



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

RICARDO LINS VALE

**POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E
SUBTERRÂNEAS POR AGROTÓXICOS APLICADOS NA AGRICULTURA DO
ENTORNO DO RESERVATÓRIO SÃO GONÇALO - PB**

POMBAL-PB

2014

RICARDO LINS VALE

**POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E
SUBTERRÂNEAS POR AGROTÓXICOS APLICADOS NA AGRICULTURA DO
ENTORNO DO RESERVATÓRIO SÃO GONÇALO - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental
da Universidade Federal de Campina Grande
como requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade
Sobrinho

POMBAL-PB

2014

RICARDO LINS VALE

**POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E
SUBTERRÂNEAS POR AGROTÓXICOS APLICADOS NA AGRICULTURA DO
ENTORNO DO RESERVATÓRIO SÃO GONÇALO - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental
da Universidade Federal de Campina Grande
como requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovado em: 22/04/2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho (CCTA/UFCG - Orientador)

Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz (CCTA/UFCG - Examinador Interno)

Prof. Msc. Caetano José de Lima (IFPB/Campus Sousa - Examinador Externo)

**POMBAL-PB
2014**

*Dedico este trabalho a toda a minha família,
em especial aos meus pais Ronald e
Francisca por possibilitarem minha formação.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por estar sempre me iluminando e guiando meus passos pelo melhor caminho a seguir.

Aos meus pais Ronald Medeiros Vale e Francisca Lins L. Vale, aos meus irmãos Ronald M. V. Júnior e Ruth Lins Vale, e à minha sobrinha Raissa S. Dantas Vale, pelo apoio e incentivo para a conclusão desse curso.

Ao meu orientador, Prof^o. Dr^o. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho e ao Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz, pela orientação e dedicação para que o trabalho rendesse os melhores resultados possíveis.

Aos professores da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental pelo conhecimento transmitido ao longo do curso.

Ao meu amigo Saulo Soares, pela parceria durante todo o período do curso e a imensurável ajuda para a elaboração desse trabalho.

Aos meus amigos Diogenes, Tadeu, Matheus, Antoniny, e Tiago com quem convivi intensamente, tornando-se a minha família em Pombal, e com quem dividi bons e maus momentos ao longo do curso.

Aos meus amigos da Equipe do Metal pelo convívio, amizade, ajuda e parceria durante todos esses anos.

Aos agricultores da área de irrigação do reservatório São Gonçalo-PB, pelas informações e contribuição para a realização desse trabalho.

A todos (as), muito obrigado!

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Reservatório São Gonçalo, Sousa - PB.....	34
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Porcentagem das culturas produzidas no entorno do Reservatório São Gonçalo - PB.....	40
GRÁFICO 2 – Percentual das classes dos agrotóxicos aplicados na região da microbacia do reservatório São Gonçalo – PB.....	41
GRÁFICO 3 – Percentual das classes toxicológicas e de periculosidade ambiental dos agrotóxicos aplicados na região da microbacia do reservatório São Gonçalo – PB	43
GRÁFICO 4 – Percentual dos grupos químicos de agrotóxicos aplicados na região da microbacia do reservatório São Gonçalo – PB.....	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classificação toxicológica dos agrotóxicos.....	25
TABELA 2 – Classe toxicológica e cor da faixa no rótulo da embalagem dos agrotóxicos.....	25
TABELA 3 – Sinais e sintomas de intoxicação por agrotóxico segundo o tipo de exposição.....	26
TABELA 4 – Efeitos da exposição prolongada de produtos agrotóxicos.....	27
TABELA 5 – Método de GOSS para avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais.....	37
TABELA 6 – Características dos agrotóxicos utilizados na agricultura irrigada da região da microbacia do Reservatório São Gonçalo, Paraíba.....	42
TABELA 7 – Propriedades físico-químicas dos agrotóxicos utilizados na agricultura irrigada da região da microbacia do reservatório São Gonçalo, Paraíba.....	45
TABELA 8 – Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais por agrotóxicos utilizados na agricultura irrigada da região da microbacia do reservatório São Gonçalo, Paraíba (Método de GOSS).....	50
TABELA 9 – Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por agrotóxicos utilizados na agricultura irrigada da região da microbacia do reservatório São Gonçalo, Paraíba através da comparação entre o método de screening da EPA e o índice de GUS.....	52

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agência Nacional da Água
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
art.	artigo
atm.	Atmosférico
°C	grau Celsius
CL 50	Concentração Letal Mediana
cm	centímetro
DDT	Dicloro-Difenil-Tricloroetano
DL 50	Dose Letal Mediana
DNOC	Dinitro-ortho-cresol
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra a Seca
DT50	Dose Tóxica Mediana (meia-vida)
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
Esp	especiação
GUS	<i>Groundwater Ubiquity Score</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
kg	quilogramas
KH	constante da Lei de Henry
km	quilômetro
Koc	coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo
kow	coeficiente de partição octanol/água
L	litros
Log	logarítimo

m	metros
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
mg	miligramas
ml	mililitro
mm	milímetro
mol	Moles
mPa	miliPascal
NBR	Norma Brasileira
Pa	Pascal
PARA	Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos nos Alimentos
PB	Paraíba
pH	potencial Hidrogeniônico
PISG	Perímetro Irrigado de São Gonçalo
PMEP	<i>Pesticide Management Education Program</i>
PPDB	<i>Purchasing the database</i>
PV	Pressão de vapor
Renaciat	Rede Nacional de Centros de Informação Toxicológica
S	solubilidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1. OBJETIVO GERAL	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1. AGROTÓXICOS.....	17
3.1.1. Definição	17
3.1.2. Agrotóxicos no Brasil: aspectos históricos e legislação	17
3.1.3. Classificação dos agrotóxicos quanto à Periculosidade Ambiental	20
3.1.4. Classificação dos agrotóxicos quanto à Toxicidade	21
3.1.4.1 <i>Produtos agrotóxicos que enquadram-se na classe I - Extremamente Tóxico</i>	21
3.1.4.2 <i>Produtos agrotóxicos que enquadram-se na classe II - Altamente Tóxico</i> ..	22
3.1.4.3 <i>Produtos agrotóxicos que enquadram-se na classe III - Medianamente Tóxico</i>	23
3.1.4.4 <i>Produtos agrotóxicos que enquadram-se na classe IV - Pouco Tóxico</i>	23
3.1.5. Os agrotóxicos e os efeitos sobre a Saúde Humana	26
3.1.6. Classificação dos agrotóxicos quanto à natureza da Praga Combatida ..	28
3.2. CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS CAUSADA POR AGROTÓXICOS.....	30
3.3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO POR AGROTÓXICOS.....	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS	34

4.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	
4.2. LEVANTAMENTO DOS AGROTÓXICOS UTILIZADOS NA AGRICULTURA IRRIGADA DA MICROBACIA DO RESERVATÓRIO SÃO GONÇALO-PB	36
4.3. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS	36
4.4. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	38
4.4.1. Critérios <i>screening</i> da EPA	38
4.4.2. Índice de Vulnerabilidade de Águas Subterrâneas (GUS)	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1. LEVANTAMANETO DOS AGROTÓXICOS APLICADOS NA AGRICULTURA IRRIGADA DA MICROBACIA DO RESERVATÓRIO SÃO GONÇALO-PB	40
5.2. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS AGROTÓXICOS ..	44
5.2.1. Coeficiente de Partição Octanol/Água (Kow).....	46
5.2.2. Especificação.....	46
5.2.3. Meia-vida (DT50) e Coeficiente de Adsorção à Matéria Orgânica (Koc) ...	47
5.2.4. Constante da Lei de Henry (KH) e Pressão de Vapor (PV)	47
5.2.5. Solubilidade	48
5.3. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS	49
5.4. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DO POTENCIAL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	51
6. CONCLUSÕES	53
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	54

RESUMO

A importância dos agrotóxicos para o modelo de desenvolvimento agrícola vigente é indiscutível, uma vez que constituem parte dos insumos básicos. Entretanto, é muito importante que sejam utilizados adequadamente para a preservação não só dos produtos cultivados, mas também dos próprios recursos naturais, principalmente o solo e a água, além da saúde dos agricultores e consumidores. Este trabalho foi realizado na região do entorno do Reservatório São Gonçalo - PB e tem como objetivo avaliar o potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos aplicados na agricultura irrigada da região, baseado nos métodos Método *Screening* da Agência de Proteção Ambiental Americana (*Environmental Protection Agency*, EPA), Índice de Vulnerabilidade de Águas Subterrâneas (*Groundwater Ubiquity Score*, GUS) e o Método de GOSS. Por meio da comparação entre os métodos observou-se que 35,3% dos princípios ativos utilizados nas lavouras da área de estudo apresentam alto potencial de contaminação para as águas subterrâneas comparando o Método *Screening* da EPA e Índice de GUS. Pelo Método de GOSS diagnosticou-se que 23,5% dos agroquímicos têm alto potencial de contaminação de águas superficiais pelo transporte associado ao sedimento bem como 52,9% para contaminar as águas superficiais por transporte dissolvido em água. De modo geral 76,5% dos agrotóxicos aplicados na região em estudo são considerados de alto potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas, sendo assim necessário o monitoramento e controle das águas da microbacia do reservatório São Gonçalo-PB pelos órgãos ambientais competentes e bem como a conscientização dos agricultores perante o consumo excessivo dos agrotóxicos.

Palavras-chave: Perímetro irrigado, Semiárido, Índice GUS, Método *Screening* EPA, Método de GOSS.

ABSTRACT

The importance of pesticides for the current model of agricultural development is indisputable, since they are part of the basic inputs. However, it is very important that they are properly used for the preservation not only of crops but also for all its natural resources, especially soil and water, besides the health of farmers and consumers. This work was carried out in the surrounding region of São Gonçalo Reservoir - PB and aims to assess the potential for contamination of surface and groundwater by pesticides applied to waters irrigated agriculture in the region, based on the methods Method screening of U.S. Environmental Protection Agency (Environmental Protection Agency, EPA), Vulnerability Index Groundwater (Groundwater Ubiquity Score, GUS) and Method of GOSS. Through the comparison between the methods was observed that 35.3% of the active ingredients used in the crops of the study area have a high potential for groundwater contamination by comparing the screening Method of the EPA and GUS Index. Method by GOSS was diagnosed that 23.5% of agrochemicals has high potential for contamination of surface water by the associated sediment transport and 52.9% to contaminate surface water dissolved in water transport. Overall 76.5% of pesticides applied in the study area are considered high potential for contamination of surface and groundwater, therefore necessary monitoring and control of the waters of the reservoir watershed São Gonçalo - PB by environmental agencies and well as the awareness of farmers by the excessive consumption of pesticides.

Keywords: Irrigated perimeter, Semiarid, Index GUS, Screening Method EPA, Method GOSS.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento socioeconômico e a melhoria da qualidade de vida da população de uma região dependem incondicionalmente da utilização de recursos hídricos. Sendo assim, estes recursos devem ser utilizados visando garantir a oferta para os diversos usos, em quantidade e qualidade adequada, com o objetivo de satisfazer às necessidades das presentes e futuras gerações.

O Brasil tem posição privilegiada no mundo, em relação à disponibilidade de recursos hídricos. Segundo a Agência Nacional das Águas, este possui aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos, que é de 1,5 milhões² de m³/s (ANA, 2007). Porém, tem graves problemas com relação à distribuição desse recurso em seu território, onde a região Amazônica detém, por exemplo, cerca de 70 % dos recursos hídricos superficiais em uma área equivalente a 44 % do território nacional, ocupada por apenas 4,5 % da população brasileira, enquanto a região costeira do Nordeste Oriental, ocupada por 13 % da população, tem apenas 0,5 % de água disponível (GALLI *et al*, 2010).

O estado da Paraíba segue à regra do déficit da distribuição dos recursos hídricos, variando de altas precipitações na mesorregião da zona da mata, a precipitações de até 300 mm/ano no sertão paraibano, sendo esta última mesorregião, classificada como clima semiárido, apresentando os maiores problemas com relação à falta d'água (TROLEIS, 2011). A má distribuição e as restrições de uso desse recurso podem provocar vários conflitos entre os seus múltiplos usuários. Além da problemática da quantidade de água disponível na região semiárida, ainda existe a questão da qualidade dos corpos d'água, que varia muito dependendo dos múltiplos usos de uma bacia hidrográfica e das características físicas dessa (CIRILO *et al*, 2008).

Um dos principais mananciais do sertão paraibano é o Reservatório São Gonçalo – PB, localizado no distrito de mesmo nome pertencente ao município de Sousa – PB, o qual possui uma capacidade de 44,6 milhões de m³, sendo responsável pelo abastecimento dos municípios de Sousa – PB e Marizópolis - PB, além do distrito de São Gonçalo - PB e de várias comunidades rurais que ficam em seu entorno. Este também é responsável pelo suprimento hídrico do Perímetro

Irrigado de São Gonçalo – PISG, que necessita de grande quantidade de água e insumos – entre eles, os agrotóxicos – para alcançar a produção desejada.

As atividades antrópicas têm causado grandes distúrbios ambientais ao Reservatório São Gonçalo, sendo que algumas destas causam danos irreversíveis para o ambiente, existindo atualmente várias formas de degradação do açude com destaque para as advindas da agricultura e da crescente urbanização do distrito de São Gonçalo (GURJÃO, 2009).

A urbanização e a agricultura são os que mais contribuem para a poluição dos recursos hídricos. Na agricultura em particular, algumas práticas como a irrigação, a monocultura e a aplicação de agrotóxicos são usadas intensamente, comprometendo a qualidade dos solos e dos corpos hídricos. Entre essas práticas, a aplicação de agrotóxicos é a que mais tem se destacado no quesito “poluição das águas”, tendo em vista o aumento exorbitante do consumo do mesmo nos últimos anos e a seu elevado potencial tóxico.

O desconhecimento dos riscos associados a sua aplicação, em paralelo à ampla utilização dos agrotóxicos e o desrespeito às normas básicas de segurança são responsáveis pelo agravamento dos quadros de contaminação de recursos naturais como o solo e a água, além da saúde humana no Brasil.

Entre os efeitos ambientais mais graves do uso excessivo de agrotóxicos, está à contaminação de água potável, problema que recebe cada vez mais destaque na opinião pública e na comunidade acadêmica, à medida que aparecem evidências sobre a gravidade da contaminação por agroquímicos, das águas subterrâneas e superficiais (GUIVANT, 2000).

Sendo assim esse Trabalho de Conclusão de Curso busca realizar o estudo de quais agrotóxicos são utilizados nas atividades agrícolas do entorno do reservatório São Gonçalo-PB, bem como o seu potencial de contaminação de corpos d'água.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos aplicados na agricultura do entorno do reservatório São Gonçalo-PB utilizando os métodos Método *Screening* EPA; Índice GUS e Método de GOSS.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e avaliar as propriedades físico-químicas dos princípios ativos dos agrotóxicos utilizados na agricultura do entorno do reservatório São Gonçalo, PB.
- Identificar os princípios ativos potencialmente contaminantes das águas subterrâneas usando o Método *Screening* da Agência de Proteção Ambiental American - EPA para a área anteriormente mencionada.
- Identificar os princípios ativos potencialmente contaminantes das águas subterrâneas usando o Índice GUS para a área anteriormente mencionada.
- Identificar os princípios ativos potencialmente contaminantes das águas superficiais usando o Método de GOSS para a área anteriormente mencionada.
- Verificar a relação entre o Método *Screening* EPA, Índice GUS e Método de GOSS quanto ao potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. AGROTÓXICOS

3.1.1. Definição

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR nº 9843, de 2004, define agrotóxicos e afins como:

Os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim e preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos; substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores e de crescimento (ABNT, NBR nº 9843/2004, p. 1).

Este conceito, que é o mesmo da Lei n.º 7.802 de 11/07/89, que dispõe sobre o processo de registros de agrotóxicos, indica a grande abrangência e complexidade dos agrotóxicos dada a grande variedade de aplicações e finalidades a que são submetidos.

3.1.2. Agrotóxicos no Brasil: aspectos históricos e legislação

O uso dos agroquímicos no Brasil intensificou-se a partir da década de sessenta com o processo de modernização agrícola que desencadeou a Revolução Verde. Este programa, que surgiu nos Estados Unidos, teve o propósito de aumentar a produção agrícola através da utilização de máquinas no campo, do desenvolvimento de pesquisas em fertilização do solo e, principalmente, de sementes modificadas e desenvolvidas em laboratórios. O aumento da produção agrícola dependia, pois, da alta resistência das plantas aos diferentes tipos de pragas e doenças, do uso de máquinas agrícolas e de insumos agrícolas (fertilizantes, herbicidas e inseticidas), dentre eles o Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT) (MASCARENHA *et al* 2013).

Este agroquímico, amplamente utilizado, só seria retirado do mercado brasileiro a partir da década de oitenta compreendendo duas etapas: a primeira, em 1985, quando campanhas de saúde pública faziam exposição dos males advindos

da sua utilização. Na realidade, somente em 2009, através da Lei 11.936/2009, ficou proibida a fabricação, a importação, a exportação, a manutenção em estoque, a comercialização e o uso de DDT no Brasil (MASCARENHA *et al* 2013).

Em decorrência da significativa importância, tanto em relação à sua toxicidade quanto à escala de uso no Brasil, os agrotóxicos possuem uma ampla cobertura legal no país, com um grande número de normas legais. O referencial legal mais importante é a Lei nº 7802/89, que rege o processo de registro de um produto agrotóxico, regulamentada pelo Decreto nº 4074/02. Essa abrangência legal se dá por o Brasil ser considerado o maior consumidor de agrotóxico do mundo (Circulação Nacional, 2013).

Vários outros agroquímicos que têm sua toxidez comprovada cientificamente e são proibidos em muitos países, continuam sendo utilizados no Brasil. Conforme dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), dos 50 agroquímicos mais utilizados nas lavouras de nosso país, 22 são proibidos na União Européia (CARNEIRO *et al*, 2012) e mais uma vez essa prática confere ao Brasil, o título de maior consumidor de agroquímicos já banidos por outros países.

Existem atualmente 366 ingredientes ativos registrados no Brasil para uso agrícola, pertencentes a mais de 200 grupos químicos diferentes, que dão origem a 1.458 produtos formulados para venda no mercado. Muitos deles, cujo uso é proibido na agricultura ecológica, continuam sendo comercializados e utilizados. Sejam inseticidas (que combatem insetos em geral), fungicidas (que atingem os fungos) ou herbicidas (que matam as plantas invasoras ou ervas daninhas) apresentam toxicidade e efeitos sobre a saúde humana que variam em função da sua composição química (ARAUJO *et al* 2007).

Os agrotóxicos, para serem produzidos, exportados, importados, comercializados e utilizados devem ser previamente registrados em órgão federal, de acordo com as diretrizes e exigências dos órgãos federais responsáveis pelos setores da saúde, do meio ambiente e da agricultura (BRASIL, 1990).

No Brasil, a concessão de registros de agrotóxicos é feita de forma tripartite, onde o agrotóxico precisa ser avaliado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para que seja registrado para comercialização, exportação e importação (LONDRES, 2010).

Ao Ministério da Agricultura cabe a avaliação do desempenho agrônomo do produto, ao da Saúde a avaliação toxicológica e ao do Meio Ambiente a avaliação ambiental. O registro de agrotóxicos é, no entanto, centralizado no Ministério da Agricultura, responsável por emitir o parecer agrônomo e conceder o registro após receber os pareceres técnicos das agências de saúde e de meio ambiente. Cada um dos órgãos é autônomo em sua respectiva área de competência, sendo necessários os três pareceres deferindo o produto, para a concessão do registro. A inserção dos demais ministérios no processo de avaliação visa atender à demanda da sociedade e dos estados da federação que, no início da década de 1980, criaram leis estaduais mais restritivas do que a federal (PELAEZ, S. et al 2012).

Cabe ao IBAMA realizar a avaliação e classificação do potencial de periculosidade ambiental dos agrotóxicos registrados no país (Lei nº 7.809/1989; Decreto Regulamentador nº 98.816/1990 alterado pelo Decreto nº 4.074/2002). Durante esse processo são analisados parâmetros relacionados ao comportamento ambiental dos agrotóxicos, entre eles a sua lixiviação em apenas três classes de solos representativos brasileiros considerando a camada de 0-20 cm (Portaria Normativa nº84/1996). Fica evidente a necessidade de melhorar a representatividade desses testes dada a grande diversidade de solos e climas existentes no Brasil. No entanto, para melhorar essa representatividade, são necessários inúmeros experimentos para concluir sobre a mobilidade desses compostos, dada a grande combinação de cenários envolvendo os diferentes tipos de solos, climas e agrotóxicos atualmente em uso.

Segundo a Lei 7.802/89, artigo 3º, parágrafo 6º, no Brasil, é proibido o registro de agrotóxicos:

- a) Para os quais o Brasil não disponha de métodos para desativação de seus componentes, de modo a impedir que os seus resíduos remanescentes provoquem riscos ao meio ambiente e à saúde pública;
- b) para os quais não haja antídoto ou tratamento eficaz no Brasil;
- c) que revelem características teratogênicas, carcinogênicas ou mutagênicas, de acordo com os resultados atualizados de experiências da comunidade científica;
- d) que provoquem distúrbios hormonais, danos ao aparelho reprodutor, de acordo com procedimentos e experiências atualizadas na comunidade científica;

e) que se revelem mais perigosos para o homem do que os testes de laboratório, com animais, tenham podido demonstrar, segundo critérios técnicos e científicos atualizados;

f) cujas características causem danos ao meio ambiente.

A ANVISA coordena as ações na área de toxicologia no Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, com o objetivo de regulamentar, analisar, controlar e fiscalizar produtos e serviços que envolvam riscos à saúde – agrotóxicos, componentes e afins e outras substâncias químicas de interesse toxicológico (ANVISA, 2014).

Também faz parte das atribuições da ANVISA realizar a avaliação toxicológica para fins de registro dos agrotóxicos, a reavaliação de moléculas já registradas e normatizar e elaborar regulamentos técnicos e monografias dos ingredientes ativos dos agrotóxicos. Além disso, coordena o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos nos Alimentos (PARA) e a Rede Nacional de Centros de Informação Toxicológica (Renaciat) e promove capacitações em toxicologia (ANVISA, 2014).

3.1.3. Classificação dos agrotóxicos quanto à Periculosidade Ambiental

Os sistemas de classificação quanto à periculosidade compreende os parâmetros transporte, persistência, bioconcentração e ecotoxicidade a diversos organismos. Para a avaliação de cada parâmetro os estudos relacionados são considerados de modo que cada parâmetro é classificado em função dos correspondentes resultados dos estudos físico-químicos e ecotoxicológicos (MATTOS, 1999).

Depois de avaliados e validados pelo IBAMA, os estudos que compõem esses parâmetros também recebem classificação, conforme tabelas específicas que constam da planilha eletrônica usada para a classificação dos produtos quanto à periculosidade. Produtos que, por suas características enquadrem-se nos casos previstos nas alíneas “a), “b) e “c) do parágrafo único do artigo 3º da Portaria nº 84/96 são classificados como impeditivos de obtenção de registro (IBAMA, 1996).

Sendo assim, quanto ao perigo que os agrotóxicos causam no meio ambiente, esses se distribuem em quatro classes conforme mostrada a seguir (IBAMA, 1996):

- Classe I: produto ALTAMENTE PERIGOSO ao meio ambiente;

- Classe II: produto MUITO PERIGOSO ao meio ambiente;
- Classe III: produto PERIGOSO ao meio ambiente;
- Classe IV: produto POUCO PERIGOSO ao meio ambiente.

Tanto a classificação geral de um produto como a adoção de frases de advertência específicas contribuem para racionalizar o uso dos produtos e visam orientar a utilização dos mesmos de forma a evitar acidentes relativos ao uso, bem como assegurar a manutenção da qualidade ambiental. Como exemplo, podemos citar o uso de um produto Classe I na menor dosagem possível ou a substituição por outro produto Classe IV, com a mesma indicação de uso (IBAMA, 1996).

3.1.4. Classificação dos agrotóxicos quanto à Toxicidade

Para a classificação toxicológica, a ANVISA utiliza alguns critérios, com exceção de produtos agrotóxicos, seus componentes e afins que comprovarem, através de dados validados, serem teratogênicos, carcinogênicos ou mutagênicos, sendo que estes não receberão classificação toxicológica.

Já os produtos agrotóxicos e afins, formulados, que provocarem corrosão, ulceração ou opacidade na córnea, irreversível dentro de 07 dias após a aplicação nas conjuntivas dos animais testados, são submetidos a estudo especial pela ANVISA para concessão ou não de classificação toxicológica. Para essa concessão, devem ser atendidos os critérios dispostos no Anexo III do Manual de Procedimentos para Análises Toxicológicas de Produtos Agrotóxicos, seus componentes e afins, que está disposto abaixo (ANVISA, 2014).

Critérios para a classificação toxicológica da ANVISA

3.1.4.1 Produtos agrotóxicos que enquadram-se na classe I - Extremamente Tóxico (ANVISA, 2014):

- a) as formulações líquidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, igual ou inferior a 20 mg/kg;
- b) as formulações sólidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, igual ou inferior a 5 mg/kg;

- c) as formulações líquidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos, igual ou inferior a 40 mg/ kg;
- d) as formulações sólidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos, igual ou inferior a 10 mg/ kg;
- e) as formulações que provocam opacidade na córnea reversível ou não dentro de sete dias ou irritação persistente nas mucosas oculares dos animais testados;
- f) as formulações que provocam ulceração ou corrosão na pele dos animais testados;
- g) os produtos, ainda em fase de desenvolvimento, a serem pesquisados ou experimentados no Brasil;
- h) as formulações que possuam CL 50 inalatória para ratos igual ou inferior a 0,2 mg/L de ar por uma hora de exposição.

3.1.4.2 Produtos agrotóxicos que enquadram-se na classe II - Altamente Tóxico (ANVISA, 2014):

- a) as formulações líquidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superiores a 20 mg/kg e até 200 mg/kg, inclusive;
- b) as formulações sólidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superiores a 5 mg/kg e até 50 mg/kg, inclusive;
- c) as formulações líquidas que apresentam DL 50 dérmica para ratos superior a 40 mg/kg e até 400 mg/kg, inclusive;
- d) as formulações sólidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos, superior a 10 mg/kg e até 100 mg/kg, inclusive;
- e) as formulações que não apresentam de modo algum, opacidade na córnea, bem como aquelas que apresentam irritação reversível dentro de 7 (sete) dias nas mucosas oculares de animais testados;
- f) as formulações que provocam irritação severa, ou seja, obtenham um escore igual ou superior a 5 (cinco) segundo o método de Draize e Cols na pele de animais testados;

g) as formulações que possuam CL 50 inalatória, para ratos, superior a 0,2 mg/L de ar por uma hora de exposição e até 2 mg/L de ar por uma hora de exposição, inclusive.

3.1.4.3 Produtos agrotóxicos que enquadram-se na classe III - Medianamente Tóxico (ANVISA, 2014):

a) as formulações líquidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superior a 200 mg/kg e até 2.000 mg/kg, inclusive;

b) as formulações sólidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superior a 50 mg/kg e até 500 mg/kg, inclusive;

c) as formulações líquidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos, superior a 400 mg/kg e até 4.000 mg/kg, inclusive;

d) as formulações sólidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos, superior a 100 mg/kg e até 1.000 mg/kg, inclusive;

e) as formulações que não apresentam, de modo algum, opacidade na córnea e aquelas que apresentam irritação reversível dentro de 72 (setenta e duas) horas nas mucosas oculares dos animais testados;

f) as formulações que provocam irritação moderada ou um escore igual ou superior a 3 (três) e até 5 (cinco), segundo o método de Draize e Cols, na pele dos animais testados;

g) as formulações que possuem CL 50 inalatória, para ratos, superior a 2 mg/L de ar por uma hora de exposição e até 20 mg/L de ar por uma hora de exposição, inclusive.

3.1.4.4 Produtos agrotóxicos que enquadram-se na classe IV - Pouco Tóxico (ANVISA, 2014):

a) as formulações líquidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superior a 2000 mg/kg;

b) as formulações sólidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superior a 500 mg/kg, inclusive;

- c) as formulações líquidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos, superior a 4000 mg/kg;
- d) as formulações sólidas que apresentam DL 50 dérmica, para ratos superior a 1.000 mg/kg;
- e) as formulações que não apresentam de modo algum, opacidade na córnea e aquelas que apresentam irritação leve, reversível dentro de 24 (vinte e quatro) horas, nas mucosas oculares dos animais testados;
- f) as formulações que provocam irritação leve ou um escore inferior a 3 (três), segundo o método de Draize e Cols, na pele dos animais testados;
- g) as formulações que possuem CL 50 inalatória, para ratos, superior a 20 mg/L de ar por hora de exposição.

No caso de classificação toxicológica de formulações deve também ser levada em conta, junto com os dados toxicológicos, a modalidade de emprego, considerando a seguinte gradação decrescente de riscos (TOLEDO, 2000):

- a) fumigação de ambientes fechados para o tratamento de grãos;
- b) pulverização de partes aéreas de culturas altas por via terrestre;
- c) pulverização de partes de culturas altas por avião;
- d) pulverização de culturas baixas;
- e) tratamento do solo.

A classificação quanto a toxicidade é de fundamental importância para o conhecimento dos seus efeitos agudos na saúde humana. Na TAB. 1 são apresentadas as classes toxicológicas em função da dose letal 50 (DL 50), comparando-a com a quantidade suficiente para matar uma pessoa adulta (Trapé, 1993).

TABELA 1 -Classificação toxicológica dos agrotóxicos.

Grupos	Descrição	Dose capaz de matar um adulto
Extremamente tóxicos	(DL50 < 50 mg/kg de peso vivo)	≤ 5 mg/kg – algumas gotas
Muito tóxicos	(DL50 – 50 a 500 mg/kg de peso vivo)	1 colher de chá
Moderadamente tóxicos	(DL50 – 500 a 5000 mg/kg de peso vivo)	1 colher de sopa
Pouco tóxicos	(DL50 > 5000 mg/kg de peso vivo)	2 colheres de sopa

Fonte: Trapé(1993).

Por determinação legal, todos os produtos devem apresentar nos rótulos uma faixa colorida indicativa de sua classe toxicológica (TAB. 2)(Trapé, 1993).

TABELA 2 - Classe toxicológica e cor da faixa no rótulo da embalagem dos agrotóxicos.

Classe toxicológica	Descrição	Faixa indicativa de cor
I	Extremamente tóxicos (DL50 < 50 mg/kg de peso vivo)	Vermelho vivo
II	Muito tóxicos (DL50 – 50 a 500 mg/kg de peso vivo)	Amarelo intenso
III	Moderadamente tóxicos (DL50 – 500 a 5000 mg/kg de peso vivo)	Azul intenso
IV	Pouco tóxicos (DL50 > 5000 mg/kg de peso vivo)	Verde intenso

Fonte: Trapé (1993).

3.1.5. Os agrotóxicos e os efeitos sobre a Saúde Humana

Um dos principais perigos derivados do uso de agrotóxicos diz respeito aos efeitos que eles podem provocar na saúde das pessoas que direta ou indiretamente tem contato com essas substâncias (AMEIDA, 1982).

Na Tabela 3 são apresentados os sinais e sintomas de intoxicação, na saúde humana, por agrotóxico quanto ao tipo de exposição. Enquanto isso, a Tabela 4 apresenta os efeitos da exposição prolongada dos agrotóxicos a saúde humana.

TABELA 3 - Sinais e sintomas de intoxicação por agrotóxico segundo o tipo de exposição

Sinais e sintomas	Exposição	
	Única ou por curto período	Continuada por longo período
Agudos	Cefaléia, tontura Náusea, vômito Fasciculação muscular Parestesias Desorientação Dificuldade respiratória Coma Morte	Hemorragias, Hipersensibilidade Teratogênese Morte fetal
Crônicos	Paresia e paralisia reversíveis Ação neurotóxica retardada irreversível Pancitopenia	Lesão cerebral irreversível Tumores malignos Atrofia testicular Esterilidade masculina Distúrbios neuropsicológicos Alterações neurocomportamentais Neurite periférica Dermatites de contato Formação de catarata Atrofia do nervo óptico Lesões hepáticas, etc.

Fonte: AMEIDA (1982).

TABELA 4 - Efeitos da exposição prolongada de produtos agrotóxicos.

ÓRGÃO/SISTEMA	EFEITO
Sistema nervoso	Síndrome asteno-vegetativa, polineurite, radiculite, encefalopatia, distonia vascular, esclerose cerebral,neuriteretrobulbar, angiopatia da retina
Sistema respiratório	Traqueíte crônica, pneumofibrose, enfisema pulmonar, asma brônquica
Sistema cardiovascular	Miocardite tóxica crônica, insuficiência coronária crônica, hipertensão, hipotensão.
Fígado	Hepatite crônica, colecistite, insuficiência hepática
Rins	Albuminúria, nictúria, alteração do clearance da uréia,nitrogênio e creatinina,
Trato gastrointestinal	Gastrite crônica, duodenite, úlcera, colite crônica (hemorrágica, espástica, formações polipóides) hipersecreção e hiperacidezgástrica, prejuízo da motocidade.
Sistema hematopoético	Leucopenia, eosinopenia, monocitose, alterações naHemoglobina.
Pele	Dermatites, eczemas
Olhos	Conjuntivite, blefarite

Fonte: KALOYANOVA & SIMEONOVA (1977).

Os profissionais de saúde, por sua vez, enfrentam no Brasil uma enorme dificuldade para diagnosticar, registrar e até mesmo encaminhar pacientes intoxicados por agrotóxicos. Acredita-se que o número de registros é muito menor do que o número real de intoxicações – a própria Organização Mundial da Saúde reconhece que, para cada caso registrado de intoxicação pelos agrotóxicos, há 50 não notificados (JEYARATMAN, J, 1990).

As pessoas mais expostas aos perigos da contaminação pelos agrotóxicos são aquelas que têm contato com eles no campo. Há os aplicadores, preparadores de caldas e responsáveis por depósitos, que têm contato direto com os produtos, e há também os trabalhadores que têm contato indireto com os venenos ao realizar capinas, roçadas, colheitas etc. Este segundo grupo é, na verdade, o de maior risco, uma vez que o intervalo de reentrada nas lavouras não costuma ser respeitado e estes trabalhadores não usam proteção.

Moradores de regiões de predomínio do agronegócio, onde maciças quantidades de agrotóxicos são usadas ao longo do ano, formam outro grupo de grande risco. Em várias regiões do país é comum a aplicação aérea de venenos. Há estudos que indicam que, nestes casos, muitas vezes apenas 30% do veneno

atingem o alvo (CHAIM, 2003). O resto contamina solos, água, plantações de vizinhos, florestas e, muitas vezes, áreas residenciais. Outros estudos indicam também que águas subterrâneas estão sendo contaminadas, colocando do em risco a saúde de populações que se abastecem de poços em regiões de grande produção agrícola (RIGOTTO *et al*, 2010).

Os funcionários de indústrias que fabricam ou formulam agrotóxicos, assim como pessoas que trabalham com transporte e com comércio destes produtos, constituem outro grupo importante de risco. Por fim, temos os consumidores que, ao longo de vários anos, se alimentam de produtos com altas taxas de resíduos de agrotóxicos. Análises feitas pela ANVISA têm anualmente demonstrado que diversos produtos de grande importância na alimentação dos brasileiros têm apresentado resíduos de agrotóxicos acima dos limites permitidos e também de agrotóxicos proibidos. A venda de agrotóxicos sem receituário agrônômico e o desrespeito ao período de carência – intervalo de tempo exigido entre a última aplicação e a comercialização do produto – são outros agravantes deste quadro.

3.1.6. Classificação dos agrotóxicos quanto à natureza da Praga Combatida

Quanto ao modo de ação do ingrediente ativo no organismo alvo ou à natureza da praga combatida, os agrotóxicos são classificados como inseticidas, fungicidas, herbicidas, rodenticidas e/ou raticidas, acaricidas, nematicidas, fumigantes, molusquicidas etc. (ANDREI, 2005; LARINI, 1999).

Os inseticidas apresentam atuação de combate a insetos, larvas e formigas. Os inseticidas pertencem a quatro grupos químicos distintos:

- *Organoclorados*: são compostos à base de carbono, com radicais de cloro. São derivados do clorobenzeno, do ciclohexano ou do ciclodieno. Foram muito utilizados na agricultura, como inseticidas, porém seu emprego tem sido progressivamente restringido ou mesmo proibido. São persistentes no corpo e no ambiente, causando efeitos patológicos a longo prazo. Sua atuação no sistema nervoso interfere nas transmissões dos impulsos nervosos. Ex.: Aldrin, Endrin, Hexabenzeno de Cloro (BHC), DDT, Endossulfan, Heptacloro, Lindane, Mirex (PERES, 2003).

- *Organofosforados*: são compostos orgânicos derivados do ácido fosfórico, do ácido tiofosfórico ou do ácido ditiofosfórico. Tais substâncias, no ser humano, agem como inibidores da enzima colinesterase, impedindo a atuação desta sobre a acetilcolina, provocando sérias conseqüências nos organismos animais. Ex.: Folidol, Azodrin, Malation, Diazinon, Nuvacron, Tamaron, Rhodiatox (MACÊDO, 2002).
- *Carbamatos*: são considerados de toxicidade aguda média, não se acumulam nos tecidos gordurosos e sua degradação ocorre rapidamente. Atuam inibindo a ação da colinesterase na transmissão dos impulsos nervosos cerebrais e têm efeito altamente cancerígeno. Ex.: Carbaril, Temik, Zectram, Furadan (MACÊDO, 2002).
- *Piretróides*: são compostos sintéticos que apresentam estruturas semelhantes à piretrina, substância existente nas flores do *Chrysanthemum (Pyrethrum) cinerariifolium*. Atuam no ser humano no sistema nervoso central e periférico, interagindo com os canais de sódio. Alguns desses compostos são: aletrina, resmetrina, decametrina, cipermetrina e fenpropanato. Ex.: Decis, Protector, K-Otrine, SBP (MARCHEZAN, 2007).

Já os fungicidas tem ação de combate a fungos. Existem muitos fungicidas no mercado. Os principais grupos químicos são: Etileno-bis-ditiocarbamatos: Maneb, Mancozeb, Dithane, Zineb, Tiram; Trifenilestânico: Duter e Brestan; Captan: Ortocide e Merpan; e Hexaclorobenzeno (MACHADO, 2001).

Herbicidas combatem ervas daninhas e nas últimas duas décadas, esse grupo tem tido uma utilização crescente na agricultura. Seus principais representantes são: o Paraquat: comercializado com o nome de Gramoxone; o Glifosato: Round-up; o Pentaclorofenol e os Derivados do ácido fenoxiacético: 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D) e 2,4,5 triclorofenoxiacético (2,4,5 T); e o Dinitrofenól: Dinitro-ortho-cresol, DNOC. (GRUTZMACHER, 2008)

Outros grupos importantes compreendem: os Raticidas (utilizados no combate a roedores); os Acaricidas (ação de combate a ácaros diversos); os Nematicidas (ação de combate a nematóides); os Molusquicidas (ação de combate a moluscos, basicamente contra o caramujo da esquistossomose) e os Fumigantes (ação de combate a insetos, bactérias: fosfetos metálicos (Fosfina) e brometo de metila).

3.2. CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS CAUSADAS POR AGROTÓXICOS

Segundo Straskraba *et al* (2008) existe uma forte relação entre o grau de poluição e a densidade populacional e os três fatores que governam essa relação são: (1) urbanização, (2) industrialização e (3) desenvolvimento da agricultura em larga escala. O aumento populacional e a conseqüente urbanização reduzem, junto com o aumento das áreas agrícolas, a capacidade de retenção de água das bacias hidrográficas e a redução da capacidade natural de retenção dos poluentes.

Esses fatores juntos levam à degradação da qualidade da água, à perda de diversidade biológica e ao desperdício de recursos hídricos. De forma simplificada, a poluição das águas decorre da adição de substâncias ou de formas de energia que, diretamente ou indiretamente, alteram as características físicas e químicas do corpo d'água de tal maneira que prejudique a utilização das suas águas para usos benéficos (Straskraba *et al*, 2008).

No Brasil, a utilização das águas superficiais como fonte de abastecimento público continua sendo a alternativa de manancial mais utilizada. Baseadas nas informações da Agência Nacional da Água, ANA (2003), 56 % do total dos municípios do país utilizam águas superficiais pelo menos como uma das alternativas de mananciais. Entretanto, observa-se que essa alternativa é a que está mais exposta às fontes de poluição e contaminação. Observaram-se, por exemplo, uma ou mais formas de poluição ou contaminação em 26,7 % do total de municípios com captações superficiais, sendo que em 14,24 % deles foram verificadas contaminações por despejo de esgotos domésticos e em 16,22 % por resíduos agrotóxicos.

Eutrofização de corpos de águas interiores consiste no enriquecimento com nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, que entram como solutos e se transformam em partículas orgânicas e inorgânicas. O crescimento acelerado e a maior abundância de plantas aquáticas causam, frequentemente, deterioração da qualidade hídrica e crescimento de grandes volumes de algas, inclusive de cianobactérias potencialmente tóxicas, tornando-se um risco à saúde do ecossistema, além de implicar em aumento no custo do tratamento da água para abastecimento. O aumento das cargas de nutrientes nas águas interiores

normalmente decorre de alterações nos mananciais, tais como: remoção de florestas, desenvolvimento agrícola e industrial, mas, principalmente, pelo aumento da urbanização (UNEP, 2001).

Uma revisão feita por Smith & Schindler (2009) destacou a eutrofização cultural como o maior problema da atualidade em corpos de água superficiais, considerado-a como um dos exemplos mais visíveis das alterações causadas pelo homem à biosfera.

De forma genérica, a poluição das águas decorre da adição de substâncias ou de formas de energia que, diretamente ou indiretamente, alteram as características físicas e químicas do corpo d'água de uma maneira tal, que prejudique a utilização das suas águas para usos benéficos (Smith & Schindler, 2009).

Os principais poluentes da atividade agrícola são os defensivos agrícolas. Estes são empregados no controle de pragas e são pouco específicos, destruindo indiferentemente espécies nocivas e úteis. Existem praguicidas extremamente tóxicos, mas instáveis, eles podem causar danos imediatos, mas não causam poluição a longo prazo (GEBLER, 2006).

Um dos problemas do uso dos praguicidas é o acúmulo ao longo das cadeias alimentares. Os inseticidas quando usados de forma indevida, acumulam-se no solo, os animais se alimentam da vegetação prosseguindo o ciclo de contaminação. Com as chuvas, os produtos químicos usados na composição dos agrotóxicos infiltram no solo contaminando os lençóis freáticos e acabam escorrendo para os rios continuando a contaminação. Fertilizantes sintéticos e agrotóxicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas), usados em quantidades abusivas nas lavouras, poluem o solo e as águas dos rios, onde intoxicam e matam diversos seres vivos dos ecossistemas (TOLEDO, 2000).

Para alguns especialistas, a determinação de limites aceitáveis de resíduos representa, na verdade, a “legalização da contaminação”. Enquanto a controvérsia não se resolve, vale a Portaria 518 do Ministério da Saúde, publicada em março de 2004, que estabelece em seu Art. 14 uma lista de substâncias químicas que representam riscos para a saúde. O mesmo artigo estabelece para estas

substâncias os limites máximos de resíduos que podem estar presentes na água potável (Portaria 518, 2004).

3.3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO POR AGROTÓXICO

Um dos maiores impactos da agricultura na qualidade dos recursos hídricos (água subterrânea e superficial) ocorre devido à possibilidade de contaminação desses com resíduos de agrotóxicos. Infelizmente, têm sido crescentes as evidências sobre a presença de resíduos de agrotóxicos em amostras de água subterrâneas e superficiais em áreas agrícolas ou até mesmo em áreas de captação de água para consumo humano (BROWN; VAN BEINUM, 2009; FILIZOLA *et al.*, 2002; LAABS *et al.*, 2002). Diante desse cenário, é urgente avaliar de forma rápida e integrada (permitindo resultados mais conclusivos) os riscos envolvidos na utilização de agrotóxicos na agricultura e suas possíveis conseqüências aos recursos hídricos (SCORZA JÚNIOR *et al.*, 2004).

Os mais de 300 princípios ativos de grande parte dos agrotóxicos em uso no Brasil poderiam ser avaliados por meio desses métodos, no intuito de subsidiar a priorização de produtos para monitoramento “in loco” e de orientar investigações subseqüentes nas matrizes onde esses compostos apresentem maior potencial de serem encontrados (solo ou água), visando a detecção de níveis de resíduos de produtos com maior potencial de contaminação de recursos hídricos (RISSATO, 2004).

Alguns modelos são freqüentemente utilizados para avaliar o potencial de contaminação em águas superficiais e subterrâneas, tais como o Método Screening da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), o Índice de Vulnerabilidade de águas subterrâneas (*Groundwater Ubiquity Score*, GUS) e o método de Goss (BRITO *et al.*, 2001; GRAMATICA; GUARDO, 2002; PESSOA *et al.*, 2003). Esses métodos baseiam-se em propriedades físico-químicas dos pesticidas, como solubilidade em água (S), o coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (Koc), a constante da Lei de Henry (KH), a especiação (presença de forma neutra ou aniônica em pH entre 5 e 8) e a meia-vida no solo e na água (DT50) (PAPA *et al.*, 2004; DORES; FREIRE, 2001; FERRACINI *et al.*, 2001).

A utilização desses parâmetros para avaliar o potencial de contaminação em águas superficiais e subterrâneas é mostrada a seguir:

a) a solubilidade - S (em mg/L) em água afeta o equilíbrio da partição pelo controle das concentrações no meio difuso ar/água, como também afeta as velocidades de processos de transferência como a evaporação do agrotóxico que está presente no solo ou na água para o ar, ou a absorção, pelo peixe, do produto que está presente na água. Assim, ela é um indicativo da facilidade do princípio ativo em lixiviar (BLANCO, 1979).

b) o coeficiente de adsorção à matéria orgânica - Koc (em mL/g) é fator preditivo da biodisponibilidade do agrotóxico, uma vez que os produtos hidrofóbicos (insolúveis em água) podem ligar-se reversivelmente ao conjunto de carbono orgânico. O valor de Koc indica o potencial de mobilidade no solo, ao passo que a meia-vida revela a estabilidade do composto sob determinadas condições. Pesticidas com Koc abaixo de 50 são considerados de alta mobilidade; valores entre 150-500 são moderadamente móveis e, acima de 2.000, possuem baixa mobilidade no solo (BARCELÓ; HENNION, 1997 *apud* MILHONE, 2009)

c) a constante da Lei de Henry (em $\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$) – é a relação da pressão parcial do soluto no ar em equilíbrio com a concentração na água – expressa em $\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$ ou em $\text{atm}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$ - e descreve a partição do agrotóxico entre o ar e a água que é essencialmente um balanço das solubilidades do agrotóxico entre o ar e a água (SUNTIO et al., 1988; SHIU, 1990). A constante da Lei de Henry vai definir a tendência de um agrotóxico em volatilizar da solução para o ar, sendo que um alto valor para esta constante favorece a volatilização e os produtos que tenham baixo valor para esta constante podem persistir no solo ou na água.

d) a especiação encontra-se relacionada ao conhecimento do caráter iônico, expresso pelo valor de pKa. Em pH ambiente (5 a 8), moléculas presentes no solo tendem a serem negativamente carregadas e, portanto, compostos aniônicos podem se tornar lixiviados mais facilmente do que compostos catiônicos (BARCELÓ; HENNION, 1997 *apud* MILHONE, 2009).

e) a meia-vida no solo - DT50 (em dias) é útil para a comparação da persistência relativa de diferentes agrotóxicos no ambiente. Assim, são importantes para o entendimento do potencial impacto no solo ou na água (BLANCO, 1979).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi definida como a microbacia do reservatório São Gonçalo-PB, nos municípios de Sousa-PB, Nazarezinho-PB e Marizópolis-PB. Essa região foi delimitada de acordo com o nível de água em que o mesmo se encontrava, pois devido à seca o volume diminuiu a 16,7% em fevereiro de 2014 segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2014), o que restringiu a área de estudo às comunidades rurais do Sítio Queimadas no município de Nazarezinho-PB; Sítio Serrote dos Gatos e Sítio Queimadas no município de Marizópolis-PB; e Sítio Nova Olinda, Sítio Pitombeira e São Gonçalo em Sousa-PB, onde apenas as propriedades no raio de 1,0 Km de distância do reservatório foram considerados.

O reservatório de São Gonçalo (Figura 1), construído entre 1919 e 1932, está localizado no município de Sousa-PB sendo um dos principais reservatórios do semiárido paraibano, com um volume de 44.600.000 m³ e tem a finalidade de abastecer as cidades de Sousa, Marizópolis, o distrito de São Gonçalo, além de comunidades rurais que ficam no seu entorno. Este reservatório é administrado pelo Departamento de Obras Contra a Seca – DNOCS, sendo responsável ainda pelo suprimento das demandas hídricas do Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PISG.



FIGURA 1- Reservatório São Gonçalo, Sousa-PB. Fonte: Autoria própria.

O rio principal da microbacia do reservatório São Gonçalo é o Rio Piranhas. Suas nascentes estão localizadas nos municípios de Bonito de Santa Fé, Monte Horebe e São José de Piranhas, de onde percorre 31 km e forma no município de Cajazeiras o reservatório Engenheiro Avidos, que pereniza este rio a partir desse ponto. Este percorre mais 22,5 km em direção ao norte, formando nos municípios de Sousa, Nazarezinho, e Marizópolis o açude São Gonçalo, limite do sistema hídrico superficial e subterrâneo deste estudo.

Segundo dados da Estação Automática mantida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no distrito de São Gonçalo-PB, a temperatura na região, registrada nas estações climatológicas de São Gonçalo e Sousa, tem média mensal de 26,6°C, variando entre 28,7°C (novembro) e 24,9 °C (junho). Os dados de umidade relativa do ar, registrados na estação de São Gonçalo, apresentam uma média mensal em torno de 62%, com período de menor umidade compreendendo os meses de setembro a novembro. A insolação média mensal, segundo os dados da estação de São Gonçalo, se apresenta em torno de 8,7 horas por dia (INMET, 2014).

Quanto à pluviometria, os dados na região da bacia, colhidos nos postos de São Gonçalo e Nazarezinho, indicam uma precipitação média anual em torno de 800 mm. Os meses de fevereiro, março e abril concentram aproximadamente 65% do total anual precipitado na bacia (INMET, 2014).

Nas terras da bacia, observa-se a ocorrência de três tipos principais de solos: Podzólicos Vermelho Amarelo Eutróficos, que ocorrem nas áreas à jusante do açude de São Gonçalo e no município de Nazarezinho em interflúvios; os solos Bruno Não Cálcico Vérticos, existentes na maior parte da bacia; e os solos Aluviais, na artéria fluvial do Alto Piranhas à jusante e a montante do Perímetro Irrigado de São Gonçalo (CPRM, 2005).

A vegetação natural dominante na área da microbacia do reservatório São Gonçalo é do tipo hiperxerófila (caatinga), pertencentes ao bioma caatinga, as espécies mais comuns na área são: *Jurema*, *Catingueira*, *Ipê*, *Pereiro*, *Angico*, *Baraúna*, *Umbuzeiro*, *Macambira* e *Xique-Xique* (CPRM, 2005).

4.2. LEVANTAMENTO DOS AGROTÓXICOS UTILIZADOS NA AGRICULTURA IRRIGADA DA MICROBACIA DO RESERVATÓRIO SÃO GONÇALO-PB

Inicialmente foi realizada uma pesquisa com 27 agricultores que estão situados na região da microbacia do reservatório São Gonçalo-PB. Esse levantamento se deu através de um questionário com duas perguntas:

- Quais as culturas plantadas atualmente?
- Quais os agrotóxicos utilizados para cada cultura?

Essas perguntas foram suficientes para mostrar os principais agrotóxicos utilizados na agricultura irrigada da região do estudo, além das suas respectivas culturas.

As informações sobre os pesticidas aplicados pelos agricultores foram obtidas em visita às comunidades rurais, que usam água do reservatório São Gonçalo para os mais diversos usos incluindo a agricultura irrigada e que, portanto, ainda estão produzindo cultivares e utilizando agroquímicos. Os dados sobre as características e propriedades físico-químicas dos pesticidas estudados foram obtidos da ANVISA, do banco de dados *Purchasing the database* (PPDB) e do banco de dados do *Pesticide Management Education Program* (PMEP) da *Cornell University*. A partir desses dados deu-se início às análises dessas propriedades físico-químicas, buscando avaliar o potencial contaminante de cada princípio ativo de agrotóxico utilizado nas comunidades rurais compreendidas na microbacia do reservatório São Gonçalo-PB.

4.3. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

O potencial de contaminação das águas superficiais foi avaliado pelo método proposto por GOSS (1992) (Tabela 5). Esse método leva em consideração algumas das propriedades físico-químicas dos agroquímicos, sendo elas: DT50solo (meia-vida no solo); Koc (coeficiente de adsorção à matéria orgânica) e S (solubilidade). De acordo com o Método de GOSS, os agrotóxicos são classificados em alto e baixo potencial de contaminação, possuindo duas formas de contaminação, em função do transporte associado aos sedimentos ou dissolvidos em água. No caso dos princípios ativos não se enquadrarem em nenhum dos critérios citados no Método de

GOSS, estes são consideradas de potencial intermediário de contaminação para águas superficiais (GOSS, 1992 *apud* MARQUES, 2005).

TABELA 5 – Método de GOSS para avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais.

Potencial de transporte associado ao sedimento			
	DT50_{solo}(d)	K_{oc}(mL.g⁻¹)	S (mg.L⁻¹)
Alto potencial	≥40	≥ 1000	-
	≥ 40	≥ 500	≤ 0,5
Baixo potencial	< 1	-	-
	≤ 2	≤ 500	-
	≤ 4	≤ 900	≥ 0,5
	≤ 40	≤ 500	≥ 0,5
	≤ 40	≤ 900	≥ 2
Potencial de transporte dissolvido em água			
	DT50_{solo}(d)	K_{oc}(mL.g⁻¹)	S (mg.L⁻¹)
Alto potencial	> 35	< 100000	≥ 1
	< 35	≤ 700	≥ 10 e ≤ 100
Baixo potencial	-	≥ 100000	-
	≤ 1	≥ 1000	-
	< 35	-	< 0,5

DT50: meia-vida; K_{oc}: coeficiente de adsorção à matéria orgânica; S: solubilidade em água
 Fonte: GOSS (1992) *apud* MILHOME(2009).

4.4. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Quanto à avaliação do risco de contaminação de águas subterrâneas na região de estudo, utilizou-se os critérios de *Screening* da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e o índice de Groundwater Ubiquity Score (GUS) (PRIMEL *et al*, 2005; DORES; FREIRE, 2001).

4.4.1. Critérios *Screening* da EPA

O potencial de transporte de agrotóxicos determinado pelas características dos seus respectivos princípios ativos pode ser avaliado usando os critérios de *Screening da Environmental Protection Agency (EPA)*, onde os princípios ativos que obedecerem às inequações abaixo oferecem maior potencial de risco de transporte e, conseqüente tendência à contaminação principalmente de águas (COHEN *et al.*, 1995):

- Coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}) $< 300 - 500 \text{ mL.g}^{-1}$
- Constante da Lei de Henry (K_H) $< 10^{-2} \text{ Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}$
- Solubilidade dos pesticidas em água (S) $> 30 \text{ mg.L}^{-1}$
- Especificação (Esp): negativamente carregado a pH normal do ambiente (5 a 8)(indicado pelo valor de pka)
- Meia-vida no solo > 14 a 21 dias
- Meia-vida na água > 175 dias

Esses critérios não levam em consideração a pressão de vapor e o coeficiente de partição octanol/água, além de algumas condições ambientais que favorecem a percolação no solo, como pluviosidade anual $> 250 \text{ mm}$, aquífero não confinado e solo poroso (LOURENCETTI, 2005 *apud* MILHOME, 2009). Porém, para a avaliação do potencial de contaminação das águas subterrâneas da microbacia do reservatório São Gonçalo-PB, tais condições ambientais não foram utilizados nas análises dos resultados e discussões desse Trabalho de Conclusão de Curso.

4.4.2. Índice de Vulnerabilidade de Águas Subterrâneas (GUS)

Para a avaliação do risco de contaminação das águas subterrâneas usou-se também o Índice *Groundwater Ubiquity Score* (GUS) desenvolvido por GUSTAFSON (1989), e calculado mediante fórmula matemática, tendo como parâmetros os valores de meia-vida do princípio no solo (DT50) e o coeficiente de adsorção à matéria orgânica (Koc). A Equação 1 determina o índice GUS (GUSTAFSON, 1989 *apud* MILHOME 2009):

$$\text{GUS} = \log(\text{DT50}_{\text{solo}}) \times (4 - \log \text{Koc}) \text{ (Equação 1)}$$

Ao determinar o Índice GUS através da equação acima, os princípios ativos são classificados em três categorias distintas. As faixas de classificação dos compostos de acordo com sua tendência à lixiviação são (GUSTAFSON, 1989 *apud* LIMA, 2003):

- GUS < 1,8: não sofre lixiviação
- 1,8 < GUS < 2,8: faixa de transição
- GUS > 2,8: provável lixiviação

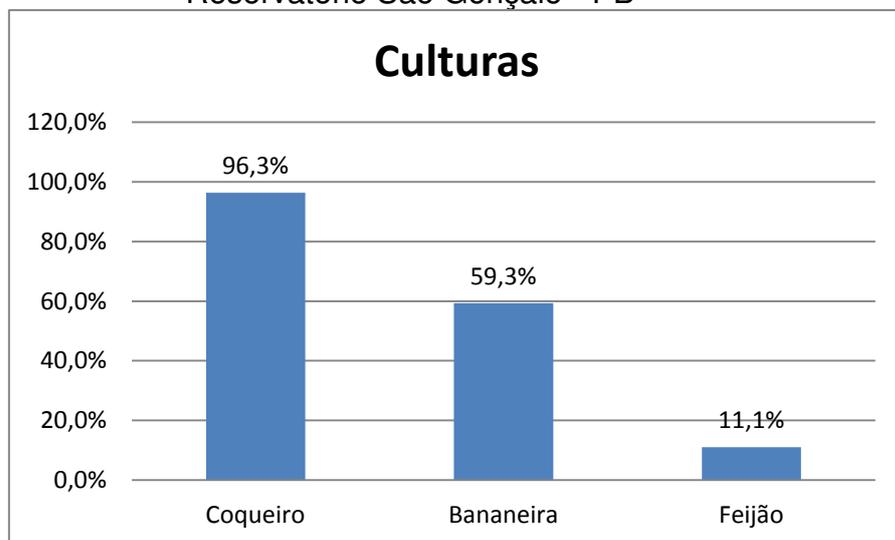
Assim, quando um princípio ativo possui uma meia-vida no solo elevada e praticamente não adere à matéria orgânica, esse princípio tende a ser lixiviado, percorrendo as múltiplas camadas dos solos e atingindo as águas subterrâneas, o que provoca a contaminação das mesmas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. LEVANTAMENTO DOS AGROTÓXICOS APLICADOS NA AGRICULTURA IRRIGADA DA MICROBACIA DO RESERVATÓRIO SÃO GONÇALO - PB

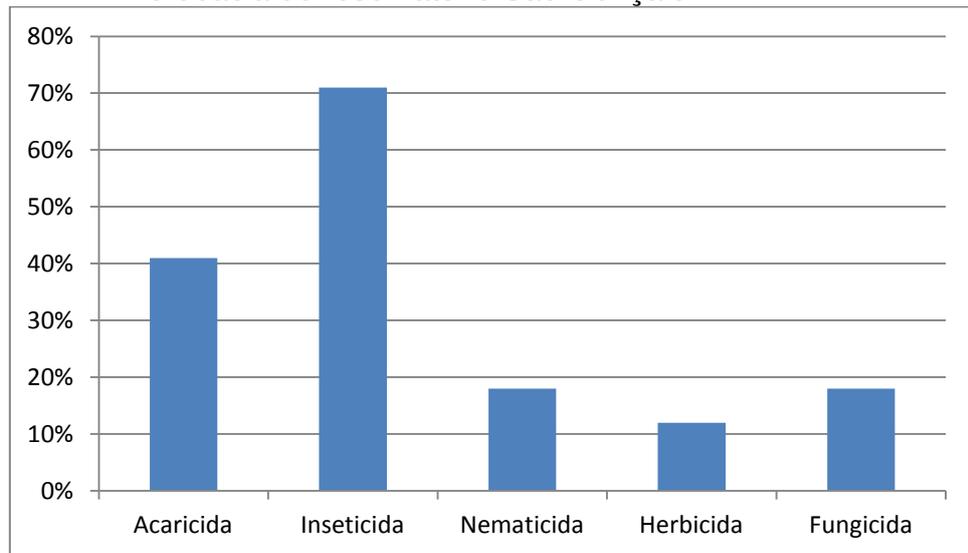
Foram levantados 17 agrotóxicos usados pelos agricultores da microbacia do reservatório São Gonçalo-PB, utilizados principalmente nas culturas do coco (96,3%), banana (59,3%) e feijão (11,1%) como mostra o Gráfico 1, dos quais 71% são inseticidas e em torno de 41% são acaricidas (Gráfico 2). Isso mostra que a região em estudo não segue a tendência do restante do país onde os herbicidas representam 48% desse mercado e os inseticidas ficam em segundo, com 25% do total de agrótoxicos consumidos. Isso acontece quando, devido ao desequilíbrio do sistema, insetos que antes não se comportavam como pragas passam a fazê-lo, mantendo a dependência dos agricultores aos inseticidas (LONDRES, 2010).

GRÁFICO 1 – Porcentagem das culturas produzidas no entorno do Reservatório São Gonçalo - PB



Fonte: Autoria própria

GRÁFICO 2 – Percentual das classes de agrotóxicos aplicados na região da microbacia do reservatório São Gonçalo – PB.



Fonte: autoria própria

Na Tabela 6 é apresentada a lista dos agroquímicos e informações sobre as características dessas substâncias.

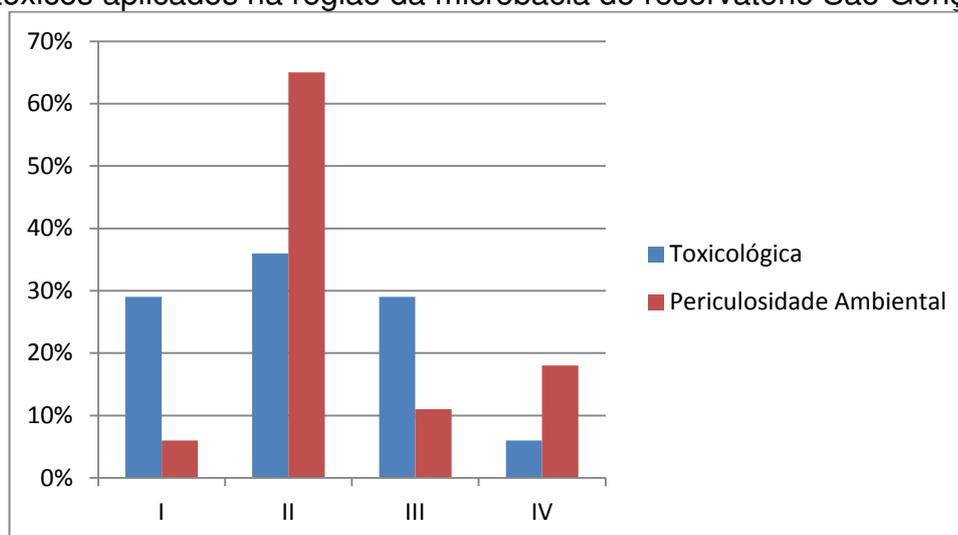
Tabela 6 – Características dos agrotóxicos utilizados na agricultura irrigada da região da microbacia do Reservatório São Gonçalo, Paraíba.

Nome Comercial	Princípio Ativo	Fórmula Molecular	Grupo Químico	Classe *	Toxidade **	Periculosidade Ambiental***
Abamex	Abamectina	$C_{48}H_{72}O_{14}+$ $C_{47}H_{70}O_{14}$	Avermectinas	A/ I/ N	I	II
Actara 250 WG	Tiametoxam	$C_8H_{10}ClN_5O_3S$	Neonicotinóide	I	III	III
Agritoato 400	Dimetoato	$C_5H_{12}NO_3PS_2$	Organofosforado	I/A	I	II
Amistar	Azoxistrobina	$C_{22}H_{17}N_3O_5$	Estrobilurina	F	III	IV
Bayfidan	Triadimenol	$C_{14}H_{18}ClN_3O_2$	Triazol	F	II	II
Chess 500 WG	Pimetrozina	$C_{10}H_{11}N_5O$	Piridina Azometina	I	II	IV
Cipermetrina 250 EC	Cipermetrina	$C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$	Piretróide	I	II	II
Connect	Beta-ciflutrina	$C_{22}H_{18}Cl_2FNO_3$	Piretróide	I	II	II
	Imidacloprido	$C_9H_{10}ClN_5O_2$	Neonicotinoide	I	III	II
Cyprin 250 CE	Cipermetrina	$C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$	Piretroide	I	II	II
DMA 806 BR	2,4 D	$C_8H_6Cl_2O_3$	Ácido ariloxialcanoico	H	I	II
Decis 25 EC	Deltametrina	$C_{22}H_{19}Br_2NO_3$	Piretróide	I/F	III	II
Glifosato	Glifosato	$C_3H_8NO_5P$	Glicina substituída	H	IV	III
Hostathion	Triazofós	$C_{12}H_{16}N_3O_3PS$	Organofosforado	I/ A /N	II	II
Lannate BR	Metomil	$C_5H_{10}N_2O_2S$	Metilcarbamato de oxima	I/ A	I	II
Marshal 200 SC	Carbosulfano	$C_{20}H_{32}N_2O_3S$	Metilcarbamato de benzofuranila	I/ A/ N	II	II
Perfekthion	Dimetoato	$C_5H_{12}NO_3PS_2$	Organofosforado	I/A	I	II
Provado 200 SC	Imidacloprido	$C_9H_{10}ClN_5O_2$	Neonicotinoide	I	III	II
Talento	Hexitiazoxi	$C_{17}H_{21}ClN_2O_2S$	Tiazolidinacarboxamida	A	III	IV
Folisuper 600 BR	Parationa-metílica	$C_8H_{10}NO_5PS$	Organofosforado	I/A	I	I

Fonte: ANVISA(2014). * I: inseticida; H: herbicida; F: fungicida; A: acaricida; N: nematocida. ** I: extremamente tóxico; II: altamente tóxico; III: medianamente tóxico; IV: pouco tóxico. ***I: altamente Perigoso; II: muito perigoso; III: perigoso; IV: pouco perigoso;

No Gráfico 2 são apresentadas as porcentagens das classes toxicológicas e da periculosidade ambiental dos princípios ativos analisados perante as informações da Tabela 6. Assim verifica-se que 36% dos princípios ativos analisados pertencem à classe toxicológica II, considerados altamente tóxicos. Já quanto à periculosidade ambiental, 65% dos princípios são considerados de classe II, ou seja, muito perigosos ao meio ambiente.

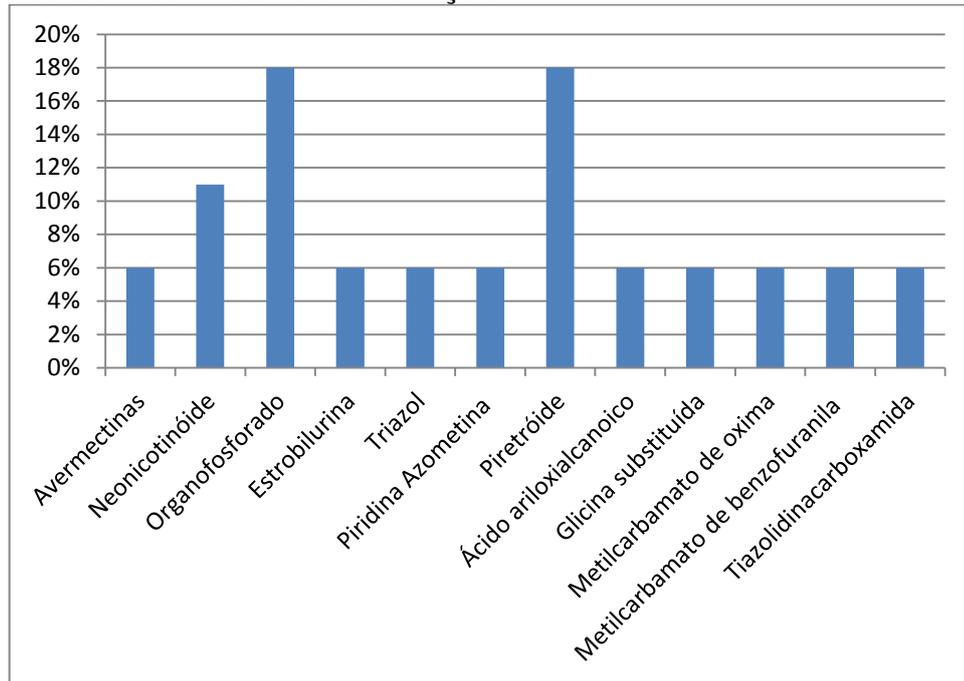
GRÁFICO 3 – Percentual das classes toxicológicas e de periculosidade ambiental de agrotóxicos aplicados na região da microbacia do reservatório São Gonçalo – PB



Fonte: autoria própria

De acordo com o Gráfico 3, verifica-se grande diversidade de grupos químicos aplicados, sendo os organofosforados e os piretroides relativamente mais aplicados, com 18% cada, seguidos dos neonicotinóides (11%). No entanto, a maioria dos componentes aplicados (53%) pertence a outras classes menos usuais ou registradas recentemente. Produtos da classe dos neonicotinóides foram introduzidos na Europa e no Japão na década de 1990 e, portanto, as informações sobre esses componentes são mais limitadas (WARE; WHITACRE, 2004).

GRÁFICO 4 – Percentual dos grupos químicos de agrotóxicos aplicados na região da microbacia do reservatório São Gonçalo – PB.



Fonte: autoria própria.

5.2. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS AGROTÓXICOS

As propriedades físico-químicas dos 17 agrotóxicos usados na área em estudo são mostradas na Tabela 7 e são usadas para a análise do risco de contaminação em águas, onde as características de cada princípio ativo em conjunto ou isoladamente dizem o potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas dos produtos aplicados, facilitando a previsão do comportamento de cada pesticida no meio ambiente.

Tabela 7 – Propriedades físico-químicas dos agrotóxicos utilizados na agricultura irrigada da região da microbacia do reservatório São Gonçalo, Paraíba (PPDB, 2014).

Princípio ativo	PV (mPa)	S (mg.L ⁻¹)	Log Kow	Pka	K _H (Pa. m ³ mol ⁻¹)	DT50 _{solo} (d)	DT50 _{água} (d)	K _{oc} (mL.g ⁻¹)	GUS
2,4 D	1,87x10 ⁻²	23180	-0,83	2,87	1,30x10 ⁻⁵	10	E	56	2,25
Abamectina	3,70x10 ⁻³	1,21	4,4	NA	2,70x10 ⁻³	30	E	5638	0,37
Azoxistrobina	1,10x10 ⁻⁷	6,7	2,5	NA	7,30x10 ⁻⁹	70	E	423	2,53
Beta-ciflutrina	5,60x10 ⁻⁵	0,0012	5,9	NA	8,10x10 ⁻³	13	215	64260	-0,9
Carbosulfano	3,59x10 ⁻²	0,11	7,42	NA	1,20x10 ⁻¹	21	0,5	9489	0,03
Cipermetrina	2,30x10 ⁻⁴	0,009	5,3	NA	2,00x10 ⁻²	60	179	85572	-1,66
Deltametrina	1,24x10 ⁻⁵	0,0002	4,6	NA	3,10x10 ⁻²	13	E	10170311,5	-3,35
Dimetoato	2,47x10 ⁻¹	39800	0,704	NA	1,42x10 ⁻⁶	2,6	68	28	1,06
Glifosato	1,31x10 ⁻²	10500	-3,2	2,34	2,10x10 ⁻⁷	12	E	21699	-0,36
Hexythiazox	1,33x10 ⁻³	0,1	2,67	NA	1,19x10 ⁻²	30	E	9395,5	0,04
Imidacloprido	4,00x10 ⁻⁷	610	0,57	NA	1,70x10 ⁻¹⁰	191	E	225	3,76
Metomil	7,20x10 ⁻¹	55000	0,09	NA	2,13x10 ⁻⁶	7	83	25	2,2
Paration-metil	2,00x10 ⁻¹	55	3	-	8,60x10 ⁻³	12	21	240	1,46
Pimetrozina	4,20x10 ⁻³	270	-0,19	4,06	3,00x10 ⁻⁶	5	E	1529,4	0,57
Tiametoxam	6,60x10 ⁻⁶	4100	-0,13	NA	4,70x10 ⁻¹⁰	50	-	70	3,66
Triadimenol	5,00x10 ⁻⁴	72	3,18	NA	3,50x10 ⁻⁶	250	E	273	3,75
Triazofós	1,33	35	3,55	-	4,90x10 ⁻³	44	140	358	2,38

S: solubilidade em água a 20° C; Kow: coeficiente de partição octanol/água, pH = 7, 20° C; PV: pressão de vapor a 25° C; KH: constante de Henry; DT50: meia-vida; Koc: coeficiente de adsorção à matéria orgânica; GUS: índice de vulnerabilidade da água subterrânea; NA: não aplicável (espécie não sofre ionização); E: estável (muito persistente); - : não disponível nos bancos de dados.

5.2.1. Coeficiente de Partição Octanol/Água (Kow)

O coeficiente de partição octanol-água (Kow) dos princípios ativos é uma medida da lipofilicidade de um composto e é definido como a razão da concentração do mesmo, no equilíbrio, após dissolução em um sistema de duas fases, formadas por dois solventes imiscíveis, água e octanol. A determinação de Kow tem sido recomendada pelo programa de evolução de compostos perigosos (SILVA, L. R., 2003).

Exibem intenção bioacumulativa as substâncias com log Kow maior que 3 (BARCELÓ; HENNION, 1997 *apud* MILHONE, 2009). Pode ser verificado pelos elevados valores de log Kow (Tabela7) os agrotóxicos que exibem propriedades lipofílicas, tais como o abamectina, beta-ciflutrina, carbosulfano, cipermetrina, deltametrina, paration-metil, triadimenol e triazofós. E em relação aos compostos carmamos, como por exemplo, o carbosulfano, que é considerado bastante bioacumulativo.

5.2.2. Especiação

Especiação é a determinação da concentração das diferentes formas químicas de um elemento numa matriz, sendo que estas espécies, juntas, constituem a concentração total do elemento na amostra, sendo a especiação, expressa pelo valor de pKa (BARRA, C. M., *et al* 2000). A informação do caráter iônico está vinculada a especiação, sendo que compostos aniônicos podem se tornar lixiviados mais facilmente do que compostos catiônicos quando o pH ambiente (5 a 8), no qual as moléculas presentes no solo tenderão a ser negativamente carregadas (BARCELÓ; HENNION, 1997 *apud* MILHONE, 2009). Encontra-se relacionado ao valor do pH do meio o valor de pKa, o qual o mesmo indica o caráter ácido da molécula, e é expresso através das Equações 2 e 3, onde pKa é uma constante e o pH a única variável, pode-se prever a fração das espécies predominantes na solução em função do pH, isso pelo fato de alguns agrotóxicos pesticidas apresentam caráter ácido (HA) (BARCELÓ; HENNION, 1997 *apud* MILHONE, 2009).

$$\alpha_{HA} = \frac{1}{1+10^{(pH-pKa)}} \quad (\text{Equação 2})$$

$$\alpha_{A^-} = \frac{1}{1+10^{(pKa-pH)}} \quad (\text{Equação 3})$$

Através destas equações pode-se calcular fração neutra (HA) e a fração aniônica (A^-) do agrotóxico correspondente a cada valor de pH. Nos agrotóxicos 50% das suas moléculas encontram-se ionizadas quando o pH do meio é igual ao valor de pKa da espécie. Para $pH < pKa$ ocorre predominância da fração neutra, já para valores de $pH > pKa$, a concentração da fração aniônica do pesticida predomina na solução (MILHOME, 2006 *apud* MILHOME, 2009) Em pH ambiente, os pesticidas 2,4 D, glifosato e Pimetrozina têm tendência a serem negativamente carregados na fase aquosa. Todos os outros princípios ativos não sofrem ionização, portanto não se aplica a avaliação dessas propriedades para estes princípios.

5.2.3. Meia-vida (DT50) e Coeficiente de Adsorção à Matéria Orgânica (Koc)

Na literatura pelo fato de serem dependentes de fatores ambientais, tais como tipo de solo, clima entre outros, o coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (Koc) e meia-vida (DT50), esses parâmetros são pouco citados (Lins, M. *et al* 2001). O potencial de mobilidade no solo é indicado pelo valor Koc, já a estabilidade do composto sob determinadas condições é revelada pela meia-vida. São considerados de alta mobilidade os agrotóxicos que possuem o Koc abaixo de 50; são moderadamente móveis os valores entre 150-500, e possuem baixa mobilidade no solo os valores acima de 2.000 (BARCELÓ; HENNION, 1997 *apud* MILHONE, 2009).

Facilmente retidos e dificilmente transportados pela água, os compostos estudados abamectina, beta-ciflutrina, carbosulfano, cipermetrina, glifosato, hexythiazox e, principalmente, deltametrina apresentaram elevados coeficientes de adsorção no solo. Mas apesar disso é necessário pra esses parâmetros fazer uma avaliação das suas propriedades em conjunto por meio da aplicação dos métodos de análise de risco, quando os mesmo estão isolados, pelo fato de que eles não afirmam seguramente o verdadeiro potencial contaminante dos agrotóxicos.

5.2.4 Constante da Lei de Henry (KH) e Pressão de Vapor (PV)

Esses parâmetros estão ligados à volatilidade do composto. O KH indica a distribuição da espécie entre a fase líquida e a fase gasosa, dependendo da temperatura; já a PV define a taxa de concentração de equilíbrio entre a água e o ar (NOLDIN, J. A. *et al* 1997).

Considera-se que compostos com KH menores que 10^{-5} Pa.m³.mol⁻¹ apresentam baixa volatilidade (MILHOME, 2009). Como pode ser observado na maioria dos pesticidas aplicados na região da microbacia do reservatório São Gonçalo - PB (TAB. 7), onde princípios como azoxistrobina, imidacloprido, e tiametoxan possuem volatilidade muito baixa, podendo permanecer mais tempo no ambiente aquático.

5.2.5. Solubilidade

Os princípios ativos como 2,4D, Glifosato, Dimetoato e Metomil apresentam maior chance de serem levados pela chuva ou água de irrigação e alcançarem as águas superficiais e subterrâneas. Isso ocorre devido à alta solubilidade em água que mostra aptidão do princípio a ser retirado do solo, porém elevada solubilidade não quer dizer que haverá maior mobilidade do mesmo no solo (MILHOME, 2009). O glifosato, por exemplo, é um pesticida muito solúvel em água (10500 mg.L⁻¹), porém apresenta baixa mobilidade devido à sua elevada capacidade de retenção no solo ($K_{oc} = 21699$ mL.g⁻¹).

5.3. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Através da classificação dos compostos em dois grupos é que o método de Goss propõe critérios para avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais, os quais são aqueles que são transportados associados ao sedimento em suspensão e aqueles que podem ser transportados dissolvidos em água. Os princípios ativos foram classificados em alto, médio e baixo potencial de transporte associado ao sedimento ou dissolvido em água, isso levando em consideração à meia-vida do princípio ativo no solo (DT50 solo), o coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (Koc) e a solubilidade em água (S) (MILHOME, 2006).

Na Tabela 8 podemos observar que mostraram alto potencial de contaminação associado ao sedimento quatro princípios ativos estudados, sendo eles o beta-ciflutrina, cipermetrina, deltametrina e hexythiazox, e em relação ao alto potencial de contaminação através do transporte dissolvido em água, foram nove dos princípios ativos estudados que mostraram esse potencial, os quais foram aazoxistrobina, beta-ciflutrina, dimetoato, imidacloprido, paration-metil, pimetozina, tiametoxam, triadimenol e triazofós.

Foi verificado que o agrotóxico beta-ciflutrina pode tanto ser associado ao sedimento quanto ser transportado dissolvido em água. Já os compostos beta-ciflutrina, cipermetrina, deltametrina podemos observar que eles apresentam maior risco de contaminação pelo transporte associado ao sedimento pelo fato dos mesmos apresentarem baixa solubilidade em água.

Tabela 8 – Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais por agrotóxicos utilizados na agricultura irrigada da região da microbacia do reservatório São Gonçalo, Paraíba (Método de GOSS).

Princípio ativo	Potencial de transporte associado ao sedimento				Potencial de transporte dissolvido em água			
	Critério			Potencial C.	Critério			Potencial C.
	DT50 _{solo} (d)	K _{oc} (mL.g ⁻¹)	S (mg.L ⁻¹)		DT50 _{solo} (d)	K _{oc} (mL.g ⁻¹)	S (mg.L ⁻¹)	
2,4 D	≤ 40	≤ 900	≥ 2	BP	NA	NA	NA	MP
Abamectina	NA	NA	NA	MP	NA	NA	NA	MP
Azoxistrobina	NA	NA	NA	MP	> 35	< 100.000	≥ 1	AP
Beta-ciflutrina	≤ 40	≥ 1000	≤ 0,5	AP	< 35	< 100.00	≤ 0,5	AP
Carbosulfano	NA	NA	NA	MP	< 35	-	< 0,5	BP
Cipermetrina	≥ 40	≥ 1000	-	AP	NA	NA	NA	MP
Deltametrina	≤ 40	≥ 1000	≤ 0,5	AP	< 35	≥ 100.000	< 0,5	BP
Dimetoato	≤ 4	≤ 500	≥ 2	BP	< 35	≤ 700	≥ 1	AP
Glifosato	NA	NA	NA	MP	NA	NA	NA	MP
Hexythiazox	≤ 40	≥ 1000	≤ 0,5	AP	< 35	≥ 1000	< 0,5	BP
Imidacloprido	NA	NA	NA	MP	> 35	< 100.000	≥ 1	AP
Metomil	≤ 40	≤ 500	≥ 0,5	BP	NA	NA	NA	MP
Paration-metil	≤ 40	≤ 500	≥ 0,5	BP	< 35	≤ 700	≥10 ≤ 100	AP
Pimetrozina	≤ 40	≥ 1000	≥ 2	BP	> 35	≥ 1000	≥ 1	AP
Tiametoxam	NA	NA	NA	MP	> 35	< 100.000	≥ 1	AP
Triadimenol	≥ 40	≤ 500	≥ 2	BP	> 35	≤ 700	≥10 ≤ 100	AP
Triazofós	NA	NA	NA	MP	> 35	< 100.000	≥ 1	AP

AP: alto potencial; MP: médio potencial; BP: baixo potencial; I: inconclusivo (dado não disponível); NA: não se aplica.

- : não disponível nos bancos de dados.

5.4. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O potencial de contaminação de águas subterrâneas foi avaliado através da comparação dos métodos de *Screening* propostos pela EPA e do índice de GUS. A solubilidade em água, coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo, constante da Lei de Henry e meia-vida são propriedades físico-químicas dos agrotóxicos que os critérios desses modelos se baseiam (Tabela 9).

Tendem mais a atingirem o lençol freático, potencializando o risco de contaminação por agrotóxicos que possuem propriedades, como elevada solubilidade em água, baixa adsorção à matéria orgânica no solo e alta meia-vida no solo, isso de acordo com os critérios da EPA. Já os compostos classificados na faixa de transição e de lixiviação podem oferecer risco potencial de contaminação, conforme o método de GUS. Podem ser considerados não contaminantes em águas subterrâneas os compostos caracterizados com potencial de lixiviação nulo ($GUS < 1,8$) (MILHOME, 2009).

Os resultados do potencial de contaminação de águas subterrâneas utilizando o método EPA e o índice de GUS é mostrado na Tabela 9. Pode-se observar que oito (08) agrotóxicos estudados caracterizam-se como contaminantes em potencial, segundo os critérios da EPA. Só foi observado em três (03) agrotóxicos o mesmo potencial quando foi aplicado o método de GUS. Pelas especificações dos critérios adotados em cada modelo podemos justificar essa discordância entre os resultados. Conforme Milhome (2006), o modelo EPA leva em consideração um maior número de parâmetros, como solubilidade, constante da Lei de Henry, especiação, meia-vida na água.

Foram classificados com alto potencial de contaminação em águas subterrâneas os agrotóxicos imidacloprido, tiametoxam e triadimenol mostraram concordância nos dois modelos. Também foram considerados contaminantes em potencial os agrotóxicos 2,4 D, azoxistrobina e triazofós, os quais apresentaram índice de GUS em faixa de transição e alto potencial contaminante pelo critério EPA.

Mostraram risco de contaminação intermediária apenas os agrotóxicos glifosato, metomil, e paration metil, enquanto que os restantes não apresentaram disposição para contaminar as águas subterrâneas.

Tabela 9 – Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por agrotóxicos utilizados na agricultura irrigada da região da microbacia do Reservatório São Gonçalo, Paraíba através da comparação entre o método de screening da EPA e o índice de GUS.

Princípio Ativo	Critérios EPA						Análise EPA	Análise GUS	Potencial Contaminante para Á. Sup.
	Esp	Koc (mL.g ⁻¹)	KH (Pa. m ³ mol ⁻¹)	S (mg.L ⁻¹)	DT50 Solo (d)	DT50 Hidr (d)			
2,4 D	A	A	A	A	N	A	CP	FT	CP
Abamectina	N	N	A	N	A	A	IN	LN	NC
Azoxistrobina	N	A	A	N	A	A	CP	FT	CP
Beta-ciflutrina	N	N	A	N	N	A	NC	LN	NC
Carbosulfano	N	N	N	N	N	N	NC	LN	NC
Cipermetrina	N	N	N	N	A	A	NC	LN	NC
Deltametrina	N	N	N	N	N	A	NC	LN	NC
Dimetoato	N	A	A	A	N	N	IN	LN	NC
Glifosato	A	N	A	A	N	A	CP	LN	IN
Hexythiazox	N	N	N	N	A	A	NC	LN	NC
Imidacloprido	N	A	A	A	A	A	CP	PL	CP
Metomil	N	A	A	A	N	N	IN	FT	IN
Paration-metil	–	A	A	A	N	N	CP	LN	IN
Pimetrozina	N	N	A	A	N	A	IN	LN	NC
Tiametoxam	N	A	A	A	A	I	CP	PL	CP
Triadimenol	N	A	A	A	A	A	CP	PL	CP
Triazofós	–	A	A	A	A	N	CP	FT	CP

A: atende; N: não atende; CP: contaminante em potencial; IN: intermediário potencial de contaminação; NC: não contamine; I: inconclusivo (dato não disponível); PL: provável lixiviação; FT: faixa de transição; LN: lixiviação nula.

6. CONCLUSÕES

Houve concordância de resultados com relação à contaminação de águas subterrâneas da microbacia do Reservatório São Gonçalo, onde os agrotóxicos 2,4 D, azoxistrobina, imidacloprido, tiametoxan, triadimenol etriazofós apresentaram alto potencial de contaminação segundo os critérios *screening* da EPA e o Índice de GUS.

Pelo Método de GOSS apenas o beta-ciflutrina foi considerado com alto potencial contaminante para as águas superficiais, tanto dissolvido em água como associado ao sedimento.

De acordo com o Método de GOSS os princípios ativos beta-ciflutrina, cipermetrina, deltametrina e hexythiazox apresentaram alto risco de contaminação de águas superficiais pelo transporte associado ao sedimento. Já os princípios azoxistrobina, beta-ciflutrina, dimetoato, imidacloprido, paration metil, pimetozina, tiametoxan, triadimenol e triazofós apresentaram alto risco de contaminação de águas superficiais por transporte dissolvido em água pelo mesmo método.

Assim, os princípios ativos que se mostraram potencialmente contaminantes de águas superficiais e subterrâneas da microbacia do Reservatório São Gonçalo – PB, e que, portanto merecem maior atenção por parte dos órgãos ambientais e dos agricultores, são o 2,4 D, azoxistrobina, beta-ciflutrina, cipermetrina, deltametrina, dimetoato, hexythiazox, imidacloprido, paration-metil, pimetozina, tiametoxan, triadimenol etriazofós. Sendo que estes representam 76,5% de todos os agroquímicos utilizados na área de estudo.

A identificação do potencial contaminante dos agrotóxicos aplicados na região da microbacia do Reservatório São Gonçalo - PB através da utilização dos modelos de *screening* da EPA, Índice de GUS e Método de GOSS demonstra que a área de estudo pode apresentar altos níveis de contaminação de corpos d'água por agrotóxicos. Assim esse estudo pode servir de subsídio para estudos mais aprofundados na área, bem como a execução de programas de monitoramento dos recursos hídricos. Além disso, pode servir de base para a elaboração de programas de melhoria na saúde pública, visando identificar com mais precisão e diminuir os índices de contaminação por agrotóxicos na região.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA. **Últimas Informações Recebidas sobre os Volumes dos 121 Reservatórios D'água da Paraíba Monitorados pela Aesa.** Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaUltimosVolumesPorMunicipio>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2014.

Agência Nacional das Águas - ANA (2003). **Plano Nacional de Recursos Hídricos. Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos.** Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/pnrh/index.htm>>. Acesso em: 15 de março de 2014.

Agência Nacional das Águas - ANA. **GEO Brasil. Recursos hídricos: Resumo Executivo.** / Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas ; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília : MMA; ANA, 2007.60 p. : il. (GEO Brasil Série Temática : GEO Brasil Recursos Hídricos).

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Análise Toxicológica de Produtos Agrotóxicos, seus componentes e afins.** Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/manual/axexo_03.htm>. Acesso em: 12 de março, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Manual de Procedimentos para Análise Toxicológica de Produtos Agrotóxicos, seus componentes e afins, Anexo III.** Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/manual/axexo_03.htm>. Acesso em: 09 de março de 2014.

AMEIDA, Waldemar F. **Fundamentos tóxicos de losplaguicidas.** In: CENTRO PANAMERICANO DE ECOLOGIA HUMANA Y SAÚDE. Plaguicidas, salud y ambiente. México, INIREB, 1982, P. 65.

ANDREI, E. (Coord.). **Compêndio de defensivos agrícolas.** 7.ed. São Paulo: Andrei, 2005.

ARAUJO, A. J. et al. **Exposição múltipla a agrotóxicos e efeitos à saúde: estudo transversal em amostra de 102 trabalhadores rurais, Nova Friburgo, RJ.** *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 115-130, jan./mar. 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT: NBR 9843 - **Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projetos, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 2004.item 3.1.

BARCELÓ, D.; HENNION, M.C. **Trace determination of pesticides and their degradation products in water, techniques and instrumentation in analytical chemistry.** New York: Elsevier, 1997. v. 19.

BARRA, C. M., *et al.* **Especiação de Arsênio - uma Revisão**. UFRRJ. Química Nova. Rio de Janeiro, 2000.

BERNHARDT, H. 1990. **Control of reservoir water quality**. In: Hahn, H.H. & Klute, R. (eds) *Chemical water and wastewater treatment*. Springer, Berlin.

BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.A.; ARAÚJO, J.B.M. **Competição entre plantas daninhas e a cultura da cana-de-açúcar. I. Período crítico de competição produzido por uma comunidade natural de dicotiledôneas em culturas de ano**. *Biológico*, São Paulo, v.45, p.131-140, 1979.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Decreto n.º 98.816, de 11 de janeiro de 1990, que regulamenta a Lei n.º 7802 de 11 de julho de 1989**. 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. D.O.U., 12 jan. 1990.

BRASIL. Ministério da saúde. Portaria n.º. 518, de 25 de março de 2004. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências**. Diário Oficial [da União da República Federativa do Brasil], Brasília, 26 mar. 2004.

BRITO, N.M. *et al.* Risco de contaminação de águas por pesticidas aplicados em plantações de eucaliptos e coqueiros: análise preliminar. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 11, p. 93-104, dez./jan. 2001.

BROWN, C. D.; VAN BEINUM, W. **Pesticide transport via sub-surface drains in Europe**. *Environmental Pollution*, Barking, v. 157, n. 12, p. 3314-3324, Dec. 2009.

CARNEIRO, Fernando F. *et al.* Dossiê ABRASCO: **Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: ABRASCO, 2012. 1ª Parte. Disponível em: <[http://www.abrasco.org.br/user/files/ABRASCODIVULGA/2012/Dossie AGT. Pdf](http://www.abrasco.org.br/user/files/ABRASCODIVULGA/2012/Dossie%20AGT.Pdf)>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2014.

CHAIM, A. *et al.* **Deposição de agrotóxicos pulverizados na cultura da maçã. In Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.38 no.7 Brasília: Julho de 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2003000700014&script=sci_arttext> Acesso em: 14 de março de 2014.

Circulação Nacional. **O veneno nosso de cada dia. Edição Especial – Agrotóxicos**. São Paulo, 2013.

Cirilo, J.A. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido brasileiro**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Vol. 63: 61-82.

COHEN, S. Z.; WAUCHOPE, R. D.; KLEIN, A. W.; EADSPORTH, C. V.; GRANCY, R. **Offsite transport of pesticides in water – mathematical models of pesticide**

leaching and runoff. Pure and Applied Chemistry, London, v. 67, p. 2109-2148, 1995.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Nazarezinho, estado da Paraíba/** Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 10 p. + anexos.

DORES, E.F.G.C.; FREIRE, E.M. **Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso,** Análise Preliminar. Química Nova, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2001.

FERRACINI, V.L. et al. **Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de petrolina (PE) e Juazeiro (BA).** Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v. 11, p. 1-16, 2001.

FIGUEIREDO, M.C.B. *et al.* **Diagnóstico da agricultura irrigada no baixo e médio Jaguaribe.** Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 35, n. 3, p. 424-430, 2004.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A. **Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 37, n. 5, p. 659-667, maio 2002.

GALLI, C. S. et al. **Disponibilidade, poluição e eutrofização das águas.** IIEGA, Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental, Rua Bento Carlos, nº 750, 13560-660, São Carlos, SP, Brasil. 2010.

GEBLER, L.; PELIZZA, T. R; ALMEIDA, D. L. de. **Variáveis ambientais e toxicológicas de agroquímicos utilizados na Produção Integrada de Maçãs (PIM) visando modelagem matemática.** Revista de Ciências Agroveterinárias, v.5, p. 169 - 184, 2006.

GOSS, D.W. **Screening procedure for soil sand pesticides for potential water quality impacts.** Weed Technology, v. 6, n.3, p. 701-708, 1992.

GRAMATICA, P.; GUARDO, A.D. **Screening of pesticides for environmental partitioning tendency.** Chemosphere, v. 47, n. 9, p. 947-956, 2002.

GRUTZMACHER, D.D. et al. **Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no Sul do Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, p.632-637, 2008.

GUIVANT, J.S. Reflexividade na sociedade de risco: conflitos entre leigos e peritos sobre os agrotóxicos. Em: Herculano, S. (Org.). **Qualidade de vida e riscos ambientais.** (pp. 281-303). Niterói/RJ: Editora da UFF. 2000.

GURJÃO, Katia C. O. *et al.* **Avaliação das Condições Ambientais do Açude de São Gonçalo-Pb.** IFPB – Campus Sousa. Rev. Bras. De Agroecologia/nov. 2009 Vol. 4 nº. 2

GUSTAFSON, D. I. **Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leach ability.** Environmental Toxicology and Chemistry, Elmsford, v. 8, n. 4, p. 339-357, 1989.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Portaria nº 84, de 15 de outubro de 1996. **Estabelecer procedimentos para registro e avaliação do potencial de periculosidade ambiental - (ppa) de agrotóxicos, seus componentes e afins.** Brasília, 1996.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Portaria Normativa IBAMA Nº 84, de 15 de outubro de 1996.** Disponível em: <https://servicos.ibama.gov.br/ctf/manual/html/Portaria_84.pdf>. Acesso em: 12 de fev. de 2014

Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). **Monitoramento de Estações Automáticas.** São Gonçalo, 2014. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>>. Acesso em: 10 de março de 2014.

JEYARATMAN, J. **Occupational health issues in developing countries.** In: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Public health impact of pesticides used in agriculture. Geneva, 1990, p. 207-12

KALOYANOVA, F. **Interaction of pesticides. In Health effects of combined exposure to chemicals in work and communities environments.** Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, p.165-195 (Interim document 11), 1977.

LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A. A.; WANTZEN, M.; SILVA, C. J.; ZECH, W. **Pesticides in surface water, sediment, and rainfall of the Northeastern Pantanal Basin, Brazil.** Journal of Environmental Quality, Madison, v. 31, n. 5, p. 1636-1648, Sept. 2002.

LARINI, L. (Ed.). **Toxicologia dos praguicidas.** São Paulo: Editora Manole, 1999. 230p.

LIMA, M^a. L, *et al* . **Análise do Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas por Agrotóxicos na Microbacia Hidrográfica do Igarapé Cumaru - Município de Igarapé-Açu (Pa).** XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas Embrapa Amazônia Orienta. Belém-PA, 2003.

Lins, M.; Bramorski, J.; Pinheiro, A.; Breuckmann, H. **Influência da cobertura do solo e do comprimento da vertente no transporte de sedimentos.** In: Paiva, E. M. C. D.; Paiva, J. B. D. (ed.). Caracterizaçãquali-quantitativa da produção de sedimentos. Santa Maria: ABRH/UFMS, 2001. cap.1, p.11-23.

LONDRES, Flavia. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida**. Rio de Janeiro: AS-PTA – Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011. 190 p.: il.; 23 cm.

LONDRES, Flavia. **Almanaque dos Agrotóxicos: Informações que você, em algum momento, vai precisar conhecer para avançar no combate aos venenos da lavoura e da comida**. Rio de Janeiro: AS-PTA – Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2010. 190 p.: il.; 23 cm.

LOURENCETTI, C. et al. Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: comparação entre métodos de previsão de lixiviação. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 15, p. 1-14, 2005.

MACÊDO, J.A.B. (Ed.). **Introdução à química ambiental**. Juiz de Fora: Jorge Macêdo, 2002. 487p.

MACHADO, S.L.O. et al. **Persistência de alguns herbicidas em lâmina de água de lavouras de arroz**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IRGA, 2001. p.775-777.

MARCHEZAN, E. et al. **Rice herbicide monitoring in two brazilian river during the rice growing season**. *ScientiaAgricola*, v.64, p.131-137, 2007.

MARQUES, M.N. **Avaliação do impacto de agrotóxico em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo: uma contribuição à análise crítica da legislação sobre o padrão de potabilidade**. 218 f. Tese (Doutorado), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MASCARENHA, Ticyanna K. S. de F.; PESSOA, Yldry S. R. Q. **Aspectos que Potencializam a Contaminação do Trabalhador Rural com Agrotóxicos: Uma Revisão Integrativa**. *Trabalho & Educação*, Belo Horizonte, v.22, n.2, p.87-103, mai./ago.2013

MATTOS, L.M.; SILVA, E. F. da. **Influência das propriedades de solos e de pesticidas no potencial de contaminação de solos e águas subterrâneas**. *Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 9, p.103-124, jan./dez. 1999.

MILHOME, M. A. L. et al. **Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE**. *Eng. Sanit. Amb.*, v. 14, n. 3, p. 363-372, 2009.

MILHOME, M.A.L. **Emprego de quitina e quitosana para adsorção de fenol de efluente de refinaria de petróleo**. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil/Saneamento), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2006.

MOREIRA, Josino 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 São Paulo 2002.

Noldin, J. A.; Hermes, L. C.; Rossi, M. A.; Ferracini, V. L. **Persistência do herbicida clomazone em arroz irrigado em sistema pré-germinado.** In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado,22, 1997. Balneário Camboriú. Anais... Itajaí: EPAGRI, 1997, p.363-364.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Química y especificaciones de los plaguicidas. 13.º informe del Comité de Expertos de la OMS en Biología de los Vectores y Lucha Antivectorial.** Ginebra, 1984.(OMS - Serie de Informes Técnicos 798).

PAPA, E. et al. **Screening the leaching tendency of pesticides applied in the Amu Darya Basin (Uzbekistan).** Water Research, v. 38, n. 16, p. 3485-3494, 2004.

PELAEZ, Victor; SILVA, Letícia da; ARAÚJO, Eduardo. **REGULAÇÃO DE AGROTÓXICOS: uma análise comparativa.** Universidade Federal do Paraná - UFPR, 2012.

PERES, F.; MOREIRA, J.C. (Ed.). **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente.** Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2003. 384p.

PESSOA, M.C.P.Y et al. **Identificação de áreas de exposição ao risco de contaminação de águas subterrâneas pelos herbicidas atrazina, diuron e tebutiuron.** Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v. 13, p. 111-122, jan-dez. 2003.

PMEP - Pesticide Management Education Program. **Pesticide Active Ingredient Information.** Cornell University, Ithaca, Nova Iorque. Disponível em: <<http://pmp.cce.cornell.edu/>>. Acesso em: 13 de março de 2014.

PPDB – **Pesticidas Properties Data Base. Pesticide Management Education Program (PMEP) da Cornell University.** Disponível em: <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/index.htm>>. Acesso em: 11 de fev. de 2014.

PRIMEL, E.G. et al. **Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento.** Química Nova, v. 28, n. 4, p. 605-609, 2005.

RIGOTTO, C., KOLESNIKOVAS, C.K., MORESCO, V., SIMOES, C.M.O. & BARARDI, C.R.M. 2009. **Evaluation of HA negatively charged membranes in the recovery of human adenoviruses and hepatitis. A virus in different water matrices.** Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 104: 970-974.

RISSATO, S.R. et al. **Determinação de pesticidas organoclorados em água de manancial, água potável e solo na região de Bauru, SP.** Química Nova, v. 27, n. 5, p. 739-743, 2004.

SCORZA JÚNIOR, R. P.; SMELT, J. H.; BOESTEN, J. J. T. I.; HENDRIKS, R. F. A.; VAN DER ZEE, S. E. A. T. M. **Preferential flow of bromide, bentazon, and imidacloprid in a Dutch clay soil.** Journal of Environmental Quality, Madison, v. 33, n. 4, p. 1473-1486, July 2004.

SILVA, L. R; FERREIRA, M. M. C. **Estudo do Coeficiente de Partição Octanol-Água de Bifenilas Policloradas (Pcbs) Utilizando Parâmetros Topológicos.** Quim. Nova, Vol. 26, No. 3, 312-318, 2003

Smith, V.H. & Schindler, D.W. 2009. **Eutrophication science: where do we go from here.** Trends in Ecology and Evolution 24: 201-207.

SPADOTTO, C. A. **Abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos.** Revista Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar, São Manuel. 2006. 9p. Disponível em: <http://www.fmr.edu.br/npi_2.php> . Acesso em: 20 de out de 2011.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; Andréa, M. M. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações.** Jaguariúna:Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29 p.-- (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 42).

Straskraba, M. & Tundisi, J.G. (orgs). 2008. **Diretrizes para o gerenciamento de lagos: gerenciamento da qualidade da água de represas.** Instituto Internacional de Ecologia, São Carlos, vol. 9, 300 p. (2ª edição).

SUNTIO, L. R.; SHIU, W. Y.; MACKAY, D.; SEIBER, J. N.; GLOTFELTY, D. **Critical reviews of Henry's law constants for pesticides.** Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, New York, v. 103, p. 1-59, 1988.

TOLEDO, L., G.; FERREIRA, C.J.A. **Impactos das atividades agrícolas na qualidade da água.** Revista Plantio Direto, Passo Fundo, n. 58, p. 21-27, 2000.

TRAPÉ, A. Z., 1993. **O caso dos agrotóxicos.** In: *Isto é Trabalho de Gente? Vida, Doença e Trabalho no Brasil* (L. E. Rocha, R. M. Rigotto & J. T. P. Buschinelli, org.), pp. 569-593, São Paulo: Editora Vozes.

TROLEIS, A. L. **Estudos do Semiárido** /Adriano Lima Troleis e Ana Cláudia Ventura dos Santos. – 2. ed. – Natal. EDUFRN. 2011. 168 p.: il.

UNEP. 2001. **Planejamento e gerenciamento de lagos e represas: uma abordagem integrada ao problema de eutrofização.** Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente Instituto Internacional de Ecologia, São Carlos, 385 p. (edição em português).

WARE, G.W.; WHITACRE, D.M. **An introduction to insecticides.**2004.Disponível em: <<http://ipmworld.umn.edu/chapters/ware.htm>>. Acesso em: 11 fev. de 2009.