



A ameaça da emergência climática para os polinizadores: uma abordagem CTS

Fernanda Nara Pereira Ingenchki¹

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3695-7931>

Mariana Isabeli Valentim²

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4322-5253>

Elizabete Satsuki Sekine³

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2537-2201>

Lia Maris Orth Ritter Antiqueira⁴

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8453-0751>

Resumo: Além da comprovada alteração nas populações de animais polinizadores em decorrência do uso excessivo de pesticidas, estão sendo evidenciadas mudanças ambientais consideráveis levando à emergências climáticas. As chuvas e fenômenos climáticos imprevisíveis alteram a vegetação, provocando mudanças nos padrões comportamentais e temporais de muitos polinizadores, adaptados à determinadas condições ambientais, alterando as interações ecológicas e a disponibilidade do serviço ecossistêmico da polinização. Apesar das evidências, parte da população ainda possui objeções sobre os impactos do aquecimento global, evidenciando que o tema não é devidamente tratado no Ensino. A proposta idealizada neste trabalho é a utilização da abordagem Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), por meio de uma proposta interdisciplinar contemplando o tema das mudanças climáticas sobre a diversidade de animais polinizadores, trazendo à tona a importância da biodiversidade para o ser humano.

Palavras-chave: Aquecimento Global. Biodiversidade. Proposição didática.

¹Mestranda do PPGCT (UTFPR-PG). Bolsista EX-PC do PICCE. Graduada em Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais (UTFPR-PG). Email: fernandanarapereira@gmail.com

²Acadêmica do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas (UTFPR-PG). Bolsista IC do PICCE. Email: mariana.valen.tim@hotmail.com

³Professora no Departamento de Biodiversidade e Conservação da Natureza (UTFPR-CM). Email: essekine@utfpr.edu.br

⁴Professora no Departamento de Ensino (UTFPR-PG). Email: liaantiqueira@utfpr.edu.br

Agradecimentos à Fundação Araucária, órgão financiador do Encontro internacional Educação Ambiental e Emergência Climática e concedente das bolsa EXP-C e IC às duas primeiras autoras deste artigo, por intermédio do Programa interinstitucional de Ciência Cidadã na Escola (PICCE).

La amenaza de la emergencia climática para los polinizadores: un enfoque CTS

Resumen: Además del cambio comprobado en las poblaciones de animales polinizadores por el uso excesivo de pesticidas, se están evidenciando cambios considerables relacionados con el cambio climático. Las lluvias y los fenómenos climáticos impredecibles alteran la vegetación, provocando cambios en los patrones de comportamiento y temporales de muchos polinizadores, adaptados a determinadas condiciones climáticas, alterando las interacciones ecológicas y la disponibilidad de los servicios ecosistémicos de polinización. A pesar de la evidencia, parte de la población aún tiene objeciones sobre los impactos del calentamiento global, lo que demuestra que el tema no es abordado adecuadamente en la enseñanza. La propuesta idealizada en este trabajo es la utilización del enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), para una enseñanza interdisciplinar que contemple la temática del cambio climático sobre la diversidad de animales polinizadores, vislumbrando la importancia de la biodiversidad para el ser humano.

Palabras-clave: Calentamiento global. Biodiversidad. Propuesta didáctica.

The threat of climate emergency to pollinators: a CTS approach

Abstract: In addition to the proven change in populations of pollinating animals due to the excessive use of pesticides, considerable changes related to climate change are being evidenced. Rainfall and unpredictable climatic phenomena alter vegetation, causing changes in the behavioral and temporal patterns of many pollinators, adapted to certain climatic conditions, altering ecological interactions and the availability of pollination ecosystem services. Despite the evidence, part of the population still has objections about the impacts of global warming, showing that the topic is not properly addressed in Education. The proposal idealized in this work is the use of the Science, Technology and Society (STS) approach, for an interdisciplinary teaching contemplating the theme of climate change on the diversity of pollinating animals, bringing to light the importance of biodiversity for human beings.

Keywords: Global warming. Biodiversity. Didactic proposition.

Introdução

Nas últimas décadas, muitas pesquisas contribuíram para um melhor entendimento acerca das alterações causadas pelas mudanças climáticas sobre o metabolismo, o ciclo de vida, a diversidade dos seres vivos e suas interações. No entanto, existe um abismo entre o conhecimento científico e a conscientização da população sobre as consequências das modificações nos ecossistemas, incluindo os seres humanos como parte integrante deste.

Aos educadores ambientais, cabe buscar maneiras de difundir a percepção acerca da interdependência das sociedades humanas com as demais espécies no ecossistema e com o ambiente como um todo. Iared (2017, p. 50) considera que uma das tarefas da Educação Ambiental é a de “repensar a relação entre sociedade e as diversas formas de vida”.

Neste sentido, o tema polinizadores, além de despertar interesse por envolver animais, como borboletas e abelhas, que despertam empatia, também propicia a percepção da biodiversidade enquanto serviço ecossistêmico. A polinização é necessária à reprodução

das plantas, podendo ser percebida como um benefício que as populações humanas obtêm das funções do ecossistema (COSTANZA *et al.*, 1997). Devido à sua relação com a produção de alimentos, permite interligar questões sociais em uma perspectiva de Educação Ambiental complexa.

A partir da percepção da relação direta com a produção de alimentos, é possível abordar outras questões essenciais, como a relação da diversidade de polinizadores com a manutenção de ecossistemas naturais, influenciando, de forma indireta, outros serviços ecossistêmicos, como a manutenção da qualidade do ar e a regulação do clima, por meio da reprodução das plantas.

Assim, o objetivo deste artigo é promover uma abordagem pedagógica acerca da influência das alterações climáticas sobre a atividade dos polinizadores. Para que ocorra essa relação, é preciso que o aluno conheça a importância dos polinizadores e os riscos a que estão expostos.

Ao longo deste estudo, serão abordados alguns fatores que afetam as populações de polinizadores, com consequências no funcionamento dos ecossistemas e na produção de alimentos. Além da preocupação com o uso crescente de pesticidas e outros aditivos químicos, a ameaça aos polinizadores está diretamente relacionada às alterações climáticas. Os principais efeitos são o deslocamento das populações e as alterações comportamentais e fisiológicas (MARTINET *et al.*, 2020).

O tema biodiversidade, muitas vezes, não é abordado de forma complexa e conectada aos seres humanos, sendo, por vezes, negligenciado também em sala de aula. A desinformação, ao ser perpetuada, leva à tomada de decisões que desconsideram a problemática ambiental e geram retrocesso à ciência.

A abordagem do tema, especialmente em sala de aula, permite reflexões amplas e facilita as discussões sobre a importância da biodiversidade para as sociedades humanas, por meio da percepção da polinização como um serviço ecossistêmico essencial para a produção de alimentos. Neste sentido, as abelhas são animais facilmente percebidos, mesmo em ambientes urbanos, e oferecem um modelo com apelo carismático, que facilita as atividades de educação ambiental (MARSHMAN *et al.*, 2019)

No entanto, é necessário lembrar que este assunto não deve ser tratado somente na escola. É importante que a população em geral tenha conhecimento sobre a importância dos polinizadores, podendo assim contribuir para sua permanência.

Segundo a Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos, recentemente, mais estudos sobre polinização estão sendo desenvolvidos e "o conhecimento gerado tem expressiva relevância para o estabelecimento de políticas voltadas ao manejo apropriado de plantas cultivadas e silvestres e à conservação dos animais polinizadores associados" (BPBES - REBIPP, 2019, p. 12). Dessa forma, justifica-se a necessidade de investigar a relação entre problemas ambientais urgentes, como a crise climática, com a redução dos polinizadores. Além disso, é essencial integrar os novos conhecimentos ao ensino, para a popularização dessas pautas e para a divulgação científica.

Com este propósito, foi desenvolvida, inicialmente, uma pesquisa básica de abordagem qualitativa, com fins exploratórios, do tipo bibliográfico, à fim de contribuir com a atuação do professor em sala de aula e explorar a relação supracitada. O texto encontra-se assim organizado: primeiramente, apresenta-se a metodologia que subsidiou este estudo; em seguida, reflete-se sobre os impactos causados na biodiversidade, polinizadores e o ensino.

Após essa abordagem teórica, é mostrada uma proposição didática voltada à professores que atuam em turmas de 6º ano do Ensino Fundamental II, que tenham interesse em ampliar sua formação utilizando abordagens pautadas em princípios de CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).

Metodologia

As premissas que pautam a realização deste trabalho permitem enquadrá-la como uma pesquisa básica, que tem como principal objetivo trazer novas reflexões sobre o fenômeno estudado, aprofundando assim sua compreensão.

Enquadra-se também, segundo seu objetivo, como uma pesquisa exploratória, uma vez que propõe um estudo teórico do tema. Segundo Vianna (2011), tal pesquisa resgata estudos realizados por diferentes pesquisadores sobre o mesmo tema, os quais irão

proporcionar o aprofundamento do recorte temático, contribuindo com alternativas para auxiliar na solução do problema abordado.

Além disso, encontra-se dentro de uma abordagem qualitativa, uma vez que, conforme Gil (2008), preocupa-se com aspectos da realidade que não podem ser quantificados e não podem ser reproduzidos por meio de variáveis estatísticas.

Por ser assim, define-se, tipologicamente, como uma pesquisa bibliográfica. Segundo Boccato (2006), “a pesquisa bibliográfica busca a resolução de um problema (hipótese) por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas” (BOCCATO, 2006, p. 266).

A Base Nacional Comum Curricular, documento normativo para o ensino no Brasil, sugere que o ensino na disciplina de Ciências, “tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo [...]” (BRASIL, 2018, p. 321). Esse compromisso justifica a inserção de problemas atuais na proposição das aulas, como é o caso da perda de polinizadores devido, entre outros fatores, ao aquecimento global. Neste trabalho, é proposta uma sequência didática que proporciona essa integração.

Impactos das mudanças climáticas à Biodiversidade

O que hoje se reconhece como aquecimento global são as consequências do gradual e crescente aumento na concentração de poluentes e contaminantes, produzidos pela atividade humana e inseridos na atmosfera. Até o desenvolvimento da indústria, a temperatura da atmosfera sofria alterações naturais, pois parte da luz solar que atinge a Terra era refletida de volta ao espaço, enquanto o restante se tornava calor e era mantida na superfície terrestre (SHIVANNA, 2022), mantendo assim as condições climáticas adequadas para a existência dos seres vivos.

No entanto, a emissão de carbono em quantidades massivas iniciou um processo de acúmulo de gases de efeito estufa - principalmente dióxido de carbono, metano e óxido nitroso - e vapor d'água formam uma camada de retenção da energia térmica, que é emitida

e reirradiada ciclicamente, contribuindo assim para o aumento da temperatura terrestre (SHIVANNA, 2022).

Em recente relatório, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) alerta sobre o que pode ser um evento irreversível: o planeta teve sua temperatura média aumentada em 1,5°C e esgotou sua capacidade de se recuperar ou se adaptar aos impactos da atividade humana.

As condições impostas pelo aquecimento global são as mesmas responsáveis pelas atuais ondas de calor repentinas, secas, incêndios, inundações e também por grande parte da perda de biodiversidade no nosso planeta. A biodiversidade e os serviços ecossistêmicos associados são indispensáveis para a subsistência humana e para a manutenção do equilíbrio ecológico como um todo (PASCUAL *et al.*, 2022).

Mudanças de temperatura alteram o crescimento, desenvolvimento e reprodução de populações de animais e plantas nativas. O desequilíbrio resultante pode ainda levar a outras modificações nos ecossistemas, como, por exemplo, favorecer a propagação organismos não nativos ou propiciar ataques por patógenos, levando muitas populações à extinção.

Shivanna (2022) explica que, a medida que a temperatura de um ecossistema aumenta, espécies nativas tendem a migrar para altitudes mais elevadas e em direção aos polos, em busca de condições ambientais adequadas. Mas durante tal migração, o estresse ecológico gerado é tão grande que boa parte das populações diminui, acentuando ainda mais o desequilíbrio ecológico dos ambientes.

A autora ainda afirma que o tempo de recorrência de fenômenos biológicos é desordenado em decorrência da crise climática: em que época um pássaro construirá um ninho, quando colocará ovos ou quando migrará, por exemplo. As plantas são prejudicadas quando suas épocas de florada e de frutos são alterados, visto que o que define esses períodos são os fatores climáticos de longo prazo (SHIVANNA, 2022).

Ameaça aos Polinizadores

Entre as espécies terrestres mais afetadas pela crise climática estão os polinizadores, animais com essencial papel na manutenção de ecossistemas e indispensáveis para a alimentação humana.

Os agentes polinizadores são animais, em sua maioria insetos, que aproveitam dos recursos florais para sua própria sobrevivência. Somente no Brasil, estudos de valoração apontam para um valor anual de US\$ 12 bilhões de reais, ao serviço ecossistêmico dos polinizadores na agricultura (GIANNINNI *et al.* 2015); no mundo todo esse valor é estimado entre US\$ 235 bilhões e US\$ 577 bilhões de dólares (BPBES - REBIPP, 2019).

Entre os principais polinizadores, estão as abelhas; insetos que, em sua maioria, dependem exclusivamente dos recursos florais para sua alimentação e também possibilitam a existência de muitas espécies vegetais. As abelhas representam 66,3% das espécies de polinizadores em território brasileiro (BPBES - REBIPP, 2019). No Brasil, uma grande ameaça é a perda de espécies nativas de abelhas solitárias e abelhas-sem-ferrão, que são responsáveis pela polinização de espécies de plantas frutíferas, nativas ou endêmicas.

Atualmente é evidente e comprovado em diversos estudos, que a mudança climática está reduzindo a eficácia dos agentes polinizadores à medida que as espécies estão sendo perdidas em certas áreas, ou à medida que o mutualismo entre os polinizadores e plantas com flores está sendo interrompido ou alterado (IPCC, 2022; MANICOR *et al.*, 2023; BISHOP *et al.*, 2023; PLOS *et al.*, 2023).

Em outras palavras, para alimentação humana, a perda de polinizadores reflete também na produção de alimentos, já que grande parte das espécies cultivadas depende da eficácia dos polinizadores. Nesse sentido, a crise climática aliada ao aumento populacional mundial levará a população à ainda maior fome e má nutrição, além de doenças relacionadas (IPCC, 2022).

Partindo do princípio de que a crise climática afeta a biodiversidade, os polinizadores e, conseqüentemente, a alimentação humana; medidas de mitigação dos efeitos da crise climática devem ser aplicadas diretamente no ensino, visando a conscientização das próximas gerações e futuros profissionais.

Para uma melhor abordagem deste tema, é importante que se incentive a percepção do ecossistema em uma perspectiva complexa, considerando as interações entre as espécies

como parte integrante da biodiversidade. Ainda, é necessário evitar uma abordagem puramente conservacionista, evitando tratar a diversidade biológica de forma isolada, mas como uma questão socioambiental (CARVALHO, 2020).

A perda das interações entre polinizadores e plantas causa a diminuição tanto da diversidade de plantas quanto dos animais polinizadores em um processo cíclico. Por sua vez, a diminuição da biodiversidade como um todo relaciona-se às alterações na biosfera, incluindo as mudanças climáticas, que podem ser agravadas pela perda da diversidade dos organismos fotossintéticos.

Educação Ambiental e Ensino na perspectiva CTS

No contexto mundial a Educação Ambiental ganha destaque durante o Encontro Internacional em Educação Ambiental, em Belgrado; três anos após a Conferência de Estocolmo de 1972, o primeiro grande evento em prol do desenvolvimento sustentável (HOLMER, 2020).

No Brasil, a Educação Ambiental é consolidada após a inserção de vários marcos legais e políticas públicas, além da criação do Ministério do Meio Ambiente e do Programa Nacional de Educação Ambiental (PRONEA). Como argumentado por Campos (2022), nos últimos anos, a Educação Ambiental sofreu grandemente com a dissolução do Departamento de Educação Ambiental e exclusão da função executiva do Departamento de Desenvolvimento Sustentável, outras decisões políticas e de gestão.

Nesse sentido, podemos trazer a importância de se trabalhar a Educação Ambiental dentro da perspectiva CTS, visto que ela deve fazer parte da trajetória do aluno desde a Educação Infantil, sendo inserida nos diversos componentes curriculares de maneira interdisciplinar, tendo mais espaço e enfoque nas abordagens de Ciências e Biologia.

Para a formação de um cidadão consciente e sensível às questões ambientais, a Educação Ambiental deve começar antes mesmo do aluno chegar na escola. Deve começar em casa, com o exemplo da família, sendo abordada não só como exigência curricular, mas como responsabilidade do ser humano, sendo parte do ambiente, preservá-lo para as futuras gerações.

Vasconcelos, Conceição e Freitas (2012, p. 213), defendem que o ensino deve “buscar suscitar uma reflexão sobre as influências da humanidade sobre o atual cenário socioambiental”. A escola, como um todo, deve buscar trabalhar causas ambientais de maneira interdisciplinar como abordam os Parâmetros Curriculares Nacionais, ou PCNs (BRASIL, 2000).

É importante trabalhar a Educação Ambiental em todos os componentes curriculares de maneira integrada, de forma a relacionar a vivência do aluno à temática ambiental, a fim de que a abordagem seja significativa e promova a sensibilização.

Na Base Nacional Curricular Comum, BNCC (2018), documento que rege a Educação atualmente, a Educação Ambiental é abordada entre as competências gerais: “Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.” (BRASIL, 2013, p. 9), trazendo a responsabilidade de envolver os alunos e ensinar a importância de cuidarmos do nosso planeta.

Para problematização no ensino, é possível levantar questões sociocientíficas (QSC), a educação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS); relacionando a importância da polinização e o impacto das mudanças climáticas na diminuição de polinizadores e, conseqüentemente, no cotidiano humano.

Para Conrado e Nunes-Neto (2018) as QSC são problemas ou situações controversas e complexas trazidas para a educação de forma interdisciplinar com o objetivo de contextualizar, compreender e buscar soluções, e que CTS e CTSA não são um movimento coeso e homogêneo na educação científica, precisam ser trabalhados de maneira contextualizada envolvendo os alunos para sua melhor compreensão.

Na perspectiva CTS, busca-se uma maior inserção social em assuntos que envolvam ciência e tecnologia, para que a sociedade possa participar de forma mais consciente na tomada de decisões (LINSINGEN, 2007). Para isso, o tema aqui abordado traz luz à discussão sobre a influência das mudanças climáticas sobre os polinizadores, possibilitando que professores e alunos assumam seus papéis na sociedade contribuindo para o enfrentamento deste problema e buscando possíveis soluções.

Desta forma, a abordagem CTS possibilita unir o ensino em diferentes espaços (formais, não formais e informais), envolvendo a observação da biodiversidade no cotidiano, pois, como afirma Carvalho (2020), a dicotomia entre a educação formal e não formal nas práticas educativas impede a integração e compreensão das diversas formas de aprendizagem.

Proposição Didática

Para a contextualização da temática e a abordagem da CTS, propõe-se trabalhar com alunos do Ensino Fundamental II (6º ano), em uma atividade envolvendo os polinizadores, com o intuito de sensibilizar e aprofundar o olhar sobre a importância da permanência dos polinizadores e alertar sobre a crise climática como ameaça eminente.

Neste momento da proposta, são utilizadas três habilidades indicadas na BNCC aos sexto e sétimo anos do Ensino Fundamental: (I) “Realizar pesquisa, a partir de recortes e questões definidos previamente, usando fontes indicadas e abertas”; (II) “Divulgar resultados de pesquisas por meio de apresentações orais, painéis, artigos de divulgação científica, verbetes de enciclopédia, podcasts científicos *etc*”; e (III) “Produzir resumos, a partir das notas e/ou esquemas feitos, com o uso adequado de paráfrases e citações” (BRASIL, 2018, p. 169).

Essas habilidades estão inseridas no Campo das Práticas de Estudo e Pesquisa, o qual envolve a exploração, entendimento, uso e criação de textos e discursos que têm natureza explicativa, analítica e persuasiva (BRASIL, 2018). Esses textos circulam não somente no contexto escolar, mas também no cotidiano e na atividade científica.

- ❖ **Questões Sociocientíficas (QSC):** As alterações climáticas têm alguma relação com a redução de polinizadores e com um possível colapso de ecossistemas, inviabilizando a produção de alimentos?

- ❖ **Elaboração Problema Central:** A ameaça da emergência climática para os polinizadores.

❖ **Perguntas específicas:**

- Como as alterações climáticas têm influenciado a sobrevivência dos polinizadores?
- Como promover a preservação dos polinizadores?
- Como a alimentação está relacionada aos polinizadores?
- Nossos hábitos influenciam a vida dos polinizadores?
- Como esses hábitos influenciam a produção de alimentos?

❖ **Problematização**

Para relacionar as três habilidades anteriormente citadas, do campo das práticas de estudo e pesquisa da BNCC, o início da primeira aula é focado na pesquisa de notícias, reportagens e acontecimentos relacionados às alterações climáticas. O objetivo principal dessa aula é provocar as primeiras reflexões e problematizar o tema que será introduzido.

Propõe-se que os alunos, em grupo, pesquisem reportagens sobre o aquecimento global e a escassez dos polinizadores. Os meios utilizados podem incluir recursos digitais, veículos midiáticos e literatura.

Em seguida, os grupos irão explorar a ideia central das reportagens por meio de textos e imagens. O professor pode dispor de espaços, tempo, processos e condições para que os estudantes investiguem, reflitam, falem, argumentem e expressem suas ideias. Como síntese os grupos poderão realizar uma apresentação de suas hipóteses.

❖ **Levantamento de hipótese**

A segunda aula tem objetivo de introduzir os discentes à habilidade de “Identificar, em texto dramático, personagem, ato, cena, fala e indicações cênicas e a organização do texto: enredo, conflitos, ideias principais, pontos de vista, universos de referência” (BRASIL, 2018, p. 169). Esta habilidade se aplica ao campo artístico e literário para o sexto e sétimo ano do Ensino Fundamental.

Para inclusão de recursos digitais, pode-se optar pelo uso de um vídeo temático, como o filme *Bee Movie*, que promoverá a reflexão e curiosidade frente às QSC discutidas anteriormente.

Após o filme, sugere-se realizar uma roda de conversa a partir dos seguintes questionamentos: Qual é o tema principal do filme? O que houve com a espécie humana sem polinizadores?

Quem é o personagem principal? Onde ele mora? De que forma as pessoas do filme se alimentavam? Como sua sobrevivência está sendo afetada pelo aquecimento global? Por meio desta conversa, será observado se houve a sensibilização dos alunos frente a QSC proposta. Durante o processo de aprendizagem nessa aula, ocorrerá a sistematização e avaliação do primeiro passo de maneira coletiva. Posteriormente serão retomadas algumas cenas do filme que mostram os motivos pelos quais a polinização é importante. Por fim, se realizará a seguinte pergunta: O que acontece se os polinizadores deixarem de existir?

❖ Análise das relações CTS e de ativismo

Para as próximas aulas, são destacadas três habilidades da BNCC para a disciplina de Ciências para o 6º ano: (I) “Concluir, com base na análise de ilustrações e/ou modelos (físicos ou digitais), que os organismos são um complexo arranjo de sistemas com diferentes níveis de organização”; (II) “Analisar distintas interações das sociedades com a natureza, com base na distribuição dos componentes físico-naturais, incluindo as transformações da biodiversidade local e do mundo”; (III) “Analisar consequências, vantagens e desvantagens das práticas humanas na dinâmica climática [...]”.

Na terceira aula, recomenda-se utilizar uma ilustração de como seria uma refeição com e sem os polinizadores (figura 1), com objetivo de aprofundar as discussões dos conteúdos já trabalhados, como a complexidade da biodiversidade e sua relação com a crise climática.

Figura I: Da esquerda para direita, representação de um café-da-manhã com e sem abelhas



Fonte: *Website Sem Abelha Sem Alimento*⁵

A partir disso, é possível realizar uma discussão de como a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Meio Ambiente estão relacionados ao fenômeno da polinização. O Quadro I relaciona os conceitos científicos e o serviço ecossistêmico da polinização, dentro da realidade do aluno.

Quadro I:Relação de aspectos da abordagem CTS

Aspectos de CTS	Exemplo de relação com a polinização
1. Natureza da Ciência	O conhecimento sobre o que é polinização e a importância da manutenção dos polinizadores.
2. Natureza da Tecnologia	A tecnologia favorece a polinização, contribui positivamente ou proporciona modificações que interferem no processo de polinização.
3. Natureza da Sociedade	Como hábitos humanos influenciam o <i>habitat</i> dos polinizadores.
4. Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	Como a tecnologia contribui para a permanência dos polinizadores e cria um ambiente favorável para a polinização.
5. Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	De que forma os avanços tecnológicos na agricultura influenciam a sobrevivência dos polinizadores.
6. Efeito da Sociedade sobre a Ciência	Como a sociedade auxilia na busca de conhecimentos que contribuam à permanência dos polinizadores. Quais os impactos do uso de agrotóxicos para os polinizadores.
7. Efeito da Ciência sobre a Sociedade	De que forma a busca de novos hábitos pode minimizar o aquecimento global e

⁵<https://www.semabelhasemalimento.com.br>

	proporcionar um ambiente seguro para os polinizadores.
8. Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	A falta de informações sobre a importância da biodiversidade leva à negligência e isso influencia diretamente no nosso dia a dia.
9. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	A utilização de veículos para divulgação científica pode ampliar o conhecimento sobre a atividade e distribuição dos polinizadores.

Fonte: Adaptado de Santos e Schnetzler (1997, p. 65)

A partir da observação das figuras e dos assuntos apresentados no Quadro I, propõe-se realizar um trabalho em etapas, levantando questões que incorporem elementos da Ciência nas imagens. Alguns questionamentos são possíveis: Como é possível identificar a polinização nas imagens? O que causou essa diferença entre as duas imagens? Quais as tecnologias presentes em ambas as fotos, há algo que poderia ser mudado, melhorado? O avanço tecnológico tem condições de substituir as abelhas? Por que o aquecimento global está diminuindo a diversidade de alimentos?

❖ Identificação dos conteúdos científicos relacionado à QSC

Da 4ª até 7ª aula, pode-se utilizar uma abordagem interdisciplinar e transversal dos conteúdos:

- Português: produção textual, resenha crítica sobre a importância da polinização.
- Ciências: Plantas - Angiospermas (características, partes da planta, partes da flor, reprodução, utilidades), insetos e polinizadores, desmatamento e alterações climáticas.
- Matemática: Estatística e probabilidade (classificar resultados de eventos cotidianos aleatórios).
- História: Cultura, hábitos e costumes em diversos lugares do planeta.
- Geografia: Analisar diferentes paisagens e identificar os espaços em que a polinização está presente, descrever modificações da natureza e da paisagem realizadas por diferentes sociedades. Arborização e urbanismo.

Além disso, como complementação da aula de ciências, pode ser realizada uma atividade externa, como um passeio para conhecer abelhas e o processo de polinização.

❖ **Cooperação de diferentes áreas do conhecimento**

Nas 8ª e 9ª aulas, pode-se contar com a presença de diferentes profissionais, como um nutricionista, apicultor, meliponicultor ou um agricultor, os quais podem realizar uma roda de conversa com os alunos. Para um melhor aproveitamento da atividade, sugere-se que os alunos elaborem algumas perguntas anteriormente.

❖ **Planejamento dos procedimentos**

Na décima aula os alunos serão orientados a estruturar um plano de trabalho em conjunto, para a investigação das hipóteses. Primeiramente a turma será dividida em grupos, depois o docente irá retomar as reportagens da primeira aula e a imagem dos diferentes cafés da manhã, da terceira aula.

Na sequência, é proposto aos grupos o desenvolvimento do plano de trabalho para a investigação das hipóteses. Com o auxílio do docente, serão descritos os objetivos, procedimentos que definirão como os dados serão coletados. Durante todas as atividades, sugere-se que sejam feitos questionamentos para provocar o pensamento crítico.

❖ **Realização da Investigação (teórica e/ou prática)**

Na décima primeira aula, novamente a turma é dividida em grupos e cada grupo recebe informações impressas (pequenos textos e imagens) sobre as hipóteses (as reportagens) que foram propostas na aula anterior para a elaboração do plano de trabalho. Essas informações, estarão relacionadas às alterações climáticas, agrotóxicos e polinizadores.

Após a reflexão e discussão das informações contidas nos textos, será solicitado aos grupos a elaboração de cartazes com colagens de imagens e frases (utilização de livros para recorte) que sintetizem as orientações para a permanência dos polinizadores. Os cartazes poderão ser expostos nos corredores da escola para que todos possam visualizar.

Sugere-se também a criação de um jardim na escola em conjunto com os pais, proporcionando uma mobilização social para auxiliar no processo de polinização.

❖ **Análise e Interpretação dos dados**

Na décima segunda aula, pode ser realizada uma exposição no projetor da escola com as fotos dos alunos construindo o jardim.

Visto que a BNCC considera a oralidade, o planejamento e produção de entrevistas orais, como componente da campo jornalístico-midiático para os sextos e sétimos anos (BRASIL, 2018), pode ser organizada uma roda de conversa, onde os alunos terão a oportunidade de relatar suas experiências e poderão falar sobre como se sentiram, como foi a reação da família, entre outros assuntos.

❖ **Retomada e discussão**

Na décima terceira aula, sugere-se retomar as QSC e o problema central a partir de uma gincana de perguntas e respostas sobre a temática. Em seguida, realizar uma roda de conversa com o objetivo de verificar se os alunos compreenderam a importância da polinização e do cuidado com o meio ambiente.

❖ **Ativismo**

Nesse momento (aula 14), para colocar em prática a atividade da terceira aula, serão organizadas duas mesas que mostrem as refeições com polinizadores e sem polinizadores. Essa demonstração pode ser feita para outras turmas do colégio.

As habilidades da normativa de ensino, aproveitadas para essa aula são: (I) “Divulgar resultados de pesquisas por meio de apresentações orais, painéis [...]” e (II) “Produzir resumos, a partir das notas e/ou esquemas feitos, com o uso adequado de paráfrases e citações” (BRASIL, 2018). Essas habilidades evidenciam as estratégias de pesquisa e a produção textual.

❖ **Comunicação dialógica**

Nessa última aula (15ª aula), ainda pautada nas habilidades de produção textual e oralidade, é realizada a divulgação dos trabalhos dos alunos, as fotos do jardim e os vídeos sobre a

importância dos polinizadores. Esse momento pode ocorrer em reuniões de pais, feiras de ciências abertas à comunidade e/ou um “jornal da polinização” criado por eles.

❖ **Construção de redes colaborativas**

Para finalizar esse trabalho, solicita-se à direção que exponha na página das redes sociais da escola, as fotos da elaboração dos trabalhos, da construção e cultivo do jardim e as demais etapas realizadas.

Dessa forma, é enaltecido o componente curricular transversal de Artes integradas, que “[...] explora as relações e articulações entre as diferentes linguagens e suas práticas, inclusive aquelas possibilitadas pelo uso das novas tecnologias de informação e comunicação” (BRASIL, 2018, p. 197).

Considerações Finais

Para uma educação que visa a formação de cidadãos preocupados com a problemática ambiental, é necessária uma aplicação efetiva de novas ferramentas de ensino que permitam ao professor atuar no desenvolvimento do pensamento crítico, prático e reflexivo dos discentes. Estas ferramentas permitem desenvolver um olhar mais sensível à natureza e ao seu valor.

A emergência climática, assim como a temática polinizadores, ainda é pouco encontrada nas normativas de ensino vigentes; cabendo ao professor construir as relações transversais que englobem esses temas importantes. Nesse sentido, a finalidade deste trabalho foi propor uma sequência didática que seja flexível, para que o professor consiga adaptar as atividades à realidade da escola, levando em consideração as importantes reflexões sobre as questões CTS.

A partir do ensino na perspectiva CTS e, por meio da exploração da relação entre perda de polinizadores e a crise climática, a Educação Ambiental contribui para a formação de cidadãos ambientalmente conscientes e pode ser um caminho para o enfrentamento dos problemas ambientais.

Referências

BISHOP, Sasha G. D.; CHANG, Shu-Mei; BAUCOM, Regina S. Not just flowering time: a resurrection approach shows floral attraction traits are changing over time. **Evolution Letters**, Reino Unido, v. 7, n. 2, p. 88–98, 2023. Disponível em:

<https://doi.org/10.1093/evlett/grad006> Acesso em: 28 jun 2023.

BOCCATO, Vera Regina Casari. Metodologia da Pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Revista Odontológica da Universidade Cidade de São Paulo**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265–274, 2006. Disponível em:

<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-488641>. Acesso em: 28 jun 2023.

BPBES (Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos); REBIPP (Rede Brasileira de Interações Planta-Polinizador). **Relatório Temático Sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil**. Relatório. 179 p. [S.l.]: 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/978-85-60064-83-0> Acesso em: 28 jun 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Humanas e suas tecnologias. Brasília, 2000.

CAMPOS, Sandro Xavier. Educação Ambiental no Brasil: Esperança Renovada! **Revista Galega de Ecoloxía e Medio Ambiente**. n. 88. Santiago de Compostela, 2022. Disponível em:

https://adega.gal/web/media/documentos/Educacion_Ambiental_Brasil.pdf Acesso em: 28 jun 2023.

CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. A pesquisa em educação ambiental: perspectivas e enfrentamentos. **Revista Pesquisa em Educação Ambiental**, v.15, n.1, [s.l.], 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18675/2177-580X.2020-15126>. Acesso em: 28 jun 2023.

CONRADO, Dália Melissa; NUNES-NETO, Nei. **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018.

COSTANZA, Robert. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253–260, [s.l.], 1997. Disponível em:

<https://doi.org/10.1038/387253a0> Acesso em: 28 jun 2023.

GALLAI, Nicola *et al.* Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**. v. 68, n. 3., p. 810–821, [s.l.], 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014> Acesso em: 28 jun 2023.

GIANNINNI, Tereza C. *et al.* The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 3, p. 849–857, [s.l.], 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26470203/> Acesso em: 28 jun 2023.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HOLMER, Sueli Almuiña. **Histórico da educação ambiental no Brasil e no mundo**. 1 ed. Salvador: UFBA, Instituto de Biologia, 2020.

IARED, Valéria Ghislotti. Os valores estéticos e éticos no cenário das mudanças do clima. **Revista Eletrônica Do Mestrado Em Educação Ambiental (REMEA)**, v. 34, n. 1, [s.l.], 2017. p. 39–56. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/remea.v34i1.6540>. Acesso em: 28 jun 2023.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability (AR6)**. Relatório, 2022. 3056 p. Cambridge; Nova Iorque, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/10.1017/9781009325844>. Acesso em: 28 jun 2023.

LINSINGEN, Irlan Von. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, p. 1–19, [s.l.], 2007.

MANICOR, Natasha; FISOGNI, Alessandro; RAFFERTY, Nicole E. Warming of experimental plant–pollinator communities advances phenologies, alters traits, reduces interactions and depresses reproduction. **Ecology Letters**, v. 26, n. 2, p. 323–334, [s.l.], 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ele.14158>. Acesso em: 28 jun 2023.

MARSHMAN, Jennifer; BLAY-PALMER, Alison; LANDMAN, Karen. Anthropocene Crisis: Climate Change, Pollinators, and Food Security. **Environments**, v. 6, n. 2, [s.l.], 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/environments6020022> Acesso em: 28 jun 2023.

MARTINET, Baptiste *et al.* Global Effects of Extreme Temperatures on Wild Bumblebees. **Society for Conservation Biology**, v. 35, n. 5, [s.l.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cobi.13685> Acesso em: 28 jun 2023.

PASCUAL, Lúdia S. *et al.* Climate change-associated multifactorial stress combination: A present challenge for our ecosystems. **Journal of Plant Physiology**, v. 276, n. 153764, [s.l.], 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2022.153764>. Acesso em: 28 jun 2023.

PLOS, Carolin *et al.* Abiotic conditions affect nectar properties and flower visitation in four herbaceous plant species. **Flora**, v. 303, n. 152279, [s.l.], 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152279>. Acesso em: 28 jun 2023.

SHIVANNA, Kundaranahalli R. Climate change and its impact on biodiversity and human welfare. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, v. 88, p. 160–171, New Delhi, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s43538-022-00073-6>. Acesso em: 28 jun 2023.

VASCONCELOS, Elizandra Rego.; CONCEIÇÃO, Luis Carlos Silva; FREITAS, Nádia Magalhães da Silva. Ideias sobre Desenvolvimento Sustentável: A Educação Científica e o Enfoque CTS, Articulações Possíveis. **Revista Eletrônica Do Mestrado Em Educação Ambiental (REMEA)**, v. 28, [s.l.], 2012. Disponível em: <https://repositorio.furg.br/handle/1/3837>. Acesso em: 19 jun 2023.

VIANNA, Ilca Oliverira de A. **Metodologia do Trabalho Científico**: Um Enfoque Didático da Produção Científica. 1 ed. São Paulo: E.P.U., 2001.

Submetido em: 15-07-2023

Publicado em: 27-12-2023