

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DO DESPORTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE COLETIVA

JOANA FIGUEIREDO DA MATA

**Contaminação de águas superficiais por resíduos de agrotóxicos
provenientes da agricultura no município de Rio Branco / AC**

Rio Branco

2010

JOANA FIGUEIREDO DA MATA

**Contaminação de águas superficiais por resíduos de agrotóxicos
provenientes da agricultura no município de Rio Branco / AC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade Federal do Acre, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Saúde Coletiva.

Linha de Pesquisa: Epidemiologia Saúde e Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Wagner de Jesus Pinto

Co-orientador: Prof. Dr. Frederico Peres

Rio Branco

2010

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

© MATA, J. F. DA, 2010.

MATA, Joana Figueiredo da. **Contaminação de águas superficiais por resíduos de agrotóxicos provenientes da agricultura do município de Rio Branco / AC.** Rio Branco: UFAC, 2010. 108f.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC.

M425C

Mata, Joana Figueiredo da, 1986 -

Contaminação de águas superficiais por resíduos de agrotóxicos provenientes da agricultura no município de Rio Branco /AC / Joana Figueiredo da Mata --- Rio Branco : UFAC, 2010.

108f : il. ; 30cm.

Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Curso de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade Federal do Acre.

Orientador: Prof. Dr. Wagner de Jesus Pinto.

Co-orientador: Prof. Dr. Frederico Peres.

Nome: MATA, Joana Figueiredo da

Título: Contaminação de águas superficiais por resíduos de agrotóxicos provenientes da agricultura no município de Rio Branco / AC

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Acre
para obtenção do título de Mestre
em Saúde coletiva

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Dedicatória

Ao meu pai, José Basileu da Mata e;

À minha grande família que sempre acreditou na conclusão deste trabalho.

Agradecimentos

À Deus pelas grandes oportunidades e bênçãos que surgiram durante o tempo de trabalho e dedicação nesses dois anos de estudo.

À minha grande família (parentes e amigos) pela ajuda, paciência, carinho, cuidado e compreensão com minhas escolhas.

*Ao Professor **Pedro Plese** pelos recursos por ele oferecidos e grande ajuda oferecida nos momentos decisivos do projeto do começo ao fim.*

*Aos meus orientadores Prof. **Wagner de Jesus Pinto** e **Frederico Peres** pela parceria a qual sem ela não seria possível a conclusão deste trabalho.*

*À professora **Rusleyd Abreu**, a primeira a ensinar-me sobre pesquisa científica, que sempre incentivou a continuação de trabalhos dessa natureza, sempre disposta a ajudar no que fosse preciso em meus estudos;*

*Ao **Alan Ferreira** pela indispensável ajuda com o trabalho técnico de laboratório;*

*Ao senhor **Coril**, que além de conduzir até o local do trabalho sempre se mostrou atencioso e gentil procurando valorizar sempre os estudos realizados dentro da universidade.*

*À administração do **Laboratório central** pela disponibilidade em oferecer recursos de grande ajuda em minha capacitação com os equipamentos laboratoriais.*

*Às pessoas especiais que me ajudaram bem mais que o necessário: **Fábio Matheus, Tayane Araújo, Cristielli Oliveira, Maria Fernanda, e Danyella Paiva**, pelas orações, incentivos e trabalhos braçais, tudo com muito carinho. É por isso aqui vai meu agradecimento especial*

*Ao **CNPq** pelo financiamento, através da bolsa concedida, nesta pesquisa acadêmica, que foi de grande valia nesses quase dois anos.*

"A busca pela verdade e da beleza são domínios em que nos é permitido ficar crianças por toda a vida"

Albert Einstein

Resumo

Dados recentes apontam o Brasil como o maior consumidor de agrotóxicos do mundo. Estes dados vêm acompanhados de um aumento no número de estudos relacionados aos efeitos nocivos desses agentes químicos sobre a saúde e o ambiente. O objetivo desse trabalho foi a análise da contaminação de águas superficiais por resíduos de agrotóxicos utilizados na agricultura do Município de Rio Branco, AC. As amostras foram coletadas em pontos previamente identificados, próximos à áreas agrícolas que supostamente utilizavam agrotóxicos e analisadas por técnica de imunoenensaio (ELISA), através de kits específicos para os quatro grupos químicos / princípios ativos mais freqüentes na agricultura do município: a) organofosforados; b) carbamatos; c) piretróides; d) Acido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D). A análise dos resultados mostrou que a concentração de resíduos em águas superficiais acompanha a sazonalidade agrícola. Os inseticidas das classes dos organofosforados e carbamatos foram os que apresentaram maior número de amostras com níveis de contaminação ambiental acima do limite máximo. Com base nesses resultados, foi discutido os possíveis efeitos à saúde humana, decorrentes da exposição a estes agentes químicos. Como principal contribuição, destaca-se a importância do monitoramento de resíduos para a vigilância em saúde de populações vulneráveis aos agrotóxicos.

Palavras-chave: agrotóxicos; monitoramento ambiental; imunoenensaio; análise de resíduos; águas superficiais.

Abstract

Recent data show Brazil as the largest consumer of pesticides in the world. These data are accompanied an increase number of studies related with chemicals effects on health and environment. The aim of this study was to examine water waste pesticides contamination in surface water used in agriculture in Rio Branco city, whose is capital of Acre Estate. Water samples were collected at points previously identified, near to agricultural areas that allegedly used pesticides, and analyzed by immunoassay technique (ELISA) using specific kits to four chemical groups / active ingredients more frequent in agriculture in the city: a) organophosphorus b) carbamates c) pyrethroids, d) and 2,4-Diclorofenoxacetic acid (2,4-D). The analysis results showed that waste concentration in surface water follows the agricultural seasons. The classes of organophosphate and carbamate insecticides were those with the highest number of samples with environmental contamination levels above allowed limit. Based on these results, were discussed possible effects on human health as a consequence from exposure to these chemicals. As the main contribution, we highlight the importance of a pesticides waste monitoring for the health surveillance of populations vulnerable to this chemicals products.

Keywords: pesticides; environmental monitoring; immunoassay; residue analysis; surface water.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Figuras

- Figura 1.** Síntese dos carbamatos. 27
- Figura 2. A:** Centro ativo da acetilcolinesterase; **B:** Estrutura espacial da acetilcolinesterase. 28
- Figura 3.** Estrutura química do organofosforado *Paration metílico*. 30
- Figura 4.** Estrutura química do piretróide Cipermetrina. 31
- Figura 5.** Estrutura química do 2,4-Diclorofenoxiacético 32
- Figura 6.** Áreas escolhidas para a coleta de amostras de águas superficiais supostamente contaminadas por agrotóxicos na zona rural em Rio Branco, Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de Porto Acre, Tansacreana (AC-10) e Estação de Captação de água). 49
- Figura 7.** Área escolhida para coleta de amostras de água superficiais na região rural de Rio Branco, Acre (Estrada do Quixadá). 51
- Figura 8.** Área escolhida para coleta de amostras de água superficiais na região rural de Rio Branco, Acre (Estrada de Porto Acre). 52
- Figura 9.** Área escolhida para coleta de amostras de água superficiais na região rural de Rio Branco, Acre (Transacreana). 53
- Figura 10.** Área escolhida para coleta de amostras de água superficiais na região rural de Rio Branco, Acre (Estação de captação de água para abastecimento da cidade). 54
- Figura 11.** Estrutura química do Organofosforado *Malation*. 79

Tabelas

- Tabela 1:** Alguns importantes agrotóxicos classificados segundo o organismo 21
que se destina a controlar.
- Tabela 2:** Alguns dos agrotóxicos pertencentes aos grupos estudados 25
utilizados pelos agricultores das áreas de coleta de águas superficiais da zona
rural de Rio Branco, Acre.
- Tabela 3:** Níveis de absorvância das amostras analisadas para determinação 60
de contaminação por organofosforados e carbamatos no período de
entressafra em regiões da área rural de Rio Branco – Acre (Estrada do
Quixadá, Estrada de Porto Acre e Transaccreana) em Julho de 2009.
- Tabela 4:** Níveis de resíduos de piretróide encontrados (em $\mu\text{g/L}$) nas 62
amostras de água coletadas no período de entressafra em regiões da área
rural de Rio Branco – Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de Porto Acre e
Transaccreana) em Julho de 2009.
- Tabela 5:** Níveis de resíduos de 2,4-D encontrados (em $\mu\text{g/L}$) nas amostras 64
de água coletadas no período de entressafra em regiões da área rural de Rio
Branco – Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de Porto Acre e Transaccreana)
em Julho de 2009.
- Tabela 6:** Níveis de absorvância das amostras analisadas para determinação 69
de contaminação por organofosforados e carbamatos no período de safra em
regiões da área rural de Rio Branco – Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de
Porto Acre e Transaccreana) em Novembro de 2009.
- Tabela 7:** Níveis de resíduos de piretróides encontrados (em $\mu\text{g/L}$) nas 72
amostras de água coletadas no período de safra em regiões da área rural de
Rio Branco – Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de Porto Acre e
Transaccreana) em Novembro de 2009.
- Tabela 8:** Níveis de resíduos de 2,4-D encontrados (em $\mu\text{g/L}$) nas amostras 74
de água coletadas no período de safra em regiões da área rural de Rio Branco
– Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de Porto Acre e Transaccreana) em
Novembro de 2009.

LISTAS DE SIGLAS, SIMBOLOS E ABREVIATURAS

'	Minutos
°	Graus
µg	Micrograma
µg/L	Micrograma por litro
2,4-D	Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético
AC	Acre
AchE	Acetilcolinesterase
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BHC	Hexaclorobenzeno
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DDT	Dicloro-Difenil-Tricloroetano
DTNB	Ditio-bis-nitrobenzóico
ELISA	Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay
EPA	Environmental Protection Agency
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EU	European Union
EXTOXNET	The Extension Toxicology Network
FAO	Food and Agriculture Organization
GPS	Global Positioning System
IARC	International Agency for Research on Cancer

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
L	Litro
M	Metros
MG	Miligrama
MS/GM	Ministério da Saúde / Gabinete do Ministro
Nm	Nanômetro
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
OPAS	Organização Panamericana de Saúde
RQ	Quociente de Risco
SEFAZ	Secretaria de Estado de Fazenda
SINTOX	Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas
SNC	Sistema Nervoso Central
SUCEN	Superintendência de Controle de Endemias
ZEE	Zoneamento Econômico Ecológico

SUMÁRIO

RESUMO	iiiiv
ABSTRACT	ix
LISTAS DE TABELAS E FIGURAS	x
LISTAS DE SIGLAS, SIMBOLOS E ABREVIATURAS.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 Agrotóxicos	19
2.1.1 Definição	19
2.1.2 Classificação.....	20
2.1.3 O Brasil e os agrotóxicos.....	23
2.1.4 O Acre e os agrotóxicos.....	23
2.1.5 Organofosforados, carbamatos, piretróide e 2,4-D: Quem são?.....	26
2.1.5.1 Carbamatos	26
2.1.5.2 Organofosforados	29
2.1.5.3 Piretróides.....	30
2.1.5.4 Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético.....	31
2.1.6 Ocorrências de agrotóxicos em sistemas aquáticos superficiais.....	33
2.1.6.1 Vantagens e desvantagens da utilização de técnicas de imunoenensaio para a análise da contaminação ambiental por agrotóxicos.....	36
2.1.7 Os agrotóxicos e a saúde humana.....	39
2.1.7.1 Importância do monitoramento ambiental para a saúde humana.....	43
3. OBJETIVOS	46
3.1 Objetivo geral	46
3.2 Objetivos específicos	46
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4.1 Área de estudo.....	47
4.2 Coleta das amostras.....	50
4.3 Determinação de resíduos de agrotóxicos em água por imunodiagnóstico.....	54
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58

5.1 Amostras coletadas na entressafra	58
5.2 Amostras coletadas na safra	65
5.3 A exposição à agente anticolinesterásicos e os possíveis efeitos à saúde.....	76
6. CONCLUSÕES	85
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

1- INTRODUÇÃO

Produtos químicos vêm sendo utilizados na produção agrícola pelos agricultores a muito tempo onde esse uso se intensifica cada vez mais com o passar dos anos. A principal razão para utilização de produtos considerados perigosos é a eliminação das pragas que prejudicam o bom andamento da produção como os insetos, fungos, ervas daninhas, ácaros entre outros organismos que se alimentam dos produtos que são cultivados nas lavouras.

Estes produtos químicos são conhecidos por diversos nomes comuns aos usuários: praguicidas, defensivos agrícolas ou ainda pesticidas, mas a denominação determinada por lei é Agrotóxico¹.

São diversos os grupos químicos, os quais abrigam os mais diversos princípios ativos, e marcas comerciais vendidas no mercado de agrotóxicos atualmente, fazendo da movimentação financeira ao redor desse comércio um dos maiores faturamentos das indústrias químicas.

A problemática que envolve o assunto tem sido bastante levantada, em escalas mundiais, por diversas áreas de estudo como a agronomia, biologia, enfermagem, medicina, química e demais áreas afins, havendo portanto, inúmeras investigações específicas para as diversas aplicações e efeitos que esses produtos

¹ Lei Federal nº 7.802 de 11/07/89, regulamentada através do Decreto 98.816, no seu Artigo 2º, Inciso I, define o termo AGROTÓXICOS.

causam no ambiente, nos organismos vivos, como também ser humano. Todo esse conjunto de informações reunidas dá sustentação a magnitude do risco que os agrotóxicos causam de modo geral na sociedade e no meio ambiente.

Chegada à conclusão de que os agrotóxicos fazem mal tanto a população que trabalha com os mesmos quanto aqueles que não mantêm contato direto nenhum com esses produtos, pode-se dizer portanto, que tal questão trata de um tema de investigação de saúde pública.

O uso inadequado ou exagerado desses produtos tem causado um problema de contaminação ambiental nos sistemas hídricos superficiais, nos lençóis subterrâneos e também ainda no solo e no ar. Isso é um fator determinante para que o risco destes produtos tome cada vez maiores dimensões.

O Brasil é atualmente movido pelo comércio agrícola, visto mundialmente com uma forte potência agropecuária, onde movimenta boa parte do valor total do faturamento com exportações nesse ramo.

A região amazônica assim como o Estado do Acre não apresenta atualmente, como as demais regiões, um grande potencial natural agrícola por diversas condições, tanto naturais como de desenvolvimento. Porém, não deixam de participar, em menor proporção, do comércio agropecuário que caracteriza nosso país, onde traz consigo seus benefícios e malefícios, entre eles a questão dos agrotóxicos.

Portanto, é de fundamental importância estudos de gestão de risco desses produtos onde inclui a percepção de riscos dos agricultores e da sociedade quantos aos produtos, o cuidado na contaminação do meio ambiente em geral,

desde a identificação do problema de contaminação onde inclui o conhecimento dos produtos envolvidos no processo, até o método de monitoramento ambiental devendo ser este contínuo minimizando tais possíveis riscos. Não deixando de realizar também estudos voltados à atenção a saúde em aspectos sobre o perigo que se corre por não obedecer a orientações apropriadas que trazem as embalagens ou os receituários agrônômicos dos agrotóxicos utilizados na região.

Consideramos, ainda, que o trabalho se faz relevante para o Município de Rio Branco devido a escassez de dados sobre o tema proposto, ocasionando portanto, uma preocupação acentuada quanto aos riscos os quais a população está exposta decorrentes do uso inadequado dos agrotóxicos.

E como a região está em fase inicial da aplicação de novas tecnologias para o desenvolvimento da produção agrícola sustentável, é de suma importância que estes agricultores saibam a maneira correta de lidar com suas terras e manusearem os produtos por eles consumidos em favor a uma colheita mais rentável.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Agrotóxicos

2.1.1 – Definição

A Lei Federal nº 7.802 de 11/07/89, regulamentada através do Decreto 98.816, no seu Artigo 2º, Inciso I, define o termo AGROTÓXICO, ao invés de DEFENSIVO AGRÍCOLA, o qual passou a ser utilizado, no Brasil, para denominar os venenos utilizados na agricultura, após uma grande mobilização populacional organizada. Mais do que uma simples mudança do termo, este por sua vez, apresenta em destaque a toxicidade de tais produtos ao meio ambiente e à saúde humana, sendo ainda genericamente denominados praguicidas ou pesticidas (BRASIL, 1989).

Esta mesma lei define como produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos e também inclui substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento (BRASIL, 1989).

2.1.2 – Classificação

A lei 7.802/89 constitui da obrigatoriedade da utilização de rótulos individuais e bulas, no idioma nacional que contenham informações necessárias sobre de uso correto, identificação do produto, perigos que possam vir a causar na saúde humana e indicação da classe toxicológica a qual pertencem, que de acordo com a literatura, varia de I a IV onde: I – produto extremamente tóxico, II – produto altamente tóxico; III – produto tóxico; IV – produto pouco tóxico (ANVISA, 2010).

Os agrotóxicos podem ser classificados ainda quanto à finalidade de uso como: a) Acaricidas, cujo propósito é combater ácaros e nesse grupo incluem-se os carrapaticidas; b) Escorpionicidas, responsáveis pelo combate a escorpiões; c) Inseticidas, de combate a insetos diversos em diversas fases de seu desenvolvimento ovos (ovicidas), larvas (larvicidas) e insetos adultos (adulticidas); d) Moluscicida, pesticida que combate moluscos; e) Nematicidas, cuja função é combater os nematóides; f) Rodenticidas, exterminadores de ratos e g) Vampiricidas, substâncias que combatem morcegos. Essas substâncias podem exercer seus efeitos biocidas por meio de 3 formas: contato com o tegumento, ingestão via oral ou fumigante, nesse último caso a substância alcança o organismo alvo por meio de suas vias respiratórias. No entanto algumas dessas substâncias praguicidas apresentam múltiplos mecanismos de ação. Quimicamente os agrotóxicos podem ser divididos em dois grandes grupos: inorgânicos e orgânicos.

Os agrotóxicos de origem inorgânica apresentam em sua composição metais pesados e outras substâncias altamente tóxicas tais como, bário, boro, flúor, antimônio, tálio, chumbo, cádmio, mercúrio além da calda sulfocálcica e os óleos minerais. São, portanto altamente tóxicos e acumulam-se em tecidos orgânicos

como, por exemplo, o tecido nervoso e tecido adiposo, apresentam grande estabilidade e persistem no ambiente por longos períodos em função da presença de metais (OLIVEIRA, 2006). Atualmente os agrotóxicos inorgânicos são pouco empregados não totalizando 10% do total de agrotóxicos em uso (LARA; BATISTA, 1992).

O segundo grupo de agrotóxicos segundo de acordo com a classificação de origem química são os produtos orgânicos, assim nominados em função da presença do átomo de carbono em suas estruturas moleculares e são subdivididos em sintéticos e naturais. Os orgânicos naturais são aqueles cuja origem é vegetal (a maior parte), animal ou obtidos do petróleo. Os compostos orgânicos sintéticos são os organoclorados, clorofosforados, carbamatos, piretróides, dinitro compostos e clorofenicol dentre outros (LARA; BATISTA, 1992) (Tabela 1).

Tabela 1 – Alguns importantes agrotóxicos classificados segundo o organismo que se destina a controlar.

Inseticidas	Fungicidas	Acaricidas	Moluscicidas	Raticidas
Benzoiluréicos	Ditiocarbamatos	Dinitrofenol	Sulfato de alumínio	Cumarínicos
Carbamatos	Organofosforados	2,6 dinitrito-4-octifenil crotonato	Metaldeído	Indênicos
Piretróides	Imidazólicos	2-metoxicarbonil-4-clorotrifluormetanoss ulfonanilida	Metiocarbe	Compostos de flúor
Organoclorados	Carboximídicos	2-(2,6,-difluorfenil)-4-(2-etóxi-4-terc-butilfenil)-2- oxazolina	Fosfato férrico	Norbormide
Organofosforados	Organomercuriais			Brodifacoum

(LARINI, 1999)

A toxicidade dos agrotóxicos pode ser avaliada de acordo com os seguintes parâmetros: a) Toxicidade aguda; b) Toxicidade crônica; c)

Neurotoxicidade; d) Efeitos carcinogênicos; e) Efeitos mutagênicos; f) Efeitos teratogênicos; g) Irritação ocular; h) Irritação cutânea.

A toxicidade aguda dos praguicidas é dada pela dose letal 50 (DL₅₀) da substância em questão. A DL₅₀ é a quantidade de uma determinada substância que é necessário ingerir ou administrar para provocar a morte a pelo menos 50% da população em estudo. Geralmente expressa-se em mg/kg. O animal utilizado nesses estudos toxicológicos é o rato albino (machos e fêmeas nulíparas e não prenhes) (LARINI, 1999).

Os estudos de DL₅₀ para praguicidas incluem a exposição do animal pela via oral, dérmica ou inalatória (para a via inalatória utiliza-se o termo CL₅₀). Já toxicidade crônica de uma determinada substância é definida como sendo a que resulta da exposição contínua a um defensivo, sendo que este não pode causar não causa toxicidade aguda por apresentar-se em baixas concentrações (LARINI, 1999).

A toxicidade crônica é mais importante que a toxicidade aguda, pois normalmente ocorre pela contaminação de alimentos ou lentamente no seu ambiente de trabalho. Esta pode ser medida a curto, médio e longo prazo. A toxicidade a curto prazo é notada pela administração diária de doses do produto durante quatro semanas sendo seus efeitos controlados diariamente no organismo do animal. Ao final do período de experimento verifica-se as alterações histológicas de órgãos e tecidos e medição de algumas moléculas básicas (LARINI, 1999).

O efeito a médio prazo se dá durante a administração no animal de doses repetidas durante o período não superior a 10% de vida-média do mesmo, representando assim a capacidade das substâncias de produzirem efeitos adversos. Geralmente o tempo deste tipo de estudo é de 90 dias. A longo prazo o período de

experimentação é de 12 meses, com administrações diárias de doses do composto via oral de preferência incorporada a dieta do animal, podendo também ser utilizada continuamente ou intermitente a exposição respiratória, de acordo com os objetivos do experimento (LARINI, 1999).

2.1.3 – O Brasil e os agrotóxicos

O Brasil está entre os maiores consumidores de agrotóxicos no mundo (FAIRBANKS, 2001). Os países em desenvolvimento representam 30% de todo o mercado global consumidor de agrotóxicos, sendo o Brasil o maior mercado consumidor individual dentre estes países, equivalente à metade de todo o consumo da região latino-americana (PERES et al., 2007). Isso é resultado de uma realidade que traz preocupantes conseqüências para a sociedade, envolvendo principalmente a saúde da população, não apenas das produtoras, mas como a da consumidora dos produtos que sofrem a ação dos mesmos.

O Ministério da Agricultura (2008) lançou notas recentes sobre um aumento triplo das exportações de agronegócios brasileiros entre 2004 e 2007 que é responsável pelo movimento de bilhões de dólares anuais, implicando no uso cada vez maior de agrotóxicos para atender a demanda de crescimento de mercado.

2.1.4 – O Acre e os agrotóxicos

As atividades econômicas do setor primário do estado circulam principalmente em volta da pecuária, sendo esta a que mais vem crescendo nos últimos anos. Além da pecuária, a agricultura de subsistência e o extrativismo

vegetal também possuem papéis importantes para o desenvolvimento da economia acriana (WADT et al., 2005).

No Estado do Acre foi encontrado para consumo 60 ingredientes ativos e 82 marcas comerciais de agrotóxicos pertencentes aos grupos fungicidas, herbicidas e inseticidas, sendo estes dois últimos os mais identificados para o estado, entre alguns proibidos para o uso no país por se tratarem de produtos altamente tóxicos (ESTADO DO ACRE, 2009; PLESE, 2009).Dentre esses ingredientes foram citados algumas marcas comerciais por alguns dos agricultores das três regiões rurais do município de estudo como observado na tabela 2.

Dados revelam que a capital Rio Branco é o local que mais comercializa tais tipos de produtos entre as demais cidades do interior (ESTADO DO ACRE, 2009).

Segundo a Secretaria de Estado de Fazenda (SEFAZ) um dos agrotóxicos mais encontrados, tanto no estado quanto na região que compreende a cidade de Rio Branco é o 2,4-D, tendo sua toxicidade variada de extremamente tóxico até pouco tóxico. É geralmente empregado em pré e pós-emergência das plantas na cultura de arroz, café, cana-de-açúcar, milho, pastagens (ESTADO DO ACRE, 2009).

Tabela 2: Alguns dos agrotóxicos pertencentes aos grupos estudados utilizados pelos agricultores das áreas de coleta de águas superficiais da zona rural de Rio Branco, Acre.

Nome comercial	Princípio ativo	Grupo Químico
Karete	Lambda cialotrina	Piretróide
Barrage	Cipermetrina	Piretróide
Desis	Deltametrina	Piretróide
Folidol	Parationa metílica	Organofosforado

A

A agricultura no Estado encontra-se em fase de desenvolvimento com investimentos governamentais para seu crescimento bem como também a questão do solo que apresenta em geral características próprias diferenciando-se sutilmente do restante da região amazônica, principalmente por ser uma região de acúmulo de sedimentos das Cordilheiras do Andes origem esta, que faz desses solos pouco comuns na mesma. A região do Purus, região de localização do município de Rio Branco, caracteriza-se pela presença de solos quimicamente férteis reproduzindo na região certo potencial agrícola (ZEE, 2006).

Mas o fato é que o problema não deixa, portanto, de ser menos importante e preocupante nessa localidade, não justificando de maneira alguma a quase ausência de dados sobre o controle do uso desses produtos. Isso gera informação tanto para a comunidade que estuda sobre o tema, quanto para população diretamente afetada.

2.1.5 – Organofosforados, carbamatos, piretróide e 2,4-D: Quem são?

2.1.5.1. Carbamatos

Os agrotóxicos organofosforados e carbamatos são inseticidas que compartilham uma característica em comum, quando de sua interação com o organismo humano. Ambos são capazes de inibir um grupo de enzimas chamadas de colinesterases. Estas enzimas têm papel fundamental no processo de condução de estímulos nervosos no organismo, razão pela qual quando são inibidas pela presença desses dois grupos de agrotóxicos, causam uma série de problemas no sistema nervoso central humano, que vão desde tremores até fasciculação muscular e convulsões.

Este fenômeno já é bem conhecido e descrito pela literatura científica internacional, razão pela qual a inibição das colinesterases é um dos métodos indicadores (de efeito) mais utilizados quando da avaliação da exposição humana a agrotóxicos.

Os primeiros carbamatos foram comercializados por volta de 1950, são um grupo de compostos orgânicos que compartilham de um mesmo grupo funcional cuja estrutura é $-\text{NH}(\text{CO})\text{O}-\text{R}$. Os carbamatos são ésteres do ácido carbâmico, NH_2COOH , um composto instável que apresenta um nitrogênio ligado a um grupo carboxila e por essa razão é também uma amida. São conhecidas três classes de carbamatos: a) carbamatos inseticidas (e nematicidas), b) carbamatos herbicidas e c) carbamatos fungicidas. A síntese dos carbamatos pode ocorrer quando uma molécula de dióxido de carbono reage com a porção amino-terminal de uma cadeia

peptídica, grupamento amina ou aminoácido, adicionando a si o grupo COO^- e liberando um cátion H^+ (Figura 1). O radical "R" fica ligado à outra extremidade da molécula de nitrogênio do grupo amina. O grupo COO^- é uma estrutura de ressonância, portanto as ligações simples possuem característica de uma dupla ligação, e a carga é transferida para os dois átomos de oxigênio. Essa reação é reversível, assim como a ligação N-C, e tem um alto nível de instabilidade.

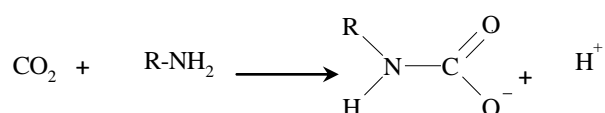


Figura 1. Síntese dos carbamatos. Nesse modelo a porção amina de um peptídeo reage com CO_2 desprendendo um íon H^+ e conseqüentemente dando origem à molécula de carbamato.

Alguns carbamatos são utilizados pela farmacologia humana, como por exemplo os inibidores de colinesterase neostigmina e rivastigmina, utilizados no tratamento de pacientes com a miastenia gravis e síndromes colinérgicas. A neostigmina, por exemplo, apresentara estrutura molecular semelhante à acetilcolina, e por essa razão atua inibindo a enzima acetilcolinesterase por atuar no sítio esterásico da enzima.

O sítio esteárico da acetilcolinesterase é formado por uma seqüência de resíduos de aminoácidos que ligam-se ao grupo carbamato da neostigmina formando uma ligação covalente (Figura 2). Nessa condição, a acetilcolina não poderá acoplar-se à enzima até que a ligação enzima-carbamato seja hidrolisada, sendo a vida média desta reação de aproximadamente 30 minutos (GOODMAN;

GILMAN, 2006). Tanto a neostigmine como a piridostigmine formam o mesmo tipo de reação com a acetilcolinesterase, portanto, a duração de suas inibições é similar. Assim, somente após hidrólise da ligação carbamato-enzima, esta torna-se novamente disponível para metabolizar a acetilcolina (GUYTON; HALL, 2006).

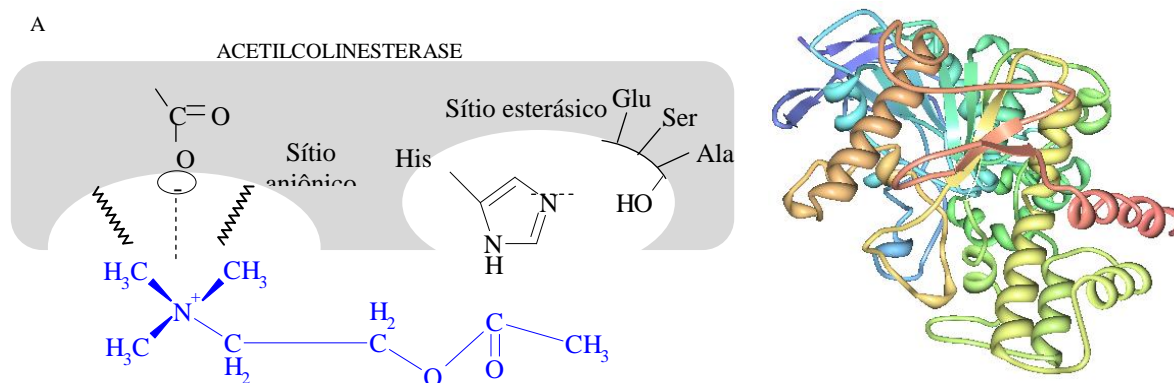


Figura 2. Em “A” Centro ativo da acetilcolinesterase. O sítio aniônico é provavelmente um grupo carboxílico ionizado. O local esterásico contém uma seqüência de aminoácidos. Em azul aparece uma molécula de acetilcolina interagindo no centro ativo da acetilcolinesterase. Em “B” estrutura espacial da acetilcolinesterase.

Muitos fatores influenciam a degradação dos carbamatos, como a umidade, temperatura, luz, volatilidade. Carbamatos são metabolizados por microrganismos, ou ainda degradados na água e no solo, especialmente em meio alcalino (EXTOXNET, 2010).

Alguns carbamatos ainda são altamente dependentes de condições ambientais como o pH para o decaimento da meia-vida, podendo persistir a anos (PEIXOTO, 2007).

2.1.5.2 – Organofosforados

Os Organofosforados são substâncias químicas que contém carbono e fósforo, sendo geralmente obtidas através do uso de sais orgânicos do ácido fosfórico. Contém várias combinações de carbono, hidrogênio, oxigênio, fósforo, enxofre e nitrogênio (Figura 3). Os organofosforados possuem vários grupos segundo sua estrutura, estando entre os mais numerosos os fosfatos (diclorvos), fosforotioatos (fenitrothion, temephos) e fosforoditioatos (malathion, dimetoato). São biodegradáveis, sendo, portanto sua persistência curta no solo, de um a três meses. O principal meio de degradação no ambiente parece ser a hidrólise sob condições de alcalinidade (COSTA, 2006; SUCEN, 2010).

A solubilidade na água é uma propriedade que varia muito entre os diferentes produtos desses grupos como o Organofosforados Clorpirifós (2,0 mg/L) e Monocrotofós (1.000.000 mg/L) e no grupo dos carbamatos onde o Carbaril, Carbofurano e metomil apresentam 120 mg/L, 0,11 mg/L e 57.900 mg/L respectivamente (DORES; DE-LAMONICA-FREIRE, 2001; MARASCHIN, 2003; MILHOME et al., 2009).

O uso dos organofosforados ainda é alto ao redor do mundo e tende a permanecer pelo menos por uns próximos anos, são os mais citados dentre os agrotóxicos usados pelos agricultores (BEDOR et al., 2009), ainda que compostos

mais recentes como os piretróides estejam ganhando seu espaço no mercado de agrotóxicos. A sua eficácia seu baixo custo e o baixo nível de bioacumulação nos ecossistemas suportam ainda mais tal prognóstico (COSTA, 2006).

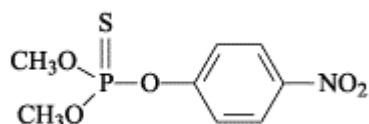


Figura 3. Estrutura química do Organofosforado *Paration metílico*.

2.1.5.3. Piretróides

Os piretróides compreendem um conjunto de agentes tóxicos sintetizados a partir de uma substância encontrada na natureza, a piretrina, um dos primeiros inseticidas utilizados pelo homem (Figura 4).

Os piretróides são geralmente decompostos e inativos pela exposição à luz e ar, uns com vida média menor que um dia, outros como meses de persistência (SANTOS et al., 2007), porém alguns compostos são considerados insolúveis em água (EXTOXNET, 2010).

Quanto à volatilidade alguns piretróides são pouco, outros muito voláteis. O tempo de meia-vida (DT₅₀) desses produtos pode-se dizer que variam muito para cada composto piretróide. Já a tendência da maioria é possuir uma baixa solubilidade em água como o Lambda cialotrina e Cipermetrina 0,005 mg/L; 0,009 mg/L e DT₅₀ de 7 e 179 dias para os tais compostos respectivamente (DORES; DELAMONICA-FREIRE, 2001; MARASCHIN, 2003; MILHOME et al., 2009).

Estes produtos têm ação direta no sistema nervoso dos insetos e, no homem, está associado a desordens neurotóxicas (BJORLING-POULSEN, 2008) além de ser um provável disruptor endócrino (PERRY, 2008) e está associado a diversos tipos de alergias (SPENCER; O'MALLEY, 2006; ANDREWS et al., 2009).

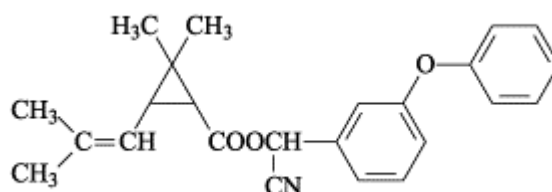


Figura 4. Estrutura química do piretróide Cipermetrina.

2.1.5.4. Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético

O 2,4-D (ou Ácido 2,4 Diclorofenoxiacético) pertencente ao grupo químico dos fenoxiacéticos é um herbicida seletivo, muito utilizado no controle de ervas daninhas e pastagens (VICTORIA FILHO, 2010). É ainda o herbicida mais utilizado ao redor do planeta, sendo o primeiro herbicida formulado com sucesso, no ano de 1942 (KLASSEN, 2001).

O grupo dos fenoxiacéticos são móveis no solo devido a solubilidade, porém geralmente a persistência não é alta. A solubilidade varia dependendo da formulação (ZAMBOLIM, 2003).

O 2,4-D (Figura 5) possui uma baixa persistência no solo e alta solubilidade (23.180 mg/L) sendo facilmente carregados pelas enxurradas até atingirem os corpos d'água. Em meio aquático em condições de boa oxigenação a meia-vida

varia de 7 dias a varias semanas, sendo considerado estável (MILHOME et al., 2009). Em ambiente aquático é rapidamente degradado (hidrossolúveis) por microrganismos, além de ser considerado um dos herbicidas com baixo potencial de poluição de águas superficiais (BRITO, 2001; PRIMEL et al., 2005; EXTOWNET, 2010).

Algumas formulações ésteres de principio ativo 2,4-D variam a sua capacidade volátil de alta a baixa. Já as formulações amins são praticamente não voláteis (VICTORIA FILHO, 2010). Já Milhome et al. (2009) consideraram compostos com K_h menores que 10^{-5} Pa. M³. mol⁻¹ com baixa volatilidade, onde o 2,4-D apresentou um valor de $1,3 \times 10^{-5}$.

Os efeitos nocivos do 2,4-D sobre a saúde humana foram mais conhecidos após a Guerra do Vietnam, onde esse herbicida (também conhecido como “Agente Laranja”) foi intensamente utilizado pela artilharia aérea norteamericana para dessecar as densas folhagens das matas vietnamitas, facilitando a identificação dos soldados daquele país. Os principais efeitos dos produtos identificados que contém o principio ativo 2,4-D foram os defeitos do nascimento e o câncer (NGO et al., 2006).

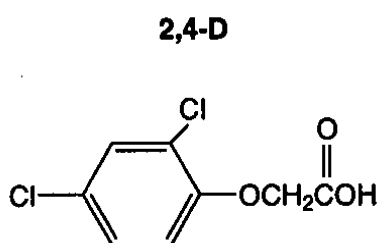


Figura 5. Estrutura química do 2,4-Diclorofenoxiacético.

2.1.6– Ocorrências de agrotóxicos em sistemas aquáticos superficiais

Sabe-se que a água é um bem indispensável aos organismos do planeta, pois dela dependem vários processos fisiológicos dos seres vivos. É também o principal meio de transporte de milhares de resíduos que nela são depositados pela ação antrópica ou mesmo por processos naturais do meio, implicando assim em uma exposição a esses resíduos os que dela se utilizam.

No meio rural a água é geralmente utilizada para vários fins e na maioria das vezes não recebe nenhum tratamento adequado para o reuso, voltando ao meio ambiente carregada de moléculas muitas delas altamente nocivas para a saúde da população que a utiliza. Essas ainda podem ser usadas e/ou retiradas diretamente do recurso aquífero, não havendo nesses casos, sistema de encanamento e nem tratamento de águas residuais, semelhante ao que está presente no meio urbano como se costuma ter no meio urbano.

Recentemente com o intensivo uso de agrotóxicos e com o avanço das tecnologias microscópicas é que foi possível detectar a contaminação por tais produtos em sistemas hídricos.

Vários trabalhos vêm mostrando possibilidades há algum tempo, os possíveis riscos da exposição os agrotóxicos pela via ambiental, em particular as águas de consumo humano (DEARFIELD et al., 1999; RAKITSKY et al., 2000; BJØRLIG-POULSEN et al., 2008). Várias linhas de trabalho vêm surgindo na literatura partindo do pressuposto que são produtos perigosos e se descobre cada vez mais patologias associadas com este tipo de exposição a agrotóxicos, sejam elas causadoras de efeitos crônicos ou de efeitos agudos.

A concentração de agrotóxicos em águas superficiais raramente excede as abordagens internacionais de água para o consumo humano por longo tempo. Contudo, próximo as datas de aplicação dos agrotóxicos durante os eventos chuvosos eles podem exceder esses valores significativamente, o qual constitui um risco para os organismos que as utilizam (COMBER et al., 2003).

Sabe-se atualmente através de pesquisas realizadas que o uso de grandes quantidades de agrotóxicos na produção agrícola é uma das principais causas da contaminação não só das águas superficiais quanto também das águas subterrâneas e dos solos representando um risco permanente de contaminação destes ambientes devido ao envolvimento destes em vários processos ambientais (GARCÍA DE LLASERA; BERNAL-GONZÁLEZ, 2001; PALMA et al., 2004).

O transporte pelo escoamento superficial são umas das grandes fontes de entrada de poluentes nas águas superficiais, dado que se tem observado que isso ocorre principalmente na estação chuvosa (KONSTANTINOUS et al., 2006; VRYZAS et al., 2008). A contaminação de água pelas enxurradas por agrotóxicos depende de diversos fatores tais como, por exemplo, chuvas que ocorrem após a aplicação dos agrotóxicos, a declividade e os tipos de solo da bacia hidrográfica, as propriedades físico-químicas dos produtos utilizados na aplicação nas lavouras do local dentre outros (PALMA et al., 2004).

Vários países já possuem um padrão de potabilidade da água para o consumo humano, como a comunidade Européia (EU) que determina 0,5µg/L para o total de agrotóxicos na água. Porém, nem todos eles possuem um valor máximo de todos os agrotóxicos existentes, tais como o Brasil (EU, 1980 e CONAMA, 2005).

Esse padrão recebe grandes críticas com relação aos limites estabelecidos, pois nenhum critério toxicológico foi adotado no seu estabelecimento (ARMAS et al., 2007).

Tomando em consideração aos compostos analisados Drożdżyński (2008) obteve como umas das mais altas concentrações a de organofosforados. Já os carbamatos, porém, apresentou uma frequência consideravelmente mais baixa nas amostras em comparação a outros tipos de agrotóxicos. Foram encontrados compostos a um nível inferior em comparação ao tomado como referência (0,1µg/L para cada composto individualmente e 0,5µg/L para a soma dos agrotóxicos). Para compostos individuais cujo padrão estabelecido foi 0,1µg/L, somente três amostras apresentaram valores excedentes e amostras em rios não foi detectado nenhum dos grupos de compostos anteriormente citados.

Na região do Pantanal brasileiro foram detectadas em águas superficiais concentrações abaixo de 0,1µg/L, com exceção do Malation no rio Cuiabá. Esta alta concentração do composto encontrada em rios atribui-se ao fato de terem sido aplicadas em meio ao período de uma campanha em combate a mosquitos na capital do Estado. Todas suas amostras apresentaram contaminadas por algum tipo de agrotóxico, chegando inclusive a detectar em uma mesma amostra cinco compostos diferentes (LAABS et al., 2002).

Trabalhos ainda recentes relatam a ocorrência de compostos a base de organofosforado, carbamatos e 2,4-D em águas superficiais em países da Ásia (SANKARARAMAKRISHNAN et al., 2005; GAO et al., 2008; GAO et al., 2009). Também foi registrada a detecção de resíduos de organofosforados e carbamatos em bacias hidrográficas na Flórida (WILSONT; FOOS, 2006).

Konstantinou et al. (2006), mostraram em seus estudos em águas superficiais que os inseticidas diazinon, metil-paration, paration em todos os rios da Grécia estudados seguidos pelos fention, carbofuran e malation. Estes níveis de ocorrência de agrotóxicos correspondem a aplicações em cultivos de regiões na bacia que contemplam os rios estudados e que a poluição causada por estes agentes químicos é principalmente caracterizada mais por compostos herbicidas que pelos inseticidas.

Em função do exposto, pesquisadores vêm desde então observando esses fenômenos e buscando aos poucos desenvolver métodos para a avaliação da contaminação desses ambientes, pois se tratando de produtos químicos com propriedades diferentes estes muitas vezes requerem técnicas específicas para muitos dos grupos de agrotóxicos.

Por isso a necessidade de estudos que avaliem o risco potencial ambiental e de intoxicação humana, causadas por consumo de águas contaminadas por resíduos de agrotóxicos. Isto se torna importante pois 68,5 % dos recursos hídricos brasileiros estão concentrados na região norte.

2.1.6.1 Vantagens e desvantagens da utilização de técnicas de imunoenensaio para a análise da contaminação ambiental por agrotóxicos

Para análise de resíduos de agrotóxicos em águas superficiais, os métodos analíticos mais encontrados na literatura nacional e mundial são a cromatografia líquida, a cromatografia gasosa e os testes de imunoenensaio com detecção em leitores de ELISA.

As análises cromatográficas (líquida e gasosa) são as mais utilizadas. Embora estas técnicas sejam sensíveis e reproduzíveis, apresentam protocolos analíticos complexos, principalmente na preparação da amostra, e são dependentes de equipamentos de alto custo (GABALDÓN et al., 1999). Ademais, necessitam de mão-de-obra qualificada para a operação dos equipamentos, o que não é uma realidade em todo o território nacional. Assim, aliando-se a carência de profissionais capacitados com a carência de equipamentos, a capacidade analítica baseada em técnicas cromatográficas acaba restrita aos grandes centros e a algumas instituições.

São muitos os trabalhos que trazem as vantagens da aplicação de técnicas de imunensaio para a avaliação da contaminação ambiental – notadamente a água – por agrotóxicos (WATTS; NOVAK, 1997; BARCELÓ et al., 1998; WATANABE et al., 2002). Estes estudos se baseiam, principalmente, no resultado de análises feitas com uso de kits-padrão para determinados tipos de agrotóxicos, os quais são processados em leitores de ELISA. Tais kits encontram aplicação para a determinação de resíduos de agrotóxicos onde o número de análises é alto e/ou as análises pelos métodos atuais são difíceis ou muito caros (GABALDÓN et al., 1999).

O método de análise ambiental através de leitor de ELISA, ao contrário dos descritos acima, apresenta algumas vantagens quanto à sua reprodutibilidade em diversas regiões, visto que seu protocolo analítico é relativamente simples, podendo ser executado por profissionais com experiência em laboratórios químicos, e também pelo fato do equipamento necessário ser de baixo custo – comparado aos cromatógrafos – podendo ser mais encontrado ao redor do país. Comparado com as técnicas cromatográficas, imunensaios são em geral vantajosos em largas séries de

amostras a serem analisadas. Além do mais não necessitam de uma sofisticada ou complexa instrumentação e o uso de solventes orgânicos são mínimos.

O uso rotineiro de kits comerciais ELISA na triagem de resíduos de agrotóxicos em amostras ambientais e na verificação da conformidade tem sido bastante estimulada, por causa de seus muitos benefícios práticos, como, eficiência de custo, coerência, portabilidade e reprodutibilidade (SULLIVAN et al., 2007).

Moore et al. (2007) avaliando diferentes métodos de análise de resíduos de agrotóxicos em águas superficiais, chegaram a conclusão que nas águas dos três lagos examinados pelo método escolhido no presente estudo (imunoensaio), foram obtidos melhores resultados quanto aos demais métodos.

Assim, é de grande importância a frequência contínua de um monitoramento ambiental dos níveis de agrotóxicos, principalmente em águas superficiais, pois esse procedimento pode reduzir ao longo do tempo os níveis destes produtos no ambiente (PALMA et al., 2004; KONSTANTINOUS et al., 2006; MOORE et al., 2007).

Por tais motivos, deve-se levar em consideração ainda a necessidade da identificação de métodos diagnósticos precisos da contaminação de águas superficiais pelos produtos em questão, onde implicará em um monitoramento ambiental mais preciso trazendo assim uma consolidação e fortalecimento da vigilância em saúde na região.

Além disso, o estudo constituirá de uma fonte de dados atual para a construção de políticas públicas eficazes para o controle do problema na Região Amazônica, que não deixa de ser um fato real.

2.1.7 – Os agrotóxicos e a saúde humana

O uso de agrotóxicos nas atividades agrícolas é um importante problema de Saúde Pública no Brasil, o maior consumidor mundial desses agentes (PERES, 2009). Dados do Sindicato Nacional das Indústrias de 'Defensivos Agrícolas' (SINDAG, 2008), indicam que o consumo de agrotóxicos no Brasil representa aproximadamente 50% do total gasto em toda América Latina, ou um mercado estimado em aproximadamente sete bilhões de dólares anuais. Esses números não levam em consideração a utilização destes agentes na pecuária, que não é computada nas estatísticas pelo fato dos agrotóxicos de uso veterinário serem considerados "medicamentos veterinários" e não agrotóxicos (CASTRO, 1999).

Várias doenças agudas e/ou crônicas têm sido associadas ao uso/consumo de agrotóxicos. Estimativas da Organização Mundial da Saúde de quase 20 anos (OMS, 1990) já indicavam que o uso desses agentes químicos era responsável por cerca de três milhões de casos de intoxicação aguda, desencadeando aproximadamente 220.000 mortes anuais em todo o planeta. Segundo a própria OMS (1990), em razão da grande subnotificação de casos em todo o mundo, para cada caso registrado é possível admitir que existam, até, 50 outros não notificados. Assim, podemos estimar, mesmo não levando em consideração o crescente aumento no consumo desses agentes químicos, que hoje possam existir, pelo menos, cerca de 150 milhões de pessoas intoxicadas anualmente por agrotóxicos em todo o mundo, ou 2,5% de toda a população do planeta.

Dados oficiais (SINITOX, 2009) mostram que, no Brasil, aproximadamente oito mil pessoas foram intoxicadas por agrotóxicos no ano de 2007. Utilizando-se do

mesmo fator de correção adotado pela OMS (1 para 50), podemos estimar a existência de, pelo menos, 400.000 casos de intoxicação por agrotóxicos no país anualmente.

Enquanto os efeitos agudos sobre a saúde são bem documentados (OMS, 1990), informações sobre doenças crônicas – notadamente o câncer de origem química/ocupacional – são muito limitadas. De acordo com a International Agency for Reserach on Cancer (IARC, 1991), existem evidências suficientes quanto à ação carcinogênica de 18 pesticidas e evidências limitadas para outros 16. Outras doenças, tais como disfunções endócrinas (ROGAN e RAGAN,2007; CRAVEDI et al., 2007), imunológicas (CORSINI et al., 2008; TUTHILL; KHAMASHTA, 2009) e neurológicas (THRASH et al., 2007; LOUIS, 2008), têm sido também atribuídas ao uso de certos agrotóxicos.

Em relação à etiologia das exposições, e conseqüentemente da contaminação, é importante frisar que as manifestações agudas, quando não intencionais, são caracterizadas pela exposição a altas doses por curtos intervalos de tempo e, quase que exclusivamente, derivadas do processo de trabalho, ao passo que as manifestações crônicas se caracterizam pela exposição a baixas doses por longos períodos de tempo (PERES; MOREIRA, 2003).

O combate às pragas de lavouras por meio do emprego de praguicidas teve seu apogeu com a descoberta do poder inseticida do DDT por Paul Müller em 1939. Até então, o controle de pragas na agricultura era realizado por meio de compostos inorgânicos como, por exemplo, acetoarsenito de cobre (Verde Paris) em 1867; arseniato de chumbo, 1894; dinitro-o-cresol, 1925 dentre outros e de extratos vegetais tais como a nicotina e rotenona (AZEVEDO, 2010).

O DDT foi na verdade, sintetizado por Othmar Zeidler em 1873 no laboratório do Professor Adolf Von Bayer como pré-requisito para obtenção de seu título de doutorado (LARINI, 1996), mas foi Paul Müller que descobriu os efeitos inseticidas do DDT. Este composto foi o primeiro composto orgânico a ser utilizado na agricultura brasileira sendo as primeiras amostras recebidas pelo Instituto Biológico de São Paulo (LARINI, 1999). Atualmente, ele é proibido em pelo menos 86 países. No entanto, ele continua sendo usado em algumas nações no combate à malária e outras doenças tropicais, matando mosquitos e outros insetos transmissores. Na década de 1940 foram descobertas as propriedades inseticidas do hexaclorociclohexano (erroneamente conhecido com a sigla BHC); do metoxicloro, 1945 e do Aldrin e Dieldrin em 1948. Nessa mesma época são disponibilizados no mercado o 2,4-D; 2,4,5-T e os inseticidas organoclorados. Desde então, o consumo de praguicidas no Brasil e no mundo aumenta a cada ano. O uso de pesticidas dobrou desde a década de 50, e cerca de 2,5 milhões de toneladas de pesticidas industriais são usadas agora todos os anos.

A saúde humana está sujeita aos riscos que os agrotóxicos trazem diretamente através do contato com essas substâncias, ou através do contato com produtos e/ou ambientes por esses contaminados, e ainda indiretamente, através da contaminação da biota de áreas proximais a plantações agrícolas, que acaba por desequilibrar os ecossistemas locais trazendo um conjunto de implicações à população que habita a região (PERES, 2005).

Inúmeros estudos ainda revelam os efeitos neurotóxicos, genotóxicos, carcinogênicos, mutagênicos teratogênicos dos vários tipos de agrotóxicos existentes no mercado nos seres humanos e animais (DEARFIELD et al., 1999; RAKITSKY et al., 2000; BJØRLIG-POULSEN et al., 2008), reforçando a idéia que é

de fundamental importância conhecer os efeitos sobre o organismo humano, bem como os cuidados necessários para o melhor e mais adequado manuseio destes produtos químicos.

Colosio et al. (2009) relatam que a redução dos níveis de exposição, a exclusão do uso dos compostos mais tóxicos e a prevenção de intoxicações agudas por agrotóxicos pode significativamente reduzir o risco do comprometimento neurocomportamental associado com a exposição de agrotóxicos.

Dados oficiais mostram que a cada ano, cerca de 3.000.000 de pessoas ao redor do mundo sofrem contaminação por agrotóxicos e produtos afins (OLIVEIRA-SILVA et al., 2000). Contudo, alguns estudos que avaliaram a exposição ocupacional e ambiental desses produtos no Brasil registraram índices de intoxicação que variam de 3% a 23% das populações estudadas. Se aplicarmos o menor percentual encontrado 3% ao número de trabalhadores rurais registrados no país – aproximadamente 18 milhões, dados de 1996 – o número aproximado de indivíduos contaminados no desenvolvimento de atividades de trabalho no país seria de 540.000 trabalhadores ano, com 4.000 mortes (PERES et al., 2007).

De acordo com dados levantados pelo Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (SINITOX 2008), entre 1985 a 2003 sobre os registros de intoxicação humana por produtos químicos de uso agrícola revelam dados de somente dois dos Estados da região Norte, Amazonas e Pará a partir do ano de 1996, deixando os demais Estados sem as referidas informações abrindo assim um vasto leque de questionamentos a serem feitos sobre tal questão.

Esse fato se dá por questões culturais, pela falta de investimento de recursos humanos e econômicos na formação e capacitação de profissionais

especializados interessados nestes casos, e também com a ausência de uma boa estrutura física específica de laboratório que permita assim levantar dados sobre os acidentes que envolvam os agrotóxicos nestes locais.

2.1.7.1 Importância do monitoramento ambiental para a saúde humana

A adoção de técnicas de monitoramento (tradicionais, alternativas ou adjuvantes) do uso de agrotóxicos é uma importante estratégia de vigilância em saúde, voltada a diminuição da exposição ocupacional e da contaminação ambiental por estes agentes químicos. Alguns países têm adotado estratégias com o objetivo de manter os níveis dos resíduos de pesticidas nos mais baixos patamares possíveis. O governo belga, por exemplo, estabeleceu uma série de medidas de boas práticas na agricultura, consolidando um Programa Federal de Agricultura (EU, 2000). Tais práticas incluem: dosagem ótima do agrotóxico utilizado, controle do número de aplicações e intervalo mínimo de tempo entre aplicação e colheita. Paralelamente, os limites máximos de resíduos (LMR) são monitorados após o aceite do Programa. Naquele país (Bélgica), o Ministério da Agricultura fica responsável pela definição das regras de boas práticas de agricultura e o Ministério da Saúde Pública pelo controle dos resíduos de agrotóxicos e outros agentes químicos (fertilizantes etc.) em matrizes ambientais. Ambos estão envolvidos no estabelecimento dos LMR (EU, 2000).

Vryzas et al. (2008) analisando a contaminação de águas superficiais por agrotóxicos e seus efeitos sobre a saúde, estimados através de um indicador (quociente de risco ou RQ) por eles criado, encontraram uma frequência maior de contaminação por herbicidas que inseticidas. Porém, o cálculo do indicador – que

leva em conta a relação toxicidade x exposição x interação com o organismo – mostrou que os herbicidas apresentaram um RQ mais baixo que os inseticidas.

No Brasil, muito se tem avançando em relação à questão desde a publicação da Portaria 36/MS/GM (BRASIL, 1990) que estabelece padrões de potabilidade para a água de consumo humano. Nessa portaria foram incluídos, além dos padrões físico-químicos e bacteriológicos, diversos agentes tóxicos, entre eles alguns agrotóxicos. Apesar de representar um avanço na busca pela qualidade da água de consumo humano no país, no que diz respeito à contaminação por agrotóxicos essa portaria apresenta lacunas, como a determinação da frequência de coleta, e a gama de agrotóxicos monitorados, visto que contempla mais os compostos organoclorados (mais persistentes, porém já proibidos pela legislação) que os organofosforados, carbamatos e herbicidas, muito mais utilizados nas atividades agrícolas.

A Resolução 357 do CONAMA (CONAMA, 2005) traz outros elementos para o controle de qualidade de águas, incluindo as classes próprias para o consumo humano. Nesta resolução, são incluídos outros agrotóxicos não contemplados na Portaria 36/1990, embora ainda se observa um preponderância dos agentes organoclorados e outros poluentes orgânicos persistentes.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece um limite de até 30 µg/L para 2,4-D para águas superficiais, valores acima desse limite considera-se a água contaminada ou imprópria para o uso (CONAMA, 2005).

A OMS também estabelece um limite de 20 µg/L para piretróides em águas de consumo humano, ou seja, para valores acima desse limite considera-se a água contaminada por tais produtos (OMS, 2005).

A Portaria 518 de 2004 do Ministério da Saúde considera para fins de determinação da contaminação de uma amostra de água por estes agentes, que toda amostra onde se observa uma inibição maior que 20% em relação à solução controle está contaminada por algum composto organofosforado e/ou carbamato.

Embora alguns dados sobre a intoxicação humana causada por exposição ocupacional estejam disponíveis, poucos estudos informam problemas causados por contaminação ambiental no Brasil. Este problema é consequência de dois principais fatores, igualmente importantes: a) falta de dados em relação aos princípios ativos utilizados; e b) falta de estrutura laboratorial adequada para estas análises e/ou técnicas simples de triagem de amostras. Este ponto, no nosso entendimento, previsto no artigo 10 da portaria no 36/MS/GM, que prevê a auto-capacitação dos serviços de controle, inviabiliza a execução de um programa de monitoramento voltado para regiões onde não existam as necessárias qualificações e infra-estrutura devido às diferenças regionais.

Por essa razão, acredita-se ser de extrema importância o desenvolvimento e a aplicação de métodos simples, porém confiáveis, para o monitoramento de resíduos de agrotóxicos em matrizes ambientais, particularmente a água de consumo humano, facilitando o levantamento de dados confiáveis em todo o território nacional.

3 – OBJETIVOS

3.1 - Objetivo Geral

Analisar a contaminação de águas superficiais por resíduos de agrotóxicos provenientes dos processos agrícolas realizados no município de Rio Branco / AC.

3.2 - Objetivos Específicos

- a) Aplicar técnicas de imunodiagnóstico para a análise da contaminação de amostras de água por resíduos de agrotóxicos;
- b) Verificar e analisar a contaminação por organofosforados, carbamatos, piretróides, e 2,4-D em amostras de águas superficiais provenientes de áreas de atividade agrícola do município de Rio Branco;
- c) Apontar, a partir dos resultados das análises ambientais e da revisão da literatura de referência, possíveis efeitos à saúde decorrentes da exposição ambiental a agrotóxicos na região.

4 – MATERIAL E MÉTODOS

Para subsidiar as discussões do presente trabalho, foi realizado um estudo toxicológico de identificação de perigos relacionados uso de agrotóxicos no pólo agrícola do município de Rio Branco/AC, primeira etapa da metodologia de avaliação de riscos ambientais e à saúde proposta pela Agência Americana de Registro e Controle de Substâncias Tóxicas e Doenças (ATSDR, 1999).

Foram identificados quatro principais grupos e/ou princípios ativos de agrotóxicos utilizados na região, em razão dos dados disponíveis: a) organofosforados (inseticidas); b) carbamatos (inseticidas); c) piretróides (inseticidas); e d) 2,4-D (herbicida).

Considerando a disponibilidade de equipamentos e a complexidade dos protocolos de análise, optou-se pela metodologia de imunodiagnóstico para a dosagem dos agentes acima identificados em amostras de água coletadas em córregos e açudes do pólo agricultor de Rio Branco.

4.1 – Área de estudo

A região escolhida para a pesquisa foi o município de Rio Branco capital do Estado do Acre. A economia da região baseia-se na agricultura familiar, manejo de recursos naturais, mas é principalmente dominada pela agropecuária. Através de dados obtidos de uma pesquisa concomitante a esta, a qual foi aplicado um instrumento (questionário semi-estruturado) já validado de outros estudos prévios em outras regiões do país, obteve-se dessa forma, acesso a algumas informações

sobre a região, tal como o processo de trabalho e regime de uso dos agrotóxicos por esses agricultores.

O município de Rio Branco, capital do Estado do Acre é uma cidade localizada no Sudoeste da Amazônia onde possui uma população de 305.954 habitantes com área total de 9.223 km² (IBGE, 2009). Sua vegetação é caracterizada por floresta ombrófila densa com predominância de floresta de taboca.

O clima amazônico, um clima tropical quente e úmido, é caracterizado por temperatura média anual de 26° C; pluviosidade média anual de 1940 (±228) mm entre 1970 e 2000, e com período seco bem definido (menos de 60 dias seguidos sem chuva) entre os meses de maio e outubro (DUARTE et al., 2006).

Cada ponto foi também devidamente localizado por coordenadas apontadas por um aparelho de Global Positioning System (GPS). A rodovia Trans Acreana localizada geograficamente encontrada entre os pontos S 09°59.575' e W 067°58.526'; Estrada do Quixadá, localizada entre os pontos S 09°55.019' e W 067°45.963'; Estrada de Porto Acre ou também Estrada do V, situada entre os pontos S 09° 47.034' e W 067°42.169; Estação de captação de água, S 10°00.750' W 067°50.551' (Figura 6).

Uma considerável parte das pequenas propriedades como já mencionado, praticam em sua maioria o sistema agropecuário, onde em termos de agricultura é desenvolvido na região a agricultura familiar através das práticas de monocultura ou de subsistência.

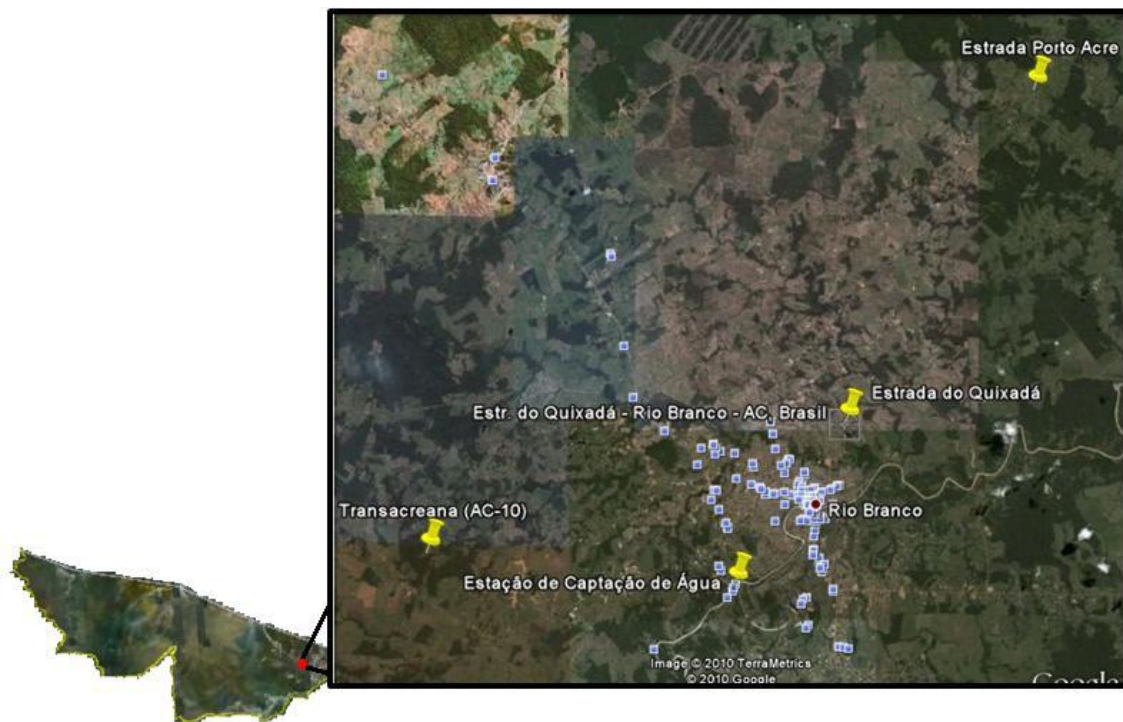


Figura 6: Áreas escolhidas para a coleta de amostras de águas superficiais supostamente contaminadas por agrotóxicos na zona rural em Rio Branco, Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de Porto Acre, Tansacreeana (AC-10) e Estação de Capitação de água).

Dentre as pequenas culturas a que mais se faz presente são as hortaliças em geral, destacando-se o cultivo de couve, alface e temperos folhosos. Também foi encontrado cultivos de grãos como feijão, arroz e milho. As frutas ainda se mostraram presente como frutas cítricas, frutas regionais, banana entre as principais, assim como também a mandioca e a cana-de-açúcar.

4.2 – Coleta das amostras

Foram realizadas duas coletas de amostras de águas: a primeira no mês de julho de 2009 (entressafra), período este quente e seco, ou seja, pluviosidade baixa e a segunda no mês de novembro de 2009 (safra) período das chuvas.

As amostras foram coletadas em açudes das localidades abaixo detalhadas, em regiões as quais cultivam principalmente hortaliças, frutos e alguns grãos, apontadas estas como possíveis áreas de utilização de agrotóxicos.

Para a coleta utilizou-se de frascos descartáveis esterilizados, próprios para esse fim. Para fins de catalogação e organização dos dados, os pontos de coleta estão assim identificados:

a) Pontos “Q” – Açudes localizados na Estrada do Quixadá.

Q1- Açude está localizado a aproximadamente 100m de uma plantação de hortaliças: cebola, salsa, couve, rúcula, chicória e feijão.

Q2- Açude localizado a aproximadamente 50m de plantação de uma plantação de hortaliças: produção de cebola, salsa, couve, rúcula, chicória.

Q3- Açude localizado a aproximadamente 50m de uma plantação de hortaliças: produção de cebola, salsa, couve, rúcula, chicória.

Q4- Açude localizado a aproximadamente 250 m de uma plantação de hortaliças: produção de cebola, salsa, couve, rúcula, chicória.

Q5- Açude localizado a aproximadamente a 20m de uma plantação de hortaliças: produção de cebola, salsa, couve, rúcula, chicória.

Q6- Açude localizado a menos de 100m de uma plantação de hortaliças: produção de cebola, salsa, couve, rúcula, chicória.



Figura 7. Área escolhida para coleta de amostras de água superficiais na região rural de Rio Branco, Acre (Estrada do Quixadá).

b) Pontos “V” – Açudes localizados ao longo da Estrada de Porto Acre.

V1- Açude localizado a aproximadamente 700m de uma plantação de frutas (banana, açaí, acerola, abacaxi).

V2- Açude localizado a aproximadamente 1.500m de uma plantação de frutas (banana, açaí, acerola, abacaxi).

V3- Açude localizado a aproximadamente 100 m de uma plantação de frutos: produção de banana, mandioca, abacaxi.

V4- Açude localizado a aproximadamente 100 m de uma plantação de frutos: produção de banana, mandioca, abacaxi, salsa, couve e chicória.

V5- Açude localizado a aproximadamente 1.500 m de uma plantação de frutos: a produção de banana, mandioca, abacaxi.



Figura 8. Área escolhida para coleta de amostras de água superficiais na região rural de Rio Branco, Acre (Estrada de Porto Acre).

c) Pontos “T” – Açudes localizados às margens da Estrada Transacreana.

T1- Açude localizado a aproximadamente 10 m de uma plantação de mandioca.

T2- Açude localizado a aproximadamente 100 m de uma plantação de milho e mandioca.

T3- Açude localizado a aproximadamente 100 m de uma plantação de hortaliças: salsa, couve e chicória e raízes: mandioca

T4- Açude localizado a aproximadamente 20 m de uma plantação de mandioca, maxixe e abóbora.

T5- Açude localizado a aproximadamente 10 m de uma plantação de hortaliças: produção de coentro, salsa, couve e chicória.

T6- Açude localizado a aproximadamente 10 m de uma plantação de cana, mandioca e banana.

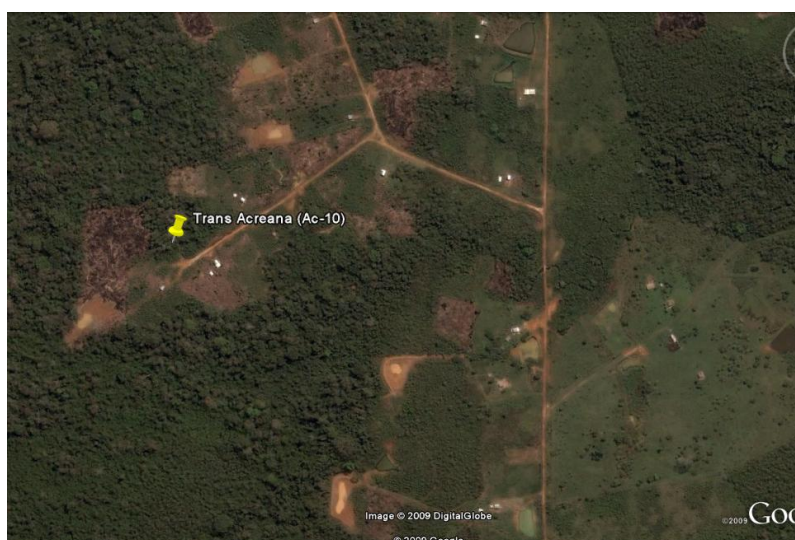


Figura 9. Área escolhida para coleta de amostras de água superficiais na região rural de Rio Branco , Acre (Transacreana).

Ponto “CAP” – Rio Acre, próximo (antes) aos ponto de captação de água para o abastecimento de Rio Branco.



Figura 10. Área escolhida para coleta de amostras de água superficiais na região rural de Rio Branco , Acre (Estação de Captação de Água para o abastecimento da cidade).

4.3 – Determinação de resíduos de agrotóxicos em água por imunodiagnóstico

Para identificar as classes de compostos presentes nas amostras, foram utilizados ensaios imunoenzimáticos, genericamente denominados como ELISA. Esta metodologia, além de apresentar alta sensibilidade, é recomendada pela Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA) para o controle de resíduos de agrotóxicos em amostras de água. A seguir, sumarizou-se o método de análise utilizado, considerando as especificidades de cada grupo ou princípio ativo envolvido.

a) Organofosforados e Carbamatos

Para o presente trabalho, utilizou-se um kit de screening (Abraxis® OP/Carbamate Assay Kit 20T PN 550051) que se baseia no processo inibitório de uma colinesterase (Acetilcolinesterase) pelos organofosforados e carbamatos. A acetilcolinesterase é uma enzima que hidrolisa a acetilcolina, a qual, por sua vez, reage com o Ácido 5,5'-Ditio-bis-nitrobenzóico (DTNB), produzindo uma solução de cor amarelada capaz de ser lida em espectrofotômetro num comprimento de 405 nm. Caso um organofosforado ou carbamato esteja presente nessa amostra, haverá a inibição enzimática e, por conseguinte, a formação da solução colorida se apresentará reduzida ou mesmo desaparecerá, dependendo da concentração desses agrotóxicos. Assim, através de análise colorimétrica, sabe-se quando há a presença desses agentes tóxicos em uma amostra.

Como é impossível precisar, através desse método, a concentração de um organofosforado ou carbamato na amostra, considera-se esse um teste de screening, de caráter qualitativo.

b) Piretróides

A Organização Mundial da Saúde estabelece um limite máximo tolerável de 20 µg/L para permetrina e piretróides em água de consumo humano (OMS, 2005).

Para a análise de resíduos de piretróides, foi utilizado um kit (Abraxis® Pyrethroid ELISA Kit - Magnetic Particle format, 100T - PN 500201) que determina a concentração desses agentes em amostras de água, com um limite de resolução (concentração detectável) de 0,75 µg/L. Ao contrário do teste utilizado para a

detecção de organofosforados e carbamatos, este é um dos testes mais sensíveis existentes, com recomendações pela EPA (Agência de Proteção Ambiental Americana).

Para a dosagem de piretróides, novamente foi construída uma curva controle a partir de 05 amostras com concentrações conhecidas de piretróides (padrões fornecidos no kit): 0 µg/L; 0,75 µg/L (limite de detecção do kit para as amostras ambientais); 2,5 µg/L; 5,0 µg/L; e 15 µg/L.

Como o limite de detecção do kit utilizado é de 0,75 µg/L assim, ainda que identificados valores abaixo desse limite, mesmo que sejam diferentes de 0, por limites da técnica é considerado que não foi detectado o grupo químico (piretróide) na amostra.

c) 2,4 – D

Para a análise desse agrotóxico deste princípio ativo utilizou-se o 2,4-D ELISA Kit (Microtiter plate format, 96T) PN 54003B. Tanto esse kit quanto o kit para piretróides utilizam o princípio clássico do imunoensaio, chamado de ensaio imunoabsorvente com ligação enzimática (cuja sigla em inglês, ELISA, dá nome comumente ao método). Por esse princípio, se agrega à amostra anticorpos específicos para o agente químico que se quer determinar. Após um período de incubação, é adicionado à solução um conjugado de enzimas específicas para cada grupo de agente químico. Os resíduos dos agentes químicos presentes na amostra e as enzimas adicionadas (conjugado) competem, então, pelos sítios de ligação dos anticorpos.

Após novo período de incubação, é adicionada uma solução contendo um substrato ao qual se ligam tanto as enzimas adicionadas (conjugados) quanto os resíduos de agentes químicos presentes na amostra, produzindo uma reação colorimétrica. Como o conjugado de enzimas (o qual se conhece a concentração) e os resíduos presentes à amostram competem pelos mesmos sítios de ligação, quanto maior for a presença de agentes químicos na amostra, mais clara será a solução final.

O limite de detecção do kit utilizado é de 2 µg/L. Assim, quando se identifica valores abaixo desse limite, mesmo que seja diferente de 0, por limites da técnica é considerado que não foi detectado o agente químico (2,4-D) na amostra.

Para a determinação precisa da concentração dos agentes na amostra, utiliza-se analisador fotométrico capaz de realizar leitura num comprimento de onda de 450 nm para todos os testes realizados nesse estudo como prescrito nos procedimentos de aplicação dos mesmos (comumente conhecido com “Leitor de ELISA”).

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Amostras coletadas na entressafra

A primeira coleta de amostras de águas superficiais foi realizada em julho de 2009, época na qual, em razão do baixo volume de chuvas, período seco não há atividade agrícola comercial no município, ou esta é reduzida a algumas culturas da região, caracterizando uma entressafra. Com isso, há uma redução no consumo e aplicação de produtos químicos nessas lavouras.

Foram coletadas amostras em 20 pontos, todas em duplicata. Os resultados das análises são apresentados a seguir, divididos por grupo químico ou princípio ativo.

a) Organofosforados e Carbamatos

O primeiro passo foi a determinação de um padrão para identificar a concentração de organofosforados e carbamatos nas amostras, pelo método qualitativo (screening). Para isso, dosou-se a atividade da enzima sem nenhum contaminante, e dessa atividade aplicou-se a taxa de redução de 20%, identificada como indicador de exposição / intoxicação. Assim, o ponto de corte para esses agentes seria o valor de absorvância de 1,9168.

Porém, como descrito na literatura para fins de determinação da contaminação de uma amostra de água por estes agentes, o Ministério da Saúde

(BRASIL, 2004) considera uma inibição enzimática maior que 20% em relação à solução controle contaminada por algum composto organofosforado e/ou carbamato.

A Tabela 3 apresenta os resultados das amostras para esses grupos de agrotóxicos. Nenhum ponto coletado apresentou atividade redutora maior que 20% (ou valores de absorvância menores que 1,9168), ou seja, mesmo que houvesse pequenas concentrações desses grupos químicos na água analisada, essas concentrações seriam menores do que o valor identificado pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) como prejudiciais à saúde. Por isso, considerando os limites do método utilizado, todas as amostras foram consideradas negativas.

A variabilidade da solubilidade em água dados mg/l em entre compostos tanto organofosforados e carbamatos pode ter contribuído para a negatividade das amostras coletadas neste período sazonal (MARASCHIN et al., 2003), além de outras propriedades físico-químicas distintas destes produtos (COSTA, 2006; PEIXOTO, 2006; MILHOME et al., 2009; SUCEN, 2010; EXTTOXNET, 2010).

Outra possível explicação seria a não aplicação ou aplicação a muitos dias antes da data da coleta destes inseticidas na época de seca nas áreas amostrais, já que foi observado um período de baixo consumo ou sem necessidade do uso de agrotóxicos durante a estação seca.

Tabela 3 – Níveis de absorvência das amostras analisadas para determinação de contaminação por organofosforados e carbamatos no período de entressafra em regiões da área rural de Rio Branco – Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de Porto Acre e Transacreana) em Julho de 2009.

Ponto	ABS	Resultado
V1.1	252,7	Negativo
V1.2	247,2	Negativo
V2.1	201,2	Negativo
V2.2	272,1	Negativo
V3.1	257,9	Negativo
V3.2	245,4	Negativo
V4.1	252,6	Negativo
V4.2	282,2	Negativo
V5.1	233,5	Negativo
V5.2	272,1	Negativo
V6.1	252,7	Negativo
V6.2	226,4	Negativo
Q1.1	242,4	Negativo
Q1.2	246,6	Negativo
Q2.1	254	Negativo
Q2.2	248,8	Negativo
Q3.1	204,5	Negativo
Q3.2	271,6	Negativo
Q4.1	250,1	Negativo
Q4.2	274,8	Negativo
Q5.1	235,6	Negativo
Q5.2	247,2	Negativo
Q6.1	215,7	Negativo
Q6.2	274,7	Negativo
T1.1	241,1	Negativo
T1.2	194,9	Negativo
T2.1	224,5	Negativo
T2.2	199,2	Negativo
T3.1	252,4	Negativo
T3.2	249	Negativo
T4.1	258,8	Negativo
T4.2	253,3	Negativo
T5.1	235,8	Negativo
T5.2	248,9	Negativo
T6.1	255,5	Negativo
T6.2	194,8	Negativo
CAP 1	237,5	Negativo
CAP2	211,3	Negativo

b) Piretróides

Com a construção da curva controle a partir de 05 amostras com concentrações conhecidas de piretróides (padrões fornecidos no kit): 0 µg/L; 0,75 µg/L (limite de detecção do kit para as amostras ambientais); 2,5 µg/L; 5,0 µg/L; e 15 µg/L e comparando-as com as análises encontradas nas amostras dos 20 pontos (Tabela 4) mostra que em nenhum ponto foi detectada a contaminação e nem a presença de piretróides em nenhuma amostra.

Os resultados apresentam portanto, que os pontos de coleta não encontravam-se contaminados na época da coleta por compostos do grupo químico dos piretróides, pois os mesmos não atingiram o limite de detecção do kit utilizado (0,75 µg/L).

Uma das prováveis causas da não detecção desses produtos nas águas examinadas foi a gama de produtos pertencentes a este grupo, que individualmente apresentam características físico-químicas diferentes ou ainda no mínimo, variante entre os compostos piretróides em geral (MARASCHIN et al., 2003; SANTOS et al., 2007; MILHOME et al., 2009; EXTOWNET, 2010).

O ponto T4 (0,5420 µg/L e 0,5211 µg/L) quando comparados com o valor estabelecido pela Comunidade Européia (0,5 µg/L) para o total de agrotóxicos apresentaram-se acima do limite estabelecido pela mesma (Tabela 4).

Tabela 4 – Níveis de resíduos de piretróide encontrados (em µg/L) nas amostras de água coletadas no período de entressafra em regiões da área rural de Rio Branco – Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de Porto Acre e Transacreana) em Julho de 2009.

Ponto	µg/L	Resultado
V1.1	0,0023	Não detectado
V1.2	0,0001	Não detectado
V2.1	0,2452	Não detectado
V2.2	0,2270	Não detectado
V3.1	0,2536	Não detectado
V3.2	0,2560	Não detectado
V4.1	0,4390	Não detectado
V4.2	0,4270	Não detectado
V5.1	0,4157	Não detectado
V5.2	0,4220	Não detectado
V6.1	0,1270	Não detectado
V6.2	0,0970	Não detectado
Q1.1	0,0870	Não detectado
Q1.2	0,0613	Não detectado
Q2.1	0,1946	Não detectado
Q2.2	0,2002	Não detectado
Q3.1	0,0305	Não detectado
Q3.2	0,0121	Não detectado
Q4.1	0,1202	Não detectado
Q4.2	0,2014	Não detectado
Q5.1	0,1946	Não detectado
Q5.2	0,1537	Não detectado
Q6.1	0,0045	Não detectado
Q6.2	0,0022	Não detectado
T1.1	0,4312	Não detectado
T1.2	0,5001	Não detectado
T2.1	0,2120	Não detectado
T2.2	0,1946	Não detectado
T3.1	0,2016	Não detectado
T3.2	0,1978	Não detectado
T4.1	0,5420	Não detectado
T4.2	0,5211	Não detectado
T5.1	0,4224	Não detectado
T5.2	0,3983	Não detectado
T6.1	0,0022	Não detectado
T6.2	0,0190	Não detectado
CAP 1	0,2439	Não detectado
CAP 2	0,1997	Não detectado

c) Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético

Com a construção da curva controle a partir de 04 amostras com concentrações conhecidas desse agente (padrões fornecidos no kit): 0 µg/L; 2 µg/L (limite de detecção do kit para as amostras ambientais); 20 µg/L; e 200 µg/L e comparando-as com os valores encontrados nas análises nas amostras dos 20 pontos (Tabela 5) mostra que em nenhum ponto foi detectada a presença de 2,4-D em nenhuma amostra.

Os resultados mostrados na tabela 4 indicam portanto, que os pontos de coleta não encontravam-se contaminados na época da coleta por compostos do principio ativo estudado pertencente ao grupo dos fenoxiacéticos (2,4-D), pois os mesmos não atingiram o limite de detecção do kit utilizado (2 µg/L).

Características físico-químicas como alta solubilidade (23.180 mg/L) porém, baixa persistência no solo, tempo de meia-vida geralmente curtos variando de 7 dias a algumas semanas e rápida degradação em meio aquático (BRITO, 2001; MILHOME, 2009; EXTTOXNET, 2010), são razões favoráveis que possivelmente contribuíram para a não detecção de compostos com tal principio ativo.

Em geral a questão da baixa ou não utilização dos produtos pertencentes aos grupos estudados durante a coleta das amostras de água nos pontos escolhidos indicam ser possíveis fatores de explicação para a não ocorrência dos mesmos.

Tabela 5 – Níveis de resíduos de 2,4-D encontrados (em µg/L) nas amostras de água coletadas no período de entressafra em regiões da área rural de Rio Branco – Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de Porto Acre e Transacreana) em Julho de 2009.

Ponto	µg/L	Resultado
V1.1	0,0	Não detectado
V1.2	0,0	Não detectado
V2.1	0,1	Não detectado
V2.2	0,0	Não detectado
V3.1	0,0	Não detectado
V3.2	0,0	Não detectado
V4.1	0,0	Não detectado
V4.2	0,0	Não detectado
V5.1	0,0	Não detectado
V5.2	0,0	Não detectado
V6.1	0,0	Não detectado
V6.2	0,0	Não detectado
Q1.1	0,0	Não detectado
Q1.2	0,0	Não detectado
Q2.1	0,0	Não detectado
Q2.2	0,0	Não detectado
Q3.1	0,0	Não detectado
Q3.2	0,0	Não detectado
Q4.1	0,0	Não detectado
Q4.2	0,0	Não detectado
Q5.1	0,0	Não detectado
Q5.2	0,0	Não detectado
Q6.1	0,0	Não detectado
Q6.2	0,0	Não detectado
T1.1	0,0	Não detectado
T1.2	0,0	Não detectado
T2.1	0,0	Não detectado
T2.2	0,0	Não detectado
T3.1	0,0	Não detectado
T3.2	0,0	Não detectado
T4.1	0,0	Não detectado
T4.2	0,0	Não detectado
T5.1	0,0	Não detectado
T5.2	0,0	Não detectado
T6.1	0,0	Não detectado
T6.2	0,0	Não detectado
CAP 1	0,0	Não detectado
CAP 2	0,0	Não detectado

Mesmo com a possível aplicação de produtos durante o período seco, a falta de chuvas nessa época do ano na região, que conseqüentemente arrastariam os resíduos para os sistemas hídricos superficiais, provavelmente contribuiu para uma considerável diminuição do contato do produto com estes ambientes.

A baixa utilização do produto na estação da seca, período este considerado de menor intensidade de uso dos agrotóxicos devido uma concentração menor de pragas nas lavouras, como próprios agricultores das chácaras relataram durante as coletas das amostras, também pode explicar a questão do não aparecimento de resíduos dos agrotóxicos em questão nas fontes hídricas superficiais das localidades.

Os resultados apresentam-se de acordo com a questão dos padrões atribuídos pela resolução do CONAMA em 2005 sobre os valores máximos permitidos para o 2,4-D em água doce para o consumo humano, estando portanto, dentro dos limites por eles estabelecidos (CONAMA, 2005).

5.2 – Amostras coletadas na safra

A segunda coleta de amostras de águas superficiais foi realizada em novembro de 2009, auge do processo de produção agrícola no município, em razão de ser a estação de chuvas.

Foram coletadas amostras nos mesmos 20 pontos, todas em duplicata. Os resultados das análises são apresentados a seguir, divididos por grupo químico ou princípio ativo.

O escoamento de água agrícola é claramente evidenciado por vários autores como uma importante rota para a entrada de agrotóxicos em recursos hídricos, fazendo assim as enxurradas, decorrente da precipitação, ser o mais provável mecanismo de transporte dominante para que haja contaminação pelos por estes compostos no ambiente (PALMA et al., 2004; KONSTANTINOOU et al., 2006; VRYZAS et al., 2008).

Em relatos de alguns dos agricultores durante as coletas de amostras de água durante o período chuvoso, os que confirmaram o uso de agrotóxicos em suas plantações, principalmente de hortaliças, relataram que os insetos costumam aparecer com mais frequência no período das chuvas, trazendo dessa forma a necessidade de usar estes produtos químicos para o combate dos mesmos, o que é mostrado claramente com os resultados das análises apresentados nos parágrafos subseqüentes.

São de grande relevância o investimento em estudos de investigação, levantamento, monitoramento e controle, que avalie todas essas questões a nível regional, para que se tenha assim o conhecimento do quadro das respostas ambientais, de saúde e suas respectivas conseqüências as quais possam vir a refletir na população exposta a este tipo de produtos.

b) Organofosforados e Carbamatos

O primeiro passo, novamente, foi a determinação de um padrão para identificar a concentração de organofosforados e carbamatos nas amostras, pelo método qualitativo (screening). Para isso, dosou-se a atividade da enzima sem

nenhum contaminante, e dessa atividade aplicou-se a taxa de redução de 20%, identificada como indicador de exposição / intoxicação. Assim, o ponto de corte para esses agentes seria o valor de absorvância de 2,0205.

A análise dos resultados do presente trabalho aponta para o potencial contaminante dos resíduos de águas superficiais (Pontos: Q2, V6, T2, T3 e T4) por agrotóxicos, agentes químicos cada vez mais utilizados no país (tabela 6).

Das 20 amostras coletadas, cinco (29,4%) apresentaram inibição maior que 20%, indicando contaminação por compostos anticolinesterásicos (organofosforados ou carbamatos). O percentual de inibição variou de 50 a 90%, indicando contaminação recente (menor que 14 dias) dos açudes por estes compostos. Como dito anteriormente, estes testes não quantificam o volume de agrotóxicos presente nas amostras, apenas indica a ocorrência da contaminação.

A ocorrência desses dois grupos químicos de agrotóxicos foi observada nas amostras de água coletadas no mês de novembro, coincidindo com o período inicial das chuvas que por sua vez é o período de maior aplicação de agrotóxicos, de acordo com os agricultores das propriedades.

A questão da sazonalidade, onde se trata de escoamento superficial de água decorrente das chuvas, vem contribuindo de maneira considerável para entrada de resíduos nos sistemas aquáticos, como vêm sendo apresentado indireta ou até mesmo diretamente em muitos dos resultados de pesquisas de campo sobre os níveis de contaminação por agrotóxicos em águas superficiais (PALMA et al., 2004; DUARTE et al., 2006; DONALD et al., 2007; VRYZAS et al., 2008).

Já quanto a alguns carbamatos pode-se dizer são altamente dependentes de condições ambientais, podendo persistir a anos, fator este que contribui para a confirmação de resultados positivos nas amostras de água deste estudo (PEIXOTO, 2007).

Não se pode destacar também a possibilidade da contaminação ter sido causada pela lavagem do equipamento, ou ainda das embalagens vazias nessas fontes superficiais contaminando-as dessa maneira (FILIZOLA et al., 2002; COSTA; CONFALONIERI, 2005).

Tabela 6 – Níveis de absorvência das amostras analisadas para determinação de contaminação por organofosforados e carbamatos no período de safra em regiões da área rural de Rio Branco – Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de Porto Acre e Transacreana) em Novembro de 2009.

Ponto	ABS	Resultado
Q1.1	1,9791	Negativo
Q1.2	2,1807	Negativo
Q2.1	0,3302	Positivo
Q2.2	0,3228	Positivo
Q3.1	1,8961	Negativo
Q3.2	Danificada no Transporte	
Q4.1	2,2496	Negativo
Q4.2	2,0876	Negativo
Q5.1	2,2141	Negativo
Q5.2	2,3408	Negativo
Q6.1	Danificada no Transporte	
Q6.2	1,8199	Negativo
V1.1	1,9751	Negativo
V1.2	2,1807	Negativo
V2.1	2,1971	Negativo
V2.2	1,8199	Negativo
V3.1	2,3699	Negativo
V3.2	1,845	Negativo
V4.1	2,0876	Negativo
V4.2	2,1971	Negativo
V5.1	Danificada no Transporte	
V5.2	1,7931	Negativo
V6.1	0,3361	Positivo
V6.2	0,2202	Positivo
T1.1	2,301	Negativo
T1.2	2,2536	Negativo
T2.1	0,6534	Positivo
T2.2	0,1841	Positivo
T3.1	0,199	Positivo
T3.2	0,2064	Positivo
T4.1	0,1912	Positivo
T4.2	0,2833	Positivo
CAP1	1,8717	Negativo
CAP2	2,1571	Negativo

Na região rural de Rio Branco foram detectados nas amostras descritas acima presença concentrações dos compostos pertencentes aos grupos organofosforado e carbamato como descrito em Laabs et al. (2002) na região do Pantanal brasileiro, e em literatura internacional (SANKARARAMAKRISHNAN et al., 2005; KONSTANTINOU et al., 2006; DROŹDŹYŃSKI, 2008), demonstrando assim que a problemática, não se limita a nossa região ou país, e sim além das escalas regionais alcançando diversos países no mundo.

A ocorrência de compostos a base de organofosforados nas amostras de água na região rural de Rio Branco deste estudo mostra que o problema de contaminação com estes inseticidas ainda se mostra presente nos dias atuais ao redor do mundo como descrito em Griza et al. (2008) e Gao et al. (2009), onde registraram também a ocorrência dos mesmos em águas superficiais.

b) Piretróides

A análise das amostras dos 20 pontos (Tabela 7) mostra que em nenhum ponto foi detectada a presença de piretróides em nenhuma amostra, não havendo portanto, uma contaminação por esse grupo de agrotóxicos quando comparados aos padrões da OMS que estabelece 20 µg/L como limite (OMS, 2005).

Mesmo o limite de detecção do kit sendo de 0,75 µg/L, quando se identifica valores inferiores a este valor, é considerado pela técnica que não foi detectado o agente químico (piretróide) na amostra.

Durante o trabalho de campo, foi registrado de acordo com o um proprietário de um dos pontos de coleta (Q6.1 e Q6.2) visualizados na tabela 7, o uso, há duas semanas anteriores a nossa visita, de um produto do grupo químico

piretróide. Porém durante o transporte ao local das análises, a amostra foi perdida, sendo assim uma das possíveis causas da não detecção do grupo químico no ponto de coleta além das questões das propriedades dos referidos produtos.

O resultado do teste para piretróides no ponto T2 (0,6958 µg/L) ultrapassou o limite de 0,5 µg/L da Comunidade Europeia, (EU, 1980) que estabelece tal valor para o conjunto de agrotóxicos totais de acordo com o padrão de contaminação (tabela 7).

Com relação aos outros pontos pode-se atribuir razões individuais como as propriedades físico-químicas destes produtos como Fenpropatrina, Lambda cialotrina e Cipermetrina os quais com solubilidade em água 0,33 mg/L; 0,005 mg/L; 0,009 mg/L e DT₅₀ 1.130 dias; 7 dias; 179 dias respectivamente, além de outras propriedades e/ou produtos (MARASCHIN, 2003; SANTOS et al., 2007; MILHOME et al., 2009; EXTOWNET, 2010).

Tabela 7 – Níveis de resíduos de piretróides encontrados (em µg/L) nas amostras de água coletadas no período de safra em regiões da área rural de Rio Branco – Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de Porto Acre e Transacreana) em Novembro de 2009.

Ponto	µg/L	Resultado
Q1.1	0,1562	Não detectado
Q1.2	0,0902	Não detectado
Q2.1	0,0188	Não detectado
Q2.2	0,2210	Não detectado
Q3.1	0,1438	Não detectado
Q3.2	Danificada no Transporte	
Q4.1	0,0877	Não detectado
Q4.2	0,0655	Não detectado
Q5.1	0,0802	Não detectado
Q5.2	0,4290	Não detectado
Q6.1	Danificada no Transporte	
Q6.2	0,1942	Não detectado
V1.1	0,1845	Não detectado
V1.2	0,0652	Não detectado
V2.1	0,1444	Não detectado
V2.2	0,2556	Não detectado
V3.1	0,0287	Não detectado
V3.2	0,0125	Não detectado
V4.1	0,0505	Não detectado
V4.2	0,2268	Não detectado
V5.1	Danificada no Transporte	
V5.2	0,1490	Não detectado
V6.1	0,0146	Não detectado
V6.2	0,2219	Não detectado
T1.1	0,0869	Não detectado
T2.2	0,6978	Não detectado
T3.1	0,3505	Não detectado
T3.2	0,1093	Não detectado
T4.1	0,1973	Não detectado
T4.2	0,3292	Não detectado
T5.1	0,2185	Não detectado
T5.2	0,5058	Não detectado
CAP1	0,4256	Não detectado
CAP2	0,3031	Não detectado

De acordo com os valores mostrados na tabela 7, pode-se dizer que pode haver ocorrido nos locais de coletas das amostras de água, contribuindo para o não aparecimento de resíduos de agrotóxicos do grupo piretróide: uma rápida degradação no ambiente; a ausência de quaisquer produtos pertencentes ao grupo químico, daqueles com baixa volatilidade, tempos de meia-vida altos ou ainda de uma não aplicação de produtos no período ou locais escolhidos (MARASCHIN, 2003; SANTOS et al., 2007; MILHOME et al., 2009; EXTTOXNET, 2010).

c) 2,4-D

Para a dosagem de 2,4-D, novamente foi elaborada uma curva controle a partir de 04 amostras com concentrações conhecidas desse agente (padrões fornecidos no kit): 0 µg/L; 2 µg/L (limite de detecção do kit para as amostras ambientais); 20 µg/L; e 200 µg/L.

Porém a análise das amostras dos 20 pontos (Tabela 8) mostra que em nenhum ponto foi detectada a presença de 2,4-D em nenhuma amostra tendo como valor comparativo o estabelecido pelo CONAMA, 30 µg/L de resíduos de 2,4-D para águas superficiais (CONAMA, 2005).

Tabela 8 – Níveis de resíduos de 2,4-D encontrados (em µg/L) nas amostras de água coletadas no período de safra em regiões da área rural de Rio Branco – Acre (Estrada do Quixadá, Estrada de Porto Acre e Transacreana) em Novembro de 2009.

Ponto	µg/L	Resultado
Q1.1	0,556507	não detectado
Q1.2	0,555672	não detectado
Q2.1	0,776789	não detectado
Q2.2	0,700305	não detectado
Q3.1	0,766357	não detectado
Q3.2	Danificada no Transporte	
Q4.1	0,647684	não detectado
Q4.2	0,622875	não detectado
Q5.1	0,749282	não detectado
Q5.2	0,842427	não detectado
Q6.1	Danificada no Transporte	
Q6.2	0,69611	não detectado
V1.1	0,687795	não detectado
V1.2	0,647684	não detectado
V2.1	0,604439	não detectado
V2.2	0,58655	não detectado
V3.1	0,743675	não detectado
V3.2	0,73811	não detectado
V4.1	0,61451	não detectado
V4.2	0,637069	não detectado
V5.1	Danificada no Transporte	
V5.2	0,635158	não detectado
V6.1	0,554005	não detectado
V6.2	0,73922	não detectado
T1.1	0,734792	não detectado
T1.2	0,707708	não detectado
T2.1	0,732587	não detectado
T2.2	0,715189	não detectado
T3.1	0,628514	não detectado
T3.2	0,690901	não detectado
T4.1	0,709838	não detectado
T4.2	0,704526	não detectado
CAP1	0,642837	não detectado
CAP2	0,611747	não detectado

Visto que o limite de detecção do kit utilizado é de 2 µg/L, quando se identifica valores inferiores, por limites da técnica é considerado que não foi detectado o princípio ativo (2,4-D) na amostra, o qual é caracterizado como um dos herbicidas de baixo potencial de poluição (PRIMEL et al., 2005), apesar de no município haver registros de relevância para este herbicida (ESTADO DO ACRE, 2009).

Os resultados estão de acordo com os padrões atribuídos pela resolução do CONAMA em 2005 sobre os valores máximos permitidos para o 2,4-D em água doce para o consumo humano, apresentando-se portanto, dentro dos limites estabelecidos.

Os resultados vistos de outra forma mostram valores acima dos padrões de limite em águas superficiais determinado pela União Européia para o total de agrotóxicos na água. São observados em todas as amostras desse período valores superiores aos estabelecidos pela mesma para o 2,4-D (tabela 8).

Devido suas propriedades físico-químicas no solo (ZAMBOLIM, 2003), quando carregados pelas enxurradas, estes compostos já poderiam não estar mais em sua fórmula química ativa ou em pouca quantidade para a detecção no método.

Como se trata de um método generalizado, ou seja, não detecta o produto específico e sim apenas o princípio ativo, no caso 2,4-D, possíveis fatos devem ser levados em relevância como a não aplicação desses produtos nas áreas no momento da coleta, não descartando também a possível aplicação de produtos já degradados pelas propriedades físico-químicas dos produtos como a volatilidade, persistência, hidrosolubilidade ou ainda tempo de meia-vida mais rápidos (BRITO, 2001; MILHOME, 2009; EXTTOXNET, 2010; VICTORIA FILHO, 2010).

5.3 – A exposição a agentes anticolinesterásicos e os possíveis efeitos à saúde

A análise dos resultados do estudo apontou para a existência de resíduos de agrotóxicos das classes dos carbamatos e dos organofosforados em águas superficiais localizadas no pólo agrícola do município de Rio Branco / AC (tabela 6). Tal fato aponta para um sério problema, tanto em termos da saúde humana quanto da qualidade de ambiente, representado pela toxicidade desses agentes químicos e da extensão de seu uso nos processos de produção agrícola.

Como visto anteriormente, tanto os organofosforados quanto os carbamatos têm a capacidade de inibir uma importante enzima de nosso organismo, a AChE (JAGA; DHARMANI, 2003).

Quandt et al. (2010) em seus estudos relataram essa diminuição da enzima em pessoas expostas a produtos dos grupos químicos citados. Essa enzima degrada a acetilcolina, um dos mais importantes neuroreceptores do organismo humano. Assim, quando exposto a um desses agrotóxicos anticolinesterásicos, um indivíduo acaba sofrendo os efeitos do acúmulo de acetilcolina no organismo (KWONG, 2002), que pode se traduzir em tremores, fasciculação muscular, dificuldade motoras e de funcionamento de diversos órgãos, inclusive coração e pulmões.

Os organofosforados e carbamatos não se acumulam no organismo, mas é possível o acúmulo de seus efeitos. São eles os agrotóxicos que mais causam intoxicações e mortes no Brasil (OPAS/OMS, 1997).

Déficits neurofisiológicos foram claramente mostrados por Roldán-Tapia et al. (2005; 2006) sugerindo aparentemente uma disfunção no Sistema Nervoso Central (SNC). De acordo com o estudo isso pode ter sido derivado de uma

exposição crônica ou também de episódios agudos de envenenamento de trabalhadores em condições particulares em estufas com alta umidade e temperatura.

Com a presença de organofosforados e carbamatos em amostras de água de região rural do município pode-se levar em consideração dados sobre dados de RQ para inseticidas maiores que para herbicidas (VRYZAS et al., 2008). Este estudo é importante, pois coloca a necessidade de uma avaliação completa sobre os riscos da exposição aos inseticidas, que transcenda aos exames toxicológicos de rotina, incorporando análises ambientais como estas realizadas presente estudo.

Carbamatos e organofosforados são agentes distintos, e a extensão de seus efeitos à saúde – apesar de compartilharem esse mesmo mecanismo biológico / bioquímico – pode ser diferente, de acordo com o composto e a exposição. Por isso, é importante distinguir, aqui, esses dois agrotóxicos, amplamente utilizados em nosso país como inseticidas.

a) Organofosforados

Por serem derivados do ácido fosfórico os organofosforados têm propriedades apolares. Isto implica que não se dissolvem bem em meio aquoso, no entanto assim como os carbamatos possuem alta liposolubilidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2003).

Os organofosforados são absorvidos pelas vias, respiratória e digestiva e dérmica. O tecido dérmico possui uma grande quantidade de moléculas lipídicas e

pode constituir uma via de fácil entrada para estas substâncias, assim considerada tão tóxica como a via oral.

Com a absorção pelo organismo os organofosforados não se acumulam nos tecidos, sendo facilmente feita sua degradação e excretados pelo sistema urinário (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2003). No entanto, a toxicidade aguda é importante para os mamíferos. Eles reagem com as enzimas que possuem resíduos do aminoácido serina (enzimas de serina) no sítio ativo, entre elas a acetilcolinesterase, que decompõe a acetilcolina após a transmissão do impulso nervoso de um neurônio a outro.

A acetilcolina é um importante transmissor de impulsos nervosos ou neurotransmissor. Em condições normais, o organismo a destrói, através da colinesterase, quase instantaneamente à medida que ela vai sendo liberada, dando origem à colina e ácido acético. Ao ser decomposta, a acetilcolinesterase não pode mais decompor a acetilcolina, que se acumula nos receptores sinápticos, impedindo as transmissões nervosas. Processo este reversível quando desencadeado pelos carbamatos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2003) e irreversível quando se trata dos organofosforados.

Quanto maior é o período de exposição a estes produtos menor é o nível de AChE. A alteração negativa das atividades enzimáticas não se limita apenas a enzima citada anteriormente (OPAS/OMS, 1997; JINTANA et al., 2009).

Silva et al. (2006) mostraram pela primeira vez que a exposição de ratos lactantes ao malation, que pertence ao grupo dos organofosforados (figura 4), inibe a atividade da AChE no cérebro. Estes dados são extremamente importantes, pois a inibição cerebral da AChE causa hiperatividade colinérgica e que esta pode

perturbar ações neurotróficas durante o desenvolvimento. Levando em conta que os agrotóxicos organofosforados são excretados no leite humano, os resultados em ratos tornam-se relevantes em termos para uma preocupação com a saúde humana.

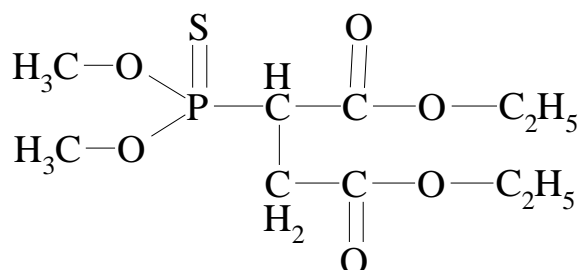


Figura 11. Estrutura química do *Malation* (Organofosforado).

A exposição a baixas doses de compostos organofosforados completamente diferentes, podem ter desiguais efeitos neurotóxicos, obviamente, alheio à sua propriedade compartilhada como inibidores da colinesterase (TIMOFEEVA et al., 2008).

A insuficiência respiratória é uma das mais graves conseqüências de intoxicações causada pelos compostos a base de Organofosforado, sendo possível que o envolvimento dos músculos que participam da respiração, constitua um agravante do distúrbio respiratório, o qual é devido à disfunção do sistema nervoso autônomo (CAVALIERE et al., 1996).

Em estudo feito na Índia foi mostrado que a queda da AChE foi positivamente associado com sintomas respiratórios, assim concluindo que uma exposição prolongada a agrotóxicos inibidores desta enzima está associada com a redução da função pulmonar e aumento dos sintomas respiratórios (CHAKRABORTY et al., 2009). Fieten et al. (2009) também mostram uma

associação entre exposição de produtos organofosforados com problemas respiratórios.

Hoshino et al. (2008) verificaram uma prevalência alta de trabalhadores rurais com queixas auditivas e vestibulares expostos aos organofosforados sugerindo que tais resultados poderiam estar afetando esses sistemas devido suas ações ototóxicas e neurotóxicas. Teixeira et al. (2003) apontaram também evidências de danos ao sistema auditivo periférico decorridos de exposição a inseticidas.

Outros, falam dos efeitos neurofisiológicos e neurocomportamentais que os compostos organofosforados possam causar (STEPHENS et al., 1995 ROLDÁN-TAPIA et al., 2005; 2006).

Alguns estudos epidemiológicos têm levantado hipóteses sobre alguns organofosforados serem possíveis ou prováveis compostos carcinogênicos (BONNER et al., 2007; DICH et al., 1997; RULL et al., 2001).

Além disso, os organofosforados são citados como um dos grupos mais envolvidos em episódios de suicídio, intoxicação aguda e mortes registradas por agrotóxicos (CALDAS; DE SOUZA, 2000; GONZALEZ VALIENTE et al., 2001).

b) Carbamatos

O grupo funcional carbamato faz-se presente em muitos agrotóxicos de alta toxicidade como o Aldicarb, Carbofuran, Fenoxicarbe, Carbaril e BPMC. Esses produtos podem causar envenenamento por inibição reversível da enzima acetilcolinesterase que atua na placa motora inativando a acetilcolina após essa exercer seu efeito estimulador no sarcolema do músculo esquelético. São também

encontrados em considerável quantidade, até 55%, em raticidas granulados juntamente com os outros grupos de compostos químicos como, por exemplo, organofosforados (VIEIRA, 2006).

Além de seus efeitos no tecido muscular esquelético os carbamatos podem atuar em outros órgãos como, por exemplo, fígado e tireóide promovendo redução da atividade metabólica hepática, decréscimo da função tireoideana e alterações dos níveis de serotonina no sangue. De fato, a metabolização pelo organismo humano é rápida e a eliminação de seus metabólitos ocorre via urinária não havendo portanto, acumulação no organismo (LARINI, 1996).

Em um relato de caso foi diagnosticado após envenenamento por carbamato foi diagnosticado mielinólise pontina em um paciente infantil (SANTINELLI et al., 2006).

Outro caso singular foi registrado recentemente pela literatura envolvendo a ingestão de carbamatos (SIEGAL et al., 2009), onde o paciente sofreu um bloqueio cardíaco completo após o fato da ingestão do produto. Outras complicações cardíacas após poucas horas de exposição a compostos anticolinesterásicos também foram registradas (KARK et al., 2004).

Há também evidências da fertilidade masculina ser prejudicada devido a redução da qualidade do sêmen e possíveis níveis mais baixos de testosterona em expostos a compostos organofosforados (PEIRIS-JOHN; WICKREMASINGHE, 2007)

Dich et al. (1997) e Rull et al. (2001) também relatam suspeitas a respeito de compostos carbamatos serem possíveis causadores de câncer em humanos.

Portanto, como mostram os estudos acima, os trabalhadores rurais de Rio Branco expostos a compostos dos grupos organofosforados e carbamatos correm sérios riscos através do contato, principalmente inadequado, com esses produtos.

Dentre os agrotóxicos citados pelos trabalhadores rurais estão entre alguns princípios ativos que pertencem aos grupos investigados: Lambda-cialotrina, Deltametrina, Cipermetrina, Parationa metílica e Fluzifope-p-butílico (Tabela 2). Tais produtos pertencem a classes toxicológicas que variam de tóxicos a extremamente tóxicos, portanto esta questão é um dos motivos para uma maior preocupação em controlar o uso desses agentes químicos nas propriedades através de um monitoramento ambiental constante para que o problema do risco à saúde seja amenizado.

SOUZA et al. (2009) destacaram que trabalhadores do município de Rio Branco entre as demais cidades analisadas, afirmaram o maior índice (73%) com relação ao não recebimento de qualquer orientação na utilização do agrotóxico apesar de ter apresentado o maior índice (14%) de recebimento de receituário agrônômico na compra do produto.

Tais dados revelam que a falta de orientação apropriada dada pelos fornecedores no ato da venda a respeito do uso apropriado dos agrotóxicos e os rótulos dos produtos que geralmente são de difícil compreensão para os agricultores, contribuem para não uso dos equipamentos de proteção individual (EPI), manuseio inadequado das embalagens vazias e a utilização incorreta dos agrotóxicos na lavoura, como observado por Plese et al. (2009) e Bezerra Junior et al. (2009). A não preocupação com estes detalhes tão importantes faz com que

esses agricultores aumentem seu risco de exposição a esses produtos e conseqüentemente ao desenvolvimento de patologias relacionadas.

A população de agricultores residentes das áreas aparentemente mostrou-se em geral características de população de baixa escolaridade, baixa renda e pouco, ou conhecimento insuficiente sobre os verdadeiros perigos aos quais são estes trabalhadores rurais estão sujeitos com o uso inapropriado dos agrotóxicos em suas propriedades, pois, alguns deles afirmaram utilizar a água dos açudes para algum trabalho doméstico ou até mesmo para o consumo. Tais fatores podem contribuir para o aumento do risco do uso desses produtos e possíveis danos a saúde dos agricultores, sua família e talvez ainda nas proximidades de sua propriedade.

Devido à falta de conhecimento sobre os efeitos a longo prazo de muitos agrotóxicos, é importante salientar que o uso de roupas de proteção e o seguimento das portanto instruções continuam a ser importantes quanto a manipulação dos agrotóxicos (DICH et al., 1997).

Durante uma visita ao pronto socorro de Rio Branco foram solicitadas informações sobre o número de intoxicações por meio dos agrotóxicos e nenhum registro até o momento foi apresentado de ocorrências relacionadas ao tema.

Esse fato mostra uma possível carência para a temática dos agrotóxicos como agente de enfermidade humana. É necessário porém, batalhar em busca de melhorias, neste caso específico, para o sistema de saúde, tanto na parte de equipamentos, quanto na instrução dos profissionais, tendo assim estes subsídios para o diagnóstico adequado destes casos. (ESTADO DO ACRE, 2009).

Este estudo se soma a outros, realizados no país e no exterior, que levantam a possibilidade de rotas ambientais como fontes de exposição humana a estes agrotóxicos.

6 – CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo habilitam as técnicas de imunodiagnóstico / imunoenensaio para a análise da contaminação de amostras de água por resíduos de agrotóxicos. Além de representarem um ferramental analítico de precisão, não requerem protocolos de análise complexos nem da qualificação altamente especializada dos profissionais que executam essas análises. Esses fatores, somados ao custo relativamente baixo dos equipamentos utilizados para a análises (leitor e lavador de ELISA), fazem com que esta técnica analítica seja bastante estimulada para o monitoramento ambiental de resíduos de agrotóxicos, especialmente em locais / regiões onde há carência de profissionais e de equipamentos analíticos.

Não foram detectados resíduos de agrotóxicos pelo método de ELISA do grupo piretróide e do princípio ativo 2,4-D nas amostras coletadas na zona rural do município de Rio Branco, apesar de terem sido apontados como produtos de utilização nas lavouras locais.

Os resultados também apontam para a relação positiva entre a contaminação de águas superficiais por resíduos de agrotóxicos e a sazonalidade do processo de produção agrícola. Apesar de se ter registro e relatos do uso contínuo de agrotóxicos no município de Rio Branco / AC, pudemos observar que a maior concentração de resíduos de agrotóxicos em águas superficiais do município acontece justamente no período da safra, determinados pela intensificação do processo de produção agrícola e pelo volume de chuvas, que ocasiona o carregamento desses resíduos até os rios, córregos e açudes da região.

A partir dos resultados das análises de águas superficiais e da revisão da literatura de referência, foram mostrados possíveis efeitos à saúde decorrente da exposição ambiental para os agrotóxicos detectados nas amostras da região. No presente estudo, destacam-se os efeitos nocivos da exposição a agentes anticolinesterásicos – inseticidas das classes dos organofosforados e dos carbamatos – visto que estes agrotóxicos foram encontrados em 29,4% das amostras realizadas em açudes do pólo agrícola do município. Grande parte desses agentes anticolinesterásicos é de alta e média toxicidade, e os efeitos da exposição aguda podem incluir alguns distúrbios como os nervosos, musculares e, até mesmo, podem levar ao colapso cardíaco.

7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados mostrados no presente trabalho apontam a necessidade do monitoramento constante da qualidade das águas de consumo humano, em especial na Região Norte brasileira, que concentra 68,5 % de todos os recursos hídricos do país. Esta ação, juntamente com a vigilância à saúde de grupos populacionais vulneráveis – tais como os trabalhadores rurais – pode servir como estratégia para diminuir os efeitos nocivos dos agrotóxicos sobre a saúde humana.

Como o Acre possui um registro do grupo piretróide e do princípio ativo 2,4-D, os quais não se obtiveram uma detecção através do método aplicado, é importante dar continuidade aos estudos para que se obtenham mais informações a cerca da presença de outros agrotóxicos que possivelmente estejam contaminando os sistemas hídricos do município de Rio Branco.

É de fundamental importância também o desenvolvimento de projetos encabeçados pelas políticas públicas e que estejam à frente dos mesmos, pessoas especificamente qualificadas, que possam incentivar programas de educação e treinamento, disseminando dessa maneira informações básicas, principalmente para a população rural do município de Rio Branco, a qual mantém contato direto com este tipo de produto químico. A criação de estratégias voltadas para esta questão pode contribuir significativamente para a redução dos riscos no uso de agrotóxicos na região.

Com essa abordagem específica sobre a temática dos agrotóxicos, tais projetos, como de educação ambiental e monitoramento de recursos hídricos, não apenas de águas superficiais como também de subterrâneas, possam colaborar

para que os agricultores se conscientizem do perigo que correm pela falta de cuidados no contato com os produtos, no descarte de embalagens vazias e demais formas de manipulação, adquirindo práticas mais corretas de utilização dos agrotóxicos em seus plantios.

O Estado do Acre por apresentar-se em desvantagem em terras agrícolas comparados aos outros estados mais desenvolvidos do país, não deixa de ter sua importância com relação aos riscos de saúde e ambiental que trazem consigo os agrotóxicos. Contudo, este trabalho contribuiu de forma incentivadora para detectar um alerta inicial deste importante tema que deve ser levado adiante para a melhoria das condições de vida desses trabalhadores e de seus produtos, dos quais, diga-se de passagem, a população urbana é consumidora direta.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ◆ AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Manual de Procedimentos para Análise Toxicológica de Produtos Agrotóxicos, seus componentes e afins Anexo III - **Critérios para a classificação toxicológica**. Disponível em: <http://anvisa.gov.br/toxicologia/manual/axexo_03.htm> Acesso em: 31 mar 2010.
- ◆ ANDREWS, R.M.; MCCARTHY, J.; CARAPETIS, J.R.; CURRIE, B.J.; Skin disorders, including pyoderma, scabies, and tinea infections. **Pediatric Clinics of North America**. 2009.
- ◆ ARMAS, E.D.A.; MONTEIRO, R.T.R.; ANTUNES, P.M.; SANTOS, M.A.P.F.; CAMARGO, P.B. Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do rio Corumbataí e principais afluentes. **Química Nova**. v. 30, n. 5, p. 1119-1127, 2007.
- ◆ AZEVEDO, A.A. MONTEIRO, J.L.G. **Análises dos impactos ambientais da atividade agropecuária no Cerrado e suas inter-relações com os recursos hídricos na região do Pantanal**. Disponível em: <http://assets.wwf.org.br/downloads/wwf_brasil_impactos_atividade_agropecuaria_cerrado_pantanal.pdf> Acesso em: 02 mar. 2010.
- ◆ ATSDR. Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume 1. Human Health Evaluation Manual Supplement to Part A: Community Involvement in Superfund Risk Assessments. Washington, DC: **Agency for Toxic Substances and Diseases Registry**. 1999.
- ◆ BARCELÓ, D.; OUBIÑA, A.; SALAU, J.S.; PEREZA, S. Determination of PAHs in river water samples by ELISA. **Analytica Chimica Acta**. v. 376, p. 49-53, 1998.

- ◆ BEDOR, C.N.G.; RAMOS, L.O.; PEREIRA, P.J.; RÊGO, M.A.V.; PAVÃO, A.C.; AUGUSTO, L.G.S. Vulnerabilidades e situações de riscos relacionados ao uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. v. 12, n.1, p. 39-49 2009.
- ◆ BJØRLING-POULSEN, M.; ANDERSEN, H.R.; GRANDJEAN, P. Potential developmental neurotoxicity of pesticides used in Europe. **Environmental Health**. v. 7, n. 50, 2008.
- ◆ BEZERRA JUNIOR, F.M.; PLESE, L.P.M.; SILVA, I.H.L.; SANTOS, R.C. Levantamento do risco da utilização de agrotóxicos pelos agricultores rurais de Acrelândia, Acre. In: SEMINÁRIO DE COOPERAÇÃO UFAC-UF, 7. 2009. Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: UFAC, 2009. CD-ROM.
- ◆ BRASIL 1989. **Lei Federal 7.802/89, de 11 de julho de 1989**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/l7802.htm>> Acesso em: 02 mar. 2010.
- ◆ BRASIL 1990. Ministério do Estado da Saúde. Portaria nº 36/MS/GM, de 19 de janeiro. **Normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/36_90.pdf> Acesso em: 02 mar. 2010.
- ◆ BRASIL 2004. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518/MS/GM, 25 de março de 2004**. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>> Acesso em: 02 mar 2010.
- ◆ BONNER, M.R.; COBLE, J.; BLAIR, A.; BEANE FREEMAN, L.E.; HOPPIN, J.A.; SANDLER, D.P.; ALAVANJA, M.C. Malathion exposure and the incidence of cancer in the agricultural health study. **American Journal of Epidemiology**. v.166, n. 9 p.1023-1034, 2007.

- ◆ BRITO, N.M; AMARANTE JR., O.P.; ABAKERLI, R.; SANTOS, T.C.R.; RIBEIRO, M.R. Risco de contaminação de águas por pesticidas aplicados em plantações de eucaliptos e coqueiros: análise preliminar. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**. v. 11, p. 93-104, 2001.
- ◆ CALDAS, E.D.; DE SOUZA, L.C. Assessment of the chronic risk for ingestion of pesticides residues in the Brazilian diet. **Revista de Saúde Pública**. v. 34, p. 529-537, 2000.
- ◆ CASTRO, J.S.M. **Práticas de Uso de Agróxicos no Município de Cachoeiras de Macacu**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, UFF, Rio De Janeiro, 1999.
- ◆ CASTRO, J.S.M.; CONFALONIERI, Ulisses Eugênio Cavalcanti. Uso de Agrotóxicos no Município de Cachoeira de Macacu. Rio de Janeiro. **Ciência & Saúde Coletiva**. v. 10, n. 2, p. 473-482, 2005.
- ◆ CHAKRABORTY, S.; MUKHERJEE, S.; ROYSHOUDHURY, S.; SIDDIQUE, S.; LAHIRI, T.; RAY, M.R. Chronic exposure to cholinesterase inhibiting pesticides adversely affect respiratory health of agricultural workers in India. **Journal of Occupational Health**. v. 51, p. 488-497, 2009.
- ◆ CAVALIERE, M.J; CALORE, E.E.; PEREZ, N.M; PUGA, F.R. Miotoxicidade por organofosforados. **Revista de Saúde Pública**. Vol. 30, n. 3, p. 267-272, 1996.
- ◆ COLOSIO, C.; TIRAMANI M.; BRANBILLA, G.; COLOMBI, A.; MORETTO, A. Neurobehavioural effects of pesticides with special focus onorganophosphorus compounds: Which is the real size of the problem? **Neurotoxicology**. v 30, p. 1155-1161, 2009.

- ◆ COMBER, M; WALKER, J.; WATTS, C.; HERMENS. J. Quantitative structure-activity relationships for predicting potential ecological hazard of organic chemicals for use in regulatory risk assessments. **Environmental Toxicology and Chemistry**. v. 2, p. 1822-1828, 2003.
- ◆ European Commission (EU). Directive 80/778/EEC, 1980.
- ◆ CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 16 mar. 2010.
- ◆ CORSINI, E.; LIESIVUORI, J.; VERGIEVA. T.; VAN LOVEREN, H.; COLOSIO C. **Effects** of pesticide exposure on the human immune system. **Human & Experimental Toxicology**. v. 27, n.9, p. 671-680, 2008.
- ◆ COSTA L.G. Current issues in organophosphate toxicology. **Clinica Chimica Acta**. v.366, p. 01-13, 2006.
- ◆ CRAVEDI, J.P.; ZALKO, D.; SAVOURET, J.F.; MENUET, A.; JÉGOU, B. The concept of endocrine disruption and human health. **Med. Sci. (Paris)**. v. 23, n. 2, p. 198-204, 2007.
- ◆ DEARFIELD, K.; MCCARROLL, N.E.; PROTZEL, A.; STACK, H.F.; JACKSON, M.A.; WATERS, M.D. A survey of EPA/OPP and open literature on selected pesticide chemicals II. Mutagenicity and carcinogenicity of selected Chloroacetanilides and related compounds. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**. v. 443, p. 183-221, 1999.
- ◆ DICH, J.; ZAHM, S. H.; HANBERG, A.; ADAMI, H.O. Pesticides and cancer. **Cancer causes and control**. v.8, p. 420-443, 1997.

- ◆ DONALD, D.B.; CESSNA, A.J.; SVERKO, E. GLOZIER, N.E. Pesticides in surface drinkin-water supplies of the Northern Great Plains. **Environmental Health Perspectives**. v, 115, n. 8, p.1183-1191, 2007.
- ◆ DORES, E.F.G.; DE-LAMONICA-FREIRE, E.M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: Águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – Análise Preliminar. **Química Nova**. v. 24, n. 1 p. 27-36, 2001.
- ◆ DROŹDŹYŃSKI, D. Studies on residues od pesticides used in rape plants protection in surface waters of intensively exploited arable lands in Wielkopolska province of Poland. **Annals of Agricultural Environmental Medicine**. v. 15, p. 231-235, 2008.
- ◆ DUARTE, A.F. Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971-2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 21, n. 3b, p. 308-317, 2006.
- ◆ Estrutura química do Malation. Disponível em: <<http://www.bioqmed.ufrj.br/enzimas/inibidores.htm>>. Acesso em: jun. 2009.
- ◆ ESTADO DO ACRE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Gestão de riscos e manuseios de agrotóxicos no Estado do Acre.**/ Rosana Cavalcante dos Santos, Editora Técnica, [Paula de Lacerda dos santos Ribeiro, et al.]; Governo do Estado do Acre.- Rio Branco: SEMA Acre, 2009.
- ◆ Extension Toxicology Network (EXTOXNET). **Pesticides Information Profiles. 2,4-D.** Disponível em: <<http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/24d-captan/24d-ext.html>> Acesso em: 06 mar. 2010.

- ◆ Extension Toxicology Network (EXTOXNET). **Pesticides Information Profiles. Carbofuran**. Disponível em: <<http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/carbaryl-dicrotophos/carbofuran-ext.html>> Acesso em: 06 mar. 2010.
- ◆ Extension Toxicology Network (EXTOXNET). **Pesticides Information Profiles. Pyrethrins**. Disponível em: <<http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/pyrethrins-ziram/pyrethrins-ext.html>> Acesso em: 06 mar. 2010.
- ◆ FAIRBANKSM, M. Defensivos agrícolas ampliam o mercado. **Revista Química e Derivados**. v. 396, p. 398-403, 2001.
- ◆ FIETEN, K.B.; KROMHOUT, H.; HEEDERIK, D.; VAN WENDEL DE JOODE, B. Pesticide exposure and respiratory health of indigenous women in Costa Rica. **American Journal of Epidemiology**. v.169, n.12, p.1500-1506, 2009.
- ◆ FILIZOLA, H.F.; FERRACINI, V.L.; SANS, L.M.A.; GOMES, M.A.F.; FERREIRA, S.J.A. Monitoramento ambiental e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.
- ◆ GABALDÓN, J.A.; MAQUIEIRA, A.; PUCHADES R. Current trends in immunoassay-based kits for pesticide analysis. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 39, n.6, p. 519–538, 1999.
- ◆ GAO, G.; LIU, L.; LIU, X.; ZHOU, H.; LU, J.; HUANG, S.; WANG, Z. The occurrence and spatial distribution of organophosphorous pesticides in chinese surface water. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**. v.82, p. 223–229, 2009.
- ◆ GAO, G.; LIU, L.; LIU, X.; ZHOU, H.; HUANG, S.; WANG, Z. Levels and spatial distribution of chlorophenols 2,4-Dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol, and

pentachlorophenol in surface water of China. **Chemosphere**. v.71, p. 1181-1187, 2008.

- ◆ GARCÍA DE LLASERA, M.P; BERNAL-GONZÁLEZ, M. Presence of carbamate in environment waters from the Northwest of Mexico: Determination by liquid chromatography. **Water Research**. v.35, n.8, p. 1933-1940, 2001.
- ◆ GRIZA, F.T.; ORTIZ, K.S.; GEREMIAS, D.; THIESEN, F.V. Avaliação da contaminação por organofosforados em águas superficiais no Município de Rondinha - Rio Grande do Sul. **Química Nova** [online]. vol.31, n.7, p. 1631-1635. 2008.
- ◆ BRUNTON, L.L.; LAZO, J.S.; PARKER, K.L. Goodman & Gilman - As Bases Farmacológicas da Terapêutica. 11ª Ed: Mc Graw Hill, 1821 p. 2006.
- ◆ GONZALEZ VALIENTE, M.L.; CAPOTE MARRERO, B.; RODRIGUEZ DURAN, E. Mortalidad por intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas. **Rev. Cubana Hig. Epidemiol.** [online]. v. 39, n.2, p. 136-143, 2001.
- ◆ GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11ª Ed. Rio de Janeiro – RJ: Guanabara Koogan, 1264 p. 2006.
- ◆ HARRILL, J.A.; LI, Z.; WRIGHT, F.A.; RADIO, N.M.; MUNDY, W.R.; TORNERO-VELEZ, R.; CROFTON, K.M. Transcriptional response of rat frontal cortex following acute In Vivo exposure to the pyrethroid insecticides permethrin and deltamethrin. **BMC Genomics**. v 9, n. 546, 2008.
- ◆ HOSHINO, A.C.; PACHECO-FERREIRA, H.; TAGUCHI, C.K.; TOMITA, S.; MIRANDA, M.F. Ototoxicity study in workers exposed to organophosphate. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**. v.74, n.6, p. 912-918, 2008.

- ◆ IARC. **Occupational Exposures in Insecticide Application and Some Pesticides IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans.** v. 53. Lyon, International Agency for Research on Cancer, 1991.
- ◆ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativa da população para 2009 e área territorial.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=120040>> Acesso em: 10 mar. 2010.
- ◆ RUSNIAK, D.; NANAGAS, K. A. **Intoxicação por Organofosforados.** Disponível em: <<http://emglab.com.br/html/organofosforados.html>> Acesso em: 26 fev. 2010.
- ◆ JAGA, K.; DHARMANI, C. Sources of exposure to and public health implications of organophosphate pesticides. **Revista Panamericana de Salud Publica** [online]. vol.14, n.3, p. 171-185. 2003.
- ◆ JINTANA, S.; SMING, K.; KRONGTONG, Y.; THANYACHAI, S. Cholinesterase activity, pesticide exposure and health impact in a population exposed to organophosphates. **International Archives Occupational and Environmental Health.** v. 82, p. 833–842, 2009.
- ◆ KARKI, P.; ANSARI, J.A.; BHANDARY, S.; KOIRALA, S. Cardiac and electrocardiographical manifestations of acute organophosphate poisoning. **Singapore Medical Journal.** v. 45, n. 8, p. 385-389, 2004.
- ◆ KLAASSEN, CD. **Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons.** 6th ed. New York: McGraw-Hill Health Professions Division, 2001.
- ◆ KONSTANTINOOU, I.K.; HELA, D.G.; ALBANIS, T.A. et al. The status of pesticide pollution in surface waters (rivers and lakes) of Greece. Part I. Review on occurrence and levels. **Environmental Pollution.** v.141, p. 555-570, 2006.

- ◆ KWONG, T.C. Organophosphate pesticides: biochemistry and clinical toxicology. **Therapeutic Drug Monitoring**. v. 24, n.1, p.144-9, 2002.
- ◆ LAABS, V.; AMELUG, W.; PINTO, A.; DA SILVA, C.; ZECH, W. Pesticides in surface water, sediment and rainfall of the Northeast Pantanal basin, Brazil. **Journal of Environmental Quality**. v. 31, p. 1636-1648, 2002.
- ◆ LARA, W.H.; BATISTA, G.C. Pesticidas. **Química Nova**. v. 15, p. 161-166, 1992.
- ◆ LARINI L. Praguicidas, In: Oga S. **Fundamentos de toxicologia**. 5ª Ed. São Paulo – SP: Atheneu, 1996.
- ◆ LARINI L. **Toxicologia dos Praguicidas**. São Paulo-SP: Manole, 1999.
- ◆ LOUIS, E.D. Environmental epidemiology of essential tremor. **Neuroepidemiology**. v. 31, n. 3, p.139-49, 2008.
- ◆ BIANCONI, M.L. **Inibidores irreversíveis**. Disponível em: <<http://www.bioqmed.ufrj.br/enzimas/inibidores.htm>> Acesso em: 02 mar. 2010.
- ◆ MARASCHIN, L. **Avaliação do grau de contaminação por pesticidas na água dos principais rios formadores do Pantanal Mato-Grossense**. 2003. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2003.
- ◆ MILHOME, M.A.L.; SOUSA, D.O.B.; LIMA, F.A.F; NASCIMENTO, R.F. Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.14, n.3, p. 363-372, 2009.

- ◆ MILLS, P. K.; DODGE J.; YANG R. Cancer in migrants and seasonal hired farm workers. **Journal Agromedicine**. v. 14, n. 2, p. 185-191, 2009.
- ◆ MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Nota publicada**. Disponível em: <<http://www.sindag.com.br/>>. Acessado em: 02 ago. 2008.
- ◆ MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Relatório de Assessoria Técnica concedida à Coordenação Regional da Bahia (CORE-BA) do Município de Feira de Santana – Bahia /2003**. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/feira_de_santana.pdf> Acesso em: 12 Mar. 2010.
- ◆ MOORE, M.T.; LIZOTTE JR, R.E.; KNIGHT, S.S; SMITH JR, S.; COOPER, C.M. Assessment of pesticide contamination in three Mississippi Delta oxbow lakes using *Hyalella azteca*. **Chemosphere**. v. 67, p. 2184-2191, 2007.
- ◆ NGO, A.D.; TAYLOR, R.; ROBERTS, C.L.; NGUYEN, T.V. Association between Agent Orange and birth defects: systematic review and meta-analysis. **International Journal of Epidemiology**. v. 35, n. 5, p.1220-30, 2006.
- ◆ OLIVEIRA, L.A.G. **Determinação de resíduos de agrotóxicos organoclorados em laranja por dispersão de matriz em fase sólida (MSPD)**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2006.
- ◆ OLIVEIRA-SILVA J.J; ALVES S.R.; INACIO A.F.; MEYER A.; SARCINELLI P.N.; MATTOS R.C.; FERREIRA M.F.; CUNHA J.C.; MOREIRA J.C.; Cholinesterase activities determination in frozen blood samples: an improvement to the occupational monitoring in developing countries. **Human and Experimental Toxicology**. v.19, p. 173-177, 2000.

- ◆ ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). 1990. **Public health impact of pesticides used in agriculture.** Disponível em: <<http://whqlibdoc.who.int/publications/1990/9241561394.pdf>> Acesso em: 15 mar 2010.
- ◆ ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). 2005. **Permethrin in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality.** Genebra: Organização Mundial da Saúde. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/permethrin260505.pdf> Acesso em: 02 fev. 2010.
- ◆ ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE/ ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OPAS/OMS). Representação do Brasil. **Manual de vigilância da saúde de populações expostas aos agrotóxicos.** 69 pp.1997.
- ◆ PALMA, G.; SANCHEZ, A.; OLAVE, Y.; ENCINA, F.; PALMA, R; BARRA, R. Pesticide levels in surface waters in an agricultural forestry basin in Southern Chile. **Chemosphere.** v.57, n.8, p. 763-770, 2004.
- ◆ PERRY, M.J. Effects of environmental and occupational pesticide exposure on human sperm: a systematic review. **Human Reproduction Update.** v.14 n. 3, p. 233-42, 2008.
- ◆ PEIRIS-JOHN, R.J.; WICKREMASINGHE, R. Impact of low-level exposure to organophosphates on human reproduction and survival. **The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene.** v. 102, p. 239-245, 2008.
- ◆ PEIXOTO, S.C. **Estudo da estabilidade a campo dos pesticidas carbofurano e quincloraque em água de arroz de lavoura irrigado empregando SPE e HPLC-DAD.** 2007. Dissertação (Mestrado em Química analítica) – Universidade de Santa Maria. Santa Maria. 2007.

- ◆ PLESE, L.; BEZERRA JUNIOR, F.M.; SILVA, I.H.L.; SANTOS, R.C.; PEREIRA, T.T.C.; SILVA, S.O. **Levantamento do risco da utilização de agrotóxico pelos agricultores rurais de capixaba, Acre.** In: SEMINÁRIO ANUAL DE COOPERAÇÃO UFAC-UF, 7.2009. Rio Branco. AC. **Anais...** Rio Branco: UFAC, 2009. CD-ROM.

- ◆ PERES, F. ; MOREIRA, J.C. **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente.** 1. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fiocruz, v. 1, 384 p. 2003.

- ◆ PERES, F.; OLIVEIRA-SILVA, J.J.; DELLA-ROSA, H.V.; LUCCA, S.R. Desafios da contaminação humana e ambiental por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**.v.10, (sup), p. 27-37, 2005.

- ◆ PERES, F.; MOREIRA, J.C.; CLAUDIO, L. Os impactos dos agrotóxicos sobre a saúde e o ambiente. **Ciências & Saúde Coletiva**. v.12, n.1, p. 04, Jan/Mar., 2007.

- ◆ PERES, F. Saúde, Trabalho e Ambiente no Meio Rural Brasileiro. **Ciências & Saúde Coletiva**. v.14, n.6, p. 1995-2004, 2009.

- ◆ PERUZZO, P.J.; PORTA, A.A.; RONCO, A.E. Levels of glyphosate in surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in north Pampasic region of Argentina. **Environmental Pollution**. v. 156, p. 61-66, 2008.

- ◆ PRIMEL, E.G.; ZANELLA, R.; KURZ, M.H.S.; GONÇALVES, F.F.; MACHADO, S.O.; MARCHEZAN, E. Poluição das águas por herbicidas no cultivo de arroz irrigado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. **Química Nova**. v. 28, n. 4, p. 605-609, 2005.

- ◆ Protein Data Bank. Disponível em:
<<http://www.portalsafadas.info/galerias/loiracasada/10.jpg>> Acesso em: 05 abr. 2008

- ◆ QUANDT , S.A.; CHEN, H.; GRZYWACZ, J.G.; VALLEJOS, Q.M.; GALVAN, L.; ARCURY, T.A. Cholinesterase Depression and its Association with Pesticide Exposure across the Agricultural Season among Latino Farmworkers in North Carolina. **Environmental Health Perspective**. [Online] doi: 10.1289/ehp.0901492, 2010.
- ◆ RAKITSKY, V.N.; KOBLYAKOV, V.A.; TURUSOV, V.S. Nongenotoxic (Epigenetic) Carcinogens: Pesticides as an Example. A Critical Review. **Teratogenesis, Carcinogenesis, and Mutagenesis**. v. 20 n. 4, p. 229-240, 2000.
- ◆ REMIÃO, F. **Organofosforados**. Laboratório de Toxicologia da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto (FFUP). Disponível em: <http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0708/g61_organofosforados/index.htm> Acesso em: 26 fev. 2010.
- ◆ ROGAN, W.J.; RAGAN, N.B. Some evidence of effects of environmental chemicals on the endocrine system in children. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**. v. 210, n. 5, p. 659-667, 2007.
- ◆ ROLDÁN-TAPIA, L.; PARRON, T.; SÁNSHEZ-SANTED, F. Neuropsychological effects of long-term exposure to organophosphate pesticides. **Neurotoxicology and Teratology**. v. 27 p. 259-266, 2005.
- ◆ ROLDÁN-TAPIA, L.; NIETO-ESCAMAZ, F.A.; AGUILA, E.M.; LAYNEZ, F.; PARRON, T.; SÁNSHEZ-SANTED, F. Neuropsychological sequelae from acute poisoning and long-term exposure to carbamate and organophosphate pesticides. **Neurotoxicology and Teratology**. v. 28 p. 694-703, 2006.
- ◆ RULL, R.P.; GUNIER, R.; BEHREN, J.V.; HERTZ, A.; CROUSE, V.; BUFFLER, P.A.; REYNOLDS, P. Residential proximity to agricultural pesticide applications and childhood acute lymphoblastic. **Environmental Research**. doi:10.1016/j.envres.2009.07.014, 2009.

- ◆ SANKARARAMAKRISHNAN,N.; SHARMA, A.K.; SANGHI, R. Organochlorine and organophosphorous pesticide residues in ground water and surface waters of Kanpur, Uttar Pradesh, India. **Environment International**. v. 31, p. 113-120, 2005.
- ◆ SANTINELLI, R.; TOLONE C.; D'AVANZO, A.; DEL GIUDICE E.M.; PERRONE L.; D'AVANZO M. Pontine myelinolysis in a child with carbamate poisoning. **Clinical Toxicology (Philadelphia)**. v.44, n.3, p. 327-8, 2006.
- ◆ SANTOS, M.A.T.; AREAS, M.A.; REYES, F.G.R. Piretróides – Uma Visão Geral. **Alimentos e Nutrição, Araraquara**. v.18, n.3, p. 339-349, 2007.
- ◆ Síntese dos carbamatos. Disponível em: <<http://portalmie.com/escoteiros/2009/10/12/quimica-industrial-parte-25-272-282/>> Acesso em: 20 set. 2008.
- ◆ SOUZA, I.C.; PLESE, L.P.; BEZERRA JUNIOR, F.M.; SILVA, I.H.L.; SANTOS, R.C.; NASCIMENTO, J.M. **Levantamento sobre o risco na utilização de agrotóxicos pelos produtores rurais do Município de Rio Branco, Acre**. In: SEMINÁRIO ANUAL DE COOPERAÇÃO UFAC-UF, 7. 2009. Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: UFAC, 2009. CD ROM
- ◆ SPENCER, J.; O'MALLEY, M. Pyrethroid illnesses in California, 1996-2002. **Reviews of Environmental Contamination & Toxicology**. v. 186, p. 57-72, 2006.
- ◆ STEPHENS, R.; SPURGEON, A.; CALVERT, I.A.; BEACH, J.; LEVY, L.S.; BERRY, H.; HARRINGTON, J.M. Neuropsychological effects of long-terms to exposure to organophosphates in sheep dip. **The Lancet**. v. 345, p. 1135-1139, 1995.

- ◆ SILVA, A.P.; MEOTTI, F.C.; SANTOS, A.R.S.; FARINA, M. Lactational exposure to malathion inhibits brain acetylcholinesterase in mice. **NeuroToxicology**. v. 27, 1101-1105, 2006.
- ◆ SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA (SINDAG). 2006. **Notícias**. Disponível em: <<http://www.sindag.com.br/>> Acesso em: 02 set. 2008.
- ◆ SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES TOXO-FARMACOLÓGICAS (SINITOX). 2006. **Dados sobre agrotóxicos**. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/sinitox/agrotoxicos/agrotoxicos.htm>> Acesso em: 29 set. 2008.
- ◆ SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES TOXO-FARMACOLÓGICAS (SINITOX). 2009. **Dados sobre agrotóxicos referentes ao ano de 2007**. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/sinitox_novo/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home> Acesso em: 15 mar. 2010.
- ◆ STRUGER, J.; THOMPSON, D.; STAZNIK, B.; MARTIN, P.; McDANIEL, T.; MARVIN, C. Occurrence of glyphosate in surface waters of southern Ontario. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**. v. 80 p. 378–38, 2008.
- ◆ SUPERINTENDÊNCIA DE CONTROLES DE ENDEMIAS (SUCEN). **Cap. 2. Classificação**. Disponível em: <<http://www.sucen.sp.gov.br/down/segtrb/sequi2.pdf>> Acesso em: 26 fev. 2010.
- ◆ SULLIVAN, J.J.; CHEN, Y.G.; GOH, K.S. Performance assessment and validation of a paramagnetic particle-based enzyme-linked immunosorbent assay for chlorpyrifos in agricultural runoff waters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 55, n. 16, p. 6407-6416, 2007.

- ◆ TEIXEIRA, C.F.; AUGUSTO, L.G.S.; MORATA, T.C. Saúde auditiva de trabalhadores expostos a ruído e inseticidas. **Revista de Saúde Pública**. v.37, n.4, p. 417-423, 2003.
- ◆ TIMOFEEVA, O. A.; SANDERS, D.; SEEMANN, K.; YANG, L.; HERMANSON, D.; REGENBOGEN, S.; AGOOS, S.; KALLEPALLI, A.; RASTOGI, A.; BRADDY, D.; WELLS, C.; PERRAUT, C.; SEIDLER, F.J.; SLOTKIN, T.A.; LEVIN, E.D. Persistent behavioral alterations in rats neonatally exposed to low doses of the organophosphate pesticide, parathion. **Brain Research Bulletin**. v. 77, n. 6, p. 404-411, 2008.
- ◆ TUTHILL, J.I. ; KHAMASHTA, M.A. Management of antiphospholipid syndrome. **Journal of Autoimmunity**. v. 33, n.2, p. 92-8, 2009.
- ◆ THRASH, B.; UTHAYATHAS, S.; KARUPPAGOUNDER, S.S.; SUPPIRAMANIAM, V.; DHANASEKARAN, M. Paraquat and maneb induced neurotoxicity. **Proceedings of the Western Pharmacology Society**. v. 50, p. 31-42, 2007.
- ◆ UNIÃO EUROPÉIA (EU). 2000. **Federal rural development programme of Belgium**. Decision N°: C(2000) 296. Bélgica, União Européia. Disponível em: <http://ec.europa.eu/agriculture/rur/countries/be/federal/fiche_en.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2010.
- ◆ VEIGA, M.M.; SIVA, D.M.; VEIGA, L.B.E.; FARIA, M.V.C. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do sudeste do Brasil. **Caderno de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v.22, n.11, p. 2391–2399, Nov. 2006.
- ◆ VICTORIA FILHO, R. **Manejo sustentável de plantas daninhas em pastagens**. Disponível em: <<http://www.sbcpd.org/portal/images/stories/downloads/2simposio/manejodeplantasd aninhasempastagens.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2010.

- ◆ VIEIRA, J.L.F.; SILVA, B.A.; SILVA, E.E.G. Caracterização química dos raticidas granulados comercializados na cidade de Belém-Pará. **Revista Paraense de Medicina**. v. 20, n. 4, p. 19-21, 2006.
- ◆ VRYZAS, Z.; VASSILIOU, G.; ALEXOUDIS, C.; PAPADOPOULOU-MOURKIDOU, E. Spatial and temporal distribution of pesticide residues in surface waters in northeastern Greece. **Water Research**. v. 30, p. 01-10, 2008.
- ◆ WAQUIM, J.S. **Compêndio de Defensivos Agrícolas**. 5^a ed. São Paulo- SP: Andrei, p. 486, 1996.
- ◆ WADT P.G.S. (Ed). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, p. 635, 2005.
- ◆ WATANABE, E.; KANZAKI, Y.; TOKUMOTO, H.; HOSHINO, R.; KUBO, H.; NAKAZAWA H. Enzyme-linked immunosorbent assay based on a polyclonal antibody for the detection of the insecticide Fenitrothion. Evaluation of antiserum and application to the analysis of water samples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 50, n. 1, p. 50-58, 2002.
- ◆ WATTS, D.W.; NOVAK, J.M. Evaluation of atrazine positive and false positive immuniassay detection in ground water. **Journal of Environmental Science and Heath**. v. 32, n. 5, p. 659-671,1997.
- ◆ WILSONT, P.C.; FOOS, J.F. Survey of carbamate and organophosphorous pesticide export from a south Florida (U.S.A.) agricultural watershed: implications of sampling frequency on ecological risk estimation. **Environmental Toxicology & Chemistry**. v. 25, n.11, p. 2847-52, 2006.

- ◆ ZAMBOLIM, L.; ZUPPI DA CONCEIÇÃO, M.; SANTIAGO, T.; **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso dos produtos fitossanitários**. Viçosa: UFV, p. 376, 2003.

- ◆ Zoneamento Econômico – Ecológico (ZEE Fase II). Governo do Acre. 2006. **O meio Físico: Solos.** Disponível em: <http://www.ac.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=35&Itemid=165> Acesso em: 15 mar 2010.