

PROPOSTA DIDÁTICA INVESTIGATIVA COM ENFOQUE NO IMPACTO DOS NEONICOTINOIDES SOBRE OS POLINIZADORES

Grazielle Martins de Oliveira Bueno¹

Bruna Gibowski de Moraes²

Ana Carolina De Deus Bueno Krawczyk³

RESUMO

O declínio das populações de polinizadores, intensificado pelo uso de agrotóxicos como os neonicotinoides, configura-se como uma problemática socioambiental e econômica urgente. Este relato de experiência descreve uma proposta didática investigativa, elaborada no contexto da disciplina de Bioindicadores aquáticos e princípios de ecotoxicologia de um programa de pós-graduação, e destinada ao 1º ano do Ensino Médio. A proposta tem como objetivo central fomentar uma reflexão crítica sobre os impactos desses compostos, contextualizando o ensino de ecologia e aliando ciência à cidadania ambiental, com foco no protagonismo discente e no pensamento crítico. A problemática foi concebida para ser aplicada em um colégio estadual de educação do campo, onde a agricultura e o uso de agrotóxicos são parte da realidade da maioria dos discentes, tornando a busca por conhecimento concreta e significativa. A metodologia articula a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) com a estrutura dos Três Momentos Pedagógicos, promovendo uma aprendizagem que parte da problematização da realidade dos alunos, avança na organização do conhecimento científico e visa à aplicação e intervenção. A articulação entre ciência e sociedade no âmbito escolar, por meio de problemáticas reais, é apontada como fundamental para a formação de indivíduos críticos e comprometidos com a educação ambiental. Como resultados esperados, vislumbra-se que os discentes sejam capazes de elaborar e executar ações concretas, como campanhas e intervenções na comunidade escolar, refletindo, assim, sobre seu processo de aprendizagem e seu papel como agentes de transformação em seu contexto socioambiental.

1 Pós-graduanda pelo Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR, grazielemartinsdeoliveirabueno@gmail.com;

2 Pós-graduanda pelo Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR, brunagibowski@gmail.com;

3 Doutora do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR, ana.bueno@unespar.edu.br;



Palavras-chave: Educação ambiental; Ensino de Ciências; Três Momentos Pedagógicos; Polinizadores; Neonicotinoides.

INTRODUÇÃO

O Brasil lidera o ranking de consumo de agrotóxicos desde 2008, segundo relatórios divulgados em 2020 pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (Boletim 2022 - IBAMA). Esse crescimento é incentivado pela produção agrícola, que busca grande produtividade nas grandes monoculturas. Utilizados para o controle de pragas e doenças, esses produtos têm sua definição legal estabelecida pela Lei nº 7.802/1989 e pelo Decreto nº 4.074/2002 (BRASIL, 1989, 2002), que os caracterizam como;

os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos.

Essa definição legal é crucial para contextualizar os crescentes alertas ambientais associados a tais produtos. Estudos demonstram que os resíduos de pesticidas são um vetor significativo de perda de biodiversidade e contaminação de solos, rios e mananciais de água potável. Esse cenário é agravado por um processo contínuo de flexibilização das normas de registro, que facilita a entrada de substâncias altamente tóxicas no mercado. Diante disso, a problemática dos agrotóxicos no Brasil transcende a esfera agrícola, configurando-se como um desafio urgente de saúde pública e ambiental.

Dentre os tipos de agrotóxicos utilizados no país, os inseticidas têm destaque entre pesquisadores, sobretudo pelos efeitos que são desencadeados nos polinizadores. Substâncias como os neonicotinoides são utilizadas para controlar insetos considerados pragas. Os neonicotinoides são classificados como inseticidas sintéticos derivados da nicotina, que atuam no sistema nervoso central dos insetos. Sua formulação química traz a presença de um grupo nitroguanidina (imidacloprido, tiametoxam, clotianidina.) ou cianoamidina (acetamiprido,



tiacloprido.), estruturas que se ligam aos receptores nicotínicos de acetilcolina, e causam hiperexcitação neuronal, paralisia e morte dos insetos alvo. Esses inseticidas se acumulam em pólen, néctar e água, expondo os polinizadores a riscos ambientais sérios (Sánchez-Bayo et al., 2023), dessa forma acabam atingindo também organismos benéficos ao ambiente, como as abelhas, organismos essenciais na polinização de culturas agrícola e das plantas nativas, corroborando com o declínio populacional e o colapso de colônias inteiras.

Esta proposta teve como objetivo integrar ciência e cidadania ambiental por meio de uma reflexão crítica sobre os impactos dos agrotóxicos nos ecossistemas e na economia (Kruger, 2001). Para tanto, foi desenvolvida uma sequência didática investigativa focada no impacto dos neonicotinoides sobre as abelhas, utilizando metodologias ativas como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), os Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2011) e a dramatização (Role Play). Tais estratégias visam incentivar o pensamento crítico, o protagonismo discente e a contextualização do conhecimento científico, articulando teoria e prática. Conforme destacado por (Cyrino, 2004), (Berbel, 1998) e (Tassoni, 2021), a ABP e os Três Momentos Pedagógicos favorecem o raciocínio investigativo e a autonomia intelectual, ao partir da realidade dos estudantes e a ela retornar de forma transformadora. Dessa maneira, o ensino de Ciências e Ecologia assume um caráter dinâmico e socialmente relevante, consolidando efetivamente a integração entre ciência e cidadania ambiental.

METODOLOGIA

Esta proposta didática investigativa foi desenvolvida no âmbito da disciplina de Bioindicadores Aquáticos e Princípios de Ecotoxicologia, do Programa de Pós-Graduação em Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Alterados da UNESPAR, campus de União da Vitória-PR. Ela consiste em uma sequência de quatro a cinco aulas, destinada ao 1º ano do Ensino Médio, cujo tema gerador é a toxicidade dos neonicotinoides e seu impacto no colapso das populações de abelhas. A escolha da temática justifica-se pela aplicação planejada em um Colégio Estadual de Educação do Campo, onde a agricultura e o uso de agrotóxicos integram



a realidade da maioria dos discentes. Essa proximidade com o cotidiano dos discentes permite uma problematização concreta, tornando a busca pelo conhecimento mais significativa.

A sequência é orientada pela questão norteadora: “Como o uso de neonicotinoides pode estar relacionado ao desaparecimento das abelhas, e quais são as consequências ecológicas e econômicas desse fenômeno?”. Metodologicamente, combina a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) com a estrutura dos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1992), visando promover um processo de ensino e aprendizagem significativo, crítico e contextualizado.

MOMENTO	ESTRATÉGIA	ATIVIDADE
1º Momento Pedagógico – Problemática Inicial	<p>Apresentar um vídeo curto ou manchete provocativa: “Abelhas estão desaparecendo: o que isso tem a ver com o que você come?”</p> <p>Exibir imagens de prateleiras vazias ou frutas deformadas (devido à má polinização).</p> <p>Perguntar aos discentes: Você já ouviu falar do sumiço das abelhas? Como isso pode afetar nossa alimentação ou o meio ambiente?</p>	<p>Roda de conversa ou brainstorming com registro no quadro.</p> <p>Formular com os discentes a pergunta-problema da aula: “Como o uso de pesticidas pode impactar as abelhas e, por consequência, a sociedade?”</p>
2º Momento –	<p>Dividir a turma em grupos com subtemas para pesquisa: O que são os neonicotinoides? Como agem? Impactos ecológicos do desaparecimento das abelhas.</p> <p>Consequências econômicas do</p>	<p>Montar painéis informativos, cartazes digitais, ou infográficos.</p> <p>Discussão guiada pelo docente para articular os conhecimentos entre os grupos.</p>



Organização do Conhecimento	seu uso: agricultura, alimentos e comércio. Alternativas e soluções sustentáveis.	
3º Momento – Aplicação do Conhecimento	Cada grupo apresenta o que aprendeu e propõe uma ação de intervenção. Exemplos: Campanha de conscientização na escola sobre pesticidas; Criação de “jardins de polinizadores” com plantas nativas; Produção de vídeo ou podcast explicando o problema e suas consequências.	Role Play sobre “O Julgamento do Neonicotinoide” Exemplo: Nesta dramatização, acontece um julgamento simbólico no "Tribunal da Natureza", onde os neonicotinoides – pesticidas químicos – são acusados de causar o desaparecimento das abelhas e desequilíbrios ambientais.
O juiz ou juíza conduz o caso ouvindo diferentes personagens: a Abelha Operária que relata os impactos devastadores na colônia; Fazendeira que defende o uso dos pesticidas para manter a produtividade; Cientista Ambiental que apresenta dados científicos sobre os danos ecológicos; Consumidor Consciente preocupado com a segurança alimentar e a saúde; Planta Frutífera simbolizando as plantas que sofrem sem polinizadores; Sr. Neonicotinoide que tenta se justificar, mas revela os efeitos colaterais de seu uso.		

A elaboração de um plano de avaliação se faz necessário em qualquer proposta pedagógica, visto que permite o acompanhamento do processo de aprendizagem, permitindo orientar, intervir e assegurar que os objetivos da proposta sejam alcançados. Esse planejamento traz para que o docente a possibilidade de observar o desenvolvimento do discente e realizar ajustes necessários em sua prática. (Luckesi,2011), diz que avaliar não é apenas medir ou classificar, mas construir um processo reflexivo que favoreça o crescimento do educando. Da mesma forma, (Hoffmann,2014) reforça que a avaliação deve ser alcançada



como uma prática contínua, dialógica e intencional, promovendo a aprendizagem significativa. Sendo assim, propõe-se a aplicação um pré-teste e um pós-teste com questões objetivas e discursivas sobre os conceitos de ecotoxicologia, neonicotinoides, polinizadores e as suas relações socioambientais, relacionando sempre com o cotidiano dos discentes. A comparação dos resultados permitirá quantificar a aquisição de conhecimento.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os neonicotinoides são inseticidas sistêmicos que atuam como agonistas dos receptores nicotínicos de acetilcolina, levando à hiperexcitação neuronal e morte dos insetos alvo (Alves *et al.*, 2021), tendo sido amplamente incorporados ao manejo químico agrícola no Brasil desde a década de 1990 (Castro, 2016). Esses inseticidas representam uma classe química diversificada e são classificados em três categorias principais cloronicotina, tionicotina e furanonicotina, de acordo com sua estrutura molecular (MAPA,2021). Essa classificação contempla ingredientes ativos hoje amplamente utilizados na agricultura, incluindo imidacloprido, acetamiprido, clotianidina, tiameksam e dinotefurano, todos com reconhecida ação sistêmica e persistência ambiental (Nocelli *et al.*, 2019).

Observando na perspectiva toxicológica, esses compostos atuam como agonistas dos receptores no sistema nervoso central dos insetos, resultando em hiperexcitação neuronal e consequente morte dos organismos (Pereira *et al.*, 2021). A mesma propriedade que garante sua eficiência agronômica é também responsável pela exposição de polinizadores, como as abelhas, a doses subletais e letais por meio do néctar e do pólen, mesmo quando o produto não é aplicado diretamente sobre eles (Pereira *et al.*, 2021). A elevada persistência desses compostos no ambiente e sua capacidade de contaminar solo, água, pólen e néctar, afetam também insetos não-alvo e comprometendo seu comportamento, imunidade e sobrevivência (Almeida, 2020). A exposição pode ocorrer pela deriva das pulverizações, pelo consumo de recursos florais contaminados, pelo contato com resíduos presentes no solo e na água, e ainda pelo acúmulo de substâncias tóxicas nas colmeias (Santos *et al.*, 2021). O risco é agravado pela interação entre diferentes agrotóxicos, que potencializam efeitos subletais e aumentam a mortalidade das colônias (Bragança *et al.*, 2020). A perda de abelhas e outros polinizadores



essenciais compromete a manutenção dos ecossistemas e a produção agrícola, representando uma ameaça crescente à biodiversidade e à segurança alimentar, especialmente em um cenário marcado pela expansão de monoculturas e pelo uso intensivo de pesticidas no Brasil (Pignatiet *et al.*, 2017).

Assim, os desafios impostos pela crise ambiental reforçam a necessidade de uma formação científica que permita aos docentes analisarem e problematizar essas questões, a abordagem de temas socioambientais relevantes, como o impacto dos agrotóxicos nos polinizadores, favorece a reflexão crítica e o protagonismo discente. Segundo as Orientações Curriculares do Ensino Médio (Brasil, 2006), a educação ambiental deve aproximar ciência e sociedade, promovendo valores de sustentabilidade social, ambiental, econômica e cultural (Secad/MEC, 2007). Para cumprir seu papel transformador, é necessário que a aprendizagem se conecte à realidade e às experiências dos discentes. A educação ambiental crítica busca gerar transformações socioambientais e superar a crise ambiental (Pereira, 2024).

O ensino de Biologia, de acordo com (Kruger, 2001), precisa ultrapassar a transmissão de conteúdos e estimular a investigação e a reflexão crítica. A proposta utiliza metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e os Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2011), além do *Role Play*. Essas metodologias incentivam o pensamento crítico, o protagonismo discente e a contextualização dos conteúdos científicos, articulando teoria e prática. Como destacam (Cyrino, 2004), (Berbel, 1998) e (Tassoni, 2021), a ABP e os Três Momentos Pedagógicos favorecem o desenvolvimento do raciocínio investigativo e da autonomia intelectual, ao partir da realidade dos alunos e retornar a ela de modo transformador.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final da sequência investigativa, espera-se que os discentes tenham desenvolvido senso crítico, habilidades de observação e investigação, compreendendo as relações ecológicas e suas influências nas dinâmicas populacionais. Visando como resultados o entendimento como organismos coexistem, no mesmo ambiente. Os discentes aprenderão o





X Encontro Nacional das Licenciaturas
IX Seminário Nacional do PIBID

uso de agrotóxicos, sobre os neonicotinoides, seu uso na agricultura, o papel dos polinizadores na manutenção dos ecossistemas, além da relação entre esses pesticidas e o declínio das abelhas, baseando-se em evidências científicas. Busca-se ainda que desenvolvam o pensamento científico, formulando hipóteses, analisando dados e avaliando informações de diferentes fontes.

O uso de uma abordagem problematizadora, busca contribuir para o engajamento dos discentes, para que possam demonstrar maior compreensão sobre os impactos dos agrotóxicos não apenas no meio ambiente, mas também na saúde humana e na segurança alimentar (Alves *et al.*, 2021). Os Três Momentos Pedagógicos permitem uma sequência didática coerente, partindo do conhecimento prévio até a ação transformadora. Além disso o uso de metodologias ativas como role play, traz protagonismo ao discente, (Galuppo,2022) relata que há um tipo de objetivo atitudinal muito importante, e que não deve ser esquecido pelo docente, a motivação dos discentes para a aprendizagem.

Por fim, espera-se com a proposta, que os discentes possam propor de forma autônoma ações concretas, como campanhas e intervenções na comunidade escolar, que busquem a reflexão sobre seu próprio processo de aprendizagem, permitindo ao docente avaliar o desenvolvimento dos conhecimentos e habilidades adquiridos ao longo da proposta desenvolvida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste estudo permitem afirmar que a proposta didática elaborada visa contribuir para uma formação discente crítica, investigativa e contextualizada. Ao integrar conteúdos curriculares de Biologia a questões socioambientais urgentes – como o colapso das populações de abelhas e suas profundas implicações ecológicas e econômicas –, a sequência de aulas demonstra potencial para superar um ensino fragmentado e desvinculado da realidade discente. Ainda que não validada empiricamente, a estrutura proposta mostra-se viável e adaptável a diversos contextos escolares, podendo enriquecer a prática pedagógica em Biologia.





O trabalho reforça, portanto, a eficácia da articulação entre a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e os Três Momentos Pedagógicos, evidenciando como essas abordagens podem tratar de temas complexos, como o impacto dos neonicotinoides, de forma significativa. Por fim, conclui-se que a união entre o conhecimento científico e a problematização de questões reais no ambiente escolar é fundamental para formar cidadãos conscientes e comprometidos com a sustentabilidade, consolidando assim o papel da escola na promoção da cidadania ambiental.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. C. L. Exposição de abelhas a neonicotinoides e consequências ecológicas no Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 1, p. 67–80, 2020.

ALVES, R. R. M. Agrotóxicos e saúde ambiental: implicações ecológicas e sociais do uso de neonicotinoides. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 56–72, 2021.

BERBEL, N. A. N. **Metodologia da problematização**: fundamentos e aplicações. Londrina: UEL, 1998.

BRAGANÇA, H. B. N.; SOUZA, T. M. Agrotóxicos e o declínio de polinizadores no Brasil: uma análise crítica. **Revista Multidisciplinar de Meio Ambiente**, v. 2, n. 1, p. 21–37, 2020.

BRASIL. **Decreto n. 4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989. Brasília: Diário Oficial da União, Seção 1, p. 8, 8 jan. 2002.

BRASIL. **Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, Seção 1, p. 11957, 12 jul. 1989.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio**: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Volume 2. Brasília: MEC/SEB, 2006. 135 p.



BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; Parte IV – Ciências Humanas e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2007.

CARVALHO, S. M. et al. Toxicidade de acaricidas/inseticidas empregados na citicultura para a abelha africanizada *Apis Mellifera*, 1758 (HYMENOPTERA: APIDAE). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 4, p. 597–606, dez. 2009.

CASTRO, J. C.; FARIA, L. D. B. Riscos ambientais associados ao uso de inseticidas neonicotinoides no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 3, p. 557–575, 2016.

CYRINO, E. G.; TORALLES, M. L. P. Trabalhando com estratégias de ensino-aprendizagem por descoberta na área da saúde: a problematização e a aprendizagem baseada em problemas. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 3, p. 780–788, 2004.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências:** fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

GALUPPO, M. **Introdução à vida acadêmica II:** manual do professor – um guia de metodologia do ensino para professores de cursos superiores. São Paulo: Editora Dialética, 2022.

HOFFMANN, J. **Avaliar para promover:** as setas do caminho. 14. ed. Porto Alegre: Mediação, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Painel de informações sobre a comercialização de agrotóxicos e afins no Brasil – série histórica 2008 - 2022.** Brasília, DF: IBAMA, 2022.

KRÜGER, E. L. Desenvolvimento e meio ambiente. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 4, p. 37–43, jul./dez. 2001.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem escolar:** estudos e proposições. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2011.



MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Parecer Técnico n.º 03/2021:** Avaliação de risco do ingrediente ativo Imidacloprido. Brasília: MAPA, 2021.

MÜLLER, T.; SILVA, M. C. da. Educação Ambiental e Sustentabilidade Ambiental nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. **Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental**, Rio Grande, v. 28, n. 1, p. 1–29, 2023.

NOCELLI, R. C. F. et al. Exposição de abelhas africanizadas a resíduos de inseticidas sistêmicos em paisagens agrícolas do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, e00705, 2019.

PEREIRA, A. M. et al. Efeitos de agrotóxicos sobre abelhas no Brasil: revisão sobre toxicidade e fatores de risco. **Acta Brasileira**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 55–67, 2021.

PEREIRA, D. et al. Declínio de polinizadores e impactos nos ecossistemas: desafios para a ciência e a educação. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, e20051, 2020.

PIGNATI, W. A. et al. Spatial distribution of pesticide use in Brazil: a strategy for Health Surveillance. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 10, p. 3281–3293, 2017.

SALDANHA, C. B. **Educação ambiental**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYSEN, K. A. G. Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. **Biological Conservation**, [S.l.], v. 232, p. 8–27, 2019.

Sánchez-Bayo, F.; Tennekes, H.; Goka, K.; et al. A critical review on the accumulation of neonicotinoid insecticides in pollen and nectar: Influencing factors and implications for pollinator exposure. **Journal of Hazardous Materials**, 2023.

SANTOS, F. R.; PERES, F. Exposição ambiental aos agrotóxicos e riscos à saúde: revisão focada no cenário brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 475–492, 2021.

TASSONI, E. C. M. **Avaliação da aprendizagem**: fundamentos, práticas e desafios. Curitiba: Appris, 2021.



TRAJBER, R.; MENDONÇA, P. R. (Org.). **Educação na diversidade**: o que fazem as escolas que dizem que fazem educação ambiental. Brasília: Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade, 2006.

VIANA, V. M. Fragmentação florestal e a biodiversidade. **Revista Ciência Hoje**, São Paulo, v. 27, n. 159, p. 62–68, 2010.

