

TRABALHANDO CONCEITOS DE QUÍMICA VERDE POR MEIO DE UM MATERIAL DIDÁTICO SOBRE PESTICIDAS

Working on Green Chemistry concepts through a teaching material about pesticides

Luan Felipe Massocato de Oliveira [luan.massocato@ufpr.br]

Eliane do Rocio Alberti [eliane.alberti@ufpr.br]

Guilherme Sippel Machado [guimachado@ufpr.br]

Universidade Federal do Paraná

Laboratório de Bioinorgânica Marinha e Química Verde, Campus Pontal do Paraná - Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Unidade Mirassol, Rua Rio Grande do Norte, 168, CEP: 83255-000, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil.

Recebido em: 10/11/2025

Aceito em: 14/07/2026

Resumo

A Química Verde busca o desenvolvimento tanto de produtos, quanto de processos químicos que visem a redução (ou mesmo a eliminação da geração) de substâncias perigosas ao meio-ambiente e a todo o ecossistema a ele associado. A temática da Química Verde pode ser encontrada também em exames avaliativos, como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). No presente trabalho a preparação e aplicação de um material didático para abordagem dos conceitos de Química Verde foi realizada, sendo escolhido o tema sobre pesticidas como base. No desenvolvimento do material, a partir da conceituação do tema, com seus principais exemplos e com a descrição dos conceitos químicos envolvidos, foram inseridas questões e informações acerca da Química Verde, por exemplo, foi apresentado o conceito de feromônio para o manejo dos insetos, diminuindo a necessidade de utilização de pesticidas para o controle das pragas. O material foi utilizado em uma turma do segundo ano do Ensino Médio e em turmas de um curso pré-vestibular solidário, localizadas no litoral do estado do Paraná. Os resultados obtidos indicaram que a estratégia de abordagem da Química Verde por meio do material sobre pesticidas foi importante para o desenvolvimento do processo educativo e para a apropriação dos conteúdos abordados.

Palavras-chave: Química Verde; Sustentabilidade; Estratégias de Ensino; Educação em Química.

Abstract

Green Chemistry seeks to develop both (products and chemical processes) that aim to reduce or even eliminate the generation of substances that are harmful to the environment and the entire ecosystem associated with it. The theme of Green Chemistry can also be found in assessment exams, such as the “*Exame Nacional do Ensino Médio* (ENEM)”. In this work, the preparation and application of a teaching material to work the concepts of Green Chemistry was made, and the theme of pesticides was chosen as the basis. In the development of the material, based on the conceptualization of the theme, with its main examples and the description of the chemical concepts involved, questions and information about Green Chemistry were inserted. For example, the concept of pheromone for insect management was presented, reducing the need for the use of pesticides to control pests. The material was used in a class of the 2nd year of High School and in classes of a solidarity preparatory course for university entrance exams, located on the coast of the state of Paraná. The obtained results

indicated that the strategy of approaching Green Chemistry through the material on pesticides was important for the development of the educational process and for contents appropriation.

Keywords: Green Chemistry; Sustainability; Teaching Strategies; Chemistry Education.

1. INTRODUÇÃO

A indústria química é fundamental para o desenvolvimento econômico e para a produção dos mais diversos tipos de produtos para a humanidade, todavia, com esta produção e a expansão no número de produtos produzidos, também podem ocorrer problemas associados, como a geração de subprodutos indesejados ou tóxicos (Correa & Zuin, 2012). Isto contraria os princípios de um desenvolvimento sustentável, onde a qualidade de vida das pessoas deve ser mantida e mesmo melhorada, mas com danos cada vez menores ao meio ambiente (Prado, 2003).

No início dos anos de 1990 foram começados movimentos na tentativa de se buscar uma química cada vez mais sustentável, com contribuição da agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (*U.S. Environmental Protection Agency* - EPA), no que geraria posteriormente as bases e efetivamente o termo “Química Verde” (Anastas & Kirchhoff, 2002; Correa & Zuin, 2012). Termo este que ficou definitivamente estabelecido no ano de 1998 com “a publicação do livro *Green chemistry: theory and practice*, de Paul Anastas e John C. Warner” (Andrade & Zeidler, 2023, p. 1).

A Química Verde busca o desenvolvimento tanto de produtos quanto de processos químicos que visem a redução (ou mesmo a eliminação da geração) de substâncias perigosas ao meio-ambiente e à todo o ecossistema a ele associado, incluindo os seres humanos (Anastas et al., 2000; American Chemical Society, 2016). Almeja-se com o uso da Química Verde a redução da produção de lixo e de subprodutos indesejados, bem como a utilização racional de recursos naturais (American Chemical Society, 2016), por conseguinte, também ajuda a contribuir com o desenvolvimento sustentável (Júnior et al., 2022).

Na área do ensino de Química Verde, especificamente nos cursos de graduação em Química, seja no bacharelado ou na licenciatura, sugere-se que a formação e conhecimento sobre os conceitos da Química Verde são fundamentais para a formação de futuros profissionais capacitados para atender as demandas do desenvolvimento sustentável, um profissional que poderá estar preparado para a “busca pela química auto-sustentável” (Lenardão et al., 2003, p. 128).

De fato, ao se observarem trabalhos publicados sobre a inserção da Química Verde em aulas de graduação, têm-se desde a utilização de experimentos com conceitos da Química Verde (Merat & Gil, 2003; Marques, Bisol & Sá, 2012; Omori, Portas & Oliveira, 2012), como também a ampliação das discussões não só do experimento em si, mas das implicações para fora da universidade, como discutido no trabalho de Zandonai et al., 2014, onde os autores relataram a discussão sobre um experimento envolvendo magnetita com amido, que foi utilizada para tratamento de amostras contaminadas com petróleo, com esta simulação os autores discutiram a importância dos conceitos da Química Verde para a educação, a pesquisa e a sociedade com os estudantes. Nesta mesma linha, a inserção da Química Verde na graduação é reforçada pelo trabalho de Andrade e Zeidler, 2023, que trabalham a importância da inserção da Química Verde e Sustentável, conjuntamente com uma abordagem investigativa, de forma a repensar as atividades experimentais desenvolvidas, e:

“possibilitando aos estudantes a ressignificação, ou construção, de novos conhecimentos químicos que deem preferência a utilização de reagentes de fontes renováveis e de fácil degradação, evitando a geração e uso de materiais perigosos

e, ressignificando, a prevenção e minimização da geração de resíduos” (Andrade & Zeidler, 2023, p. 2).

Outros exemplos do emprego da Química Verde no Ensino Superior podem ser citados como o desenvolvimento e emprego de um simulador virtual de sínteses químicas para estudo de como fazê-las mais ambientalmente amigáveis (Rüntzel & Marques, 2022), e mesmo a descrição do apoio da Química Verde e Sustentável para a discussão de tópicos da Educação Ambiental, realizada por Jacob et al., 2022, em cursos de graduação (Bacharelado em Química Industrial, Bacharelado em Química e Licenciatura em Química) da Universidade Federal de Pelotas – UFPel, não só também contribuindo para o ensino, mas também para atividades de pesquisa e extensão universitária (Jacob et al., 2022).

A presença da Química Verde não se limita apenas ao ensino superior na formação de profissionais de Química, mas também começa a ser mais difundida já entre os estudantes de Ensino Médio (Santos et al., 2021; Silva et al., 2023), bem como o termo Química Verde e seu conceito e princípios pode ser observado em questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) (Mondadori et al., 2023a). Nesse sentido, no intuito de trabalhar conceitos de Química Verde e Sustentabilidade com estudantes do Ensino Médio, o presente artigo relatará os resultados obtidos na preparação e aplicação de um material didático utilizando como tema de partida os pesticidas (que conjuntamente continha conceitos de Química Verde e Sustentabilidade), junto à uma turma de um colégio estadual e a um Projeto de Extensão que prepara os alunos para o vestibular e demais exames avaliativos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para embasar o trabalho na Química Verde foram propostos os “12 Princípios da Química Verde” (Anastas & Kirchhoff, 2002; Prado, 2003), que abordam questões sobre o uso de energia, economia atômica, matérias-primas de fonte renovável, uso de reações catalíticas, prevenção de acidentes, entre outras. Os 12 Princípios estão descritos de forma resumida a seguir (Anastas & Kirchhoff, 2002; Mondadori et al., 2023a):

- 1º: Prevenir a formação de resíduos é melhor do que tratá-los.
- 2º: Métodos sintéticos devem levar à economia atômica, ou seja, a maioria ou a totalidade dos átomos dos reagentes devem estar presentes no produto final.
- 3º: Metodologias sintéticas precisam utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade para a saúde humana e ao meio ambiente.
- 4º: Produtos químicos devem ser projetados visando a preservação de sua eficácia, mas com redução da toxicidade.
- 5º: O uso de substâncias auxiliares deve ser evitado o máximo possível ou devem ser inócuos.
- 6º: O uso da energia deve ter seu impacto ambiental e econômico reconhecido e minimizado. Sínteses em temperatura e pressão ambientes devem ser escolhidas.
- 7º: Utilização de matérias primas de fonte renovável nos processos e tecnologias.
- 8º: Devem ser evitadas reações que envolvam grupos bloqueadores, protetores, processos de modificação química ou física temporária.

9º: Reações empregando catalisadores, de preferência seletivos, devem ser escolhidas em detrimento de reações com reagentes estequiométricos.

10º: Os produtos químicos devem ser desenvolvidos de forma que após a finalização de seu uso, estes não persistam no ambiente e se degradem em subprodutos não tóxicos.

11º: Análise em tempo real de reações, permitindo o monitoramento e controle da formação de substâncias tóxicas.

12º: Substâncias, e seu uso nas reações, precisam ser escolhidas de forma a diminuir a chance de acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios.

Um exemplo clássico da atuação da Química Verde na indústria foi a busca por substitutos dos CFCs (clorofluorcarbonetos), moléculas que foram desenvolvidas na década de 1930 para substituição de gases de refrigeração usados até o momento, como amônia, clorometano, tetracloreto de carbono, entre outros (Mcculloch, 1999). De certa forma os CFCs pareciam atender os Princípios da Química Verde, pois estavam substituindo moléculas tóxicas, algumas corrosivas e até explosivas. Todavia, descobriu-se futuramente que os CFCs, apesar de estáveis próximos à superfície da Terra, podem sofrer decomposição na estratosfera (uma das camadas da atmosfera terrestre) pela ação de fótons de luz ultravioleta de alta energia e liberar radicais cloro que reagem com o ozônio atmosférico, levando à sua quebra e transformação em oxigênio, ocasionando os problemas de destruição da camada de ozônio atmosférica (American Chemical Society, 2016), camada necessária para proteger a Terra do excesso de luz ultravioleta solar. Para substituição dos CFCs foram propostas algumas substâncias, como o hidro-cloro-fluorcarboneto (HCFC), que possuía um potencial de quebra do ozônio de cerca de 5% dos CFCs, o que ainda não era o ideal, mas havia sido um avanço. Na sequência, o HCFC foi substituído pelos HFCs (hidro-fluorcarbonetos), que já não possuíam átomos de cloro em sua composição, estas moléculas não destroem o ozônio estratosférico e não possuem tempos longos de vida quando estão na atmosfera (American Chemical Society, 2016).

A história da substituição dos CFCs por outras moléculas menos prejudiciais ao meio-ambiente ilustra a utilização do Princípio 4º da Química Verde, onde a eficácia e destino de uso das moléculas como gases de refrigeração foi mantido, mas a toxicidade dos novos compostos é muito menor e com menos efeitos para o meio ambiente, inclusive podendo-se citar também o décimo Princípio da Química Verde, com uma diminuição do tempo de permanência dos HFCs na atmosfera, por exemplo.

A substituição de solventes tóxicos em sínteses químicas é outro exemplo de aplicação da Química Verde, podendo ser citada a produção e uso do solvente não tóxico etil-lactato (Warner, Cannon & Dye, 2004), ou mesmo a substituição do benzeno, que já foi amplamente utilizado como solvente em sínteses orgânicas e processos industriais devido à sua eficácia em dissolver compostos orgânicos, mas que é um composto comprovadamente carcinogênico (Doble & Kruthiventi, 2007), por um composto menos tóxico (mas ainda não ideal como o tolueno) à saúde humana e ao meio ambiente, e que vai de encontro aos Princípios 4 e 12.

Ilustrando também a utilização do 4º Princípio pode-se abordar o conceito de feromônio (Zarbin, Rodrigues & Lima, 2009; Arioli et al., 2013), que são sinalizadores químicos de atuação entre indivíduos da mesma espécie, como, por exemplo, substâncias emitidas por fêmeas de insetos para a atração do inseto macho visando a reprodução. Tais substâncias podem ter seus análogos sintetizados em laboratório e serem empregadas na agricultura para o manejo das pragas (Goulart et al., 2015), por exemplo, por meio do monitoramento e captura com armadilhas, sem a necessidade de utilização de pesticidas (Zarbin, Rodrigues & Lima, 2009).

A discussão sobre os conceitos e o emprego da Química Verde na área de educação no Brasil tem ocorrido de forma consistente no Ensino Superior (Merat & Gil, 2003; Marques, Bisol & Sá, 2012; Otori, Portas & Oliveira, 2012; Zandonai et al., 2014; Jacob et al., 2022; Rüntzel & Marques,

2022; Silva et al., 2023), mas também trabalhos e pesquisas sobre a Química Verde junto ao Ensino Médio podem ser encontrados na literatura (Marques et al., 2007; Santos et al., 2021; Mondadori et al., 2023b; Silva et al., 2023).

Marques et al., 2007, apresentaram uma preocupação com a inserção dos conceitos da Química Verde por professores do Ensino Médio em escolas na região sul do Brasil, sendo o tema Química Verde algo relativamente recente no país à época. Os pesquisadores ressaltaram a importância da presença da Química Verde na formação docente. Desta forma, os profissionais da educação podem trabalhar os conceitos Química Verde e Educação Ambiental de forma articulada com as turmas do Ensino Médio (Marques et al., 2007).

Têm-se observado inclusive exemplos de aplicação de experimentos que envolvam os Princípios da Química Verde para turmas do Ensino Médio (Santos et al., 2021): Santos et al., 2021, reportaram a preparação de um sistema eletroquímico utilizado na degradação de soluções do corante orgânico amarelo de tartrazina, os autores adaptaram uma metodologia analítica para torná-la mais “verde” e com reagentes de mais fácil obtenção, como, por exemplo, substituíram ácido clorídrico por vinagre e o catalisador de ferro foi obtido com o uso de comprimidos para anemia obtidos em farmácias, os resultados apresentados foram próximos ao da metodologia de origem.

Silva et al., 2023, descreveram uma ação onde foram trabalhados experimentos adaptados para atender os princípios da Química Verde, os autores trabalharam com alunos tanto do Ensino Médio Técnico (Técnico em Petróleo e Gás e Técnico em Química), quanto com alunos de graduação em Licenciatura em Química. Alguns dos experimentos apresentados versavam sobre a síntese de biodiesel utilizando ultrassom como fonte de energia e síntese de um bioplástico baseado em tapioca e ácido cítrico, os autores reforçaram os conceitos de Química Verde que puderam ser trabalhados: no caso do primeiro experimento a eficiência energética, uso de matéria-prima renovável e solvente mais seguro (empregou-se etanol ao invés de metanol para fabricação do biodiesel); no segundo experimento citado, ressaltou-se o uso de matéria-prima de fonte renovável e obtenção de um produto que poderá degradar no ambiente sem liberar compostos tóxicos.

Ainda, no que concerne a presença da Química Verde relacionada ao Ensino Médio, nosso Grupo de Pesquisa já investigou tanto a presença da Química Verde em questões da área de química aplicadas no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) (Mondadori et al., 2023a), quanto já reportou possibilidades de se trabalhar conceitos de Química Verde com alunos que estavam se preparando para provas de vestibular e do próprio ENEM por meio de questões selecionadas e extraídas das provas do ENEM (Mondadori et al., 2023b). Convém mencionar que no levantamento de dados do estudo anterior foram analisadas as provas aplicadas no ENEM no período de tempo compreendido entre 1998 e 2021 (Mondadori et al., 2023a), sendo que de 242 questões de química analisadas, 86 destas tinham relação com algum dos 12 Princípios da Química Verde, o que permitiu trabalhar conceitos de Química Verde com os estudantes (Mondadori et al., 2023b), bem como até 2021 foram encontradas três questões do ENEM, nas aplicações dos anos de 2013, 2015 e 2020 que abordavam especificamente o termo “Química Verde”. Tal presença da Química Verde no ENEM, o principal exame de avaliação do Ensino Médio, reforça a necessidade de se trabalhar seus conceitos com turmas de Ensino Médio, não só para a preparação para o exame avaliativo, mas também para a formação alicerçada na formação de cidadãos comprometidos com o desenvolvimento sustentável, sobretudo na área de química.

Com relação ao desenvolvimento sustentável pode-se dizer que este é um conceito abrangente e de difícil definição, tendo em vista as diferentes concepções e perspectivas em campos variados de pesquisa. Para efeitos desse trabalho, optou-se pela orientação do conceito estabelecido no Relatório Brundtland – *Our Common Future* de 1987 (Brundtland, 1987), reportada na publicação da American Chemical Society, 2016, p. 5: “Atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender as suas próprias”.

O termo “desenvolvimento sustentável” está intimamente relacionado ao descontentamento pela sociedade civil e organizada no que se refere aos problemas mundiais resultantes do crescimento econômico e os impactos ambientais decorrentes, carecendo cada vez mais de uma necessária mudança nas relações entre o ser humano, a natureza e o modo de produção.

No presente trabalho, serão relatados os resultados da preparação e utilização de um material didático para abordagem dos conceitos de Química Verde. O material foi aplicado junto às turmas do Ensino Médio e de um curso pré-vestibular comunitário.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A partir das leituras, discussões e embasamento teórico metodológico pelo grupo de pesquisa sobre os principais aspectos da Química Verde (Lenardão et al., 2003), iniciou-se o trabalho de desenvolvimento e uso de um material didático que pudesse ser utilizado como estratégia de ensino para abordagem de conceitos da Química Verde. Para atingir este propósito, o tema sobre pesticidas (também conhecidos como agrotóxicos no Brasil) foi escolhido como base para o material e as discussões foram construídas a partir deste tema gerador.

O material didático (Oliveira & Machado, 2025) foi inicialmente testado no segundo semestre de 2023, em uma turma do segundo ano do Ensino Médio, de um colégio estadual da cidade de Paranaguá – PR e também junto à uma turma de um curso pré-vestibular comunitário, na cidade de Pontal do Paraná – PR. Após estas aplicações, o material foi revisado para correção de eventuais erros e depois aplicado em definitivo com uma nova turma do curso pré-vestibular comunitário no segundo semestre de 2024, esta turma era composta majoritariamente de estudantes do terceiro ano do Ensino Médio.

Para a avaliação do material e da aplicação junto à turma, os estudantes presentes responderam posteriormente (por meio de um formulário eletrônico), de forma anônima e voluntária, três questões sobre a atividade, que foram:

1) *Você já tinha ouvido falar sobre o termo "Química Verde" antes da aula realizada? Se a resposta for positiva, favor indicar quando foi.*

2) *O que você entende sobre o termo "sustentabilidade"?*

3) *A Química Verde é um ramo da química que visa desenvolver processos e/ou produtos que mantenham a eficiência do processo e/ou produto, mas sem que estes causem problemas para o meio-ambiente ou para os seres vivos. O primeiro princípio da Química Verde indica que: evitar a produção de um resíduo é melhor do que tratar este resíduo após ele ser gerado. Ainda, o quarto princípio indica que: produtos químicos devem ser projetados visando a diminuição da sua toxicidade, mas mantendo-se a sua eficiência.*

Como você relacionaria estes princípios da Química Verde com a problemática do uso de pesticidas/agrotóxicos? Existe algo que pode ser feito para minimizar estes problemas à luz da Química Verde?

As respostas dos estudantes foram analisadas utilizando-se procedimento baseado na análise qualitativa / análise de conteúdo (Freitas et al., 2022; Costa, Nascimento, Campos, 2025), sendo especificamente para as respostas das Questões 2 e 3 utilizadas a categorização entre respostas: não satisfatórias, parcialmente satisfatórias, satisfatórias ou muito satisfatórias. A descrição destes itens será abordada na sessão de Resultados e discussão.

O material didático preparado e utilizado neste trabalho está disponibilizado em sítio eletrônico na forma de Recurso Educacional Aberto (REA) (Oliveira & Machado, 2025), podendo ser consultado na íntegra e utilizado com turmas do Ensino Médio ou em outros espaços formais ou não-formais de aprendizagem, permitindo desta forma a reprodução da atividade relatada neste trabalho. O *link* para acesso está disponibilizado na referência Oliveira & Machado, 2025. No Anexo 1 é apresentada a primeira parte do Material Didático produzido, sendo apenas retiradas as questões do ENEM, que poderão ser consultadas pelo *link* citado acima.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo inicial do presente trabalho foi trabalhar conceitos de Química Verde junto à estudantes do Ensino Médio, para atingir este objetivo foi realizado o desenvolvimento e a preparação de um material didático a partir de um tema de discussão, o tema escolhido foi sobre “pesticidas” (Oliveira & Machado, 2025).

No desenvolvimento do material, a partir da descrição sobretudo dos conceitos químicos, foram inseridas questões e descrições acerca da Química Verde, por exemplo, foi apresentado o conceito de feromônio citado na revisão bibliográfica deste artigo.

Além disso, a proposta reportada neste trabalho buscou abordar os conceitos da Química Verde de uma forma integrada com outros conteúdos e discussões para o Ensino Médio, a partir de um tema de estudo (os pesticidas), de forma similar à uma estratégia que já vem sendo discutida e proposta para os cursos de graduação em Química, onde a discussão sobre a Química Verde “*em cursos de formação inicial e continuada não deveria ser considerada com uma nova área da química, mas sim incorporar, transversalmente nas áreas clássicas da química, os princípios por ela trabalhados ou revigorados*” (Marques et al., 2007, p. 2051).

O material preparado foi primeiramente testado em duas oportunidades no segundo semestre de 2023, sendo uma junto a uma turma do 2º ano do Ensino Médio em um colégio Estadual da cidade de Paranaguá – PR, onde os estudantes trabalharam com o material sobre pesticidas e agrotóxicos e responderam em grupos as questões propostas no material (Figura 1). Nesta oportunidade 12 alunos estavam presentes e responderam a maioria das questões propostas dentro do tempo disponível, com algumas respostas bastante completas, como, por exemplo, para a questão 8: Como os agricultores podem reduzir o uso de pesticidas e agrotóxicos sem comprometer a produtividade ou a qualidade dos cultivos?, a resposta de uma das equipes foi: “*Podem reduzir através da adoção de práticas de manejo integrado de pragas, como rotação de culturas e controles biológicos e o monitoramento constante de pragas*”.

1. O que são pesticidas e agrotóxicos e para que são usados?
2. Quais são os riscos ambientais associados ao uso de pesticidas e agrotóxicos na agricultura?
3. Quais são os riscos para a saúde humana associados à exposição a pesticidas e agrotóxicos?
4. Quais são as regulamentações governamentais para o uso de pesticidas e agrotóxicos na agricultura?
5. Quais são as alternativas para o uso de pesticidas e agrotóxicos na agricultura?
6. Como os pesticidas e agrotóxicos afetam a qualidade do solo e da água?
7. Como os pesticidas e agrotóxicos afetam a biodiversidade e a saúde dos ecossistemas agrícolas?
8. Como os agricultores podem reduzir o uso de pesticidas e agrotóxicos sem comprometer a produtividade ou a qualidade dos cultivos?
9. Qual é o papel da pesquisa científica na avaliação dos riscos e benefícios dos pesticidas e agrotóxicos?
10. Como a conscientização pública sobre os riscos associados ao uso de pesticidas e agrotóxicos pode afetar a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis?

Figura 1. Recorte do material didático elaborado contendo questões que podem ser trabalhadas sobre pesticidas (agrotóxicos).

Fonte: Adaptado de Oliveira & Machado, 2025.

Ainda sobre as questões expressas na Figura 1, indica-se que estas questões podem ser utilizadas pelo professor para fazer uma revisão sobre o tema de pesticidas (agrotóxicos) abordado no material didático, bem como utilizar algumas das questões para discussões acerca da Química Verde, como nas questões de número 8 e de número 9, indicando-se a substituição dos pesticidas por práticas mais ambientalmente amigáveis ou por compostos tóxicos seletivos para determinadas pragas sem comprometer a saúde de outros organismos.

Em outra aplicação, o material foi utilizado com uma turma do curso pré-vestibular solidário E-CurSo, na cidade de Pontal do Paraná, 11 alunos matriculados no E-CurSo participaram da atividade e foi possível resolver todas as questões de ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) que complementaram o material, trabalhando-se os conceitos de Química e de Química Verde com os estudantes. Buscou-se com esta atividade contribuir na formação dos alunos que estavam se preparando para prestarem vestibulares e também o ENEM, sendo que a Química Verde e seus conceitos já apareceram em várias edições do exame (Mondadori et al., 2023a).

Após as primeiras utilizações do material e depois de uma nova revisão, o material didático elaborado foi aplicado em definitivo em uma nova turma do curso pré-vestibular comunitário E-CurSo, oferecido pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) na cidade de Pontal do Paraná – PR. A aplicação ocorreu no segundo semestre de 2024, sendo que no dia da aplicação da atividade estavam presentes 18 estudantes, sendo a maioria alunos do 3º ano do Ensino Médio da rede Estadual de ensino.

Após a aplicação, os estudantes foram convidados a responder a 3 questões sobre a aula (que estão descritas na sessão de Materiais e Métodos). Ao todo foram obtidas 13 respostas.

A 1ª questão que versava sobre se os estudantes já tinham tido contato com o termo "Química Verde" antes da aula realizada teve como 6 respostas positivas (46,2%) e 7 de forma negativa (53,8%). Dos 6 estudantes que responderam positivamente, um não indicou onde já havia ouvido falar sobre a Química Verde, os demais citaram aulas no colégio (incluindo uma citação à uma aula de biologia) e um adicionalmente comentou que já havia tido contato com o termo no próprio E-CurSo. O resultado obtido indica que ainda são necessários esforços para que a Química Verde seja mais disseminada, sobretudo no Ensino Médio.

Os resultados também parecem manter uma tendência de outras observações já reportadas na literatura, Marques et al., 2007, indicaram que de 20 professores do Ensino Médio entrevistados à época, 13 declararam que já tinham tido algum contato com o termo, mas só 8 disseram trabalhar com algum conceito sobre o tema em sala de aula. Santos e Royer, 2018, reportaram um estudo sobre a percepção de 60 alunos de uma escola do interior do estado do Paraná sobre a temática ambiental e a temática da Química Verde, os autores trabalharam com turmas do 3º ano do Ensino Médio, pouco mais de 40% dos estudantes das duas turmas disseram já ter “ouvido falar” sobre o termo Química Verde, e o restante, próximo a 60%, disseram nunca ter tido contato com o termo.

Desta forma, os dados reportados reforçam a importância de ações que venham a trabalhar de forma sistemática, sobretudo de forma articulada aos demais conteúdos, os princípios (e mesmo a filosofia) da Química Verde, ação essa que foi alvo de investigação e desenvolvimento no presente trabalho. A ausência da Química Verde no ensino público brasileiro representa um obstáculo significativo à formação de cidadãos conscientes e preparados para lidar com os desafios ambientais contemporâneos. Quando esse campo do conhecimento é negligenciado no currículo escolar, há ausência de integração entre ciência e sustentabilidade de forma crítica e transformadora. A Química Verde, ao propor práticas que minimizam os impactos ambientais da atividade química, é uma ferramenta essencial para a construção de uma sociedade mais ética, segura e ambientalmente responsável.

Na sequência, a 2ª questão sobre a atividade que foi respondida pelos estudantes inquiriu sobre o que estes entendiam sobre o termo “sustentabilidade”. O conceito de “sustentabilidade”, devido ser empregado em diversos ramos, com significados as vezes não muito próximos, precisou ser delimitado para que a análise dos resultados aqui presentes pudesse ser realizada. Desta forma, para discussão dos resultados o conceito de sustentabilidade que foi adotado pelos autores baseia-se no relatório “*Our Common Future*” (“Nosso Futuro Comum”, em tradução livre) (Brundtland, 1987), da Comissão Internacional do Ambiente e do Desenvolvimento das Nações Unidas, reportada na publicação da American Chemical Society, 2016, p. 5: “*Atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender as suas próprias*”.

Neste sentido, das 13 respostas enviadas pelos estudantes 2 não foram consideradas satisfatórias, 1 parcialmente satisfatória e outras 10 foram satisfatórias ou muito satisfatórias, para esta última classificação, alguns exemplos destas respostas dos estudantes estão apresentados na Figura 2.

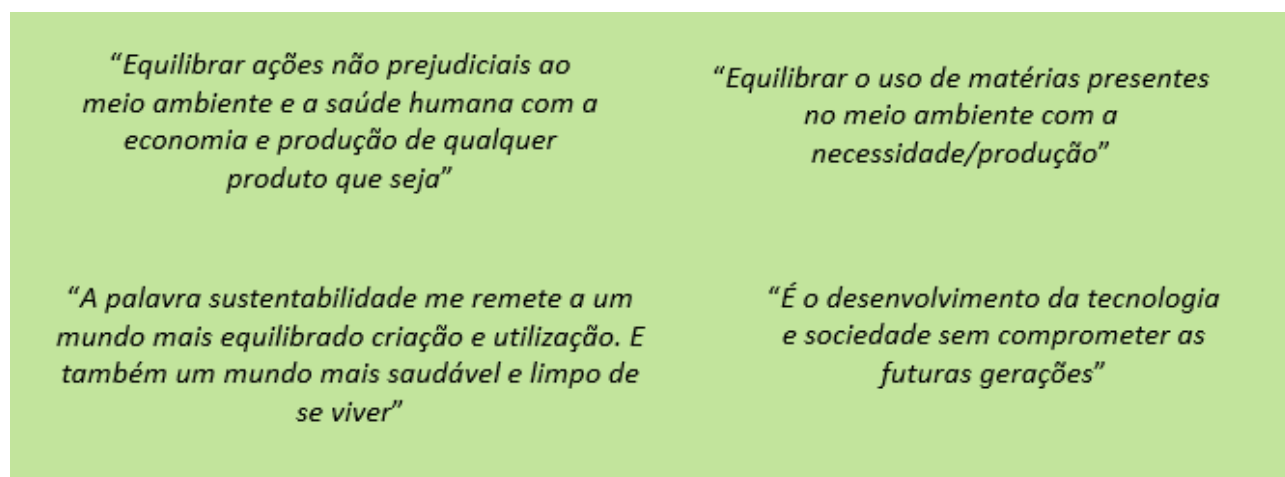


Figura 2. Exemplos de respostas dos estudantes consideradas “satisfatórias” ou “muito satisfatórias” para a Questão 2 sobre sustentabilidade.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

As respostas obtidas na 2ª pergunta indicaram que as questões de sustentabilidade, por ser um termo mais geral, possuem certa disseminação na formação dos estudantes. A discussão da Química Verde com os estudantes, de forma articulada e sistematizada, pode ser uma aliada ao trabalhar também os conceitos de sustentabilidade (Júnior et al., 2022).

Finalmente, na 3ª questão os estudantes foram desafiados a conectarem os conceitos da Química Verde (Prado, 2003; Mondadori et al., 2023a) com as questões envolvidas no uso de pesticidas. Nesta questão, 2 estudantes não conseguiram fazer a relação, 6 fizeram de forma parcialmente satisfatória e 5 de forma satisfatória ou muito satisfatória. Alguns exemplos do último extrato estão apresentados na Figura 3.

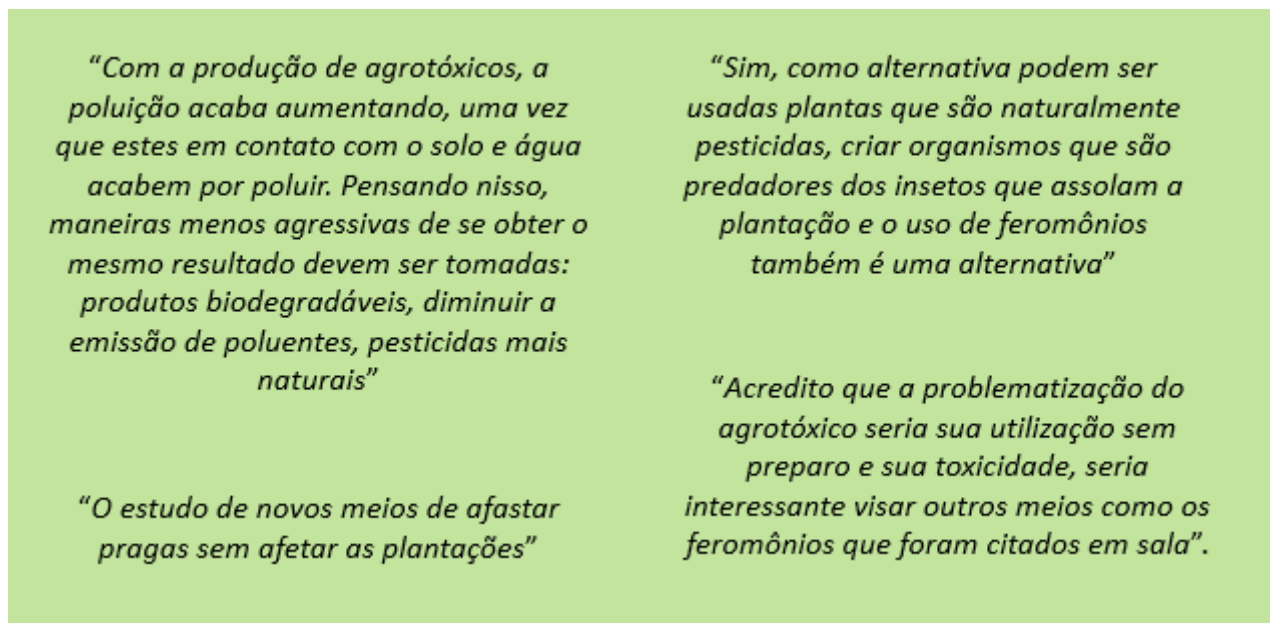


Figura 3. Exemplos de respostas dos estudantes consideradas "satisfatórias" ou "muito satisfatórias" para a Questão 3 que correlacionou a Química Verde com os conteúdos trabalhados.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Nas respostas apresentadas na Figura 3 foi possível depreender que parte dos estudantes conseguiram correlacionar a substituição dos pesticidas por formas mais "verdes" de controle de pragas, indo de encontro ao 4º Princípio da Química Verde, do desenvolvimento de produtos que mantenham a eficácia no processo, mas sejam menos tóxicos (Anastas & Warner, 2025).

Moreira, Aires e Lorenzetti, 2017, pontuam que a Química Verde *"quando inserida no ensino, partindo de uma reflexão ética e consciente, pode possibilitar a formação de indivíduos com atitudes mais conscientes perante a sociedade e ao ambiente"* (Moreira, Aires & Lorenzetti, 2017, p. 201). Desta forma, os resultados apresentados na última questão, apesar de não atingirem 100% de sucesso na turma, indicam um caminho para a discussão dos temas de Química Verde e uma estratégia viável e que pode ser replicada, buscando-se fomentar também o pensamento crítico dos estudantes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos na aplicação do material sobre pesticidas se mostraram interessantes para abordagem de temas de Química Verde e sua relação com princípios de sustentabilidade, trabalhando

tais conceitos de forma integrada e transversal. O estudo buscou contribuir para a formação cidadã dos estudantes, com consciência sobre aspectos do desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente. Adicionalmente, muitos estudantes também não haviam tido contato prévio com o termo Química Verde, sendo que a estratégia reportada neste trabalho pode ser empregada para iniciar conversas sobre a temática nas salas de aula.

Considerando-se as necessidades atuais cada vez mais urgentes de desenvolvimento sustentável em diversos contextos sociais, bem como a presença do tema Química Verde em exames avaliativos, como o ENEM, reforça-se a importância de que tais temáticas sejam contempladas e trabalhadas nas propostas curriculares do Ensino Médio, assim como estarem presentes nas propostas pedagógicas dos cursos de formação de professores da área de Química, que irão posteriormente atuar nas salas de aula do Ensino Médio.

É importante frisar também a construção de diálogos entre os agentes envolvidos durante o desenvolvimento da pesquisa (universidade, escola, comunidade), o que oportunizou o compartilhamento de conhecimentos e saberes, em uma perspectiva crítica de Educação. Ressalta-se também o estímulo à interdisciplinaridade entre as áreas do conhecimento, contribuindo para a formação dos estudantes. Portanto, a elaboração e a aplicação do material contribuíram com a produção de conhecimentos científicos e a instituição de práticas voltadas para atender ao desenvolvimento sustentável e a sua relação com a Química Verde, comprometida com a transformação social.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Chemical Society. (2016). *Química Para um Futuro Sustentável*. Porto Alegre: AMGH.
- Anastas, P. T., Bartlett, L. B., Kirchhoff, M. M., & Williamson, T. C. (2000). The role of catalysis in the design, development, and implementation of green chemistry. *Catalysis Today*, 55(1-2), 11-22.
- Anastas, P. T., & Kirchhoff, M. M. (2002). Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. *Accounts of Chemical Research*, 35(9), 686-694.
- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (2025). *Química Verde: Teoria e Prática*. São Paulo: Editora da UNESP.
- Andrade, R. S., & Zeidler, V. G. Z. (2023). Proposições acerca da experimentação formativa para Educação Química. *Ciência & Educação*, 29(e23012) 1-15. <https://doi.org/10.1590/1516-731320230012>
- Arioli, C. J., Botton, M., Neto, A. M., Molinari, F., Borges, R., & Pastori, P. L. (2013). *Feromônios sexuais no manejo de insetos-praga na fruticultura de clima temperado*. Florianópolis: Epagri, 2013.
- Brundtland, G.H. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Geneva. Disponível em: <http://www.un-documents.net/ocf-ov.htm>
- Campos, F. V., Costa, D. O. S., & Nascimento, L. S. (2025). Metodologia de rotação por estações como alternativa para potencializar o aprendizado de fotossíntese no ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 20(2), 1-20.
- Correa, A. G., & Zuin, V. G. (2012). Princípios Fundamentais da Química Verde. In: Correa, A. G., & Zuin, V. G. (Org.). *Química Verde: Fundamentos e Aplicações* (pp. 9-22), São Carlos: EdUFSCar.
- Doble, M., & Kruthiventi, A. K. (2007). Chapter 5 - Alternate Solvents. *Green Chemistry and Engineering*, p. 93-104. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-012372532-5/50006-7>

- Freitas, L. A., Glodzinski, J. V., Lima, S. C., Alberti, E. R., & Machado, G. S. (2022). Histórias em Quadrinhos como estratégia para o ensino de química. *Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática*, 6(2), 266-285.
- Goulart, H. F., Lima, M. R. F., Moraes, R. K. S., & Bernardo, V. B. (2015). Feromônios: Uma Alternativa Verde para o Manejo Integrado de Pragas. *Revista Virtual de Química*, 7(4), 1205-1224. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150068>
- Jacob, R. G., Silva, M. S., Hartwig, D., & Lenardão, E. J. (2022). Educação Ambiental nos cursos de Química da UFPel através da Química Verde. *Química Nova na Escola*, 44(2), 173-182. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160307>
- Júnior, C. A. S., Jesus, D. P., & Júnior, G. G. (2022). Química verde e a tabela periódica de Anastas e Zimmerman: tradução e alinhamentos com o desenvolvimento sustentável. *Química Nova*, 45(8), 1010-1019. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170893>
- Lenardão, E. J., Freitag, R. A., Dabdoub, M. J., Batista, A. C. F., & Silveira, C. C. (2003). “Green Chemistry” – Os 12 Princípios da Química Verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, 26(1), 123-129.
- Marques, C. A., Gonçalves, F. P., Zampiron, E., Coelho, J. C., Mello, L. C., Oliveira, P. R. S., & Lindemann, R. H. (2007). Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média. *Química Nova*, 30(8), 2043-2052.
- Marques, M. V., Bisol, T. B., & Sá, M. M. (2012). Reações multicomponentes de Biginelli e de Mannich nas aulas de química orgânica experimental. Uma abordagem didática de conceitos da química verde. *Química Nova*, 35(8), p. 1696-1699. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000800034>
- Mcculloch, A. (1999). CFC and Halon replacements in the environment. *Journal of Fluorine Chemistry*, 100, 163-173.
- Merat, L. M. O. C., & Gil, R. A. S. S. (2003). Inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de química orgânica experimental. *Química Nova*, 26(5), p. 779-781.
- Mondadori, J. M., Mesquita, G. C., Alberti, E. R., & Machado, G. S. (2023a). Investigando a presença da Química Verde em questões de exames avaliativos. In: Lorenzetti, L., & Meira, L. M. (Org.). *Compartilha UFPR* (pp. 159-167). Curitiba: Editora da UFPR. Disponível em: <https://compartilha.ufpr.br/wp-content/uploads/2024/09/compartilha-ufpr-2023-digital.pdf>
- Mondadori, J. M., Mesquita, G. C., Alberti, E. R., & Machado, G. S. (2023b). *Trabalhando conceitos de Química Verde a partir de questões de exames avaliativos*. Anais/resumos da 75ª Reunião Anual da SBPC. 23 a 29 de julho de 2023, UFPR, Curitiba, PR / Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. – São Paulo: SBPC. Disponível em: <https://livro.sbpnet.org.br/75ra>
- Moreira, A. M., Aires, J. A., & Lorenzetti, L. (2017). Abordagem CTS e o conceito química verde: possíveis contribuições para o ensino de química. *ACTIO: Docência em Ciências*, 2(2), 193-210.
- Oliveira, L. F. M., & Machado, G. S. (2025). *Material didático para abordagem de conceitos de Química Verde a partir da temática de pesticidas / agrotóxicos*. Programa REA Paraná – UFPR. Licença Creative Commons - 4.0 Internacional. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/95250>.
- Omori, A. T., Portas, V. B., & Oliveira, C. S. (2012). Redução enzimática do 4-(dimetilamino)benzaldeído com pedaços de cenoura (*Daucus carota*): um experimento simples na

- compreensão da biocatálise. *Química Nova*, 35(2), 435-437. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000200036>
- Prado, A. G. S. (2003). Química Verde, os desafios da química do novo milênio. *Química Nova*, 26(5), 738-744.
- Rüntzel, P. L., & Marques, C. A. (2022). Ambiente temático virtual de Química Verde para simulações de sínteses no Ensino de Química na perspectiva do desenvolvimento sustentável. *Química Nova na Escola*, 44(2), 183-193. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160308>
- Santos, K. M. S., Lima, L. M. A., Santos, T. S., & Pitanga, A. F. (2021). Avaliando Métricas em Química Verde de Experimentos Adaptados para a Degradação do Corante Amarelo de Tartrazina para Aulas no Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, 43(4), 411-417. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160260>
- Santos, D. M., & Royer, M. R. (2018). Análise da Percepção dos Alunos sobre a Química Verde e a Educação Ambiental no Ensino de Química. *Revista Debates em Ensino de Química*, 4(2), 142-164. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/1805/482482869>
- Silva, G. A. L., Almeida, Q. A. R., Gomes, S. S., Gomes, T. N. C., & Aversa, T. M. (2023) Inserção da Química Verde no ensino de química visando uma sociedade mais sustentável. *Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química*, 4(1), e042301. DOI: <https://doi.org/10.56117/resbenq.2023.v4.e042301>
- Warner, J. C., Cannon, A. S., & Dye, K. M. (2004). Green chemistry. *Environmental Impact Assessment Review*, 24(7-8), 775-799. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2004.06.006>
- Zandonai, D. P., Saqueto, K. C., Abreu, S. C. S. R., Lopes, A. P., & Zuin, V. G. (2014). Química Verde e formação de profissionais do campo da química: relato de uma experiência didática para além do laboratório de ensino. *Revista Virtual de Química*, 6(1), 73-84. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20140007>
- Zarbin, P. H. G., Rodrigues, M. A. C. M., & Lima, E. R. (2009). Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. *Química Nova*, 32(3), p. 722-731. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300016>

ANEXO 1

Parte inicial do material didático produzido e utilizado neste trabalho, a íntegra do material pode ser consultada pelo endereço <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/95250>. O material está disponibilizado na forma de Recurso Educacional Aberto, sob uma licença Creative Commons - 4.0 Internacional. 2025.

PESTICIDAS / AGROTÓXICOS

De modo geral, as substâncias utilizadas para o controle de pragas e doenças nas lavouras, hortas e pomares, são conhecidas mundialmente como pesticidas. No Brasil, estes produtos também são conhecidos como defensivos agrícolas ou agrotóxicos (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

A Lei Federal nº 7.802, de 1989, regulamentada pelo Decreto nº 4.074, de 2002, define os agrotóxicos como: *“Compostos de substâncias químicas destinadas ao controle, destruição ou prevenção, direta ou indiretamente, de agentes patogênicos para plantas e animais úteis e às pessoas”*.

Deste modo, pesticidas / agrotóxicos são produtos químicos utilizados na agricultura para proteger as plantas de pragas, insetos, doenças e ervas daninhas. Esses produtos podem ser aplicados em diversas formas, como por meio de pulverização, dispersos em forma de granulados ou por fumigação (dispersão de um gás do produto químico, em ambiente fechado, e que entre em contato com o produto, principalmente usado no tratamento de grãos de cereais), e são projetados para matar ou repelir organismos que podem prejudicar as plantas cultivadas.

Os pesticidas / agrotóxicos podem ser classificados em diferentes categorias, dependendo de sua composição química e modo de ação. Algumas das categorias comuns incluem herbicidas (para controle de ervas daninhas), inseticidas (para controle de insetos), fungicidas (para controle de fungos) e acaricidas (para controle de ácaros). Um exemplo de um pesticida / agrotóxico bastante empregado no Brasil e no mundo é o glifosato (Figura 1), empregado para eliminação de ervas daninhas antes do plantio.

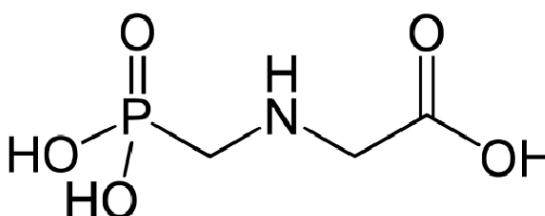


Figura 1: Estrutura química do Glifosato.

Questão: Indique quais são as funções orgânicas presentes na molécula de glifosato (Figura 1).

Embora esses produtos químicos possam ser eficazes na proteção das plantas, seu uso excessivo ou inadequado pode ter efeitos negativos no meio ambiente e na saúde humana. Exemplos disto são os agrotóxicos que estão proibidos para uso, como o Aldrin e (uso agropecuário proibido no Brasil desde 1985) e o dicloro-difenil-tricloroetano - DDT (com uso limitado a partir de 1985 e definitivamente proibido em 1998 pelo Ministério da Saúde) (CETESB, 2018). Estes compostos citados acima estão na classe dos Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) e podem causar severos danos ao ambiente e à saúde humana, sobretudo pela sua lipossolubilidade (capacidade de se dissolver em substâncias lipídicas, ou seja, formadas por gorduras, deste modo, podem atravessar facilmente as camadas de pele humana, que são formadas em boa parte por membranas lipídicas), bem como na ingestão de alimentos que por ventura estejam contaminados por estas substâncias.

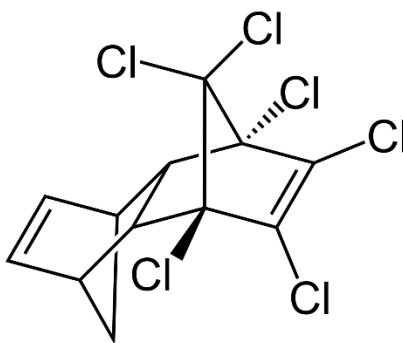


Figura 2: Estrutura química do Aldrin.

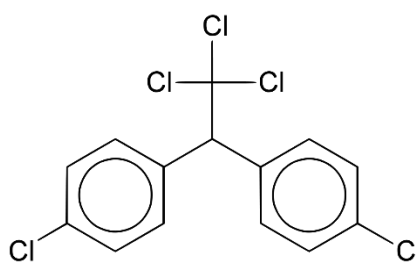


Figura 3: Estrutura química do DDT.

Questão para pensar: Observe as duas estruturas das Figuras 2 e 3, o que estes agrotóxicos apresentam em comum? Por que eles são conhecidos como organoclorados?

Questão: Escreva a fórmula molécula dos compostos das Figuras 2 e 3.

Os pesticidas / agrotóxicos podem causar vários impactos negativos no meio ambiente. Alguns dos principais efeitos incluem:

1. Poluição do solo: Os pesticidas podem permanecer no solo por um longo período de tempo e afetar negativamente a qualidade do solo. Isso pode afetar a capacidade do solo de suportar a vida vegetal e animal.

2. Contaminação da água: Os pesticidas podem se infiltrar no solo e alcançar o lençol freático, contaminando a água potável. Isso pode afetar a saúde humana e dos animais que bebem essa água.

3. Redução da biodiversidade: Os pesticidas podem matar insetos benéficos e outros animais, como pássaros e anfíbios, que são importantes para manter o equilíbrio ecológico. Isso pode levar a uma redução da biodiversidade e a um aumento de pragas.

A exposição a agrotóxicos pode representar riscos significativos para a saúde humana

1. Intoxicação aguda
2. Efeitos crônicos
3. Problemas respiratórios
4. Problemas de pele
5. Efeitos sobre o sistema imunológico

Por isso, e considerando as informações acima, é importante seguir as regulamentações e diretrizes de segurança ao usar pesticidas e agrotóxicos, e considerar outras alternativas de controle de pragas, como métodos biológicos ou culturais, bem como utilizando-se os conceitos de Química Verde, onde busca-se, conforme o Princípio 4º: Produtos químicos devem ser projetados visando a preservação de sua eficácia, mas com redução da toxicidade. (ANASTAS; KIRCHHOFF, 2002).

Um exemplo em Química Verde para a substituição de pesticidas / agrotóxicos são os feromônios. Feromônios são semi químicos (sinalizadores químicos) de atuação entre indivíduos da mesma espécie, como, por exemplo, substâncias emitidas por fêmeas de insetos para a atração do inseto macho visando a reprodução, ou vice-versa. Tais substâncias são estudadas por químicos e sintetizadas em laboratório para que posteriormente possam ser empregadas na agricultura para o manejo dos insetos, por exemplo, por meio do monitoramento e captura com armadilhas, onde o inseto pode ser posteriormente coletado e eliminado, ou mesmo instigar a confusão sexual entre os insetos, evitando-se a propagação da praga nociva à lavoura.

Aqui estão algumas possíveis questões sobre pesticidas e agrotóxicos:

1. O que são pesticidas e agrotóxicos e para que são usados?
2. Quais são os riscos ambientais associados ao uso de pesticidas e agrotóxicos na agricultura?
3. Quais são os riscos para a saúde humana associados à exposição a pesticidas e agrotóxicos?
4. Quais são as regulamentações governamentais para o uso de pesticidas e agrotóxicos na agricultura?
5. Quais são as alternativas para o uso de pesticidas e agrotóxicos na agricultura?
6. Como os pesticidas e agrotóxicos afetam a qualidade do solo e da água?
7. Como os pesticidas e agrotóxicos afetam a biodiversidade e a saúde dos ecossistemas agrícolas?
8. Como os agricultores podem reduzir o uso de pesticidas e agrotóxicos sem comprometer a produtividade ou a qualidade dos cultivos?

9. Qual é o papel da pesquisa científica na avaliação dos riscos e benefícios dos pesticidas e agrotóxicos?
10. Como a conscientização pública sobre os riscos associados ao uso de pesticidas e agrotóxicos pode afetar a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis?

Referências

ANASTAS, P. T., KIRCHHOFF, M. M. Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. **Accounts of Chemical Research**, Washington, v. 35, n. 9, p. 686-694, 2002.

BRASIL. Lei nº 7802, 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. Diário Oficial da União. 11 jul 1989

CETESB, Histórico e Legislação de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) no Brasil, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/pops/wp-content/uploads/sites/19/2018/06/Hist%C3%B3rico-e-legisla%C3%A7%C3%A3o-de-poluente-org%C3%A2nicos-persistentes-POPs-no-Brasil.pdf>. Acesso em 03 de junho de 2023.

LOPES, C. V. A., ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 117, p. 518-534, abr-jun 2018.