



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

MURILLO DE CARVALHO CASSIANO

INFLUÊNCIA DOS AGROTÓXICOS EM ORGANISMOS ZOOPLANCTÔNICOS

Prof. Dr. JAYME MAGALHÃES SANTANGELO
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
FEVEREIRO – 2014



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

MURILLO DE CARVALHO CASSIANO

INFLUÊNCIA DOS AGROTÓXICOS EM ORGANISMOS ZOOPLANCTÔNICOS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. JAYME MAGALHÃES SANTANGELO
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
FEVEREIRO – 2014

INFLUÊNCIA DOS AGROTÓXICOS EM ORGANISMOS ZOOPLANCTÔNICOS

MURILLO DE CARVALHO CASSIANO

Monografia aprovada em 04 de fevereiro de 2014.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jayme Magalhães Santangelo
UFRRJ/ IF/ DCA
Orientador

Prof. Dr. Jarbas Marçal de Queiroz
UFRRJ/ IF/ DCA
Membro

Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Leles
UFRRJ/ IF/ DS
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus,
toda minha família
e aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado força e saúde quando precisei.

A minha família que sempre me apoiou, estando ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu orientador, Jayme Magalhães Santangelo, pela orientação, paciência e pela amizade que foi construída ao longo desses anos.

Ao professor Paulo Sérgio, e ao doutorando Alessandro de P. Silva, por terem me cedido material para pesquisa.

Aos membros da banca pela contribuição valiosa nesse trabalho e por terem aceitado o convite.

Aos meus amigos, em especial a Allana, minha melhor amiga, que esteve comigo desde a sétima série, suportando-me!

Aos meus colegas de turma por terem feito parte da minha história durante esses 5 anos de graduação.

Ao Grupo Pontes da UFRRJ pela formação social e política, pelos espaços de convivência e pelas trocas de experiência que contribuíram para minha aceitação e construção social.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela experiência que tive no decorrer desses cinco anos de graduação e que me permitiu usufruir de um ensino público e de qualidade.

RESUMO

Considerando tanto a importância comercial dos pesticidas quanto a preocupação ambiental referente aos seus usos, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar o cenário atual das pesquisas referentes aos pesticidas e aos seus efeitos nos organismos zooplanctônicos de água doce. Através da plataforma de busca de artigos científicos “Web Of Science”, tendo como base os resumos dos artigos que nele se encontram nos últimos seis anos (2008-2013), foram selecionados 77 artigos que relacionavam os dois fatores. Verificou-se o aumento no número de publicações em relação a esse assunto em comparação ao primeiro ano. Detectou-se que o gênero *Daphnia* é o principal organismo-teste utilizado nessas pesquisas; o carbaril foi, individualmente, o principal pesticida testado e pode também interagir de forma negativa com outros fatores ambientais; e que o herbicida glifosato apresenta uma divergência de resultados na literatura em relação aos testes de toxicidade. Um aspecto que poderia ser mais abordado em estudos futuros, preenchendo lacunas de conhecimento, é a interação dos pesticidas com outras variáveis ambientais de alta variabilidade nos sistemas naturais.

Palavras-chave: toxicidade, contaminação ambiental, cladóceros.

ABSTRACT

Considering the commercial importance of pesticides as well as the environmental concern regarding its use, this study aimed to characterize the current scenario research dealing pesticides and their effects on zooplankton. Through the “Web Of Science” platform, based on the abstracts of the articles found therein from 2008 to 2013, 77 articles that linked the two factors were selected. There was an increase in the number of publications in this matter compared to the first year; it was found that *Daphnia* is the main test organism used in these studies; carbaryl was the most common pesticide analyzed and it can interact with other environmental factors; and that the glyphosate herbicide shows a divergence of results in the literature in relation to toxicity testing. An approach that could be considered in future studies, filling up gaps of knowledge, is the interaction of pesticides with other environmental factors highly variable in natural systems.

Keywords: toxicity, environmental contamination , cladocerans.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	1
2.1 Objetivo geral	1
2.2 Objetivos específicos	1
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3.1 Agrotóxicos	2
3.1.1 Agrotóxicos em ambientes aquáticos	2
3.2 Zooplâncton.....	4
3.3 Testes de toxicidade ou ensaios ecotoxicológicos.....	5
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
5.1 Cenário atual	7
5.2 Área de Trabalho	8
5.3 Espécies mais utilizadas.....	8
5.4 Agrotóxicos mais analisados.....	9
5.5 Variável resposta mais avaliada	11
5.6 Revistas que mais publicaram artigos.....	12
5. CONCLUSÕES	13
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1: Possíveis rotas e destinos finais de um pesticida aplicado no solo	3
Figura 2: Esquema de um cladócero (adaptado de Elmoor-Loureiro, 1997)	5
Figura 3: Quantidade de artigos publicados entre os anos de 2008 e 2013	7
Figura 4: Divisão da área de trabalho dos artigos publicados entre 2008 a 2013	8
Figura 5: Organismos analisados nos artigos no período de 2008 a 2013	9
Figura 6: Agrotóxicos mais utilizados nos artigos entre os anos de 2008 a 2013	10
Figura 7: Variáveis respostas analisadas nos artigos de 2008 a 2013	12
Figura 8: Número de artigos publicados por revista entre os anos de 2008 a 2013	13

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial e o rápido desenvolvimento industrial nas últimas décadas tornaram necessário aumentar a produção agrícola, almejando à produção de alimentos. Esse aumento está associado à evolução da urbanização, do avanço tecnológico na produção e conservação de alimentos e na facilidade de meios de transportes. Além disso, a capacidade de controle de plantas daninhas, pragas, fungos e organismos indesejáveis cresceram de forma praticamente exponenciais, sendo a conquista mais rápida que a capacidade de entendimento de seus efeitos ambientais, sociais e econômicos ao longo prazo.

Após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), os agrotóxicos passaram a ser utilizados cada vez mais, assim como os fertilizantes, para defender a lavouras de insetos, ervas daninhas e fungos (Bonacella, 1990).

Desde então, os agrotóxicos são extensivamente utilizados para melhorar a produção agrícola, tendo como resultado geralmente o seu acúmulo no ambiente (Van Der Werf, 1996). Com isso, muitas substâncias chegam ao ambiente natural, especialmente nos sistemas aquáticos, onde muitas delas se concentram e se fixam nos indivíduos que constituem as cadeias alimentares (Ferraro, 2003). Por isso, o uso de agrotóxicos pode ocasionar efeitos nocivos tanto no meio ambiente quanto na saúde humana, levando a indução de danos e doenças, como o câncer (Dimitrov et al., 2006).

Desde o século passado, as respostas dos organismos vivos a diferentes tipos de estresse têm sido utilizadas para avaliar o meio em que vivem. Os testes de ecotoxicidade têm sido aplicados para sanar essa preocupação, avaliando o ambiente através dos organismos que nele residem e de suas respostas aos diferentes estímulos. Nesse sentido, os organismos zooplancônicos são tidos como bons modelos de organismos-teste em ambientes aquáticos por desempenharem papel fundamental no meio em que vivem, além de serem afetados tanto pelos fatores bióticos quanto abióticos.

O presente trabalho tem o propósito de avaliar os artigos que abordam os agrotóxicos e seus efeitos no zooplâncton, demonstrando a relevância do assunto nos últimos seis anos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar o cenário atual das publicações referentes aos agrotóxicos e seus efeitos nos organismos zooplancônicos de água doce nos últimos 6 anos, tendo como base os artigos científicos publicados entre os anos de 2008 a 2013.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar as espécies e grupos de zooplâncton mais utilizados nas pesquisas sobre os efeitos dos pesticidas nos organismos zooplancônicos;
- Identificar os agrotóxicos mais utilizados nesses experimentos;
- Identificar o aspecto ecológico mais abordado nos artigos publicados;
- Descrever os efeitos gerados pelo principal agrotóxico utilizado nos estudos;
- Descrever os efeitos gerados pelo glifosato;
- Identificar as revistas onde esse tópico é mais comumente encontrado.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Agrotóxicos

Agrotóxicos são substâncias capazes de matar diretamente um organismo indesejável ou controlá-lo de alguma maneira, reduzindo a sua longevidade ou velocidade de crescimento (Baird, 2002). De acordo com os organismos que se pretende atingir, os agrotóxicos são agrupados em classes, como por exemplo, acaricidas, inseticidas, herbicidas e fungicidas (Baird, 2002).

Após a Segunda Guerra Mundial, o número de substâncias novas e o uso extensivo dessas na agricultura aumentaram enormemente. A agricultura representa o principal meio de introdução dessas substâncias no ambiente, onde os aspectos danosos da sua aplicação podem ser observados em vários aspectos ecológicos. Além disso, problemas relacionados à intoxicação humana exigem cuidados devido aos problemas de origem respiratória, epidérmica, e ingestão gradativa dos pesticidas presentes na água e nos alimentos (Rand, 1985).

Atualmente, são raras as culturas onde os pesticidas não são utilizados. O crescimento da produção de defensivos agrícolas é resultado da crescente demanda do consumo, entretanto é importante buscar várias formas de se mitigar os impactos nocivos causados sobre o meio ambiente e sobre os seres humanos (Lima, 2002).

A classificação dos agrotóxicos é um tema polêmico, pois várias denominações são empregadas para designar sua ação, como defensivos agrícolas, biocidas, pesticidas, praguicidas e agrotóxicos. De acordo com a legislação brasileira (lei 7802/ 1989), esses compostos são conhecidos como “agrotóxicos” e classificados como inseticidas, fungicidas e herbicidas. O termo pesticida é dado à substância ou à mistura de substâncias com o propósito de prevenir a ação ou destruir direta ou indiretamente insetos, ácaros, roedores, ervas daninhas, bactérias e outras formas de vida animal ou vegetal prejudiciais à lavoura (Sanchez et al., 2003).

Quanto à toxicidade, eles se encontram divididos em quatro classes toxicológicas (I = rótulo vermelho, II = rótulo amarelo, III = rótulo azul e IV = rótulo verde). A classe I abrange os compostos considerados altamente tóxicos para seres humanos; a classe II, os mediamente tóxicos, a classe III, os pouco tóxicos e a classe IV, os compostos considerados praticamente não-tóxicos para os seres humanos.

3.1.1 Agrotóxicos em ambientes aquáticos

A poluição e a contaminação do meio ambiente vêm aumentando devido à crescente carga de efluentes lançados no ar, na água e no solo. Entre esses diferentes sistemas, o ecossistema aquático é considerado o mais suscetível à contaminação (Bertoletti, 1990). A poluição aquática está frequentemente associada com a descarga de efluentes domésticos, industriais e agrícolas (Manson, 1996) e pode ocorrer a partir de fontes naturais ou por ação antrópica (Jobling, 1995). Há uma enorme quantidade de produtos de poluentes que afetam o ambiente aquático e cujos efeitos são preocupantes, necessitando de compreensão detalhada sobre os efeitos dos diferentes tipos de efluentes nos corpos d'água receptores para o controle da poluição (Martinez et. al.; 2002).

No solo, o agrotóxico pode ter diferentes caminhos, como ser adsorvido a partículas do solo, permanecer dissolvido na água presente no solo, volatilizar-se, ser absorvido pelas

raízes das plantas ou por organismos vivos, ser percolado ou carregado pela água das chuvas ou sofrer decomposição química ou biológica (Dores, 2005).

De acordo com Macêdo (2002), ao entrarem no ecossistema, os resíduos dos agrotóxicos podem passar por vários processos que afetam diferentes compartimentos do ambiente agrícola (Figura 1), como a evaporação de resíduos dos pesticidas da superfície da cultura ou do solo, que contaminaria a atmosfera do agroecossistema. O escoamento superficial ou a lixiviação de agrotóxicos pelo perfil do solo pode contaminar o próprio solo, as águas superficiais e subterrâneas, sendo este último processo o mais complexo e com maior possibilidade de ocorrer

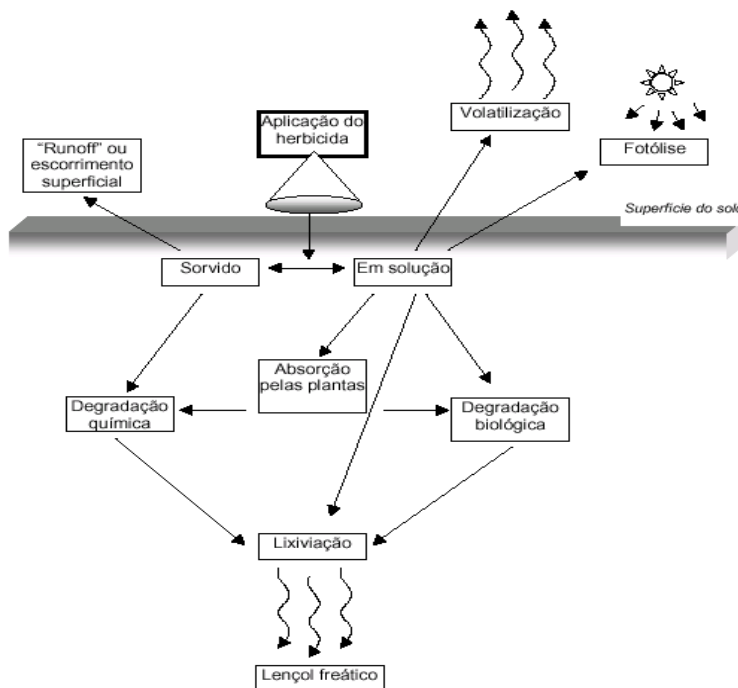


Figura 1: Possíveis rotas e destinos finais de um pesticida aplicado no solo.

Fonte: Macêdo, 2002

O modelo de desenvolvimento humano tem se mostrado altamente impactante, devido principalmente a grande produção de resíduos e a introdução de compostos tóxicos na água (Guereschi, 2004). O acesso dos poluentes no ambiente aquático acontece principalmente através das águas superficiais (rios, riachos, enxurradas, entre outros), devido à lixiviação química e física efetuada pela água sobre a litosfera, na bacia de drenagem ou provenientes do ar. Essas substâncias podem eventualmente atingir o meio aquático em sua forma original ou como produto de transformação (Aguiar, 2002).

Alguns corpos de água recebem diretamente os resíduos tóxicos lançados pelas indústrias dos centros urbanos e, nas áreas rurais, são os agrotóxicos provenientes do desenvolvimento da agricultura os causadores de contaminação do ambiente aquático. Na água, os metais e os resíduos de agrotóxicos podem ser adsorvidos ao material em suspensão, depositados no sedimento ou absorvidos por organismos, podendo ser metabolizados, desintoxicados e/ou acumulados (Aguiar, 2002). Além disso, a contaminação direta das águas superficiais acontece também devido ao uso de metais e agrotóxicos em sistema de cultivo de peixes para o controle de algas e parasitas (Romão et al., 2006).

3.2 Zooplâncton

O termo zooplâncton refere-se a porção animal do plâncton (do grego “plaghton”, errante), cuja habilidade de locomoção é limitada, ficando desta forma a deriva das correntes de água. Tais organismos podem ser encontrados em todos os ambientes marinhos ou de águas continentais, como lagoas, reservatórios, poças temporárias e rios (Araujo et al., 2010).

Os organismos zooplancctônicos geralmente coletam seu alimento por filtração. No entanto, o tipo de alimentação depende do modo de vida de cada espécie e do meio onde vivem, existindo assim uma série de hábitos alimentares distintos. A alimentação do zooplâncton é baseada em fitoplâncton, bactérias, detritos e até de outros organismos zooplancctônicos. Ao mesmo tempo, acaba servindo de alimento, por exemplo, para pequenos peixes, que por sua vez servem de alimento para peixes maiores. Todo esse processo forma a cadeia alimentar básica dos ecossistemas aquáticos. Por isso, estes organismos possuem a importante função de transportar a energia dos organismos produtores aos outros níveis tróficos, além de produzirem matéria orgânica através das pelotas fecais, ecdises e decomposição dos indivíduos mortos (Ramirez, 1981).

Na grande maioria dos ambientes aquáticos, o zooplâncton é formado por protozoários (flagelados, sarcodinas e ciliados) e por vários grupos de metazoários. Entre estes destacam-se os rotíferos, cladóceros e copépodos (crustáceos) e larvas de dípteros (insetos) da família Chaoboridae (Esteves, 1998).

Os protozoários são importantes no ambiente por se alimentarem de partículas minúsculas que somente eles são capazes de comer e, também, por tolerarem baixas concentrações de oxigênio no ambiente. Isso é importante para a cadeia alimentar porque outros organismos do zooplâncton se alimentam dos protozoários, disponibilizando esse material para outros organismos ainda maiores que se alimentam do zooplâncton (Araujo et al., 2010).

Uma das principais características dos rotíferos é a presença do mástax e da corona, que é a inspiração para seu nome. O primeiro é uma estrutura, geralmente no interior do animal, que atua na captura de alimento e como câmara trituradora. A corona ou coroa ciliar, localizada na parte anterior do animal, tem como principal função a locomoção e também auxilia a captura de alimento através do fluxo d'água que promove (Esteves, 1998).

Estes organismos reproduzem-se geralmente por partenogênese (reprodução assexuada) e através deste mecanismo de reprodução muitas gerações podem ser produzidas, porém também podem reproduzir-se sexuadamente a partir de alguns estímulos ambientais. Os rotíferos são dióicos e, na maioria dos casos, se observa dimorfismo sexual. Os machos conhecidos de algumas espécies são pequenos e com certas estruturas degeneradas. Além disso, são encontrados em menor número, quando não ausentes (Esteves, 1998).

Os cladóceros apresentam vários apêndices, dos quais se destacam 5 ou 6 pares de patas de estrutura achatada e 2 pares de antenas cefálicas. Ao contrário da maioria dos demais grupos de animais, as patas nos cladóceros não servem como meio de locomoção, mas atuam na captura de alimento. Para a locomoção, utilizam as antenas, especialmente do segundo par, que é bifurcado e provido de cerdas rígidas e em número variável. O primeiro par de antenas (antênulas) é menor, e sua função principal é a orientação através das finas cerdas sensitivas. (Araujo et al., 2010)

Os cladóceros possuem a cabeça e o corpo coberto por uma carapaça bivalve, lembrando a forma da concha de ostras e mariscos. No corpo se encontram de 4 a 6 pares de

patas, e o seu final se chama pós-abdômen, que apresenta ramos semelhantes a garras (Figura 2).

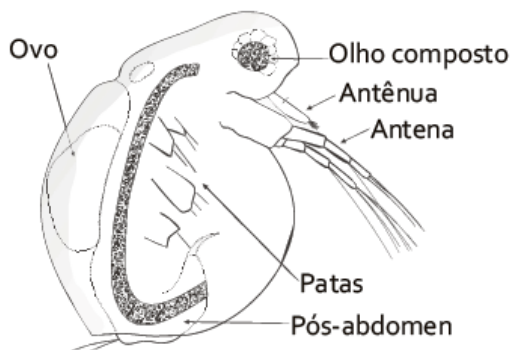


Figura 2: Esquema de um cladóceros (adaptado de Elmoor-Loureiro, 1997).

A locomoção ocorre em forma de saltos, o que lhes confere o nome “pulgas d’água”. Seu ciclo de vida pode variar de poucas semanas a poucos meses dependendo da espécie (Margalef, 1983).

Assim como os rotíferos, os cladóceros reproduzem-se geralmente por partenogênese, embora possa ocorrer a reprodução sexuada devido alguns estímulos ambientais, como alteração na temperatura e no nível da água, no suprimento alimentar ou ocorrência de superpopulações (Esteves, 1998).

Constituem um grupo bem representado na comunidade zooplanctônica de ecossistemas de águas continentais do mundo todo, havendo uma grande diversidade destes animais (Araujo et al., 2010).

Os copépodes são muito importantes na composição da fauna de invertebrados aquáticos, sendo as formas predominantes do zooplâncton (Esteves, 1998).

O corpo destes animais é dividido em cefalotórax (cabeça e tórax estão juntos e não há um limite certo entre um e outro) e abdômen. Existem cinco pares de pernas torácicas e, na parte mais anterior do cefalotórax, há dois pares de antenas, sendo o primeiro par responsável pela locomoção (Araujo et al., 2010).

Eles habitam os mais diversos ambientes aquáticos, de pequenas lagoas de água doce a oceanos, até o mar profundo. Um terço das espécies vive associado a outros organismos, algumas sendo parasitas de peixes e invertebrados.

Os insetos planctônicos são muito raros. Somente alguns grupos de Diptera (mosquitos e moscas) na fase larval têm representantes no plâncton. Dentre estes, a larva de *Chaoborus* (= Comethma) é a mais importante. As larvas em geral são vermiformes (forma do corpo parecida com um verme) e demonstram diversos hábitos alimentares, variando desde filtradoras, consumidoras de algas e até micropredadoras (Esteves, 1998).

3.3 Testes de toxicidade ou ensaios ecotoxicológicos

Os testes de toxicidade são uma das formas de avaliar o efeito de determinado composto químico ou conjunto de compostos que forma um poluente complexo sobre os organismos. Eles possibilitam estabelecer limites permissíveis para várias substâncias

químicas, além de permitir estimar os possíveis impactos de misturas de poluentes sobre os organismos aquáticos dos corpos hídricos (Bertoletti, 1990).

Os testes de toxicidade, sejam eles agudos ou crônicos, e a determinação da faixa de sensibilidade dos organismos-teste em geral são realizados por várias razões, porém o principal objetivo é gerar dados com o intuito de prever os efeitos que substâncias químicas ou efluentes complexos podem provocar nas comunidades aquáticas naturais (Winner, 1988).

Entre as metodologias utilizadas no biomonitoramento, têm-se os testes de toxicidade com organismos aquáticos (bioindicadores), que também são conhecidos como ensaios ecotoxicológicos. Esses ensaios podem ser realizados tanto em laboratório, como "in Situ", e seguem diversas metodologias, que apresentam como objetivo a avaliação dos efeitos de contaminantes potencialmente danosos para a vida aquática, tais como: alterações na qualidade da água, morte do organismo ou ainda efeitos sub-letais em seu ciclo de vida, como diminuição da fecundidade e alterações na taxa de crescimento individual ou populacional (Rand, 1995).

A partir do século IXX, passou-se a considerar o emprego de organismos como indicadores de impactos ambientais (Knie et al., 2004). Segundo Hellawell (1986), os bioindicadores podem indicar problemas causados a um corpo d'água, quando este sofre influência de algum poluente. Um grupo de organismos pode ser utilizado como bioindicador ou organismo-teste desde que apresente características como: fácil amostragem; mobilidade limitada; baixa variabilidade genética e ecológica; elevada diversidade taxonômica e fácil identificação; ter representatividade ecológica e estarem disponíveis ao longo do ano; possuir informações sobre seu ciclo de vida, possuir fácil cultivo com custos relativamente baixos para sua manutenção; e, sensíveis a diferentes concentrações de poluentes no meio, fornecendo ampla faixa de respostas frente a diferentes níveis de contaminação ambiental (Weber, 1993).

Dentre os bioindicadores de qualidade de água, o zooplâncton possui papel fundamental, pois constitui um elo fundamental na teia alimentar, transferindo energia sintetizada pelo fitoplâncton para os demais níveis tróficos. Apresentam espécies indicadoras de qualidade ambiental e fornecem subsídios sobre os processos interagentes, uma vez que suas comunidades são influenciadas pelas condições abióticas e bióticas do ambiente (Espino et al., 2000).

No Brasil, os estudos com indicadores da comunidade zooplânctônica ainda são escassos quando comparado com outros países do mundo. Essa situação demonstra a necessidade crescente de pesquisas que são necessárias para a avaliação de impactos produzidos por ações antrópicas (Marcelino, 2007).

4. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia do trabalho consistiu em uma abordagem cienciométrica. Para tal, foi realizado um levantamento e análise de artigos publicados nos últimos 6 anos (2008 à 2013) através da plataforma "Web Of Science", utilizando como termos de busca: "zooplankton" e "pesticide". Com base em seus resumos e quando necessário acessando os artigos completos, os trabalhos foram avaliados de acordo com o tema, sendo excluídos os artigos que não abordavam o assunto de forma pertinente, ou seja, não relacionavam os efeitos dos pesticidas aos organismos estudados. Os artigos selecionados foram categorizados em relação ao ano de publicação, organismo avaliado, pesticida utilizado e a variável resposta avaliada para, posteriormente, ser feita o processamento dos dados e assim identificar os principais padrões

de publicação em cada categoria. Nos casos em que um mesmo artigo abordava dois grupos zooplânctônicos, ou dois pesticidas, por exemplo, esse artigo foi contabilizado duas vezes para a categoria avaliada. Além disso, essa revisão buscou identificar também os jornais científicos que mais publicam sobre a temática.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cenário atual

Através da plataforma “Web Of Science” foram encontrados 98 artigos, entre os anos de 2008 a 2013. No entanto, apenas 77 artigos foram selecionados dentro do contexto proposto. Os outros 21 artigos excluídos não abordavam o assunto de forma consistente, não sendo possível identificar a maioria das informações categorizadas.

Entre os anos analisados, em 2012 foi encontrada a maior quantidade de artigos publicados, total de 21 artigos, referentes a este assunto. Em 2011 e 2013, foram 17 e 13 artigos achados, respectivamente, representando o segundo e terceiro anos com a maior quantidade de artigos. Já 2008 e 2009, apresentaram a mesma produção, total de 9 artigos em cada. O ano que apresentou a menor quantidade foi o de 2010 com apenas 8 artigos publicados (Fig. 3).

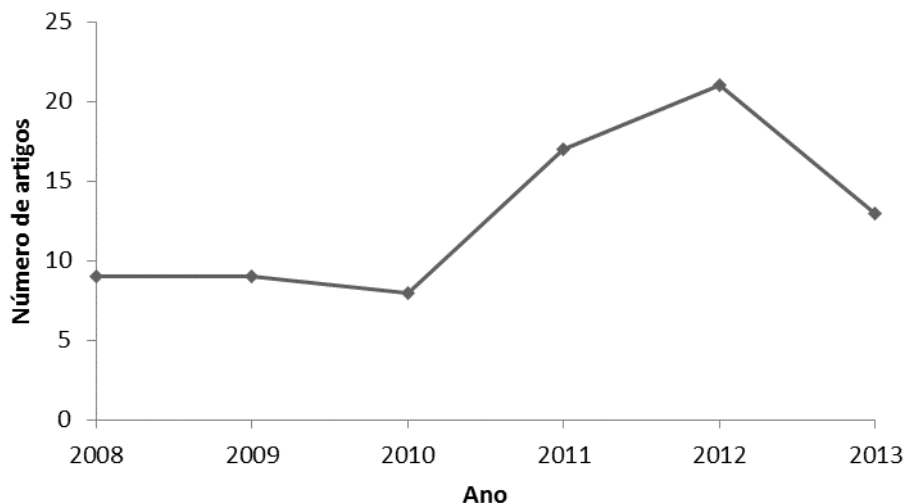


Figura 3: Quantidade de artigos publicados sobre agrotóxicos e zooplâncton entre os anos de 2008 e 2013.

Provavelmente, o aumento do número de publicações ocorreu devido à combinação de diversos fatores, não-excludentes, tais como maior de incentivo às pesquisas científicas, ao maior ingresso de estudantes e pesquisadores no meio acadêmico, à maior preocupação ambiental ou ainda a um possível aumento do número de revistas científicas indexadas na plataforma de buscas.

5.2 Área de Trabalho

A área de trabalho dos artigos foi dividida em abordagens de campo e de laboratório. A maioria dos trabalhos foi feita em laboratório, totalizando 59 experimentos, ou seja, 66,29% das publicações. Os trabalhos de campo foram contabilizados 30 vezes (33,71%). Alguns artigos utilizaram as duas abordagens, por isso houve um número maior que a quantidade de artigos analisados (Figura 4).

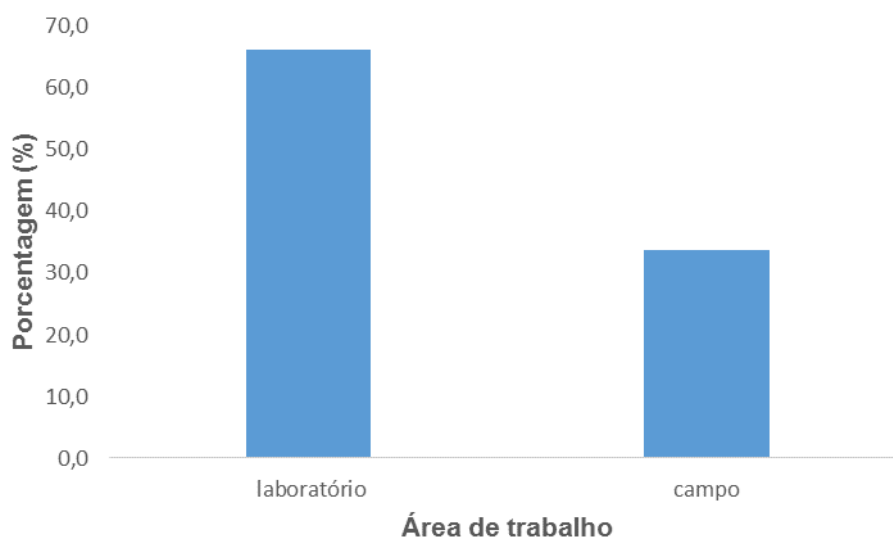


Figura 4: Divisão da área de trabalho dos artigos publicados entre 2008 a 2013

Possivelmente, os trabalhos em laboratório foram mais utilizados por serem mais rápidos e menos custosos, onde pode-se controlar as variáveis ambientais e testar apenas a interação do organismo com a substância exógena.

5.3 Espécies mais utilizadas

Diversos animais e vegetais têm sido estudados com o propósito de se encontrar espécies mais indicadas para espelhar as realidades ecológicas. Por isso, é recomendado que as espécies possuam representatividade e importância ecológica, facilidade de cultivo e ciclo de vida conhecido (Mitchell et al., 2002).

Entre os organismos, os cladóceros destacaram-se nos experimentos, porém o gênero *Daphnia* foi o mais representativo entre eles, sendo relatada em 29 artigos, representando 32,58% dos organismos testados. Os demais cladóceros corresponderam a 14,61%, pois foram relatados 13 vezes. Já os rotíferos, copépodes e *Artemia*, foram analisados 7, 9 e 1 vez, representando 7,87%, 10,11% e 1,12%, respectivamente. O grupo de organismos denominado de comunidade foi o que apresentou maior quantidade, total de 30 vezes (33,71%), porém este grupo engloba diversos organismos em que não foi possível destacar apenas um grupo (Figura 5).

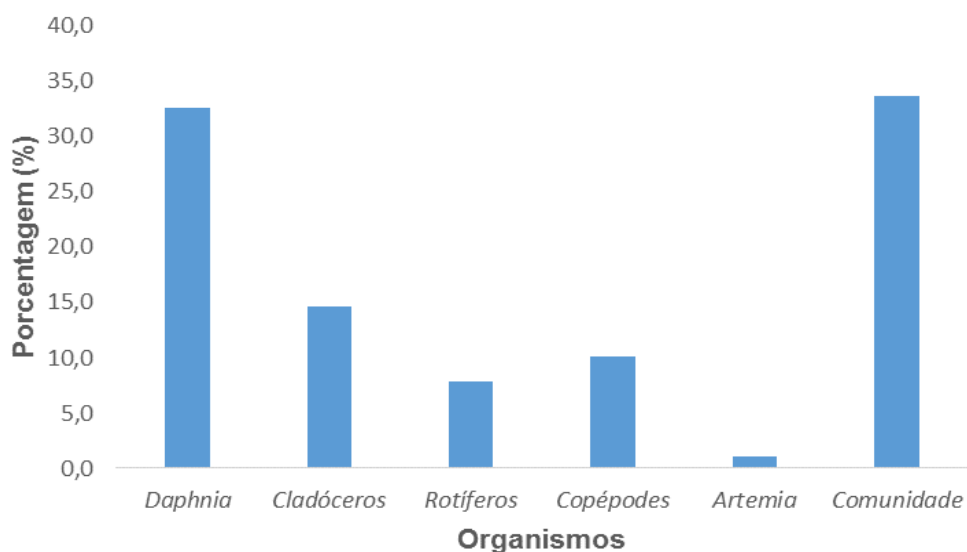


Figura 5: Organismos analisados nos artigos no período de 2008 a 2013.

Devido a algumas características intrínsecas à biota, a utilização da comunidade aquática em estudos ecológicos oferece vantagens importantes sobre as medições químicas, tais como a exposição prolongada a todas as variações de parâmetros ambientais, fornecendo, portanto, uma resposta integrada (Semarh, 2004). Por isso, os cladóceros são extensivamente utilizados em testes de toxicidade aquática, pelo fato de serem organismos bem adaptados às condições de laboratório e por apresentarem uma alta sensibilidade a produtos químicos, além de exercerem um papel fundamental na comunidade aquática, a de servir como proteína animal de alto valor nutricional para peixes (Mount et al., 1984). Além disso, a manutenção desses organismos no laboratório tem baixo custo e seu ciclo de vida é relativamente curto, variando de poucas semanas a poucos meses dependendo da espécie. E através da análise dos artigos apresentada neste trabalho, foi possível comprovar a representatividade dos cladóceros, em especial de *Daphnia magna*, ratificando Mitchel et.al. (2002), que afirmam que uma das espécies de cladóceros mais utilizadas em ensaios de toxicidade é de fato *Daphnia magna*.

As espécies de *Daphnia* predominam nas áreas temperadas do planeta (Sarma et al., 2005), locais onde se concentram os países de maior produção científica do mundo. Este fato pode explicar a recorrência de *Daphnia* entre os cladóceros nos testes de toxicidades, além dos fatores já expostos.

5.4 Agrotóxicos mais analisados

O agrotóxico mais mencionado nos artigos foi o carbaril, com 12 menções em um total de 85, ao incluir todos os pesticidas estudados. O malation e endosulfan foram os outros agrotóxicos mais estudados nesse período de tempo, com 7 menções cada, correspondendo a 8,24% cada um. Já o esfenvalerate e imidacloprid representaram 4,71% cada, quer dizer que tiveram 4 citações cada um. O glifosato, que apresenta um grande espectro de utilização, foi estudado apenas 3 vezes, representando 3,53%. Os outros agrotóxicos estudados, quando combinados, corresponderam à maioria, um total de 49 menções que significa 56,47%, porém não se destacaram individualmente, tendo de três a uma citação no máximo (Figura 6).

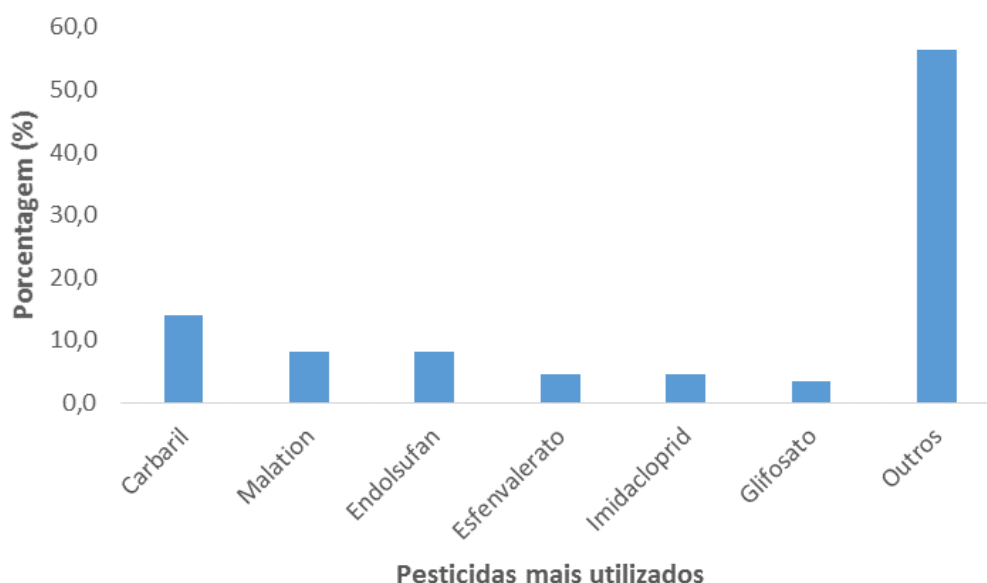


Figura 6: Agrotóxicos mais utilizados nos artigos entre os anos de 2008 a 2013.

O carbaril é um inseticida usado no controle de insetos voadores e sugadores em mais de 120 tipos de plantações, incluindo árvores frutíferas, mangas, bananas, morangos, soja, batatas, abacaxi e plantas ornamentais, dentre outros (Sanches, 2003).

De acordo com Coor et.al (2008), a exposição do carbaril resultou em um atraso da maturação da *Daphnia*, mas este retardo não foi acompanhado de um aumento do tamanho corporal e nem houve a compensação da maturação tardia por mais ou maior prole. Além disso, foi notada a mortalidade substancial ocasionada por carbaril apenas na prole de primeira ninhada, indicando que, em geral, as concentrações de exposição testadas nesse trabalho foram subletais. Provavelmente, também reflete a toxicidade dependente do tamanho corporal, porque nem os recém-nascidos de maior porte de ninhadas subseqüentes foram afetados. Esta conclusão é apoiada por Hanazato (1991), que observou que *Daphnia ambigua* é mais sensível ao carbaril, quando expostos durante o primeiro instar. Da mesma forma, Enserink et al. (1990) relataram maior susceptibilidade a agentes tóxicos em proles de menor tamanho em *Daphnia*.

Além disso, o carbaril pode interagir com outros fatores, como parasitas, já que foi verificado que a sua exposição acelerou o desenvolvimento da infecção pela bactéria *Pasteuria ramosa* em *Daphnia magna*. A interação entre parasitismo e carbaril levou, direta ou indiretamente, a uma diminuição da resposta imune (Coors et al. 2008). Em consequência, isto significa que os dois fatores de estresse não atuam de forma independente, mas que um afeta o mecanismo que é importante para lidar com o outro.

Embora o glifosato seja o principal herbicida utilizado no mundo, sendo responsável por 10% do total de defensivos agrícolas consumidos (Cheminova, 2002), esperava-se que ele se destacasse entre os pesticidas mais analisados, porém o mesmo não foi verificado. O glifosato poderia ter sido agrupado ao grupo “Outros”, mas devido a sua grande representatividade entre os defensivos agrícolas, destacamo-lo dos demais.

Os estudos relacionados aos efeitos do glifosato são controversos, pois na literatura o nome “glifosato” é usado indiscriminadamente, incluindo diferentes compostos químicos. Além disso, sua formulação comercial, chamada *Roundup*, inclui ingredientes inertes que

podem variar entre países, o que dificulta ainda mais na confiabilidade dos resultados. Por exemplo, os estudos com testes toxicológicos tentam estabelecer valores para glifosato e formulações do glifosato em *Daphnia magna* e outras espécies do gênero, o que têm demonstrado resultados altamente variáveis, classificando estes produtos químicos a partir de praticamente não tóxico a moderadamente tóxico (FAO, 2001; Folmar et al., 1979; McAllister e Forbis 1978; Melnichuk et al.2007a; Tsui e Chu, 2003). Os resultados dos trabalhos são muito divergentes, sendo que alguns estudos relatam dose letal mediana, capaz de matar 50% da população, de 13-24 mg / L (FAO, 2001), enquanto outros relatam valores de 234 mg / L (Le et al. 2.010), 780 mg / L (McAllister e Forbis 1978), 930 mg / L (Forbis e Boudreau 1981) ou mesmo superior a 2000 mg / L (Pereira et al. 2009).

Essa divergência em relação à toxicidade do glifosato e herbicidas à base de glifosato podem sugerir sensibilidade variável entre os diferentes clones de *Daphnia magna*. Já foi demonstrado, por exemplo, a sensibilidade específica do clone a metais e toxinas orgânicas, como o cádmio, o cobre, dicloroanilina e benzil sulfonato (Baird et al., 1991).

Devido à inconsistência dos dados, o glifosato, de acordo com as orientações da OMS (Organização Mundial Da Saúde) de 2009, deve ser classificado como pesticidas da classe 3; pouco perigoso em relação à saúde humana. Nos EUA, a EPA (Agência de Proteção Ambiental) definiu o glifosato na toxicidade 4: "Praticamente não tóxico." No Brasil, a ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, classifica-o como da Classe IV, sendo praticamente não-tóxicos para seres humanos.

5.5 Variável resposta mais avaliada

Os artigos abordaram diferentes variáveis respostas decorrentes da ação dos pesticidas. A variável mais estudada foi a sobrevivência dos organismos zooplancctônicos testados, sendo esse aspecto avaliado 22 vezes, que corresponde a 22% de todas as variáveis respostas. A abundância de organismos nas abordagens de campo foi analisada 20 vezes, representando 20%, enquanto o crescimento, 10 vezes (10%), a bioacumulação, 7 vezes (7%), a reprodução, 6 vezes (6%), e a riqueza de espécies, 4 vezes (4%). As outras variáveis avaliadas, que incluem vários aspectos diferentes dos expostos acima, foram testadas 31 vezes, correspondendo a 31%, porém eles não se destacaram individualmente pela quantidade testada (Figura 7).

De forma geral, os valores de sobrevivência, crescimento e reprodução dos organismos tiveram decréscimo quando expostos aos agrotóxicos, embora esse efeito possa ser diferente de acordo com o agrotóxico utilizado no teste.

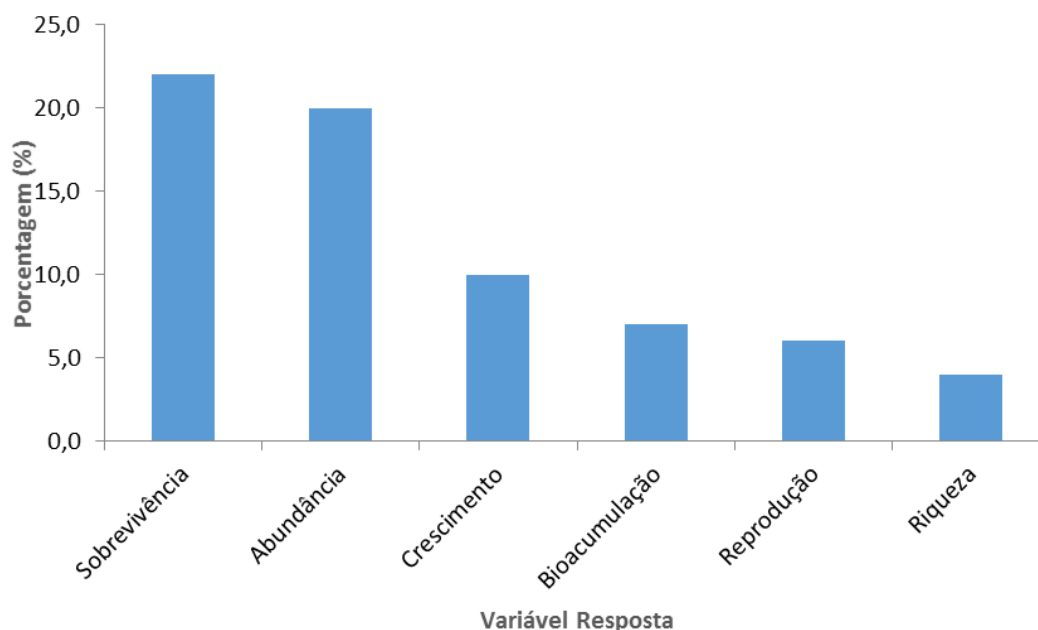


Figura 7: Variáveis respostas analisadas nos artigos de 2008 a 2013.

O aspecto sobrevivência mostrou-se de maior interesse nesse período, provavelmente por ser a variável mais notória em um primeiro momento e que pode assegurar a toxicidade dos compostos em relação a mortalidade inicialmente. Além disso, muitos desses testes duram entre 24 e 72 horas, fornecendo resultados em um curto intervalo de tempo. Outra razão seria a alta toxicidade de alguns compostos que impediria que os organismos alcançassem o seu primeiro evento reprodutivo.

5.6 Revistas que mais publicaram artigos

Entre as revistas que mais publicaram artigos referentes a esse tema, destaca-se a *Ecotoxicology* com 15 artigos publicados, seguidas da *Environmental Toxicology And Chemistry (ETC)*, com 9, e *Archives Of Environmental Contamination And Toxicology (AECT)*, com 5. As revistas *Aquatic Toxicology*, *Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology (BECT)* e *Ecotoxicology And Safety (ES)* tiveram, cada uma, 4 artigos nesse tempo. As demais revistas, no total de 30, não se destacaram individualmente, publicando até 3 artigos no máximo e, por isso, foram classificadas como outras, que obteve um total de 35 artigos, representando 46,75% das publicações. (Figura 8).

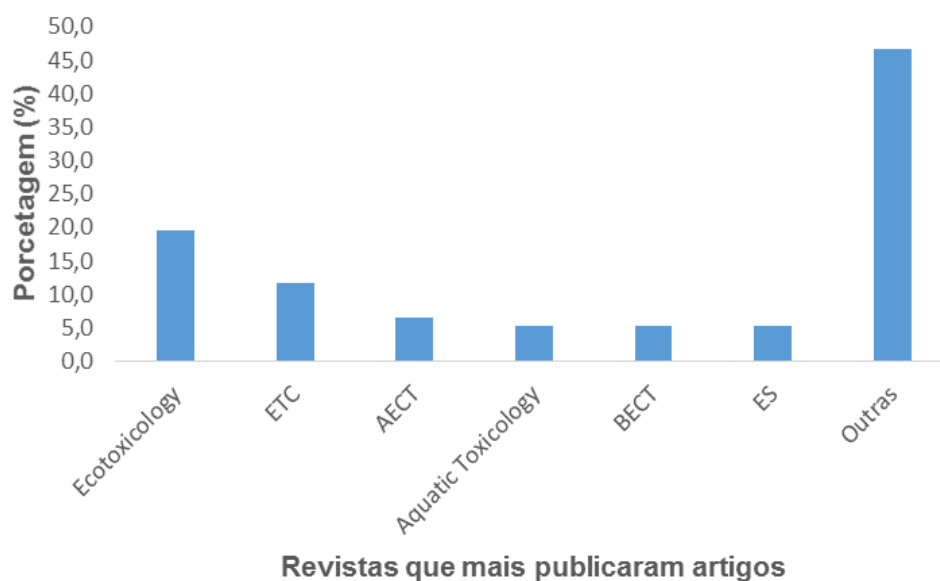


Figura 8: Número de artigos publicados por revista entre os anos de 2008 a 2013.

Essa abordagem mostra que parecem existir revistas especializadas na divulgação dos efeitos de contaminantes sobre os organismos, existindo mesmo aquelas restritas aos sistemas aquáticos, tais como Aquatic Toxicology. As revistas com maior percentual de artigos publicados devem ser as mais receptivas a esses temas. No entanto, o alto número de revistas que publicaram artigos referentes a esse tema indica que o assunto é relevante mesmo para as revistas de escopo mais amplo.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados podemos concluir que:

- Houve um aumento no número de publicações quando comparado o primeiro ano com o último, demonstrando o aumento da relevância do tema.
- Predominam abordagens de laboratório, porém as abordagens em campo apresentam maior realismo ao tratarem dos fatores bióticos e abióticos que interagem com o meio.
- Os cladóceros, em especial *Daphnia*, são os organismos-testes mais utilizados nesses estudos. O conhecimento de outras espécies pode contribuir para a generalização dos efeitos dos pesticidas nos zooplâncton.
- O Carbaril foi o pesticida mais estudado nesse tempo, demonstrando interação com outros fatores ambientais, como parasitismo.
- O Glifosato apresenta divergência em relação a sobrevivência, reprodução e crescimento de *Daphnia*, dependendo da idade e sensibilidade de seus clones.

- Os estudos devem relacionar os efeitos dos pesticidas a outras variáveis ambientais, como temperatura, para trazer mais realismo ao ambiente vivido por estes organismos;
- Há discrepância em relação aos resultados devido a infinidade de nomes comerciais ou das substâncias propriamente ditas e suas formulações que contribuem para a não padronização dos dados;
- Finalmente, mais estudos são requeridos devido ao grande número de pesticidas existentes, já que seus efeitos não são conhecidos sobre a saúde humana e sua interação ambiental.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, L. H. **Efeitos do inseticida organofosforado metil paration (FOLIDOL 600) sobre o teleósteo de água doce, matrinxã, Brycon cephalus (Günther, 1869): aspecto do metabolismo intermediário**, 2002. 96 f. Tese (Doutorado do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo.

ARAUJO, L. R.; SETUBAL, R. B.; NASCIMENTO, M. O.; SANTAGELO, J. M.; BOZELLI, R. L. **O zooplâncton das lagoas Costeiras do Norte Fluminense. Revista do Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Sócio-Ambiental de Macaé**. ed. 4 Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2010. 24 p.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre, Bookman, 2002. 607p.

BAIRD, D.J.; BARBER, I.; BRADLEY, M.; SOARES, A. M. V. M.; CALOW P. A comparative study of genotype sensitivity to acute toxic stress using clones of *Daphnia magna* straus. **Ecotoxicol Environmental Safety** v.21, n.3, p. 257–265, 1991.

BARBIERI, S. M. **Estudos ecológicos dos protozoários planctônicos em duas represas do Estado de São Paulo (Represa do Lobo e Represa Rio Grande)**. 1986. 219 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo.

BERTOLETTI, E. **Ensaio biológicos com organismos aquáticos e sua aplicação no controle da poluição**. São Paulo: Cetesb, 1990. 133p.

BONACELLA, P.H. **A poluição das águas**. Coleção Desafio. São Paulo: Ed. Moderno – 1990. p. 28-30.

CHEMINOVA, 2002. **Glifos**. Disponível em:
<<http://www.cheminova.com.br/pt;herbicidas/glifos/>> Acesso em: 01/12/13

COORS, A.; L. De Meester. “Synergistic, antagonistic and additive effects of multiple stressors: predation threat, parasitismo and pesticide exposure in *Daphnia magna*”; **Journal of Applied Ecology** v.45, n.6, p.1820-1828, 2008.

DIMITROV, D. B.; GADEVA, P. G.; BENOVA, D. K.; BINEVA, M. V. Comparative genotoxicity of the herbicides Roundup, Stomp and Reglone in plant and mammalian test systems. **Mutagenesis**, v. 21, n. 6, p.357-382, 2006.

DORES, E. F. G. C. **Contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas em Primavera do Leste, Mato Grosso**. 2005. 282 f. Tese (Doutorado em química). Universidade Estadual Paulista, Araraquara, São Paulo.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. **Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil**. Editora Universa – UCB. 1997, 155p.

ENSERINK, L.; LUTTMER, W.; MAAS-DIEPEVEEN, H. Reproductive strategy of *Daphnia magna* affects the sensitivity of its progeny in acute toxicity tests. **Aquatic Toxicology**, v.17, p.15–25, 1990.

ESPINO, G. L.; PULIDO, S. H; PÉREZ, J. L. C. **Organismos indicadores de La calidad del agua y de la contaminación**. Ed. Plaza y Valdes. México, 2000. 633p.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 1998. 574p.

FAO - **Fao specifications and evaluations for plant protection products: Glyphosate N-(phosphonomethyl) glycine**. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Disponível em:

<<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/Pesticid/Specs/docs/Pdf/new/glypho01.pdf>> Acesso 06/01/14

FERRARO, M. V. M. **Avaliação do efeito mutagênico do tributilestanho (TBT) e do chumbo inorgânico (PbII) em Hoplias malabaricus (Pisces) através dos ensaios: Cometa, Micronúcleo e de Aberrações Cromossômicas**. 2003. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FOLMAR L.C.; SANDERS H. O.; JULIN A. M. Toxicity of the herbicide glyphosate and several of its formulations to fish and aquatic invertebrates. **Arch Environm Contam Toxicol** v.8, p.269–278, 1979.

FORBIS A. D.; BOUDREAU, P. **Acute toxicity of MON0139 (Lot LURT 12011)(AB-81-074) To *Daphnia magna*: Static acute bioassay report no. 27203**. Unpublished study document from US EPA library. 1981.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura**. Ed. ACADCOM Gráfica e Editora Ltda, 2005. 66 p.

GUERESCHI, R. M. **Macroinvertebrados bentônicos em córregos da Estação Ecológica de Jataí, Luíz Antônio, SP: subsídios para monitoramento ambiental**. 2004, 82 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo.

HANAZATO, T. Effects of long- and short-term exposure to carbaryl on survival, growth and reproduction of *Daphnia ambigua*. **Environmental Pollution**, v.74, p.139–148, 1991.

HELLAWELL, J. M. **Biological indicators of freshwater pollution and environmental management**. Ed. Elsevier Applied Science Publishers, New York, 1986. 546p.

JOBLING, M. **Environmental biology of fishes**. London: Chapman & Hall, 1995. 455 p.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. **Testes Ecotoxicológicos. Métodos, técnicas e aplicações**. Fundação do Meio Ambiente. FATMA/Agencia Alemã de Cooperação Técnica. Santa Catarina. 2005. 289p.

LE T. H.; LIM E. S.; LEE S. K.; CHOI Y. W.; KIM Y. H.; MIN J. Effects of glyphosate and methidathion on the expression of the Dhb, Vtg, Arnt, CYP4 and CYP314 in *Daphnia magna*. **Chemosphere** v.79, n.1, p.67–71, 2010.

LIMA, F. J. C. **Método rápido para análise do inseticida metamidofós em soa e determinação final por cromatografia gasosa**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão.

MACÊDO, J. A. B. **Introdução à Química ambiental (Química & Meio Ambiente & Sociedade)** Juiz de Fora, Minas Gerais, 2002. 487p.

MANSON, C. F. **Biology of freshwater pollution**. 3ed. Londres: Longman, 1996. 356p.

MARCELINO, S. C. **Zooplankton como bioindicadores do estado trófico na seleção de área aquícolas para piscicultura em tanque-rede no reservatório da UHE pedra no rio de contas, Jequié – BA**. 2007. 59 f. Dissertação (Mestrado em recursos Pesqueiros e Aqüicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE,

MARGALEF, R. **Limnologia**. Ediciones Omega, Barcelona. 1983. 1010p.

MARTINEZ, C. B. R.; CÓLUS, I. M. S. Biomarcadores em peixes neotropicais para monitoramento da produção aquática na bacia do rio Tibagi. In: MOACYR, E. et al. **A bacia Rio Tibagi**. MC Gráfica, 2002. p.551-577.

MCALLISTER, W.; FORBIS, A. **Acute toxicity of technical glyphosate (AB-78-201) to *Daphnia magna*. Study reviewed and approved 8-30-85 by EEB/HED US EPA**. Unpublished study document from US EPA library, 1978. 32p.

MELNICHUK, S. D.; SHERBAN E. P.; LOKHANSKAYA, V. I. Estimation of toxicity of glyphosate-based herbicides by biotesting method using cladocera. **Hydrobioly**, v.43, n.3, p.80–91, 2007.

MITCHELL, J. A. K.; BURGESS, J. E.; STUETZ, R. M. Developments in ecotoxicity testing. **Environmental Science & Bio/Technology**, v.1, p.169-198, 2002.

MOUNT, D. I.; NORBERG, T. J. A seven-day life cycle cladoceran toxicity test. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.3, p.425-434, 1984.

PEREIRA, J.; ANTUNES, S. C.; CASTRO, B. B.; MARQUES, C. R.; GONCALVES, A. M.; GONCALVES, F.; PEREIRA, R. Toxicity evaluation of three pesticides on non-target aquatic and soil organisms: commercial formulation versus active ingredient. **Ecotoxicology**, v.18, p.455-463, 2009.

RAMIREZ, F. C. Cladocera. In: Boltovskoy, D. “**Atlas del Zooplancton del Atlântico Sudoccidental y método de trabajo com el zooplankton Marino**”. Publicação Especial INIPED, p.533-542, 1981.

RAND, G. M.; PETROCELLI, S. R. **Fundamentals of Aquatic Toxicology Methods and Application**, Washington, Hemisphere Publishing, 1985. 666p.

RAND, G. M.; WELLS, P. G.; MACCARTY, L. S. Introduction to Aquatic Toxicology. (In): RAND, G.M. **Fundamentals of aquatic toxicology. Effects, environmental fate and risk assessment**. Washington USA: Taylor & Francis. 1995.

ROMÃO, S. Blood Parameter analysis and Morphological Alterations as Biomarkers on the Health of *Hoplias malabaricus* and *Geophagus brasiliensis*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 3, p. 441-448, 2006.

SANCHES, S. M.; CAMPOS, S. X.; VIEIRA, E. M. Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.13, p. 53-58, 2003.

SEMARH. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte**. Relatório Síntese. 2004. Disponível em site URL: <<http://www.semarh.df.gov.br>> Acesso em 10/01/2014

VAN DER WERF, H. M. G. Accessing the impact of pesticides on the environment. Agriculture, **Ecosystems and Environment**, v.60, p.81-96, 1996.

WEBER, C. I. **Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms**. 4. ed. Washington, D C. 1993. 271p.

WINNER, R.W. Evaluation on the relative sensitivities of 7.D. *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia* toxicity tests for cadmium and sodium pentachlorophenate. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.7, p.153-159, 1988.

TSUI M.T.K.; CHU L.M. Aquatic toxicity of glyphosate-based formulations: comparison between different organisms and the effects of environmental factors. **Chemosphere** v.52, n.7, p. 1189–1197, 2003.