

**MATERIAL DIDÁTICO PARA ABORDAGEM DE CONCEITOS DE QUÍMICA VERDE A PARTIR DA
TEMÁTICA DE PESTICIDAS / AGROTÓXICOS**

Autores:

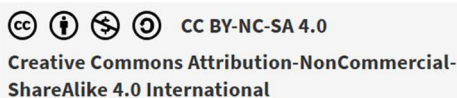
Luan Felipe Massocato de Oliveira

Guilherme Sippel Machado

luan.massocato@ufpr.br; guimachado@ufpr.br

O material apresentado a partir da próxima página foi elaborado durante desenvolvimento de Projeto Licenciador/PROGRAD/UFPR vinculado ao curso de Licenciatura em Ciências Exatas do Campus Pontal do Paraná – Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná, e pode ser empregado para discussão tanto de conceitos químicos (como fórmulas química e funções orgânicas), como para abordagem de conceitos próprios da Química Verde, também foram selecionadas e inseridas questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) que podem auxiliar ao professor para trabalhar os conceitos aqui abordados. Destina-se sobretudo para professores e estudantes do Ensino Médio.

Licença:



Esta licença exige que ao se reutilizar o material o crédito deve ser dado aos criadores. A licença permite distribuição, edição e adaptação do material em qualquer meio ou formato apenas *para fins não comerciais*. Se outros modificarem ou adaptarem o material, deverão licenciar o material modificado nos mesmos termos aqui utilizados.

Como citar: OLIVEIRA, L. F. M.; MACHADO, G. S. 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. 2025.

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.

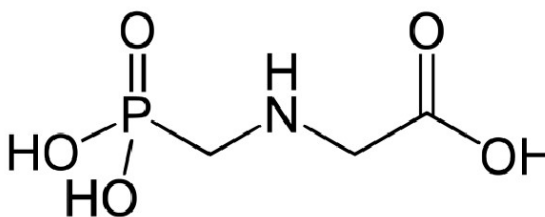


Figura 1: Estrutura química do Glifosato.

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.

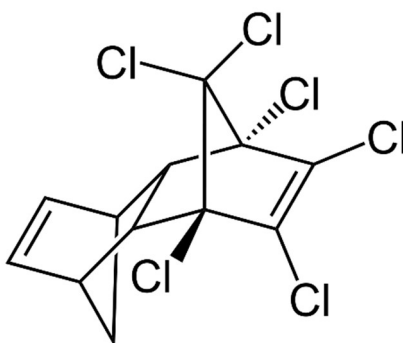


Figura 2: Estrutura química do Aldrin.

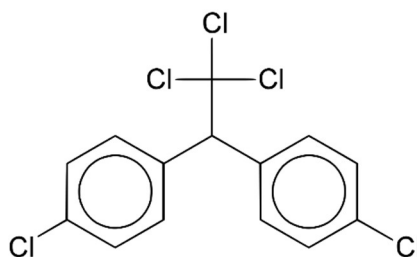


Figura 3: Estrutura química do DDT.

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.

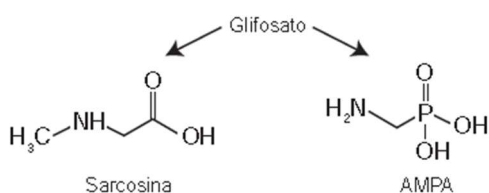
BRASIL. Lei nº 7802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, 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-poluentes-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.

Questões do ENEM sobre pesticidas / agrotóxicos / Química Verde

Questão 71 – 2013: O glifosato ($C_3H_8NO_5P$) é um herbicida pertencente ao grupo químico das glicinas, classificado como não seletivo. Esse composto possui os grupos funcionais carboxilato, amino e fosfonato. A degradação do glifosato no solo é muito rápida e realizada por grande variedade de microrganismos, que usam o produto como fonte de energia e fósforo. Os produtos da degradação são o ácido aminometilfosfônico (AMPA) e o N-metilglicina (sarcosina):



AMARANTE JR., O. P. et al. Química Nova, São Paulo, v. 25, n. 3, 2002 (adaptado).

A partir do texto e dos produtos de degradação apresentados, a estrutura química que representa o glifosato é:

- A** CNC(=O)OP(=O)(O)O
- B** OC(=O)CNC(=O)OP(=O)(O)O
- C** OC(=O)CC(N)C(=O)OP(=O)(O)O
- D** NCC(=O)COP(=O)(O)O
- E** NCC(=O)CCOP(=O)(O)O

ENEM 2010

Questão 84

Os pesticidas modernos são divididos em várias classes, entre as quais se destacam os organofosforados, materiais que apresentam efeito tóxico agudo para os seres humanos. Esses pesticidas contêm um átomo central de fósforo ao qual estão ligados outros átomos ou grupo de átomos como oxigênio, enxofre, grupos metoxi ou etoxi, ou um radical orgânico de cadeia longa. Os organofosforados são divididos em três subclasses: **Tipo A**, na qual o enxofre não se incorpora na molécula; **Tipo B**, na qual o oxigênio, que faz dupla ligação com fósforo, é substituído pelo enxofre; e **Tipo C**, no qual dois oxigênios são substituídos por enxofre.

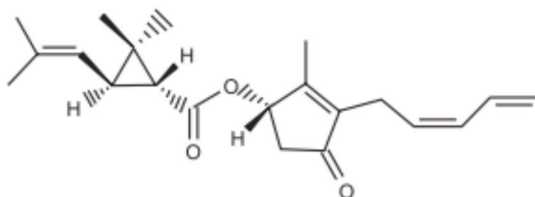
BAIRD, C. Química Ambiental. Bookman, 2005.

Um exemplo de pesticida organofosforado **Tipo B**, que apresenta grupo etoxi em sua fórmula estrutural, está representado em:

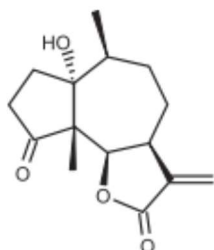
- A** RO=P(O)OC
- B** RO=P(S)OC
- C** RS=P(S)OC
- D** CN(C)COP(=S)(OC)Oc1ccc(C)cc1C(=O)C(C)C
- E** CCOP(=S)(OCC)Oc1ccc([N+](=O)[O-])cc1

QUESTÃO 61

A produção mundial de alimentos poderia se reduzir a 40% da atual sem a aplicação de controle sobre as pragas agrícolas. Por outro lado, o uso frequente dos agrotóxicos pode causar contaminação em solos, águas superficiais e subterrâneas, atmosfera e alimentos. Os biopesticidas, tais como a piretrina e a coronopilina, têm sido uma alternativa na diminuição dos prejuízos econômicos, sociais e ambientais gerados pelos agrotóxicos.



Piretrina



Coronopilina

Identifique as funções orgânicas presentes simultaneamente nas estruturas dos dois biopesticidas apresentados:

- A Éter e éster.
- B Cetona e éster.
- C Álcool e cetona.
- D Aldeído e cetona.
- E Éter e ácido carboxílico.

ENEM 2015
QUESTÃO 68

Pesticidas são substâncias utilizadas para promover o controle de pragas. No entanto, após sua aplicação em ambientes abertos, alguns pesticidas organoclorados são arrastados pela água até lagos e rios e, ao passar pelas guelras dos peixes, podem difundir-se para seus tecidos lipídicos e lá se acumularem.

A característica desses compostos, responsável pelo processo descrito no texto, é o(a)

- A baixa polaridade.
- B baixa massa molecular.
- C ocorrência de halogênios.
- D tamanho pequeno das moléculas.
- E presença de hidroxilas nas cadeias.

ENEM 2018
QUESTÃO 101

As abelhas utilizam a sinalização química para distinguir a abelha-rainha de uma operária, sendo capazes de reconhecer diferenças entre moléculas. A rainha produz o sinalizador químico conhecido como ácido 9-hidroxidec-2-enoico, enquanto as abelhas-operárias produzem ácido 10-hidroxidec-2-enoico. Nós podemos distinguir as abelhas-operárias e rainhas por sua aparência, mas, entre si, elas usam essa sinalização química para perceber a diferença. Pode-se dizer que veem por meio da química.

LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006 (adaptado).

As moléculas dos sinalizadores químicos produzidas pelas abelhas rainha e operária possuem diferença na

- A fórmula estrutural.
- B fórmula molecular.
- C identificação dos tipos de ligação.
- D contagem do número de carbonos.
- E identificação dos grupos funcionais.

ENEM 2020
Questão 132

A Química Verde é um ramo da química que prega o desenvolvimento de processos eficientes, que transformem a maior parte do reagente em produto, de forma mais rápida e seletiva, que utilizem poucos reagentes, que produzam somente o produto desejado, evitando a formação de coprodutos, e que utilizem solventes não agressivos ao meio ambiente. Assim, as indústrias contornariam problemas relacionados à poluição ambiental e ao desperdício de água e energia.

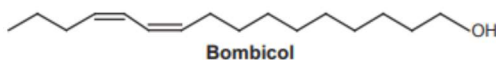
O perfil de um processo que segue todos os princípios desse ramo da química pode ser representado por:

- A $A + B + C \rightarrow D$ (a reação ocorre a altas pressões).
- B $A + B \rightarrow C + D$ (a reação é fortemente endotérmica).
- C $A + 3B \rightarrow C$ (a reação ocorre com uso de solvente orgânico).
- D $3A + 2B \rightarrow 2C \rightarrow 3D + 2E$ (a reação ocorre sob pressão atmosférica).
- E $A + \frac{1}{2}B \rightarrow C$ (a reação ocorre com o uso de um catalisador contendo um metal não tóxico).

ENEM 2016

QUESTÃO 68

Os feromônios são substâncias utilizadas na comunicação entre indivíduos de uma espécie. O primeiro feromônio isolado de um inseto foi o bombicol, substância produzida pela mariposa do bicho-da-seda.



O uso de feromônios em ações de controle de insetos-praga está de acordo com o modelo preconizado para a agricultura do futuro. São agentes altamente específicos e seus compostos químicos podem ser empregados em determinados cultivos, conforme ilustrado no quadro.

Substância	Inseto	Cultivo
	<i>Sitophilus spp</i>	Milho
	<i>Migdolus fryanus</i>	Cana-de-açúcar
	<i>Anthonomus rubi</i>	Morango
	<i>Grapholita molesta</i>	Frutas
	<i>Scrobipalpuloides absoluta</i>	Tomate

FERREIRA, J. T. B.; ZARBIN, P. H. G. Amor ao primeiro odor: a comunicação química entre os insetos. *Química Nova na Escola*, n. 7, maio 1998 (adaptado).

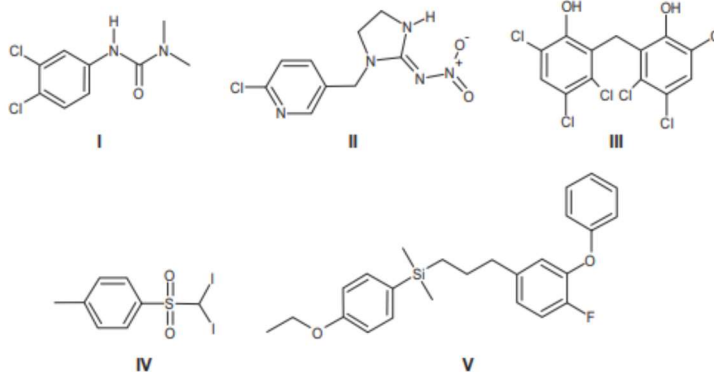
Considerando essas estruturas químicas, o tipo de estereoisomeria apresentada pelo bombicol é também apresentada pelo feromônio utilizado no controle do inseto

- A *Sitophilus spp.*
- B *Migdolus fryanus.*
- C *Anthonomus rubi.*
- D *Grapholita molesta.*
- E *Scrobipalpuloides absoluta.*

ENEM 2021

Questão 108

As águas subterrâneas têm sido contaminadas pelo uso de pesticidas na agricultura. Entre as várias substâncias usualmente encontradas, algumas são apresentadas na figura. A distinção dessas substâncias pode ser feita por meio de uma análise química qualitativa, ou seja, determinando sua presença mediante a adição de um reagente específico. O hidróxido de sódio é capaz de identificar a presença de um desses pesticidas pela reação ácido-base de Brønsted-Lowry.



O teste positivo será observado com o pesticida

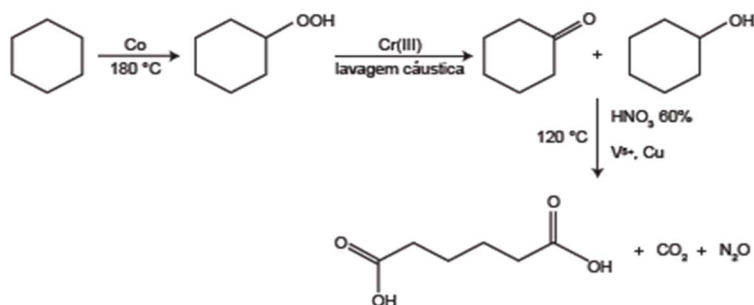
- A I.
- B II.
- C III.
- D IV.
- E V.

ENEM 2015

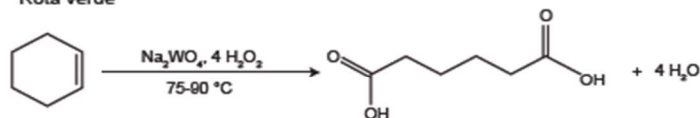
QUESTÃO 79

A química verde permite o desenvolvimento tecnológico com danos reduzidos ao meio ambiente, e encontrar rotas limpas tem sido um grande desafio. Considere duas rotas diferentes utilizadas para a obtenção de ácido adipico, um insumo muito importante para a indústria têxtil e de plásticos.

Rota tradicional (marrom)



Rota verde



LENARDÃO, E. J. et al. Green chemistry – os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, n. 1, 2003 (adaptado).

Que fator contribui positivamente para que a segunda rota de síntese seja verde em comparação à primeira?

- A Etapa única na síntese.
- B Obtenção do produto puro.
- C Ausência de reagentes oxidantes.
- D Ausência de elementos metálicos no processo.
- E Gasto de energia nulo na separação do produto.

ENEM 2013

QUESTÃO 54

Química Verde pode ser definida como a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente. Sabe-se que algumas fontes energéticas desenvolvidas pelo homem exercem, ou têm potencial para exercer, em algum nível, impactos ambientais negativos.

CORRÊA, A. G.; ZUIN, V. G. (Orgs.). *Química Verde: fundamentos e aplicações*. São Carlos: EdUFSCar, 2009.

À luz da Química Verde, métodos devem ser desenvolvidos para eliminar ou reduzir a poluição do ar causada especialmente pelas

- A hidrelétricas.
- B termelétricas.
- C usinas geotérmicas.
- D fontes de energia solar.
- E fontes de energia eólica.