

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DA AMAZÔNIA

**Destino Ambiental dos Agrotóxicos e Avaliação de risco ambiental
e Humano nos Municípios de Manaus, Iranduba e Careiro da
Várzea, no Estado do Amazonas**

PAOLA SOUTO CAMPOS

MANAUS

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DA AMAZÔNIA

PAOLA SOUTO CAMPOS

**Destino Ambiental dos Agrotóxicos e Avaliação de risco ambiental
e Humano nos Municípios de Manaus, Iranduba e Careiro da
Várzea, no Estado do Amazonas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia do Centro de Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Amazonas; como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências do Ambiente; Área de concentração em Gestão Ambiental e Políticas Públicas.

Orientadora: Prof^a Dr^a Andrea V. Waichman

MANAUS

2009

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

Campos, Paola Souto
C198d Destino ambiental dos agrotóxicos e avaliação de risco ambiental e humano nos municípios de Manaus, Iranduba e Careiro da Várzea, no Estado do Amazonas / Paola Souto Campos. - Manaus: UFAM, 2009. 77 f.; il. color.
Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia) — Universidade Federal do Amazonas, 2009.
Orientadora: Prof ^a .Dra. Andrea V. Waichman
1. Agrotóxicos 2. Pesticidas – Aspectos ambientais I. Waichman, Andrea V. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título
CDU 632.95.025(811)(043.3)

PAOLA SOUTO CAMPOS

**Destino Ambiental dos Agrotóxicos e Avaliação de risco ambiental
e Humano nos Municípios de Manaus, Iranduba e Careiro da
Várzea, no Estado do Amazonas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia do Centro de Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Amazonas; como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências do Ambiente; Área de concentração em Gestão Ambiental e Políticas Públicas.

Aprovada em 28 de julho de 2009

BANCA EXAMINADORA

**Profª Drª . Andrea V. Waichman - Presidente
Universidade Federal do Amazonas - UFAM**

**Prof Dr. Jamal da Silva Chaar - Membro
Universidade Federal do Amazonas - UFAM**

**Prof Dr. Hiroshi Noda - Membro
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA**

Aos meus pais, Ivan e Socorro,

À minha irmã Paula,

Ao Alexandre Campos.

Por serem meu referencial de vida e por não medirem esforços para satisfazerem os meus ideais...

Com amor,

Dedico.

Agradecimentos

Agradeço a minha família pelo apoio incondicional e pelo eterno incentivo nas minhas escolhas e por acreditarem que a educação é a maior herança deixada aos seus filhos.

A minha Orientadora Dr^a. Andrea Viviana Waichman, pela oportunidade, incentivo, confiança, pelos ensinamentos transmitidos, pela dedicada orientação e, sobretudo, pela eterna amizade.

Ao Dr. Thierry Gasnier, pela oportunidade de estágio de docência e pelo empréstimo de um pequeno espaço valioso no Laboratório de Ecologia.

A todos os colegas do Laboratório de Combustíveis (LAPEC), pela ajuda nas análises de cromatografia, em especial ao Dr. Jamal Chaar, por disponibilizar o laboratório para as minhas análises e a Kaitiuscia pelos ensinamentos técnicos do aparelho cromatográfico.

À minha eterna amiga Renata Veiga, pela ajuda, companheirismo, amizade e dedicação nas viagens a campo. Muito obrigada pela sua ajuda.

À Universidade Federal do Amazonas, em particular ao Centro de Ciências do Ambiente, que contribuiu para realização deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Alexandre Campos, pelo carinho, companheirismo, suporte emocional nos momentos mais críticos e pela incrível capacidade de solucionar meus problemas relativos aos mistérios da informática. Obrigada por estar sempre ao meu lado em todos os momentos da minha vida, me apoiando e ajudando no meu crescimento científico e profissional.

“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer.”

Albert Einstein

RESUMO

O plantio de frutas e hortaliças no Estado do Amazonas está sendo realizado com intensivo uso de agrotóxicos. Esta utilização abusiva e incorreta pode estar acarretando a contaminação ambiental e também dos agricultores e consumidores das frutas e verduras produzidas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o risco para o ambiente e a saúde humana associado ao uso de agrotóxico em áreas agrícolas do município de Manaus, Iranduba e Careiro da Várzea. Resíduos de agrotóxicos (deltametrina, lambda-cialotrina, malationa e parationa metílica) foram determinados em amostras de frutas, verduras água e solo. Foram coletadas 16 amostras de solo e 25 amostras de água e 190 amostras de frutas e verduras das áreas de plantio, feiras e supermercados no período entre maio de 2007 a dezembro de 2008. As amostras foram analisadas utilizando cromatografia à gás com captura de elétrons (GC-ECD) após micro-extração em fase sólida (HS-SPME) método *headspace*. A avaliação de risco ambiental foi calculada pela razão Exposição/Toxicidade (ETR) e a avaliação de risco humano pela dieta como razão entre a ingestão diária e a Dose Aguda de Referência (ARfD) ou a Ingestão Diária Aceitável (IDA). Dos quatro agrotóxicos analisados, a parationa metílica se destacou por estar presente em um número maior de amostras em concentrações acima do limite máximo permitido, tanto na situação pré-colheita como pós-colheita para todas as culturas, seguida da lambda cialotrina, deltametrina e malationa, em ordem decrescente de amostras e culturas que apresentaram resíduos acima do limite máximo permitido. A concentração média de resíduos de agrotóxicos na fase pós-colheita foram 2 a 5 vezes maiores que a concentração pré-colheita, com exceção da deltametrina, sugerindo que os agricultores aplicam agrotóxicos até o momento da colheita e mesmo antes do transporte das mesmas para o mercado. Risco crônico e agudo para a saúde do consumidor foi estabelecido para a lambda-cialotrina e a parationa metílica. Para a malationa somente foi observado risco crônico. A deltametrina somente apresentou risco agudo e crônico na situação pré-colheita em Iranduba. As concentrações de agrotóxicos observados no solo somente representaram risco para o caso da parationa metílica e a malationa em Iranduba. No caso da água, o risco crônico foi estabelecido para parationa metílica, malationa e deltametrina em Iranduba, e para a parationa metílica e malationa em Manaus e Careiro da Várzea. Em relação ao risco agudo, somente foi estabelecido para a deltametrina em Iranduba. Para as águas subterrâneas a situação de risco ficou estabelecida para a parationa-metílica em Manaus. Evidencia-se claramente a problemática que envolve o uso de agrotóxico no Estado do Amazonas. A população exposta pela ingestão de alimentos contaminados com resíduos de agrotóxicos e o ambiente estão sujeita a riscos agudo e crônico. O estudo evidencia também a necessidade de monitoramento dos agrotóxicos mais utilizados nas regiões, avaliando os níveis com uma maior periodicidade, respeitando a sazonalidade da agricultura e o uso para diferentes culturas.

Palavra-chave: agrotóxico, contaminação, risco humano, risco ambiental, Amazonas.

ABSTRACT

Environmental fate pesticides and human and environmental risk assessment at the districts of Manaus, Iranduba and Careiro da Várzea, Amazonas State.

The production fruit and vegetables in the Amazon state is being done with intensive use of pesticides. This indiscriminate and incorrect use of pesticides in the Amazon State is threatening the environment and the health of farmers and consumers. Thus, the objective of this study was to evaluate the environmental and health risk associated with pesticide use in agricultural areas of the district of Manaus, Careiro the Varzea and Iranduba. Residues of pesticides (deltamethrin, lambda-cyhalothrin, malathion and parathion methyl) were determined in samples of fruits, vegetables, water and soil. From May 2007 to December 2008 16 samples of soil and 25 samples of water, and 190 samples of fruit and vegetables were collected at the production areas, markets and supermarkets. Pesticides residues were determined by gas chromatograph with selective electron capture detector (GC-ECD) after micro-solid phase extraction headspace method (HS-SPME). Environmental risk assessment was calculates using the Exposure/Toxicity ratio (ETR) and human risk by diet as the reason between pesticide daily intake and acute reference dose (ARfD) or Acceptable Daily Intake (IDA). Parathion methyl was present in a greater number of samples in concentrations above the maximum residue levels (MRLs) in both, pre-harvest and post-harvest phase, for all crops, followed by lambda cyhalothrin, deltamethrin and malathion in descending order of samples and cultures that had residues above the maximum allowed. The average concentration of pesticide residues in post-harvest samples were from 2 to 5 times higher than the concentration on pre-harvest samples, except for deltamethrin, suggesting that farmers apply pesticides until the moment just before harvest and transportation to market. Chronic and acute health risk was established for lambda-cyhalothrin and parathion methyl. To malathion was observed only chronic risk. The deltamethrin posed only acute and chronic risk for pre-harvest phase in Iranduba. Concentrations of pesticides found in soil represented only risk to the case of parathion methyl and malathion in Iranduba. In the case of water, the risk was to chronic parathion methyl, malathion and deltamethrin in Iranduba, and for parathion methyl and malathion in Manaus and Careiro of Várzea. In the acute risk, was only set for deltamethrin in Iranduba. For groundwater the risk situation was established for methyl-parathion in Manaus. The use of pesticide in the Amazon's state clearly represents an environmental and health problem since the population and environment are subject to acute and chronic risks. The study also highlights the need for monitoring the use of pesticide in the Amazon State, assessing the environmental and food levels with a higher frequency, considering the seasonality of agriculture and the use of pesticides on different crops.

Key words: pesticides, contamination, human risk, environmental risk, Amazon

Lista de Figuras

FIGURA 1. Fórmula Estrutural da Lambda-Cialotrina.....	27
FIGURA 2. Fórmula Estrutural da Deltametrina.....	28
FIGURA 3. Fórmula Estrutural da Malationa.....	29
FIGURA 4. Fórmula Estrutural da Parationa-metílica.....	30
FIGURA 5. Etapas do processo de avaliação de risco.....	31
FIGURA 6. Modelo conceitual da exposição ambiental e humana aos agrotóxicos.....	31
FIGURA 7. Figura esquemática indicando a área de estudo.....	37
FIGURA 8. Igarapé em Nova Esperança - Manaus; Lago no Iranduba.....	39
FIGURA 9. Esquema utilizado para coleta de solo conforme norma ISO/FDIS 10381-1:2001..	40
FIGURA 10. Coleta de verduras: alface e couve.....	41
FIGURA 11. Preparo das amostras de: alface, couve, coentro, tomate, pepino.....	41
FIGURA 12. Preparação das amostras para análises laboratoriais.....	42
FIGURA 13. Procedimento de micro extração em fase sólida em vial headspace.....	43

Lista de Tabelas

TABELA 1. Dados sobre toxicidade em minhoca e peixes utilizados para o cálculo de risco.	45
TABELA 2. Ingestão Diária Aceitável (IDA) e Dose Aguda de Referência (ARfD) para os agrotóxicos avaliados neste estudo.	46
TABELA 3. Presença de resíduos de agrotóxicos em hortaliças produzidas nos municípios.	46
TABELA 4. Princípios ativos de agrotóxicos presentes em amostras de hortaliças produzidos nos município.	47
TABELA 5. Percentagem de amostras que apresentaram resíduos de agrotóxicos por cultura em Manaus, Iranduba e Careiro da Várzea.....	47
TABELA 6. Faixa de concentração de agrotóxicos, valor media e percentagem de amostras com resíduos acima do limite máximo de resíduos permitido, nas culturas do município de Iranduba.	48
TABELA 7. Faixa de concentração de agrotóxicos, valor media e percentagem de amostras com resíduos acima do limite máximo de resíduos permitido, nas culturas do município de Careiro da Várzea.....	49
TABELA 8. Faixa de concentração de agrotóxicos, valor media e percentagem de amostras com resíduos acima do limite máximo de resíduos permitido, nas culturas do município de Manaus..	51
TABELA 9. Percentagem de amostras com resíduos acima do LMR por agrotóxico, cultura e município.....	52
TABELA 10. Presença de resíduos de agrotóxicos em hortaliças comercializadas.....	53
TABELA 11. Princípios ativos de agrotóxicos presentes em amostras de hortaliças comercializadas.....	53
TABELA 12. Faixa de concentração de agrotóxicos, valor media e percentagem de amostras com resíduos acima do limite máximo de resíduos permitido, nas verduras comercializadas nas principais feiras de Manaus.....	54
TABELA 13. Faixa de concentração de agrotóxicos, valor media e percentagem de amostras com resíduos acima do limite máximo de resíduos permitido, nas verduras comercializadas nos principais supermercados de Manaus.....	55
TABELA 14. Percentagem de amostras com resíduos acima do LMR por agrotóxico e culturas nas principais feiras e supermercados de Manaus.....	56
TABELA 15. Concentração média de resíduos de agrotóxicos encontrados nas diferentes culturas pré e pós-colheita.....	57

TABELA 16. Valores máximos, mínimos e médios de resíduos de agrotóxicos no solo do Iranduba e Manaus.....	57
TABELA 17. Valores máximos, mínimos e médios de resíduos de agrotóxicos na água superficial de Iranduba e Manaus e valor máximo permitido pela legislação.....	58
TABELA 18. Avaliação de Risco Humano pela dieta para o agrotóxico deltametrina.....	59
TABELA 19. Avaliação de Risco Humano pela dieta para o agrotóxico lambda-cialotrina.....	60
TABELA 20. Avaliação de Risco Humano para o agrotóxico malationa.....	60
TABELA 21. Avaliação de Risco Humano para o agrotóxico parationa metílica.....	61
TABELA 22. Valores de ETR agudo e crônico para os diferentes agrotóxicos presentes no solo nos municípios de Manaus e Iranduba.....	61
TABELA 23. Valores de ETR agudo e crônico para os diferentes agrotóxicos presentes na água superficial nos municípios de Manaus e Iranduba.....	62
TABELA 24. Avaliação de Risco Ambiental em água subterrânea para o agrotóxico parationa metílica	62

Lista de Quadros

QUADRO 1. Classificação quanto ao potencial de periculosidade ambiental.....	23
QUADRO 2. Classificação toxicológica dos agrotóxicos segundo a DL 50.....	23
QUADRO 3. Classificação da Persistência.....	24
QUADRO 4. Agrotóxicos mais utilizados em áreas em torno de Manaus.....	26
QUADRO 5. Localização das Comunidades.....	38

Lista de Anexo

ANEXO A. Variáveis físico-químicas da água.....	77
ANEXO B. Caracterização do solo do Iranduba e Manaus.....	78

Lista de abreviaturas e siglas

SPME: Micro-Extração em Fase Sólida
ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANDEF: Associação Nacional de Defensivos Agrícolas
ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ARFD: Dose Aguda de Referência
CENO: Concentração de Efeito Não Observado
CG: Cromatografia Gasosa
CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAF: Fator Diluição/Atenuação
ECD: Captura e Detector de Elétrons
EPA: Environmental Protection Agency
ETR: Razão Exposição-Toxicidade
FAO: Food And Agriculture Organization
IAR: Ingestão Aguda de Referência
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDA: Ingestão Diária Aceitável.
ISO: International Standard
LC₅₀: Dose Letal que Causa A Mortalidade de 50% Dos Organismos
LD: Limite de Detecção
LMR: Limite Máximo de Resíduos
LQ: Limite de Quantificação
NEC: Concentração de Não Efeito
OMS: Organização Mundial da Saúde
PARA: Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxico
PDMS: Polydimethylsiloxano
RIVM: Instituto Nacional para Saúde Pública e Ambiental
SSL: Soil Screening Levels
VMP: Valor Máximo Permitido
WHO: World Health Organization

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
Lista de Figuras.....	x
Lista de Quadros.....	xiii
Lista de Anexo.....	xiv
Lista de abreviaturas e siglas.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	18
2. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	20
2.1 AGROTÓXICOS: CONCEITOS E DEFINIÇÃO	20
2.2 AGRICULTURA E USO DE AGROTÓXICOS NO AMAZONAS.....	23
2.3 PRINCIPAIS GRUPOS DE AGROTÓXICOS ESTUDADOS NESTE TRABALHO..	25
2.3.1 Lambda-cialotrina (Lambda-Cyhalothrin).....	27
2.3.2 Deltametrina (Deltamethrin).....	28
2.3.3 Malationa (Malathion).....	28
2.3.4 Parationa-metílica (Parathion Methyl).....	29
2.4 AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL E HUMANO.....	30
3. OBJETIVO.....	35
3.1 OBJETIVO GERAL.....	35
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	35
3.3. HIPÓTESE.....	35
4. MATÉRIAS E MÉTODOS	36
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	36
4.2 ENTREVISTAS.....	38
4.3 COLETA DE MATERIAL E ANÁLISES LABORATORIAIS.....	39
4.3.1 Coleta de Água.....	39
4.3.2 Coleta de Solo.....	40
4.3.3 Coleta de Frutas e Verduras	41
4.3.4 Análises laboratoriais	42
4.4 AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL E HUMANO.....	44
5. RESULTADOS	46
5.1 Resíduos de Agrotóxicos nas Frutas e Verduras Coletadas nas Áreas de Plantio (Pré-Colheita).....	46

5.2 Resíduos de Agrotóxicos nas Frutas e Verduras Coletadas em Supermercados e Feiras (Pós-Colheita).....	52
5.3 Comparação da Concentração de Resíduos de Agrotóxicos nas Amostras Pré e Pós Colheita.....	55
5.4 Resíduos de Agrotóxicos no Ambiente: Solo e Água.....	56
5.5 Avaliação de Risco Humano.....	58
5.6 Avaliação de Risco Ambiental	60
6. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS	69

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Paschoal (1979), o início da era dos agrotóxicos no Brasil ocorreu no final de 1943, ano em que o Instituto Biológico de São Paulo recebeu as primeiras amostras de DDT, com o nome comercial de Gesarol. Mas, somente por volta de 1950 foi que se deu início à importação e utilização destes produtos no país, sendo utilizados nas culturas de melhor valor comercial, normalmente voltadas para a exportação como: café, algodão, cana-de-açúcar e milho. Paulatinamente, os cultivos de menor valor de mercado passaram a consumir essas substâncias químicas, como arroz, feijão e batata, entre outros. Posteriormente, também foram utilizados na olericultura (legumes e verduras).

Nos anos 90 o uso de agrotóxicos se intensificou uma vez que o Brasil, sob o impacto da liberação comercial e a agroindustrialização, simplificou seu regime comercial, eliminando muitas restrições e reduzindo ou removendo taxas para impulsionar a produção agrícola (DASGUPTA; MAMINGI & MEISNER, 2001). Entretanto, apesar do um aumento da produção, uma melhoria na qualidade da mesma e dos benefícios econômicos, o uso de agrotóxicos promove danos sociais, ao ambiente e a saúde da população.

Segundo Soares & Porto (2009) o uso de agrotóxicos resulta em um custo social e ambiental invisível decorrente da contaminação do solo, da água, dos trabalhadores agrícolas e dos consumidores, e de doenças e mortes não registradas nas estatísticas oficiais.

Embora diversos autores apontem para problemas ambientais e de saúde pública nas regiões sul e sudeste do país, os principais pólos agrícolas possuem problemas decorrentes do uso de agrotóxicos podem também estar acontecendo na região Amazônica, como conseqüência do avanço da fronteira agrícola.

Neste trabalho, pretende-se estudar uma situação particular, que é o aumento da agricultura nos arredores de Manaus, principal centro urbano da Amazônia. Com a criação da Zona Franca de Manaus em 1967 e o conseqüente aumento da população urbana, intensificou-se a demanda por alimentos. Como forma de atender esta crescente demanda o governo estadual implementou políticas agrícolas em áreas próximas de Manaus, para incrementar e melhorar a produção e abastecer o mercado local. Assim, produção de frutas e hortaliças teve um grande incremento principalmente nas áreas de várzea locais com condições para a produção intensiva de alimentos. As inundações anuais fertilizam o solo, o custo de irrigação é baixo quando necessário e o transporte da produção por barco é barato. Em menor escala, hortaliças são cultivadas na terra firme em casa de vegetação (sistema de plasticultura).

Tanto o cultivo de frutas e hortaliças na várzea quanto o de terra firme implicam no uso de agrotóxicos devido a grande diversidade de pragas e doenças que afetam os cultivos, a maioria deles de culturas não originárias da região, e, portanto mais suscetíveis. Assim, para uma produtividade agrícola é necessário o uso de agrotóxicos, principalmente inseticidas, herbicidas e fungicidas (ECOBICHON, 2001).

Segundo o Censo Agropecuário (IBGE, 1998) a proporção de agricultores dos diferentes municípios do estado do Amazonas que cultivam frutas e legumes com o uso de agrotóxico varia entre 64% e 96,7%.

Estudos realizados por Waichman *et al.*, (2002, 2003 e 2007) têm mostrado os diversos fatores que contribuem para o uso incorreto de agrotóxicos na Amazônia, expondo o ambiente e a população ao risco de envenenamento. Segundo Römcke, Waichman e Garcia (2008) os agricultores do estado do Amazonas utilizam altas doses de agrotóxicos e fazem aplicações destes produtos em maior número e menor intervalo de tempo que o recomendado. Desta forma, a agricultura realizada com o uso intensivo de agrotóxicos pode estar ameaçando a saúde dos ecossistemas amazônicos, bem como a saúde da população, se considerarmos não somente a exposição ocupacional dos agricultores, mas os riscos de contaminação da água e dos peixes, principal fonte de proteína animal para a população do Amazonas. Além destas fontes de contaminação, o uso inadequado dos agrotóxicos pode fazer com que frutas e verduras com resíduos destes produtos acima do limite permitido estejam sendo comercializadas, colocando assim em risco a saúde dos consumidores.

Até o momento não existem estudos que determinem o risco de exposição ambiental aos agrotóxicos na região amazônica, pois se acredita que o uso de agrotóxicos na região não se constitui em um problema ambiental nem de saúde pública preocupante.

Para melhor compreender os riscos ecológicos e humanos associados ao uso de agrotóxicos na Amazônia propõe-se a realização de uma Avaliação de Risco Humano e Ambiental que fornecerá suporte para a tomada de decisões e formulação de políticas públicas que permitam a conservação ambiental.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 AGROTÓXICOS: CONCEITOS E DEFINIÇÃO

O termo “agrotóxico” é utilizado para denominar venenos utilizados nas atividades agrícolas visando o controle de pragas, doenças e regular o crescimento de plantas, embora também estas substâncias possam ser utilizadas no ambiente urbano e na saúde pública, para o controle de vetores de doenças.

Embora estes produtos também sejam conhecidos sobre a denominação de defensivos agrícolas, pesticidas ou praguicidas, o Brasil não adotou a terminologia internacional (pesticida do inglês *pesticide*) passando a utilizar o termo agrotóxico definindo-o, por meio de legislação específica Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989, regulamentada pelo Decreto nº 4.074 de 04 de janeiro de 2002 da seguinte forma no seu Art. 2º: Agrotóxicos e afins são os produtos e os componentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas e de outros ecossistemas e também em ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-la da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

Semelhante a definição da legislação brasileira, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) define os agrotóxicos como produtos químicos ou quaisquer substâncias ou mistura de substâncias destinadas à prevenção, à destruição ou ao controle de qualquer praga, incluindo os vetores de doenças humanas ou de animais, que causam prejuízo ou interferem de qualquer outra forma na produção, elaboração, armazenagem, transporte ou comercialização de alimentos, para os homens ou para os animais, de produtos agrícolas, de madeira e seus produtos, ou que podem ser administrados aos animais para combater insetos, aracnídeos ou outras pragas dentro ou sobre seus corpos.

Atualmente no Brasil existem 426 ingredientes ativos registrados utilizados em mais de 2.000 formulações, empregados nas mais variadas culturas, finalidades e modalidades de uso (ANVISA, 2008; MAPA, 2008).

Os agrotóxicos podem ser classificados ou agrupados de diversas formas, considerando o grupo químico, formulação, finalidade, toxicidade, modo de ação e persistência no ambiente.

Em relação à sua composição e síntese podem ser classificados como:

- *Orgânicos de síntese*: carbamatos, clorados, fosforados, clorofosforados, lactona macrocíclica, diaminas, dinitrofenóis, fromamidinas, oxidiazinas, oxidiazolonas,
- *Inorgânicos*: à base de arsênio, tálio, bário, nitrogênio, fósforo, cádmio, ferro, selênio, chumbo, cobre, mercúrio e zinco.
- *Botânicos*: derivados de extratos vegetais à base de nicotina, piretrina, sabadina e rotenona.

Quanto à sua finalidade, podem ser agrupados dependendo do tipo de organismo aos quais se destinam. Desta forma os agrotóxicos podem ser classificados em:

- *Inseticidas*: usados no combate a insetos adultos e suas larvas
- *Fungicidas*: Combatem os fungos e podem ser divididos em:
 - *Protetores*, os quais são usados para formar uma película superficial no vegetal para prevenir a germinação ou estabelecimentos de esporos fúngicos.
 - *Erradicantes*, que eliminam uma infecção fúngica já estabelecida.
 - *Curativos*, que atenuam os sintomas ou reparam os danos provocados pelo patógenos.
- *Herbicidas*: substâncias químicas capazes de selecionar populações de plantas. São classificados em:
 - *Seletivos*, quando são utilizados para matar ervas daninhas sem prejudicar o cultivo.
 - *Não seletivos*, quando, dependendo de seu modo de ação, podem ser aplicados nas folhagens ou no solo.
- *Raticidas*: utilizados no combate aos ratos.
- *Acaricidas*: combate os ácaros.
- *Molusquicidas*: combate os moluscos.
- *Antivirais e bactericidas*: combatem vírus e bactérias.

Em relação aos modos de ação podemos agrupar os diferentes agrotóxicos da seguinte forma:

- *Contato*: resultante da absorção pelo tegumento do organismo alvo em borrifações residuais ou espaciais;

- *Ingestão*: o praguicida age e penetra no organismo alvo através da via oral;
- *Inalação*: alcança o organismo alvo na forma de vapor, através de suas vias respiratórias.

Os agrotóxicos também podem ser são classificados segundo seu poder tóxico para a saúde humana e o ambiente. A classificação toxicológica é realizada com base no ingrediente ativo e sua formulação e com a quantidade de agrotóxico suficiente para matar uma pessoa.

O IBAMA (1994), pela Portaria N°. 139, de 21 de dezembro de 1994, estabeleceu critérios para avaliação do potencial de periculosidade ambiental dos agrotóxicos, componentes e afins (Quadro 1). No Brasil, a classificação toxicológica está a cargo do Ministério da Saúde que segue a classificação utilizada pela Organização Mundial da Saúde (OPS/OMS, 1997). O quadro 2 relaciona as classes toxicológicas com a dose letal 50 (DL 50), comparando-a com a quantidade suficiente para matar uma pessoa adulta.

QUADRO 1. Classificação quanto ao potencial de periculosidade ambiental

GRUPOS	CLASSE TOXICOLÓGICA
EXTREMAMENTE TÓXICOS	CLASSE I
ALTAMENTE TÓXICOS	CLASSE II
MEDIANAMENTE TÓXICOS	CLASSE III
POUCO TÓXICOS	CLASSE IV

Fonte: Portaria N°. 139, de 21 de dezembro de 1994/IBAMA.

QUADRO 2. Classificação toxicológica dos agrotóxicos segundo a DL 50.

Grupos	DL 50	Dose capaz de matar uma pessoa adulta
Extremamente tóxicos	< 5 mg/kg	1pitada = algumas gotas
Altamente tóxicos	5- 50 mg/kg	Algumas gotas = 1 colher de chá
Medianamente tóxicos	50- 500 mg/kg	1 colher de chá = 2 colheres de sopa
Pouco tóxicos	500-5000 mg/kg	2 colheres de sopa = 1 copo
Muito pouco tóxicos	5000 mg/kg ou +	1 copo = 1 litro

Fonte: OPS/OMS, 2006.

A persistência consiste no período no qual um agrotóxico permanece inalterado no ambiente, descrevendo sua longevidade quando depositado em uma superfície (FRESHE, 1976). Todos os agrotóxicos tendem a desaparecer, mas em taxas diferentes. A Agência Ambiental do Canadá define a persistência ambiental como o tempo em que um composto permanece no

ambiente. A medida usual para definir a persistência ambiental de um composto é sua meia-vida, isto é, o tempo requerido para que a concentração inicial no meio particular de interesse diminua em 50% (WEBSTER *et al.*, 1998). A classificação dos agrotóxicos quanto à sua persistência é apresentada no Quadro 3.

QUADRO 3. Classificação da Persistência

Persistência	Meia-vida
Alta	acima de 180 dias
Média	entre 90 e 180 dias
Reduzida	entre 30 e 90 dias
Não-persistente	abaixo de 30 dias

Fonte: SILVA & FAY, 2004.

Segundo Silva & Fay (2004), as formulações de agrotóxicos podem ser classificadas em:

- *Formulações sólidas*: pó-seco, pó-molhável, grânulos.
- *Formulações Líquidas*: solúveis em água, emulsionáveis.

2.2 AGRICULTURA E USO DE AGROTÓXICOS NO AMAZONAS

A produção agrícola é uma das principais atividades econômicas desenvolvidas pela população da Amazônia (ALBUQUERQUE *et al.*, 2003).

No entorno de Manaus, com a intensificação de programas de produção de alimentos incentivada pelo governo do Amazonas, a agricultura cresceu em duas áreas: na várzea, onde a produção se caracteriza por ser familiar, seja para subsistência ou comercialização nas principais feiras de Manaus, e na terra-firme, onde a produção é caracterizada por ser em sistema de plasticultura, com mão-de-obra terceirizada e uso intenso de fertilizantes sendo a produção vendida principalmente para supermercados, feiras e restaurantes da cidade de Manaus.

Em Manaus a atividade agrícola é realizada durante todo o ano, por se localizar em terra firme, garantindo o abastecimento constante do mercado com seus produtos, condição que permite a obtenção de renda durante o ano inteiro, sem a necessidade de diversificação da produção, com sua produção principal concentradas nas culturas de couve, alface, coentro e cebolinha.

De acordo com Noda *et al.*, (2001), a agricultura de várzea utiliza o solo para a agricultura, pecuária e extrativismo numa racionalidade de ocupação do espaço em acordo com o ecossistema. Com o fenômeno das enchentes dos rios, as atividades produtivas obedecem a uma lógica temporal, aliada a racionalidade espacial apontada, no que diz respeito aos efeitos de suporte à fertilização dos solos e aos ciclos produtivos dos vegetais.

Segundo Noda *et al.* (2007), os produtos gerados pela unidade de produção têm três destinos: consumo dentro da unidade de produção; compartilhamento dentro do grupo social com qual se relaciona (comunidade); e o troca mercantil, de produto por moeda, sendo que os cultivos de espécies alimentares são realizados na forma de consórcios ou monocultivo.

Nas comunidades de Iranduba e Careiro da Várzea a prática é desenvolvida segundo o ciclo das águas, onde os agricultores diversificam a produção como estratégia econômica, considerando os riscos da atividade agrícola nas áreas de várzea e a variação dos preços no mercado, assegurando um mínimo de renda para a sobrevivência da família. Assim, a época de plantio é interrompida anualmente pelas cheias.

No município de Careiro da Várzea, a roça é no beiradão, sendo o cultivo realizado na praia, no barranco e na restinga. As principais espécies cultivadas são alface, coentro, couve, malva, maracujá, e cebolinha. Em Iranduba o cultivo é nos barrancos e restinga e entre os principais cultivos alimentares está o pepino, tomate, cebolinha, couve e jerimum (NODA *et al.*, 2007).

Como indicado por Waichman *et al.* (2002, 2003), a utilização de agrotóxicos no Estado do Amazonas está concentrada nos cultivos de hortaliças e frutíferas dos municípios do Careiro da Várzea, Iranduba e Manacapuru. A horticultura e fruticultura tornaram-se uma alternativa econômica impulsionada pelo o aumento da demanda por alimentos em Manaus e pelo o rápido retorno financeiro proporcionado por esta atividade, que é alto quando comparado com as culturas tradicionais e outras atividades econômicas realizadas pelos produtores rurais (NODA *et al.*, 1997; WAICHMAN *et al.*, 2002, 2003).

A cultura de frutas e hortaliças diferenciam-se dos cultivos tradicionais por demandarem conhecimentos técnicos e práticas de manejo que não são, muitas das vezes, de domínio dos produtores rurais e pela necessidade de insumos externos a cada novo cultivo (NODA *et al.*, 1997). Assim, o cultivo intensivo destas culturas, aliado à falta de orientação técnica e as peculiaridades do ambiente de várzea, propiciaram o aumento do ataque de pragas fazendo com que o agricultor utilize os agrotóxicos como medida exclusiva de controle.

Uma pesquisa realizada em 11 comunidades de várzea do município de Manacapuru envolvendo cerca de 150 agricultores que produziam frutas e hortaliças mostrou que a

porcentagem de uso de agrotóxicos por parte dos produtores variou entre 75% e 100%. Os organofosforados representaram 42,8% dos principais agrotóxicos utilizados. Estes agrotóxicos são mais tóxicos e ambientalmente mais persistentes, e dentre os utilizados no Amazonas, a maioria já foi banida ou é utilizada com severas restrições nos países desenvolvidos (WAICHMAN *et al.*, 2002 e 2007). Estes estudos revelaram que o uso inadequado de agrotóxicos se deve ao fato de serem baratos e acessíveis. Embora a “Lei dos Agrotóxicos” (Lei n.º. 7.802/89) exija uma receita agrônômica para a venda e técnicos treinados para a aplicação, os agrotóxicos são livremente comercializados e utilizados nas principais áreas agrícolas do Estado (WAICHMAN *et al.* 2002 e 2007; RÖMBKE *et al.*, 2008).

Outros fatores que contribuem para o uso inadequado de agrotóxicos é a situação do analfabetismo ou baixa instrução escolar dos agricultores fazendo com que os mesmos não entendam as informações contidas nas etiquetas de produto contribuindo para o escasso conhecimento sobre a periculosidade e toxicidade desses produtos e para uma manipulação descuidada durante a preparação, aplicação e disposição das embalagens vazias (NINA, 2002; WAICHMAN *et al.*, 2002; WAICHMAN *et al.*, 2007). A maioria dos agricultores (94%) utiliza a bomba borrifadora manual para a aplicação dos agrotóxicos. A preparação do produto é feita à beira do rio, lago ou igarapé, onde tem ampla disponibilidade de água. Os equipamentos de borrfifar e outras ferramentas utilizadas no preparo dos agrotóxicos são lavados no rio, lagos e igarapés, prática relatada por 70% dos agricultores. As embalagens vazias são descartadas ao redor da casa, na lavoura, na mata ou nos corpos d’água mais próximos (NINA, 2002; WAICHMAN *et al.*, 2002; WAICHMAN *et al.*, 2007).

2.3 PRINCIPAIS GRUPOS DE AGROTÓXICOS ESTUDADOS NESTE TRABALHO

Segundo dados do projeto intitulado Implantação do Sistema de Monitoramento e Avaliação de Intoxicação Humana e Ambiental por Agrotóxico no Estado do Amazonas, 45% dos agrotóxicos utilizados nos Municípios de Manaus, Careiro da Várzea, Iranduba e Manacapuru são inseticidas (Quadro 4). Entre os mais utilizados estão os organofosforados com destaque para o parationa-metilica e malationa e os piretróides como a lambda-cialotrina e a deltametrina, sendo por este motivo e por razões analítica de disponibilidade de equipamentos e técnicas, selecionados para investigação deste estudo.

QUADRO 4. Agrotóxicos mais utilizados em áreas em torno de Manaus.

Ingrediente ativo	% de agricultores	Classificação Toxicológica (OMS)
<i>Inseticidas</i>		
Abamectina	7,8	Moderadamente tóxico
Deltametrina	32,5	Moderadamente tóxico
Indoxacarbe	3,0	Moderadamente tóxico
Lambda-cialotrina	1,5	Altamente tóxico
Malathion	6,8	Pouco tóxico
Methamidofos	14,6	Altamente tóxico
Paration-metilico	52,9	Extremamente tóxico
<i>Fungicidas</i>		
Mancozeb	35,6	Pouco tóxico
Oxicloreto de cobre	16,0	Pouco tóxico
<i>Herbicidas</i>		
Glifosato	15,5	Pouco tóxico
Linuron	0,9	Pouco tóxico
Paraquat	0,5	Moderadamente tóxico

Fonte: Relatório SITOXAM, 2007

Os agrotóxicos organofosforados são ésteres fosfóricos e constituem uma classe importante de inseticidas usados atualmente no combate a diversos tipos de pragas na agricultura. No Sistema de Informações sobre Agrotóxicos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estão registrados 38 ingredientes ativos da classe dos organofosforados. Este grupo é considerado responsável pelo maior número de mortes no País e são absorvidos pela pele, por ingestão e pela inalação.

O piretro é um inseticida natural obtido da trituração das flores de algumas plantas pertencentes à família Compositae, da espécie *Chrysanthemum (Pyrethrum) cinerariaefolium*, um dos mais antigos inseticidas conhecidos pelo homem. Por suas vantagens, os piretros foram sintetizados e denominados piretróides e, o ácido crisantêmico foi o primeiro dos cinco componentes do éster natural a ser sintetizado. A síntese do ácido crisantêmico abriu novos caminhos para a obtenção de piretróides sintéticos, como a deltametrina e a lambda-cialotrina. Os piretróides são muito utilizados na agropecuária para o controle de insetos em plantações, grãos armazenados, silos, controle de ectoparasitas, principalmente carrapaticidas, nas campanhas de Saúde Pública (combate ao vetor da dengue) e em ambientes domésticos, na desintetização de residências, sendo as formulações freqüentemente mais elevadas. Para erradicação de vetores ou insetos domiciliares, seu uso está restrito aos aplicadores profissionais (BRAGUINI, 2005).

2.3.1 Lambda-cialotrina (*Lambda-Cyhalothrin*)

A lambda-cialotrina [alfa-ciano-3-fenoxibenzil-3-(2-cloro-3,3,3 trifluoroprop-1-enil) 2,2-dimetil-ciclopropanocarboxilato], fórmula molecular $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$, número CAS 91465-08-6 é uma mistura de dois isômeros da cialotrina (ARAÚJO, 2005). É um inseticida piretróide sintético de segunda geração, obtido pela adição de um grupo cianídrico ao carbono alfa do anel benzênico (Figura 1). É uma substância altamente ativa utilizada no combate a uma ampla gama de espécies de Lepidoptera, Hemiptera, Diptera, e Coleoptera. Além do uso na agricultura, a lambda-cialotrina é utilizada na saúde pública e animal para o controle de um amplo espectro de insetos como carrapatos, baratas, moscas e mosquitos, pois possui ação residual em superfícies inertes.

A lambda-cialotrina apresenta classe toxicológica II (altamente tóxica) com DL_{50} de 56 mg/kg segundo a Organização Mundial da Saúde - OMS (2006), e classe toxicológica III segundo a ANVISA (2003). Foi desenvolvida em 1977 e liberada para uso na Inglaterra em 1988 (CAGE *et al.*, 1998).

Resíduos da lambda-cialotrina podem ser encontrados em produtos ricos em gordura, como o leite e o óleo de oliva. Isso ocorre porque a lambda-cialotrina é uma substância lipossolúvel (DI MUCCIO *et al.*, 1997; 1999) e também pode sofrer bioacumulação em peixes, armazenada na gordura, podendo trazer risco de intoxicação para níveis superiores da cadeia trófica (NATIONAL PESTICIDE TELECOMMUNICATIONS NETWORK - NPTN, 2001).

Os sinais de toxicidade pela lambda-cialotrina em mamíferos incluem náuseas, dor de cabeça, tontura, vômito, dor abdominal, ulcera gástrica, convulsão, edema pulmonar, pneumonia química, coma, falha renal, fadiga, salivação e leucocitose (CAGE *et al.*, 1998).

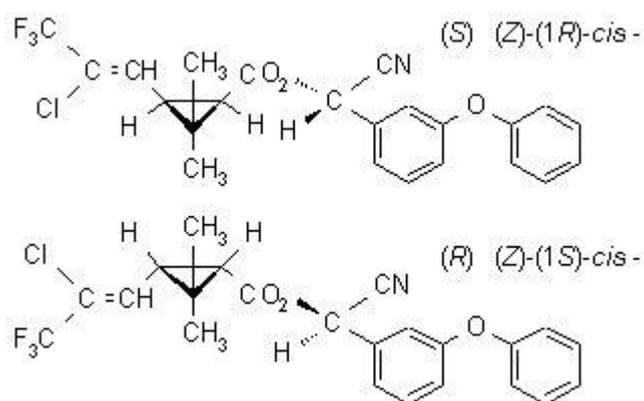


FIGURA 1. Fórmula Estrutural da Lambda-Cialotrina
Fonte: ANVISA, 2003.

2.3.2 Deltametrina (*Deltamethrin*)

A deltametrina é um inseticida do grupo químico dos piretróides, conhecido quimicamente como (S)-alfa-iano-3-fenoxibenzil-(1R,3R)-3-(2,2-dibromovinil)-2,2-dimetilciclopropanocarboxilato, número CAS 52918-63-5 (Figura 2).

Apresenta fórmula química $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$, e pertence à classe de inseticidas do grupo químico éster do ácido crisântemico ou piretroide do Tipo II. Sua classificação toxicológica segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2003) é Produto Técnico Classe III ou medianamente tóxico e classificação II (moderadamente tóxica) com DL_{50} de 135 mg/kg segundo a Organização Mundial da Saúde - OMS (2006).

Esses compostos são formulados para uso agrícola e domissanitário como aerossóis caseiros, aerossóis concentrados e pós, para uso em vegetais, frutíferas, arbustos ornamentais e flores em algum estágio do desenvolvimento. A deltametrina é rapidamente absorvida quando administrada por via oral, e menos absorvida quando por via dérmica, sendo que a velocidade de absorção é dependente do solvente utilizado na formulação (BRAGUINI, 2005). Entre os sinais de intoxicação por deltametrina que são observados após ingestão ou administração intravenosa destacam-se a salivagem excessiva seguida por movimentos abruptos das patas e movimentos convulsivos progressivos (coreoatetose) (BARNES & VERSCHOYLE, 1974).

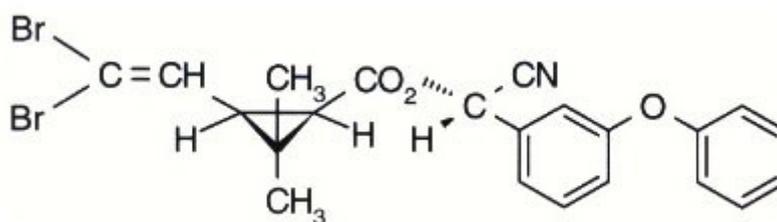


FIGURA 2. Fórmula Estrutural da Deltametrina
Fonte: ANVISA, 2003.

2.3.3 Malationa (*Malathion*)

A malationa é um inseticida do grupo químico dos organofosforados, conhecido quimicamente como S-1,2-bis(ethoxycarbonyl)ethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate, número CAS 121-75-5 e apresenta fórmula química $C_{10}H_{19}O_6PS_2$ (Figura 3). Sua classificação toxicológica segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2003) é III (medianamente

tóxico), classificação III e DL₅₀ de 2.100 mg/kg segundo a Organização Mundial da Saúde - OMS (2006).

A malationa é um dos agrotóxicos mais utilizados em países em desenvolvimento. Devido a sua toxicidade para o ser humano, para os organismos aquáticos e em substâncias alimentícias é necessário tomar certas precauções quando manipulado.

A intoxicação aguda por organofosforados atinge o sistema nervoso autônomo, provocando efeitos muscarínicos (bradicardia, hipotensão arterial, perda de apetite, náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, aumento da diurese, miose e broncoconstrição). No sistema nervoso central provoca em efeitos nicotínicos (cãibras, contrações involuntárias e tremores da musculatura esquelética), causando agitação, confusão mental, convulsões, depressão respiratória, falta de coordenação dos movimentos, torpor e coma, entre outros (GRIZA *et al.* 2008).

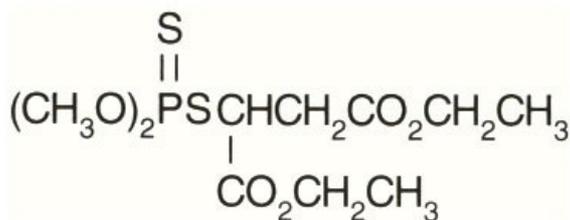


FIGURA 3. Fórmula Estrutural da Malationa
Fonte: ANVISA, 2003.

2.3.4 Parationa-metílica (*Parathion Methyl*)

A Parationa-metílica ou O,O-Dimethyl O-4-(nitrophenyl) phosphorothioate é um inseticida do grupo químico dos organofosforados, apresenta fórmula química como C₈H₁₀NO₅PS e número CAS 298-00-0 (Figura 4). Sua classificação toxicológica segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2003) é I extremamente tóxico e classificação IA com LD₅₀ de 14 mg/kg segundo a Organização Mundial da Saúde - OMS (2006). Este inseticida é considerado muito tóxico para peixes e organismos selvagens e pode ser tóxico ao homem e ao meio ambiente se não utilizado conforme as recomendações.

A exposição crônica a baixas doses de este organofosforado também pode causar ansiedade, ataxia, confusão mental, depressão, dificuldade de concentração, fala arrastada, febre, fraqueza generalizada, insônia, labilidade emocional, nistagmo, perda de memória, paralisias, parestesias, polineurite, psicose, sonambulismo, tontura, transtorno bipolar, tremores, zumbidos, sinais e sintomas de Parkinsonismo, lesões maculares comprometendo a visão, entre outros.

Existe, ainda hoje, muita controvérsia com relação a alguns efeitos tóxicos crônicos para o ser humano, como teratogenicidade, mutagenicidade e carcinogenicidade (GRIZA *et al.* 2008).

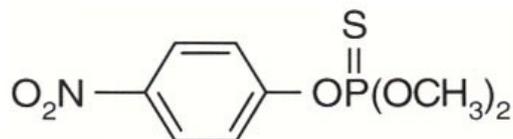


FIGURA 4. Fórmula Estrutural da Parationa-metílica
Fonte: ANVISA, 2003.

2.4 AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL E HUMANO

Avaliação de risco ambiental é definida como o processo por meio do qual se estabelecem os níveis de aceitabilidade de risco para os indivíduos, um grupo social ou toda a sociedade, para grupos específicos de organismos vivos e o ecossistema (KOLLURO *et al.*, 1998). O objetivo da avaliação de risco é orientar o processo de tomada de decisões estimando os riscos de efeitos adversos para a saúde humana e o ambiente de diversos estressores ambientais, entre eles os agrotóxicos (SUTTER II *et al.*, 2003; SEKIZAWA *et al.*, 2003; ROSS & BIRNBAUM, 2003).

Embora semelhantes, os métodos de avaliação de riscos para a saúde humana e de riscos ambientais foram desenvolvidos independentemente (VAN LEEUWEN & HERMENS, 1995; MUNNS *et al.*, 2003, SUTTER II *et al.*, 2005; SEKIZAWA & TANABE, 2005). Entretanto, uma vez que os agrotóxicos entram no ambiente eles podem atingir direta ou indiretamente o homem por diversas vias. Considerando isto e para uma proteção mais efetiva da saúde humana e do ambiente, Sutter II *et al.*, (2003) propuseram uma abordagem integrada da avaliação de risco. Esta avaliação combina o processo de estimação de riscos para o homem e o ambiente em uma avaliação unificada (SUTTER II *et al.*, 2003, SUTTER II *et al.*, 2005).

Nos Estados Unidos, o Conselho Nacional de Pesquisa (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1983) desenvolveu um esquema geral de avaliação de risco, o qual foi posteriormente modificado pela Agência de Proteção Ambiental – EPA e, então, adotado oficialmente pela EPA em 1998 (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY-EPA, 1998). Segundo a EPA a avaliação de riscos consiste em três etapas formais que devem ser realizadas como segue e que podem ser visualizadas na figura 5:

Etapa 1: Identificação do problema

Etapa 2: Análise da exposição e dos efeitos

Etapa 3: Caracterização do risco

A identificação ou formulação do problema é o processo que define e planeja a avaliação de risco, onde são definidos os compartimentos ambientais a serem estudados, os agrotóxicos, e os organismos a serem avaliados a partir de informações diagnósticas sobre a situação de uso dos agrotóxicos em uma determinada área. Permite construção de um modelo conceitual das fontes e das vias de exposição aos agrotóxicos, unindo a fonte aos receptores humanos e ambientais (Figura 6).

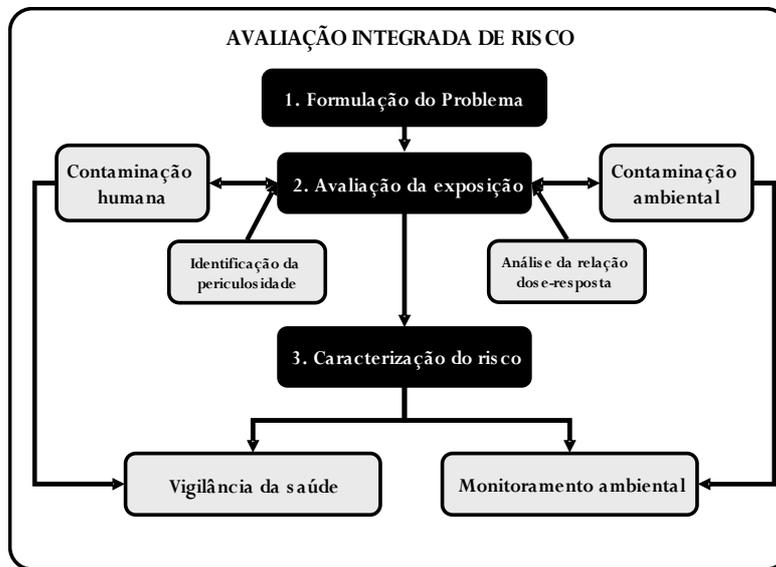


FIGURA 5. Etapas do processo de avaliação de risco.

Fonte: Waichman (2008)

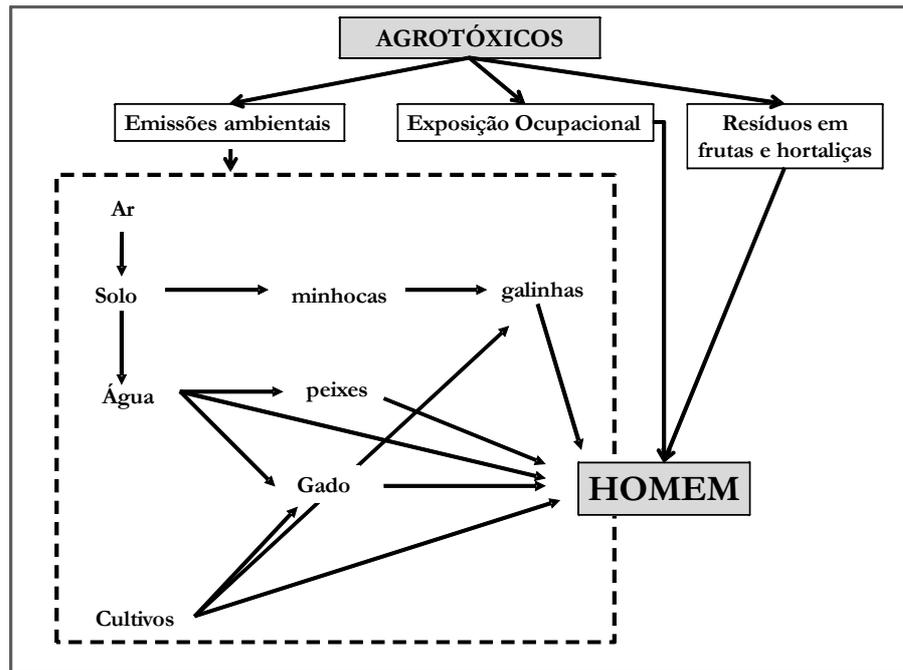


FIGURA 6. Modelo conceitual da exposição ambiental e humana aos agrotóxicos.

Em relação à exposição, podemos considerar três vias principais como responsáveis pela contaminação por agrotóxicos do ecossistema: a via ocupacional, a via ambiental e a via alimentar.

A *via ocupacional*, que se caracteriza pela contaminação dos trabalhadores que manipulam essas substâncias. Esta contaminação é observada tanto no processo de formulação quanto no processo de utilização e na colheita onde os trabalhadores manipulam e entram em contato com o produto contaminado.

A *via ambiental*, que se caracteriza pela dispersão e distribuição dos agrotóxicos ao longo dos diversos compartimentos do meio ambiente: a contaminação das águas, através da migração de resíduos de agrotóxicos para lençóis freáticos, leitos de rios, córregos, lagos e lagoas próximos; a contaminação atmosférica, resultante da dispersão de partículas durante o processo de pulverização ou de manipulação de produtos finamente granulados e evaporação de produtos mal-estocados; e a contaminação dos solos. A contribuição da via ambiental é de fundamental importância para o entendimento da contaminação humana por agrotóxicos (MOREIRA, 2002).

A *via alimentar* se caracteriza pela contaminação relacionada à ingestão de produtos contaminados por agrotóxicos. Uma vez ingeridos pode ocorrer a intoxicação que pode ser aguda, caracterizada por uma exposição em doses altas do produto por um período curto, ou seja, menos que 24 horas ou crônica que se caracteriza por uma exposição a doses pequenas por um longo período, podendo durar a vida inteira. O homem, os animais domésticos e silvestres de

forma geral estão expostos pela alimentação com as culturas nas quais foram aplicados os agrotóxicos. Os animais silvestres e domésticos podem se contaminar a partir da água, do solo, e de outros recursos ambientais contaminados nos quais vivem ou dos quais se alimentam. Tanto o homem como os animais domésticos e silvestres podem se contaminar bebendo água contaminada. Indiretamente, existe um maior número de rotas de exposição.

A formulação do problema permite realizar a avaliação da exposição. Esta fase do processo de avaliação integrada de risco tem como objetivos determinar as concentrações dos agrotóxicos nos compartimentos bióticos e abióticos do ecossistema, melhorar o entendimento dos processos ou fatores que determinam a exposição do ambiente em relação aos agrotóxicos (RÖMBKE & MOLTSMANN, 1996).

As rotas de exposição e a quantificação da exposição são avaliadas a partir da determinação dos níveis de agrotóxicos nos diferentes compartimentos do ecossistema, nos alimentos e nos seres humanos.

A caracterização dos efeitos dos agrotóxicos nos seres humanos e demais organismos vivos consiste na análise da relação dose-resposta a partir de dados da literatura sobre testes toxicológicos utilizando diferentes organismos como modelo (ratos, peixes, minhocas, microcrustáceos etc).

A terceira etapa denominada de caracterização de risco e tem por objetivo avaliar a magnitude dos riscos para a saúde humana e o ambiente. No caso de risco ambiental são comparadas as concentrações dos agrotóxicos determinadas no ambiente com as concentrações de efeito agudo (CL_{50}) e crônico (CENO) calculando do Quociente de Risco (QR). Estes valores são comparados com níveis críticos de risco, que variam para os diferentes compartimentos ambientais analisados. Se o quociente de risco é menor que o nível crítico o agrotóxico não apresenta risco para a o ambiente. Entretanto, se o quociente de risco é maior que o valor crítico estabelecido existe risco para o ambiente.

No caso da saúde humana o processo, embora semelhante, tem algumas diferenças e deve ser realizada a avaliação do risco pela exposição ocupacional e pela dieta. No caso da avaliação pela exposição ocupacional é realizado um cálculo a partir da dose potencial de exposição considerando a inalação e a via dérmica, a frequência e duração da exposição e a concentração do agrotóxico no ambiente (USEPA, 1997). A dose potencial é comparada com a Dose de Referência (RfD) para o agrotóxico em avaliação (EPA, 1989).

No caso da dieta a avaliação consiste em comparar a quantidade de agrotóxico consumido a partir dos diversos alimentos com uma concentração considerada segura. A quantidade de agrotóxico consumida é calculada a partir da dieta e dos níveis de resíduos de agrotóxicos

determinadas nos alimentos, incluindo a água que e bebida diariamente. Para avaliar o risco crônico, esta quantidade é comparada com a Dose Aceitável Diária (IDA) que é a quantidade de agrotóxico que pode ser ingerida diariamente ao longo da vida sem apresentar riscos à saúde e para avaliar o risco agudo, com a Dose Aguda de Referência (ARfD) que representa a quantidade de agrotóxico máxima que pode ser ingerida num período de 24 horas sem efeitos apreciáveis na saúde (VAN RAAIJ, 2001; VAN RAAIJ & OSSENDORP, 2002).

3. OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o risco do uso de agrotóxico para o ambiente e a saúde humana em áreas agrícolas do município de Manaus, Iranduba e Careiro da Várzea.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a presença de agrotóxicos em amostras de frutas e verduras;
- Determinar a presença de agrotóxicos em amostras de água;
- Determinar a presença de agrotóxicos em amostras de solo;
- Comparar as concentrações de agrotóxicos encontradas em frutas, verduras e na água com os valores máximos estabelecidos pela legislação.
- Realizar uma avaliação de risco ambiental;
- Realizar uma avaliação de risco humano pela ingestão de alimentos com resíduos de agrotóxicos.

3.3. HIPÓTESE

O uso inadequado pode estar ocasionando risco ambiental e humano nas áreas agrícolas em torno de Manaus.

4. MATÉRIAS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa faz parte do projeto intitulado Implantação do Sistema de Monitoramento e Avaliação de Intoxicação Humana e Ambiental por Agrotóxico no Estado do Amazonas, Projeto Temático financiado pela FAPEAM.

A partir de um recorte feito no projeto macro, este estudo faz uma avaliação do risco do uso de agrotóxico para o ambiente e a saúde humana em áreas agrícolas em torno de Manaus. Os municípios da pesquisa foram selecionados por apresentarem uma expressiva produção de hortaliças e verduras, e também pela facilidade de acesso a partir da sede do município.

As áreas aqui consideradas são a comunidade de Nova Esperança, localizada no bairro de Jorge Teixeira no município de Manaus, representativa de uma comunidade agrícola urbana, 09 (nove) comunidades no município de Iranduba e 08 (oito) comunidades no município de Careiro da Várzea, representando as comunidades agrícolas rurais (Quadro 4).

A comunidade Nova Esperança por estar inserida dentro do perímetro urbano pode ser denominada de comunidade agrícola urbana. Conforme Bicalho (1992), a expressão agricultura urbana designa um conjunto de atividades típicas do mundo rural (cultivo, criação, pesca, etc.) que se desenvolvem próximas ou no interior das cidades. Essa comunidade é caracterizada por apresentar uma alta produção de verduras para abastecer feiras e comércios da cidade de Manaus. O solo é bastante arenoso e as culturas são irrigadas. Nesta comunidade a maior parte da mão de obra é terceirizada e há um expressivo uso de agrotóxicos nas plantações. Segundo dados do relatório do projeto intitulado Implantação do Sistema de Monitoramento e Avaliação de Intoxicação Humana e Ambiental por Agrotóxico no Estado do Amazonas (RELATÓRIO SITOXAM, 2007), 82,6% do total de agricultores entrevistados utilizam agrotóxicos, sendo que 100% em Manaus, 71,8% em Iranduba e 84,8% no Careiro da Várzea.

As comunidades pertencentes ao município de Iranduba e Careiro da Várzea estão localizadas em áreas de várzea. A várzea é tida com um ambiente potencialmente produtivo devido à fertilidade natural dos seus solos provocado pela sedimentação orgânica proveniente das enchentes dos rios. Por mais de 1000 anos os ambientes de várzea foram utilizados para o sustento das populações ribeirinhas (indígenas e caboclas) sem graves impactos sobre o ambiente (WAICHMAN *et al.*, 2003). As comunidades estudadas têm na atividade agrícola a garantia da sua

subsistência e principal fonte de renda familiar. Em todas as comunidades, a principal atividade econômica é o plantio de hortaliças com uso de agrotóxicos.

QUADRO 5. Localização das Comunidades.

Comunidade	Localidade	Localização
<i>Irاندuba</i>		
Nossa Sra. de Fátima	Ilha da Paciência	S 03°19'21.7" W 060°11'39.3"
São Francisco	Muratú	S 03°20'09.2" W 060°12'12.2"
São José	Ilha do Jacurutu	S 03°20'19.2" W 060°09'51.3"
Divino Espírito Santo	Ilha do Espírito Santo	S 03°17'48.3" W 060°08'14.9"
Santa Luzia	Ilha do Baixio	S 03°18'01.5" W 060°06'47.5"
São Sebastião	Ilha da Machantaria	S 03°15'43.0" W 059°59'44.0"
São Francisco I	Costa do Irاندuba	S 03°17'34.7" W 060°07'09.1"
São João Batista	Costa do Irاندuba	S 03°17'54.2" W 060°09'47.9"
São Sebastião/Renacer	Costa do Irاندuba	S 03°17'53.0" W 060°08'51.4"
<i>Careiro da Várzea</i>		
Santa Luzia	Paraná do Careiro	S 03°13'24.4" W 059°47'37.9"
Nossa Senhora de Nazaré	Paraná do Careiro	S 03°14'15.3" W 059°43'45.8"
Bom Jesus do Grêmio	Paraná do Careiro	S 03°14'45.3" W 059°44'11.2"
São Sebastião	Paraná do Careiro	S 03°13'58.3" W 059°45'49.8"
Assembléia de Deus	Costa do Careiro	S 03°14'58.9" W 059°45'17.9"
São Lázaro	Costa do Careiro	S 03°12'57.7" W 059°47'05.1"
São Francisco	Costa da Terra Nova	S 03°06'2.2" W 059°49'59.5"
São José	Costa da Terra Nova	S 03°07'22.6" W 059°52'42.5"
<i>Manaus</i>		
Nova Esperança	Jorge Teixeira	S03°00'59,24"W 059°55'19,76"

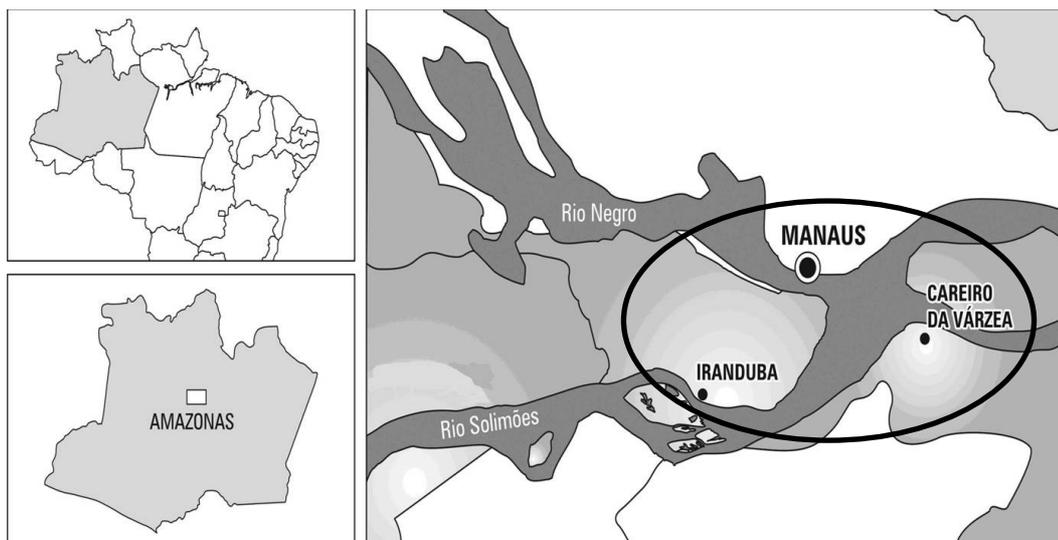


FIGURA 7. Figura esquemática indicando a área de estudo.

Fonte: WAICHMAN *et al.*, 2007.

Além das comunidades urbanas e rurais das áreas em torno de Manaus, as coletas também foram realizadas em 10 (dez) feiras e 04 (quatro) supermercados da cidade que comercializavam produtos dos locais da área de estudo, no período entre maio de 2007 a dezembro de 2008.

4.2 ENTREVISTAS

As comunidades foram visitadas para realização de entrevistas com aplicação de formulário estruturado e observação direta para indagação do tipo de agrotóxico utilizado, a frequência de utilização e dose aplicadas, formas de preparo, locais de lavagem dos equipamentos, formas de proteção individual e destino das embalagens, locais de compra do agrotóxico. Por envolver seres humanos, individuais ou coletivamente, de forma direta ou indireta, incluindo o manejo de informações ou materiais, o projeto temático do qual esta pesquisa faz parte foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa – CEP da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, com processo formalizado sob o N° 021/2004.

4.3 COLETA DE MATERIAL E ANÁLISES LABORATORIAIS

4.3.1 Coleta de Água

As amostras de água foram coletadas dentro da propriedade dos agricultores, em rios, córregos, cacimbas e poços. A coleta de água foi realizada conforme a metodologia descrita no Standard Methods Water and Wastewater Analysis (APHA 1985).

Algumas variáveis físico-químicas foram medidas *in situ* como:

- *Temperatura da água*, determinada com Termômetro digital da marca SCHOTT, modelo OX 1/set, com precisão de 0,1°C;
- *pH*, determinado com potenciômetro digital da marca WTW, modelo C535, com precisão de 0,1 unidades;
- *Oxigênio dissolvido* determinado com oxímetro digital da marca SCHOTT, modelo handylab OX 1/set, com eletrodo polarográfico de ouro, com compensação automática de pressão e temperatura e com precisão de 0,1 mg.L⁻¹;
- *Condutividade elétrica*, determinada no laboratório, com condutivímetro digital marca SCHOTT, com compensação automática de temperatura para 25°C e precisão de 0,01 µS/cm.

Depois de realizadas as medições as amostras foram armazenadas em garrafas de vidro âmbar de 100ml (água) e guardadas em caixa de isopor com gelo para posterior análise e processamento em laboratório. Foram coletadas 25 amostras de água (08 de lagos e igarapés, 08 de cacimba e 09 de poços). As variáveis físico-químicas da água se encontram no Anexo A.



FIGURA 8. Igarapé em Nova Esperança - Manaus; Lago no Iranduba.

4.3.2 Coleta de Solo

A coleta de solos foi realizada conforme estabelece a norma da ISO/FDIS 10381-1:2001, que consiste na amostragem em forma de X (padrão rotação da diagonais), que é amplamente utilizado nas investigações de contaminação do solo por atividades agrícolas. Consiste na determinação de pontos de coleta posicionados em diagonais. Cada ponto de coleta foi numerado de forma a poder posteriormente combiná-los em amostras compostas (Figura 7). O número de amostras compostas é determinado conforme o tamanho da área de plantio. Neste caso, como as áreas não eram maiores que 2 hectares segundo a norma foi coletada uma amostra composta por local. Para a coleta de solo usou-se um trado, retirando-se os primeiros 20 cm do solo, e o solo colocado em 3 recipientes diferentes conforme o esquema acima, cada um formando uma amostra. Ao final da coleta, as três amostras foram misturadas e uma amostra de aproximadamente 500 g foi retirada para análise e caracterização do solo, e outra amostra de 500g foi retirada para determinação da concentração de agrotóxico.

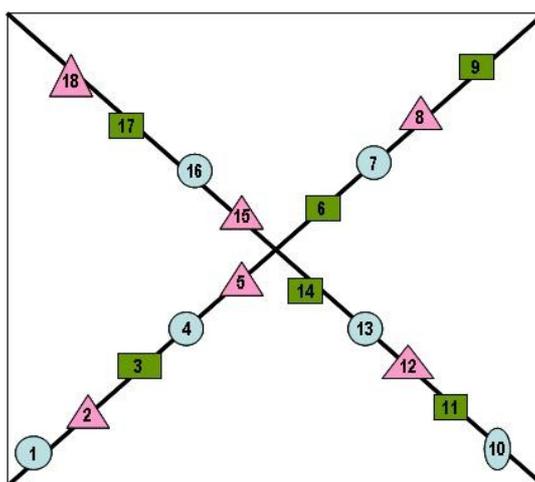


FIGURA 9. Esquema utilizado para coleta de solo conforme norma ISO/FDIS 10381-1:2001. Os símbolos representam as amostras individuais que serão misturadas para formar 03 amostras compostas que foram misturadas numa amostra única.

Ao todo foram coletadas 16 amostras compostas de solo (10 em Iranduba e 6 em Manaus) que foram devidamente identificadas, embrulhadas em papel alumínio, etiquetadas, acondicionadas em sacos plásticos e guardadas em caixa de isopor com gelo para posterior análise em laboratório.

Uma vez no laboratório, as amostras destinadas à caracterização do solo, foram secadas a temperatura ambiente e posteriormente analisada no Laboratório de Solos da UFAM, conforme manual da Embrapa (Embrapa, 1997). Estas análises evidenciaram solos tipo Gleissolos em

Irlanduba e solos do tipo Neossolos Quartzarênicos em Manaus. As características dos solos são apresentadas no Anexo B.

As amostras destinadas à determinação de agrotóxicos, foram peneiradas, raízes e restos orgânicos retirados e 2 g da amostra foram pesadas para posterior análise.

4.3.3 Coleta de Frutas e Verduras

A coleta de frutas e verduras também foi realizada conforme a metodologia utilizada na coleta de solo da ISO/FDIS 10381-1:2001, que consiste na amostragem de coleta em forma de X (padrão rotação da diagonais), pois o solo foi coletado na mesma área da coleta das frutas e verduras. Foram coletadas 95 (noventa e cinco) amostras nos municípios, 51 (cinquenta e um) amostras nas feiras e 45 (quarenta e cinco) amostras nos principais supermercados da cidade de Manaus. Sendo que em Manaus coletamos 9 (nove) amostras de alface, 6 (seis) de couve e 3 (três) coentro. Em Irlanduba foram coletadas 11 (onze) amostras de alface, 15 (quinze) de couve, 7 (sete) coentro, 8 (oito) tomate e 6 (seis) pepino. No Careiro da Várzea foram coletadas 6 (seis) amostras de alface, 11 (onze) de couve, 11 (onze) coentro, 2 (dois) tomate. Nos supermercados e feiras foram coletadas 5 (cinco) amostras de cada cultura, alface, couve, coentro, tomate e pepino respectivamente(Figura 10).



FIGURA 10. Coleta de verduras: alface e couve.

Em seguida as amostras de frutas e verduras foram devidamente identificadas, embrulhadas em papel alumínio, etiquetadas, acondicionadas em sacos plásticos e guardadas em caixa de isopor com gelo para posterior análise e processamento em laboratório. Na hora da

coleta da amostra ainda foi aplicado um segundo questionário indagando sobre o agrotóxico utilizado e a data da última aplicação do produto.

Apenas foram coletadas amostras de Coentro (*Petroselinum crispum*), alface (*Lactuca sativa*), couve (*Brassica olearacea*), tomate (*Solanum lycopersicum*) e pepino (*Cucumis sativa*) por serem as principais culturas produzidas (Figura 11).



FIGURA 11. Preparo das amostras de: alface, couve, coentro, tomate, pepino.

4.3.4 Análises laboratoriais

A técnica descrita por Doog & Lião, (1997) e Capobiano & Cardeal, (2005) foi adaptada para amostras de frutas, verduras e solo. A técnica utilizada foi a de micro-extração em fase sólida desenvolvida por Pawliszin (1999). A fibra utilizada nas análises foi a PDMS (Polydimethylsiloxano, 100 μ m) acoplada no Autosampler (8400) ambos da Supelco.

As amostras foram trituradas em um triturador industrial marca METVISA, modelo MO:2200. Foi pesada apenas 1g da amostra (verduras e frutas) e 2g da amostra (solo) em balança analítica de marca OHAS, modelo Analytical Standard com precisão de 0,001g. Em seguida as amostras foram armazenadas em um *vial* de *headspace* de 20ml, da marca Supelco, 16 ml de água destilada foram adicionados e o *vial* foi selado com septo de silicone linear. No caso da água, 16 ml de amostra foram colocadas no *vial* de *headspace* de 20ml sem nenhum tratamento prévio (Figura 12).



FIGURA 12. Preparação das amostras para análises laboratoriais.

As amostras ficaram sob agitação no agitador marca Quimis (Modelo: Q261-12) em uma velocidade de 1.300 rpm com uma barra magnética (5mmx15mm) com a fibra exposta por aproximadamente 45 minutos (Figura 9). Terminado o tempo de extração, a fibra foi retraída, a agulha foi retirada do septo e foi inserida no cromatógrafo por aproximadamente 17 min de corrida.

Foi utilizado um Cromatógrafo a gás marca Varian, modelo CG 3800, com captura e detector de elétrons (ECD), provido de coluna capilar 8944 (VF 5ms: 30m x 0,25mm, 0,25 μ m), com fase estacionária de fenil (5%) e dimetilpolisiloxano (95%). O gás transportador utilizado foi o Nitrogênio 5.0 com pressão inicial de 80psi (Kgf/cm²).

O cromatógrafo a gás foi operado no modo splitless com 16.9 min de corrida com a programação da coluna acertada em 160°C mantendo por 1 min., depois elevada para 190°C a 25°C/min., mantido por 2,7 min., depois elevado para 290°C a 25°C/min e finalmente mantida por 8 minutos. A temperatura do injetor foi de 250°C e a do detector foi de 300°C.

A quantificação das amostras foi realizada usando curva de calibração preparada com padrões de deltametrina (98,5% de pureza), parationa-metílica (95%), malationa (97,3%) e lambda-cialotrina (99,7%) adquiridos da Sigma-Aldrich). Para cada agrotóxico estudado foi preparada uma solução estoque na concentração de 100ng/ μ l em acetato de etila e armazenadas em freezer a 4°C e usados posteriormente para preparação dos padrões. Solução mista de concentração 300ng/ml foi preparada a partir da solução estoque em água destilada.



FIGURA 13. Procedimento de micro extração em fase sólida em *vial headspace*.
Fonte: Paola Campos

4.4 AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL E HUMANO

A avaliação de riscos para o ecossistema aquático foi baseada no cálculo da razão exposição-toxicidade (ETR), estimada em escala local a partir da concentração de agrotóxico nas amostras de água e de parâmetros toxicológicos de exposição aguda concentração letal (LC₅₀ - dose que causa a mortalidade de 50% dos organismos) e crônica, dose de efeito não observado (CENO) em peixes. A LC₅₀ e o CENO foram utilizados para calcular a concentração que não cause efeito (NEC) utilizando um fator de avaliação, de forma a proteger as espécies mais sensíveis, sendo este fator 0,01 vezes a LC₅₀ para risco agudo e 0,1 vezes o CENO para risco crônico. Situação de risco agudo foi indicada se a concentração ambiental foi maior o igual que 0,01 vezes a LC₅₀ e risco crônico se a concentração ambiental foi maior o igual a 0,1 vezes o CENO.

Para determinação do risco para o ecossistema terrestre, valores de toxicidade dos agrotóxicos para minhocas foram obtidos de Römbke *et al.*, (2008) (Tabela 1). A LC₅₀ e o CENO para minhocas foram utilizados para calcular a concentração que não causa efeito (NEC) utilizando os seguintes fatores de avaliação, 0,1 vezes a LC₅₀ para risco agudo e 0,2 vezes o CENO para risco crônico. No caso dos ecossistemas terrestres, situação de risco agudo foi indicada se a concentração ambiental foi maior o igual que 0,1 vezes a LC₅₀ e risco crônico se a concentração ambiental foi maior o igual a 0,2 vezes o CENO.

Os valores de toxicidade dos agrotóxicos para peixes foram obtidos da base de dados ecotoxicológicos e toxicológicos do RIVM - Instituto Nacional para Saúde Pública e Ambiental da Holanda (Tabela 1). Em ambos os casos, quando somente estiveram disponíveis valores da LC₅₀, os valores do CENO foram estimados dividindo a LC₅₀ por um fator de 10 (VAN DEN BRINK *et al.*, 2003).

TABELA 1. Dados sobre toxicidade em minhoca e peixes utilizados para o cálculo de risco.

Agrotóxico	Minhoca (<i>Eisenia fétida</i>)		Peixe (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	
	LC ₅₀ (mg/kg)	CENO (mg/kg)	LC ₅₀ (mg/kg)	CENO(mg/kg)
Parationa metílica	99,7	9,9	4,98	0,056
Malationa	42,0	4,2	1,507	0,091
Lambda cialotrina	23,8	2,3	0,21	0,0021
Deltametrian	1.290,0	129,0	2,6x10 ⁻⁴	3,2x10 ⁻⁵

Para determinar o risco em água subterrânea, o valor da concentração da amostras foi dividido pelo valor máximo permitido constante na Resolução do Conama N° 357/2005 e N° 20/1986.

No caso do risco humano a partir da dieta, para o cálculo de risco de intoxicação aguda, quantidade diária ingerida calculada a partir da concentração de agrotóxicos nos alimentos foi comparada com dose de referência (ARfD) que representa a quantidade máxima de agrotóxico que pode ser ingerida em 24 horas sem risco para a saúde conforme a seguinte equação:

$$\text{Risco Agudo} = \frac{\text{Ingestão (mg/Kg pc/dia)} * 100}{\text{ARfD (mg/Kg pc/dia)}}$$

Para o cálculo de risco crônico foi utilizada a Ingestão Diária Aceitável (IDA) conforme a seguinte equação:

$$\text{Risco Crônico} = \frac{\text{Ingestão (mg/Kg pc/dia)} * 100}{\text{IDA (mg/Kg pc/dia)}}$$

Utilizando estas equações, risco agudo ou crônico foi indicado se o resultado foi igual o maior que 100.

Os dados referentes ao IDA foram obtidos do Índice Monográfico da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e os dados referentes ao ARfD foram obtidos dos relatórios do Painel de Expertos em Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos da FAO e da OMS - JMPR (Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment e WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues) (FAO, 2005) (Tabela 2). O consumo diário de alimentos foi obtido da dieta regional para América Latina da Organização Mundial da Saúde (OMS), do GEMS/Food Regional Diet (GEMS, 2003) e de MATTOS & MARTINS (2000).

TABELA 2. Ingestão Diária Aceitável (IDA) e Dose Aguda de Referência (ARfD) para os agrotóxicos avaliados neste estudo.

Agrotóxico	IDA mg/kg	ARfD mg/kg
Parationa metílica	0,3	0,001
Malationa	0,3	14,0
Lambda cialotrina	0,005	0,0075
Deltametrina	0,01	0,05

5. RESULTADOS

5.1 Resíduos de Agrotóxicos nas Frutas e Verduras Coletadas nas Áreas de Plantio (Pré-Colheita).

Uma percentagem elevada de amostras de frutas e verduras apresentou resíduos de agrotóxicos, principalmente de parationa metílica e malationa, com a deltametrina e a lambda cialotrina em menor proporção (tabelas 3 e 4). A percentagem de amostras que apresentaram resíduos foi semelhante em todos os municípios estudados.

TABELA 3. Presença de resíduos de agrotóxicos em hortaliças produzidas nos municípios.

Municípios	Resíduos %
Irاندuba	95,7
Careiro da Várzea	96,7
Manaus	94,4

TABELA 4. Princípios ativos de agrotóxicos presentes em amostras de hortaliças produzidos nos município.

Municípios	Parationa metílica %	Malationa %	Lambda-cialotrina %	Deltametrina %
Irاندuba	76,5	68,0	21,2	25,5
Careiro da Várzea	80,0	83,3	30,0	20,0
Manaus	94,5	88,9	27,8	33,0

Observou-se uma variação na presença de resíduos de agrotóxicos por cultura nos diferentes municípios (Tabela 5). No caso da parationa metílica, da malationa, e da deltametrina resíduos foram encontrados em todas as culturas em todos os municípios. Já a lambda cialotrina não foi encontrada em amostras de pepino em Irاندuba, couve em Careiro da Várzea e coentro em Manaus.

Em relação às culturas, a alface foi a que apresentou um maior número de amostras com resíduos de parationa metílica e malationa em todos os municípios, sendo que no município de Careiro da Várzea todas as amostras analisadas contiveram resíduos de malationa. No caso da lambda cialotrina, o maior número de amostras com resíduos foi observado em Manaus, e da deltametrina em Careiro da Várzea, com 33,3% das amostras nestes municípios.

A couve, da mesma forma que a alface, foi uma cultura com grande número de amostras com resíduos de parationa metílica e malationa em todos os municípios, destacando-se Manaus, onde todas as amostras analisadas contiveram resíduos destes dois agrotóxicos. Manaus também foi o município onde observou-se uma maior percentagem de amostras com resíduos de deltametrina e lambda-cialotrina.

TABELA 5. Percentagem de amostras que apresentaram resíduos de agrotóxicos por cultura em Manaus, Iranduba e Careiro da Várzea.

Culturas	Parationa metílica	Malationa	Lambda-cialotrina	Deltametrina
	%	%	%	%
<i>Iranduba</i>				
alface	54,5	36,4	27,3	9,1
couve	80,0	80,0	13,3	26,7
coentro	85,7	85,7	57,1	42,9
tomate	75,0	62,5	12,5	37,5
pepino	100,0	66,7	0,0	16,7
<i>Careiro da Várzea</i>				
alface	66,7	100,0	16,67	33,3
couve	90,9	63,6	0,0	18,2
coentro	81,8	90,9	63,6	9,1
tomate	50,0	50,0	50,0	50,0
<i>Manaus</i>				
alface	88,9	88,9	33,3	22,2
couve	100,0	100,0	16,7	50,0
coentro	100,0	66,7	0,0	33,3

As concentrações de resíduos de agrotóxicos detectadas nas diferentes culturas foram comparadas com o Limite Máximo de Resíduos – LMR definido como a quantidade máxima de resíduos de agrotóxicos legalmente aceitas no alimento, em decorrência da aplicação adequada numa fase específica desde sua produção até o consumo. Estes valores levam em consideração a quantidade máxima de agrotóxico que pode ser ingerida diariamente durante toda a vida por uma pessoa sem apresentar danos à saúde.

No município de Iranduba observou-se que todas as culturas apresentaram amostras acima do LMR para a parationa metílica, sendo que a menor percentagem (54,5%) foi para a alface e a maior percentagem (85,7%) no coentro (Tabela 6). No caso da malationa somente a coentro apresentou amostras com resíduos acima do LMR, sendo esta percentagem alta (85,7%). Para a lambda cialotrina, a percentagem de amostras das diferentes culturas que apresentaram resíduos acima do LMR variou de 0% para o pepino a 57,1% para o coentro. Para a deltametrina

somente as amostras de couve, coentro e pepino apresentaram amostras acima do LMR variando de 16,7% a 28,6%.

TABELA 6. Faixa de concentração de agrotóxicos, valor média e percentagem de amostras com resíduos acima do limite máximo de resíduos permitido, nas culturas do município de Iranduba.

Verduras e Frutas	Faixa (mg/Kg)	Média (mg/Kg)	Amostras >LMR (%)	LMR (mg/Kg)
<i>Parationa metílica</i>				
alface	<LD - 6,01	0,66	54,5	0,01
couve	<LD - 0,52	0,20	73,3	0,01
coentro	<LD - 4,81	1,00	85,7	0,01
tomate	<LD - 7,50	1,13	75,0	0,01
pepino	<LD - 9,70	1,71	83,3	0,01
<i>Malationa</i>				
alface	<LD - 1,16	0,13	0,0	8,00
couve	<LD - 0,35	0,16	0,0	3,00
coentro	<LD - 0,94	0,43	85,7	0,01
tomate	<LD - 1,57	0,30	0,0	3,00
pepino	<LD - 0,47	0,17	0,0	3,00
<i>Lambda cialotrina</i>				
alface	<LD - 0,41	0,05	18,2	0,01
couve	<LD - 0,52	0,01	6,7	0,05
coentro	<LD - 7,90	3,31	57,1	0,01
tomate	<LD - 0,24	0,03	12,5	0,05
pepino	<LD	<LD	0,0	0,01
<i>Deltametrina</i>				
alface	<LD	<LD	0,0	0,01
couve	<LD - 4,60	4,08	26,7	0,1
coentro	<LD - 1,48	0,21	28,6	0,01
tomate	<LD - 0,12	0,02	0,0	0,03
pepino	<LD - 2,70	0,45	16,7	0,03

LMR (limite máximo de resíduos). Monografia dos Agrotóxicos-Anvisa.

LD (limite de detecção): parationa metílica: 0,02mg/kg; malationa: 0,02mg/kg, deltametrina: 0,015 mg/kg; lambda cialotrina: 0,08 mg/kg

No município de Careiro da Várzea também se observou que o agrotóxico parationa metílica foi encontrado em concentrações acima do LMR maior percentagem de amostras para todas as culturas (Tabela 7).

TABELA 7. Faixa de concentração de agrotóxicos, valor media e percentagem de amostras com resíduos acima do limite máximo de resíduos permitido, nas culturas do município de Careiro da Várzea.

Verduras e Frutas	Faixa (mg/Kg)	Média (mg/Kg)	Amostras >LMR (%)	LMR (mg/Kg)
<i>Parationa Metílica</i>				
alface	<LD - 0,25	0,15	66,7	0,01
couve	<LD - 0,42	0,21	90,9	0,01
coentro	<LD - 4,10	0,93	81,8	0,01
tomate	<LD - 0,46	0,23	50,0	0,01
<i>Malationa</i>				
alface	<LD - 0,21	0,10	0,0	8,0
couve	<LD - 1,27	0,24	0,0	3,0
coentro	<LD - 2,50	0,35	81,8	0,01
tomate	<LD - 0,163	0,08	0,0	3,0
<i>Lambda cialotrina</i>				
alface	<LD - 0,09	0,02	16,7	0,01
couve	<LD	<LD	0,0	0,05
coentro	<LD - 23,00	3,79	63,6	0,01
tomate	<LD	<LD	0,0	0,05
<i>Deltametrina</i>				
alface	<LD - 1,10	0,18	16,7	0,01
couve	<LD	<LD	0,0	0,1
coentro	<LD - 0,11	0,010	9,1	0,01
tomate	<LD	<LD	0,0	0,03

LMR (limite máximo de resíduos). Monografia dos Agrotóxicos-Anvisa.

LD (limite de detecção): parationa metílica: 0,02mg/kg; malationa: 0,02mg/kg, lambda cialotrina: 0,08 mg/kg; deltametrina: 0,015 mg/kg

Para a malationa somente foram detectados resíduos acima do LMR, para coentro com 81,8%. A alface e a coentro apresentaram amostras acima do LMR para a lambda cialotrina, com 16,7% e 63,3% das amostras, respectivamente. Estas duas culturas também foram as únicas a apresentarem resíduos de deltametrina acima do LMR.

No município de Manaus observou-se a presença de parationa metílica acima do LMR em todas as culturas, em percentagens que variaram entre 50% e 88,9% (Tabela 8). Já a malationa somente esteve presente com concentrações acima do LMR no coentro, embora com percentagens elevadas de amostras (83,3%). No caso da lambda cialotrina, somente a couve não apresentou amostras com resíduos acima do LMR e a deltametrina não apresentou resíduos acima do LMR para nenhuma cultura.

TABELA 8. Faixa de concentração de agrotóxicos, valor media e percentagem de amostras com resíduos acima do limite máximo de resíduos permitido, nas culturas do município de Manaus.

Verduras e Frutas	Faixa (mg/Kg)	Média (mg/Kg)	Amostras >LMR (%)	LMR (mg/Kg)
<i>Parationa metílica</i>				
alface	<LD - 0,45	0,28	88,9	0,01
couve	0,11 - 0,325	0,22	50,0	0,01
coentro	<LD - 0,485	0,34	83,3	0,01
<i>Malationa</i>				
alface	<LD - 0,42	0,15	0,0	8
couve	<LD - 0,25	0,16	0,0	3
coentro	<LD - 0,38	0,20	83,3	0,01
<i>Lambda cialotrina</i>				
alface	<LD - 0,66	0,01	22,2	0,01
couve	<LD	<LD	0,0	0,05
coentro	<LD - 0,41	0,07	16,7	0,01
<i>Deltametrina</i>				
alface	<LD	<LD	0,0	0,01
couve	<LD	<LD	0,0	0,1
coentro	<LD	<LD	0,0	0,01

LMR (limite máximo de resíduos). Monografia dos Agrotóxicos-Anvisa.

LD (limite de detecção): parationa metílica: 0,02mg/kg; malationa: 0,02mg/kg; lambda cialotrina: 0,08 mg/kg; deltametrina: 0,015 mg/kg.

Uma análise comparativa por cultura, agrotóxico e município pode ser mais bem visualizada na Tabela 9. A parationa metílica foi o único agrotóxico que apresentou amostras acima do LMR para todas as culturas avaliadas e em todos os municípios. O município de Manaus foi o que apresentou maior número de amostras com resíduos de parationa metílica acima do permitido na alface. No caso da couve, destaca-se o município de Careiro da Várzea com 90% das amostras com resíduos acima do LMR. Os municípios apresentaram percentagens semelhantes de amostras contendo resíduos acima do LMR no coentro. Iranduba apresentou uma percentagem maior de amostras de tomate com resíduos de parationa metílica em comparação com Careiro da Várzea. A malationa somente apresentou resíduos acima do LMR em todos os municípios para a coentro, com percentagens sempre acima de 80%.

TABELA 9. Percentagem de amostras com resíduos acima do LMR por agrotóxico, cultura e município.

Verduras e Frutas	Amostras >LMR (%) Manaus	Amostras >LMR (%) Careiro	Amostras >LMR (%) Iranduba	LMR (mg/Kg)
<i>Parationa metílica</i>				
alface	88,9	66,7	54,5	0,01
couve	50,0	90,9	73,3	0,01
coentro	83,3	81,8	85,7	0,01
tomate		50,0	75,0	0,01
pepino			83,3	0,01
<i>Malationa</i>				
alface	<LD	<LD	<LD	8,0
couve	<LD	0,00	<LD	3,0
coentro	83,3	81,8	85,7	0,01
tomate		0,00	<LD	3,0
pepino			<LD	3,0
<i>Lambda cialotrina</i>				
alface	22,2	16,7	18,2	0,01
couve	<LD	<LD	6,7	0,05
coentro	16,7	63,6	57,1	0,01
tomate		<LD	12,5	0,05
pepino			<LD	0,01
<i>Deltametrina</i>				
alface	<LD	16,7	<LD	0,01
couve	<LD	<LD	26,7	0,1
coentro	<LD	9,1	28,6	0,01
tomate		<LD	<LD	0,03
pepino			16,7	0,03

LMR (limite máximo de resíduos). Monografia dos Agrotóxicos-Anvisa.

LD (limite de detecção): parationa metílica: 0,02mg/kg; malationa: 0,02mg/kg; lambda cialotrina: 0,08 mg/kg; deltametrina: 0,015 mg/kg.

A lambda cialotrina foi encontrada acima do LMR na alface e no coentro em todos os municípios, embora em percentagens que não ultrapassaram 25% das amostras analisadas. No caso da couve e do tomate, somente foram detectados resíduos acima do LMR em Iranduba, numa baixa proporção de amostras.

Em relação à deltametrina, não foram encontradas amostras com resíduos acima do LMR em Manaus, sendo que foram detectados em alface e coentro no Careiro da Várzea e em couve, coentro e pepino no Iranduba.

5.2 Resíduos de Agrotóxicos nas Frutas e Verduras Coletadas em Supermercados e Feiras (Pós-Colheita).

Das 51 amostras analisadas das principais feiras de Manaus, 96% das amostras foram detectados resíduos de agrotóxicos e das 45 amostras analisadas dos supermercados que obtêm suas frutas e verduras da região do entorno de Manaus, 88,9% das amostras continham resíduos de agrotóxicos (Tabela 10). Uma percentagem elevada de amostras de frutas e verduras apresentou resíduos de agrotóxicos para todos os princípios ativos em relação às feiras e em menor proporção para os supermercados (Tabela 11).

TABELA 10. Presença de resíduos de agrotóxicos em hortaliças comercializadas.

Municípios	% de amostras com resíduos
Feiras	96,0
Supermercados	88,9

TABELA 11. Princípios ativos de agrotóxicos presentes em amostras de hortaliças comercializadas.

Municípios	Parationa metílica %	Malationa %	Lambda-cialotrina %	Deltametrina %
Feiras	86,3	68,7	45,1	33,1
Supermercados	80,0	44,4	28,9	13,3

Em todas as culturas analisadas das principais feiras de Manaus foram detectados resíduos de agrotóxicos, sendo que os agrotóxicos parationa metílica e lambda-cialotrina estiveram com concentrações acima do LMR permitido para todas as culturas (Tabela 12). A malationa apresentou resíduos acima do LMR somente para o coentro e o pepino, embora em uma proporção pequena de amostras, abaixo de 10%. No caso da deltametrina, resíduos acima do permitido foram detectados em baixa proporção (2%) na couve, tomate e pepino.

TABELA 12. Faixa de concentração de agrotóxicos, valor média e percentagem de amostras com resíduos acima do limite máximo de resíduos permitido, nas verduras comercializadas nas principais feiras de Manaus.

Verduras e Frutas	Faixa (mg/Kg)	Média (mg/Kg)	Amostras >LMR (%)	LMR (mg/Kg)
<i>Parationa metílica</i>				
alface	<LD - 5,6	0,64	17,4	0,01
couve	<LD - 0,23	0,11	18,8	0,01
coentro	0,027 – 35,0	4,42	19,1	0,01
tomate	0,125 – 1,61	0,44	20,0	0,01
pepino	0,069 - 0,54	0,24	20,0	0,01
<i>Malationa</i>				
alface	<LD -1,30	0,24	0,0	8,0
couve	<LD – 1,10	0,35	0,0	3,0
coentro	<LD – 2,02	0,53	8,5	0,01
tomate	<LD – 5,40	1,06	0,0	3,0
pepino	<LD – 8,23	1,40	2,2	3,0
<i>Lambda-cialotrina</i>				
alface	<LD - 0,30	0,06	13,0	0,01
couve	<LD - 0,10	0,01	2,1	0,05
coentro	<LD – 8,20	1,97	17,0	0,01
tomate	<LD - 0,20	0,03	2,2	0,05
pepino	<LD - 0,20	0,10	4,4	0,01
<i>Deltametrina</i>				
alface	<LD	<LD	0,0	0,01
couve	<LD – 0,17	0,03	2,1	0,1
coentro	<LD - 0,008	0,002	0,0	0,01
tomate	<LD - 0,28	0,28	2,2	0,03
pepino	0,04 - 0,40	0,02	2,2	0,03

LMR (limite máximo de resíduos). Monografia dos Agrotóxicos-Anvisa.

LD (limite de detecção): parationa metílica: 0,02mg/kg; malationa: 0,02mg/kg; lambda cialotrina: 0,08 mg/kg; deltametrina: 0,015 mg/kg.

No caso das amostras provenientes dos principais supermercados de Manaus, somente o parationa metílica foi detectado com concentrações acima do LMR para todas as frutas e verduras analisadas, em proporções menores as encontradas na pré-colheita e nas principais feiras de Manaus (Tabela 13). A malationa somente foi detectada em concentrações acima do LMR no coentro. A lambda cialotrina esteve presente em concentrações acima do LMR para todas as culturas com exceção do tomate, embora em uma baixa proporção de amostras (< 9%). Somente a couve e o pepino apresentaram resíduos acima do permitido para a deltametrina em uma pequena percentagem de amostras (2,2%).

TABELA 13. Faixa de concentração de agrotóxicos, valor média e percentagem de amostras com resíduos acima do limite máximo de resíduos permitido, nas verduras comercializadas nos principais supermercados de Manaus.

Verduras e Frutas	Faixa (mg/Kg)	Média (mg/Kg)	Amostras >LMR (%)	LMR (mg/Kg)
<i>Parationa metílica</i>				
alface	<LD - 1,17	0,19	11,1	0,01
couve	0,02 - 1,24	0,40	17,8	0,01
coentro	<LD - 0,99	0,32	15,6	0,01
tomate	<LD - 0,73	0,36	17,8	0,01
pepino	<LD - 2,48	0,71	17,8	0,01
<i>Malationa</i>				
alface	<LD - 2,96	0,63	0,0	8,0
couve	<LD - 1,37	0,40	0,0	3,0
coentro	<LD - 6,73	1,81	8,9	0,01
tomate	<LD - 1,37	0,47	0,0	3,0
pepino	<LD - 1,35	0,46	0,0	3,0
<i>Lambda-cialotrina</i>				
alface	<LD	<LD	4,4	0,01
couve	<LD	<LD	2,2	0,05
coentro	<LD - 1,44	0,27	8,9	0,01
tomate	<LD	<LD	0,0	0,05
pepino	<LD	0,01	6,7	0,01
<i>Deltametrina</i>				
alface	<LD	<LD	0,0	0,01
couve	<LD - 0,11	0,016	2,2	0,1
coentro	<LD	<LD	0,0	0,01
tomate	<LD	0,001	0,0	0,03
pepino	<LD	<LD	2,2	0,03

LMR (limite máximo de resíduos). Monografia dos Agrotóxicos-Anvisa.

LD (limite de detecção): parationa metílica: 0,02mg/kg; malationa: 0,02mg/kg; lambda cialotrina: 0,08 mg/kg; deltametrina: 0,015 mg/kg.

Comparando os resultados obtidos nas feiras com os obtidos nos principais supermercados, pode ser observar a grande semelhança na proporção de amostras que apresentaram resíduos acima do LMR para todos os agrotóxicos e culturas (Tabela 14). Destaca-se nesta análise para a cultura de alface e coentro a percentagem de amostras com resíduo acima do permitido de lambda-cialotrina, sendo que a percentagem encontrada nas feiras foi o triplo e o dobro, respectivamente quando comparadas às percentagens encontradas nos supermercados.

TABELA 14. Percentagem de amostras com resíduos acima do LMR por agrotóxico e culturas nas principais feiras e supermercados de Manaus.

Verduras e Frutas	Amostras >LMR (%) Feiras	Amostras >LMR (%) Supermercados	LMR (mg/Kg)
<i>Parationa metílica</i>			
alface	17,4	11,1	0,01
couve	18,8	17,8	0,01
coentro	19,1	15,6	0,01
tomate	20,0	17,8	0,01
pepino	20,0	17,8	0,01
<i>Malationa</i>			
alface	0,0	0,0	8,0
couve	0,0	0,0	3,0
coentro	8,5	8,9	0,01
tomate	0,0	0,0	3,0
pepino	2,2	0,0	3,0
<i>Lambda cialotrina</i>			
alface	13,0	4,4	0,01
couve	2,1	2,2	0,05
coentro	17,0	8,9	0,01
tomate	2,2	0,0	0,05
pepino	4,4	6,7	0,01
<i>Deltametrina</i>			
alface	0,0	0,0	0,01
couve	2,1	2,2	0,1
coentro	0,0	0,0	0,01
tomate	2,2	0,0	0,03
pepino	2,2	2,2	0,03

LMR (limite máximo de resíduos). Monografia dos Agrotóxicos-Anvisa.

5.3 Comparação da Concentração de Resíduos de Agrotóxicos nas Amostras Pré e Pós Colheita

Comparando as concentrações dos resíduos de agrotóxicos determinadas em todas as amostras, as verduras e frutas coletadas nas feiras e supermercados apresentaram presença maior dos agrotóxicos parationa metílica, malationa e lambda cialotrina, sendo isto um possível indicativo de uma prática comumente observada, a de borrifar as frutas e verduras pouco antes de destiná-las ao mercado consumidor, por acharem que assim serão melhor preservadas até o momento da venda final (Tabela 15).

TABELA 15. Concentração média de resíduos de agrotóxicos encontrados nas diferentes culturas pré e pós-colheita

	Parationa metílica (mg/Kg)	Malationa (mg/Kg)	Lambda-cialotrina (mg/Kg)	Deltametrina (mg/Kg)
Pré-colheita	0,51	0,21	0,64	0,48
Pós-colheita	0,96	0,80	3,15	0,01

5.4 Resíduos de Agrotóxicos no Ambiente: Solo e Água

No Brasil ainda não existem padrões de qualidade de solo. Assim, a análise aqui feita demonstra somente as concentrações determinadas dos diferentes agrotóxicos no solo, não se podendo indicar assim o grau de contaminação dos mesmos. Dos resultados apresentados na Tabela 16, observa-se que em Iranduba os solos contêm maiores resíduos de parationa metílica e malationa, com menores concentrações de deltametrina. A lambda cialotrina se apresentou em concentrações menores que o limite de detecção. De forma geral o solo de Manaus teve concentrações de todos os agrotóxicos menores que às observadas no Iranduba, com exceção da lambda cialotrina. Estas menores concentrações estão provavelmente relacionadas à intensidade de uso dos diferentes agrotóxicos e ao tipo de solo, uma vez que o solo arenoso observado nas áreas pesquisadas em Manaus, pouco retém os agrotóxicos, favorecendo a lixiviação dos mesmos.

TABELA 16. Valores máximos, mínimos e médios de resíduos de agrotóxicos no solo do Iranduba e Manaus.

Local	Parationa metílica		Malationa		Lambda cialotrina		Deltametrina	
	Faixa (mg/Kg)	Média (mg/Kg)	Faixa (mg/Kg)	Média (mg/Kg)	Faixa (mg/Kg)	Média (mg/Kg)	Faixa (mg/Kg)	Média (mg/Kg)
Iranduba	<LD – 64,0	27,40	<LD – 51,0	18,5	<LD	<LD	<LD – 6,0	0,90
Manaus	0,036 - 0,28	0,11	<LD - 0,22	0,07	<LD- 0,38	0,012	<LD	<LD

LD (limite de detecção): parationa metílica: 0,02mg/kg; malationa: 0,02mg/kg; lambda cialotrina: 0,08 mg/kg; deltametrina: 0,015 mg/kg.

Dos agrotóxicos detectados na amostras de água, a parationa metílica e a malationa foram os agrotóxicos presentes em maiores concentrações e com maior número de amostras que tiveram concentração acima do Valor Máximo Permitido – VMP pela legislação que define os padrões de qualidade d'água, Resolução CONAMA 357/2005 (Tabela 17). Nenhum corpo d'água amostrado apresentou contaminação por lambda cialotrina. A deltametrina somente foi detectada

em Iranduba, sendo que neste caso 33,4% das amostras apresentaram concentrações acima do VMP.

TABELA 17. Valores máximos, mínimos e médios de resíduos de agrotóxicos na água superficial de Iranduba e Manaus e valor máximo permitido pela legislação.

	Faixa ($\mu\text{g/L}$)	Média ($\mu\text{g/L}$)	Amostras > VMP (%)	VMP ($\mu\text{g/L}$)
<i>Parationa metílica</i>				
Iranduba Lago	0,32 - 0,80	0,62	100,0	
Manaus Cacimba	<LD - 0,27	0,026	37,5	0,04
Manaus Poço	<LD - 0,47	0,08	22,3	
Manaus Igarapé	<LD - 0,34	0,24	75,0	
Careiro Lago	<LD - 0,96	0,96	100,0	
<i>Malationa</i>				
Iranduba Lago	0,24 - 0,81	0,35	100,0	
Manaus Cacimba	<LD - 0,62	0,42	37,5	0,1
Manaus Igarapé	0,10 - 0,53	0,29	100,0	
Careiro Lago	<LD - 0,02	0,027	100,0	
<i>Lambda-cialotrina</i>				
Manaus Cacimba	<LD	<LD	0,0	0,050
Manaus Igarapé	<LD	<LD	0,0	
<i>Deltametrina</i>				
Iranduba Lago	<LD - 0,10	0,053	33,4	0,050
Manaus Cacimba	<LD - 0,01	<LD	0,0	

VMP (valor máximo permitido). Resolução Conama N° 357/2005 e N° 20/1986.

LD (limite de detecção) = $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$

5.5 Avaliação de Risco Humano

Para a análise de risco considerou-se a concentração média de cada agrotóxico, sendo que para o cálculo dos valores médios, valores abaixo do limite de detecção foram considerados zero, uma vez que essas concentrações estão muito abaixo daquelas que podem causar risco à saúde (KROES *et al*, 2002). A situação de risco à saúde humana foi caracterizada se a concentração ingerida excedeu a Dose de Referência Aguda (ARfD) no caso de risco aguda ou a Ingestão Diária Aceitável (IDA) no caso de risco crônico (% da IDA ou da ARfD > 100). Isto significa que o risco à saúde humana pela dieta está presente se a população consome uma quantidade de agrotóxico superior às quantidades que são seguras e que não causam efeitos à saúde humana.

No caso da deltametrina, evidenciou-se risco crônico a partir dos alimentos oriundos do município de Iranduba, bem como risco crônico, uma vez que em ambos os casos a quantidade ingerida ultrapassou o valor de referência, o ARfD e a IDA (Tabela 18).

TABELA 18. Avaliação de Risco Humano pela dieta para o agrotóxico deltametrina

	Risco agudo % da ARfD	Risco crônico % da IDA
<i>Pré-Colheita</i>		
Careiro	19	97
Iranduba	606	3.031
Manaus	17	86
<i>Pós-Colheita</i>		
Supermercados	4	20
Feiras	8	40

IDA: Ingestão diária Aceitável

ARfD: Dose de referência aguda

Para a lambda cialotrina observou-se que, considerando-se o valor médio de resíduos encontrados nos diferentes alimentos avaliados, todos os alimentos produzidos e comercializados em todos os municípios e nas feiras e supermercados de Manaus apresentaram tanto risco agudo quanto risco crônico (tabela 19).

Tabela 19. Avaliação de Risco Humano pela dieta para o agrotóxico lambda-cialotrina

	Risco agudo % da ARfD	Risco crônico % da IDA
<i>Pré-Colheita</i>		
Careiro	3.379	5.069
Irاندuba	3.017	4.525
Manaus	113	170
<i>Pós-Colheita</i>		
Supermercados	278	417
Feiras	2.045	3.067

IDA: Ingestão diária Aceitável

ARfD: Dose de referência aguda

A malationa não apresenta risco agudo para nenhuma das situações e alimentos avaliados (Tabela 20). Entretanto, observou-se risco crônico a partir do consumo de alimentos produzidos em Irاندuba e Manaus, ou comercializados nas feiras e supermercados de Manaus.

Tabela 20. Avaliação de Risco Humano para o agrotóxico malationa

	Risco agudo % da ARfD	Risco crônico % da IDA
<i>Pré-Colheita</i>		
Careiro	1	44
Irاندuba	9	418
Manaus	7	332
<i>Pós-Colheita</i>		
Supermercados	2	114
Feiras	3	131

IDA: Ingestão diária Aceitável

ARfD: Dose de referência aguda

A situação referente à parationa metílica ao igual que a observada para a lambda cialotrina é extremamente preocupante, uma vez que observou-se risco aguda para os alimentos produzidos e comercializados, com exceção dos supermercados, mas acima de tudo um valor extremamente alto de risco crônico em todas as situações (Tabela 21).

Tabela 21. Avaliação de Risco Humano para o agrotóxico parationa metílica

	Risco agudo % da ARfD	Risco crônico % da IDA
<i>Pré-Colheita</i>		
Careiro	1.089	32.9592
Irاندوبا	839	25.1840
Manaus	869	26.0681
<i>Pós-Colheita</i>		
Supermercados	57	17.203
Feiras	138	41.316

IDA: Ingestão diária Aceitável
ARfD: Dose de referência aguda

5.6 Avaliação de Risco Ambiental

No caso do ambiente, se a relação exposição/toxicidade (ETR) for maior que 1, evidencia-se uma situação de risco. Em relação ao solo, observou-se que somente o uso de malationa e parationa metílica no município de Irاندوبا representa riscos agudos e crônicos para o ecossistema terrestre. Os demais agrotóxicos não representam riscos para o solo (Tabela 22).

TABELA 22. Valores de ETR agudo e crônico para os diferentes agrotóxicos presentes no solo nos municípios de Manaus e Irاندوبا.

	Deltametrina		Lambda cialotrina		Malationa		Parationa metílica	
	ETR agudo	ETR crônico	ETR agudo	ETR crônico	ETR agudo	ETR crônico	ETR agudo	ETR crônico
Manaus	0,000	0,0001	0,005	0,0167	0,0179	0,0893	0,0110	0,0550
Irاندوبا	0,007	0,0350	0,000	0,000	4,4048	22,0238	2,7482	13,7412

Em relação aos ecossistemas aquáticos, o cenário se apresenta mais preocupante do que para o ecossistema terrestre uma vez que um maior número de agrotóxicos apresentaram risco. O uso da parationa metílica e a malationa e o grau de contaminação das águas superficiais em Careiro da Várzea, Irاندوبا e Manaus representam risco crônico para os ecossistemas aquáticos (Tabela 23). No caso da deltametrina, o seu uso no município de Irاندوبا colocam em risco tanto crônico quanto agudo a biota dos sistemas aquáticos.

TABELA 23. Valores de ETR agudo e crônico para os diferentes agrotóxicos presentes na água superficial nos municípios de Manaus e Iranduba.

	Parationa metílica		Malationa		Lambda cialotrina		Deltametrina	
	ETR agudo	ETR crônico	ETR agudo	ETR crônico	ETR agudo	ETR crônico	ETR agudo	ETR crônico
Manaus	0,0041	36,74	0,019	32,06	0,47	0,47	0	0
Iranduba	0,0124	110,71	0,023	38,31	0,00	0,00	17.692	143
Careiro	0,0193	171,42	0,002	2,96				

No caso da água subterrânea, situação de risco foi evidenciada no município de Manaus para o agrotóxico parationa metílica (Tabela 24) uma vez que a concentração média determinada ficou acima do valor máximo permitido tanto pela legislação brasileira como pelos valores da União Européia (Tabela 24).

TABELA 24. Avaliação de Risco Ambiental em água subterrânea para o agrotóxico parationa metílica

Município	Concentração média ($\mu\text{g/L}$)	VMP ($\mu\text{g/L}$)	ETR
Manaus	0,077	0,041 ¹ 0,1 ²	1,9

VMP: valor máximo permitido. ¹Resolução Conama N° 357/2005 e N° 20/1986;

² Directive 80/778/EEC.

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Neste trabalho foram analisados os riscos à saúde humana a partir da dieta e ao ambiente dos principais agrotóxicos utilizados nas áreas agrícolas na cidade de Manaus e seu entorno.

Os agrotóxicos na agricultura são utilizados para controle de diversas pragas, desde o controle de infestação por insetos, fungos e outros organismos, controle de ervas daninhas e mesmo para prevenção de infestação, levando geralmente à presença de resíduos nas culturas, quando não são seguidas as recomendações de uso ou boas práticas agrícolas. Entretanto, sabe-se que quando o uso de certo agrotóxico é autorizado para uma determinada cultura, é provável encontrar resíduos deste agrotóxico em uma parte da produção (KROES *et al.*, 2002).

Neste estudo, a percentagem de frutas e verduras que apresentaram resíduos de agrotóxicos seja no período pré-colheita (na área de plantio) ou no período pós-colheita (feiras e supermercados) foi alta, acima de 85%, indicando a prevalência do uso de agrotóxicos como mecanismo quase exclusivo de controle de pragas nas áreas agrícolas avaliadas. Estudos realizados por Waichman *et al.* (2002 e 2007) já indicavam esta prática e os possíveis riscos humanos e ambientais do uso dos agrotóxicos no Estado do Amazonas.

Durante o processo de registro e autorização do uso de agrotóxicos, é avaliada a dosagem, a frequência de aplicação e o intervalo de carência entre a aplicação e a colheita, bem como os efeitos tóxicos, de forma a determinar a exposição segura ou aceitável a estes produtos para os agricultores e os consumidores. Se as condições de uso recomendadas não são seguidas, as culturas poderão conter níveis não seguros ou inaceitáveis de resíduos.

Em relação à dose e à frequência de aplicação dos diferentes agrotóxicos nos municípios de Careiro da Várzea, Manacapuru, Iranduba e Manaus, Waichman (2008) e Römbke *et al.* (2008) indicaram que os agricultores utilizam doses maiores, mais aplicações por ciclo de cultura e intervalos entre aplicações menores que o recomendado, o que levaria a presença de resíduos de agrotóxicos acima do permitido nas culturas produzidas nesses municípios. Os resultados deste estudo corroboram com esta hipótese, uma vez que resíduos acima do limite máximo permitido foram encontradas nas diversas culturas, para os diferentes agrotóxicos.

Dos quatro agrotóxicos analisados, a parationa metílica se destacou por estar presente em um número maior de amostras em concentrações acima do limite máximo permitido, tanto na situação pré-colheita como pós-colheita para todas as culturas, seguida da lambda cialotrina,

deltametrina e malationa, em ordem decrescente de amostras e culturas que apresentaram resíduos acima do limite máximo permitido.

Comparando as percentagens de amostras acima do LMR obtidas neste estudo com estudos realizados em outras regiões do país observamos que estas percentagens são incomuns, bem acima do determinado nesses estudos, reforçando novamente o uso incorreto de agrotóxicos no estado. Gorenstein, (2006) analisando de resíduos de agrotóxicos em frutas e hortaliças frescas da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), no período entre janeiro de 1994 e abril de 2005 observou que 70,3% das 3.082 amostras de alimentos frescos analisadas neste período não apresentaram resíduos, enquanto 29,7% apresentaram resíduos, para os princípios ativos pesquisados, entre eles 9,1% para a parationa-metílica e 12,5% para a malationa em hortaliças e frutas.

Os resultados do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2009) que monitora resíduos de agrotóxicos em 9 culturas (alface, banana, batata, cenoura, laranja, maçã, mamão, morango e tomate) em 16 estados da federação (AC, BA, DF, ES, GO, MG, MS, PA, PE, PR, RJ, RS, SC, SE, SP, TO), também mostram percentagens de amostras com resíduos muito baixas quando comparadas às obtidas neste estudo. A parationa metílica esteve presente em 1,24% a 2,36% das amostras para alface, não tendo detectado resíduos acima do LMR para este agrotóxico no tomate para o período de 2001 a 2007. No caso da lambda cialotrina, 0,62% das amostras de alface e entre 0% e 2,19% das amostras de tomate tiveram resíduos acima do permitido e para a deltametrina entre 0 e 4% das amostras de alface e entre 0 e 0,81% das amostras de tomate apresentaram resíduos acima do LMR. A malationa não foi detectada acima do LMR para o tomate, estando presente em 0% a 0,79% das amostras de alface. Lamentavelmente, as demais culturas analisadas neste estudo não fazem parte do PARA de forma a se poder fazer uma comparação.

Chama também a atenção a concentração média de resíduos de agrotóxicos na fase pré e pós-colheita, sendo que para a segunda situação as concentrações determinadas foram 2 a 5 vezes maiores que a concentração pré-colheita, com exceção da deltametrina, onde se observaram concentrações 40 vezes menores. Este resultado vem verificar a observação realizada por Waichman *et al.* (2002 e 2003) que os agricultores aplicam agrotóxicos até o momento da colheita e mesmo antes do transporte das mesmas para o mercado, na crença que desta forma as frutas e verduras serão melhor conservadas até o momento da comercialização, não respeitando os prazos de carência estabelecidos pelo fabricante. Lamentavelmente, esta não é uma prática somente observada na Amazônia, mas em outros países em desenvolvimento como a Índia (BHANTI & TANEJA, 2007).

Com base na concentração média de resíduos dos diferentes agrotóxicos nas culturas avaliadas foi realizada a avaliação de risco para a saúde humana a partir de dieta, considerando o risco dos consumidores em longo prazo (risco crônico) e em curto prazo (risco agudo). Este estudo foi o primeiro a avaliar o risco para a saúde humana do consumo de frutas e verduras associado à agrotóxicos no estado do Amazonas, e na Amazônia. Risco crônico e agudo para a saúde do consumidor foi estabelecido para a lambda-cialotrina em todas as situações, ou seja, considerando a concentração média de resíduos de agrotóxicos observados tanto na pré-colheita como na pós-colheita. Maiores índices de risco foram observados para o consumo de frutas e verduras oriundas de Careiro e Iranduba, e adquiridas nas feiras. No caso da parationa metílica, somente não se observou risco agudo na situação de consumo de vegetais oriundos dos supermercados, sendo que as demais situações apresentaram tanto risco agudo quanto crônico. A malationa não apresentou risco agudo, entretanto observou-se risco crônico à saúde em todas as situações, com exceção da situação pré-colheita de Careiro da Várzea. Finalmente, a deltametrina somente apresentou risco agudo e crônico na situação pré-colheita em Iranduba.

O cenário acima apresentado é preocupante devido à presença de risco à saúde dos consumidores em todas as situações, podendo levar ao desenvolvimento de doenças como o câncer em longo prazo. Estudo de Chrisman *et al.*, (2009) sugerem uma relação entre a exposição aos agrotóxicos e diversos tipos de câncer em vários estados brasileiros. Especificamente em relação à dieta Caldas *et al.*, (2000) citando Doll & Peto (1981) comenta que 35% dos casos de câncer na população americana são consequência da dieta, principalmente a partir da presença de agrotóxicos nos alimentos.

Cabe aqui considerar que sub ou super-estimação de riscos podem ter acontecido, uma vez que a dieta base utilizada para o cálculo do consumo das culturas avaliadas é uma generalidade para América Latina. Entretanto, sabe-se que na Amazônia o consumo de hortaliças frescas é relativamente baixo, principalmente entre a população rural, e desta forma os riscos à saúde associados a um determinado agrotóxico podem ser menores, podendo ser maior na população dos grandes centros urbanos como Manaus e Belém. Neste caso, uma melhor determinação dos riscos à saúde pela dieta associados aos agrotóxicos necessita de um estudo detalhado da dieta local do ambiente urbano e rural, bem como um detalhamento por faixas etárias, uma vez que o cálculo de risco aqui utilizado considerou o mesmo para uma pessoa adulta. Para as crianças o risco pode ser ainda maior, pois embora consumam menores quantidades, o peso corporal é significativamente menor, em comparação com o do adulto.

Além disto, também deve ser considerado que existe variação diária na dieta, implicando em limitações do processo de avaliação de risco agudo (HAMEY & HARRIS, 1999).

O uso de agrotóxicos na agricultura no Amazonas, não somente está colocando em risco à saúde humana, mas também a saúde do ambiente como mencionado nos trabalhos de Waichman *et al.*, (2002, 2003, 2007 e 2008). Neste trabalho, a partir da avaliação diagnóstica do uso de agrotóxicos no Amazonas, foi prevista a contaminação tanto do ecossistema terrestre, especificamente o solo, como dos ecossistemas aquáticos associados às áreas de plantio.

Este trabalho evidenciou as concentrações dos diferentes agrotóxicos no solo, mostrando que o solo de Manaus apresentou menores concentrações de agrotóxicos em relação ao de Iranduba. Waichman (2008) observou maiores doses (g. de ingrediente ativo/hectare), e número de aplicações em Manaus em relação à Iranduba para os agrotóxicos analisados. Assim, uma possível explicação para a menor concentração de agrotóxicos nos solos de Manaus pode estar relacionada ao tipo de solo. Nessas áreas o solo é Neossolo Quartzarênico, arenoso, apresentando baixa percentagem de argila e matéria orgânica, dificultando a retenção de agrotóxico no solo, favorecendo a lixiviação dos mesmos. A legislação ambiental determina a necessidade de se estabelecerem padrões de qualidade ambiental para a água, o ar e o solo. Entretanto, ainda não existem padrões de qualidade de solo, sejam valores de referência, valores de alerta e de intervenção que possam orientar decisões sobre proteção do solo ou controle da poluição em áreas contaminadas (DOROTHY C. P. *et al.*, 2001).

A Agência Ambiental Americana (EPA) desenvolveu em 1994 um procedimento para avaliar a contaminação em solos (“Soil Screening framework”), que consiste em um método simples para calcular níveis de contaminação no solo (SSL – Soil Screening Levels) da área em estudo, abaixo do qual não são considerados contaminados e, portanto não há necessidade de implementação de medidas de remediação. Estes valores são determinados a partir dos valores limites para água subterrânea considerando Fatores de Diluição/Atenuação (DAF) e que os contaminantes presentes na solução do solo estão sujeitos a processos físicos, químicos e biológicos que tendem a diminuir a concentração que chega às águas subterrâneas. Assim, a partir de uma concentração aceitável na água subterrânea e utilizando-se o DAF pode-se calcular a concentração aceitável na solução do solo. Utilizando um DAF padrão de 20 (a concentração na água subterrânea é 20 vezes menor que na solução do solo) estabelecido pela EPA (1996a e 1996b), uma vez que atenderia 90% dos casos, calculou-se o SSL para os agrotóxicos avaliados neste estudo. Os dados de valor limite em água subterrânea foram obtidos somente para a parationa metílica e malationa da Resolução CONAMA N° 357/2005. No caso da lambda cialotrina e da deltametrina foi utilizado o estabelecido na CONAMA N° 20/1996 que determina que quando o agrotóxico não tem um fator definido utiliza-se o valor 0,05 µg/L. Assim, determinou-se que o SSL para a parationa metílica é de 0,5 mg/kg, para a malationa 0,2 mg/kg, e

para a deltametrina e a lambda cialotrina 0,4 mg/kg. Dentro deste contexto, somente podem ser considerados “contaminados” ou que merecem um estudo mais detalhado aos solos de Iranduba, já que para Manaus, as concentrações de agrotóxicos observadas foram menores que a SSL. Entretanto, o impacto dos agrotóxicos sobre o solo é difícil de ser avaliado, considerando-se a dinâmica das populações de organismos do solo, sua alta heterogeneidade, sua capacidade adaptativa às condições em relação ao composto químico, sua dosagem e sua aplicação (WINGFIELD *et al.*, 1977; LAL, 1982; MUSUMECI & RÜEGG, 1984; POZO *et al.*, 1995; OLSON & LINDAWALL, 1991).

As concentrações de agrotóxicos observados no solo somente representaram risco para o caso da parationa metílica e a malationa em Iranduba. Em Manaus, não observou-se risco ao ecossistema terrestre, utilizando-se como “endpoint” a LC₅₀ e o CENO para minhocas (organismos não-alvo) identificadas como um dos mais importantes invertebrados do solo tanto para solos tropicais como temperados (LAVELLE *et al.* 1997).

Em estudo de avaliação de risco crônico e agudo de agrotóxicos utilizados no Amazonas para o solo, utilizando neste caso concentrações estimadas a partir do padrão de uso dos agrotóxicos pelos agricultores e do modelo FOCUS (FOCUS Soil Modeling WorkGroup, 1997) apresentou resultados semelhantes ao deste estudo, onde o risco foi calculado a partir das concentrações de agrotóxicos medidas no solo. Entretanto, a principal diferença com esse trabalho está no risco por local. Neste trabalho, como mencionado acima, o risco crônico e agudo observou-se somente em Iranduba, enquanto que no estudo do Römbke *et al.*, (2008) os maiores riscos foram observados em Manaus. Esta diferença pode ser atribuída às características do solo, que foram consideradas homogêneas para todos os locais na modelagem realizada por Römbke *et al.*, (2008) embora existe consenso que fatores como o tempo de vida média de um agrotóxico no solo pode variar muito para um mesmo componente, numa mesma condição climática, dependendo do tipo de solo (RACKE *et al.* 1997).

Segundo Waichman *et al.*, (2002, 2003 e 2007) o uso inadequado de agrotóxicos no estado pode estar não somente ameaçando a saúde dos agricultores e consumidores, mas também colocando em risco a integridade dos ecossistemas aquáticos, uma vez que os agrotóxicos podem atingir os corpos d’água por diferentes vias, seja diretamente a partir do descarte de embalagens, de restos de agrotóxicos, das lavagens dos equipamentos utilizados, ou indiretamente pela lixiviação do solo e pelo arraste dos resíduos pela chuva e a água de irrigação.

A Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu para a classe I o limite de 0,04µg/L para a parationa metílica e de 0,1 µg/L para malationa, não havendo padrão de qualidade para a deltametrina e a lambda cialotrina.

A ocorrência de resíduos de agrotóxicos nas águas superficiais analisadas mostrou que a parationa metílica, a malationa e a deltametrina foram os agrotóxicos presentes em maiores concentrações e com maior número de amostras que tiveram concentração acima do Valor Máximo Permitido – VMP.

A situação de contaminação da água por agrotóxicos não é rara em áreas agrícolas do Brasil. Segundo Veiga (2006) em suas análises em águas superficiais e subterrâneas, potencialmente utilizadas para consumo humano direto, na região de da cultura do tomate em Paty do Alferes, Rio de Janeiro, foi detectada contaminação por organofosforados e carbamatos em 70% dos pontos de coleta, e em duas amostras a contaminação estava acima do permitido pela legislação. Griza *et al.* (2008), investigando a contaminação por organofosforados no Rio Grande do Sul, mostraram que 30% dos pontos de coleta selecionados apresentaram contaminação detectável. No Pantanal, Laabs *et al.*, (2002) detectou malationa acima dos níveis permitidos em 26,3% das amostras coletadas no rio Cuiabá, mas não foram detectados os demais agrotóxicos aqui avaliados.

Considerando as concentrações de agrotóxicos determinadas na água o risco agudo e crônico (em curto e longo prazo) para o ecossistema aquático foi determinado, utilizando também como “endpoint” a LC₅₀ e o CENO para o organismo padrão em testes aquáticos *Oncorhynchus mykiss* (truta arco-íris). Risco crônico foi determinado para parationa metílica, malationa e deltametrina em Iranduba, e para a parationa metílica e malationa em Manaus e Careiro da Várzea. Em relação ao risco agudo, somente foi detectado em Iranduba para o agrotóxico deltametrina.

A contaminação da água por agrotóxicos não só coloca em risco a saúde do ambiente, mas pode também colocar em risco a saúde humana pela conseqüente contaminação dos peixes, principalmente, considerando que este item é de extrema importância na dieta da população Amazônia, com consumo entre 360 e 500 g/dia (CERDEIRA *et al.*, 1997; BATISTA *et al.*, 1998).

Embora tenha se utilizado parâmetros ecotoxicológicas de uma espécie que não é amazônica para a determinação de riscos, o estudo de Artero (2008) mostrou que os valores de LC₅₀ foram semelhantes entre as espécies amazônicas testadas e as espécies temperadas, para a parationa metílica, malationa e carbendazim. Desta forma assume-se que erros na estimação dos riscos devido ao uso de uma espécie não endêmica são pouco significativos.

Para as águas subterrâneas a situação de risco ficou evidente quanto à contaminação pelo agrotóxico parationa-metílica em Manaus que teve suas concentrações acima do valor máximo permitido pela legislação. Esta situação é preocupante, uma vez que a população de Manaus tem na água subterrânea uma das principais fontes de abastecimento (WAICHMAN *et al.*, 2004).

De todos os agrotóxicos utilizados, a parationa metílica e a malationa são os que causam maior preocupação em relação à saúde da população e do ambiente. Embora estes agrotóxicos já tenham sido banidos na União Européia, seu uso é amplo e irrestrito no Estado do Amazonas e são considerados pelos agricultores um dos agrotóxicos mais efetivos no controle das pragas (Waichman *et al.*, 2007), não atentando para o risco que seu uso incorreto causa no ambiente e a saúde.

Visualizando os dados acima, evidencia-se claramente a problemática que envolve o uso de agrotóxico no Estado do Amazonas, uma vez que os agricultores que utilizam este produto na maioria das vezes fazem usos abusivos, incorretos e indiscriminados dos agrotóxicos, utilizando produtos proibidos, aos quais são comercializados sem qualquer restrição. A população exposta pela ingestão de alimentos contaminados com resíduos de agrotóxicos está sujeita ao risco agudo e crônico.

O trabalho evidencia também a necessidade de monitoramento dos agrotóxicos mais utilizados nas regiões, avaliando os níveis com uma maior periodicidade, respeitando a sazonalidade da agricultura e o uso para diferentes culturas.

É necessário priorizar a geração de dados de consumo alimentar relacionado a estudos de avaliação de risco de agrotóxicos, de maneira a melhor refletir o hábito alimentar das da população do estado e implementar projetos que visem processo de registro de agrotóxicos, e disponibilização de informações para a população geral.

Este estudo, embora pioneiro, pode ser considerado preliminar, uma vez que os resultados obtidos deverão ser posteriormente refinados, principalmente para o cálculo de risco ambiental utilizando espécies endêmicas da Amazônia e de um estudo mais aprofundados da dieta e hábitos alimentares da população local. Outro elemento a ser avaliado é o risco de exposição a múltiplos agrotóxicos uma vez que os agrotóxicos não são utilizados isoladamente, e sim em combinações que podem atingir até 4 agrotóxicos para uma mesma cultura.

Finalmente sugere-se que esforços sejam feitos pelas autoridades ambientais, de saúde e responsáveis pela produção agrícola para implementar programas de monitoramento e controle do uso de agrotóxicos que garantam um uso adequado destes produtos, para que a produção de alimentos no Estado do Amazonas não coloque em risco a saúde ambiental, dos agricultores e dos consumidores.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Distribuição de resíduos de agrotóxicos em frutas e verduras entre julho de 2001 e dezembro 2002**. Brasília. 172p. 2003.

_____. **Agrotóxicos e Toxicologia. Reavaliação de Produtos Agrotóxicos** – 2008. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/reavaliacao/2008.htm>>. Acesso em 28 set. 2008.

_____. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA**. Nota Técnica para divulgação dos resultados do PARA de 2008. Brasília. 2009.

_____. **Índice Monográfico-D6. Deltametrina**. Disponível em: <www.anvisa.org.br> Acesso em 22 de fevereiro de 2009.

_____. **Índice Monográfico-D6. Lambda Cialotrina**. Disponível em: <www.anvisa.org.br> Acesso em 22 de fevereiro de 2009.

_____. **Índice Monográfico-D6. Malationa**. Disponível em: <www.anvisa.org.br> Acesso em 22 de fevereiro de 2009.

_____. **Índice Monográfico-D6. Parationa-Metílica**. Disponível em: <www.anvisa.org.br> Acesso em 22 de fevereiro de 2009.

ALBUQUERQUE, M.O.; FABRÉ, N.N. **Sistemas Abertos Sustentáveis – SAS: uma alternativa de gestão ambiental na Amazônia**. Universidade Federal do Amazonas. Manaus: EDUA. 243p. 2003.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater**. 14 ed. New York, 1985.

ARAÚJO, S.L. **Ratos Wistar Expostos aos Inseticidas Lambda-Cialotrina, Carbaril E Metamidofós em Testes Reprodutivos de Curta e Longa Duração**. 74p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Farmacologia, do Setor de Ciências Biológicas. Curitiba. 2005.

ARTERO, R. A. **Effect of pesticides on freshwater ecosystems in the Amazon: A comparison of sensitivity with temperate data**. 143p. Dissertação (Mestrado). Wageningen University and Research Centre Aquatic Ecology and Water Quality Management Group. 2008.

BARNES, J.M., VERSCHOYLE, R.D., 1974. Toxicity of new pyrethroid insecticide. **Nature, London**, v. 248, p. 711, 1974.

BATISTA, V.S.; SILVA, A.J.L.; FREITAS, C.E.C.; FREIRE-BRASIL, D. Characterization of the fishery in riverine communities in the Low-Solimões/High-Amazon region. **Fisheries Management and Ecology**, v. 5, p. 419-435, 1998.

BHANTI, M. TANEJA, A. Contamination of vegetables of different seasons with organophosphorous pesticides and related health risk assessment in northern India. **J. Chemosphere** 69: p. 63–68 2007.

BICALHO, A.M.S.M. Agricultura e meio ambiente no município do Rio de Janeiro. In: ABREU, M.A. (org.) **Sociedade e natureza no Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Prefeitura do Rio de Janeiro, p. 285-316. 1992.

BRAGUINI, L.W. **Efeitos da deltametrina e do glifosato, sobre parâmetros do metabolismo energético mitocondrial, sobre membranas artificiais e naturais e experimentos *in vivo***. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná. 2005.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 7.802, de 11.07.89. **Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências**. BRASÍLIA. 1989.

CAGE, S. A.; e col. **Lambda-cyhalothrin**. National Poisons Information Service. Birmingham, UK, 1998.

CALDAS, E.B.; SOUZA, L.C.K. Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira. **Rev Saúde Pública**; 34(5): 529-37. 2000.

CAPOBIANO, H. L.V.; CARDEAL, Z.L. A Solid-Phase Microextraction Method for the Chromatographic Determination of Organophosphorus Pesticides in Fish, Water, Potatoes, Guava and Coffee. **J. Braz. Chem. Soc.** 16(5), p. 907-914. 2005.

CERDEIRA, R.G.P.; RUFFINO, M.L.; ISAAC, V.J. Consumo de pescado e outros alimentos pela população ribeirinha do Lago Grande de Monte Alegre, PA. **Acta Amazônica**, v. 27, n. 3, p. 213-228, 1997.

CHRISMAN et al. Pesticide sales and adult male cancer mortality in Brazil. **Int. J. Hyg. Environ. Health** 212: p. 310–321. 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional**. 1986.

DASGUPTA, S., MAMINGI, N., MEISNER, C. Pesticide use in Brazil in the era of agroindustrialization and globalization. **Environ. Develop. Econ.** V. 6, p. 459-482. 2001.

DI MUCCIO, A. e cols. Selective extraction of pyrethroid pesticide residues from milk by solid-matrix dispersion. **Journal of Chromatography A**, v. 765, p. 51-60, 1997.

DI MUCCIO, A. e cols. Determination of pyrethroid pesticide residues in fatty materials by solid-matrix dispersion partition, followed by mini-column size exclusion chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 833, p. 19-34, 1999.

DOLL R, PETO R. The causes of cancer: quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. **J Natl Cancer Inst**; 66: p. 11-18. 1981.

DOOG, R.A.; LIAO, P.L. Determination of organochlorine pesticides and their metabolites in soil samples using headspace solid-phase microextraction. **J. Chromatogr. A** 918 : p. 177–188. 2001.

DOROTHY C. P. et al. **Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo : CETESB, 73 p. 2001.

ECOBICHON, D. J. Pesticide use in developing countries. **Toxicology**, v. 160, p. 27-33. 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**, 2a ed. Rio de Janeiro (BR): EMBRAPA-CNPS. 1997.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY-EPA. **Guidelines for ecological risk assessment. Risk Assessment Forum**. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, (EPA/630/R-95/002F). 1998.

FOCUS Soil Modeling WorkGroup. **Soil persistence models and EU registration**. Doc. 7617/VI/96. Directorate General VI. Brussels (BE): European Commission. 1997.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED STATES- FAO **Pesticide residues in food**. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group. FAO Plant Production and Protection Paper, 183p. 2005.

FRESHE, H. The perspective of persistence. In: **Symposium in Persistence of Insecticides and Herbicides, Croydon**. Proceeding Croydon: British Crop Protection Council, 1976.p. 1-39 (BCPC Monograph, 17). 1976.

GEMS (Global Environment Monitoring System/Food Contamination Monitoring and Assessment Programme). **Food regional diets: regional per capita consumption of raw and semi-processed agricultural commodities**. FAO. 2003.

GRIZA et al. Avaliação da contaminação por organofosforados em águas superficiais no município de Rondinha-Rio Grande do Sul. **Quim. Nova**, Vol. 31, No. 7, p. 1631-1635. 2008.

GORENSTAIN, O. Resultados gerais do monitoramento de resíduos de agrotóxicos executados pela CEAGESP durante 1994 A 2005. **Informações Econômicas**, SP, v.36, n.12, dez. 2006.

HAMEY P.Y.; HARRIS C.A. The variation of pesticide residues in fruits and vegetables and the associated assessment of risk. **Regulatory Toxicol Pharmacol** ;30: p. 34-41. 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **PORTARIA NORMATIVA Nº 139, DE 21 DE DEZEMBRO DE 1994**. Estabelece os procedimentos a serem adotados junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, para efeito de avaliação do potencial de periculosidade ambiental de produtos químicos considerados como agrotóxicos, seus componentes e afins, segundo definições estabelecidas nos incisos XX, XXI e XXII, do artigo 2o, do Decreto no 98.816.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Agropecuário**, 1995-1996. Rio de Janeiro 1998.

INTERNATIONAL STANDARD-ISO. **Soil quality — Sampling — Part 1: Guidance on the design of sampling programmes**. ISO/FDIS 10381-1:2001(E).

KOLLURU,R.V.; BROOKS,D.G.. Evaluación de riesgos integrada y administración estratégica. In: KOLLURU,R.V.; BARTELL,S.M.; PITBLADO,R.M.; STRICOFF,R.S. (Ed). **Manual de Evaluación y administración de riesgos**. McGraw-Hill. 1998.

KROS et al. Assessment of intake from the diet. **Food and Chemical Toxicology**. n. 40, p. 327–385. 2002.

LAABS, V. et al. Fate of pesticides in tropical soils of Brazil under field conditions. **J Environ Qual**. 31:p. 256–268. 2002.

LAL, R. Accumulation, metabolism, and effects of organophosphorus insecticides on microorganisms. **Advances in Applied Microbiology**, San Diego, v.28, p.149-200. 1982

LAVELLE P. et al. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **Eur J Soil Biol** 33: p.159–193. 1997.

MAPA. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Agrofit. Disponível em < http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 23 de março de 2008.

MATTOS, L.L; MARTINS, I.S. Consumo de Fibras Alimentares em População adulta. **Rev. Saúde Pública**, vol 34, n 1. p. 50-55 Guarulhos, SP – 2000.

MOREIRA, J. C. et al. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Ciênc. saúde coletiva**, vol.7, no.2, p.299-311. 2002.

MUNNS, W.R.; KROES, R.; VEITH, G.; SUTTER II, G.W.; DAMSTRA, T.; WATERS, M.D. Approaches for integrates Risk Assessment. **Hum. Ecol. Risk Asses**. 9(1): p. 267-272. 2003.

MUSUMECI, M.R.; RÜEGG, E.F. Influência dos fungicidas carbendazim e metalaxyl na atividade biológica de solos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.36, p. 618-621. 1984.

NATIONAL PESTICIDE TELECOMMUNICATIONS NETWORK (NPTN). **Lambda-cyhalothrin. Technical Fact Sheet**. Corvallis, Oregon, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. Risk assessment in the federal government: Managing the process. Washington, DC: **National Academy Press**, 191p. 1983.

NINA, N. C. S. **Caracterização sócio-econômica-ambiental do uso de agrotóxicos em uma área de várzea do município de Manacapuru – Am (Amazônia Central)**. 123 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia. 2002.

NODA, S. N.; PEREIRA, H. S.; BRANCO, F.M.C & H. NODA. O trabalho nos sistemas de produção de agriculturas familiares na várzea no Estado do Amazonas. In: Noda, H; Souza, L.A.H. & Fonseca, O.J.M. (Eds.), **Duas décadas de contribuição do INPA à pesquisa agrônômica no trópico úmido**. INPA. 1997.

NODA et al. Utilização e apropriação das terras por agricultura familiar amazonense de várzeas. In: DIEGUES, A.C.; MOREIRA, A.C.C. **Espaços e recursos naturais de uso comum**. São Paulo: NUPAUB/LASTROP. p. 181-204. 2001.

NODA et al. Agricultura e extrativismo vegetal nas várzeas da Amazônia. In: NODA, S.N. **Agricultura Familiar na Amazônia das águas**. Editora da Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 208p. 2007.

OLSO, B.M.; LINDWALL, C.W. Soil microbial activity under chemical fallow conditions; effects of 2,4-D and glyphosate. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.23, n.11, p.1071-1075. 1991.

OPS/OMS. **Manual de Vigilância da Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos**. Ministério da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde. Brasília, 72p. 1997.

PASCHOAL, A. D. **Pragas, praguicidas e a crise Ambiental problemas e Soluções**. Editora Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro. 1979.

PAWLISZYN, J. et al. Em Applications of solid phase micro-extraction. **Society of Chemistry**: Cambridge, ed.; Royal. 1999.

POZO, C. et al. Effects of chlorpyrifus on soil microbial activity. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Pensacola, v.14, p. 187-192. 1995.

RACKE, K.D. et al. Pesticide fate in tropical soils. **Pure Appl Chem**. 69: p.1349–1371.1997.

RELATÓRIO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE INTOXICAÇÃO HUMANA E AMBIENTAL POR AGROTÓXICOS NO ESTADO DO AMAZONAS-SITOXAM. Universidade Federal do Amazonas. 96p. 2007.

RÖMBKE, J.; MOLTSMANN, J. **Applied Ecotoxicology**. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 282p. 1996.

RÖMBKE, J.; WAICHMAN, A.V.; GARCIA, M.B. Risk Assessment of Pesticides for Soils of the Central Amazon, Brazil: Comparing Outcomes with Temperate and Tropical Data. **Integr. Environ. Assess. Manag.** Vol 4, n.º. 1, p. 94–104. 2008.

ROOS, P.S.; BIRNBAUM, L.S. Integrated Human and Ecological Risk Assessment: A case study of persistent pollutants (POPs) in human and wildlife. **Hum. Ecol. Risk Assess.**, 9(1): p. 303-324. 2003.

SEKIZAWA, J.; TANABE, S. A. comparison between integrated risk assessment and classical health/environment assessment: emerging beneficial properties. **Toxicology and Applied Pharmacology**, 207: p. 617-622. 2005.

SILVA, C.M.S., FAY, E. F. Características do Ambiente solo. In: SILVA, C.M.S., FAY, E. F., **Agrotóxicos e ambiente**. EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Meio Ambiente, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 75-105. 2004.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. Estimating the social cost of pesticide use: An assessment from acute poisoning in Brazil. **Ecological Economics**, v. online, p. 10.1016, 2009.

SUTTER II, G. W. et al. Framework for the intergration of health and ecological risk assessment. **Hum. Ecol. Risk Asses.** vol. 9(1), p. 281-301. 2003.

SUTTER II, G.W.; VERMEIRE, T.; MUNNS, W.R.; SEKIZAWA, J. An integrated framework for health and ecological risk assessment. **Toxicology and Applied Pharmacology**, 207: p. 611-616. 2005.

THE COUNCIL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Council directive of 15 July 1980 (80/778/EEC)**. Relating to the quality of water intended for human consumption. OJ L 229, p. 11. 30.8.1980.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Soil Screening Guidance:User’s Guide – EPA 540/R-96/018**. Washington, DC, Office of Solid Waste and Emergency Response, 1996a.

_____. **Soil Screening Guidance: Technical Background Document – EPA 540/R-95/128**. Washington, DC, Office of Solid Waste and Emergency Response, 1996b.

USEPA-United States Environmental Protections Agency- **Risk Commission. Predisencial/Presidencial Commission on Risks Assessment and Risk Management (P/CCRARM)**. Framework for Environmental Health Risks Management. Washington, DC: PCCRARM (Final Report, Volumes I and II), 1997.

VAN DEN BRINK P.J.; SURESHKUMAR S.N.; DAAM M.A.; DOMINGUES I.,; MILWAIN G.K.; BELTMAN W.H.J.; PERERA M.W.P.; SATAPORNAVIT K. Environmental and human risks of pesticide use in Thailand and Sri Lanka. **Alterra Rapport 789**. MAMAS ReportSeries 3. Wageningen (NL). 2003.

VAN LEEUWEN C.J.; HERMENS, J.L. M. Risk assessment of chemicals: An introduction. **Kluwer Acad Publ**, Dordrecht, 374p. 1995.

VAN GESTEL, C.A.M.; ZAAL, J.; VAN BREEMEN, E.M. Comparison of two test methods for determining the effects of pesticides on earthworm reproduction. **Acta Zool Fennica**, 196: p. 278–283. 1995.

VAN RAAIJ, M.T.M. Guidance document for setting an Acute Reference Dose in Dutch national pesticide evaluations. **RIVM report 620555 002**, Bilthoven, the Netherlands. 2001.

VAN RAAIJ, M.T.M. and OSSENDORP, B.C. The ‘Acute Reference Dose’ and acute exposure to pesticides. National and international developments (in Dutch). **RIVM report 601900001/2002**, Bilthoven, the Netherlands. 2002.

VEIGA, M. M. et al. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Cad. Saúde Pública**, 22, p. 2391-2399. 2006.

WAICHMAN, A. V. et al. Pesticide use in the Amazon State, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 9, n. 6. p. 423-428. 2002.

WAICHMAN, A. V.; RÖMBKE, J. & NINA, N. C. S. Agrotóxicos: elemento novo na Amazônia. **Ciência hoje**, v. 32, n. 190, p. 70-73. 2003.

WAICHMAN, A. V. **Pesquisa Socioeconômica: Subsídios para a definição do novo regime tarifário. Relatório para Águas do Amazonas**. p. 82. 2004.

WAICHMAN, A.V.; EVE, E.; NIINA, N.C.S. Do farmers understand the information displayed on pesticide product labels? A question to reduce pesticides exposure and risk of poisoning the Brazilian Amazon. **Crop Protection**, 26(4): p. 576-583. 2007.

WAICHMAN, A.V. Uma proposta de avaliação integrada de risco do uso de agrotóxicos no estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**. Vol. 38(1): p. 45 – 50. 2008.

WEBSTER, E.; MacKay, D.; WANIA, F. Evaluating environmental persistence. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Pensacola, v.17, n.11, p. 2148-2158. 1998.

WINGFIELD, G.I.; DAVIES, H.A.; GREAVES, M.P. The effects of soil treatment on the response of the soil microflora to the herbicide dalapon. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v.43, p.39-46. 1977.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guideline to classification: 2004**. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. 60p. 2006.

ANEXO

ANEXO A. Variáveis físico-químicas da água.

	pH	Oxigênio mg/l	Temperatura ° C	Condutividade μS/cm
<i>Manaus</i>				
A1 Cacimba	6,09	4,3	27,2	154,5
A2 Cacimba	6,39	5,3	27,5	99,5
A3 Cacimba	6,27	4,2	26,8	112
A4 Cacimba	6,98	4,9	28,1	128,4
A5 Cacimba	6,71	5,7	27	150,5
A6 Cacimba	6,12	5,1	27,9	139,1
A7 Cacimba	6,67	4,7	27	145,2
A8 Cacimba	6,25	5,3	27,5	167,7
A9 Igarapé	6,2	5,9	26,5	301
A10 Igarapé	6	4,2	27,1	205
A11 Igarapé	5,92	4,9	27,4	376
A12 Igarapé	5,69	3,9	26,7	410
A13 Poço	6,8	6	26,5	89,1
A14 Poço	7	5,1	26,9	97,1
A15 Poço	6,8	4,3	27	98
A16 Poço	6,5	5,7	26,1	113
A17 Poço	6,3	4,9	26,6	124
A18 Poço	6,7	4,7	26,2	110
A19 Poço	7	5,9	27,1	99,5
A20 Poço	6	6,3	26,9	115,3
A21 Poço	5,89	5,5	26,3	127,5
<i>Irاندuba</i>				
A1 Lago	6,98	5,7	30,5	401
A2 Lago	7,02	5,3	29,7	302
A3 Lago	8,01	4,8	28,8	354
A4 Lago	6,98	5,7	30,5	401
<i>Careiro da Várzea</i>				
A1 Lago	7,47	4,7	30,1	279

ANEXO B. Caracterização do solo do Iranduba e Manaus.

pH H ₂ O	Ca	Mg	Al	H + Al	K	P	SB	t	T	V	M	C	MO	Argila	Areia Total %	Silte	
	Cmol _c /Kg				mg/Kg		cmol _c /Kg ⁻¹				%		g/Kg	%	Grossa	Fina	%
<i>Manaus</i>																	
6,9	2,35	1,75	0,1	0,85	39	46,36	4,2	4,3	5,05	83,17	2,33	0,51	8,84	2,4	93,81		3,79
6,4	7	6,7	0,25	0,7	129	58,77	14,03	14,28	14,73	95,25	1,75	0,53	9,17	5,2	89,21		5,59
6,3	4,6	1,85	0,15	0,7	79	155,97	6,65	6,8	7,35	90,48	2,21	0,8	13,76	3	96,21		0,79
6,9	2,95	2,23	0,1	0,4	136	155,62	5,53	5,63	5,93	93,25	1,78	0,8	13,76	3	95,24		0,79
6,7	4,25	0,65	20	0,85	24	111,5	4,96	5,16	5,81	85,37	3,87	1,18	20,31	2	97,29		0,71
5,9	5	1,2	0,5	0,8	260	43,26	6,87	7,37	7,67	89,57	6,79	0,76	13,1	1,98	96,25		1,86
<i>Iranduba</i>																	
6,1	11,75	1,15	0	2,8	117	39,79	13,2	13,2	16	82,5	0	1,22	20,96	31	6,02		62,99
6	9,75	2,55	0	2,25	27	39	12,37	12,37	14,62	84,61	0	0,8	13,76	19,4	31,94		48,67
5,6	11,1	3	0,15	3,2	133	39,96	14,44	14,59	17,64	81,86	1,03	1,22	20,96	23,6	17,84		58,57
5,7	12,1	2,8	0,25	3,1	61	43,03	15,06	15,31	18,16	82,93	1,63	1,06	18,34	244	2,12		73,47
5,4	10,8	3,2	0,4	3,1	99	40,23	14,25	14,65	17,35	82,14	2,73	1,25	21,62	13,6	4,7		81,71
5,7	6,5	2,65	0,15	3,75	136	42	9,5	9,65	13,25	71,7	1,55	2,05	35,38	12,8	7,67		79,52
5,5	8,05	1,95	0,3	3,4	34	11,28	10,09	10,39	13,49	74,79	2,89	1,71	29,48	17,2	21,2		61,6
5,1	8,6	0	1,75	4,3	47	61,16	8,72	10,47	13,02	66,98	16,71	1,14	19,65	21,8	7,82		70,38
5,8	10,9	4	0,25	2,6	49	60,45	15,03	15,28	17,63	85,25	1,64	1,33	22,93	19,8	15,64		64,56
5,2	6,7	2,55	0,15	2,45	51	52,56	9,38	9,53	11,83	79,29	1,57	0,68	11,79	14,8	37,34		47,86

