pedagógica, especialmente quando se vincula com a questão ambiental. O ambiente entendido nos seus múltiplos aspectos sociais, econômicos, políticos e culturais é essencialmente interdisciplinar. A emergência da questão ambiental como problema do desenvolvimento e a interdisciplinaridade como método para um conhecimento integrado são respostas complementares à crise da racionalidade da modernidade. (SILVA, 2009).

Usar a interdisciplinaridade como estratégia de ensino e compreensão dos problemas é o mesmo que entender que as mudanças esperadas numa sociedade só serão alcançadas por intermédio de um trabalho conjunto. Uma sociedade só é capaz de transformar sua realidade social, alcançando desenvolvimento, protegendo o ambiente e os recursos naturais, melhorando a economia, a saúde e outros aspectos, por meio de um esforço conjunto entre as diversas ciências, com o conhecimento de mundo já acumulado.

Ao se pensar nas próprias pessoas de uma comunidade como agentes de transformação social – em detrimento do pensamento de que somente os cientistas, no desenvolvimento de pesquisas, solucionam problemas – deve-se pensar na formação dessas pessoas. Uma comunidade com cidadãos críticos e conscientes é fundamental para a concretização de ideias, para a construção de ações sociais que gerem mudança. A partir disso, a escola pode ser considerada o lugar ideal para a formação de pessoas que atuem na perspectiva de transformação social. As escolas favorecem o ensino, o debate e a interdisciplinaridade. Nesse espaço se torna possível o entendimento de conceitos, uma visão ampliada de problemas e um aprendizado consciente frente a problemática social. No entanto, no espaço formal de ensino, a forma como as disciplinas científicas têm sido ensinadas está relacionada a uma visão de ciência. A ciência é objetiva, exata, neutra, imparcial e não submetida a interesses externos (TRIVELATO, 1999, p. 202). Por esse motivo muitos não têm um pensamento crítico, inovador, que conduza a mudanças de atitudes e melhoras na comunidade.

É preciso modificar a forma de ensino nas escolas. O ensino tradicional, baseado na transmissão de informações deve ser substituído por um ensino interdisciplinar, no qual os conceitos são compreendidos por diferentes formas de pensamento, em que as conversas com objetivos estabelecidos são aceitas e no qual diferentes temas pertinentes para a sociedade são abordados. Essa forma de ensino/aprendizagem cria um ambiente propício

para a formação de pessoas capazes de opinar na sua comunidade. Pessoas transformadas por uma ação social, o ato de ensinar/aprender, e transformadoras da realidade atual.

Somente mediante a formação de pessoas por meio de uma perspectiva interdisciplinar será possível, com auxílio da própria sociedade, identificar e solucionar problemas, de forma conjunta, sendo que a opinião de cada um passa a ser não apenas importante, como também necessária. Para Goldman *apud* Thiesen (2008, p. 546), um olhar interdisciplinar sobre a realidade permite que entendamos melhor a relação entre seu todo e as partes que a constituem. Esse olhar interdisciplinar depende da divulgação de pesquisas e resultados, do debate entre especialistas, da definição de temas de pesquisa para serem analisados e estudados e, por fim, da participação das pessoas envolvidas (comunidade) com um conhecimento empírico e com uma visão crítica, adquirida no espaço formal de ensino.

A partir dessa perspectiva, o conhecimento e o entendimento, inclusive o entendimento científico, são construídos quando os indivíduos se engajam socialmente em conversações e atividades sobre problemas e tarefas comuns (DRIVER *et al.*, 1999, p. 34). Problemas esses que quase sempre se originam de uma questão ambiental, isto é, muitos dos fatos que incomodam uma sociedade, nos últimos tempos, partem de uma questão ambiental. São os problemas socioambientais. Situações econômicas difíceis, falta de desenvolvimento, má qualidade de vida e outros problemas comunitários normalmente estão vinculados à falta de recursos naturais (usados na geração de energia, nas indústrias, no lazer etc.).

Abordagens ambientais possibilitam o aprendizado, incluem pessoas em debates, em discussões, na resolução de problemas, modificam uma sociedade, uma cultura, possibilitam a interdisciplinaridade, modificam conceitos, conscientizam pessoas, enfim, possibilitam uma transformação social. Como afirma Jacobi:

A dimensão ambiental configura-se crescentemente como uma questão que envolve um conjunto de atores do universo educativo, potencializando o engajamento dos diversos sistemas de conhecimento, a capacitação de profissionais e a comunidade universitária numa perspectiva interdisciplinar. Nesse sentido, a produção de conhecimento deve necessariamente contemplar as inter-relações do meio natural com o social, incluindo a análise dos determinantes do processo, o papel dos diversos atores envolvidos e as formas de organização social que aumentam o poder das ações alternativas de um novo desenvolvimento, numa perspectiva que priorize novo perfil de desenvolvimento, com ênfase na sustentabilidade socioambiental (JACOBI, 2003, p. 190).

Dessa maneira, pode-se pensar na mudança das estratégias de ensino, na inclusão de pessoas que são capazes de influenciar outras em busca de um mundo melhor. A cultura que prevalece deve ser questionada, modificada. Essas mudanças passam pela construção de novos saberes, pela formação consciente de novas pessoas, os novos “atores” sociais. As mudanças esperadas devem ser engajadas numa perspectiva ambiental, na qual o meio ambiente é parte indissociável do saber e do desenvolvimento.

EA NO CONTEXTO CTS

O contexto histórico de mudanças sociais citado, com intensa urbanização, está diretamente ligado aos avanços nas áreas científica e tecnológica, como verifica-se nos processos industriais modernos, na globalização proporcionada pela tecnologia, nas várias descobertas científicas. Comumente considera-se ciência e tecnologia como propulsores do progresso humano e, mais do que isso, como instrumentos capazes de solucionar todos os problemas causados pela própria humanidade. Dessa maneira, subentende-se que ciência e tecnologia trazem somente benefícios (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

Surge assim uma concepção clássica de ciência e tecnologia em relação à sociedade, em que os primeiros proporcionam o chamado “modelo linear de desenvolvimento”: + ciência = + tecnologia = + riqueza = + bem-estar social. Esse conceito tradicional de ciência e tecnologia surgiu imediatamente após a segunda guerra mundial, período no qual o excessivo otimismo em relação às possibilidades geradas por esses conhecimentos estimulou um apoio incondicional ao desenvolvimento científico-tecnológico (PALACIOS *et al.*, 2003). O crescimento científico e tecnológico foi tão grande que atualmente vivemos em uma sociedade extremamente influenciada por essas áreas e, assim, fala-se em uma autonomização da razão científica em todas as esferas do comportamento humano (SANTOS; MORTIMER, 2002).

Até os dias de hoje tem sido dada elevada importância por parte da sociedade à ciência e à tecnologia e há um grande apreço por esses conhecimentos como “fenômenos” fundamentais para o avanço social. Verdadeiramente ciência e tecnologia promoveram bem-estar social e impulsionaram desenvolvimento econômico, melhorando saúde, meios de produção, comunicação e assim por diante. Apesar disso, o mundo tem convivido com inúmeros desastres relacionados ao avanço científico-tecnológico, como vestígios de resíduos contaminantes, acidentes nucleares, envenenamentos farmacêuticos, derramamentos de petróleo e outros (PALACIOS *et al.*, 2003). Diante desses e outros problemas ambientais, que com o passar do tempo foram se agravando, e também diante

167

dos questionamentos do papel real do conhecimento científico, surgiu um movimento mundial que reflete criticamente sobre as relações da ciência e da tecnologia com a sociedade, denominado Movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) (SANTOS, 2007).

Os meios de comunicação divulgam cada vez mais todos os problemas sociais e ambientais causados pelos avanços científicos e tecnológicos e, mesmo assim, muitos não sabem avaliar porque esses impactos são comentados e estudados. Inúmeras pessoas não reconhecem que boa parte dos conhecimentos científicos e tecnológicos estão nas mãos de pessoas gananciosas, com interesses econômicos, e que poucos avanços acontecem no sentido de evitar impactos socioambientais. Muitas das publicações que afirmam que o conhecimento científico e a produção tecnológica são capazes de resolver os problemas da humanidade estão apenas mascarando o interesse capitalista de boa parte da sociedade. Por esse motivo é extremamente necessário que a população, além de ver as notícias dos problemas causados por avanços científicos e tecnológicos, sejam capazes de avaliar como esses problemas surgiram e quais outros mais podem aparecer, além de analisar criticamente como isso pode afetar o meio onde vivem (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

Nesse sentido, o Movimento CTS proporciona um entendimento da relação holística entre ciência, tecnologia e sociedade, no qual a sociedade pode e deve interferir de forma decisiva nos avanços que acontecem na ciência e na tecnologia. As pessoas devem se colocar como sujeitos desse processo e devem reconhecer que são parte do desenvolvimento científico-tecnológico, entendendo que esses, ao sofrerem avanços ou retrocessos podem diretamente causar benefícios ou prejuízos para a população. Cabe a cada um entender como ciência e tecnologia podem interferir no cotidiano social e vice-versa. Assim, torna-se necessária uma imagem de ciência e tecnologia que possa trazer à tona a dimensão social do desenvolvimento científico e tecnológico, sendo esse o produto de fatores culturais, políticos e econômicos (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

A EA trabalhada de modo interdisciplinar como proposto favorece o diálogo entre vários atores sociais, os mesmos que podem entender melhor e decidir sobre os direcionamentos que guiam os avanços científicos e tecnológicos. Assim como a EA, que analisa todos os problemas ambientais e sociais causados antropologicamente, a CTS proporciona um diálogo que leva ao reconhecimento dos problemas ambientais e sociais causados por avanços científicos e tecnológicos.

Nesse contexto surge um modo de produção do conhecimento com características transdisciplinares, no qual representantes do governo, das áreas de produção, cientistas, imprensa e pessoas em geral conversam em busca de uma maior responsabilidade socioambiental. Dessa maneira os diversos especialistas buscam em conjunto soluções para vários problemas, como a cura da AIDS, uma melhor distribuição de renda, um melhor uso das tecnologias, um equilíbrio na exploração ambiental, além de várias outras questões de ordem social e ambiental. Esses aspectos estimulam uma reflexão por parte da sociedade e leva a uma participação maior de pessoas com diferentes conhecimentos, numa perspectiva interdisciplinar (SANTOS; MORTIMER, 2002).

EA está diretamente relacionada ao movimento CTS. Em ambos há a necessidade de integração da sociedade com um pensamento crítico e de forma interdisciplinar. Tanto o enfoque CTS quanto o de EA analisam impactos socioambientais causados pelo homem, haja visto que ciência e tecnologia tem sua origem na sociedade e por ela deve ser analisada criticamente, com a intenção de identificar os limites da ciência e reconhecer que essa, assim como a tecnologia, não são capazes de solucionar todos os problemas humanos e, por isso, não podem ser desenvolvidas a qualquer custo.

A EA, portanto, é uma ciência, que se trabalhada de forma interdisciplinar, favorece a construção de conhecimentos críticos em relação a diversos problemas ambientais e também sociais e possibilita o envolvimento das pessoas e das comunidades na tomada de decisões no que se refere ao desenvolvimento de novas tecnologias, avaliando os impactos positivos e negativos que estas podem causar em cada região. Sendo assim a EA tem também um enfoque CTS ao propiciar um questionamento crítico em relação ao que a sociedade produz e como isso afeta a própria humanidade e o mundo no qual vivemos.

Tanto o movimento CTS quanto a EA tem por objetivo a construção de valores, como os de solidariedade, de consciência do compromisso social, de generosidade e outros, que culminam com o questionamento da ordem capitalista, na qual os interesses econômicos se sobrepõem aos demais (SANTOS; MORTIMER, 2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se perceber como a sociedade vive em constantes mudanças. A influência da mídia com as propagandas, o aumento populacional, a urbanização, a globalização, são processos que causam alterações significativas no mundo. Apesar de relativa melhora na qualidade de vida das pessoas e do aumento da média de vida da população, vários problemas surgiram com essas mudanças. A elevada produção de lixo, causada pela

169

fabricação de produtos descartáveis e pelo consumo desenfreado, tem como consequência uma severa destruição do ambiente. Para essa produção em “massa” os recursos naturais são demasiadamente explorados, a água se torna cada vez mais poluída e menos disponível para as pessoas, gases poluentes são liberados na atmosfera e muitos outros problemas surgem, vinculados a esses. A sociedade contemporânea convive com essas dificuldades e, por isso, nos últimos anos, vem buscando alternativas para continuar esse crescimento, o desenvolvimento social, porém, sem causar tantos impactos ao ambiente, que refletem na qualidade de vida das pessoas.

A EA tem sido vista por muitos como uma das alternativas para reconhecer e solucionar parte desses problemas. Partindo do princípio de que essa ciência é formada pelo conjunto de conhecimentos de várias outras, pode-se perceber que EA promove um entendimento amplo do que causa impactos ambientais e sociais e de como esses impactos podem ser evitados. Essa ciência promove ainda o diálogo entre os campos do saber, isto é, a interdisciplinaridade, o que é de suma importância para encontrar e implantar soluções para os problemas vividos pelas pessoas.

Portanto, a EA deve ser reconhecida por educadores como uma ciência capaz de promover melhoras numa comunidade. Como uma ciência que deve fazer parte do processo de ensino/aprendizagem, favorecendo o desenvolvimento de pensamentos críticos e a participação dos jovens. São esses que vão viver no planeta no futuro e são eles que possuem maiores possibilidades de ação para transformação da sociedade. São eles ainda, que estão dando início ao seu envolvimento com a comunidade onde vivem, sendo que, caso eles não sejam conscientes da influência que possuem e da importância que tem na sociedade, nada farão de diferente para contribuir com melhoras nesse lugar. Sendo assim, cada vez mais deve-se buscar a EA como processo de construção dos pensamentos e das ideias e fazer dessa ciência o ponto de partida para o ensino de vários conceitos, associando-os ao que realmente é relevante na vida das pessoas.

Como estratégia para o ensino desses conceitos, sugere-se o uso da interdisciplinaridade, o que vai inibir nos jovens desde o início um entendimento social a partir de vários aspectos, possibilitando uma visão ampliada e o conhecimento a partir de vários campos do saber. Isso facilita a busca pela solução de problemas e o surgimento de ideias para o desenvolvimento sustentável. Além disso, a interdisciplinaridade favorece o diálogo, o debate em torno de situações problema, instigando nos aprendizes a participação, o envolvimento, estimulando novas posturas e atitudes que possam levar a uma verdadeira transformação social.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. Industrialização do mundo. **Mundo Educação**. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/geografia/a-industrializacao-mundo.htm>>. Acesso em 29 de outubro de 2015.
- AMARAL, I. A.. Educação ambiental e ensino de ciências: uma história de controvérsias. **Pro-Posições**. Campinas, v.12, n.1, p.73-93, março, 2001.
- ANSELMO, J. S.; AIRES, I. C.; LIMA, R. A. A educação ambiental e o ensino de biologia em uma escola privada no município de porto velho – RO. In: SEMANA EDUCA: A EDUCAÇÃO NO EMBATE MODERNO X PÓS MODERNO, 4., 2013, Porto Velho. **Anais...**Porto Velho, PPGE – UFRO, 2013, p. 1-10.
- BONATTO, A.; BARROS, C. R.; GEMELI, R. A.; LOPES, T. B.; FRISON, M. D. Interdisciplinaridade no ambiente escolar. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, 9. 2012, Caxias do Sul. **Anais...**Caxias do Sul, EDUCS, 2012, p. 1-12.
- BRASIL. Lei 9.795, de 27 de abril 1999. Dispõe sobre Educação Ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Abril, 1999.
- BRUNACCI, A.; PHILIPPI JÚNIOR, A. A dimensão humana do desenvolvimento sustentável. In: PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; PELICIONI, Maria Cecília Focesi (Org.). **Educação Ambiental e Sustentabilidade**. São Paulo: Manole, 2014, p. 307-333.
- CASTRO, M. L.; CANHEDO JÚNIOR, S. G. Educação ambiental como instrumento de participação. In: PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; PELICIONI, Maria Cecília Focesi (Org.). **Educação Ambiental e Sustentabilidade**. São Paulo: Manole, 2014, p. 465-475.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova Escola*. São Paulo, n. 9, p. 31-40, Maio, 1999.
- GARCÍA PALACIOS, E. M. *et al.* **Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia, sociedade)**. Florianópolis: OEI, 2003.
- JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**. São Paulo, n. 118, p. 189-205, março, 2003.
- LUZZI, D. Educação ambiental: pedagogia, política e sociedade. In: PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; PELICIONI, Maria Cecília Focesi (Org.). **Educação Ambiental e Sustentabilidade**. São Paulo: Manole, 2014, p. 445-464.
- OLIVEIRA, A. L.; OBARA, A. T.; RODRIGUES, M. A. Educação ambiental: concepções e práticas de professores de ciências do ensino fundamental. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Maringá, v. 6, n. 3, p. 471-495, 2007.
- PEREIRA DOS SANTOS, W. L.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 1-23, dezembro, 2002.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PORTELA, S. T.; BRAGA, F. A.; AMENO, H. A. Educação ambiental – entre a intenção e a ação. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**. São Paulo, v. 5, p. 62-67, 2010.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**. Campinas, v. 1, número especial, p. 1-12, novembro, 2007.

SERRA, M.; MORAES, G. I. Desenvolvimento e meio ambiente: tecnologias apropriadas como o caminho para a sustentabilidade ambiental. **Revista Tecnologia e Sociedade**. Curitiba, n. 2, p. 133-152, março, 2006.

SILVA, L. F. Reflexões sobre interdisciplinaridade e educação ambiental crítica. **Pesquisa em Debate**. São Paulo, edição 11, v. 06, n. 02, julho/dezembro, 2009.

SORRENTINO, M.; TRAJBER, R.; MENDONÇA, P.; FERRARO JUNIOR, L. A. Educação ambiental como política pública. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 31, n. 2, p. 285-299, maio/ago. 2005.

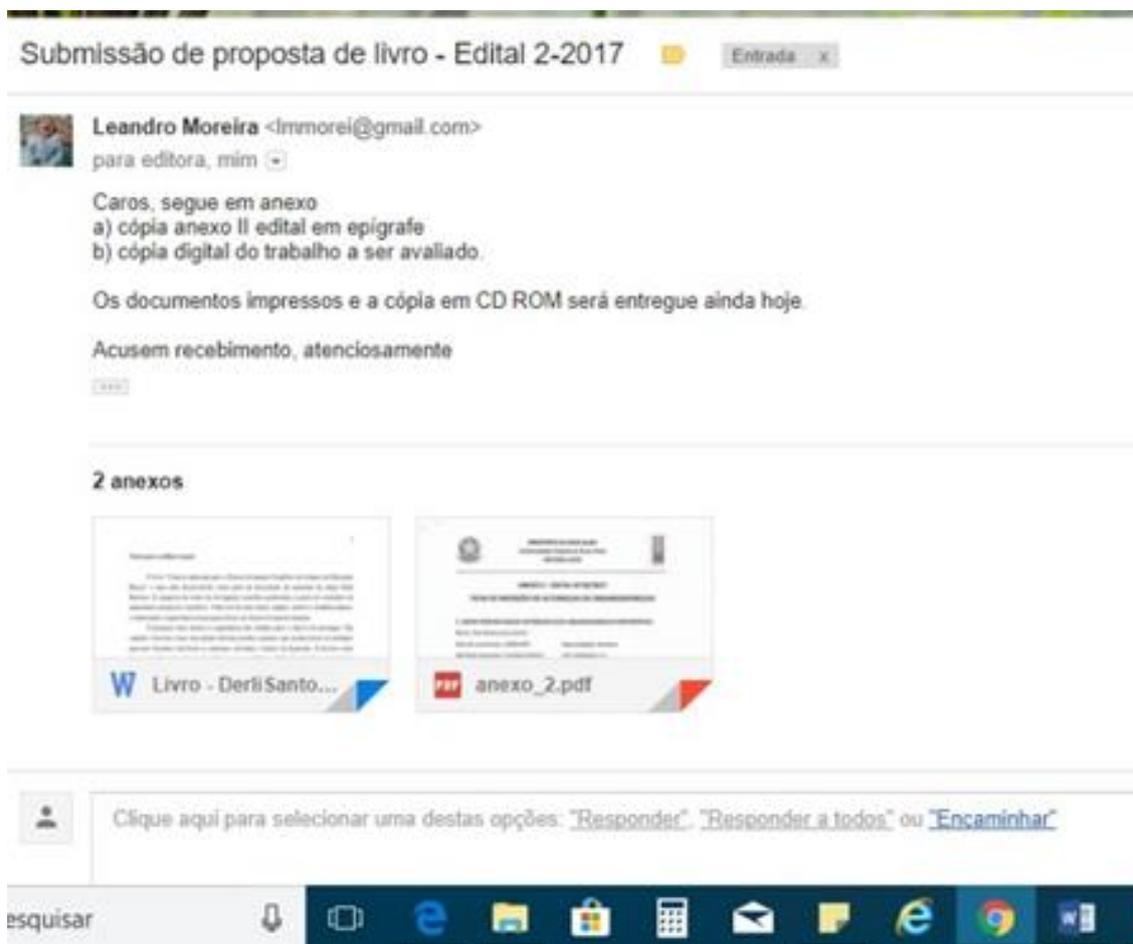
THIESEN, J. S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**. Rio de Janeiro, v. 13, n. 39, p. 545-554, set./dez. 2008.

TRIVELATO, S. L. F. A formação de professores e o enfoque CTS. **Pensamento Educativo**. São Paulo, v. 24, p. 201-234, julho, 1999.

Submetido em: 30-06-2017.

Publicado em: 31-08-2017.

Anexo II: Comprovante de submissão do livro “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola” para avaliação/publicação.



EDITORA UFOP – EDITAL Nº 02/2017 EDITAL PARA PUBLICAÇÃO DE LIVROS ELETRÔNICOS

A Diretoria e o Conselho Editorial da Editora UFOP tornam público o Edital para Publicação de Livros Eletrônicos. A partir do dia **03 de julho de 2017**, estarão abertas as inscrições para apresentação de originais visando à publicação de livros de natureza técnico-científica e cultural, as quais serão regidas pelas disposições que integram o presente edital.

1. APRESENTAÇÃO

O **Edital de Publicação de Livros Eletrônicos** visa a editoração de originais produzidos a partir de atividades de pesquisa, criação e inovação de autores/as vinculados/as à UFOP, mediante a observação das normas abaixo descritas.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
EDITORA UFOP



3. DAS INSCRIÇÕES E DA SELEÇÃO

3.1. Os originais deverão ser entregues na Secretaria da Editora UFOP, em dois períodos específicos: de **03 de julho de 2017 a 31 de julho de 2017** (1ª Chamada) e **01 de novembro de 2017 a 30 de novembro de 2017** (2ª Chamada), das **13h30 às 16h30**, no 2º andar da Coordenadoria de Comunicação Institucional (CCI), Campus Morro do Cruzeiro.

3.2. O/a autor/a deverá preencher a Ficha de Inscrição, disponível na Secretaria da Editora UFOP ou em Anexo neste Edital (Anexo II), e entregar uma cópia impressa do original e outra digital em CD-ROM e através de correio eletrônico, com envio para editora@ufop.br.

3.3. A partir da inscrição, os/as autores/as e/ou organizadores/as se comprometem a não submeter o original a nenhuma outra editora até que seja formalizado o resultado de avaliação do material submetido.

3.4. A Editora averiguará, após o recebimento dos originais, se eles estão em conformidade com as normas para publicação de livros da Editora UFOP. A Editora se reserva o direito de não dar prosseguimento à análise de originais que não estiverem em conformidade com as normas para publicação de livros (Anexo I).

3.5. Os originais em conformidade com as normas serão encaminhados ao Conselho Editorial que fará uma avaliação prévia, e procederá à análise sobre a pertinência da publicação do original, baseando-se nos seguintes critérios:

- a) Abrangência e adequação do tema e do conteúdo à área do saber;
- b) Relevância técnico-científica ou cultural;
- c) Caráter inovador da obra;
- d) Rigor conceitual;
- e) Avaliação global da qualidade da obra;
- f) Interesse social;
- g) Adequação da obra à linha Editorial da Editora UFOP.

3.6. Se a obra atender a esses pré-requisitos, o Conselho Editorial fará distribuição para um/a ou mais pareceristas, efetivada pelo/a representante da área no Conselho. Caberá ao Presidente encaminhar os originais aos/às pareceristas.

3.7. De posse do parecer, o Conselho Editorial decide quanto à aprovação ou não da obra para publicação pelo seguinte expediente:

- a) O parecer, caso seja positivo, será encaminhado ao/a autor/a, resguardada a identidade do/a parecerista;

Anexo III: Comprovante de aprovação em edital para edição e publicação do Livro “Alfabetização Científica – temas atuais para aplicações de conceitos científicos abordados na escola”.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
EDITORA UFOP



Ouro Preto, 05 de junho de 2018

Diretoria Executiva

Ao autor
Derli Barbosa dos Santos

Atestamos que a obra “*Ciência Aplicada para o Desenvolvimento Científico de Alunos da Educação Básica*”, do autor de Derli Barbosa dos Santos encaminhada à Editora da Universidade Federal de Ouro Preto – EDITORA UFOP, por intermédio do Edital 02/2017, foi aprovada para publicação em formato digital.

Atenciosamente,

Daniel Ribeiro Pires
Coordenador Editorial da Editora UFOP

Centro de Comunicação, 2º andar – Campus Universitário Morro do Cruzeiro – Ouro Preto / MG – Brasil
CEP 35400-000 – (31) 3559-1463 – editoraufop@hotmail.com – www.editora.ufop.br

Observação: título do livro alterado em virtude de orientações dadas pela banca examinadora da dissertação.