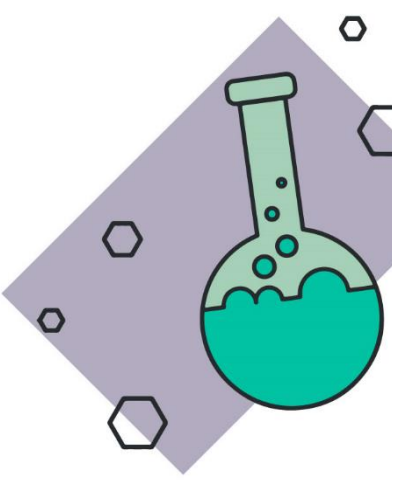


Universidade Federal de Mato Grosso

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais



# Sequência Didática: Agrotóxicos e Toxicologia via Abordagem Histórico-Cultural



Profa. Isabela Camacho Silveira

Profa. Dra. Mariuce Campos de Moraes







## Sumário

INTRODUÇÃO	2
A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	2
Atividade 1: Árvore Genealógica das Profissões	5
Aula 1: “Revolução Verde” x Educação Ambiental	6
Atividade 2: Sustentabilidade ou Sobrevivência?	9
Aula 2: Histórico e aspectos relevantes sobre os agrotóxicos	12
3.1 Origem Química dos Agrotóxicos	18
3.2 Características Físico-Químicas dos Agrotóxicos em relação ao Ambiente e ao Organismo	24
Atividade 3: Análise das Interações Físico-Químicas dos Agrotóxicos.	29
Atividade 4: Inseticida e Herbicida?	36
Aula 3: Toxicologia	39
Atividade 5: Vida ou Morte.	42



## **APRESENTAÇÃO**

Ficha de identificação da Sequência didática

Área do conhecimento: Ciências da Natureza

Tema: Agrotóxico e toxicologia via abordagem histórico-cultural

Turma: Formação continuada de professores (as)

Carga Horária: 120 min = 60 min (presencial) e 60 min (remoto)

Estimado (a) professor (a),

A presente Sequência Didática (SD), que de agora em diante será citada como SD, é uma proposta delineada com o objetivo de trazer o aluno para a posição de protagonista, de cidadão crítico em relação à temática da utilização de agrotóxicos e sua toxicologia. A SD será realizada em quatro (4) momentos diferentes, o primeiro traz aspectos sobre a Teoria Histórico-Cultural, no segundo momento aspectos sobre a “revolução verde” x educação ambiental, no terceiro momento a historicidade dos agrotóxicos e no quarto momento abordará a parte toxicológica das substâncias anteriormente trabalhadas.

As autoras



## INTRODUÇÃO

### A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Ensinar de maneira efetiva é um trabalho laborioso e um processo complexo. A preocupação com os modelos e metodologias adotadas é relevante visando sempre dar inteligibilidade do objeto de estudo ao aluno.

A sequência didática é um aparato para diversificação de aulas meramente expositivas. Zabala (1998) define sequência didática como “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p.18).

É importante ressaltar que as sequências didáticas trazem uma variedade de oportunidades comunicativas, mas que sozinhas não determinam o que constituirá efetivamente o conhecimento. Zabala (1998) explicita que as relações entre professor e aluno é o que estabelecerão e definirão os diferentes papéis. E que é através dessas relações e das sequências que serão formadas que se tomará o efeito educativo com as características delineadas das relações que essas interações possibilitaram (ZABALA, 1998, p.89). Neste sentido, pode-se falar de diversas estratégias que podem ser adotadas em relação à estruturação dos momentos educativos. Desde “uma posição de intermediário entre o aluno e a cultura, a atenção à diversidade dos alunos e das situações necessitará, às vezes, dirigir; outras vezes, propor comparar.” (ZABALA, 1998, p.90)

A Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky traz que é a aprendizagem através das interações sociais que o indivíduo se desenvolve.

O aprendizado humano pressupõe uma natureza social específica e um processo através do qual as crianças penetram na vida intelectual daqueles que as cercam.

---

(VYGOTSKY, 2007, p.100)

---

A articulação entre o social, o cultural e o histórico se mostra necessário e norteia a teoria de Vygotsky.

A ideia de associar a análise da causalidade de um indivíduo em relação ao seu meio se torna de suma importância ao fazer menção ao desenvolvimento e posterior aprendizagem escolar. Temas que fazem menção a esse ambiente, em que esse indivíduo já se reconhece, pode trazer maiores resultados em relação aos processos cognitivos.

Na Teoria Histórico-Cultural, o desenvolvimento do indivíduo é tratado como um processo dialético complexo descrito por processos de transformação e que nesses progressos não somente a herança biológica teria influência sobre essa metamorfose, mas principalmente o meio que os cerca e a herança cultural atuam diretamente nessa evolução de desenvolvimento.

A escola e o trabalho docente são pontos de referências importantes quando se referem ao desenvolvimento dos processos de ensino e aprendizagem. Atividades pensadas, planejadas, sistematizadas intencionalmente e que utilizem processos culturais auxiliam no processo de apropriação dos conceitos e também dos objetos culturais construídos ao longo da humanidade.

Ao tratar a ideia do uso difuso de agrotóxicos pela agricultura e seus possíveis pontos de contaminação, é possível associar esses sistemas complexos a bifurcações de ter um evento esperado e passível de controle que seria a produção de alimentos. No entanto, outros eventos sistêmicos ocorreriam e, como consequência, trariam impactos degradantes, como de fato se deu em relação à poluição ambiental e toxicidade dessas substâncias.

Tudo é considerado à margem de sua faceta histórica. Supõe-se que a ideia que tem acerca do mundo e da causalidade uma criança europeia de família culta de hoje e a ideia que da mesma coisa tem uma criança de alguma tribo primitiva, a concepção de mundo da criança da Idade da Pedra, da Idade Média ou do século XX – tudo é idêntico e igual em princípio a si mesmo [...] Estudam a criança e o desenvolvimento de suas funções psíquicas superiores in abstracto, à margem de seu meio social e cultural, bem como das formas de pensamento lógico, das concepções e ideias sobre a causalidade que predominam nesse meio (VYGOTSKY, 1995, p.22)

Nesse momento, pode-se observar a necessidade de atitudes que tornaria a produção de alimentos mais sustentável. As correntes de educação ambiental são aparatos para nortear as pesquisas e avaliações sobre a área. A exemplo disso, apresenta-se a corrente científica, a qual está associada ao desenvolvimento de conhecimentos e de habilidades relativas às ciências, do campo de pesquisa essencialmente interdisciplinar para a transdisciplinaridade, tendo o meio ambiente como objeto de conhecimento para escolher uma solução ou ação apropriada. Ao se tratar agrotóxicos e toxicologia pode-se entrar na corrente moral/ética, visto que essa relação com o ambiente é de ordem ética. O atuar de maneira sustentável deve se basear num conjunto de valores, mais ou menos conscientes e coerentes entre eles (SAUVÉ, 2005).

A corrente da sustentabilidade traz “o desenvolvimento econômico, considerado como a base do desenvolvimento humano, como indissociável da conservação dos recursos naturais e de um compartilhar equitativo de recursos “(SAUVÉ, p. 21, 2005), sendo assim, o adequado seria um desenvolvimento econômico que estivesse diretamente atrelado ao desenvolvimento sustentável. Certamente então, o meio de produção de alimentos mundial não deveria causar esgotamento de recursos ou aumento da poluição e casos de intoxicação, como os exemplos citados durante essa pesquisa.

A educação ambiental é importante para caracterizar processos que sejam efetivamente sustentáveis. É uma das atitudes sustentáveis recomendáveis, pois é uma condição de intervenção agrícola que pode gerar uma bifurcação para um caminho ecológico mais favorável a fim de garantir a vida e a coexistência com outros sistemas não vivos.





Fonte: <https://www.pngwing.com/pt/free-png-ptvzb>

### **Atividade 1: Árvore Genealógica das Profissões**

Como forma de aproximar os futuros conceitos estudados com a realidade dos alunos, proponha o desenho de uma **árvore genealógica das profissões**, até a geração das bisavós e dos bisavôs de cada aluno.

O intuito desta atividade é investigar se algum desses alunos e seus familiares já tiveram contato com algum material relacionado ao uso intensivo de agrotóxicos ou relacionado à agricultura familiar.

#### *Possibilidades:*

1. Nenhum dos alunos teve algum familiar que teve contato com alguma substância relacionada aos agrotóxicos.
2. Familiares que já tenham trabalhado com em lavoura ou fazenda e que já tenham tido contato direto com esses materiais.

Analisar as árvores genealógicas trazidas e fazer a integração das informações entre os alunos.

## **Aula 1: “Revolução Verde” x Educação Ambiental**

Tema: Agrotóxico e toxicologia - “Revolução Verde” x Educação Ambiental

Turma: 1ª à 3ª série do Ensino Médio Regular

Carga Horária da aula: 3 aulas

### **OBJETIVOS**

Para atender competências e habilidades previstas na legislação educacional brasileira, após o estudo deste componente curricular o aluno deverá ser capaz de:

- Aprender o que a Revolução Verde representa;
- Compreender o papel da indústria no uso de agrotóxicos;
- Entender como o meio de produção por meio da monocultura traz prejuízos à saúde e ao ambiente e a necessidade de meios de produção que sejam sustentáveis.

### **CONCEITOS GERAIS E QUÍMICOS**

UNIDADE 1: A chamada “Revolução Verde”

UNIDADE 2: Indústria química e tecnologias agrícolas

UNIDADE 3: Prejuízos ao ambiente e comprometimento dos sistemas água, solo, ar e alimentos

### **CONTEÚDO RELACIONADO AO TEMA**

A Revolução Verde é “considerada como a difusão de tecnologias agrícolas que permitiram um aumento considerável na produção, a partir da modernização das técnicas utilizadas” (OCTAVIANO, 2010, p. 1). Embora a iniciativa tenha ocorrido com

### **Ficha de Identificação da Aula**

Área do conhecimento: Ciências da Natureza

Competências e Habilidades - Base Nacional Comum Curricular:

- Competência 3
- Habilidade: (EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

o intuito de erradicar a fome mundial, é palpável analisar também os impactos que essa atividade trouxe, principalmente atrelados a disparidade social e exploração.

A introdução da máquina, do veneno e do transgênico nos campos do Brasil foi um processo que se iniciou em tempos de Segunda Guerra Mundial (LAZZARI e SOUZA, 2017, p.3), devido ao fato de que a indústria destaque naquela época ser a indústria Química, passou-se a investir então, nesses produtos.

A Revolução Verde se instaura a partir da década de 1950, com:

[...] a promessa de modernização no campo, de erradicação da fome, de aumento de produção e, sobretudo como a nova era da agricultura e busca de desenvolvimento aos países subdesenvolvidos. (LAZZARI; SOUZA, 2017, p.4)

Esse processo trouxe consigo inúmeras contradições, analisando da ótica de geração de novos empregos cai por terra, uma vez que as máquinas tomariam conta dos processos de produção, e a produção que antes era familiar se tornaria monocultura. E o impasse não estaria apenas nesse aspecto, mas também no fato de que houve a necessidade de “sementes que recebessem a alta dose de fertilizantes e agrotóxicos e controle de pragas” (LAZZARI e SOUZA, 2017, p.5).

Nesse ponto se dá início ao grande fracasso que seria a Revolução Verde, mostrando então que este processo seria uma benfeitoria apenas para o “latifundiário que produz em larga escala e tem condições de arcar com seus custos, o custo do dano ambiental continua sendo distribuído desigualmente dentre todos que habitam o planeta” (LAZZARI e SOUZA, 2017, p.6). Lazzari e Souza (2017, p. 7) citam ainda que a Revolução Verde trouxe impactos ambientais inestimáveis, de modo que a monocultura acabou suprimindo a diversidade.

Segundo Gliessman (2001), a única alternativa é preservar a produtividade, a longo prazo, da superfície cultivável, enquanto mudamos os padrões de consumo e de uso dela para beneficiar a todos, tanto produtores quanto consumidores. A agricultura do futuro, além de ser sustentável, precisa ser altamente produtiva para suprir a necessidade alimentar da crescente população mundial.

A modernização dos meios de produção da monocultura privilegiou meramente o aumento da produtividade agrícola como parâmetro para avaliar sua eficiência, desconsiderando o agricultor e o ambiente como partes do mesmo processo. Sendo

assim, é possível observar o declínio em relação a preocupação com o meio ambiente e com qualidade e análise de toxicidade dos alimentos consumidos desde a época da Revolução Verde.

Resultado de um modo de produção majoritariamente capitalista, a agricultura na forma de monocultura tem trazido cada vez mais prejuízos ao ambiente, a exemplo da diminuição da disponibilidade e qualidade da água, do comprometimento da qualidade do ar e dos alimentos. Se considerarmos a atuante e crescente curva da utilização dos agrotóxicos, tais problemas elencados acima podem ser agravados.

### **Saiba mais**

Assista e comente o filme: "O veneno está na mesa" do documentarista Silvio Tendler.

Consulte artigos da Revista Química Nova na Escola relacionados com a Política Nacional de Educação Ambiental e com a chamada Revolução Verde.

## Atividade 2: Sustentabilidade ou Sobrevivência?

A Política Nacional de Educação Ambiental, regulamentada pela Lei nº 9.795/1999, define-a como sendo: os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999, cap. 1, art. 1º). Diante dessa definição, propomos que você apresente um texto reflexivo que responda às seguintes questões:

- 1- Quais facilidades e dificuldades você considera que existem ao estudar temáticas socioambientais importantes para a Educação Ambiental aliada à disciplina de Química?
- 2- Como você analisa a produção de alimentos em larga escala em relação às tecnologias agrícolas necessárias?

## Exercícios

1. (UFPB - 2009) Visando combater a fome no mundo, as sociedades humanas desenvolveram a capacidade de produzir mais alimentos, surgindo, assim, as indústrias de fertilizantes, adubos artificiais, herbicidas e pesticidas, os dois últimos conhecidos por agrotóxicos. Sobre as empresas agrícolas que utilizam agrotóxicos para aumentar a produtividade, é correto afirmar:

- a) Essas empresas estimulam o aumento da produção agrícola e barateiam o preço dos alimentos no mundo.
- b) Essas empresas atuam em parceria com os pequenos produtores rurais e seus sistemas tradicionais de uso da terra.
- c) Essas empresas são as que menos poluem, pois localizam-se em áreas rurais, distantes das áreas urbanas.
- d) Essas empresas estimulam a competitividade, a concentração de terras e a migração campo-cidade.
- e) Essas empresas fixam os trabalhadores no campo e contribuem para a melhoria da qualidade de vida nas áreas rurais.

2. (IFSudMinas - 2013-1) No filme "O veneno está na mesa", o documentarista Silvio Tandler mostra que o Brasil está envenenando diariamente sua população a partir do uso abusivo de agrotóxicos nos alimentos. Em um ranking para se envergonhar, o brasileiro é o que mais consome agrotóxico em todo o mundo, sendo 5,2 litros a cada ano por habitante. As consequências, como mostra o documentário, são desastrosas.

SCARSO. A. O brasileiro come veneno. Disponível em: <<http://www.brasildefato.com.br/node/6965>>.

Acesso: 13/09/2012.

Sobre a agricultura brasileira atual, considere as afirmações:

I. O uso de agrotóxicos é bastante intenso nos cultivos voltados à exportação, colocando em risco a contaminação humana, além das águas e matas.

II. A agricultura brasileira, mesmo com o passar dos anos, mantém uma estrutura marcada pela concentração da propriedade.

III. A produção agropecuária brasileira destinada à exportação é realizada majoritariamente através de latifúndios monocultores.

Assinale a opção CORRETA:

- a) Todas estão corretas.
- b) Todas estão incorretas.
- c) Apenas I e II estão corretas.
- d) Apenas II e III estão corretas.
- e) Apenas a III é correta.

#### PROCEDIMENTOS DE ENSINO

A disciplina se desenvolverá com uma combinação de diversas técnicas de ensino: aula expositiva, leitura de textos, resolução de exercícios, trabalho em grupos, aulas simuladas, seminário, produção de texto.

#### ESTRATÉGIAS DE APRENDIZAGEM

Visando atingir os objetivos educacionais deverão ser realizadas as seguintes atividades:

A. Responder a atividade 2

B. Elabore um texto reflexivo sobre o filme "O veneno está na mesa".

C. Fazer os exercícios 1 e 2;

D. Elaborar um trabalho a partir da consulta aos artigos da Revista Química Nova na Escola relacionados com a Política Nacional de Educação Ambiental e com a chamada Revolução verde;

RECURSOS (humanos, técnicos e materiais necessários para o ensino).

Recursos: Textos impressos preparados para acompanhamento de leitura de referências bibliográficas básicas. Sistema de Comunicação em rede; impressão; material de consumo; multimídia.

#### BIBLIOGRAFIA BÁSICA

ATKINS. P. W., JONES. L. Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente. Editora Bookman. 2001.

BRASIL. Política Nacional de Educação Ambiental, Lei 9795. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 de abr. 1999. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm) Acesso em: 05. 08. 2022.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

KOTZ, J. C.; TREICHEL JR., P. Química e reações químicas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 4ª ed., 2002.

LAZZARI, F. M.; SOUZA, A. S. Revolução Verde: Impactos sobre os conhecimentos tradicionais. In: Congresso Internacional de Direito e Contemporaneidade: mídias e Direitos da sociedade em rede, 08 a 10 de novembro de 2017, Santa Maria-RS.

OCTAVIANO, C. Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde. Revista ComCiência n.120 Campinas, 2010. Disponível em < <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=58&id=730>> Acesso em: 29 de agosto de 2021.

VYGOTSKY, L.S. Obras Escogidas, Vol. III. Madrid: Visor, 1995

VIGOTSKI, Lev S. A formação social da mente. 7.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

## **Aula 2: Histórico e aspectos relevantes sobre os agrotóxicos**

Ficha de identificação da Aula

Tema: Agrotóxico e toxicologia - Aspectos histórico e relevantes sobre os agrotóxicos

Turma: 1ª à 3ª série do Ensino Médio Regular

Carga Horária da aula: 3 aulas

### **OBJETIVOS**

Para atender competências e habilidades previstas na legislação educacional brasileira, após o estudo desta disciplina, o aluno deverá ser capaz de:

- Conhecer como se deu o uso dos agrotóxicos;
- Compreender a origem química das substâncias dos agrotóxicos;
- Entender como as relações físico-químicas e as interações intermoleculares estão relacionados a prejuízos associados ao ambiente e ao organismo.

## **Ficha de Identificação da Aula**

Área do conhecimento: Ciências da Natureza

Competências e Habilidades - Base Nacional Comum Curricular:

- Competências 1
- Habilidade: (EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.
- Competência 2
- Habilidade: (EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).



## CONCEITOS GERAIS E QUÍMICOS (ESPECÍFICOS)

UNIDADE 1: Um breve histórico da produção de agrotóxicos.

UNIDADE 2: Os agrotóxicos de origem natural.

UNIDADE 3: Os agrotóxicos de origem sintética.

UNIDADE 4: Características físico-químicas em relação ao Ambiente.

UNIDADE 5: Características físico-químicas em relação ao Organismo.

UNIDADE 6: Principais interações intermoleculares.

## CONTEÚDO RELACIONADO AO TEMA

O primeiro agrotóxico a ser sintetizado foi o diclorodifeniltricloroetano (DDT), em 1873 ou 1874, por Othmar Zeidler. Logo após o pesquisador suíço Paul descobriu suas propriedades inseticidas (ZAMBRONE, 1986). O DDT foi utilizado na Segunda Guerra Mundial para a prevenção de Febre tifóide nos soldados. Após a Segunda Guerra Mundial a indústria química teve grande desenvolvimento e com ela os inseticidas sintéticos. A produção em larga escala se deu início em meados de 1945 e foi muito utilizado na agricultura como agrotóxico, por cerca de 25 a 30 anos (D' AMATO *et al.*, 2002). O DDT também foi muito utilizado no Brasil para o controle de doenças como malária e leishmaniose visceral.

O problema surgiu quando o DDT, à semelhança de todos os organoclorados, reduziu sua eficácia, obrigando o uso de dosagens cada vez maiores. Por esse motivo, procurou-se desenvolver, em grandes laboratórios especializados, fórmulas que se caracterizavam por maior eficácia e maior biodegradabilidade (TURK, 1989 apud FLORES *et al.*, 2004). A Suécia foi o primeiro país do mundo a banir<sup>1</sup> o DDT e outros inseticidas organoclorados, em 1º de janeiro de 1970, com base em estudos ecológicos (D' AMATO, TORRES; MALM *et al.*, 2002).

---

<sup>1</sup> Agrotóxicos são banidos por uma causa ecológica, no sentido do cuidado com a cadeia alimentar. E a palavra banir é neste aspecto pertinente devido ao poder de contaminação ambiental dessas substâncias, o que resulta na biodegradabilidade. Estudos ecológicos associados à agroecologia se fazem necessários quando se nota as degradações ambientais. Não que não deve haver agricultura, mas é importante pensar de que maneira a agricultura pode estar relacionada com o ecossistema, agroecológico. Na agroecologia, a preservação dos agroecossistemas é o primeiro princípio utilizado para produzir autorregulação e sustentabilidade. (ALTIERI, 2004)

São considerados agrotóxicos, de acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (PERES; MOREIRA, 2003):

[...] qualquer substância ou mistura de substâncias utilizadas para prevenir, destruir ou controlar qualquer praga – incluindo vetores de doenças humanas e animais, espécies indesejadas de plantas e animais, causadoras de danos durante (ou interferindo na) produção, processamento, estocagem, transporte ou distribuição de alimentos, produtos agrícolas, madeira e derivados – ou que deva ser administrada para o controle de insetos, aracnídeos e outras pestes que acometem os corpos de animais de criação. (PERES; MOREIRA, 2003)

Os índices que apontam o crescimento da quantidade de agrotóxicos e fertilizantes utilizada pelos produtores são superiores aos registrados pelo crescimento da própria produção agrícola, constituindo-se aqui uma das principais distorções da modernização agropecuária brasileira (ELIAS, 2003).

A Lei n.º 4.829/65 institucionaliza o crédito rural:

Art. 2º Considera-se crédito rural o suprimento de recursos financeiros por entidades públicas e estabelecimentos de crédito particulares a produtores rurais ou a suas cooperativas para aplicação exclusiva em atividades que se enquadrem nos objetivos indicados na legislação em vigor. Art. 3º São objetivos específicos do crédito rural: I - estimular o incremento ordenado dos investimentos rurais, inclusive para armazenamento beneficiamento e industrialização dos produtos agropecuários, quando efetuado por cooperativas ou pelo produtor na sua propriedade rural; II - favorecer o custeio oportuno e adequado da produção e a comercialização de produtos agropecuários; III - possibilitar o fortalecimento econômico dos produtores rurais, notadamente pequenos e médios; IV - incentivar a introdução de métodos racionais de produção, visando ao aumento da produtividade e à melhoria do padrão de vida das populações rurais, e à adequada defesa do solo. (BRASIL, 1965, P.1)

Em consonância com a lei, nas décadas de 60 e 70, surge a Revolução Verde<sup>2</sup> com o intuito de aumentar a produtividade agrícola, o que, no pensamento da época, resolveria o problema da fome nos países em desenvolvimento, como o Brasil. Assim, ocorreu o aumento da importação desses produtos químicos, indústrias de agrotóxicos e estímulo do próprio governo, que por meio de um crédito rural, o qual só era concedido após a compra da semente juntamente com o agrotóxico e fertilizante, foi o grande impulso para que o consumo dessas substâncias químicas fosse ainda mais comercializado.

---

<sup>2</sup> A Revolução Verde baseou-se fortemente em elementos como a modificação genética de sementes, mecanização da produção, uso intensivo de produtos químicos (agrotóxicos) e produção massificada de produtos iguais como forma de otimizar a produção. (OCTAVIANO, 2010)

No Brasil, os agrotóxicos foram conceituados e passaram a serem regulados pela Lei n.º 7.802/89, na qual considera agrotóxico no Art. 2º:

[...] 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. (BRASIL, 1989, p.1)

De acordo com Filho e Melo (p. 2, 2012) "hoje no Brasil se usa não dois quilos de defensivos agrícolas por hectare, mas quase cinco quilos por cada habitante". Ou seja, ao invés de utilizar a tecnologia atual para melhoramento dessas substâncias químicas de maneira que não venham atingir fortemente o meio ambiente e a sociedade, estão usando ainda mais que décadas atrás.

O Dossiê Abrasco (CARNEIRO et al., 2012) traz um dado da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, que diz que na safra de 2010/2011, a venda de agrotóxicos no Brasil movimentou 936 mil toneladas, gastando 3 bilhões de dólares, o que corresponde a quase 20% de todo o gasto mundial, deixando em segundo lugar os Estados Unidos, com uma participação de 17% no mercado global.

De acordo com Pedro (2008):

O impacto que cada agrotóxico promove sobre a biota do solo varia de acordo com as características do produto, as características físicas do ambiente e o tipo de microflora associada. A meia-vida dos agrotóxicos no solo e o risco de contaminação do lençol freático dependem, também, da interação desses diferentes fatores e das vias de degradação do agrotóxico. (PEDRO, 2008, p. 6)

“Em relação à água, embora a agricultura seja apenas uma das inúmeras fontes não-pontuais de poluição, ela geralmente é apontada como a maior contribuinte de todas as categorias de poluentes” (EDWIN, 1996).

Uma vez na água, dependendo das características físico-químicas, o resíduo do agrotóxico pode tanto se ligar ao material particulado em suspensão como se depositar no sedimento do fundo ou ainda ser absorvido pelos organismos. Quando absorvidos, poderão ser detoxificados ou acumulados e, neste último

caso, entrar na cadeia alimentar, atingindo também o homem. (EDWARDS, 1973; NIMMO, 1985; HAMILTON e CROSSLEY, 2004; ZHOU et al., 2006).

Ainda de acordo com o Dossiê ABRASCO (CARNEIRO et al., 2012, p.59):

[...] o documento da Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva (ABRASCO) menciona como manifestações de intoxicação crônica: efeitos neurotóxicos retardados, alterações cromossomiais, lesões hepáticas e renais, neuropatias periféricas, disfunções cardíacas, dermatites de contato, asma brônquica, Doença de Parkinson, teratogêneses, diversos tipos de câncer, fibrose pulmonar, hipersensibilidade, deixando em aberto a relação de outras consequências menos comuns ou menos estudadas.

Os processos de transformação e degradação dos agrotóxicos no solo dependem tanto das características do próprio solo como das características físico-químicas das substâncias (FLORES et al., 2004. p.114). Moléculas de elevada massa molar, contendo halogênios e/ ou anéis aromáticos condensados, como é o caso dos agrotóxicos organoclorados, são mais persistentes<sup>3</sup> (MUSUMECI, 1992; ANDRÉA, 2004 apud FLORES et al., 2004, p.114).

---

<sup>3</sup> Por definição, a palavra **persistente**, em estudos ecológicos, se refere a “substância capaz de poluir que permanece ativa no ambiente, sem se degradar”. (DICIO, 2018)

**Quadro 1:** Informações sobre o comércio de agrotóxicos organoclorados no Brasil.

<b>AGROTÓXICOS ORGANOCLORADOS</b>	<b>BREVE HISTÓRICO</b>
DRINS (Aldrin e Eldrin)	Aldrin e endrin foram formulados no estado de São Paulo entre 1977 a 1990. Entre 1961 a 1982 um total de 17 mil t de aldrin e endrin foram importados. Recentemente, entre 1989 a 1995, 300 t de aldrin foram importadas, enquanto que entre 1997 a 1998 essa cifra caiu para 0,02t.
DDT (Diclorodifeniltricloroet ano)	Início da produção na década de 50. Entre 1959 a 1982, 75,5 mil t de DDT 100% foram produzidos e entre 1959 a 1975 as importações atingiram 31,3 mil t. Segundo o MDIC <sup>4</sup> , entre 1989 a 1991 foram importadas 3.2 mil t de DDT, enquanto que entre 1996 a julho de 2003, este valor foi de 7059 kg. Atualmente uma das possíveis fontes de DDT para o meio ambiente é a produção do pesticida dicofol, o qual pode conter DDT como impureza.
HEPTACLORO	É provavelmente a STP <sup>5</sup> mais ativa no Brasil. Entre 1955 a 1982, 4,7 mil t foram importadas, mas não se tem informação da existência de produção nacional. Segundo o MDIC, entre 1989 a julho de 2003 o total importado foi de 1,7 mil t.
HCH (hexaclorocicloex ano)	A produção no Brasil foi iniciada em 1955. Entre 1955 a 1982 o total produzido foi de 18,4 mil t de HCH 100% e no mesmo período o total importado foi de 6,5 mil t. O lindano isolado de seus isômeros também foi comercializado desde a década de 60. Entre 1961 a 1982, o Brasil importou 900 t, enquanto entre 1996 a julho de 2003 o total foi de 600 t. O lindano ainda tem seu uso permitido no Brasil para preservação de madeiras.
ENDOSSULFAN	Os dados históricos mostram que a importação se iniciou na década de 60 e que entre 1962 a 1982 o total importado foi de 6,6 mil t. Mais recentemente, entre 1989 a 2003 a importação atingiu 11,7 mil t. Segundo relatório do IBAMA, o total consumido de endossulfan entre 200-2003 foi de 16038 t. Essa diferença entre os dados do IBAMA e do MDIC se deve provavelmente aos códigos de importação que, provavelmente, utilizam mais de um código para a mesma substância de agrotóxicos.
PCP (Pentaclorofenol)	Ainda tem seu uso permitido no Brasil como preservante de madeira. Pentaclorofenol e seu sal pentaclorofenaco de sódio foram produzidos no Brasil a partir do fim da década de 60. Segundo o CDI, o total produzido do PCP e seu sal até 1982 foi de 22,2 mil t, enquanto a importação neste período foi bem inferior, atingindo 2,0 mil t. Segundo o MDIC, 2,3 t de PCP e seu sal foram importadas desde 1989 a julho de 2003.

**Fonte:** Adaptado de Almeida (2007).

<sup>4</sup> Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC).

<sup>5</sup> Substância Tóxica Persistente (STP).

### 3.1 Origem Química dos Agrotóxicos

As pragas existem há milhares de anos, e o ser humano busca ao longo dos séculos, formas de combater essas adversidades naturais. De acordo com Braibante e Zappe (2012, p. 11) em 2500 a.C., os sumérios utilizavam o enxofre no combate a insetos. O piretro, oriundos das folhas secas de plantas do gênero *Chrysanthemum cinerariaefolium* (figura 1), era utilizado desde 400 a.C., para controlar piolhos.

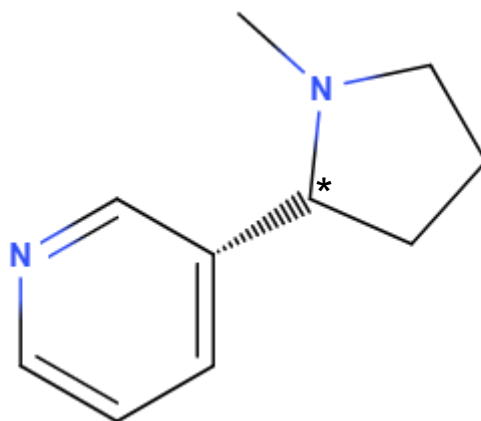


**Figura 1:** A flor mais mortal no mundo dos insetos é uma tábua de salvação para os agricultores – e para o planeta.

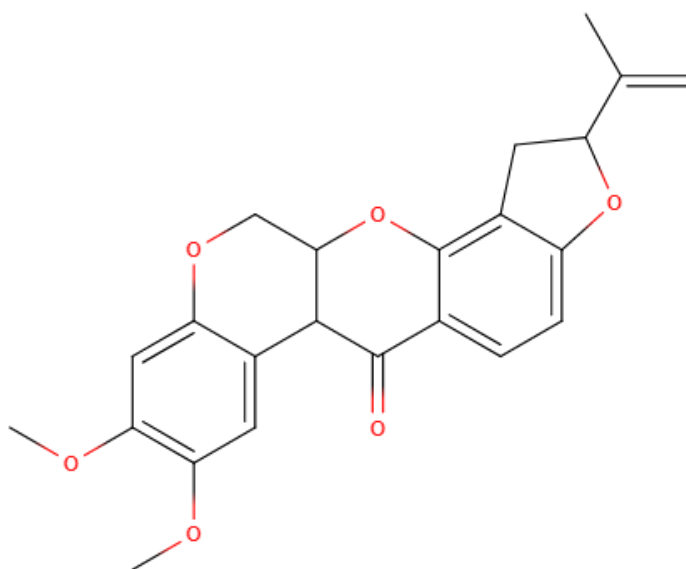
Fonte: Kushner, 2021. Disponível em: <<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/the-deadliest-flower-in-the-insect-world-is-a-lifeline-to-farmersand-the-planet>>

Já no século XVII, em decorrência do desenvolvimento da agricultura, novas pragas agrícolas surgiram e também se dá início a necessidade da utilização de agrotóxicos em larga escala. No final do século XIX, “foram sintetizados diversos compostos a fim de controlar diferentes pragas” (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012, p. 11).

Compostos orgânicos (presentes em materiais botânicos) de origem vegetal como o piretro, citado anteriormente, foram utilizados no combate às pragas. Outros exemplos de inseticidas naturais orgânicos são a nicotina (figura 2) e a rotenona (figura 3).

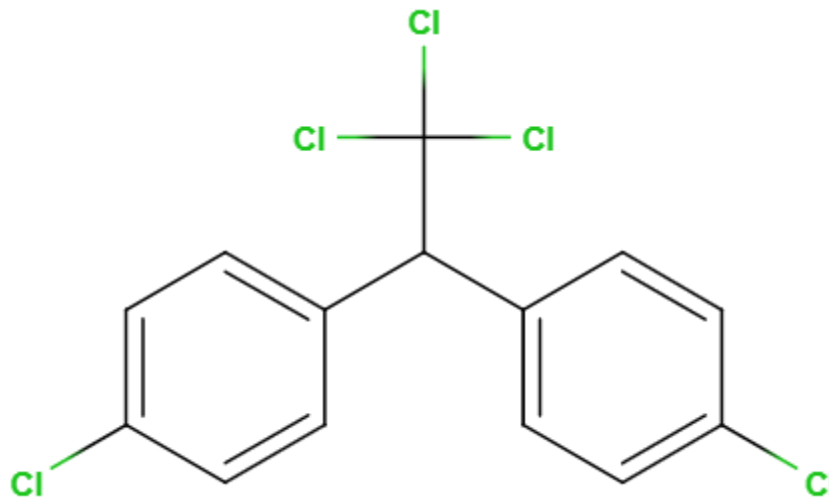


**Figura 2:** Fórmula estrutural da nicotina (*Nicotiana tabacum*).  
Fonte: MolView. Disponível em: <https://molview.org>. Acesso em: 07/02/2023



**Figura 3:** Fórmula estrutural da rotenona (isolada das raízes de *Derris elliptica*, planta comum na Malásia e na Indonésia, e de espécies de *Lonchocarpus*, existentes na África e América do Sul).  
Fonte: MolView. Disponível em: <https://molview.org>. Acesso em: 07/02/2023

Os agrotóxicos de origem sintética passaram a ser sintetizados e utilizados de maneira mais expansiva em meados de 1940, no decorrer da Segunda Guerra Mundial, “com o intuito de salvaguardar os soldados das regiões tropicais e subtropicais da África e da Ásia, das pragas transmissoras da doença-do-sono, malária, dentre outras” (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012, p. 12). Como já citado acima, uma das descobertas mais importantes foi a atividade inseticida do 1,1,1-tricloro-2,2-di(*p*-clorofenil) etano (Figura 4) em 1939, conhecido como DDT.



**Figura 4:** Fórmula estrutural do DDT

Fonte: MolView. Disponível em: <https://molview.org>. Acesso em: 07/02/2023

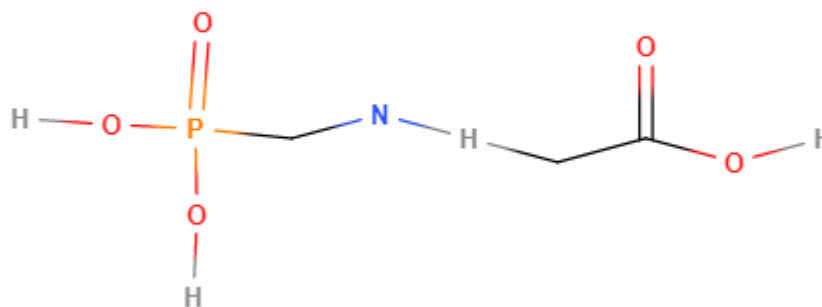
O DDT, na classificação dos agrotóxicos, é considerado um organoclorado devido a presença de carbono, hidrogênio e cloro em sua estrutura. De acordo com Braibante e Zappe (2012, p. 12):

As principais características dos organoclorados são: insolubilidade em água; solubilidade em líquidos apolares como éter, clorofórmio e, conseqüentemente, em óleos e gorduras, o que ocasiona o acúmulo do DDT no tecido adiposo dos organismos vivos; e alta estabilidade, pois demora muitos anos para ser degradado na natureza devido à baixa reatividade das ligações químicas presentes no composto em condições normais.

Assim, em consequência dessa alta estabilidade e, conseqüentemente, alto tempo de permanência no ambiente, houve a necessidade da síntese de compostos organofosforados e carbamatos.

Os organofosforados podem conter em sua estrutura elementos como carbono, hidrogênio, oxigênio, enxofre, nitrogênio e fósforo. Essas substâncias foram sintetizadas por volta dos anos de 1930 e 1940 para serem utilizadas inicialmente como armas químicas durante a Segunda Guerra Mundial. Essas substâncias possuem grau de toxicidade aguda, sendo ainda maior do que a toxicidade dos organoclorados, no entanto, seu tempo de persistência no ambiente é menor, em consequência dessa rápida degradação, é necessário maior número de aplicações do agrotóxico para a mesma eficácia dos organoclorados.





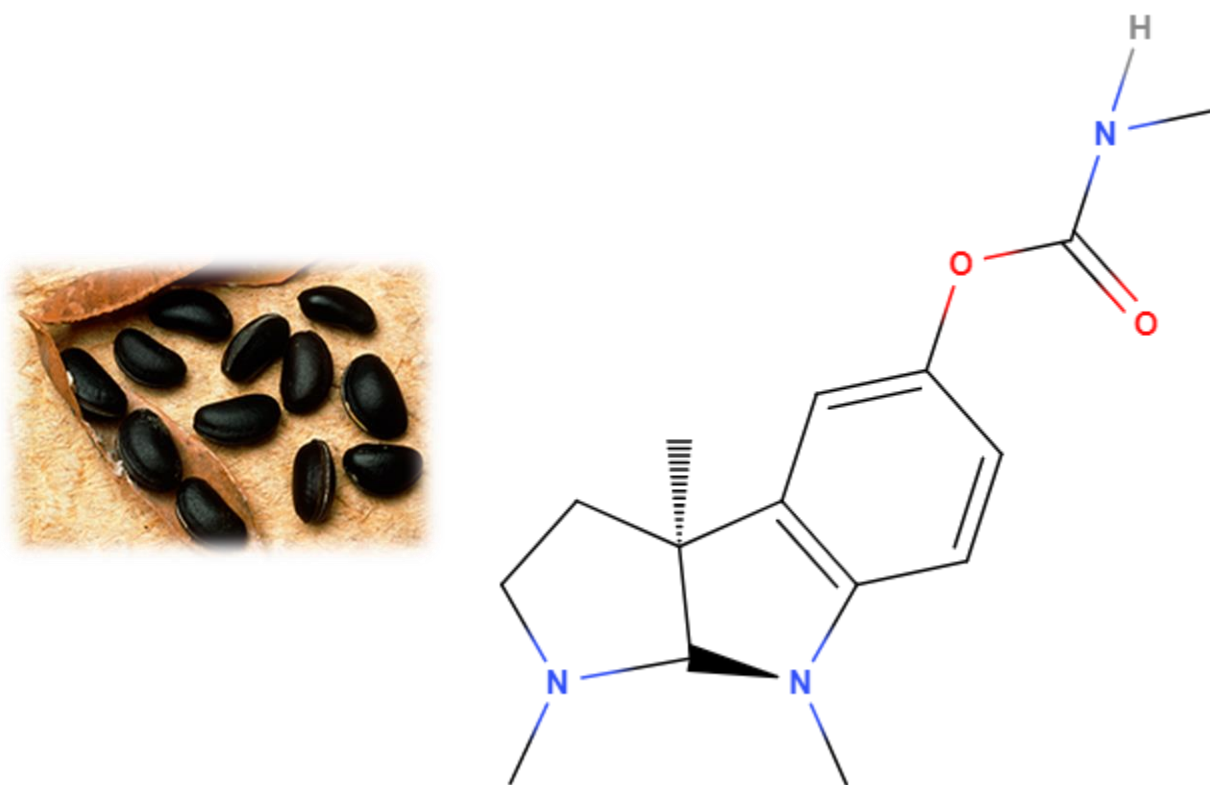
**Figura 5:** Estrutura do agrotóxico organofosforado Glifosato.  
Fonte: MolView. Disponível em: <https://molview.org>. Acesso em: 07/02/2023

O herbicida glifosato (figura 5) e os inseticidas malation, paration e dissulfoton são alguns exemplos de compostos organofosforados (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012, p. 12). Sua estrutura apresentará ésteres, amidas ou derivados tiol dos ácidos de fósforo (ácido fosfórico, ácido tiofosfórico, ácido ditiofosfórico e outros), contendo várias combinações de carbono, hidrogênio, oxigênio, fósforo, enxofre e nitrogênio. Os organofosforados possuem vários grupos segundo sua estrutura, estando entre os mais numerosos os fosfatos (diclorvos), fosforotioatos (fenitrothion, temephos) e fosforoditioatos (malathion, dimetoato).

São biodegradáveis, com um tempo de persistência no solo de 1 a 3 meses. O principal meio de degradação no ambiente parece ser a hidrólise sob condições de alcalinidade. Muitos inseticidas organofosforados são instáveis em pH menor que 2, sendo a maioria mais estável na faixa de pH do ambiente (pH 3-6). É importante que estes compostos sejam estáveis em pH neutro, por causa de suas formulações em óleos concentrados, solventes miscíveis em água, grânulos inertes, para aplicação direta ou após dispersão em água.

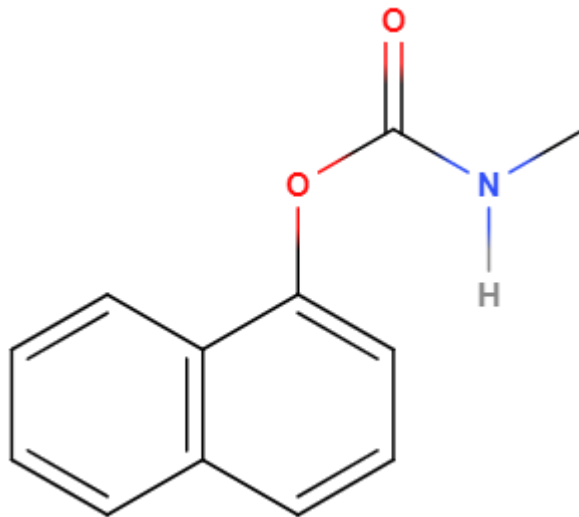
Em algumas circunstâncias do processo de oxidação de fosforotioatos, por serem mais voláteis e tóxicos, podem transformar-se em fosfatos, resultando em composto potencialmente perigoso. Isto pode ocorrer quando os praguicidas são armazenados sob altas temperaturas. Também, uma isomerização associada com perigo tóxico tem sido observada durante a estocagem de algumas formulações de malathion, particularmente sob condições climáticas quentes e úmidas, tornando-o notavelmente potencializado.

Já os carbamatos tiveram origem devido ao uso da planta *Physostigma venenosum* (figuras 6 e 7), oriunda do oeste da Ásia é conhecida como feijão-de-calabar.



**Figura 6 e 7:** *Physostigma venenosum*: planta e estrutura.  
Fonte: MolView. Disponível em: <https://molview.org>. Acesso em: 07/02/2023

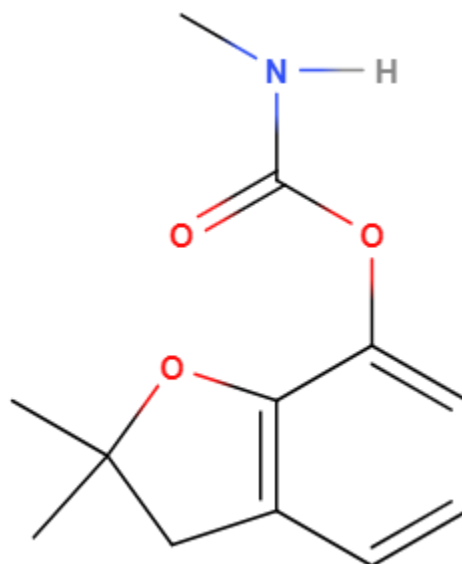
Na metade do século XIX, foi isolado o composto responsável pelos efeitos medicinais e tóxicos dessa planta, a qual apresentava o grupo carbamato (Braibante e Zappe, 2012, p. 12). Os compostos do grupo carbamato mais utilizados hoje são o carbaril (figura 8), o carbofuran (figura 9) e o aldicarb (figura 10).



**Figura 8:** Carbaril

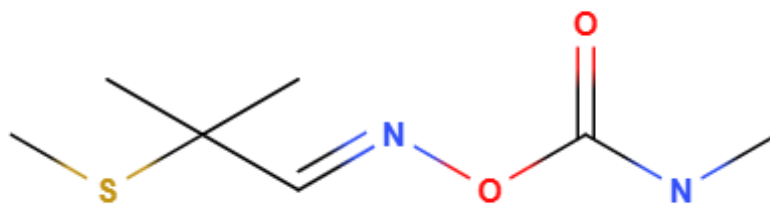
Fonte: MolView. Disponível em: <https://molview.org>. Acesso em: 07/02/2023

São praguicidas orgânicos derivados do ácido carbâmico. Três classes de carbamatos são conhecidos: carbamatos inseticidas (e nematicidas), carbamatos herbicidas e carbamatos fungicidas. Os carbamatos usados como inseticidas (e nematicidas) são derivados do éster de ácido carbâmico.



**Figura 9:** Carbofuran

Fonte: MolView. Disponível em: <https://molview.org>. Acesso em: 07/02/2023



**Figura 10:** Aldicarb

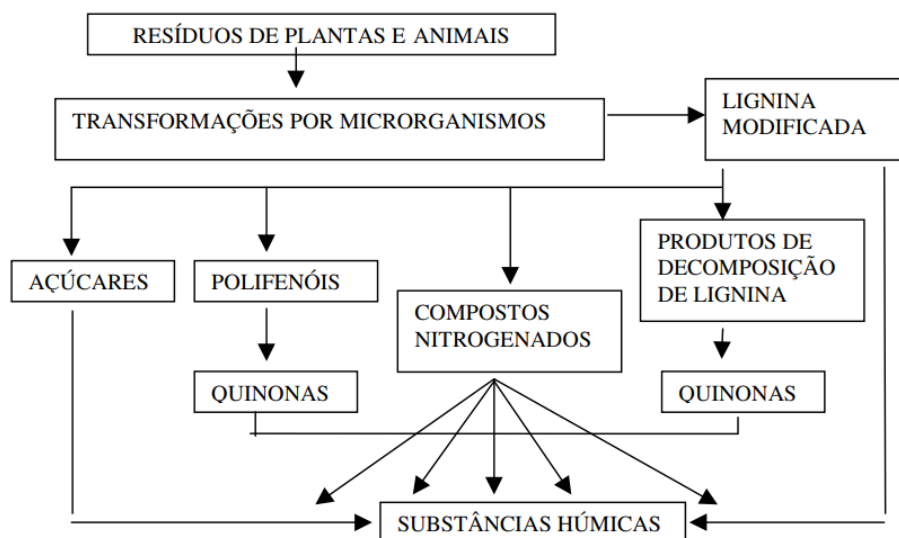
Fonte: MolView. Disponível em: <https://molview.org>. Acesso em: 07/02/2023

Em geral, são compostos instáveis. Muitos fatores influenciam a degradação dos carbamatos, como a umidade, temperatura, luz, volatilidade. Carbamatos são metabolizados por microrganismos, plantas e animais ou degradados na água e no solo, especialmente em meio alcalino. Ocorre decomposição com a formação de amônia, amina, dióxido de carbono, fenol e álcoois.

### **3.2 Características Físico-Químicas dos Agrotóxicos em relação ao Ambiente e ao Organismo**

Após a aplicação dos agrotóxicos, vários processos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos determinam seu comportamento. A destinação e permanência dessas substâncias “se dará através de processos como retenção (sorção), transformação (fotólise, hidrólise, oxidação-redução, e degradação biológica), transporte (deriva, volatilização, lixiviação, escoamento superficial)” (REGITANO; BONFLEUR, p. 78).

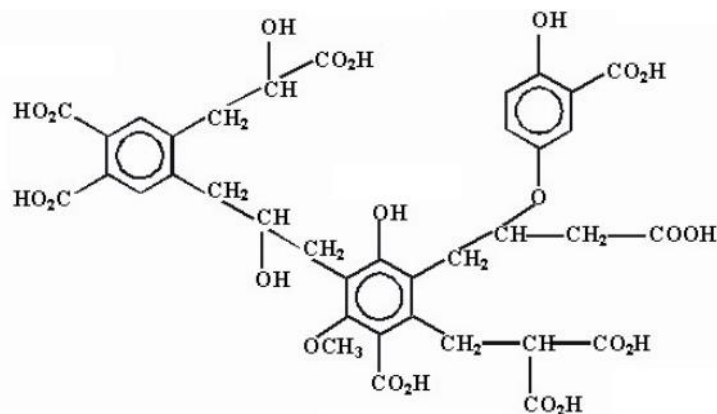
A adsorção é um processo que elucidada a interação de substâncias húmicas com os agrotóxicos. Substâncias húmicas (SH) são formadas pela degradação química e biológica de resíduos de plantas, animais e atividades microbianas, possuem grupos carbonila e fenólicos que contribuem para a compensação da troca iônica (figura 11).



**Figura 11:** Etapas de formação das SH na natureza.  
Fonte: VAZ (2006, p. 2)

De acordo com Vaz (2016, p. 5) “as SH presentes nas águas, atuam como despoluidores naturais”. Santos e Paes (2016, p. 4) explicam que:

Os grupos funcionais distintos presentes nas substâncias húmicas, tais como carbonilas e hidroxilas fenólicas, fazem com que elas assumam um comportamento polieletrólítico, atuando como agentes complexantes de diversos íons metálicos; são também capazes de adsorver diversos poluentes orgânicos, como pesticidas, diminuindo assim a concentração desses materiais no ambiente (SANTOS; PAES, 2016, p. 4).



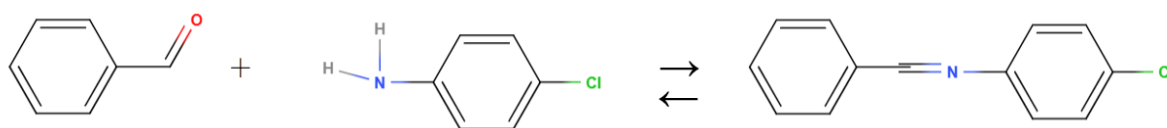
**Figura 12:** Modelo geral de estrutura de SH, evidenciando os principais tipos de grupos funcionais.  
Fonte: VAZ (2006, p. 2)

Sendo assim, a amplitude da adsorção citada acima vai depender da quantidade de SH (figura 12) disponível e do agrotóxico e suas interações físico-químicas. A força das interações auxilia na determinação da intensidade da poluição ou toxicidade associada ao uso dessas substâncias em solos, rios e posterior a isso

observar a possibilidade de os produtos dessas reações serem contaminantes que se tornem seres patogênicos prejudiciais à saúde ou substâncias nocivas ao ser humano.

Os agrotóxicos interagem com a matéria húmica por diferentes meios, sendo a mais fraca delas as forças de London. “As forças de van der Waals também se mostram como interações fracas devido à instabilidade dos dipolos advindos dos dipolos momentâneos provocados por desarranjos dos movimentos eletrônicos.” (FRANCISCO, 1996, p. 20).

As ligações covalentes se mostram mais fortes em relação às outras devido ao fato de que elas ocorrem pelo compartilhamento de par de elétrons e no caso dos organoclorados, observou-se que a liberação de íons cloro, presentes nas moléculas de agrotóxicos, propicia estabilidade das ligações entre os clorofenóis e as SH, permitindo, dessa forma, que a ligação entre a matéria húmica e os agrotóxicos se tornem irreversíveis (figura 12).



**Figura 13:** Ligação covalente entre substância húmica e cloroanilina.  
Fonte: MolView. Disponível em: <https://molview.org>. Acesso em: 07/02/2023

A transformação de um pesticida no solo pode ocorrer desde a remoção de um átomo até a completa mineralização da molécula e é governada por fatores abióticos (transformação química e fotólise) e bióticos, ou seja, biodegradação (REGITANO e BONFLEUR, p. 78).

A natureza e a intensidade das forças intermoleculares têm grande influência sobre várias propriedades dos compostos orgânicos, tais como, temperatura de ebulição, temperatura de fusão e solubilidade em determinado solvente (CANELLAS; SANTOS, 2005). O quadro 2 elucida as principais interações intermoleculares.

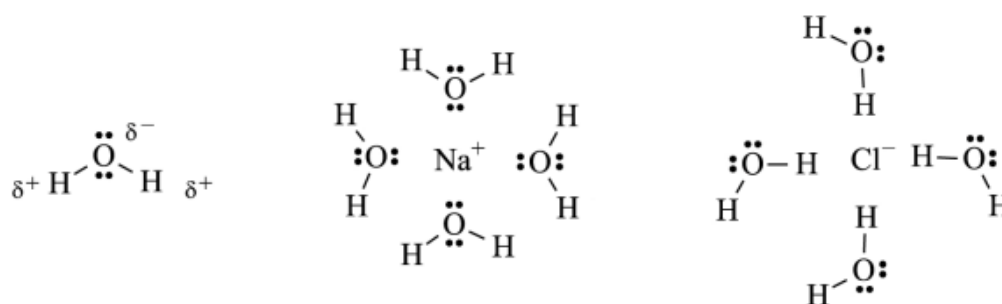
**Quadro 2:** Principais interações intermoleculares.

Tipos de interação	Força relativa	Espécies envolvidas
Íon-dipolo	Forte	Íons e moléculas polares
Dipolo-dipolo	Moderadamente forte	Moléculas polares
Dipolo-dipolo induzido	Muito fraca	Molécula polar e outra apolar
Dipolo instantâneo - dipolo induzido	Muito fraca*	Qualquer tipo de molécula incluindo as apolares
Ligação de hidrogênio	Forte	Moléculas que possuem H ligado a elemento bastante eletronegativo

*\*Se houver aumento da superfície de contato, pode haver também o aumento da intensidade entre as interações*

Fonte: Canellas e Santos, 2005, p. 276.

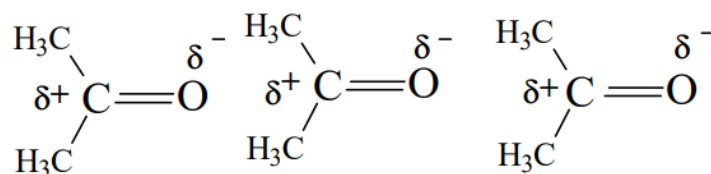
Interação íon-dipolo: “essa interação acontecerá por atração eletrostática e quando os compostos iônicos são dissolvidos em solventes polares, como água ou etanol” (figura 14) (CANELLAS; SANTOS, 2005, p. 276).



**Figura 14:** Moléculas dissolvidas em água, hidratadas.  
Fonte: Canellas e Santos, 2005, p. 276.

*Interação dipolo-dipolo:* estas atrações chamadas dipolo – “dipolo forçam as moléculas a se orientarem de modo que a extremidade positiva de uma molécula é

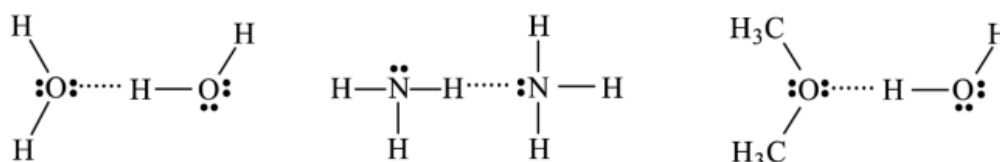
direcionada para a extremidade negativa da outra”, conforme a figura 15. (CANELLAS; SANTOS, 2005, p. 276).



**Figura 15:** Modelo de potencial eletrostático para moléculas de acetona mostrando como elas podem se alinhar de acordo com as características de suas regiões parcialmente positivas e parcialmente negativas (Interação dipolo - dipolo)  
Fonte: Canellas e Santos, 2005, p. 276.

*Interação dipolo-dipolo:* atrações dipolo – dipolo muito fortes ocorrem entre átomos de hidrogênios ligados a átomos pequenos e fortemente eletronegativos (O, N ou F) e pares de elétrons não– ligantes de outros átomos. Esse tipo de força intermolecular é chamado ligação hidrogênio (CANELLAS; SANTOS, 2005).

A ligação hidrogênio é mais fraca que uma ligação covalente comum, porém muito mais forte do que, por exemplo, as interações dipolo – dipolo que ocorrem na acetona. A ligação hidrogênio é normalmente representada por uma linha pontilhada. O grupo que possui o átomo de hidrogênio covalentemente ligado é denominado doador de ligação hidrogênio, enquanto o que participa com o par de elétrons livre é denominado aceptor de hidrogênio (CANELLAS; SANTOS, 2005, p. 277).



**Figura 16:** Ligação de hidrogênio  
Fonte: CANELLAS; SANTOS, 2005, p. 277.

Quando houver a possibilidade da ocorrência da ligação de hidrogênio (figura 16), ela será predominante em relação às outras interações intermoleculares.

Em relação a solubilidade, as forças intermoleculares são fundamentais para explicar esse aspecto das substâncias.

A baixa solubilidade em água das substâncias húmicas dá uma ideia da quantidade de forças intermoleculares envolvidas. Para compostos não-iônicos, as características de solubilidade estão relacionadas, sobretudo, com a sua polaridade. Os compostos apolares ou fracamente polares são solúveis



em solventes apolares ou fracamente polares; os compostos altamente polares são solúveis em solventes altamente polares (CANELLAS; SANTOS, 2005, p. 278).

A indústria petroquímica é um exemplo de produção de substâncias que são utilizadas na agricultura. A petroquímica surgiu nos Estados Unidos da América, em meados de 1920. Uma das primeiras aplicações das substâncias de origem petroquímica foram o tolueno e a glicerina utilizados para fabricar bombas durante a Segunda Guerra Mundial. A indústria petroquímica é responsável por grande parte da produção dos agrotóxicos de origem nitrogenada.

A utilização de substâncias com diferentes tipos de interações é um problema quando se analisa da ótica de intoxicação e são tratadas como *desreguladores endócrinos* (DE), caracterizadas assim por interferirem nas funções do sistema endócrino afetando a saúde de animais e/ou de seus progênitos. De acordo com OGA,

[...] esses DE podem interferir no sistema endócrino mediante pelo menos três mecanismos: mimetizando a ação de hormônios naturalmente encontrados nos organismos; bloqueando os receptores hormonais; ou afetando a síntese, o transporte, o metabolismo e a excreção dessas moléculas naturais (OGA, 2014, p. 140).

O autor destaca os inseticidas organoclorados como DDT, DDE, metoxiclor e dieldrinos, PCB, ftalatos e bisfenol-A. Afirma que os efeitos dos DE em humanos foi o aparecimento de câncer, anormalidades em órgãos sexuais, contagem média reduzida de espermatozóides, o aumento da incidência de câncer de mama, nos testículos, de próstata e endometriose (OGA, 2014).

### **Saiba mais**

Leia e comente o artigo: BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A Química dos agrotóxicos. Revista Química Nova na Escola, vol. 34, nº 1, p. 10-15, fevereiro, 2012. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34\\_1/03-QS-02-11.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_1/03-QS-02-11.pdf). Acesso em 19.06.2022.

### **Atividade 3: Análise das Interações Físico-Químicas dos Agrotóxicos.**

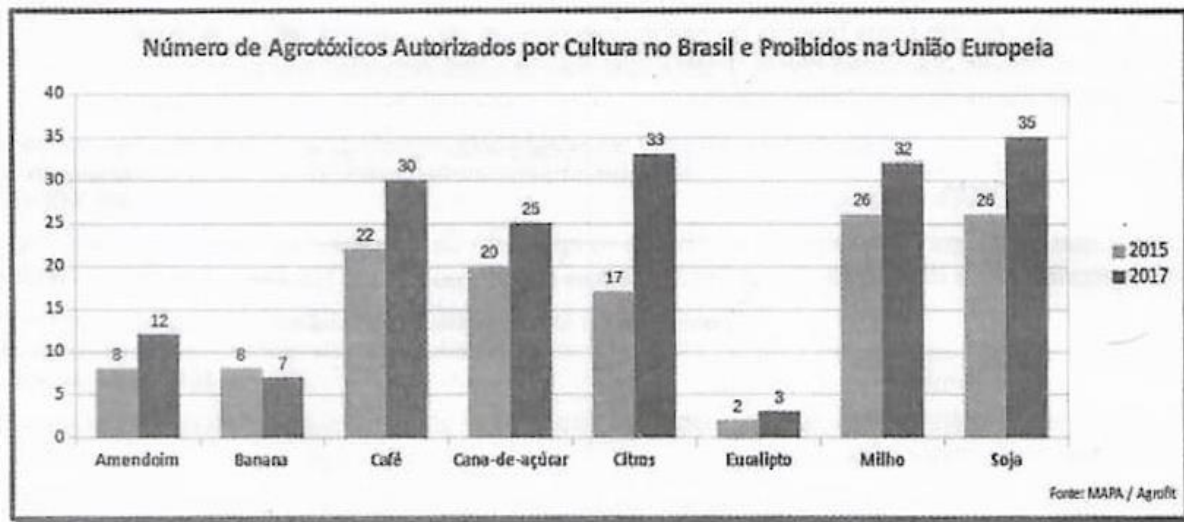
A proposta desta atividade é analisar como e o porquê as interações das substâncias (agrotóxicos) com o organismo humano e o ambiente são consideradas problemáticas.

1. Análise de polaridade das moléculas dos agrotóxicos.
2. Por que algumas substâncias têm maior tempo de permanência e, por consequência, maior tempo de degradação do que as outras.
3. Quando a interação dessas substâncias passa a ser um problema?

Essa análise de polaridade e tempo de permanência e de degradação das substâncias demonstrará o ponto chave dos processos de intoxicação, sendo parte constituinte de aprendizagem e introdutória para o próximo capítulo sobre processos de toxicidade.

## Exercícios

1. (UFRGS - CV/2020 - GEO). Observe o gráfico abaixo.



Adaptado de <https://www.projetoagathaedu.com.br/questoes-vestibular/geografia/economica/agrotoxicos.php>

Sobre o tema, é correto afirmar que:

- O Brasil e a União Europeia apresentam políticas públicas semelhantes com respeito às permissões de agrotóxicos.
- O aumento recente no número de agrotóxicos autorizados no Brasil está relacionado com a adoção de políticas ambientais mais rígidas pelos órgãos estatais brasileiros.
- As commodities apresentam o menor número de agrotóxicos autorizados no Brasil e proibidos na União Europeia.
- Os dados do gráfico refletem a visão de desenvolvimento adotada pelo Brasil, com ênfase em commodities e agrocombustíveis que demandam o uso intensivo de agrotóxicos.
- A adoção de uma política permissiva ao uso de agrotóxicos está ausente no plantio de espécies arbóreas exóticas para exportação brasileira.

2. (UNICAMP- COMVEST - 2017) Assinale a alternativa correta sobre a presença de agrotóxicos e de sementes transgênicas na agricultura brasileira.

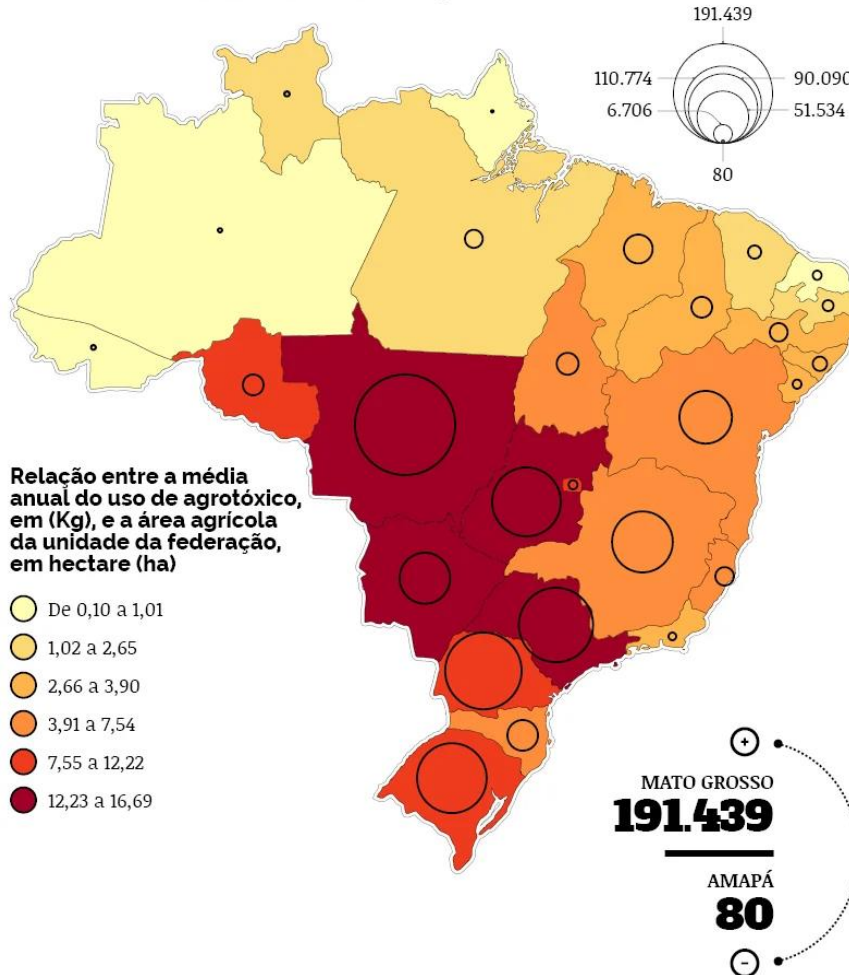
- a) O uso de agrotóxicos e sementes transgênicas associa-se à busca de maior produtividade, sobretudo em áreas de fronteira agrícola.
- b) As sementes transgênicas e o uso de agrotóxicos adequados ampliaram o interesse de países da União Europeia pelos produtos agrícolas brasileiros.
- c) O uso de agrotóxicos no Brasil reduziu a necessidade de aproveitamento das sementes transgênicas nos cultivos agrícolas de grãos no país.
- d) Por ser signatário de acordos internacionais, o Brasil reduziu o uso de agrotóxicos e sementes transgênicas em áreas próximas a mananciais.

3. (UNIVESP - VUNESP - 2018)

## USO DE AGROTÓXICO NO BRASIL

Levantamento mostra os estados que mais usaram agrotóxicos entre 2012 e 2014

Média anual do uso de agrotóxico (em tonelada)



(<https://noticias.uol.com.br>. Adaptado)

A região brasileira que apresenta os maiores indicadores de utilização de agrotóxicos proporcionais à área agrícola corresponde ao

- a) Sul.
- b) Nordeste.
- c) Centro-Oeste.
- d) Norte.
- e) Sudeste.

4. (Fuvest - 2016) É preocupante a detecção de resíduos de agrotóxicos no planalto mato-grossense [Planaltos e Chapada dos Parecis], onde nascem o rio Paraguai e parte de seus afluentes, cujos cursos dirigem-se para a Planície do Pantanal. Em termos ecológicos, o efeito crônico da contaminação, mesmo sob baixas concentrações, implica efeitos na saúde e no ambiente a médio e longo prazos, como a diminuição do potencial biológico de espécies animais e vegetais.

Dossiê Abrasco – Associação Brasileira de Saúde Coletiva, Rio de Janeiro/São Paulo: EPSJV/Expressão Popular, 2012. Adaptado.

Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar:

- a) No Mato Grosso do Sul, prevalece a criação de caprinos nas chapadas, ocasionando a contaminação dos lençóis freáticos por resíduos de agrotóxicos.
- b) No Mato Grosso, ocorre grande utilização de agrotóxicos, em virtude, principalmente, da quantidade de soja, milho e algodão nele cultivados.
- c) Em Goiás, com o avanço do cultivo da laranja transgênica voltada para exportação, aumentou a contaminação a montante do rio Cuiabá.
- d) No Mato Grosso, estado em que há a maior área de silvicultura do país, há predominância da pulverização aérea de agrotóxicos sobre as florestas cultivadas.
- e) No Mato Grosso do Sul, um dos maiores produtores de feijão, trigo e maçã do país, verifica-se significativa contaminação do solo por resíduos de agrotóxicos.

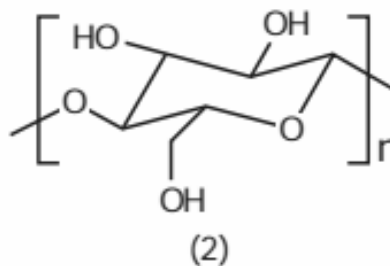
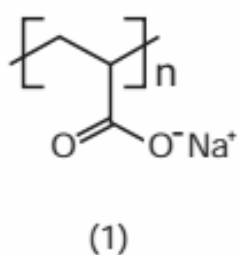
5. (Enem 2016) O carvão ativado é um material que possui elevado teor de carbono, sendo muito utilizado para a remoção de compostos orgânicos voláteis do meio, como o benzeno. Para a remoção desses compostos, utiliza-se a adsorção. Esse fenômeno ocorre por meio de interações do tipo intermoleculares entre a superfície do carvão (adsorvente) e o benzeno (adsorvato, substância adsorvida).

No caso apresentado, entre o adsorvente e a substância adsorvida ocorre a formação de:

- a) Ligações dissulfeto.
- b) Ligações covalentes.
- c) Ligações de hidrogênio.

- d) Interações dipolo induzido – dipolo induzido.
- e) Interações dipolo permanente – dipolo permanente.

6. (Enem 2013) As fraldas descartáveis que contêm o polímero poliacrilato de sódio (1) são mais eficientes na retenção de água que as fraldas de pano convencionais, constituídas de fibras de celulose (2).



A maior eficiência dessas fraldas descartáveis, em relação às de pano, deve-se às

- a) Interações dipolo-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.
- b) Interações íon-íon mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.
- c) Ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às interações íon-dipolo entre a celulose e as moléculas de água.
- d) Ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às interações dipolo induzido-dipolo induzido entre a celulose e as moléculas de água.
- e) Interações íon-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

## PROCEDIMENTOS DE ENSINO

A disciplina se desenvolverá com uma combinação de diversas técnicas de ensino: aula expositiva, leitura de textos, resolução de exercícios, trabalho em grupos, aulas simuladas, seminário, produção de texto.

### **Atividade 4: Inseticida e Herbicida?**

As duas palavras geradoras da atividade são citadas durante todo o aporte teórico. É importante que o estudante, ao final do contato com as bases teóricas, consiga diferenciar inseticida de herbicida.

Herbicida é uma substância utilizada para combater plantas consideradas invasoras e que prejudicam o crescimento e o rendimento da cultura trazendo problemas para a colheita e venda dos produtos. Já o inseticida é utilizado no controle de insetos que podem ser considerados nocivos à plantação e também trazer prejuízos.

As questões norteadoras para esta atividade poderão ser:

1. Conceitue e diferencie inseticida de herbicida.
2. Quais as principais diferenças entre as estruturas das substâncias?
3. Você compreende o uso de inseticida e herbicida como uma necessidade?
4. Você acredita que exista um limite para o uso dessas substâncias?

## ESTRATÉGIAS DE APRENDIZAGEM

Visando atingir os objetivos educacionais deverão ser realizadas as seguintes atividades:

- A. Responder a atividade 3;
- B. Ler o texto reflexivo sobre o artigo "A Química dos agrotóxicos";
- C. Fazer os exercícios 1, 2, 3, 4, 5, 6;
- D. Elaborar um trabalho de consulta no Youtube relacionado com as interações intermoleculares;



RECURSOS (humanos, técnicos e materiais necessários para o ensino).

Recursos: Textos impressos preparados para acompanhamento de leitura de referências bibliográficas básicas. Sistema de Comunicação em rede; impressão; material de consumo; multimídia.

#### BIBLIOGRAFIA BÁSICA

ALMEIDA, F. V. CENTENO, A. J. BISINOTI, M. C. JARDIM, W. F. Substâncias tóxicas persistentes (STP) no Brasil **Química Nova** vol.30 nº.8 São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000800033>> Acesso em: 10 de julho de 2019.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

ATKINS. P. W., JONES. L. Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente. Editora Bookman. 2001.

BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A Química dos Agrotóxicos. **Química Nova na Escola**. Vol. 34, Nº 1, p. 10-15, 2012.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. Humosfera : tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Rio de Janeiro. 309 p.: il. 2005.

CARNEIRO, F. F. PIGNATI, W. RIGOTTO, R. M. AUGUSTO, L. G. S. RIZOLLO, A. MULLER, N. M. ALEXANDRE, V. P. FRIEDRICH, K. MELLO, M. S. C. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: ABRASCO; 2012.

D'AMATO, C.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. DDT (dicloro difenil tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental: uma revisão. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6, p. 995-1002, 2002.

EDWIN, D. O. **Control of water pollution from agriculture. Irrigation and Drainage**. New York, v. 55, p. 1-101, 1996.

ELIAS, D. **Globalização e agricultura: a região de Ribeirão Preto/SP**. São Paulo: Edusp, 2003.

FILHO, M. B. MELO, M. N. T. Alimentação, agrotóxicos e saúde. **Revista Brasileira de Saúde Mater**. Infant. vol.12 no.2 Recife Apr./June 2012 Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-38292012000200001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-38292012000200001)> Acesso em: 30 de junho de 2019.

FLORES, A. V. et al. **Organoclorados: Um Problema de Saúde Pública**. Ambiente & Sociedade. – Vol. VII nº. 2 jul./dez. 2004 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v7n2/24690.pdf>> Acesso em: 10 de julho de 2019.

FRANCISCO, M. S. P.; Estudos espectroscópicos de mecanismos de sorção e reação do herbicida 2,4 – D com substâncias húmicas. Dissertação para a obtenção do título de Mestre em Ciências: Física aplicada. Universidade de São Paulo, São Carlos 1996.

KOTZ, J. C.; TREICHEL JR., P. Química e reações químicas. Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro, 4ª ed., 2002.

OGA, S., CAMARGO, M. A., BATISTUZZO, J. A. O. Fundamentos de toxicologia. 2. ed. São Paulo,. Atheneu, 2014.

OCTAVIANO, C. Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde. **Revista ComCiência** n.120 Campinas, 2010. Disponível em <<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=58&id=730>> Acesso em: 29 de agosto de 2019.

PEDRO, J. **Deteção da citotoxicidade, genotoxicidade e mutagenicidade do inseticida fipronil no organismo teste Allium cepa** / Janaína Pedro. – Rio Claro: [s.n.], 2008 104 f. : il., tabs, gráfs., figs.

PERES, F., MOREIRA, JC., and DUBOIS, GS. **Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema**. In: PERES, F., and MOREIRA, JC., orgs. **É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente** [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003. p. 21-41. ISBN 85-7541-031-8. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

SANTOS, T. L.; PAES, L. W. C. Substâncias Húmicas: um breve relato sobre sua importância e suas interações. **Revista Educação Pública**. 2016. ISSN: 1984-6290. Disponível em: <[cecierj.edu.br](http://cecierj.edu.br)> Acesso em: 20/08/2022.

VAZ, D. O. Estudo das interações de íons metálicos divalentes com ácidos fúlvicos extraídos das águas do Rio Suwanee. Tese (Doutorado em Química). **Centro de Ciências Físicas e Matemáticas**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

ZAMBRONE, F. A. D. Defensivos agrícolas ou agrotóxicos? Perigosa família. **Ciência hoje**. São Paulo, v. 4, n. 22, p. 44-48, 1986.

## Aula 3: Toxicologia

### Ficha de Identificação da Aula

Área do conhecimento:  
Ciências da Natureza

Competências e Habilidades  
- Base Nacional Comum Curricular:

- Competência 1
- Habilidade:  
(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.

Ficha de identificação da Aula

Tema: Agrotóxico e toxicologia - Ênfase em Toxicologia

Turma: 1ª à 3ª série do Ensino Médio Regular

Carga Horária da aula:

#### OBJETIVOS

Para atender competências e habilidades previstas na legislação educacional brasileira, após o estudo desta disciplina, o aluno deverá ser capaz de:

- Entender conceitos básicos de toxicologia;
- Conhecer as vertentes de análise da toxicologia;
- Compreender os processos de intoxicação em relação às substâncias oriundas dos agrotóxicos.

#### CONCEITOS GERAIS E QUÍMICOS

UNIDADE 1: Saúde pública: notificação e subnotificação de intoxicação

UNIDADE 2: Toxicologia: toxicante, toxicidade e intoxicação

UNIDADE 3: Uso dos agrotóxicos e a Toxicologia Ambiental: Ecotoxicologia e a Toxicologia de Alimentos

UNIDADE 4: Toxicodinâmica: efeitos bioquímicos e fisiológico e a fase Clínica

#### CONTEÚDO RELACIONADO AO /TEMA

A exposição aos agrotóxicos e os impactos que estes podem causar tornaram-se um relevante problema ambiental e de saúde pública, diante do uso intenso e difuso destes produtos. “No Brasil, a subnotificação dos casos de intoxicações por defensivos agrícolas ocorre na ordem de 1:50, ou seja, em 50 casos de intoxicação

apenas 1 é notificado” (CAVALCANTI et al., 2016, p.742). Em 2014, foi registrada no Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN) a maior incidência de notificação de intoxicações por agrotóxicos no Brasil: 6,26 casos para cada 100 mil habitantes. Entre 2007 e 2015, foram notificados 1284.206 casos (BRASIL, 2018).

Como base para o estudo dessas intoxicações o livro “*As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia*”, traz que:

[...] a toxicologia surgiu com os primeiros seres humanos, antes mesmo dos registros históricos, quando o homem em sua busca de alimentos observou que vários vegetais eram nocivos ao organismo e por esta razão passavam a ser utilizados com esta finalidade (AZEVEDO; CHASIN, 2003, p.1).

Sendo assim, “os venenos extraídos de animais e plantas eram usados para caçar e guerrear, sendo fato que o homem pré-histórico categorizava plantas e animais como seguros e nocivos” (AZEVEDO; CHASIN, 2003, p.1). “A partir da década de 1960, com ênfase na avaliação da segurança e do risco na utilização de substâncias químicas e na aplicação de dados gerados em estudos toxicológicos como base para controle regulatório de substâncias químicas no alimento, no ambiente, etc.” (AZEVEDO; CHASIN, 2003, p.1)

Foi a partir do século XX que a Toxicologia se revestiu do aspecto que hoje a caracteriza (OGA; SIQUEIRA, 2003). Dessa maneira, tratando-se de conceitos que foram necessários trabalhar com os alunos em sala, o conceito da Toxicologia é um deles:

Toxicologia é a ciência que estuda os efeitos nocivos decorrentes das interações de substâncias químicas com o organismo. As características físico-químicas das substâncias e as biológicas do organismo determinam a natureza bioquímica do efeito nocivo (MORAES et al., 1991, p.10).

Como ciência, tem por objetivo de estudo a intoxicação sob todos os seus aspectos e tangencia uma gama de outras ciências, com as quais, em algum momento, se relaciona de forma transdisciplinar (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Três elementos – toxicante, toxicidade e intoxicação – constituem a tríade básica da Toxicologia, cuja finalidade da primeira é promover condições seguras de convívio entre os agentes tóxicos e os organismos vivos, mormente o homem (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

A toxicologia possui algumas subdivisões de estudos e essas foram rapidamente mostradas aos alunos as quais são: Toxicologia Ambiental, Toxicologia Ocupacional, Toxicologia de Alimentos, Toxicologia Social, Toxicologia Forense, Toxicologia de Medicamentos e a Toxicologia Analítica. No entanto, o foco do estudo do uso dos agrotóxicos e suas implicações ficaram mais restritos apenas a Toxicologia Ambiental, também conhecida como Ecotoxicologia e a Toxicologia de Alimentos, as demais foram apenas a título de conhecimento para os alunos.

A Toxicologia Ambiental e a Ecotoxicologia são termos que os autores têm empregado para descrever o estudo científico dos efeitos adversos causados aos organismos vivos pelas substâncias químicas liberadas no ambiente.

De acordo com Azevedo e Chasin (1977, p.5):

De maneira geral, utiliza-se o termo *Toxicologia Ambiental* para a área da Toxicologia em que se estudam os efeitos nocivos causados pela interação de agentes químicos contaminantes do ambiente – água, solo, ar – com organismos humanos, enquanto *Ecotoxicologia* é empregado para relacionar os efeitos tóxicos das substâncias químicas e dos agentes físicos sobre os organismos vivos, especialmente nas populações e nas comunidades de um ecossistema definido, incluindo os caminhos da transferência desses agentes e sua interação com o ambiente (AZEVEDO; CHASIN, 1977, p.5).

Já a *Toxicologia de Alimentos* de acordo com Azevedo e Chasin (2003, p.6):

É a área da Toxicologia voltada ao estudo da toxicidade das substâncias veiculadas pelos alimentos. Basicamente, os toxicantes usados na agricultura (praguicidas) ou diretamente adicionados aos alimentos com o propósito de conservá-los ou de melhorar suas características (aditivos alimentares). Estuda as condições em que os alimentos podem ser ingeridos sem causar danos ao organismo, tanto no que tange a sua obtenção quanto a seu armazenamento. (AZEVEDO; CHASIN, 2003. p.6)

É possível analisar as diversas fases de uma intoxicação, sendo elas descritas individualmente a seguir:

Na fase da *Exposição*, a *superfície* externa ou interna do organismo entra em contato com o toxicante. A fase da *Toxicocinética* é um ramo que busca conhecer o comportamento, no sentido de destino, do tóxico após seu contato com o organismo, ou seja, conhecer os processos de sua absorção, distribuição e acumulação em tecidos afins, de biotransformação e de eliminação. (AZEVEDO; CHASIN, 2003, p.24).

Neste ponto, as propriedades físico-químicas dos toxicantes determinam o grau de acesso aos órgãos-alvo, assim como a velocidade de sua eliminação. A *Toxicodinâmica* é a área da Toxicologia que se ocupa do estudo dos mecanismos de ação dos tóxicos, inclusive no plano molecular, e de seus efeitos bioquímicos e

fisiológicos (AZEVEDO; CHASIN, 2003). Por último, a fase *Clínica* que é quando fica evidente os sinais e sintomas, ou ainda, alterações patológicas possíveis de se observar por meio de provas diagnósticas, caracterizando assim os efeitos toxicológicos nocivos provocados pela interação do toxicante com o organismo.

#### **Atividade 5: Vida ou Morte.**

Assista ao documentário “*O Diagnóstico*” disponível na plataforma do YouTube. Esse foi dirigido por Beto Novaes, professor aposentado e coordenador do projeto Educação Através das Imagens, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Após assistir o documentário, faça uma reflexão e apresente em uma roda de conversa sobre como casos de intoxicação podem mudar.

Por fim, solicite a escrita de um texto aos alunos com sugestões de como e quais ações seriam possíveis para diminuir o uso dessas substâncias.

Link do documentário: [https://www.youtube.com/watch?v=fKD2\\_Bbt8PY](https://www.youtube.com/watch?v=fKD2_Bbt8PY)

#### **Saiba mais**

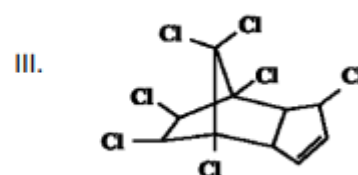
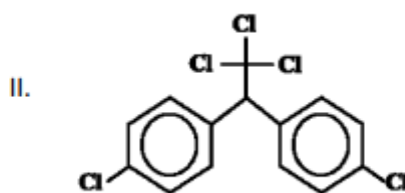
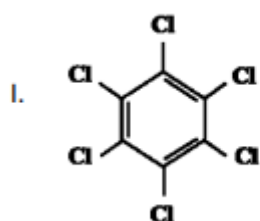
Assista ao documentário “Cowspiracy: o segredo da sustentabilidade”.

#### **Exercícios**

1. (Enem - 2012) Pesticidas são contaminantes ambientais altamente tóxicos aos seres vivos e, geralmente, com grande persistência ambiental. A busca por novas formas de eliminação dos pesticidas tem aumentado nos últimos anos, uma vez que as técnicas atuais são economicamente dispendiosas e paliativas. A biorremediação de pesticidas utilizando microrganismos tem se mostrado uma técnica muito promissora para essa finalidade, por apresentar vantagens econômicas e ambientais. Para ser utilizado nesta técnica promissora, um microrganismo deve ser capaz de:

- a) Transferir o contaminante do solo para a água.
- b) Absorver o contaminante sem alterá-lo quimicamente.
- c) Apresentar alta taxa de mutação ao longo das gerações.
- d) Estimular o sistema imunológico do homem contra o contaminante.
- e) Metabolizar o contaminante, liberando subprodutos menos tóxicos ou atóxicos.

2. (UFES - 2021) Os Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) tiveram seu uso banido na agricultura como agrotóxicos, por possuírem um elevado nível de toxicidade e por serem lipossolúveis e persistentes. Dentre esses poluentes, estão o hexaclorobenzeno (HCB), representado na figura I, o diclodifeniltricloroetano (DDT), representado na figura II, e o heptacloro, representado na figura III, que são agrotóxicos organoclorados sintéticos e possuem as seguintes estruturas moleculares:



As fórmulas químicas do hexaclorobenzeno (HCB), do diclodifeniltricloroetano (DDT) e do heptacloro são, respectivamente,

- a)  $C_6Cl_6$ ;  $C_{14}H_9Cl_5$ ;  $C_9H_5Cl_7$
- b)  $C_6Cl_6$ ;  $C_{14}H_9Cl_5$ ;  $C_{10}H_5Cl_7$
- c)  $C_6Cl_6$ ;  $C_{14}H_7Cl_5$ ;  $C_9H_7Cl_7$
- d)  $C_6H_6Cl_6$ ;  $C_{14}H_9Cl_5$ ;  $C_{10}H_5Cl_7$
- e)  $C_6H_6Cl_6$ ;  $C_{14}H_7Cl_5$ ;  $C_9H_5Cl_7$

## PROCEDIMENTOS DE ENSINO

A disciplina se desenvolverá com uma combinação de diversas técnicas de ensino: aula expositiva, leitura de textos, resolução de exercícios, trabalho em grupos, aulas simuladas, seminário e produção de texto.

## ESTRATÉGIAS DE APRENDIZAGEM

Visando atingir os objetivos educacionais deverão ser realizadas as seguintes atividades:

- A. Responder a atividade 5
- B. Assistir o documentário “Cowspiracy: o segredo da sustentabilidade”.
- C. Fazer os exercícios
- D. Elaborar um trabalho de consulta no site da Revista Química Nova sobre intoxicação por agrotóxicos. Esse trabalho de pesquisa poderá ajudar na construção do texto da atividade 15.

RECURSOS (humanos, técnicos e materiais necessários para o ensino).

Recursos: Textos impressos preparados para acompanhamento de leitura de referências bibliográficas básicas. Sistema de Comunicação em rede; impressão; material de consumo; multimídia.

## BIBLIOGRAFIA BÁSICA

KOTZ, J. C.; TREICHEL JR., P. Química e reações químicas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 4ª ed., 2002.

ATKINS. P. W., JONES. L. Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente. Editora Bookman. 2001.

AZEVEDO, F. A. CHASIN, A. A. M. **As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia**. São Carlos: RiMa, 2003. São Paulo, Intertox, 2003. 340p

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Agrotóxicos na ótica do Sistema Único de Saúde / **Relatório Nacional de Vigilância de Populações Expostas a Agrotóxicos**. – Brasília: Ministério da Saúde, 2018. DISPONÍVEL EM:



<[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio\\_nacional\\_vigilancia\\_populacoes\\_expostas\\_agrotoxicos.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio_nacional_vigilancia_populacoes_expostas_agrotoxicos.pdf)> Acesso em: 27 de junho 2019.

CANELLAS, Luciano Pasqualoto. **Humosfera**: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes: L. P. Canellas, G. A. Santos, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/publicacoes-fertilizantes/humosfera.pdf>. Acesso em 19.06.2022.

BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A Química dos agrotóxicos. **Revista Química Nova na Escola**, vol. 34, nº 1, p. 10-15, fevereiro, 2012. Disponível em: [http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc34\\_1/03-QS-02-11.pdf](http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc34_1/03-QS-02-11.pdf). Acesso em 19.06.2022.

CAVALCANTI, L. P. A. N.; AGUIAR, A. P.; LIMA, J. A.; LIMA, A. L. S. Intoxicação por Organofosforados: Tratamento e Metodologias Analíticas Empregadas na Avaliação da Reativação e Inibição da Acetilcolinesterase. **Rev. Virtual Quim.**, 2016, 8 (3), 739-766. Disponível em: <<http://rvq.sbjq.org.br/imagebank/pdf/v8n3a15.pdf>> Acesso em: 10 de julho de 2019.

FRANCISCO, M. S. P. Estudos espectroscópicos de mecanismos de sorção e reação do herbicida 2,4 – D com substâncias húmicas. Dissertação para a obtenção do título de Mestre em Ciências: Física aplicada. Universidade de São Paulo, São Carlos 1996.

KOTZ, J. C.; TREICHEL JR., P. Química e reações químicas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 4ª ed., 2002.

MORAES, E. C. F.; SZNELWAR, R. B.; FERNÍCOLA, N. A. G. G. **Manual de Toxicologia Analítica**. São Paulo: Roca, 1991. 229 p.

OGA, S.; SIQUEIRA, M. E. P. B. Introdução à Toxicologia. In: OGA, S. **Fundamentos de Toxicologia**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 1-8.

REGITANO, J. B.; BONFLEUR, E. J. Resíduos de pesticidas no ambiente: processos. **Anais do II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – II SIGERA 15 a 17 de março de 2011 - Foz do Iguaçu, PR Volume I – Palestras**, 2011. Disponível em: <http://www.sbera.org.br/2sigera/obras/p7.pdf>. Acesso em 14.06.2022.

