

# AValiação DA PERICULOSIDADE AMBIENTAL SEGUNDO A NOVA PROPOSTA DO IBAMA

Luiz Lonardoní Foloni\*

\* Eng<sup>o</sup> Agrônomo, MS, DR, FEAGRI- (Daysol) UNICAMP

### Apresentação

Os aspectos ambientais dos defensivos agrícolas vêm sendo alvo de debates técnicos e manifestações emocionais pelo que se torna difícil ter um ponto de vista neutro. Presentemente, com a crescente conscientização dos políticos e do público em geral diante dos problemas ambientais, renova-se o interesse pelo assunto (GRAHAM-BRYCE, 1991)

### Introdução

O "ensaio sobre o princípio da população" publicado em 1798 pelo pastor Thomas Robert Malthus, deu início ao debate sobre expansão populacional em um ambiente limitante. (SANTOS, 1984).

O livro "Origem das Espécies" de Charles Darwin (1859), trouxe importantes idéias sobre adaptação e evolução dos organismos em seu ambiente natural. O termo ecossistema foi introduzido em 1935 por A.G. Tansley, para descrever uma área em que o ambiente abiótico, juntamente com suas populações ou comunidades, são considerados um estudo integrado. De 1942 para cá a ecologia se transformou em ciência.

Os fatores ambientais tem sido considerados desde longo tempo no planejamento do uso da terra a evolução dos conhecimentos científicos e a integração destes, na, forma multidisciplinar veio permitir a análise das conseqüências, principalmente de grandes obras civis, no contexto do ambiente. Assim a avaliação do impacto ambiental (A.I.A.) em sua forma moderna é uma criação do final dos anos 60. Em princípio a avaliação do impacto é um processo de análise sistemática, cuja somatória de resultados, são analisados, pelas autoridades, antes de se tomar a ação que pode gerar aquele impacto.

"A.I.A. é o exame sistemático das conseqüências de projetos, políticas e planos, com principal objetivo de fornecer a quem decide a soma de implicações de ações alternativas, antes que a decisão se faça." (CLARK, 1980).

O trabalho pioneiro na avaliação de potencial de risco, deve ser dado a WEBER (1973) o qual organizou uma escala potencial de periculosidade ao ambiente para os pesticidas. Nesta escala Weber, levava em consideração os fatores de perigo: mobilidade, persistência, toxicidade e biomagnificação; atribuindo valores de 1 a 4, que multiplicados indicavam o potencial de periculosidade.

Nos anos 60, teve grande repercussão o livro "Primavera Silenciosa" da Dra. Rachel Carson, que avaliava o uso indiscriminado de produtos químicos em todos os EUA. Com certeza, este foi o princípio da chama ambientalista nos EUA.

A avaliação de impacto ambiental (A.I.A.) teve origem nos Estados Unidos da América em 1969 através do "NATIONAL ENVIRONMENTAL POLICY ACT (NEPA)", entrando em operação em janeiro de 1979; ao final dos anos 70, mais de 10.000 avaliações já haviam sido realizadas naquele país. Nessa mesma década vários outros países iniciaram seu processo, como a França (1976), Alemanha Ocidental (1971), Irlanda (1976). Do final da década datam também a adoção por outros países do A.I.A. no sistema de planejamento: Argentina, Brasil, Bangladesh, Fiji, Índia, Indonésia, Coréia, Malásia, México, Filipinas, Kênia, Tailândia. (Guimarães 1992).

A A.I.A. abrange quatro análises bastante definidas: uma avaliação econômica, uma social, uma sobre a saúde pública e outra ecológica ou ambiental propriamente dita; a junção dessas 4 avaliações dão a soma de implicações que posteriormente serão avaliada pelos elementos de decisão.

Posteriormente surgiram os padrões da OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) e do EPA-USA (Environment Protection Agency-USA) - Guidelines for Testing of Chemicals.

No Brasil a avaliação do risco ou do impacto ambiental para os produtos fitossanitários, foi estudada e tentada em enquadrá-la, pela antiga SEMA (Secretaria do Meio Ambiente), mas só foi oficialmente formalizada pela lei 7.802, sancionada em julho de 1979, conhecida como Lei dos Agrotóxicos. (Posteriormente, regulamentada pelo Decreto nº 98.816 de 1990).

A combinação de pesquisas que avaliam a toxicidade e os efeitos sobre a função, bem como o destino e o comportamento dos defensivos agrícolas, é

em geral considerada uma garantia confiável contra efeitos indesejáveis sobre o meio ambiente. Tende também a prevenir qualquer distúrbio potencial maior nas relações ecológicas. Grandes efeitos sobre a população parecem improváveis nos casos em que se aplica um produto com pouca frequência a uma cultura em um sistema de rotação. Na verdade, quase não há provas de ameaça a sobrevivência de espécies individuais pelo efeito direto dos defensivos.

Com o amadurecimento da metodologia de avaliação dos efeitos diretos dos defensivos, aumentou o interesse pelos efeitos ecológicos indiretos e mais sutis. Avaliar esses efeitos é mais problemático. Em princípio, deve-se considerar tanto os efeitos letais como os subletais dos defensivos sobre a população, a comunidade e o ecossistema. (Graham-Bryce, 1991)

### Legislação Brasileira

O Brasil foi um dos primeiros países a incorporar uma lei regulamentando a fiscalização e o uso de defensivos agrícolas na lavoura através do decreto Lei no. 24.114 de 12 de abril de 1934. Embora esta lei tenha sofrido críticas por muito tempo, ela foi sempre atualizada por portarias. As últimas portarias, anteriores a nova lei, foram a portaria SDSV no. 6 de 08.02.85; que aprovava normas sobre registro e renovação de registro de produtos fitossanitários; Portaria MA/MS/no.220 de 14.03.1979 que padronizava a rotulagem; Portaria DISAD no. 5 de 06.05.80 que estabelecia critérios e frases padronizadas para os relatórios técnicos e rótulos dos defensivos; Portaria 169 que torna obrigatória a inscrição de firmas importadoras, fabricantes e manipuladores de defensivos, junto aos Estados e a Federação. Portaria SDSV no. 01 de 23.01.87 que estabelece medidas para controle e fiscalização sobre o comércio de defensivos e posteriormente a Portaria MA 329, de 02.09.85 que proibiu

todo o território nacional a comercialização, o uso e a distribuição dos produtos organoclorados. (Segundo GUIMARÃES 1992).

A necessidade de se avaliar o risco decorrente do uso dos agroquímicos tem sido uma preocupação constante nos últimos anos, por parte do Ministério da Saúde (avaliação toxicológica) e do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis IBAMA (avaliação ambiental). Os estudos dos técnicos dessas agências regulamentadoras levou à existência das diretrizes e normas baixadas através de publicações feitas no Diário Oficial da União, que em suma são:

- Lei 7802 (11.07.89) - Lei dos Agrotóxicos
- Decreto 98.816 (11.01.90) - Regulamenta a Lei 7.802
- Decreto 99.657 (26.10.90) - Acrescenta artigo ao decreto 98.816
- Decreto 991 (24.10.93) - Altera o decreto 98.816
- Portarias - Ministério da Agricultura e Abastecimento
  - Nº 1 (30/11/90)
  - Nº 45 (10/12/90)
  - Nº 84 (09/05/94)

Nº 93 (30/05/94)

Nº 67 (30/05/95)

- Portarias do Minist. da Saúde - Secret. Nacional de Vigilância Sanitária
  - Nº 3 (16/01/92)
  - Nº 14 (24/01/92)
- Portaria do IBAMA - Inst. Bras. do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis
  - Portaria Normativa 139 (21.12.94)
  - Portaria Normativa 84 (15.10.96)

## História dos Produtos Químicos

A análise histórica, mostra a busca incessante de alternativas viáveis para o controle destas plantas indesejáveis.

Num trabalho de revisão extensa de CUTKOMP e AESA de 1994, são apresentados dados significantes na história dos inseticidas. Em outro trabalho, apresentado por FORSTER (1988) mostra a evolução das plantas daninhas no Brasil.

Destes dois trabalhos, podemos ter um breve histórico do uso de químicos na agricultura.

- 1200 A.C - Exército bíblico esparramou sal e cinzas nos campos conquistados; é o primeiro registro do uso de herbicidas não-seletivos.
- 1000 A.C - VARRO refere-se a um extrato de resíduo da extração de óleo de oliva, informando ser este prejudicial as plantas daninhas, sem todavia, ter aplicação útil no controle de invasoras (supõe-se como ingrediente ativo o cloreto de sódio).
- 100 A.C - Os romanos espalham "hellebore" para controle de ratos, camundongos e insetos.
- 25 A.C - Virgílio registra o tratamento de sementes
- 50 D.C - O grego DISCORIDES tentou uma classificação das plantas de acordo com seus efeitos tóxicos e terapêuticos.
- 900 - Neste tempo os chineses utilizaram o arsênico para controlar insetos de jardins.
- 1493- 1541 - Paracelsus foi primeiro a identificar a relação dose-resposta dos químicos. Ele estabeleceu que "Todas as substâncias são veneno, não tem nenhuma que não seja veneno. A dose certa diferencia o veneno do remédio".  
Isto é considerada a marca do desen-volvimento da moderna toxicologia.
- 1792 - Dentro do contexto histórico o fato relatado na Inconfidência Mineira, quando utilizando-se o sal de cozinha procurou-se esterelizar a terra onde nasceu e morreu Tiradentes. Seria assim o primeiro relato na história ocidental do uso de um composto mineral, para eliminar qualquer vegetação, ainda que, não fosse em área agrícola.
- 1815 - MATHIEU ORFILA - escreveu o primeiro livro devotado inteiramente à ciência da toxicologia
- 1850 - O PIRETRO - inseticida de ocorrência natural, foi introduzido. Ele é parte constituinte de uma espécie de crisântemo.

- 1875 - LECONTE dividiu os inseticidas em duas classes - os venenos por contato, e os venenos por alimentos.
- 1880 - Surge a primeira máquina de pulverizar (firma Vermorel, na França) em vinhedos.
- 1896 - Sulfato de cobre foi utilizado seletivamente para matar plantas daninhas em campos de produção de grãos.
- 1877-1900- BONET na França, SCHULTZ, na Alemanha e DOLLY nos Estados Unidos, independentemente, constaram que uma solução tendo o cobre como elemento ativo, seria efetiva em controlar plantas dicotiledôneas que vegetavam em cultura de cereais como o trigo.
- 1903 - A Inglaterra estabeleceu a tolerância nos alimentos para o arsênico.
- 1904 - Primeiro pulverizador motorizado feito na Alemanha para uso em frutas e videiras.
- 1906 - Passagem da Emenda Federal dos Alimentos, Drogas e Cosméticos (Lei do Alimento Puro).
- 1920 - Fundado o Instituto de Proteção de Plantas. É aberto o caminho para a colaboração entre os interesses público e comercial dos pesticidas, principalmente nos fungicidas.
- 1921 - O avião foi utilizado pela primeira vez para distribuir inseticidas, sendo utilizado em experimento com polvilhamento contra "Catalpa sphinx" em Ohio.
- 1930 - Descobriu-se a ação do composto orgânico DNOC (DINITROORTOCRESOL) o primeiro herbicida produzido na França, para aplicação em cereais.
- 1934 - Publicado no Brasil o decreto lei nº 7.814 que regulamenta o uso de pesticidas.
- 1938 - Primeiro uso do *Bacillus thuringiensis* como inseticida microbiano.
- 1939 - Descobertas as propriedades inseticidas de DDT por PAUL MULLER na Suíça.
- 1941 - Foi descoberto na França o valor inseticida do BHC, e na Inglaterra independentemente, em 1942.
- 1942 - Introdução do 2,4-D, o primeiro herbicida hormonal (ou Fenoxi).
- 1944 - Introdução do 2,4,5-T para controle de arbustos e arvores e WARFARIN no controle de roedores.
- 1945 - Primeiro herbicida sintético-sulfameto de Amônio, introduzido para o controle de arbustos.
- 1945 - O primeiro herbicida do grupo dos carbamatos - PROFAM - começa a ser avaliado.
- 1946 - Primeira resistência em insetos domésticos ao DDT foi observada na Suécia.
- 1954 - Passagem da emenda Miller do Alimento, drogas e cosméticos (de 1906) mostrando tolerância para todos os pesticidas em comida crua e produtos alimentícios.
- 1958 - Atrazina, primeiro herbicida do grupo das triazinas e o Paraquat, primeiro herbicida do grupo dos biperidílicos, são introduzidos.
- 1959 - Emenda DELANEY para alimentos, remédios e cosméticos - contém "cláusula anti-cancer", especialmente para aditivos alimentares (propositais ou acidentais).
- 1960 - Torna-se disponível o herbicida TREFLAN.
- 1962 - Publicação do livro "Primavera Silenciosa", de autoria da Dra. Rachel Carson.
- 1970 - Formação da Agência de Proteção Ambiental (EPA), que se torna responsável pelo registro dos pesticidas no lugar da USDA.
- 1971 - Foi introduzido o herbicida Glifosate.
- 1973 - Cancelamento de todos os usos do DDT pela EPA.
- 1974 - Primeiros padrões estabelecidos para reentradas dos campos tratados com pesticidas, pelos trabalhos, pela EPA. Ex: Intervalos de 24-48 h, dependendo da toxicidade dérmica do pesticida.
- 1978 - Primeira lista de pesticidas publicado pela EPA para produtos restritos.
- 1984 - O EPA banuiu o uso do 2, 4, 5-T e o herbicida relacionado, o SILVEX.
- 1984 - O desastre de Bophal na Índia ocorreu com a liberação de gases tóxicos durante a produção do Carbaril.
- 1989 - Aprovada no Brasil a lei 7.802, chamada Lei dos Agrotóxicos.
- 1990 - Aprovado o Decreto nº 98.816 (11/01/90), que regulamenta a Lei 7.802.

## **Ecosistemas e Agroecossistemas**

### ***Ecosistemas***

Ecosistemas podem ser definidos como unidades funcionais da Biosfera, normalmente auto-sustentáveis e quase sempre sujeitos a perturbações. Qualquer área com uma delimitação definida através da qual o "input" (entrada) e o "output" (saída) de energia e matéria possam ser medidos, contendo 3 componentes principais (produtores, consumidores e decompositores) e mecanismos de auto-regulação, pode ser caracterizados como ecossistema (Miller, 1975). Um ecossistema terrestre pode ser dividido basicamente em 3 compartimentos com respeito à biomassa viva; o compartimento dos produtores primários, o compartimento dos consumidores (que inclui todos os herbívoros e carnívoros) e o compartimento dos decompositores.

### ***Agroecossistemas***

Agroecossistemas são estruturas mais complexas do que qualquer outro ecossistema terrestre. Além do ciclo de material e fluxo de energia, comum aos ecossistemas terrestres, existem muitos processos manipulados pelo homem. A maioria deles modificando "inputs" e "outputs" e também afetando a taxa de relacionamento interno dos sistemas.

Ainda segundo SANTOS (1984) o manejo necessário para a manutenção de um agroecossistema pode ser comparado com o manejo necessário para tentar manter uma área em seus estádios iniciais de sucessão ecológica. O principal interesse, na manutenção de agroecossistemas, tem sido maximizar a produção agrícola utilizando-se da manipulação genética de plantas, associada a uma alta mecanização do trabalho. Portanto, a maximização da produção tem sido conseguida através da diminuição da diversidade dos produtores

primários criando sistemas altamente especializados. Esses sistemas atraem consumidores e parasitas igualmente especializados na alocação de recursos que estão concentrados em altas densidades e de forma homogênea. Este estado altamente especializado, só é mantido pela tecnologia que direciona esses sistemas cujo controle de qualidade depende muito diretamente da energia de combustíveis fósseis e seus derivados como fertilizantes e produtos fitossanitários (Haynes et al., 1980).

### **Critérios Ambientais**

Apesar do avanço progressivo de formas alternativas na produção de alimentos, por muito tempo ainda o uso de produtos químicos na Agricultura irá ocorrer. Comparativamente ao uso totalmente inadequado que se verificou nos anos 60 e 70, hoje os agroquímicos são mais específicos, a tecnologia de aplicação mais difundida e utilizada, as formulações mais seguras. Pensando-se em um ecossistema particular e isolado em equilíbrio, os quatro principais componentes envolvidos na perturbação desse equilíbrio são:

- **Entrada:** deve haver uma fonte de perturbação, como por exemplo a aplicação de herbicida para o controle de plantas daninhas.
- **Processos Cinéticos:** o destino final do produto químico adicionado é representado por reações cinéticas específicas como biodegradação, hidrólise, fotodegradação.
- **Processos de Transporte:** dentro do ecossistema no qual também se inclui o homem, há vários processos naturais que governam o movimento do produto através das várias interfaces. Esses processos são governados pelas características físicas e químicas do produto, que são utilizadas para estimar os coeficientes de troca entre os diversos compartimentos.

Da mesma forma, os dados toxicológicos gerados em animais de laboratório e transferidos através da utilização de vários fatores de segurança, para homem dão as necessárias informações para se avaliar o potencial de perigo que o produto representa para a saúde humana. A ação sobre a cadeia alimentar é determinada pela análise dos resultados realizados com testes de laboratório em organismos específicos.

- **Saída:** para completar o balanço de massa, deve-se verificar as formas reduzidas a que o produto é transformado ao deixar ecossistema.

### Componentes da Avaliação do Risco

São 4 componentes para uma avaliação de risco:

- a) Identificação do perigo
- b) Avaliação da dose-resposta
- c) Avaliação da exposição dos seres humanos
- d) Caracterização do Risco  
(geralmente integra os dados e análises dos três primeiros componentes para determinar-se a possibilidade de que os seres humanos experimentarão qualquer efeito adverso das toxicidades associadas com as substâncias).

### Avaliação Preliminar dos Riscos e Benefícios

Para o tomador de decisões após ter em mãos os dados apresentados para um agrotóxico, inicia-se a tarefa mais difícil, extremamente complexa, que é interpretar os resultados dos testes de modo a poder tomar a decisão mais correta, fundamentado em dados científicos.

Em relação aos dados ambientais, a análise isolada pura e simples de uma característica físico-química não leva a lugar nenhum. É necessário analisá-la

conjuntamente com outros parâmetros para se ter uma idéia mais global do efeito causado por aquele produto nas condições de uso, em um determinado ecossistema.

### Fases

A avaliação preliminar dos riscos e benefícios de um produto deve ser realizada em etapas e, após cada etapa, o perigo deve ser avaliado para se decidir sobre o próximo passo. Geralmente as etapas 1 e 2 são realizadas com o ingrediente ativo.

**1ª Fase:** Testes padrão (propriedades físico-químicas, degradação, efeitos agudos e curto prazo). Aplicado a todos os produtos.

**2ª Fase:** Estudos suplementares de laboratório (distribuição e degradação ambiental, testes adicionais de toxicidade crônica e sub-crônica).

São executados em produtos escolhidos de acordo com as suas propriedades individuais e forma de utilização.

**3ª Fase:** Estudos de campo (simulados ou não) - para produtos cujos dados acima não tenham sido suficientes. Experimento desenhado de acordo com as características próprias do produto com a finalidade de responder a perguntas específicas.

**4ª Fase:** Monitorização Pós-Registro - controle dos resíduos no meio ambiente durante o uso comercial normal. A monitorização dá condições para detectar perigos não previstos e também para identificar locais onde haja mau uso de agrotóxicos.

### Significado ecológico da avaliação de risco

O principal objetivo da avaliação de risco é a proteção e conservação do meio ambiente. Entretanto a previsão de perigos raramente é baseada em estudos realizados em ecossistemas específicos por estes serem muito complexos e de difícil interpretação.

A aproximação ecológica requer um adequado conhecimento da presença, do comportamento do agrotóxico no meio ambiente e dos dados biológicos gerados em testes de campo e no uso agrícola, e uma clara definição do ambiente e população que deve ser protegida.

Na avaliação deve ser diferenciado o efeito passageiro, que não tem significado ecológico, daquele que provoca danos a longo prazo. Os efeitos que ocorrem nas adjacências das áreas que sofreram aplicações de agrotóxicos devem ser levados em consideração pois podem ser afetadas, por exemplo, através da lixiviação.

A importância ecológica dos danos causados por agrotóxicos devem ser avaliados por comparação com:

- Fenômenos da natureza (seca, neve, enchentes, etc);
- Flutuações bióticas (a abundância de alimentos determina o tamanho da população);
- Potencial de "repopulação" (organismos de espécies com alta taxa de crescimento, propriedade intrínseca, é mais capacitada para compensar de pressões sazonais);
- raridade das espécies;
- impacto ecológico da atividade antrópica;
- definição do que deve ser protegido e conservado.

As respostas variam de um caso para outro e de um local para outro, entretanto, a meta final da avaliação de risco sempre deve ser a adequada conservação e proteção do meio ambiente.

**Risco** - o risco é a probabilidade de dano, doença ou morte sobre circunstâncias específicas. Pode ser expressa em termos qualitativos, desde valores zero (certeza de não haver riscos) a um (certeza de que haverá dano). Em muitos casos o risco, só pode ser descrito qualitativamente como "alto", "baixo" ou "insignificante".

**Avaliação do Risco** - É a atividade científica para avaliar as propriedades

tóxicas de uma substância. As condições de exposição humana a esta substância, tanta para averiguar as possibilidades que estas exposições tenham efeitos tóxicos como para caracterizar a natureza dos efeitos que podem experimentar. (Risk Assessment, 1983).

### **Manejo do Risco**

O risco pode ser diminuído através da adoção de medidas que limitam a exposição, tais como:

- Modificação de formulações;
- Modificação no modo de aplicação;
- Modificação no intervalo de aplicação;
- Comunicação das recomendações e potencial de perigo pelas empresas produtoras e pelos vendedores;
- Aumento da responsabilidade do aplicador através do treinamento para uso correto;
- criação de zonas tampão para proteção da vida selvagem;
- cuidado para que as recomendações de aplicação estejam muito claras;
- determinação de local apropriado para acondicionamento de embalagens vazias.

### **Classificação**

Para efeito de se atribuir uma classificação quanto ao potencial de periculosidade ambiental de um agrotóxico, seus componentes e afins (técnico ou formulado) são inicialmente atribuídas classificações individuais para os parâmetros considerados. As classificações específicas quanto a persistência, transporte, assim como, a atribuição de uma classificação final global ao produto, resultam de uma análise que se processa no âmbito de uma equipe técnica constituída por profissionais de diversas especialidades, bem como de consultas a publicações técnicas especializadas e a banco de dados.

As tabelas de classificações parciais são adaptações das adotadas pela OECD e EPA/USA para quatro classes.

Quando o produto não se enquadra nas condições descritas nas alíneas "a" e "e", do parágrafo único, do Artigo 2º, da Portaria 139/94, é feita a classificação final do

produto segundo a tabela 16. A tabela de classificação final dos produtos foi elaborada por um grupo de consultores contratados pelo IBAMA, em 1990, quando foi iniciada a atividade de avaliação do potencial de periculosidade para agrotóxicos no Brasil.

**CLASSIFICAÇÃO DO IBAMA / (RELAÇÃO DOS TESTES X TABELAS)**

TESTES	TABELA	ALVO	AJUSTES
I Organismos Aquáticos	1	Peixes	Crônicos
	1	Daphnia	Crônicos
	1	Algas	
III Organismos do solo	3	Minhocas (ciclos B, S e C)	
IV Organismos não alvo	4	Abelhas	
Transportes	5	Solubilidade	
	10	Mobilidade	
	11	Adsorção/Desorção	
Persistência	6	Hidrólise	
	-	Fotólise	
	8/9	Biodegradabilidade	
Bioacumulação	7	Log Kow / F.B.C.	
Aves	12	Dose única (DL50)	Ajustes p/ tab 13
	13	Dieta (CL50)	
Intoxicação Aguda (Toxicidade)	14	DL50 Oral / Dérmica	
		CL50 Inalatória	
		Lesões	
		Oculares/Dérmica	
Nível Máximo de perigo	15	Class. Impeditiva	
Classificação final do produto	16		Testes crônicos

**Tabela 1 - Organismos aquáticos**

CL50/CE50 (mg/kg) (ppm)	fator	classificação
> 100	4	praticamente não tóxico
10 - 100	3	pouco tóxico
0,1 - 10	2	moderadamente tóxico
< 0,1	1	altamente tóxico

**Tabela 2 - Spirillum volutans (toxicidade aguda)**

MEC90(%)	fator	classificação
75	4	levemente tóxico
51 - 75	3	moderadamente tóxico
25 - 50	2	tóxico
25	1	muito tóxico

Tabela 3 - Organismos do Solo

CL50 (mg/kg)	fator	classificação
> 1000	4	relativamente não tóxico
100 - 1000	3	moderadamente tóxico
10 - 100	2	muito tóxico
< 10	1	altamente tóxico

Tabela 4 - Abelhas

Dose ( $\mu$ g/abelha)	fator	classificação
> 10	4	ligeiramente tóxico
1,0 - 10	3	tóxico
0,1 - 1,0	2	moderadamente tóxico
< 0,1	1	altamente tóxico

Tabela 5 - Solubilidade

(mg/l)	fator	classificação
< 5	4	insolúvel
5 - 50	3	pouco solúvel
50 - 500	2	medianamente solúvel
> 500	1	solúvel

Tabela 6 - Hidrólise

1/2 vida (dias)	fator	classificação
< 1	4	facilmente hidrolisável
1 - 30	3	medianamente hidrolisável
30 - 120	2	pouco hidrolisável
> 120	1	muito pouco hidrolisável

Tabela 7 - Bioconcentração

**IV - Não acumulativo** - Quando a concentração da substância no peixe é a mesma ou menor que a concentração presente na água e quando a concentração do produto no organismos decresce quando da depuração. ( $FBC \leq 1$ )

**III - Levemente acumulativo** - Quando a acumulação da substância no organismos é menor que **10 X** que a presente na água. ( $1 < FBC \leq 10$ )

**II - Moderadamente acumulativo** - Quando a acumulação da substância no organismos está entre **10** e **1000 X** que a presente na água. ( $10 < FBC \leq 1000$ )

**I - Altamente acumulativo** - Quando a acumulação da substância no organismos é maior que **1000 X** que a presente na água. ( $FBC > 1000$ )

Se  $\text{Log } K_{ow} \leq 2 \rightarrow$  Tabela IV

**BIODEGRADABILIDADE****Tabela 8** - Quanto a percentagem de  $14\text{ CO}_2$  em 28 dias

%	fator	classificação
> 25 (30 dias)	4	não persistente
10 - 25 (30 - 90 dias)	3	persistência reduzida
1 - 10 (90 - 180 dias)	2	persistência média
< 1 (180 dias)	1	persistência alta

**Tabela 9** - Quanto a meia vida

1/2 vida (dias)	fator	classificação
< 30	4	não persistente
30 - 180	3	medianamente persistente
180 - 360	2	persistente
> 360	1	altamente persistente

**Tabela 10** - Mobilidade

Rf	fator	classificação
0,00 - 0,34	4	imóvel ou de baixa mobilidade
0,35 - 0,64	3	mobilidade intermediária
0,65 - 0,89	2	mobilidade elevada
0,90 - 1,00	1	totalmente móvel

**Tabela 11** - Adsorção /dessorção

K	fator	classificação
> 150	4	elevada adsorção
50 - 149	3	grande adsorção
25 - 49	2	média adsorção
0 - 24	1	pequena adsorção

**AVES****Tabela 12** - Dose única

DL50 (mg/kg)	fator	classificação
> 2000	4	praticamente não tóxico
501 - 2000	3	ligeiramente tóxico
51 - 500	2	moderadamente tóxico
< 50	1	altamente tóxico

**Tabela 13** - Dieta

CL50(ppm)	fator	classificação
> 5000	4	praticamente não tóxico
1001 - 5000	3	ligeiramente tóxico
501 - 1000	2	moderadamente tóxico
500	1	altamente tóxico

**Tabela 14** - Classificação de Formulações Baseada na Intoxicação Aguda

Clas-se	DL50 oral (mg/kg)					DL50 dérmica (mg/kg)			
	i.n.	formulação líquida	formulação sólida	i.n.	formulação líquida	formulação sólida	CL50 inalatória (mg/l/h)	Lesões oculares	Lesões Dérmica
I	≤ 25	≤ 200	≤ 100	≤ 100	≤ 400	≤ 200	≤ 0,2	Corrosão ou ulceração, opacidade da córnea irreversível em 7 dias	Corrosão ou ulceração
II		200 a 2.000	100 a 500		400 a 4.000	200 a 1.000	> 0,2 ≤ 2	Opacidade da córnea reversível em 7 dias, irritação persistente por 7 dias	Irritação severa durante observação por 72 horas
III		2.000 a 6.000	500 a 2.000		4.000 a 2.000	1.000 a 4.000	> 2 ≤ 20	Sem opacidade da córnea, irritação reversível dentro de 7 dias	irritação moderada durante observação por 72 horas.
IV		6.000	2.000		12.000	4.000	> 20	Sem opacidade da córnea, irritação reversível em 24 horas	Irritação leve durante observação por 72 horas.

A avaliação do potencial de periculosidade ambiental é baseada nas características do produto, suas propriedades físico-químicas, sua toxicidade a diversos níveis tróficos, bioacumulação, persistência e transporte e ainda são analisados os potenciais mutagênicos, carcinogênicos e embriofetotóxicos. Alguns desses parâmetros são resultados de 3 mensurações próprias, são os casos de transporte e persistência que resultam:

**1) Transporte** - o transporte do produto no solo é avaliado com base nos parâmetros mobilidade, adsorção/dessorção e solubilidade em água;

Inicialmente, apenas transporte e persistência eram resultados de mais de 1 valor. Passou-se a agrupar os demais valores construindo-se os seguintes parâmetros:

1. Organismos de solo, a partir de microorganismos e minhocas.
2. Organismos aquáticos, a partir de microcrustáceos, algas e peixes.

3. Organismos de locomoção aérea, a partir de aves e abelhas.
4. Letalidade para mamíferos, a partir de DL50 e CL50 oral, dérmica e inalatória.
5. Danos dérmicos ou de mucosa para mamíferos, a partir de irritação/corrosão dérmica e ocular.

**2) Persistência** - em relação a persistência do produto, considera-se os mecanismos de degradação biótica (biodegradabilidade no solo) e abiótica (hidrólise e fotólise),

Estes 5 parâmetros (comentados anteriormente) adicionados ao transporte, persistência e bioacumulação totalizam 8 parâmetros. Considerou-se que do ponto de vista ambiental a persistência e a bioacumulação são mais importantes e devem ter mais peso no conjunto final da classificação. Desta forma, arbitrou-se estabelecer peso 2 para estes dois parâmetros. Assim, o somatório de todos os valores produz um índice final de base 10. Este índice é que permite estabelecer a classificação do produto.

**Tabela 15** - Nível máximo de perigo - (periculosidade inaceitável, impedindo a concessão de registro)

Quando:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100% dos testes de ecotoxicidade mostrarem resultados que impliquem na classificação de maior nocividade - Classe I.</li> <li>• Os testes de bioacumulação e persistência e toxicidade para mamíferos forem os mesmo tempo Classe I.</li> <li>• Os testes de bioacumulação e persistência forem Classe I e 50% dos testes de toxicidade aguda forem Classe I.</li> <li>• O produto for comprovadamente mutagênico e/ou teratogênico e/ou carcinogênico em pelo menos duas espécies animais testadas ou que provoque distúrbios hormonais e danos ao sistema reprodutivo.</li> <li>• Não possuir método de desativação.</li> </ul>

**Tabela 16** - Classificação final do produto / (%) dos resultados dos testes por classe)

**Classificação do teste**

Nível de perigo ao Ambiente	1	2	3	4
I - Altamente Perigoso	$100 > a > 60$	ou $b > 50$ + bioacumulação 1 ou + persistência I	c	d
II - Muito Perigoso	k $(k + l > 40) l \neq 0$	1 ou $(k + <40 +$ bioac. I + persistência I)	m	n
III - Perigoso	o	p	q $(q + r > 60)$	r
IV - Pouco Perigoso	$\Phi$	$\Phi$	s	$t > 50$

(\*) As letras representam valores em %.

- Os testes crônicos são considerados na avaliação e classificação de parâmetros para ajuste.
- Para efeito de classificação final do produto é feita normalmente uma comparação com outros produtos já classificados para mesma finalidade.

O valor de cada um dos parâmetros é obtido considerando-se os valores parciais dos seus componentes. O parâmetro **Persistência** é obtido considerando-se também, hidrólise e fotólise com peso 1 e biodegradabilidade com peso 2, as classes obtidas da combinação desses valores, já estão devidamente tabeladas.

Quanto ao parâmetro Bioacumulação, a informação do log Kow (log do coeficiente

de Partição Octanol/Água), e de outros parâmetros, determinam a apresentação ou não de um estudo de Bioconcentração, que gera um fator de bioconcentração (FBC). Este fator é classificado de acordo com valores tabelados.

Para os demais parâmetros não se considerou internamente diferenciação de pesos. A combinação de valores para produzir o valor da classe de cada

parâmetro, também, está tabelada. Finalmente, para os testes que possuem valores para agudo e crônico estes dois valores são levados em consideração para a classificação final.

Após a classificação de cada parâmetro é procedida a soma de valores e segue-se a seqüência de procedimento que levam a classificação final.

Aos restantes (12) parâmetros são atribuídas classificações específicas, consideradas parciais, a partir de tabelas adotadas que representam adaptações das tabelas da OECD ("Organization for Economic Co-operation and Development") **Guidelines for Testing of Chemicals** e EPA/USA ("Environmental Protection

Agency" - USA), considerando-se quatro classes.

## 8. Etapas Finais de Classificação

- **6 (seis) parâmetros peso 1** (transporte, organismos aquáticos, organismos terrestres, organismos de locomoção aérea, mamíferos vias de ação sistêmica e tóxica) + **2 (dois) parâmetros peso 2** (persistência e bioacumulação) = **10 parâmetros**.
- Quando a soma dos 10 parâmetros ou outras condições não enquadrarem o produto na categoria **PIOR** (Produtos Impeditivos de Obtenção de Registros) obedecerá às seguintes classificações:

**Quadro 1 - Fechamento de Produtos**

Nome Comercial :			
Ingrediente Ativo:			
Empresa:			
Propriedades FQ:			
TRANSPORTE	PERSISTÊNCIA	BIOACUMULAÇÃO	DIVERSOS ORGANISMOS
Solubilidade	Hidrólise	Log Kow	Microorganismos
Mobilidade	Fotólise	FBC	Minhocas
Adsorção	Biodegradabilidade		Microcrustáceos
TOTAL	TOTAL	TOTAL	Algas
			Peixes
			Aves
			Abelhas
			DL50 oral
			CL50 inalatória
			DL50 dérmica
			Irritação/corrosão dérmica
			Irritação/corrosão ocular

**Soma dos Parâmetros**

**CLASSE FINAL**

**PIOR** - 100% dos testes de ecotoxicidade mostrarem resultados que impliquem na classificação de maior nocividade - Classe I.

Os testes de bioacumulação e persistência e toxicidade para mamíferos forem ao mesmo tempo Classe I.

Os testes de bioacumulação e persistência forem classe I e 50% dos testes de toxicidade aguda (microorganismos, microcrustáceos, peixes, algas, minhoca, aves, abelha, toxicidade oral, inalatória e dérmica) forem classe I.

O produto for comprovadamente mutagênico e/ou teratogênico e/ou carcinogênico em pelo menos 2 espécies de animais testadas ou que provoque distúrbios hormonais e danos ao sistema reprodutivo.

- O produto não possuir método de desativação.

**CLASSE I (Altamente Perigoso):** A soma dos parâmetros variar de 11 a 19.

**CLASSE II (Muito Perigoso):** A soma dos parâmetros variar de 20 a 27.

**CLASSE III (Perigoso):** A soma dos parâmetros variar de 28 a 34.

**CLASSE IV (Pouco Perigoso):** A soma dos parâmetros variar de 35 a 40.

### Avaliação do Risco Benefício

Os Produtos fitossanitários, devido principalmente a prevenção de perdas de produção, tem reduzido substancialmente o custo do alimento. Estes produtos também tem ajudado a melhorar a qualidade dos alimentos.

De forma geral podemos sumarizar os riscos e benefícios em:

#### Benefícios

- Controle de pragas, doenças e plantas invasoras
- Impacto na produção e na qualidade
- Relação custo/benefício

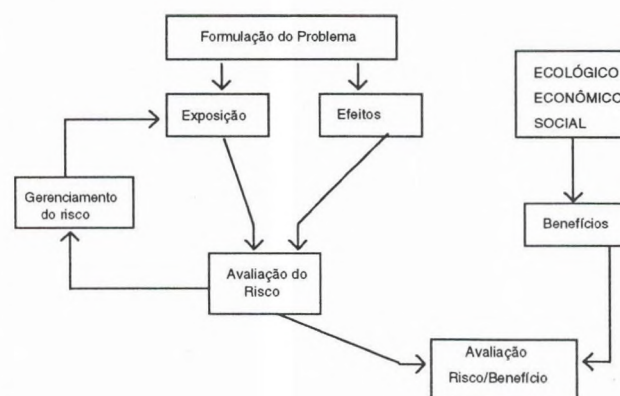
#### Riscos à saúde

- Aplicador
- Consumidor

#### Riscos ao meio ambiente

- Fauna/Flora
- Solo/Água/Ar

Com base neste sumário, vamos fazer uma análise do risco/benefício:



Fonte: Adaptado de FAO.

*A avaliação do risco e as análises de risco/benefício como parte de desenvolvimento dos produtos fitossanitários e do processo de registro.*

### Bibliografia Consultada

CENTENO, In Manual, A.J. Modelo de Análise para classificação de periculosidade Ambiental de Agrotóxicos. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. IBAMA, 1995 não paginado.

Chemical Risks to Human Health and The Environment: Identification and Quantification - 1991 - WHO/IPCS

Data Interpretation Guides - For Initial Hazard Assessment of Chemicals — Provisional - OECD - 1984.

- Environmental Risk Analysis for Chemicals - 1982 - Van Nostran Reinhold Environmental Engineering Series
- EPA. 1992. Framework for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-92/001. U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum, Washinston. DC.
- FAO. 1989. Revised Guidelines on environmental criteria for the registration of pesticides. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, December, 1989 pp 51.
- Guidelines on Environmental Criteria for the Resistration of Pesticides — 1985 — FAO
- Graham-Bryce, I. Impacto Ambiental. Os defensivos Agrícolas em perspectiva. Doc. Especial Apresentado na Conferência Britânica de Proteção à Agricultura. Shell-Brasil, Março 1991. 10 p.
- Gustafson, D. I. 1988. Groundwater Ubiquity Score: A simple method for assessing pesticide leachability. Environmental Toxicology and Chemistry, 8:339-357.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS. Manual de pesticidas para avaliação da ecotoxicidade de agentes químicos. 2.ed. Brasília:, IBAMA, 1990.
- Ministério da Agricultura, do Abastecimento, da Reforma Agrária - Secretaria de Defesa Agropecuária - Depto. de Defesa Vegetal. Legislação Federal de Agrotóxicos e afins. 1995, 120 p.
- NRC. 1993. Issues in Risk Assessment National Research Council. National Academy Press, Washington, DC.
- SANTOS, P.F. O meio ambiente e os defensivos Agrícolas: Avaliação de Impacto. In: Anais do I Seminário sobre o uso adequado de defensivos agrícolas no Distrito Federal. EMATER - S.A.P.G.D.F. - ANDEF. 1984. 65 p.
- SETAC. 1994. Report of the Aquatic Risk Assessment and Mitigation Dialogue Group. Eds: Graney, R. L., A. Maciorowski, K. R. Solomon, H. Nelson, D. Laskowski e J. L Baker. SETAC Foundation for Education. Pensacola. FL.1994.