

Capítulo 05- Noções de Ecotoxicologia

5.1 Introdução

O início da ecotoxicologia se deu em 1969 com o pesquisador francês *René Truhaut*. A palavra “eco” vem do grego *oikos* que quer dizer casa, domicílio, *habitat* e daí saiu o termo ecologia.

A ciência dos agentes tóxicos, isto é, a toxicologia estuda os venenos e as intoxicações pelos mesmos.

Segundo Maranhão, 2008 os primeiros testes de toxicidade com despejos industriais surgiram em 1863 e 1917 e os testes de toxicidade aguda em organismos aquáticos surgiram em 1930.

No Brasil teve início somente em 1975 com o Programa Internacional de Padronização de testes de toxicidade aguda com peixes.

A USEPA lançou em janeiro de 2004 o *software* gratuito denominado **AQUATOX** (*release 2*) que apresenta o modelo de rios e lagos onde existe os efeitos tóxicos, que pode ser facilmente acessado pelo *site*.

5.2 Ecotoxicologia

Conforme Maranhão, 2008 a **toxicologia** é a ciência que estuda os efeitos nocivos decorrentes da interação de substâncias químicas e de fenômenos físicos com o organismo.

Conforme Lopes, 2002a **toxicologia** é o estudo dos efeitos adversos de agentes químicos ou físicos em **seres vivos**.

A **ecotoxicologia** estuda os efeitos adversos dos agentes tóxicos causados por contaminantes naturais ou sintéticos para o ambiente, através de ensaios com matéria viva.

Segundo *Truhaut*, 1969 in Lopes, 2002 a ecotoxicologia é o estudo dos efeitos adversos de agentes químicos ou físicos no **ecossistema**.

Portanto, a ecotoxicologia como estuda todo o ecossistema engloba a toxicologia.

5.3 Perigo

Maranhão, 2008 diz que a ecotoxicologia alerta para os danos ocorridos nos diversos ecossistemas por substâncias químicas que representam risco e assim, sugere a aplicação de medidas preventivas para os impactos futuros antes que ocorram graves danos ao ambiente natural.

A finalidade da ecotoxicologia é saber em qual grandeza, as substâncias químicas, isoladas ou em forma de misturas, são nocivas e como e onde manifestam seus efeitos.

As atividades humanas e processos naturais podem causar fontes de contaminação nos ecossistemas com graves conseqüências ecotoxicológicas.

5.4 Destino dos poluentes

O destino dos poluentes são basicamente três:

- Ar
- Água: receptor final dos poluentes
- Solo/sedimento



Figura 5.1-Esquema do destino dos poluentes
Fonte: Maranhão, 2008

5.5 Transporte dos poluentes

O transporte dos poluentes são cinco:

- **Ar:** fotólises e reações com OH^-
- **Água:** hidrólises, fotólises, oxidação e redução e biodegradação
- **Sedimento:** hidrólises, degradação microbiana e oxidação/redução
- **Solo:** fotólises, hidrólises, biodegradação e oxidação/redução
- **Biota:** bioacumulação e metabolismo

Conforme as propriedades físico-químicas dos **xenobióticos** é que é determinando o transporte entre as diferentes fases do meio.

O agente tóxico (**xenobiótico** ou substância ou toxicante) é qualquer substância química que interagindo com um organismo vivo, é capaz de produzir um efeito tóxico seja este uma alteração funcional ou a morte.

A movimentação dos contaminantes nos meios é determinada por processos físicos relacionados às propriedades químicas dos compartimentos ambientais e dos contaminantes.



Figura 5.2-Esquema de transporte dos poluentes
Fonte: Maranhão, 2008

5.6 Testes de toxicidade

Conforme Maranhão, 2008 os testes de toxicidade é feito através de bioindicadores dos grandes grupos de uma cadeia ecológica e ligadas aos ambientes agrícolas. Assim são usadas:

- Produtores (algas)
- Consumidores primários (microcústáceos)
- Consumidores secundários (peixes, abelhas)
- Decompositores (minhocas, microorganismos)

Nos testes de toxidade se examinam sinais, sintomas e efeitos que causam desequilíbrio orgânico. Não existe um ensaio que detecta todos os efeitos e portanto existe uma bateria de ensaios diferentes com vários critérios de toxicidade e conforme a situação específica.

Muitos testes crônicos são feitos com ovos e larvas de peixes e testes agudos podem ser feitos com minhocas, por exemplo ou com abelhas.



Figura 5.3-Testes de toxicidade
Fonte: Maranhão, 2008



Figura 5.4-Testes de toxicidade
Fonte: Maranhão, 2008

5.7 CE₅₀ e CL₅₀

A toxicidade pode ser aguda ou crônica. A toxicidade aguda tem como base no LC₅₀.

Define-se LC₅₀ como a quantidade de pesticida presente por litro de solução aquosa que é letal para 50% dos organismos testados.

O EC₅₀ é a efetiva concentração em MG/L ou ug/L que produz em específico efeito mensurado em 50% de um organismo testado em determinadas condições de tempo em estudo.

CENO: concentração de efeito não observado

CEO: concentração de efeito observado. Conforme Machado Neto, 2005 para peixes o CEO é a menor concentração nominal do agente tóxico que causa efeito deletério estatisticamente significativo na sobrevivência e reprodução em 7 dias de exposição.

Valor crônico (VC): conforme Machado Neto, 2005 é a média geométrica dos valores CENO e CEO.

Conforme Machado Neto, 2005 a toxicidade aguda para peixes é definida por:

Concentração letal inicial média CL (I)_{50,96}: concentração nominal do agente químico que causa efeito agudo (letalidade) a 50% dos organismos-teste em 96h de exposição.

Como teste preliminar para determinar o intervalo de concentração pode ser usadas as espécies:

- *Brachydanio rerio (Cyprinidae)* – paulistinha
- **Poecilia reticulata ou Phalocerus caudimaculatus (Poeciliidae)**- guarú.

5.8 Fases da intoxicação

As fases da intoxicação são basicamente **quatro** abaixo explicadas conforme Maranhão, 2008.

Fase da exposição: a primeira fase da intoxicação é a **fase da exposição**, que depende da via de introdução, frequência e da duração da exposição, concentração xenobiótico, das propriedades físico-químicas do agente e de fatores relacionados à suscetibilidade individual.

Fase de toxicinética: processos desde a disponibilidade química até a concentração do toxicante nos órgãos alvo (absorção, distribuição, armazenamento, biotransformação e eliminação de substâncias inalteradas e/ou metabólitos.

Fase da toxicodinâmica: mecanismos de interação entre o toxicante e os sítios de ação dos organismos. Efeitos nocivos decorrentes da ação tóxica.

Fase clínica: sinais, sintomas e alterações detectáveis por provas diagnósticas que caracterizam os efeitos deletérios ao organismo.

5.9 Principais efeitos deletérios

Conforme Maranhão, 2008 os principais efeitos deletérios são:

- Alterações cardiovasculares e respiratórias
 - Alterações do sistema nervoso
 - Lesões orgânicas: toxicidade, hepatotoxicidade, nefrotoxicidade, etc.
 - Lesões carcinogênicas/ tumorigênicas
 - Lesões teratogênicas (malformações do feto)
 - Alterações genéticas como :
 - Aneuploidização: ganho ou perda de um cromossomo inteiro
 - Clastogênese: aberrações cromossômicas com adições, falhas, re-arranjos de partes de cromossomos.
 - Mutagênese: alterações hereditárias produzidas na informação genética armazenada no DNA(ex. radiações ionizantes).
- Infertilidade masculina, feminina ou mista
- Teratogênese provocada por agentes infecciosos ou drogas
 - Aborto precoce ou tardio

Alterações da capacidade reprodutora

Exemplos:

Vitamina A: atraso mental,; cérebro e coração

Talidomida: coração e membros

Fenobarbital: palato, coração e atraso mental

Álcool: defeitos faciais e atraso mental.

Cloranfenicol: aplasia medular

20.10 Interações entre os agentes tóxicos sobre os organismos

Conforme Maranhão, 2008 temos.

- **Efeito aditivo:** o efeito tóxico final é igual à soma dos efeitos produzidos separadamente.
- **Efeito sinérgico:** o efeito final é maior que a soma dos efeitos individuais
- **Potenciação:** o efeito de um xenobiótico é aumentado por interagir com outro toxicante que originalmente, não produziria tal efeito.
- **Antagonismo competitivo:** quando um toxicante reduz o efeito do outro, no final o efeito tóxico será menor.
- **Antagonismo químico:** o antagonista reage com o responsável pela ação, inativando-o.
- **Antagonismo funcional:** quando dois antagonistas agem sobre o mesmo sistema, produzindo efeitos contrários.

20.11 Bioindicadores

São espécies animais ou vegetais que indicam precocemente a existência de modificações bióticas (orgânicas) e abióticas (físico/químicas) de um ambiente. São organismos que ajudam a detectar diversos tipos de modificações ambientais antes que se agravem e ainda a determinar qual o tipo de poluição que pode afetar um ecossistema conforme Maranhão, 2008.

Precisamos monitorar o meio ambiente

29.12 Impacto ecotoxicológico

Nieto, 2008 fez um estudo do impacto ecotoxicológico no Estado de São Paulo para avaliar os diversos ramos industriais cujos efluentes são lançados em corpos hídricos. Foram coletadas 90 amostras e fizeram testes de toxicidade aguda com *Daphnia similis* e ainda foram comparados os resultados as tradicionais análises físico-químicas e biológicas.

Foi usada metodologia da ABNT para o uso da *Daphnia similis* bem como o uso de $CE_{50}/10$ que foi comparado com o valor CER definido como:

$CER = \text{vazão média do efluente} \times 100 / \text{vazão média do efluente} + Q_{7,10} \text{ do corpo receptor.}$

$$CER \leq CE_{50}/100$$

Os resultados foram que os tratamentos feitos com projetos e bem operados tiveram uma remoção significativa da toxicidade.

De 32 amostra 66% tinham o **potencial para acarretar impactos** aos organismos aquáticos dos corpos receptores.

Funcionou o teste de toxicidade com *Daphnia similis* constituindo uma ferramenta indispensável para previsão do impacto dos efluentes industriais nos corpos de água receptores.

5.15 Bibliografia e livros consultados

- AQUATOX REALEASE 2. *Modeling environmental fate and ecological effects in aquatic ecosystems*. USEPA, 2004.
- FERCINOLA, NILDA A. G. G. *Toxicologia Ambiental*. 3º encontro técnico anual da ASEC- Associação dos engenheiros da CETESB, junho, 2002.
- LOPES, ALVARO TEIXEIRA. *Ecotoxicologia*. Universidade Évora, 2002, Faculdade de Farmácia, Lisboa.
- MACHADO NETO. *Ecotoxicologia dos agrotóxicos e saúde ocupacional*. Nov/ 2005.
- MARANHO, LUCINEIDE APARECIDA. *Ecotoxicologia*, 2008 (?). Bióloga.
- NIETO, REGIS. *Caracterização ecotoxicológica de efluentes líquidos industriais- Ferramenta para ações de controle da poluição das águas*. Engenheiro químico da CETESB, ABES, XXVI Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- NIETO, REGIS. *Controle da poluição das águas em indústrias têxteis*. CETESB.
- THOMAN, ROBERT e MUELLER, JOHN. *Principles of surface water quality modeling and control*, HarperCollins, 1987.,
UNESP, campus de Jaboticabal.