

“AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DO LENÇOL  
FREÁTICO E CORPOS AQUÁTICOS POR AGROTÓXICOS  
UTILIZADOS NO ASSENTAMENTO ZUMBI DOS PALMARES”.

**ROGERIA MARIA RAMOS DE FARIA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF  
CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

NOVEMBRO DE 2008

**“AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DO LENÇOL  
FREÁTICO E CORPOS AQUÁTICOS POR AGROTÓXICOS  
UTILIZADOS NO ASSENTAMENTO ZUMBI DOS PALMARES”.**

**ROGERIA MARIA RAMOS DE FARIA**

“Monografia apresentada ao Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Licenciado em Química.”

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Maria Cristina Canela

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

NOVEMBRO DE 2008

**“AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DO LENÇOL  
FREÁTICO E CORPOS AQUÁTICOS POR AGROTÓXICOS  
UTILIZADOS NO ASSENTAMENTO ZUMBI DOS PALMARES”**

**ROGERIA MARIA RAMOS DE FARIA**

“Monografia apresentada ao Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Licenciado em Química.”

Aprovada em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2008.

Comissão Examinadora:

---

Profº Dr. Carlos Roberto Ribeiro Matos  
LCQUI-CCT-UENF

---

Profº Dr. Marihus Altoé Baldotto  
LSOL – CCTA-UENF

---

Profº Dr. Marcos Antônio Pedlowiski  
LEEA-CCH-UENF

---

Profª Dra. Maria Cristina Canela  
LCQUI-CCT-UENF  
(Orientadora)

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Rogério e Maria pelo amor incondicional, dedicação, exemplo, carinho e apoio durante todos os momentos de minha vida, e por terem cultivado desde a infância valores e princípios que me transformaram no que hoje sou.*

## DEDICATÓRIA

*Ao meu querido irmão e amigo  
Octavio pelo amor,  
companheirismo, apoio e  
encorajamento nos momentos  
difíceis.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu a dádiva da vida, me capacitou, orientou e me permitiu alcançar mais essa vitória. O que seria de mim sem Ele à frente e na direção de cada passo?

À Zezé, Sr. Ricardo, Bibiu e Sidinho, pelo amor, cuidados, carinho e apoio dedicados. Serei eternamente grata por tudo, por terem-me “adotado”, e me tratado como se fosse uma filha durante esses anos aqui em Campos. Vocês são muito especiais para mim.

Agradeço também à minha mestre Cristina, que mesmo conhecendo minhas limitações confiou em mim. Pelo apoio, oportunidade, orientação e tolerância na minha falta de tempo. Serás para mim, sempre, um exemplo de profissional. Sou sua fã!

A todos os meus professores de graduação pelo conhecimento transferido e pela importante contribuição que tiveram em minha formação acadêmica e pessoal.

Aos meus chefes, Coronel Javoski, Capitão Geremias, Capitão Bicoock e Subtenente Muniz, por terem sempre que possível atendido aos meus pedidos para estudar.

Aos meus queridos amigos e colegas do Corpo de Bombeiros pelo carinho e pela torcida para chegada desse momento tão especial em minha vida, especialmente à Gilmara, Caetano e Figueiredo que sempre me ajudaram e muitas vezes aliviaram minha carga de serviço.

Aos meus amigos de graduação pela amizade e companheirismo, em especial à Alinny, Andréia, Fernanda, Kátia, Alice, Leise e Isabella que se tornaram durante esses anos acadêmicos, grandes amigas. Jamais esquecerei vocês!

Agradeço também a todos da 1ª Igreja Batista do IPS que estiveram orando por mim, especialmente ao Rodrigo e Thiago. Vocês são bênçãos em minha vida.

Ao Prof. Marcos A. Pedlowski e sua aluna Maria Alice Terra do Setor de Estudos Sobre Sociedades e Meio Ambiente pelos dados sobre a utilização agrotóxica no Assentamento Zumbi dos Palmares.

Não poderia também deixar de dar um agradecimento especial à Gláucia e Marcione, que sempre muito prestativas, me socorreram todas as vezes que precisei.

Em fim, agradeço a todos que de alguma forma, direta ou indireta, me ajudaram a chegar até aqui, a conquistar mais essa vitória. Sozinha não chegaria a lugar algum.

De coração, muito obrigada!!!

## SUMÁRIO

<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Tabelas .....</b>	<b>x</b>
<b>Lista de Siglas , Abreviaturas e Símbolos .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xii</b>
<b>I – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
I.1 - DEFINIÇÃO DE AGROTÓXICO.....	13
I.2 – A INSERÇÃO DE AGROTÓXICOS NA AGRICULTURA E SUA TOXICIDADE.....	14
I.3 – CONSUMO DE AGROTÓXICO NO BRASIL E TOXICIDADE HUMANA.....	16
I.4 – CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS.....	19
I.5 - OS AGROTÓXICOS E O MEIO AMBIENTE.....	22
I.6 – UTILIZAÇÃO DE AGROTÓXICOS NO ASSENTAMENTO ZUMBI DOS PALMARES.....	28
<b>II – OBJETIVO .....</b>	<b>29</b>
<b>III – METODOLOGIA .....</b>	<b>30</b>
<b>IV – RESULTADO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
IV.1 - AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA CONTAMINAÇÃO DE ALGUNS AGROTÓXICOS ATRAVÉS DO GUS E LEACH.....	31
IV.2 - DISPERSÃO TEÓRICA DOS AGROTÓXICOS NO AMBIENTE USANDO MODELAGEM.....	41
<b>V – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>45</b>
<b>VI – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>52</b>



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Estruturas químicas do BHC e do DDT.....	20
<b>Figura 2:</b> Estrutura de alguns organofosforados.....	20
<b>Figura 3:</b> Estrutura de um carbamato – Carbaril .....	21
<b>Figura 4:</b> Estrutura de um piretróide – Aletrina.....	21
<b>Figura 5:</b> Movimento dos pesticidas no ecossistema.....	23
<b>Figura 6:</b> Caracterização Esquemática das Zonas não satura e saturada no subsolo.....	25
<b>Figura 7:</b> Localização do Assentamento Zumbi dos Palmares no Município de Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana no Estado do Rio de Janeiro.....	28
<b>Figura 8:</b> Primeira tela de inserção de dados do programa de modelagem do Centro de Modelagem Ambiental do Canadá (CEMC) – Level I - 3.00.....	31
<b>Figura 9:</b> Quantidade de agrotóxicos utilizados no PA Zumbi dos Palmares classificados quanto a sua persistência no ambiente.....	35
<b>Figura 10:</b> Quantidade de agrotóxicos utilizados no PA Zumbi dos Palmares classificados quanto a sua mobilidade, de acordo com o índice <i>GUS</i> .....	37
<b>Figura 11:</b> Relação entre os índices <i>GUS</i> e <i>LEACH</i> dos agrotóxicos utilizados no assentamento PA Zumbi dos Palmares.....	40
<b>Figura 12:</b> Distribuição do glifosato no ambiente utilizado a modelagem do CEMC.....	42
<b>Figura 13</b> – Correlação das porcentagens encontradas dos agrotóxicos estudados com o <i>GUS</i> e com o <i>LEACH</i> em a) água e em b) solo.....	44

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Níveis de toxicidade, dose fatal e cor da faixa dos agrotóxicos.....	18
<b>Tabela 2:</b> Valores de DL <sub>50</sub> (oral, ratos), mg/kg, para alguns pesticidas.....	18
<b>Tabela 3:</b> Estimação da constante empírica <i>Koc</i> .....	27
<b>Tabela 4:</b> Relação dos princípios ativos dos agrotóxicos utilizados no PA Zumbi dos Palmares e sua classificação quanto à função e toxicidade humana e ambiental....	32
<b>Tabela 5:</b> Ingrediente ativo, propriedades físico-químicas, GUS e LEACH dos agrotóxicos utilizados no Assentamento Zumbi dos Palmares.....	34
<b>Tabela 6:</b> Dados de entrada necessários para o modelo de equilíbrio de partição de compostos orgânicos no ambiente – Nível I (Versão 3.00).....	41
<b>Tabela 7:</b> Quantidade em porcentagem dos agrotóxicos utilizados no P.A Zumbi dos Palmares nos diferentes compartimentos do ambiente e os valores encontrados dos índices <i>GUS</i> e <i>LEACH</i> .....	43

## SIGLAS, ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

2,4-D: 2,4-ácido diclorofenoxiacético

ABAS: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CEMC: *Canadian Environmental Modeling Center* ( Centro de Modelagem Ambiental do Canadá)

DDT: Para-diclorodifeniltricloroetano

GUS: Groundwater Ubiquity Score

IBAMA: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

*K<sub>oc</sub>*: Coeficiente de sorção normalizado pela fração de carbono orgânico no solo

*K<sub>ow</sub>*: Coeficiente de partição n-octanol/água

LEACH: Leaching Index

MSMA: Metilarsenato ácido de sódio

OPAS: ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE

SINDAG: Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Agrícola

$t_{1/2}$ : Tempo de meia-vida

V<sub>p</sub>: pressão de Vapor

W<sub>s</sub>: solubilidade em água

## RESUMO

A contaminação de águas subterrâneas e corpos aquáticos por agrotóxicos deve ser motivo de preocupação, pois esses produtos são potencialmente tóxicos e podem causar riscos ao meio ambiente e à saúde humana. Estudos desenvolvidos no Assentamento Zumbi dos Palmares, localizado nos municípios de Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana no Estado do Rio de Janeiro, demonstraram uma intensa e inadequada utilização de agrotóxicos. Nesta região existem várias lagoas que têm sofrido impactos a partir da atividade humana, sendo um dos motivos, a contaminação por agrotóxicos usados na agricultura local. Além disso, a maior parte dos moradores utiliza água de poços rasos para o consumo, a qual já foi detectada a presença de agrotóxicos. O presente trabalho fez uma avaliação do potencial de cada agrotóxico utilizado neste assentamento, de atingir o lençol freático e as lagoas, causando a sua contaminação. A partir dos princípios ativos dos agrotóxicos utilizados no assentamento foram pesquisadas as propriedades físico-químicas destes compostos e em seguida calculou-se o *GUS* (Groundwater Ubiquity Score), que avalia a lixiviabilidade de moléculas e a possibilidade de encontrá-las em águas subterrâneas, e o *LEACH* (Leaching Index), que descreve a mobilidade e o potencial destes compostos na poluição de águas subterrâneas e superficiais. Utilizou-se também um *software* do Centro de Modelagem Ambiental do Canadá, o qual permite, a partir dos dados ambientais e características dos agrotóxicos, avaliar a sua dispersão no ambiente em todos os compartimentos. Enfim, baseado nos cálculos dos *GUS* e *LEACH* dos agrotóxicos e nos diagramas obtidos através do programa do CEMC, concluiu-se que dos 16 princípios ativos utilizados no assentamento, sete deles apresentam tendência de contaminar o lençol freático, tanto pelo processo de lixiviação como de escoamento superficial, sendo eles: 2,4-D, bromacila, ametrina, captana, carbaril, diurom e etefom. Outros quatro compostos apresentaram potencial de contaminação através do escoamento superficial, que foram: a hexazinona, metamidofós, MSMA e glifosato, desde que ocorra a aplicação seguida de chuvas e/ou irrigação. A fentiona apresentou potencial de contaminar o lençol freático apenas através do processo de percolação pelo solo. Os que não apresentaram potencial de contaminar águas subterrâneas e corpos aquáticos, segundo esse estudo, foram: deltametrina, mancozebe, parationa-metílico e tiofanato metílico.

## I – INTRODUÇÃO

### I.1 – DEFINIÇÃO DE AGROTÓXICO

Desde os primórdios da humanidade, o homem busca meios para aumentar a produção e disponibilidade de alimentos. Um dos resultados dessa busca foi a descoberta dos agrotóxicos, antes denominados de defensivos agrícolas. Existe uma polêmica discussão sobre a nomenclatura correta desses produtos químicos. Até a Constituição de 1988, o termo utilizado para esses produtos era “defensivo agrícola”. No entanto, a Legislação Brasileira através do Decreto nº 98.816 de 11/01/90 do Ministério da Agricultura, que regulamentou a Lei Federal nº 7.802 de 11 de julho de 1989, passou a denominar os produtos químicos designados defensivos agrícolas, como:

*I – Agrotóxicos e afins:*

*a) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e no 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;*

*b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento;*

*II – Componentes: os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias-primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins.*

Mesmo com a alteração na legislação brasileira, o termo “defensivo agrícola” é constantemente utilizado, principalmente entre sindicatos, fabricantes e comerciantes dos produtos. As empresas fabricantes de agrotóxicos denominaram a sua associação nacional de “Associação Nacional de Defesa Vegetal” (ANDEF), e ao seu sindicato de “Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Agrícola” (SINDAG). Estas denominações acabam mascarando os vários danos que os agrotóxicos podem causar ao meio ambiente e a saúde humana (AQUINO, 2006).

Outros dois termos são utilizados para designar os agrotóxicos: *pesticida* (aquele que mata somente as pestes), que tem origem na palavra inglesa “pesticide”, e *praguicida*, palavra de origem espanhola que está relacionado ao termo *pesticida* (PERES, 1999).

## I.2 – A INSERÇÃO DE AGROTÓXICOS NA AGRICULTURA E SUA TOXICIDADE

Segundo Barbosa (2004), o registro mais antigo da utilização de agrotóxicos ocorreu em 2.500 a.C., quando era utilizado o enxofre para combater insetos. Barbosa ressalta ainda que havia também sinais da utilização de quantidades moderadas do enxofre pelos chineses, tendo como objetivo combater piolhos e outras pragas. Os romanos também utilizavam a fumaça resultante da queima desse composto para proteger as lavouras de insetos. Incorporava-se o enxofre em velas e sua queima produzia o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), que era inalado pelos insetos e provocava a morte dos mesmos (BAIRD, 2002)

A Revolução Industrial, a partir do século XVIII, já mostrava a necessidade de se aumentar e aperfeiçoar a produção de alimentos devido ao crescimento populacional. Devido à exigência de uma demanda maior de alimentos, foram implantadas práticas agrícolas, como a monocultura. Com o objetivo de corroborar para o aumento da produção de alimentos, desenvolveu-se e aperfeiçoou-se também a produção de agrotóxicos (CHAIM, 1999).

Segundo Hobsbawn (1997) a Revolução Industrial modificou completamente a agricultura, que passou a partir dessa época a ser direcionada para o mercado. A simples função de subsistência foi abandonada para dar lugar a produção em grande escala. Hobsbawn destaca que a década que teve início em 1840 foi o período em que foram mais intensas as transformações da Revolução Industrial, principalmente devido ao fato da ciência e da engenharia agrícola terem atingido a maturidade. Tais mudanças ocorreram primeiramente na Inglaterra, o que permitiu que as atividades agrícolas britânicas produzissem 98% dos cereais consumidos por uma população duas a três vezes maiores que de meados do século XIX.

No ano de 1867, nos Estados Unidos, descobriu-se as propriedades inseticidas do arsênio, chamado de *Verde Paris*, um sal de cobre-arsênio. Este composto foi criado para combater um determinado tipo de praga que atacava as plantações de batata do Mississipi. Outros sais de arsênio também foram empregados, todos eles atuam como um veneno estomacal, quando ingeridos pelos insetos provocam a morte dos mesmos. O arsênio já era utilizado pelos chineses no século XVI e propagou-se muito no século XIX até a II Guerra Mundial. O arsênio foi o primeiro agrotóxico produzido para utilização em larga escala (BARBOSA, 2004; BAIRD, 2002).

No século XIX descobriu-se também as propriedades do cobre, mais especificamente na França. O cobre foi utilizado misturado a cal no controle do desenvolvimento dos fungos da uva, tal mistura ficou conhecida como *Calda Bordalesa* em homenagem a cidade de Bordeaux. Esta mistura se tornou o primeiro fungicida de que se tem registro.

No ano de 1874 houve uma grande descoberta: o DDT (Dicloro difenil tricloroetano), composto orgânico sintetizado por Othomar Zeidler. No entanto, somente em 1939 suas ações como inseticida foram divulgadas pelo químico suíço Paul Hermann Muller, o que lhe proporcionou em 1948 o Prêmio Nobel de Medicina (D'AMATO et al., 2002).

No período das grandes guerras, principalmente da Segunda Guerra Mundial, os países europeus investiram em pesquisas com o objetivo de desenvolver armas químicas e descobrir novos compostos que pudessem proteger seus soldados de insetos transmissores de doenças tropicais, tais como: dengue, doença do sono, malária, etc. Assim, o DDT foi muito utilizado para evitar surtos de tifo e malária. Este agrotóxico tornou-se o mais utilizado dos novos agrotóxicos sintéticos e foi aclamado como um agrotóxico de uso universal, antes que seus efeitos ambientais fossem intensivamente estudados. Quase que paralelamente ao DDT, através de estudos realizados por pesquisadores ingleses e franceses no período entre 1941 e 1942, foram descobertas também as propriedades inseticidas do BHC (Hexaclorocicloexano) (FLORES et al, 2004). Durante o segundo conflito mundial, outros produtos também foram desenvolvidos pelos alemães e americanos. Entre os gases desenvolvidos pelas indústrias alemãs estavam alguns compostos derivados do ácido fosfórico, que, posteriormente, deram origem aos inseticidas do grupo paration. Os americanos criaram vários produtos para serem utilizados para destruir as lavouras dos inimigos por via aérea, produtos esses que depois da guerra foram direcionados para a agricultura (ALVES, 2002)

Após o final do conflito mundial, a utilização dos agrotóxicos intensificou-se, isto ocorreu devido à necessidade de expansão da produtividade agrícola no pós-guerra (BAIRD, 2002). Sendo assim, nas décadas seguintes houve a introdução no mercado de um grande número de agrotóxicos, cada vez mais específicos, o que resultou na difusão de inúmeras formulações no mercado internacional, o que acarretou a disseminação da Revolução Verde (PERES, 1999).

Com o intuito de aumentar a produção alimentar foi implantada em 1960 a Revolução Verde. As propostas desta revolução tinham como objetivo eliminar a fome que devastava diversas regiões do mundo. A Revolução Verde tratava-se de um grande “pacote de insumos” direcionado a agricultura, organizado e disseminado pelos países desenvolvidos. No entanto, após sua propagação a fome não foi eliminada e foram gerados graves impactos ambientais e sociais em todo o mundo. O uso intensivo de agrotóxicos e a exclusão de vários agricultores do processo de produção foram alguns dos impactos mais graves (MARCATO, 2005; SEVERINO, 2005).

No século XX, os Estados Unidos criaram a primeira legislação para regular o uso de agrotóxicos. A principal preocupação desta legislação era a comercialização de produtos alterados e não eficazes, logo ela se importava pouco com os danos causados á saúde e ao ambiente (WHO, 1990).

### **I.3 – CONSUMO DE AGROTÓXICO NO BRASIL E TOXICIDADE HUMANA**

No Brasil, o uso de agrotóxico iniciou-se, basicamente, na década de 60, quando ocorreu no campo um progressivo processo de modernização da agricultura, com a inserção do uso de maquinários e produtos agroquímicos, no processo de produção (PERES, 1999; BARBOSA, 2004). As estatísticas existentes demonstram que a utilização de agrotóxicos em 1970 era de aproximadamente 27.728 toneladas anuais, passou para 80.968 toneladas anuais em 1980, chegou em 2001 a 158.737 toneladas anuais e atualmente a utilização é de aproximadamente 300.000 toneladas de agrotóxico por ano. (FURTINO e SILVEIRA, 1991; IBGE, 2004).

Deste modo, existe uma crescente dependência da agricultura nacional na utilização dos agrotóxicos. Isto pode ser comprovado quando se correlaciona o uso desses compostos com a área plantada no Brasil. No período entre 1964 e 1997 ocorreu um aumento de 276% na sua utilização diante de um crescimento de 76% da área plantada, e este crescimento desproporcional permanece inalterado até os dias de hoje. Em 1997, a quantidade desses produtos químicos que eram comercializados por área plantada era de 2,27 kg/ha, subindo para 2,76 kg/ha em 2000 (IBGE, 2002), chegando a 3,13 kg/ha em 2001 (IBGE, 2004).

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Agrícola (SINDAG), o Brasil é o 8º consumidor mundial de agrotóxicos por área



plantada. Além disso, de acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria Química, em 2004 foram investidos U\$ 4,2 bilhões no consumo de agrotóxicos no Brasil. Os estados do Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins são os que apresentam uma maior atividade agrícola, e juntos correspondem a 70% do total de agrotóxicos utilizados no território nacional (ANVISA, 2004)

De acordo com dados estatísticos do Ministério da Saúde, 7.506 casos de intoxicação por agrotóxicos foram notificados no Brasil apenas em 1997. Além disso, se for considerado que para cada caso de intoxicação notificado existem outros 50 não notificados, é possível concluir que esse valor pode-se chegar a 375.300 casos (PERES, 1999). Devido a esses fatores existe uma forte controvérsia acerca do uso dos agrotóxicos nos sistemas agrícolas (Peres, 1999).

No que se refere a toxicidade dos agrotóxicos, o Manual de Vigilância da Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos, produzido em 1996 pela Organização Pan-Americana de Saúde, os agrotóxicos podem determinar três níveis de intoxicação, que são:

- 1) *Aguda*: Pode ocorrer de forma leve, moderada ou grave, dependendo da quantidade de veneno absorvido. Os sinais de intoxicação são bem nítidos e os sintomas surgem rapidamente.
- 2) *Subaguda*: Acontece quando uma pessoa tem contato pequeno ou moderado com produtos altamente tóxicos ou medicamente tóxicos. Os sintomas são difíceis de serem percebidos, subjetivos e vagos, como: dor de cabeça, fraqueza, mal estar, dores no estômago e sonolência.
- 3) *Crônica*: Acontece quando um indivíduo é exposto de forma pequena ou moderada aos produtos tóxicos ou múltiplos produtos, e os resultados de tal exposição podem manifestar-se após meses ou anos, provocando danos irreversíveis à saúde, como por exemplo: paralisias e neoplasias.

A Legislação Brasileira determina que todos os produtos classificados como agrotóxicos devem possuir nos seus rótulos uma faixa colorida indicativa de sua classe toxicológica. A OPAS (1996) também estabelece tal classificação, bem como a dose letal dos agrotóxicos para os seres humanos (Tabela 1).

**Tabela 1:** Níveis de toxicidade, dose letal e cor da faixa dos agrotóxicos.

<b>Grupos</b>	<b>DL50</b>	<b>Dose capaz de matar uma pessoa adulta</b>	<b>Faixa</b>
Extremamente Tóxicos	> 5 mg/kg	1 pitada – algumas gotas	Vermelha
Altamente Tóxicos	5-50	Algumas gotas – 01 colher de chá	Amarela
Mediamente Tóxicos	50-500	1 colher de chá – 02 colheres de sopa	Azul
Pouco Tóxicos	500-5000	2 colheres de sopa – 01 copo	Verde

Fonte: OPAS 1996

Apesar desta definição, a ação dos agrotóxicos nos humanos depende do tipo de contaminação ocorrida. Alguns autores (BRASIL, 1998; CALDAS *et al.*, 2000) mencionam que os organofosforados inibem a enzimas colinesterases, principalmente a acetilcolinesterase, provocando assim o acúmulo de acetilcolina nas sinapses nervosas, e, conseqüentemente, provocando uma série de efeitos parassimpaticomiméticos, ou seja, de problemas no sistema nervoso. No entanto, Patrick (2001) diz que esse processo só ocorre quando esses compostos organofosforados são convertidos em sem seus análogos, ou seja, quando a ligação P=S é oxidada em P=O. Além disso, não existem vias metabólicas capazes de realizar essa transformação em mamíferos, ao contrário dos insetos que conseguem promover metabolicamente a dessulfurização oxidativa nesses compostos, levando na maioria dos casos à morte. Por outro lado, após serem dispostos no ambiente, estes compostos podem se transformar facilmente em seus análogos, através de processos de oxidação. Ainda sobre a toxicidade dos organofosforados, estes possuem toxicidade aguda maior do que o compostos organoclorados (Araújo *et al.* 2007) (Tabela 2).

**Tabela 2:** Valores de DL<sub>50</sub> (oral, ratos), mg/kg, para alguns pesticidas.

<b>Organoclorados</b>		<b>Organofosforados</b>	
DDT	Atrazina	Metamidofós	Paration metílico
113	1860	30	14

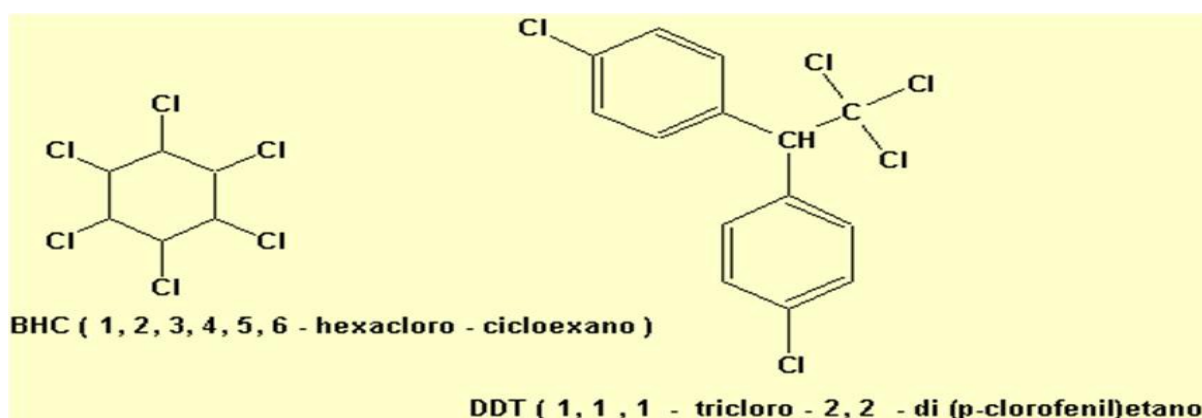
Fonte: Worthing, 1979 *apud* Araújo, 2006.

#### **I.4 – CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS**

Os agrotóxicos podem ser classificados de acordo com a sua ação e o grupo químico a que pertencem. Eles podem ser classificados como: inseticidas (insetos, larvas e formigas), fungicidas (fungos), herbicidas (ervas daninhas), raticidas (roedores), acaricidas (ácaros diversos), nematocidas (nematóides), molusquicidas (moluscos, principalmente contra caramujo da esquistossomose) e fungantes (combate insetos e bactérias) (OPAS,1996).

Os primeiros agrotóxicos utilizados foram compostos inorgânicos e organometálicos, como por exemplo, o dióxido de enxofre, fluoreto de sódio e compostos orgânicos de arsênio e mercúrio. Esses compostos apresentavam elevada persistência no meio ambiente e alta toxicidade aos seres vivos e alguns mamíferos. No período entre o final da década de 20 e início da década de 40 do século XX, esses compostos diminuíram consideravelmente e hoje eles praticamente não são utilizados. Isso ocorreu devido ao desenvolvimento dos compostos orgânicos sintéticos que foram substituindo estes mais antigos (BAIRD, 2002). O primeiro inseticida sintético foi o éter ditiocianodietílico, introduzido como aerossol para combater moscas em 1929 (SILVA e FAY, 2004). Os inseticidas orgânicos são menos tóxicos e podem ser usados em menor quantidade do que os inorgânicos, no entanto possuem os mesmos efeitos no organismo. Além disso, os compostos orgânicos foram criados inicialmente para serem biodegradáveis, embora os estudos tenham demonstrado que nem sempre essa regra é válida (BAIRD, 2002).

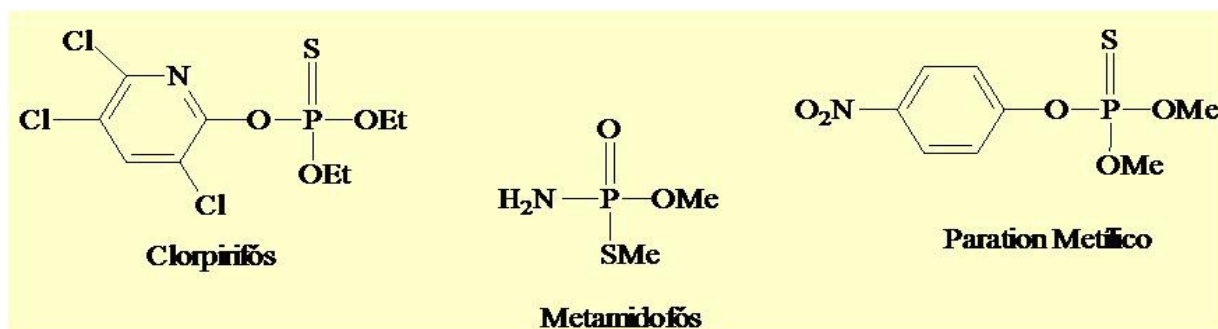
Os principais pesticidas orgânicos são classificados em organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides. Os organoclorados foram os primeiros inseticidas orgânicos utilizados. Esses compostos contêm em sua estrutura átomos de carbono, cloro e hidrogênio, derivados do clorobenzeno, cicloexano ou cicloexadieno (Figura 1).



**Figura 1:** Estruturas químicas do BHC e do DDT

Entre os organoclorados podem-se citar alguns exemplos como: **aldrin, endrin, dieldrin, para-diclorodifeniltricloroetano (DDT), benzeno, hexaclorobenzeno (HCB), endossulfan, lindane, mirex, clordano, heptacloro, toxafeno e metoxicloro** (SILVA e FAY, 2004; BRASIL, 1998). Esses compostos são relativamente não-solúveis e apresentam alta lipofilicidade, ou seja, apresenta maior afinidade pela fase orgânica, não são muito tóxicos para mamíferos, no entanto, sua persistência e tendência de acumular no tecido adiposo de animais e sua mobilidade ao longo da cadeia alimentar geram forte impacto ambiental, isso fez com que o seu uso fosse proibido (D'AMATO *et al.*, 2002; CHAGAS *et al.*, 1998; SILVA e FAY, 2004).

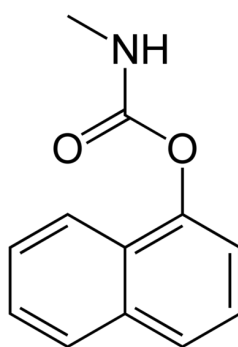
Outras classes de compostos começaram a ser sintetizados após o declínio dos agrotóxicos organoclorados, dentre eles, os organofosforados, que surgiram a partir de 1945. Estes agrotóxicos são compostos químicos instáveis derivados do ácido fosfórico, ácido tiossulfônico ou do ácido ditiossulfônico (Figura 2) (SILVA e FAY, 2004; BRASIL, 1998).



**Figura 2:** Estrutura de alguns organofosforados

Os organofosforados apesar de serem menos persistentes que os organoclorados, apresentam alta toxicidade aos seres humanos e outros mamíferos e são potencialmente tóxicos para pássaros e outros animais.

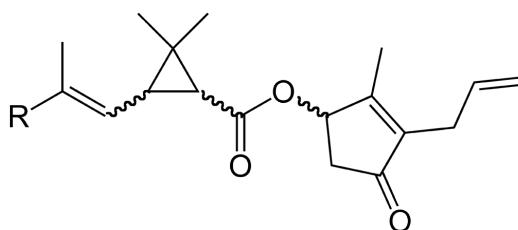
Os carbamatos geralmente são mais persistentes no solo do que os organofosforados, e sua toxicidade difere consideravelmente nos mamíferos. Na sua maioria estes compostos apresentam alta toxicidade e amplo espectro de ação, afetam diferentes grupos de organismos, e podem causar fortes impactos no ambiente (Figura 3).



**Figura 3:** Estrutura de um carbamato – Carbaril

Os carbamatos atuam como inibidores da enzima colinesterase, possui ação semelhante à colinesterase, só que ao invés de fosforilar, carbometila a enzima (SILVA e FAY, 2004).

Já os agrotóxicos piretróides, análogos de produtos naturais, são compostos orgânicos de origem vegetal, apresentam menor persistência no ambiente e são pouco tóxicos aos mamíferos. Contudo, os piretróides possuem alta toxicidade para insetos, e assim podem ser utilizados em baixa dosagem, tendo, portanto, um grande potencial para uso doméstico (Figura 4).



**Figura 4:** Estrutura de um piretróide - Aletrina

Os piretróides afetam um grande número de espécie de insetos, podendo também afetar espécies benéficas, o que pode causar um desequilíbrio ambiental (SILVA e FAY, 2004).

## I.5 - OS AGROTÓXICOS E O MEIO AMBIENTE

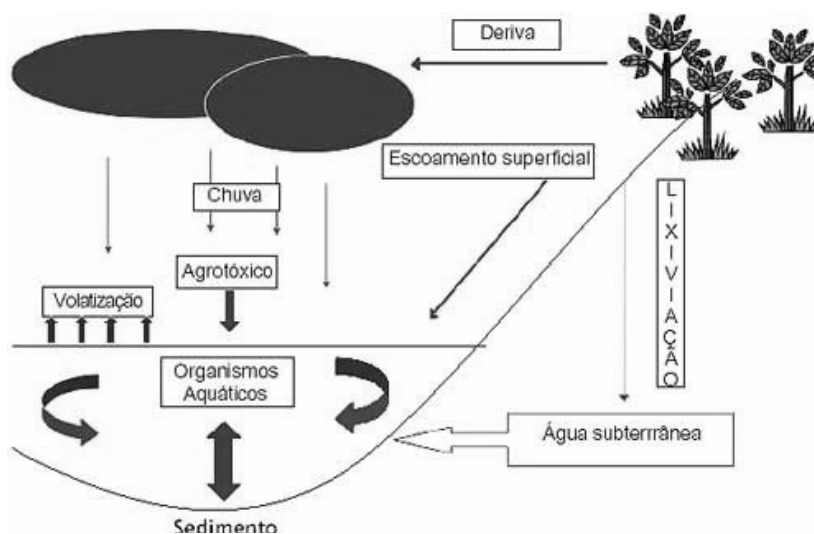
No que diz respeito ao ambiente, com o objetivo de diminuir os impactos causados pelos agrotóxicos, o Instituto Brasileiro do Meio-Ambiente e dos Recursos

Naturais Renováveis (IBAMA) estabelece a classificação dos agrotóxicos de acordo com seu potencial de periculosidade ambiental. Essa tipologia baseia-se em vários critérios que incluem: a taxa de bioacumulação, a persistência dos agrotóxicos ou seus componentes no ambiente, o tipo de transporte, o nível de toxicidade para diversos organismos, os potenciais mutagênicos, teratogênicos e carcinogênicos. Assim, com base nestes critérios, os agrotóxicos são divididos em 4 classes:

- Classe I: Produto Altamente Perigoso
- Classe II: Produto Muito Perigoso
- Classe III: Produto Perigoso
- Classe IV: Produto Pouco Perigoso

Segundo Uaska (1987), existem várias formas de contaminação ambiental por agrotóxicos, que podem ser divididas em dois grupos: contaminação direta e contaminação indireta.

A contaminação direta acontece quando há a aplicação do agrotóxico para controle de pragas agrícolas, e a indireta resulta de outras fontes não advindas da aplicação direta para o controle de pragas, como: partículas de agrotóxicos lançados em esgoto doméstico, resíduos industriais contendo agrotóxicos e partículas de agrotóxicos lançados diretamente nos rios. Esses tipos de contaminação podem acarretar vários problemas ambientais como a poluição do ar, dos solos e águas (Figura 5) (UASKA *et al*,1987).



**Figura 5:** Movimento dos pesticidas no ecossistema (baseado em TOMITA e BEYRUTH, 2002).

A poluição do ar por agrotóxico ocorre normalmente após a pulverização dos produtos sobre as lavouras, ficando em suspensão na forma de aerossóis ou adsorvidos no material particulado. Estes compostos podem, então, ser carregados pelo vento para longas distâncias, e, posteriormente, serem depositados sobre os solos. O solo é considerado o compartimento mais complexo dos ecossistemas, e cuja probabilidade de contaminação por agrotóxicos é a maior, principalmente porque é onde as aplicações são feitas, onde cai a folhagem tratada, e a água da chuva que lava as superfícies tratadas. Deste modo, os resíduos destes compostos podem interagir com as fases sólida, líquida e gasosa da água, e com a porção viva do solo, provocando assim, modificações na microflora e alterações no ciclo da matéria orgânica presentes no solo. Por outro lado, a poluição das águas pode ser ocasionada devido ao processo de lixiviação dos agrotóxicos, uma vez que este processo ao longo dos perfis dos solos acarreta a contaminação de lençóis freáticos, além de afetar os corpos de águas superficiais através do processo de escoamento superficial (Canela *et al.* 2008).

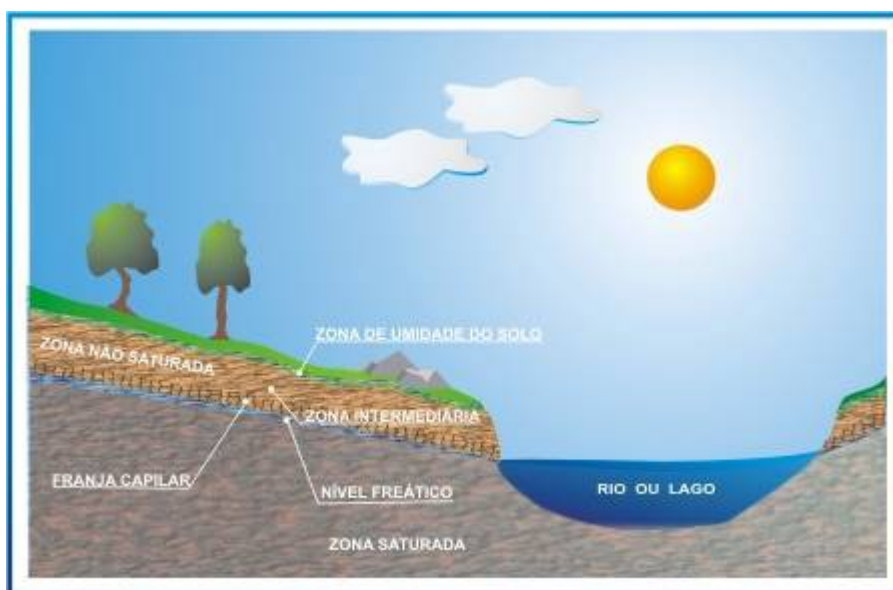
Quando um determinado agrotóxico atinge a água, dependendo de suas características físico-químicas, os seus resíduos podem penetrar nos organismos aquáticos de diversas formas. O grau de bioacumulação depende de fatores como: o tipo de cadeia alimentar, a disponibilidade e persistência do contaminante na água, e especialmente de suas características físico-químicas. Pequenos organismos aquáticos podem também absorver esses compostos, e depois servir de alimento para outros animais invertebrados aquáticos, e estes, para os peixes, ocorrendo assim o processo chamado de biomagnificação. Os agrotóxicos normalmente fixam-se no tecido gorduroso dos animais, que posteriormente poderão ser consumidos por seres humanos, e acarretar problemas à saúde (TOMITA e BEYRUTH, 2002). O efeito da contaminação por agrotóxicos em ambientes aquáticos normalmente é silencioso e crônico, ou seja, não apresenta conseqüências visíveis em curto prazo, embora possa contribuir no metabolismo e fisiologia dos organismos que vivem no meio, além de atingirem o homem através do consumo de peixes e água dos locais da contaminação.

Segundo Tomita e Beyruth (2002), outras fontes de contaminação que podem provocar impactos ao meio-ambiente, especificamente a mortandade de peixes, são as seguintes: lançamento de restos de formulações nas águas; lavagem dos

equipamentos de pulverização em águas de riachos, rios e lagoas; culturas feitas à margem de corpos aquáticos, lavagem e carregamento dos agrotóxicos pelas chuvas logo após a aplicação; e respingos acidentais de formulações de agrotóxicos em poços, tanques, caixas d'água, fontes, riachos e lagoas.

Como citado anteriormente, a contaminação das águas podem ocorrer através do escoamento superficial, contaminando rios e lagos e também através da percolação no solo até as águas subterrâneas.

Além disso, a parte superior do solo não impede totalmente o risco de contaminação das águas subterrâneas, embora funcione como um filtro físico e químico. O nível de contaminação da água depende da quantidade e da mobilidade do composto químico em um determinado solo. Após a precipitação, parte da água que atinge o solo se infiltra e percorre o interior do subsolo e a probabilidade em atingir as águas subterrâneas irá depender de características locais (ABAS, 2006) (Figura 6):



**Figura 6:** Caracterização Esquemática das Zonas não satura e saturada no subsolo. Fonte: [www.abas.org/educacao.php](http://www.abas.org/educacao.php).

- Espessura da Zona não Saturada: Essa camada funciona como um filtro físico-químico, espessuras maiores proporcionarão um maior tempo de filtragem, assim sendo, aumentará o tempo de exposição dos poluentes aos agentes oxidantes e adsorventes desta zona.



- Teor de Matéria Orgânica existente sobre o solo: A matéria orgânica adsorve com facilidade uma grande variedade de metais pesados e moléculas orgânicas, o que dificulta a interação desses compostos com o solo.
- Permeabilidade da Zona não Saturada e do Aquífero: Quando a zona não saturada for pouco permeável ou impermeável, ela será uma barreira à penetração de poluentes. Pode-se encontrar aquíferos parcialmente recobertos por camadas impermeáveis em algumas áreas e em outras o inverso. Áreas de maior permeabilidade atuam como zona de recarga e nessas regiões os poluentes espalham-se rapidamente.
- Tipo de Chuva: Chuvas intensas saturam rapidamente o solo, já as mais finas demoram mais para se infiltrar, assim sendo, aumenta o tempo de contato com o poluente.
- Inclinação do Terreno: Quando o terreno possui declives acentuados a água corre mais rapidamente e dificulta assim a infiltração. No entanto, esta água irá se concentrar em um determinado local, e assim a probabilidade de contaminação será ainda maior, devido ao processo de lixiviação.

Além disso, o poluente após atingir o solo poderá também passar por uma série de reações químicas, bioquímicas, fotoquímicas e inter-relações físicas com os constituintes do solo antes de atingir o interior do subsolo ou até mesmo antes de ser carregado pela água que percorre o mesmo. Estas reações podem modificar, retardar ou neutralizar a ação desse poluente. Em alguns casos, também podem tornar o poluente ainda mais tóxico (DANIELOPOL *et al*, 2003).

O destino final de um agrotóxico no ambiente depende ainda de muitos fatores, como o seu processo de dispersão e seus produtos de degradação pelos diversos compartimentos bióticos e abióticos.

Assim sendo, para avaliar se um determinado agrotóxico chega até o corpo aquático e contamina-o é necessário conhecer as propriedades de um dado agrotóxico em estudo, como a sua meia-vida ( $t_{1/2}$ ), o coeficiente de sorção normalizado pela fração de carbono orgânico no solo ( $K_{oc}$ ), a solubilidade em água ( $W_s$ ) e a pressão de Vapor ( $V_p$ ), e também as características do solo, onde o mesmo é depositado. A meia-vida é o tempo requerido para que a metade da concentração do agrotóxico desapareça independente da sua concentração inicial no solo. A solubilidade em água de um agrotóxico é uma propriedade importante, pois indica a tendência do agrotóxico ser carregado superficialmente por águas da chuva ou de irrigação e

atingir um determinado corpo aquático, enquanto a pressão de vapor é a pressão em que a fase de vapor está em equilíbrio com a fase líquida do agrotóxico, a uma determinada temperatura. Assim, compostos com baixa pressão de vapor possuem menor mobilidade atmosférica, menor volatilização e maior persistência, implicando num menor transporte do agrotóxico no ambiente. Por outro lado, em compostos com alta pressão de vapor ocorre o inverso, havendo assim maior facilidade de transporte. O coeficiente de sorção (*Koc*) mede a tendência de um composto sofrer partição entre a fase sólida do solo e sua solução no sistema solo-água, de acordo com a seguinte equação:

$$Koc = \frac{\mu\text{g composto sorvido} / \text{g de carbono orgânico}}{\mu\text{g composto} / \text{ml em solução}}$$

O *Koc* pode ser utilizado para estimar a extensão com que o soluto orgânico sofrerá partição no solo quando a água percolar o mesmo; o grau em que os agrotóxicos adsorverão na superfície do solo; e a partição durante o escoamento superficial, e em sedimentos aquosos. O coeficiente de sorção (*Koc*) pode ser calculado em relação ao *Kow* através da seguinte expressão:  $\text{Log } Koc = \alpha \text{ log } Kow + \beta$  (SILVA e FAY, 2004). Defini-se o *Kow* (coeficiente de partição octanol-água) como a relação da concentração de um agrotóxico na fase n-octanol saturado em água e sua concentração na fase aquosa saturada em n-octanol, esse coeficiente é importante, pois influencia o transporte de uma molécula orgânica após sua aplicação no solo (SILVA e FAY, 2004). Valores empíricos publicados para as constantes  $\alpha$  e  $\beta$  estão disponíveis na tabela 3.

**Tabela 3:** Estimativa das constante empírica do *Koc*

<b>Compostos com Log <i>Kow</i></b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>\beta</math></b>
> 2	1,00	-0,21
2,1 - 5,6	0,90	-0,54
1,0 - 2,4	0,356	1,15
2,4 -7,4	0,807	0,068
1,25 - 6,06	0,72	0,5

Fonte: GRATHWOHI, 1990.

O  $K_{oc}$  também pode ser estimado a partir da solubilidade da água (S):  $\text{Log } K_{oc} = 4,04 - 0,557 \log S$  ( $\mu\text{mol/l}$ ) (GRATHWOHI, 1990).

Com base no  $t_{1/2}$ ,  $K_{oc}$ ,  $W_s$  e  $V_p$  pode-se calcular o “GUS – Groundwater Ubiquity”, que é usado para avaliar a lixiviabilidade dos agrotóxicos e a possibilidade de encontrá-los em águas subterrâneas, e o “LEACH - Leaching Index”, que descreve a mobilidade e o potencial de contaminação de águas de um determinado corpo aquático, sendo representados pelas seguintes equações:

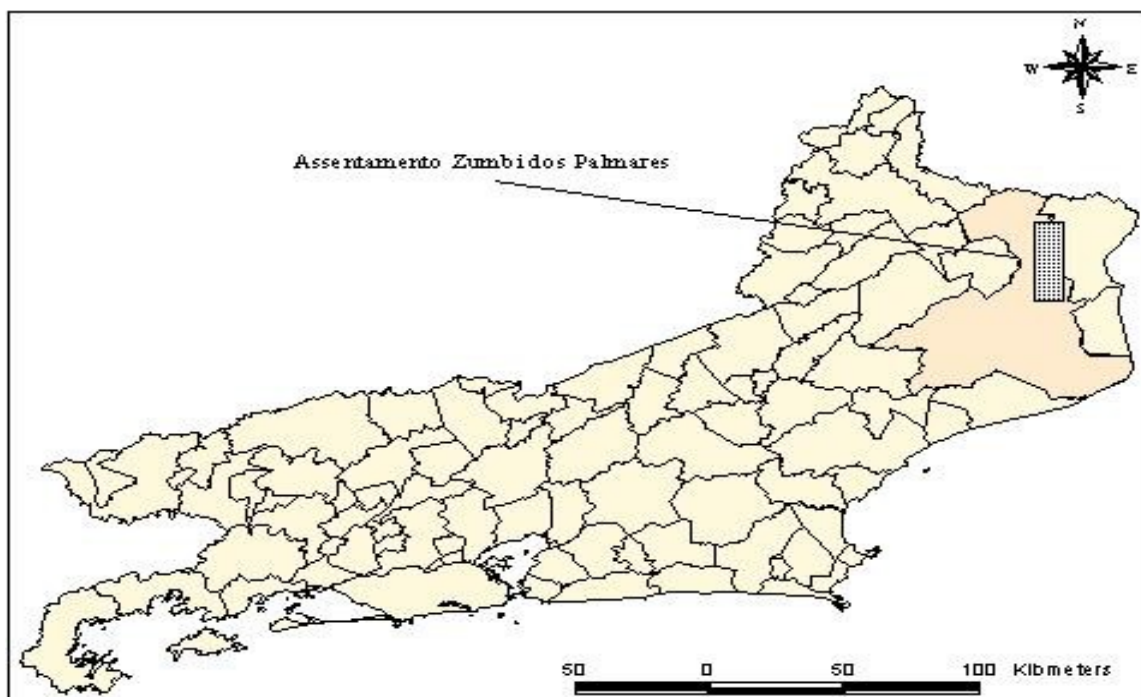
$$\text{GUS} = \log(t_{1/2}) \times [4 - \log(K_{oc})]$$

$$\text{LEACH} = (W_s \times t_{1/2}) / (V_p \times K_{oc})$$

Assim, ao se ter conhecimento das propriedades físico-químicas de determinado agrotóxico e das características do ambiente onde o mesmo será utilizado pode-se estimar o comportamento do mesmo no referido ambiente.

## **I.6 – UTILIZAÇÃO DE AGROTÓXICOS NO ASSENTAMENTO ZUMBI DOS PALMARES**

De acordo com estudos desenvolvidos no Assentamento Zumbi dos Palmares, que fica situado dentro dos municípios de Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana no Estado do Rio de Janeiro (Figura 7), foi comprovado que há uma grande utilização de agrotóxicos nesta área de forma inadequada.



**Figura 7:** Localização do Assentamento Zumbi dos Palmares no Município de Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana no Estado do Rio de Janeiro.

Segundo pesquisas realizadas por Aquino (2006), 46% dos agricultores que foram entrevistados no Zumbi dos Palmares utilizavam agrotóxicos em seus sistemas agrícolas, e os demais, afirmaram que ainda não utilizavam devido à falta de condições financeiras, mas que pretendiam utilizar no futuro, caso tenham os recursos necessários para compra dos produtos. Em outro estudo realizado por Terra (2008) 40% dos entrevistados disseram não utilizar os agrotóxicos. Neste caso, entre as razões relacionadas estiveram presentes preocupações com a proteção dos recursos naturais e com os impactos destes produtos sobre a saúde humana. No entanto, também foi ressaltado neste estudo que um número significativo dos assentados apenas não utiliza agrotóxicos por não terem os recursos financeiros necessários. Estes resultados mostram uma utilização persistente destes produtos na agricultura local, e que poderá ainda aumentar se as condições financeiras dos assentados permitirem.

No trabalho de Terra (2008) também foi detectado que 80% desses assentados nunca participaram de cursos ou treinamentos para o manuseio e utilização de agrotóxicos. Além disso, a maioria deles afirmou não conhecer as leis

que controlam o manuseio e uso desses compostos. Assim, o mais preocupante é que a maioria desses agricultores, devido ao seu baixo grau de escolaridade, nem mesmo consegue entender o que dizem os rótulos dos agrotóxicos, ou seja, a dose correta, a toxicidade do produto e a forma adequada de utilizá-lo (AQUINO, 2006).

No que se refere aos compartimentos ambientais, o Zumbi dos Palmares possui várias lagoas e a população consome água de poços rasos perfurados muito próximos aos plantios. Resultados preliminares obtidos das análises destas águas mostraram a presença de resíduos de agrotóxicos, principalmente em riachos e poços. Provavelmente a concentração elevada desses compostos nos corpos aquáticos deve-se à proximidade do mesmo com as plantações, e também por estarem situados nas partes baixas do relevo. Quanto aos poços, além da proximidade com as plantações outra causa provável é o fato dos agricultores descartarem indevidamente os frascos dos agrotóxicos em suas proximidades. Normalmente, ao contrário do que preconizado pela legislação, esses frascos são lançados no interior dos lotes sem nenhum controle, o que contribui para contaminar a água dos poços. (SILVA, 2006)

## **II – OBJETIVOS**

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação do potencial de contaminação dos princípios ativos dos agrotóxicos utilizados no Assentamento Zumbi dos Palmares nos corpos de água superficiais e em águas subterrâneas.

Os objetivos específicos incluíram o cálculo dos índices de lixiviação para todos os compostos a partir de dados presentes na literatura, e em seguida uma avaliação do potencial de contaminação por percolação e escoamento superficial. Além disso, buscou-se por meio de modelagem, utilizando dados do lugar onde são aplicados estes compostos, verificar a distribuição teórica dos agrotóxicos no ambiente.

## **III – METODOLOGIA**

Este trabalho foi realizado com base em informações coletadas por Terra (2008). A partir dos ingredientes ativos dos agrotóxicos utilizados no Assentamento Zumbi dos Palmares, foi feita uma coleta de dados das seguintes características

físico-químicas de cada princípio ativo: massa molar, solubilidade em água ( $W_s$ ), pressão de vapor ( $V_p$ ), ponto de fusão (PF), coeficiente de partição n-octanol-água ( $K_{ow}$ ), coeficiente de sorção ( $K_{oc}$ ) e tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ). Estes parâmetros físico-químicos de cada princípio ativo foram levantados através de bancos de dados com informações sobre estas moléculas e de busca no *Web of Science* através de referências bibliográficas (<http://www.periodicos.capes.gov.br>). Os bancos de dados utilizados foram os seguintes: <http://webboob.nist.gov/chemistry>, <http://www.inchem.org>, <http://www.anvisa.gov.br>, <http://www.pesticideinfo.org/>, e <http://extoxnet.orst.edu>.

Após a realização dessa pesquisa foram calculados o *GUS* e o *LEACH* para todos estes compostos, e uma avaliação do potencial de contaminação da água foi também realizada.

Neste trabalho, também foi estimada a dispersão dos agrotóxicos utilizados no referido assentamento através de um programa de modelagem do Centro de Modelagem Ambiental do Canadá (CEMC), disponível no site [www.trentu.ca/cemc/models.html](http://www.trentu.ca/cemc/models.html). Para este *software* avaliar a mobilidade dos agrotóxicos no ambiente foi necessário inserir dados do ambiente e características físico-químicas dos agrotóxicos. As propriedades dos compostos estudados foram pesquisadas e alguns dados do ambiente foram obtidos de trabalhos anteriores no Assentamento Zumbi dos Palmares. Outros dados não encontrados foram pré-estabelecidos pelo programa (Figura 8).

**Chemical Properties**

Chemical Name:

Chemical Type:

Molar Mass (g/mol):

Data Temperature (°C):

**Data for Type 1**

Water Solubility (g/m<sup>3</sup>):

Vapour Pressure (Pa):

The Vapour Pressure required is that of the chemical in the state at the data temperature. For solids, the cooled liquid vapour pressure is also calculated.

Melting Point (°C):

Log Kow:

**Database Operations**

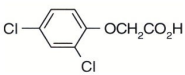
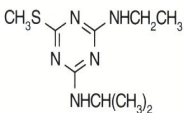
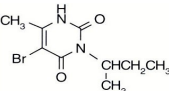
**Figura 8:** Primeira tela de inserção de dados do programa de modelagem do Centro de Modelagem Ambiental do Canadá (CEMC) – Level I - 3.00.

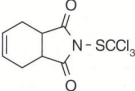
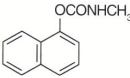
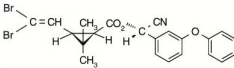
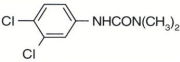
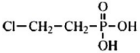
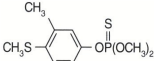
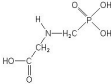
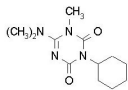
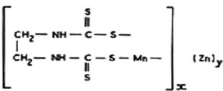

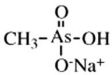
#### IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### IV.1 - AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA CONTAMINAÇÃO DE ALGUNS AGROTÓXICOS ATRAVÉS DO GUS E LEACH

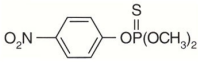
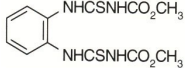
Segundo pesquisas realizadas por TERRA (2008), com 101 famílias de agricultores no Assentamento Zumbi dos Palmares, a utilização de agrotóxicos é significativa e envolve um número grande de compostos. Terra detectou a utilização de dezenas de produtos, sendo 16 ingredientes ativos diferentes, com as seguintes funções e toxicidade (Tabela 4).

**Tabela 4:** Relação dos princípios ativo dos agrotóxicos utilizados no PA Zumbi dos Palmares, fórmula estrutural dos mesmos e sua classificação quanto à função e toxicidade humana e ambiental.

<b>Classificação</b>				
<b>Produto Ativo</b>	<b>Fórmula Estrutural</b>	<b>Função</b>	<b>Toxicidade Humana</b>	<b>Toxicidade Ambiental</b>
2,4-D (2,4-ácido diclorofenoxiacético)		Herbicida	I	III
Ametrina		Herbicida	III	II
Bromacila		Herbicida	III	II

Captana		Fungicida	IV	Decreto* 24.114/34
Carbaril		Inseticida	II	Decreto* 24.114/34
Deltametrina		Formicida Inseticida	III	I
Diurom		Herbicida	III	II
Etefom		Regulador de Crecimiento	I	III
Fentiona		Acaricida Cupinicida Formicida Inseticida	II	II
Glifosato		Herbicida	IV	III
Hexazinona		Herbicida	III	II
Mancozebe		Acaricida Fungicida	III	Decreto* 24.114/34
Metamidofós		Acaricida Inseticida	I	II
MSMA (Metilarsenato ácido de sódio)		Herbicida	II	III



Parationa-metílica		Acaricida Inseticida	I	II
Tiofanato-Metílico		Fungicida	III	III

**Fonte:** AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br> / TERRA, 2008.

\*Decreto 24.114/34 – Decreto de 1934 em que neste caso é atribuído para compostos que não possuem estudos de toxicidade ambiental e que ao serem fiscalizados pelo Serviço de Defesa Sanitária Vegetal pode ser concedido um licenciamento provisório para ser vendido.

Estes compostos são aplicados em diferentes culturas desenvolvidas pelos assentados, como as de abacaxi, cana-de-açúcar, mandioca, maracujá, feijão, goiaba, entre outras.

Os agrotóxicos, como citado anteriormente, por possuírem diferentes propriedades físico-químicas podem interagir no ambiente de diversas formas. Os resultados obtidos sobre as características destes compostos e os parâmetros indicativos do comportamento de cada princípio ativo utilizado estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5:** Ingrediente ativo, propriedades físico-químicas, GUS e LEACH dos agrotóxicos utilizados no assentamento PA Zumbi dos Palmares.

<b>Produto ativo</b> *	<b>t<sub>1/2</sub></b> <sup>1</sup>	<b>Koc</b> <sup>2</sup>	<b>Ws</b> <sup>3</sup>	<b>Vp</b> <sup>4</sup>	<b>GUS</b> <sup>5</sup>	<b>LEACH</b> <sup>6</sup>
	(dias)	(l/kg)	(mg/l)	(mPa)		
<b>2,4-D</b>	34	45	900	1,00 E-2	3,594	4,832
<b>Ametrina</b>	53	3,45	204	3,65 E-4	5,975	6,935
<b>Bromacila</b>	60	32	815	3,30 E-2	6,892	4,436
<b>Captana</b>	5	2,35	3,30	0,011	2,536	2,805
				1,10 E-2		
<b>Carbaril</b>	28	251	120	1,81E-1	1,251	-1,2
<b>Deltametrina</b>	23	1,10E5	2,00E-4	1,24E-8	-1,420	0,530
<b>Diurom</b>	372	499	36	9,20E-6	3,347	6,465
	(90)	(480)	(42)		(2,58)	
<b>Etefom</b>	7,5	0,29	1,00E6	10	3,971	6,413
<b>Fentiona</b>	34	4,09	2,00	4,00	5,189	0,618
<b>Glifosato</b>	96	6922	1,16E4	5,73E-8	0,317	9,448
<b>Hexazinona</b>	222	640	2,98E5	3,00E-5	2,333	9,145
	(142)					
<b>Mancozebe</b>	3,5	15	6,00	1,20	1,457	0,067
<b>Metamidofós</b>	1,9	1,81 E-2	9E4	40	1,601	5,376
<b>MSMA</b>	266	1676	1,04E6	35	1,881	3,674
<b>Parationa-</b>	44	5012	38	4,70 E-1	0,492	-0,156
<b>Metílica</b>						
<b>Tiofanato-</b>	28	1830	3,50	9,51E-3	1,070	0,770

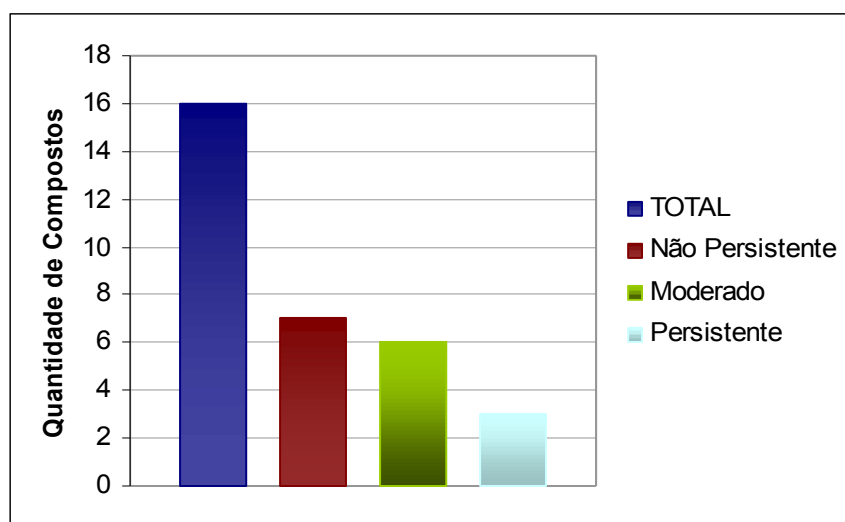
\* Nomenclatura de acordo com as regras brasileiras; <sup>1</sup> tempo de meia-vida no solo; <sup>2</sup> coeficiente de sorção normalizado pelo coeficiente de carbono orgânico no solo; <sup>3</sup> – solubilidade em água; <sup>4</sup> pressão de vapor; <sup>5</sup> Groundwater Ubiquity Score – GUS; <sup>6</sup> Leaching Index – LEACH (log 10).

A partir dos valores encontrados na literatura foram realizados cálculos de *GUS* e *LEACH* para cada princípio ativo. É importante ressaltar que muitas vezes as diversas fontes apresentam resultados diferentes para um mesmo composto, principalmente porque grande parte destes resultados é proveniente de estudos desenvolvidos em regiões de clima temperado.

A partir dos resultados é possível observar que os agrotóxicos utilizados neste assentamento possuem tempo de meia-vida bastante variado, o que indica persistência ambiental bastante diferenciada para os produtos ali empregados. Por exemplo, o metamidofós é o composto que apresenta menor persistência ambiental e o diurom, a maior. Por outro lado, para o diurom, os dados apresentados por Carbo *et al.* (2008), mostram valores de tempo de meia-vida de 90 dias. Enquanto

isto, os resultados apresentados por Giambelluca *et al.* (1996) para diversos dos compostos apresentados na tabela 5, mostraram altos valores de desvio-padrão para tempo de meia-vida, ou seja, os autores mostram que existe uma variação muito grande, mesmo nos valores experimentais calculados.

Os produtos classificados como não persistentes são aqueles com tempo de meia-vida até 30 dias, os considerados moderados são aqueles que possuem tempo de meia-vida maior que 30 dias e menor que 100 dias, e os denominados persistentes são aqueles que possuem tempo de meia-vida maior que 100 dias (BAIRD, 2002). Assim sendo, dos agrotóxicos utilizados no Zumbi dos Palmares, 7 (sete) podem ser considerados não persistentes, 6 (seis) moderados e 3 (três) como sendo persistentes (Figura 9), considerando a meia-vida do diurom 372 dias.



**Figura 9:** Quantidade de agrotóxicos utilizados no PA Zumbi dos Palmares classificados quanto a sua persistência no ambiente

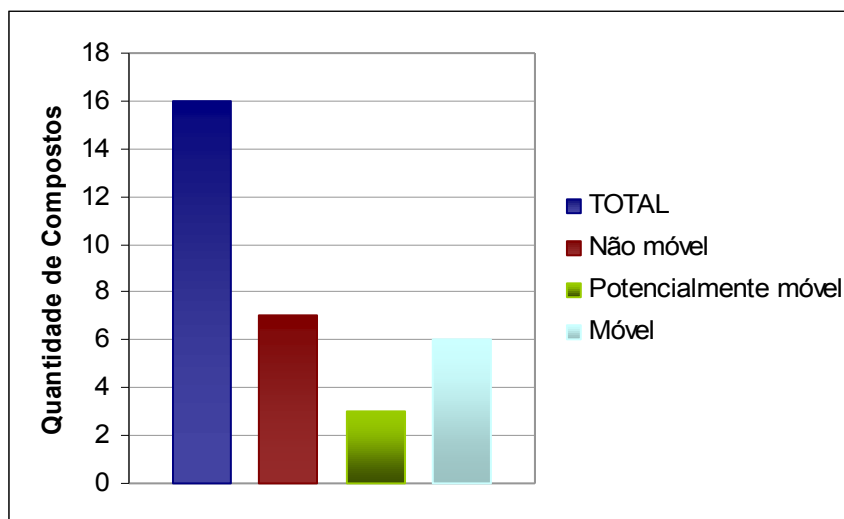
O metamidofós é da classe dos organofosforados, considerados agrotóxicos não-persistentes, e o diurom é um organoclorado com grupo uréia em sua estrutura, o qual pode ser mais difícil de ser degradado no ambiente.

Como já foi observado anteriormente, o *Koc* pode determinar o grau com que os agrotóxicos adsorvem no solo, os produtos que apresentam baixo *Koc*, ou seja, baixa tendência de adsorver no solo têm mais facilidade de atingir os corpos aquáticos e, portanto possuem maior mobilidade. Neste estudo, o composto que apresentou maior *Koc* foi a deltametrina, e o menor foi o metamidofós.

No que se refere à solubilidade, o MSMA apresentou o maior valor e a deltametrina o menor. No entanto, a capacidade de contaminação de águas subterrâneas e superficiais, ainda depende de outros fatores. Segundo Carbo *et al* (2008), valores baixos de Koc e altos de solubilidade aumentam a probabilidade de contaminação de águas subterrâneas. Estes resultados podem ser visualizados com os resultados de *GUS* e *LEACH*.

A deltametrina apresentou também a menor pressão de vapor, enquanto que o metamidofós a maior. Como a pressão de vapor de um composto está diretamente relacionada com o tempo de meia-vida no solo, um composto pouco volátil, persistirá mais tempo neste ambiente. Talvez, pelo fato de alguns trabalhos considerarem e outros não a pressão de vapor no tempo de meia-vida do agrotóxico no solo, é que exista tanta diferença nos valores destes parâmetros na literatura. Papa *et al.* (2004) chamam a atenção para este fato, e calculam valores para *LEACH* sem utilizar a pressão de vapor, justificando este procedimento, afirmando que o fator volatilização já é considerado quando se faz o cálculo de tempo de meia-vida no solo.

O potencial de lixiviação dos agrotóxicos utilizados no Zumbi dos Palmares foi determinado através dos cálculos dos índices *GUS* e *LEACH*. De acordo com o índice *GUS*, dos 16 produtos calculados, 7 (sete) ingredientes ativos são classificados como não-móveis ( $GUS < 1,8$ ), 3 (três) com potencial de mobilidade ( $1,8 \leq GUS \leq 2,8$ ) e 6 (seis) como móveis ( $GUS > 2,8$ ) (Figura 10), considerando o *GUS* do diurom igual à 3,347, podendo percorrer o solo e atingir águas subterrâneas (GUSTAFSON, 1989). O índice *LEACH* foi expresso em escala logarítmica para permitir comparação com o índice *GUS* e descreve a tendência de lixiviação à medida que o valor aumenta.



**Figura 10:** Quantidade de agrotóxicos utilizados no PA Zumbi dos Palmares classificados quanto a sua mobilidade, de acordo com o índice *GUS*.

Ambos os índices (*GUS* e *LEACH*) descrevem tendências de distribuição semelhantes no ambiente, mas não idênticas, pois são baseadas em algumas propriedades diferentes. Algumas propriedades dos princípios ativos são favoráveis para tornar ou não um composto móvel, ou seja, com facilidade de chegar ao corpo d'água.

Assim, compostos com alta solubilidade, baixo *Koc* e alta pressão de vapor apresentam maior mobilidade, logo são mais prováveis de alcançar o lençol freático e águas superficiais e contaminá-las. Normalmente, a solubilidade de um princípio ativo, o faz mais facilmente carregado por escoamento superficial. Um exemplo disto é o glifosato, que apesar de ser muito pouco móvel no que diz respeito à percolação no solo, pois possui alto valor de *Koc*, ele possui alta solubilidade em água. Assim sendo, a interação do glifosato com o solo faz com que este não seja frequentemente encontrado em águas subterrâneas, contudo, quando é aplicado no solo e está disponível em sua parte superficial, pode ser carregado pela água da chuva ou de irrigação e contaminar águas superficiais.

Os resultados obtidos para os valores do *GUS* e do *LEACH* mostram que o 2,4-D, bromacila, ametrina, captana, diurom e etefom podem contaminar o lençol freático. No caso do 2,4-D e bromacila, o principal fator responsável para que estes cheguem até o corpo d'água é o fato deles apresentarem alta solubilidade. Já para a ametrina e captana, tal movimentação é devida ao seu baixo valor de *Koc*, ou seja,

baixa tendência de adsorver no solo. Enquanto isto, o diurom apresenta uma razoável solubilidade em água, e seu coeficiente de sorção (*K<sub>oc</sub>*) comparado aos outros compostos utilizados no Zumbi dos Palmares também é moderado. Mas o fato dele ser persistente, ou seja, demorar a se degradar, permite que o mesmo tenha mais tempo para percolar o solo e chegar até o corpo d'água. O etefom é um composto que apresenta todas as características favoráveis para chegar ao lençol freático e a águas superficiais, pois apresenta baixo *K<sub>oc</sub>*, logo tem facilidade em percolar o solo, é bastante solúvel em água e apresenta também alta pressão de vapor, o que significa que ele tem alta mobilidade, apesar de ser pouco persistente, o que também pode ser explicado pela alta pressão de vapor. Esse composto é usado apenas como um regulador de crescimento, não combate pragas.

O herbicida glifosato, considerado não-móvel pelos valores de *GUS*, apresentou índice elevado para o *LEACH*. Isto ocorreu, pelo fato do mesmo adsorver bastante ao solo, o que é confirmado pelo seu alto valor de *K<sub>oc</sub>*. Assim sendo, a percolação do glifosato é dificultada nas camadas do solo, apesar deste composto possuir alta solubilidade, como discutido anteriormente. Segundo Pessagno et al, (2008), a interação do glifosato com minerais presentes no solo é um fator relevante na isoterma de adsorção deste composto, além de ter uma forte dependência do pH do meio. Al-Rajab et al. (2008) também observaram resultados bastante semelhantes quando avaliaram solos com diferentes valores de pH e consideram que o glifosato tem um baixo potencial de risco para águas subterrâneas.

Finalmente, Borggaard e Gimsing (2008) argumentam que a contaminação de águas subterrâneas por glifosato é muito pequena, principalmente pela capacidade de sorção deste composto no solo, mas ressaltam que o escoamento superficial pode acontecer, principalmente após a aplicação do composto, sua chegada ao solo e um posterior processo de precipitação. Estas conclusões reforçam os resultados encontrados neste trabalho.

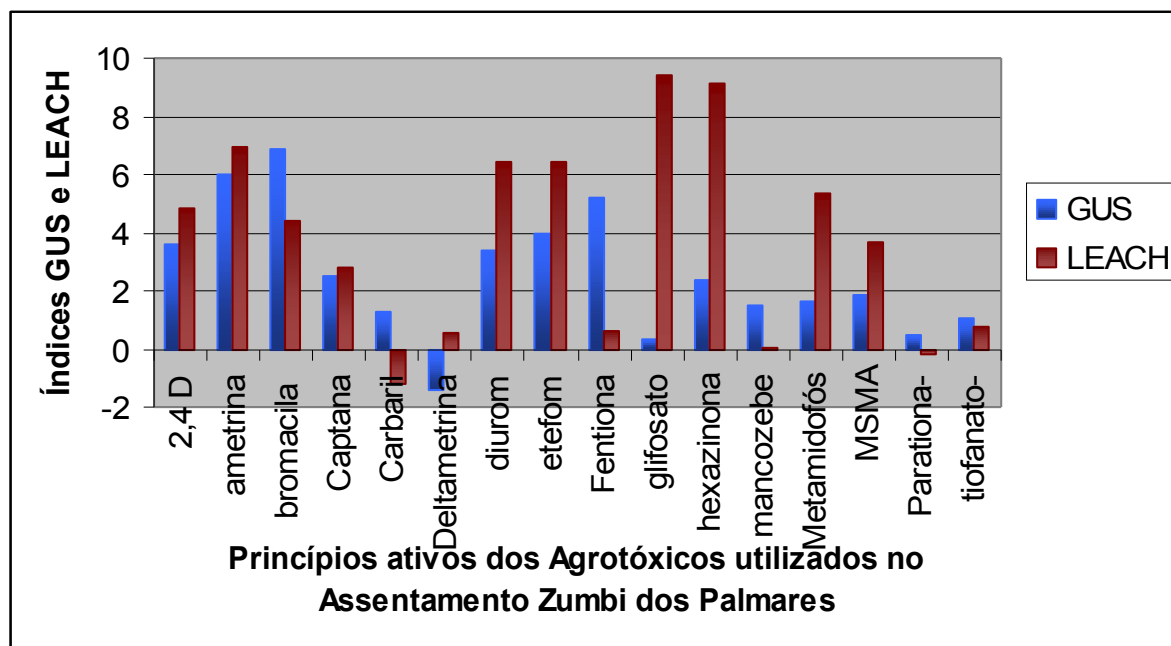
A hexazinona foi considerada moderadamente móvel através do *GUS*, e seu *LEACH* apresentou um valor muito elevado. Essa diferença significativa ocorreu porque este composto é muito solúvel em água, mas seu *K<sub>oc</sub>* também é considerado alto. Neste sentido, esse composto terá mais facilidade em atingir um corpo d'água através de seu transporte sobre o solo do que se infiltrando pelas

camadas deste sistema, pois tem tendência em adsorver no solo. Em suma, a hexazinona possui características parecidas com o glifosato.

Já o metamidofós apresenta um valor de *K<sub>oc</sub>* muito baixo, o que implica numa facilidade em percorrer o solo e atingir os corpos d'água, Assim, seria de se esperar que este composto apresentasse um valor alto do índice *GUS* e fosse considerado um agrotóxico móvel, mas o metamidofós é considerado não-móvel. Isto acontece porque o mesmo apresenta um baixo valor de meia-vida, e acaba sendo degradado rapidamente. Contudo, o metamidofós é altamente solúvel em água, apresentando grande potencial de lixiviação, fato que é confirmado pelo valor do índice *LEACH* que foi determinado neste estudo.

No caso da fentiona, esta foi considerada móvel pelo *GUS*, e apresentou um valor pequeno para o *LEACH*. Deste modo, este agrotóxico pode se infiltrar no solo com facilidade, pois não adsorve com facilidade às partículas do solo. O fato do índice *LEACH* ser pequeno é devido à sua baixa solubilidade. Logo, a fentiona não é susceptível à lixiviação sobre o solo, tendo maior facilidade em atingir o corpo d'água se infiltrando por este compartimento.

Com base nos resultados é possível verificar que a maior parte dos compostos em estudo apresentaram valores do índice *GUS* próximos dos valores do *LEACH*, ou seja, houve uma correlação média entre esses índices, havendo uma maior discrepância com os seguintes produtos ativos: glifosato, hexazinona, fentiona e o metamidofós (Figura 11).



**Figura 11:** Relação entre os índices *GUS* e *LEACH* dos princípios ativos dos agrotóxicos utilizados no Assentamento Zumbi dos Palmares.

Além disso, os resultados obtidos indicam que os princípios ativos deltametrina, mancozebe, partiona-metílica e tiofanato-metílico provavelmente não possuem potencial de contaminação em corpos aquáticos.

No caso do mancozebe, este composto apresenta baixa solubilidade e se degrada com facilidade, com um tempo de meia-vida médio de 3,5 dias. Os índices *GUS* e *LEACH* calculados foram muito baixos para o mancozebe. No que se refere as propriedades físico-químicas da deltametrina, são todas favoráveis para que este composto não seja móvel, ou seja, não contamine o corpo aquático. A solubilidade da deltametrina em água é baixa, seu *Koc* é alto, a pressão de vapor é baixa, e este composto é considerado um composto não persistente. No caso da parationa-metílica, esta apresenta um *Koc* muito alto. Logo, este composto é de difícil percolação pelo solo, enquanto o tiofanato-metílico também adsorve fortemente ao solo e possui baixa solubilidade e pressão de vapor.

O MSMA apresenta baixa probabilidade de contaminar o lençol freático por percolação, devido ao seu alto valor de *Koc*. Mas este composto pode contaminar via lixiviação sobre o solo, pois apresenta alta solubilidade. Para confirmar tal fato, esse composto foi avaliado através dos cálculos do índice *GUS* como



potencialmente móvel, estando mais próximo de valores de compostos considerados não móveis (1,881), mas apresentou valor do *LEACH* mais alto (3,674).

Finalmente, as propriedades físico-químicas do carbaril não apresentam nenhuma característica significativamente marcante que o indicasse como um composto que possa apresentar risco de contaminar ou não o corpo aquático, mas o cálculo do *GUS*, o apontou como potencialmente móvel.

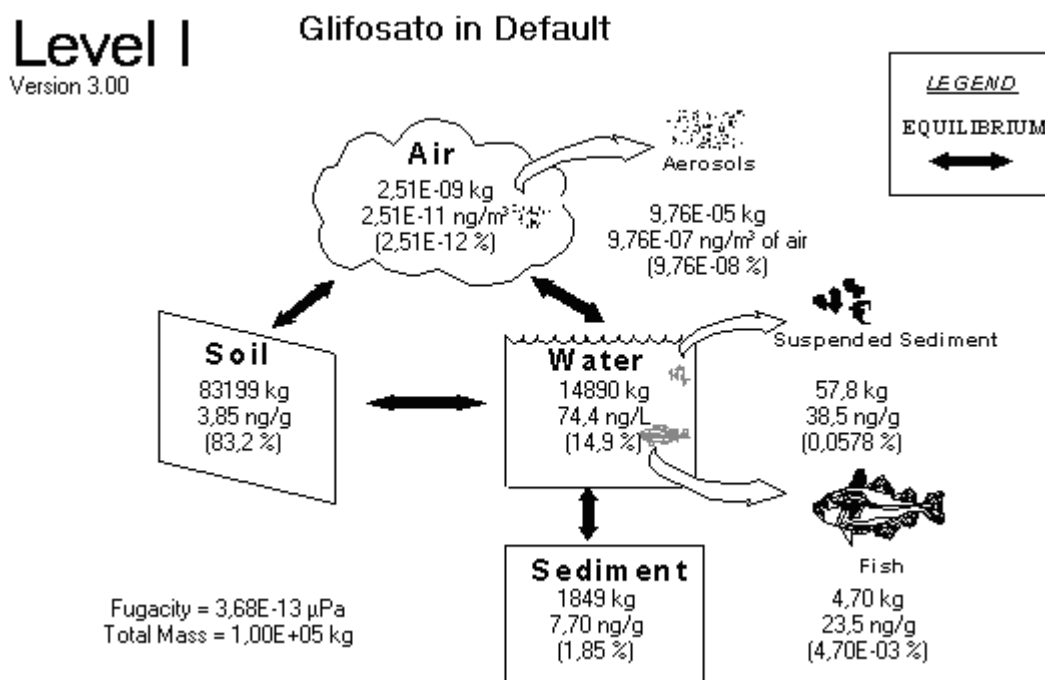
## IV.2 - DISPERSÃO TEÓRICA DOS AGROTÓXICOS NO AMBIENTE USANDO MODELAGEM

No site do Centro de Modelagem Ambiental do Canadá (CEMC – [www.trentu.ca/cemc/models.html](http://www.trentu.ca/cemc/models.html)) existem alguns modelos de equilíbrio de partição de compostos orgânicos, onde são feitas estimativas de como ocorrerá a dispersão de um agrotóxico no ambiente. Este programa está disponível em três níveis, quanto maior o número do nível, mais informações devem ser fornecidas sobre os compostos e o ambiente onde este se encontra. Como não haviam dados muito específicos do ambiente estudado, o nível I foi utilizado neste trabalho. Uma prévia foi realizada com o nível 3, considerando os valores pré-estabelecidos do programa. No entanto, ao se comparar com os resultados obtidos para o *LEACH* e *GUS*, observou-se que os modelos não se aplicavam muito bem com o comportamento esperado para estes compostos. Os dados de entrada necessários para o composto orgânico e para o ambiente onde o produto foi aplicado estão resumidos na tabela 6.

**Tabela 6:** Dados de entrada necessários para simular o modelo de equilíbrio de partição de compostos orgânicos no ambiente – Nível I (Versão 3.00)

Composto Orgânico	Ambiente
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Massa molar (g/mol);</li> <li>• Solubilidade em água (g/ m<sup>3</sup>);</li> <li>• Pressão de Vapor (Pa);</li> <li>• Ponto de Fusão (°C);</li> <li>• Quantidade aplicada (kg);</li> <li>• Logaritmo do coeficiente de partição n-octanol-água (log <i>Kow</i>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume (m<sup>3</sup>) e densidade (Kg/ m<sup>3</sup>), de alguns compartimentos do meio ambiente e de alguns de seus constituintes, como água, solo, ar, sedimento, organismos aquáticos (peixe), matéria orgânica em suspensão na água;</li> <li>• Quantidade de carbono orgânico (g/g) de partículas em suspensão, solo e sedimento.</li> </ul>

Como resultado, obteve-se os diagramas apresentados no anexo I (pág. 52) e um exemplo é mostrado na Figura 12.



**Figura 12:** Distribuição do glifosato no ambiente utilizado a modelagem do CEMC.

Os compostos MSMA e tiofanato-metílico não foram simulados por este programa, pois não foi encontrado o ponto de fusão desses princípios ativos. Não foi possível precisar também os dados do ambiente no Assentamento Zumbi dos Palmares, por isso utilizou-se os valores pré-estabelecidos pelo programa para o ambiente.

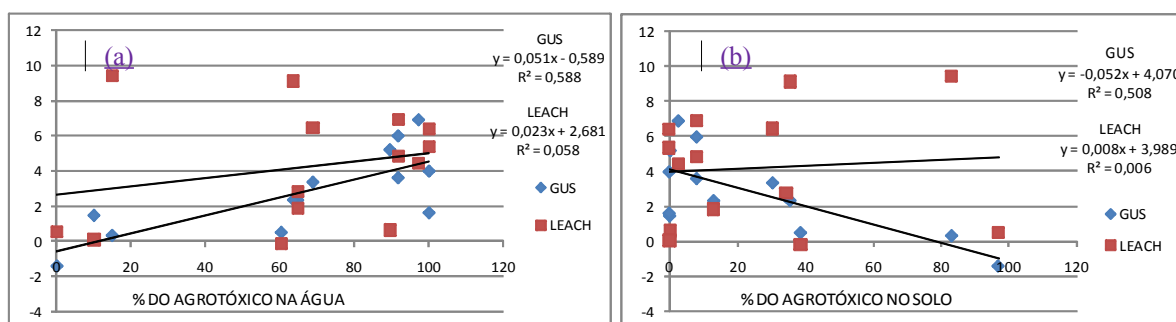
A tabela 7 mostra de forma resumida esses resultados, ou seja, apresenta as porcentagens dos diferentes compostos encontrados nos diferentes compartimentos do ambiente, bem como os valores de *GUS* e *LEACH*, para efeito de comparação.

**Tabela 7:** Quantidade percentual dos produtos químicos utilizados no Assentamento Zumbi dos Palmares nos diferentes compartimentos do ambiente e os valores encontrados dos índices *GUS* e *LEACH*.

<b>LEVEL I</b>						
<b>Produto Químico</b>	<b>Solo %</b>	<b>Água %</b>	<b>Ar %</b>	<b>Sedimento %</b>	<b>GUS</b>	<b>LEACH</b>
2,4-D	8,12	91,7	4,54E-3	0,180	3,594	4,832
Ametrina	8,12	91,7	7,52E-3	0,180	5,975	6,935
Bromacila	2,72	97,2	2,07E-4	0,0605	6,892	4,436
Captana	34,5	64,7	0,0131	0,767	2,536	2,805
Carbaril	13,1	64,7	21,9	0,292	2,32	1,87
Deltametrina	96,9	0,07	4,36E-7	2,15	-1,42	0,53
Diurum	30,5	68,8	8,26E-7	0,678	3,347 (2,58 )	6,465
Etefom	0,0255	100	2,91E-5	2,67E-4	3,971	6,413
Fentiona	0,316	89,5	10,1	7,01E-3	5,189	0,618
Glifosato	83,2	14,9	2,51E-12	1,85	0,317	9,448
Hexazinona	35,6	63,6	3,26E-10	0,790	2,333	9,145
Mancozebe	0,141	10,0	89,8	3,13E-3	1,457	0,067
Metamidofós	1,61E-3	100	1,27E-3	3,58E-5	1,601	5,376
Parationa-metilica	38,7	60,3	0,04	0,86	0,492	-0,156

Os compostos considerados móveis foram encontrados de acordo com este programa em maior quantidade na água, o que confirma os cálculos dos índices *GUS* e *LEACH*. Segundo os resultados deste programa, 100% do metamidofós aplicado iria para as vias aquáticas. É certo que este composto apresenta alta solubilidade em água, mas isto provavelmente só irá ocorrer se houver o processo de escoamento superficial. Isto ocorre porque apesar deste composto ter facilidade em percolar pelo solo, o mesmo se degrada rapidamente, não chegando ao lençol freático. No caso do parationa-metilica, esperava-se que fosse encontrada uma porcentagem pequena na água, mas os resultados encontrados indicam que aproximadamente 60% da quantidade aplicada do agrotóxico vai para a água. Este resultado pode ser causado pelo tempo de meia-vida da parationa-metilica, que é considerado moderado. No entanto, os cálculos dos índices *GUS* e *LEACH* indicam que este composto tem dificuldade de atingir águas subterrâneas e superficiais e contaminá-las, já que os valores encontrados para esses índices foram muito pequenos.

Ao tentar estabelecer uma correlação entre os resultados obtidos neste programa e os resultados de *GUS* e *LEACH*, foi possível observar que há uma correlação com o *GUS*, tanto na porcentagem detectada no solo quanto na água (Figura 13). No caso da água, observa-se que conforme aumenta o valor de *GUS* para os agrotóxicos, aumenta sua porcentagem na água. Embora o software usado não seja capaz de distinguir os diferentes corpos aquáticos, há uma evidência que os compostos que são mais lixiviáveis vão estar presentes em maior quantidade na água. A mesma correlação existe para os solos, só que ao contrário, uma vez que o aumento do valor de *GUS* diminui a quantidade de agrotóxicos no solo, pois ele será transportado pela água. Infelizmente, nenhuma relação foi encontrada para o *LEACH*.



**Figura 13** – Correlação das porcentagens encontradas dos agrotóxicos estudados com o GUS e com o LEACH em a) água e em b) solo

Embora esta modelagem possa ser aplicada para avaliar a distribuição de uma determinada substância no ambiente de uma maneira bastante aproximada, são necessários cuidados com outros fatores que podem alterar esta distribuição. Além disso, o programa utilizado não diferencia águas subterrâneas de águas superficiais, o que dificulta muito a interpretação em termos de percolação no solo, e pode levar a subestimar processos de contaminação nestes tipos de águas.

Existem atualmente, vários métodos para ajudar na avaliação de risco ambiental por agrotóxicos, muitos deles ainda estão sendo estudados. A Embrapa Meio Ambiente (Jaguariúna – SP) juntamente com a Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/Unesp e a FAETEC – Faculdade de Tecnologia, vinculada ao Centro Paula Souza, estão desenvolvendo um *software* que tem como objetivo ajudar na tomada de decisão quanto a avaliação de risco ambiental de agrotóxicos,

considerando a possível contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Este *software* pretende, além de ajudar na tomada de decisão para investigar se o risco é real ou não, se adaptar as condições do ambiente a ser avaliado, por meio da inserção de dados no sistema pelo próprio usuário. O usuário insere os dados dos agrotóxicos, do aquífero e do local a ser avaliado, e o *software* faz os cálculos de lixiviação e carregamento superficial dos agrotóxicos utilizados na agricultura que podem ir para o corpo aquático.(EMBRAPA, 2008). Este software pode ser mais um método para ratificar ou retificar os resultados encontrados através dos cálculos dos índices *GUS* e *LEACH*, e da simulação do Centro de Modelagem do Canadá.

## V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim deste trabalho pode-se perceber que a situação do Assentamento Zumbi dos Palmares é realmente preocupante, pois vários dos agrotóxicos ali utilizados possuem potencial para contaminar as vias aquáticas existentes naquela região. Além das características físico-químicas dos agrotóxicos utilizados neste assentamento, outros fatores também favorecem a ocorrência de contaminação. Dados sobre o tipo de solo, topografia, nível da água subterrânea e também uma grande proximidade das lavouras com as lagoas e poços, podem potencializar esta contaminação. Segundo pesquisas feitas no Assentamento Zumbi dos Palmares, os assentados descartam os resíduos e embalagens dos agrotóxicos em qualquer lugar, sem nenhum tipo de fiscalização e controle, favorecendo a contaminação das águas daquela localidade.

Os resultados deste estudo mostraram que a mobilidade de um composto no solo está diretamente relacionada aos processos de lixiviação e escoamento superficial. Assim, para avaliar se determinados compostos possuem facilidade em ser lixiviados ou escoados é necessário conhecer suas propriedades físico-químicas. E para confirmar com maior precisão quais agrotóxicos possuem tendência de contaminar o lençol freático é necessário levar em consideração as propriedades do ambiente e as condições climáticas de uma determinada área. No entanto, por falta de dados do ambiente, neste estudo foi levado em conta as propriedades dos agrotóxicos, mais especificamente, dos seus princípios ativos.

Este estudo analisou 16 (dezesesseis) princípios ativos utilizados no assentamento Zumbi dos Palmares, e concluiu-se que 7 (sete) deles apresenta

tendência de contaminar o lençol freático, tanto pelo processo de lixiviação como de escoamento superficial, sendo eles: 2,4-D, bromacila, ametrina, captana, carbaril, diurom e etefom. O carbaril possui uma tendência menor, mas também pode contaminar. Outros 4 (quatro) compostos apresentaram potencial de contaminação através apenas do escoamento superficial que foram: hexazinona, metamidofós, MSMA e glifosato. Já a fentiona apresentou potencial de contaminar o corpo d'água apenas através do processo de percolação pelo solo. Os que não apresentam potencial de contaminação desse compartimento segundo esse estudo foram: deltametrina, mancozebe, parationa-metílica e tiofanato-metílico. Os resultados do programa do Centro de Modelagem do Canadá para o inseticida parationa-metílica indicou que 60% da quantidade do produto aplicado chega até o corpo d'água, mas baseado nos cálculos dos índices *GUS* e *LEACH* ele não apresenta tendência de contaminação. Os resultados obtidos com a utilização desta modelagem mostraram que a mesma pode ser utilizada para avaliações preliminares de contaminação e deve ser interpretada com ressalvas.

Finalmente, os resultados obtidos mostraram que a maioria dos agrotóxicos utilizados no Assentamento Zumbi dos Palmares podem contaminar as vias aquáticas, uma vez que doze, dos dezesseis princípios ativos estudados, apresentam risco de contaminação.

## **VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [AL-RAJAB, A.J.](#); [AMELLAL, S.](#); [SCHIAVON, M.](#) (2008) Sorption and leaching of C-14-glyphosate in agricultural soils. *Agronomy For Sustainable Development*. 3ª ed. V.28, p. 419-428.
- ALVES, F. J. P. (2002) Uso de Agrotóxicos no Brasil: controle social e interesses corporativos. São Paulo: Annablume, Fapesp.
- AQUINO, S. L. (2006) Um estudo sobre os impactos socioambientais do uso de agrotóxicos em três assentamentos de reforma agrária no município de Campos dos Goytacazes. *Monografia de final de Curso – Ciências Sociais UENF*, 71p.
- ARAÚJO, T. M. R. (2006) Degradação do Paration Metílico em Ambientes Aquáticos Naturais. *Tese (Mestrado em Ciências Naturais) - UENF*, 117p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – ABAS (2006). <<http://www.abas.org.br>> [acessado em junho de 2008]
- ARMAS, E.D.; MONTEIRO, R.T.R. (2005) Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na Bacia do Rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica, *Química Nova*, vol 28 nº 6, p. 975-982.
- BARBOSA, L. C. A. (2004) Os pesticidas, o homem e o meio ambiente. UFV, Viçosa.
- BAIRD, C. (2002) Química Ambiental. 2ª ed., Porto Alegre: Bookman, 622p.
- BORGGGAARD, O. K.; GIMSING, A. L. (2008) Fate of glyphosate in soil and the possibility of leaching to ground and surface waters: a review. *Pest Management Science*. 4ª ed. V. 64, p. 441-456.
- BRASIL, Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978 – Aprova as Normas Regulamentadoras do Capítulo V, II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina no Trabalho. NR5.
- BRASIL, Decreto nº 98.816 (11 de janeiro de 1990) – Revogado pelo Decreto nº 4.074 de 4 de janeiro de 2002 Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989.
- BRASIL (1998) Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde – Centro Nacional de Epidemiologia. Guia Brasileiro de Vigilância Epidemiológica. Brasília, 1998. 523p.
- BRASIL (2004) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2004. 328p.
- CALDAS, L.Q. de A., (2000) Intoxicações exógenas agudas por carbamatos, organofosforados, compostos bipiridílicos e piretróides. *Centro de controle de intoxicações de Niterói (UFF) – RJ*. 40p.

- CANELA, M. C.; NEVES, M. A.; PEDLOWSKI, M. A. (2008) Riscos de Contaminação de Águas Superficiais e Subterrâneas por Agrotóxicos e os Processos de Degradação no Ambiente. *Estudos Avançados em Produção Vegetal*. 1ª ed. – Alegre, ES. V.2, p. 345-358
- CARBO, L.; SOUZA, V.; DORES, E. F. G. C.; RIBEIRO, M. L. (2008) Determination of Pesticides Multiresidues in Shallow Groundwater in a Cotton-growing Region of Mato Grosso, Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.* V. 19, p. 1111-1117.
- CHAGAS, C. M.; QUEIROZ, M. E.L.R. de, NEVES, A. A.; QUEIROZ, J. H.; OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T. J. (1998) Determinação de resíduos de organoclorados em águas fluviais do município de Viçosa – MG. *Química Nova*, 22, p. 506-508
- CHAIM, Ademir. (1999) O Passado e o Presente da Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos. <[http://www.radiobras.gov.br/ct/artigos/1999/artigo\\_011099.htm](http://www.radiobras.gov.br/ct/artigos/1999/artigo_011099.htm). >
- DANIELOPOL, D. L.; Griebler C.; Gunatilaka A.; Notenboom, J. (2003) Present State and Future Prospects for Groundwater ecosystems. *Environmental Conservation*, V. 30(2), p. 104-130.
- D'AMATO, C.; TORRES, J. P. M., MALM, O. (2002) DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano): Toxicidade e Contaminação Ambiental – Uma Revisão. *Química Nova*, 25. p. 995-1002.
- DIAZ, R. D.; LOAGUE, K.; NOTARIO, J. S. (1999) An assessment of agrochemical leaching potentials for Tenerife. *Journal of Contaminant Hydrology*. V. 36, p.1–30.
- ESTÉVES, M. A.; PERIAGO, E. L.; CARBALLO, E. M.; GÁNDARA, J. S.; MEJUTO, J. C.; RIO, L. G. (2008) The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. V.123, p. 247–260.
- FURTINO, A.M.; SILVEIRA, J. M. J. F. (1991) A indústria de defensivos agrícolas no Brasil. *Agricultura em São Paulo*, São Paulo. V.38, p.1-44. Apud Zavatti, L. M. S. e Abakerli, R.B. (1999) Resíduos de Agrotóxicos em Frutos de Tomate, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. V.34 (3), p.473-480.
- GASPARIN, Daniele CostaCurta. (2005) Defensivos Agrícolas e seus impactos sobre o meio ambiente. Curitiba. 94p.
- GRATHWOHL, P. (1990) Influence of Organic Matter from Soils and Sediments from Various Origins on the Sorption of Some Chlorinated Aliphatic Hydrocarbons: Implications on Koc Correlations. *Environ. Sci. Technol.* Vol. 24, p.1693-1700.



- GUIAMBELLUCA, T. W.; LOAGUE, K.; GREEN, R. E.; NULLET, M. A. (1996) Uncertainty in recharge estimation: impact on groundwater vulnerability assessments for the Pearl Harbor Basin, O'ahu, Hawai'i, U.S.A. *Journal of Contaminant Hydrology*. V. 23, p. 85-112.
- GUSTAFON, D. I. (1989) Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. *Environ. Toxicol. Chem.* V.8, p. 339-357
- HOBBSAWN, E. J. ( 1997). *A Era das Revoluções: Europa 1789-1848*. 4 ed., Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- HUMBERT, S.; MARGNI, M.; CHALES, R.; SALAZAE, O. M. T.; QUIRÓS, A. L., JOLLIET, O. (2007) Toxicity assessment of the main pesticides used in Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. V.118. p,183–190.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Perfil dos Municípios Brasileiros: meio ambiente 2002. Pesquisa de Informações Básicas Municipais: IBGE, 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2002. 197p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA, Legislação de Agrotóxicos e Afins. Portaria Normativa IBAMA Nº 84, de 15 de outubro de 1996. Disponível em: <<http://www.ande.com.br/legislacao/port84.htm>> [acessado em junho de 2008].
- MARCATO, Celso. Agricultura Sustentável: Conceitos e Princípios. Rede Ambiente.<<http://www.redeambiente.org.br>>
- ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OPAS/OMS). Manual de Vigilância da Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos. Brasília: 1996. 72p. <<http://www.opas.org.br/sistema/arquivos>> [acessado em junho de 2008].
- PAPA, E.; CASTIGLIONI, S., GRAMATICA, P.; NIKOLAYENKO, V.; KAYUMOV. O.; CALAMARI, D. (2004) Screening the leaching tendency of pesticides applied in the Amu Darya Basin (Uzbekistan), *Water Research*. V.38, p.3485–3494.
- PATRICK, G.L. (2001) An introduction to medicinal chemistry. 2ed. New York: Oxford University Press.
- PERES, F. (1999) É veneno ou remédio? Os desafios da comunidade rural sobre agrotóxicos. *Tese (Mestrado em Ciências Naturais, área de Saúde Pública)*. Escola Nacional de Saúde Pública.178p.

- PESSAGNO, R. C.; SÁNCHEZ, R. M. T.; AFONSO, M. S. (2008) Glyphosate behavior at soil and mineralewater interfaces, *Environmental Pollution*. V.153, p.53 e 59.
- RAHMAN, S. (2003) Farm-level pesticide use in Bangladesh:determinants and awareness. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. V.95. p, 241–252.
- REEVES, M; SCHAFER, D.; HALLWARD, K.; KATTEN, A. (1999) “Campos Envenenados: Los trabajadores agrícolas y los pesticidas en Califórnia” – Resumen Ejecutivo. Disponível em Pesticide Action Network North America – PANNA. <[www.panna.org](http://www.panna.org)> [acessado em junho de 2008].
- SEVERINO, Liv Soares. Desenvolvimento da Agricultura Orgânica no Nordeste. <[www.bnb.gov.br/.../Rede\\_Irriga%C3%A7%C3%A3o/Docs/Desenvolvimento%20da%20Agricultura%20Org%C3%A2nica%20no%20Nordeste.PDF](http://www.bnb.gov.br/.../Rede_Irriga%C3%A7%C3%A3o/Docs/Desenvolvimento%20da%20Agricultura%20Org%C3%A2nica%20no%20Nordeste.PDF)>
- SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F.(2004) Agrotóxicos e Ambiente - *Embrapa*. 1ª ed. Brasília, DF.
- SILVA, I. L. A.(2006) Monitoração de Pesticidas em Ambientes de Intensa Atividade Agrícola na Região do Norte Fluminense. *Monografia de Final de Curso* - UENF, 42p.
- SPADOTTO, C. A. (2002) Screening method for assessing pesticide leaching potential. *Pesticidas: R.Ecotoxicol. e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 12, p. 69-78.
- TERRA, M. A. C. (2008) A inserção de agrotóxicos nos sistemas produtivos de beneficiários da reforma agrária no município de Campos dos Goytacazes: Identificando Percepções, Conhecimentos, Atitudes e Práticas. *Monografia de Final de Curso* - UENF.
- TOMITA, R. Y.; BEYRUTH, Z. (2002) Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático. *O Biológico*. São Paulo. V.64, n.2, p.135-142. Atualizada em 24/09/2003. <<http://www.geocities.com/~esabio/tomita.htm>>. [acessado em junho 2006].
- UASKA, Ângela do Roccio *et al.*(1997) O uso indiscriminado de agrotóxicos: Uma reflexão sobre o município de Morretes – (PUCPR), Curitiba.
- WHO (1990). Public Health Impact of Pesticides Used In Agriculture. Geneva:. The *World Health Organization*
- WORTHING, C. R. (1979) The Pesticide Manual 6. ed. British Crop Protection. Lavenham Press, Lavenham. Apud Ragnarsdottir, K. V. (2000) Environmental fate and toxicology of organophosphate pesticides. *Journal of the Geological*

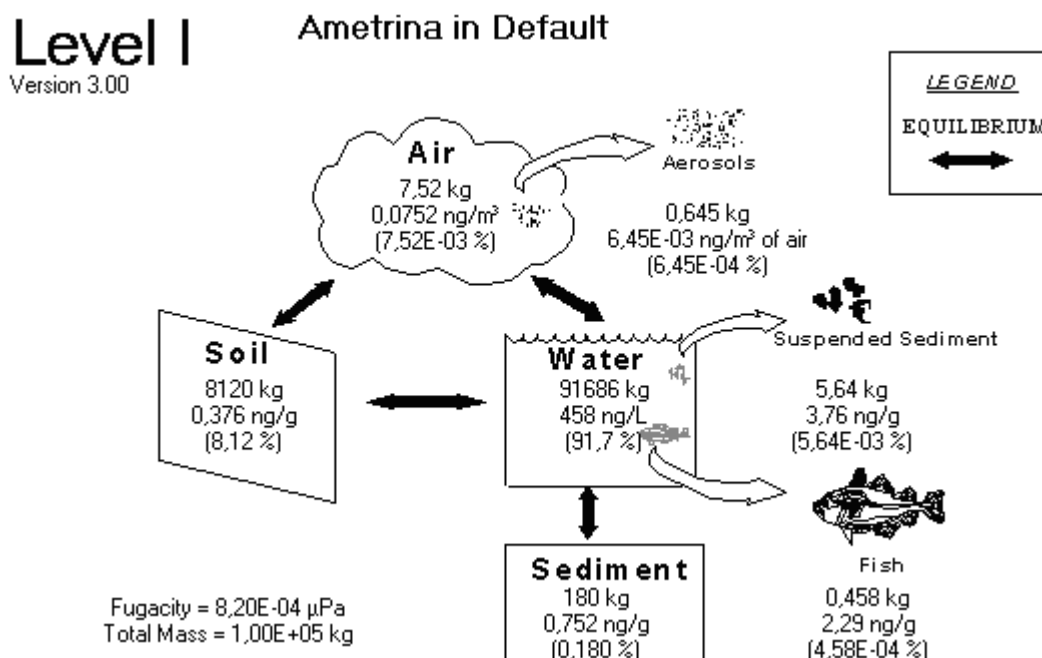
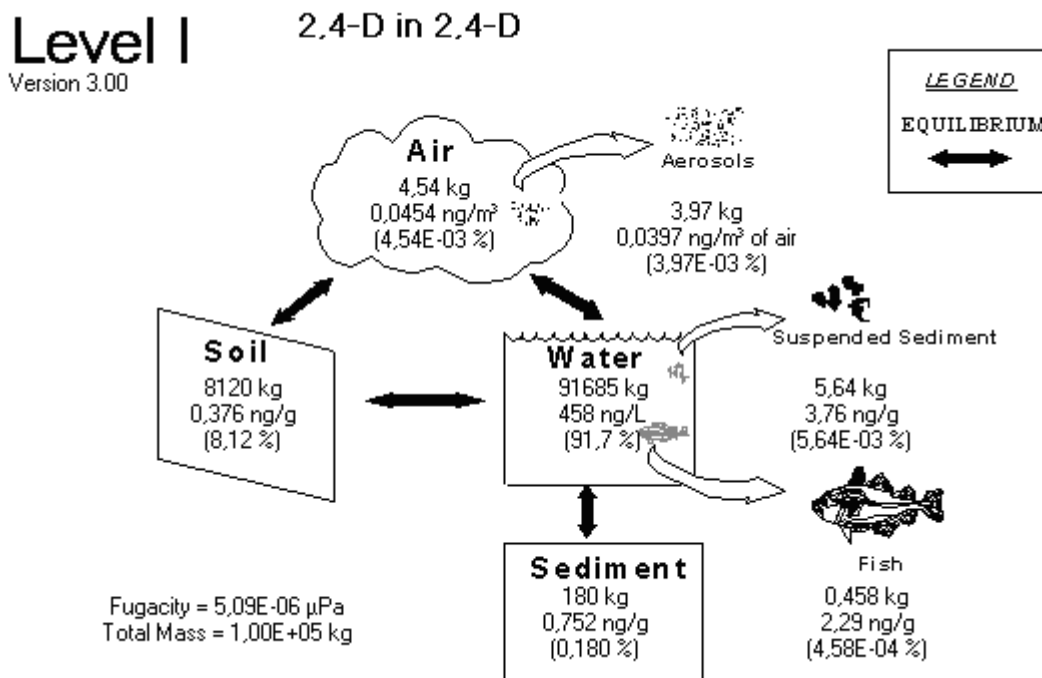
- Society*, London. V. 157, P. 859-876. Apud ARAÚJO, T. M. R. (2006) Degradação do Paration Metílico em Ambientes Aquáticos Naturais. *Tese (Mestrado em Ciências Naturais)* - UENF, 117p.
- YEN, J.; LIN, K.; WANG, Y. (2000) Potential of the Insecticides Acephate and Methamidophos to Contaminate Groundwater. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. V.45, p. 79-86.

**REFERENCIAS UTILIZADAS PARA ENCONTRAR AS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PRINCÍPIOS ATIVOS UTILIZADOS NO ASSENTAMENTO ZUMBI DOS PALMARES.**

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Sistema Integrado de Informações sobre Agrotóxicos – SAI. *Relatório Anual - 2004*. <<http://www.anvisa.gov.br>> [acessado em junho de 2008].
- ARMAS, E.D.; MONTEIRO, R.T.R. (2005) Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na Bacia do Rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica, *Química Nov.* V.28, nº 6, p. 975-982.
- INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY (2008). <<http://www.inchem.org>> [acessado em junho de 2008].
- NIST-69 (2005). <<http://webboob.nist.gov/chemistry>> [acessado em novembro de 2008].
- O PORTAL BRASILEIRO DA INFORMAÇÃO CIENTÍFICA. *Ministério da Educação*. <<http://www.periodicos.capes.gov.br>> [acessado em junho de 2008].
- PAPA, E.; CASTIGLIONI, S., GRAMATICA, P.; NIKOLAYENKO, V.; KAYUMOV. O.; CALAMARI, D. (2004) Screening the leaching tendency of pesticides applied in the Amu Darya Basin (Uzbekistan), *Water Research*. V.38, p.3485–3494.
- THE EXTENSION TOXICOLOGY NETWORK – EXTOXNET (2008). <<http://extoxnet.orst.edu>> [acessado em junho de 2008].

**ANEXO I**

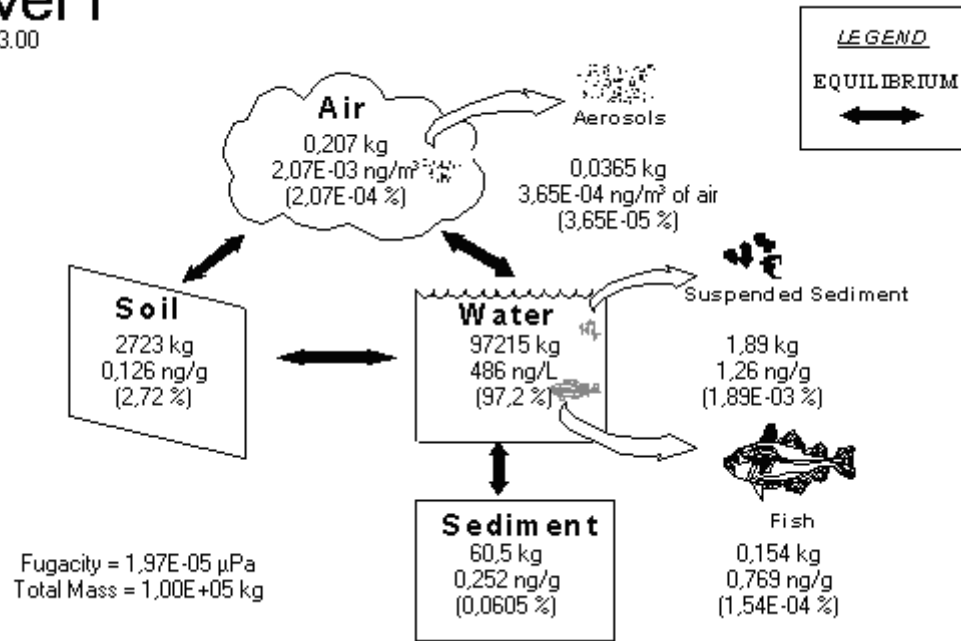
DIAGRAMAS DE DISPERSÃO OBTIDOS PARA OS PRINCÍPIOS ATIVO DOS AGROTÓXICOS UTILIZADOS NO ASSENTAMENTO ZUMBI DOS PALMARES



# Level I

Version 3.00

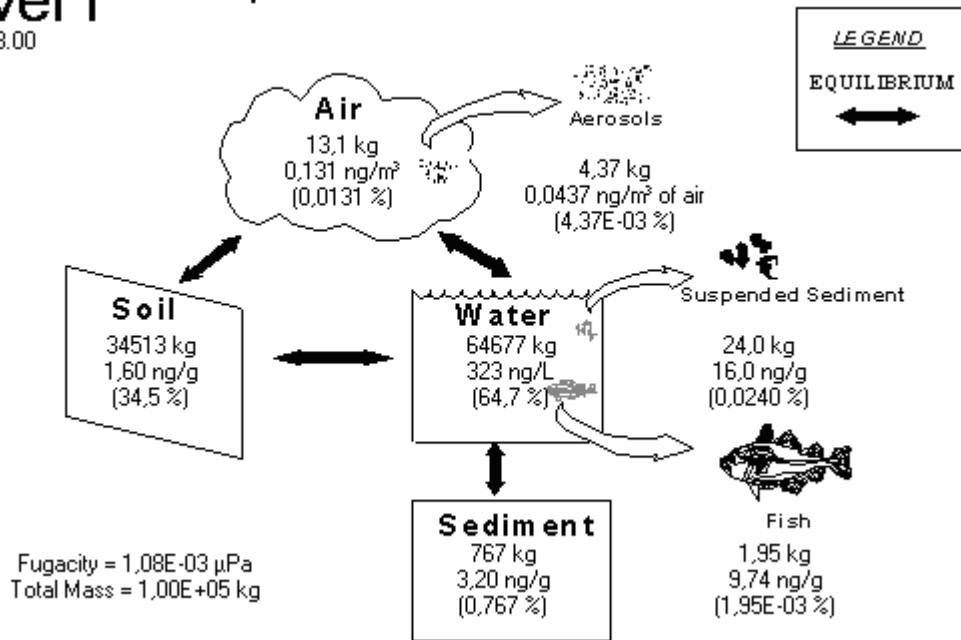
## Bromacila in Default



# Level I

Version 3.00

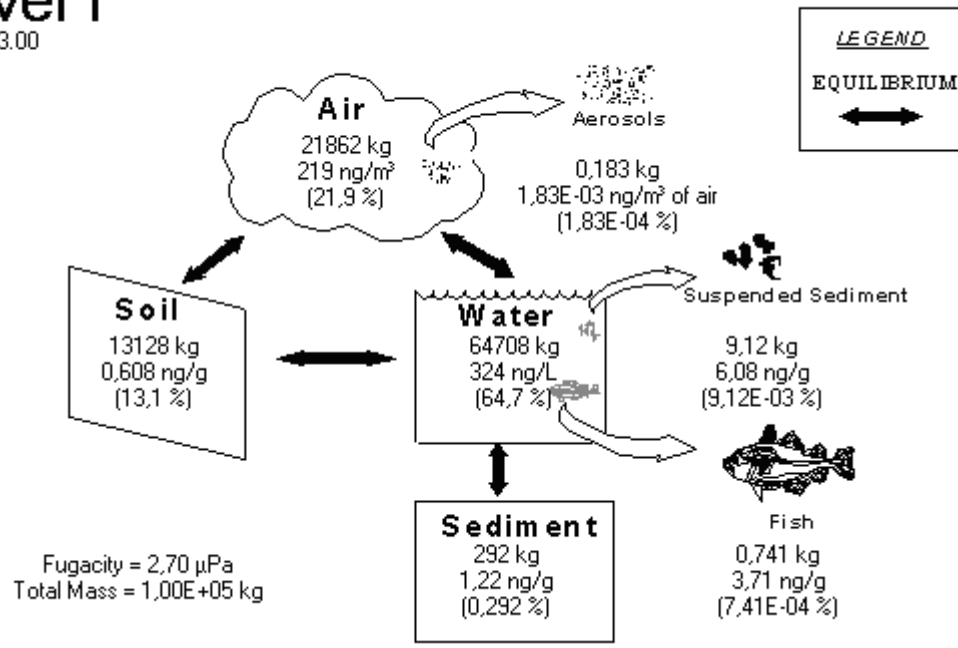
## Captana in Default



## Level I

Version 3.00

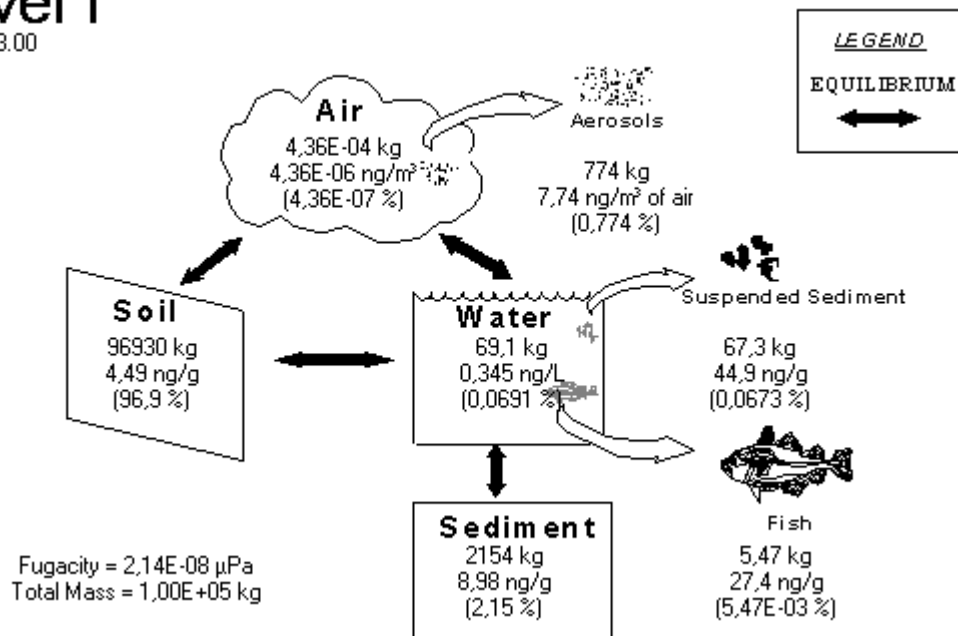
### Carbaril in Default



## Level I

Version 3.00

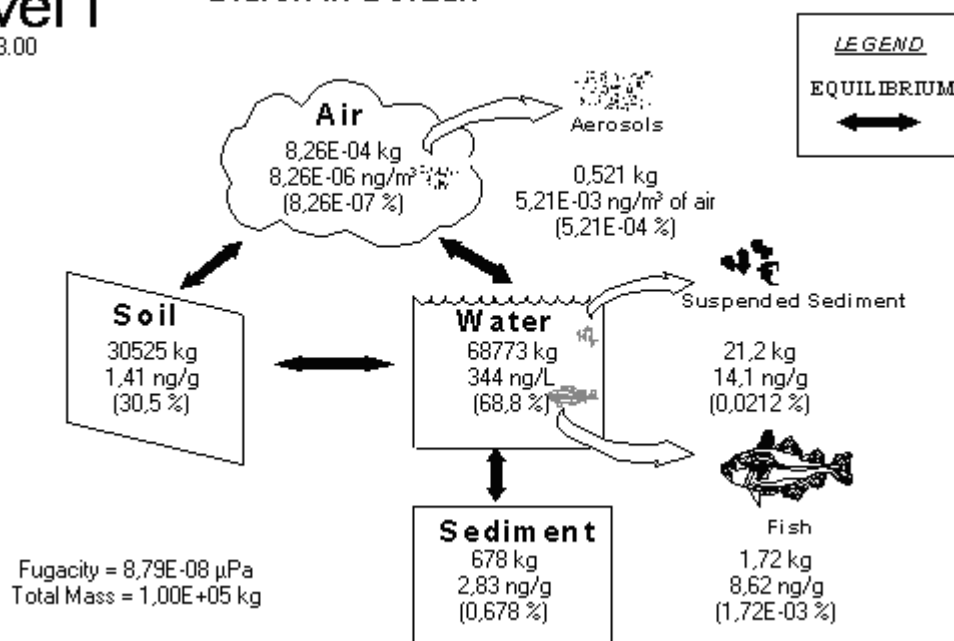
### Deltametrina in Default



## Level I

Version 3.00

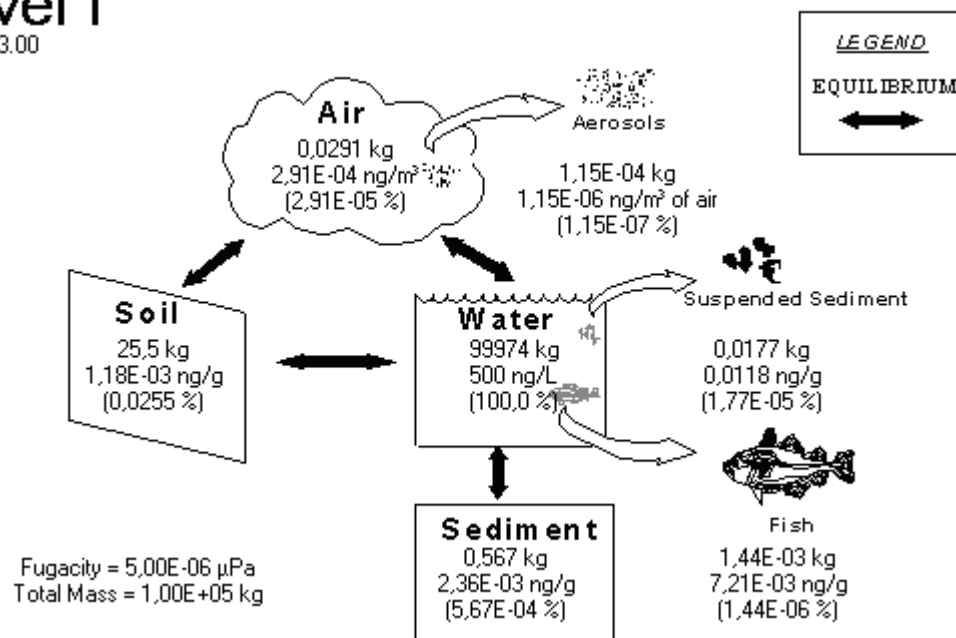
### Diuron in Default



## Level I

Version 3.00

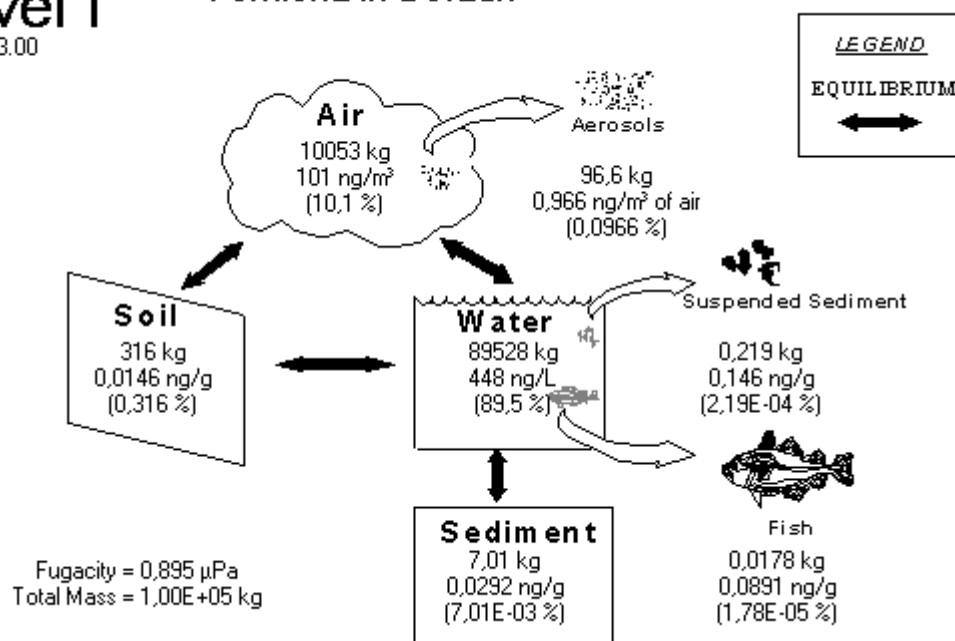
### Etefom in Default



## Level I

Version 3.00

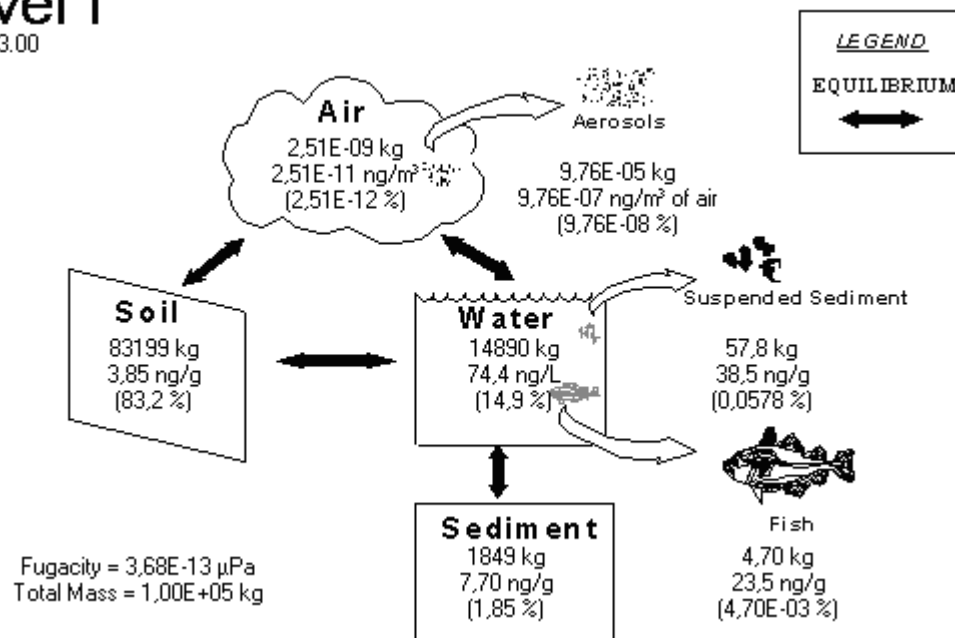
### Fentiona in Default



## Level I

Version 3.00

### Glifosato in Default

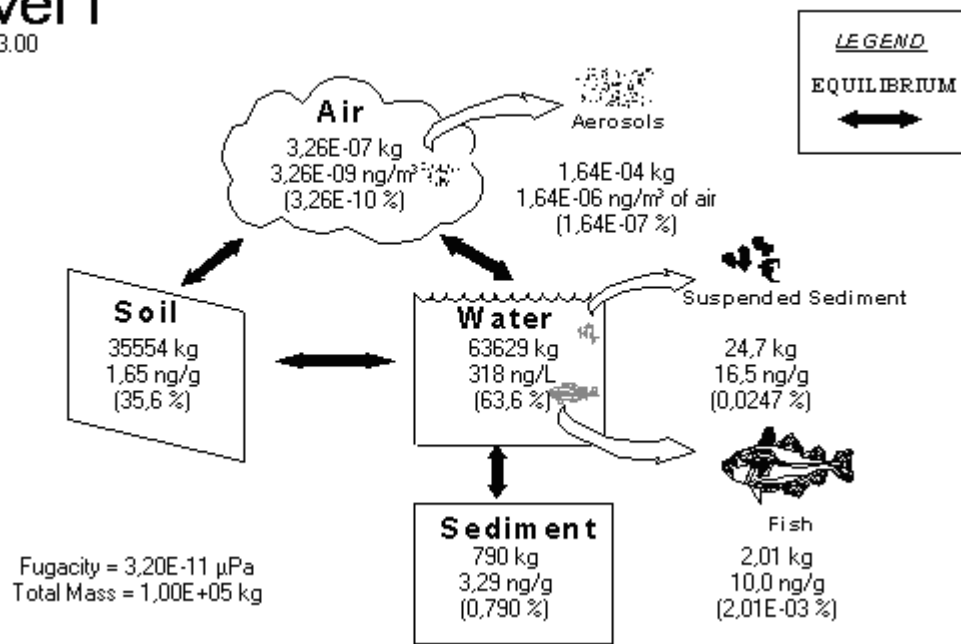




# Level I

Version 3.00

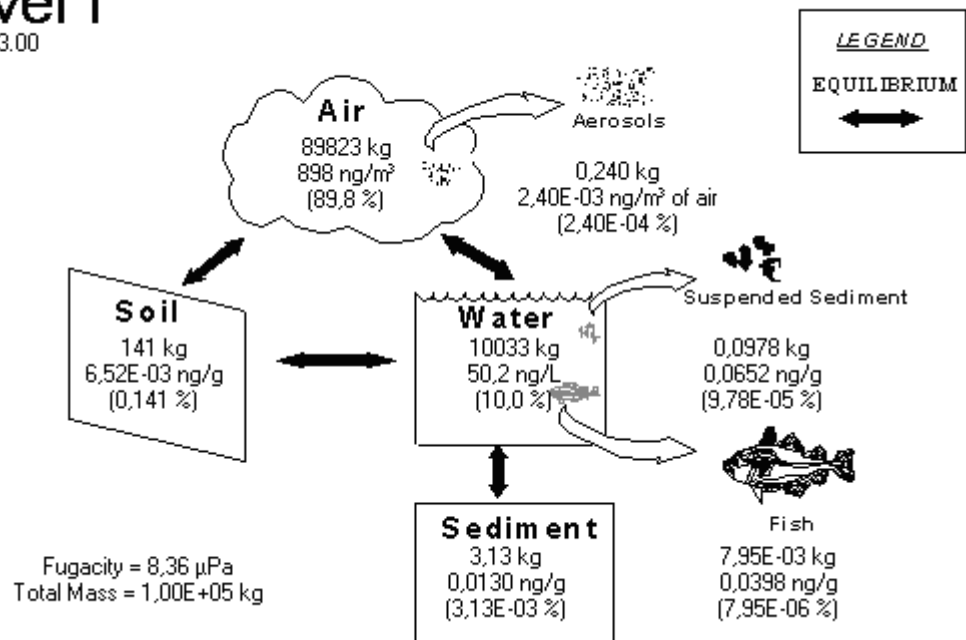
## Hexazinona in Default



# Level I

Version 3.00

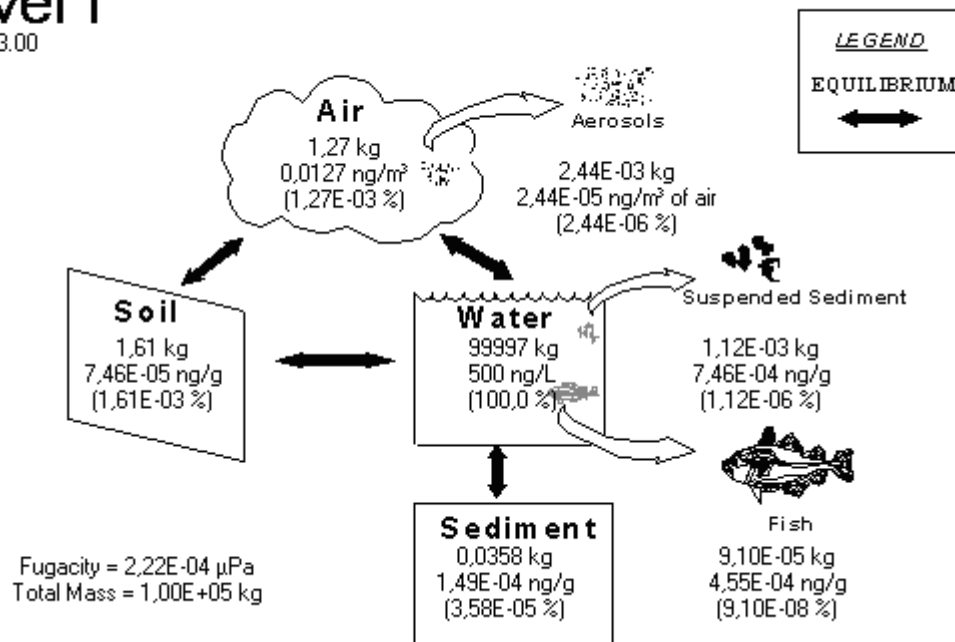
## mancozebe in Default



## Level I

Version 3.00

### Metamidofós in Default



## Level I

Version 3.00

### Parationa-metílica in Default

