

NATHAN DE CASTRO SOARES SIMPLÍCIO

AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA DO CLORETO DE POTÁSSIO PARA
CARAMUJOS DA ESPÉCIE *Biomphalaria glabrata*

Brasília
2013

AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA DO CLORETO DE POTÁSSIO PARA CARAMUJOS DA ESPÉCIE *Biomphalaria glabrata*

Nathan de Castro Soares Simplício* ; Eduardo Cyrino Oliveira-Filho**

RESUMO

Os fertilizantes possuem grande importância para a prática agrícola, logo dentro do processo de produção é difícil obter uma boa safra sem utilizar fertilizante a base de fosfato, nitrogênio e potássio. Este último é um dos elementos mais demandados pelas culturas e, por ser muito utilizado, concentrações deste composto no solo torna-o suscetível ao escoamento superficial causando danos para os recursos hídricos. Dentro deste contexto, o estudo objetivou avaliar a ecotoxicidade do cloreto de potássio e seus ingredientes para o molusco *Biomphalaria glabrata*. Para tanto, realizou-se diluições de KCl em água mole, nas concentrações de 200, 500, 1000 e 1800 mg/L, e acondicionou-se 5 organismos em cada concentração por 96 horas. Como resultado foi possível observar CLs₅₀ para o KCl em 48 horas igual a 869,65 mg/L e em 96 horas igual a 495,93 mg/L e CLs₅₀ para o KCl em termos de K em 48 horas igual a 422,26 mg/L e 96 horas igual 277,97 mg/L.

Palavras-Chave: cloreto de potássio. ecotoxicidade. *Biomphalaria glabrata*. bioensaios

EVALUATION OF ACUTE TOXICITY FROM POTASSIUM CHLORIDE FOR SNAILS SPECIES *Biomphalaria glabrata*

ABSTRACT

Fertilizers have great importance for agriculture practice, inside the production process is hard to get a good crop without using phosphate, nitrogen and potassium-based fertilizers. The latter is one of the elements most demand by crops and, being widely used, concentrations of this compound in the soil makes it susceptible to runoff causing loses to water resources. Within this context, the study aimed to evaluate the ecotoxicity of potassium chloride and their ingredients to the mollusk *Biomphalaria glabrata*. For this, dilutions of KCl were made in soft water at concentrations of 200, 500, 1000 and 1800 mg/L, and conditioned 5 organisms in each concentration for 96 hours. As a result it was observed LCs₅₀ for KCl in 48 hours equal to 869.65 mg/L and in 96 hours equal to 495.93 mg/L and for K based KCl in 48 hours equal to 422.26 mg/L and 96 hours equal to 277.97 mg/L.

Key-Words: potassium chloride. ecotoxicity. *Biomphalaria glabrata*. bioassays

*Graduando em Ciências Biológicas. Centro Universitário de Brasília. nathan.simplicio@globo.com

** Professor-Doutor em Toxicologia. Centro Universitário de Brasília. eduardo.cyrino@embrapa.br

1. INTRODUÇÃO

1.1. Agricultura e Meio Ambiente

O aumento da demanda mundial por alimentos observado nos últimos tempos, associado pela melhora no PIB de países em desenvolvimento e crescimento da população mundial, resultou na intensificação da produção rural e diversos avanços tecnológicos na agricultura.

Com o início da Revolução Verde no Brasil na década de 1960, houve um incentivo nas pesquisas que buscassem uma lógica produtiva baseada nas áreas de química, mecânica e genética (MARCATTO, 2006; SAUER; BALESTRO, 2009). Essas pesquisas tinham como intenção impulsionar esse desenvolvimento produtivo nacional, ou seja, a dita Revolução Verde trouxe benefícios a partir do momento em que permitiu a transferência de tecnologias e também a implementação de novos processos produtivos. De acordo com os parâmetros da Revolução Verde, incorporou-se um pacote tecnológico à agricultura, tendo a mudança da base técnica resultante, passando a ser conhecida como modernização da agricultura brasileira (AGRA; SANTOS, 2001).

O processo de modernização agrícola, se por um lado aumentou a produtividade das lavouras, por outro levou a impactos ambientais indesejáveis. Os problemas ambientais mais frequentes, provocados pelo padrão produtivo monocultor foram: a destruição das florestas e da biodiversidade genética, a erosão dos solos e a contaminação dos recursos naturais (BALSAN, 2006).

Para Paz, Teodoro e Mendonça (2000), é necessária a adoção de tecnologias que possibilitem a melhoria da eficiência, a diminuição de perdas, a garantia de produção e ganho de produtividade com a irrigação, fertilizantes, defensivos e biotecnologia, mas somente isso não têm sido suficiente para mitigar a questão alimentar no mundo e, enquanto novas áreas de produção são incorporadas, milhões de hectares de terra são desprezados ou se tornam improdutivos, pelo uso inadequado e predatório dos recursos naturais.

1.2. Uso de Fertilizantes Agrícolas

Os fertilizantes possuem grande importância para a prática da atividade agrícola, sendo o Brasil o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo em 2006 (SAAB; PAULA, 2008). Dentro do processo de produção é difícil para o agricultor obter uma boa safra sem utilizar no mínimo fertilizantes a base de fosfato, nitrogênio e potássio.

Segundo a Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes (IFA, 2009), a cada safra são utilizados no Brasil, em média, 2.297.000 toneladas de nitrogênio para cada hectare de área cultivada, 3.460.000 toneladas de potássio e 3.149.000 toneladas de fosfato.

O potássio (K) é um dos elementos mais demandados pelas culturas, contudo a sua fixação no solo é mais dificultada uma vez que seus sais possuem baixa capacidade de troca catiônica (SOUSA; LOBATO, 2004, ROSOLEM; VICENTINI; STEINER, 2012), logo para adubações com K, recomenda-se a sua extração através de métodos específicos com acetato de amônio.

Esse composto está envolvido no processo de salinização da água, sendo que em alguns lugares esse processo de salinização pode alterar a composição da fauna local (UTZ; BÖHRER, 2001; FREITAS; ROCHA, 2011). Devido a esse efeito na mudança salina, o elemento potássio possui um grande efeito tóxico mesmo quando presente em concentrações pequenas (ROMANO, ZENG, 2007). Os principais tipos de fertilizantes potássicos utilizados são o Cloreto de Potássio (KCl), o Sulfato de Potássio (K₂SO₄) e o Nitrato de Potássio (KNO₃).

O Brasil, como detentor de estimados 1.200 milhões de toneladas de cloreto de potássio, explora somente a reserva de Taquari/Vassouras (SE), onde estima-se a existência de 300 milhões de toneladas de KCl (SAAB; PAULA, 2008). Por ser de fácil obtenção, aplicação e ser uma razoável fonte de potássio (60% de K₂O), existe uma preferência na agricultura pelo uso do KCl como fonte de potássio para as culturas (MASCARENHAS et al., 1994; OTTO; VITTI; LUZ, 2010).

Para o Cerrado brasileiro, os fertilizantes possuem grande importância, pois para Lopes e Cox (1977) a baixa disponibilidade de fósforo e sua alta capacidade de fixação em solo, são provavelmente as maiores limitações para o crescimento de culturas nesse bioma. Mesmo todos esses elementos estando disponíveis na Terra, nem todos são de fácil obtenção, como exemplo, o nitrogênio, uma vez que este não é comumente encontrado na constituição de solo e em rochas terrestres (SAAB; PAULA, 2008), sendo necessária a inserção deste para o desenvolvimento das culturas de plantio.

O mau uso desses compostos e seus derivados, por sua vez, pode trazer consequências severas para o meio ambiente e para as pessoas inseridas nesse contexto. Grandes concentrações deste composto no solo podem torna-lo suscetível ao processo

de escoamento superficial. Para Tucci (2009), esse processo de escoamento superficial representa grande importância no conhecimento de ciclos hidrológicos em córregos e bacias. Farias e Araújo (2011) complementam essa discussão quando expõem que o processo de descarga nos rios é de grande importância no processo de planejamento dos recursos hídricos e na tomada de decisões.

De uma maneira geral, o escoamento superficial representa o fluxo de matéria presente em água de descarga sobre a superfície do solo e pelos seus múltiplos canais. Vários fatores podem influenciar nesse processo, dentre eles o relevo, a cobertura vegetal da área e a distribuição, duração e intensidade da precipitação (TUCCI, 2009).

Mesmo que em princípio, não apresentem elevada toxicidade, concentrações pontuais desses elementos presentes no escoamento superficial sob a forma iônica no corpo hídrico podem desencadear efeitos tóxicos para a biota que faz uso desse meio (SIMMONS, 2012). Conley e colaboradores (2009) mostraram essas consequências como a perda de habitat em algumas regiões do globo e riscos a saúde pública detectados nas áreas estudadas.

Os fertilizantes potássicos, por sua vez, sempre são mostrados na literatura como uma grande fonte de salinização para a água e o solo, onde este processo pode trazer pressões para a fauna local, uma vez que a pressão osmótica e o pH desses ecossistemas também são alterados, graças a combinação de cátions com íons de carbonato e bicarbonato, principalmente (UTZ; BÖHRER, 2001; OTTO; VITTI; LUZ, 2010; FREITAS; ROCHA, 2011).

Diversos estudos apresentam dados sobre o fenômeno da eutrofização e salinização das águas como consequência do escoamento superficial de fertilizantes agrícolas ou mesmo por conta do lançamento de esgotos domésticos nos corpos hídricos (WITHERS; JARVIE, 2008; CONLEY et al., 2009; MARQUEZ-PACHECO; HANSEN; FALCON-ROJAS, 2013), todavia poucos são os dados publicados mostrando os efeitos adversos desses compostos para espécies do zooplâncton ou do bentos.

1.3. Os Ensaios Ecotoxicológicos

A ecotoxicologia é uma ciência relativamente nova que “revela, através de ensaios com matéria viva, efeitos agudos ou crônicos, produzidos por substâncias químicas” (KNIE; LOPES, 2004. p. 15). Esses ensaios com matéria viva ou bioensaios

possuem pontos positivos e negativos em sua concepção. O lado positivo é que permitem simular condições ambientais controladas em laboratório e com isso facilitar a análise dos resultados obtidos, contudo o fato destes testes serem executados em ambientes artificiais não permitem ao pesquisador generalizar os seus resultados à nível de ecossistema, ficando este restrito ao organismo teste específico. Todavia, Knie e Lopes (2004) mostram que os ensaios ecotoxicológicos fornecem informações e indicações sobre possíveis riscos para o meio ambiente. Esta ciência permite ainda a compreensão a respeito de diversos danos ocorridos em ecossistemas e prever impactos futuros (ZAGATTO, 2006).

A execução de testes ecotoxicológicos consiste em um método rápido e de baixo custo, por isso tornam-se importantes para avaliar os efeitos nocivos das atividades humanas, sem a necessidade de análises químicas, muitas vezes inviáveis pelo alto custo (OLIVEIRA-FILHO; PARRON, 2007).

O uso de bioensaios (ou ensaios ecotoxicológicos) no estudo da qualidade da água visa obter uma estimativa da ação de contaminantes em possíveis fontes de efluentes que possam representar um risco para a biota (VILLEGAS-NAVARRO et al., 1997). Para ter-se uma resposta tóxica nesse tipo de ensaio, o químico ou substância a qual se está testando deve entrar em contato com o organismo teste, não sendo necessariamente obrigatória a ingestão deste para observar-se efeitos tóxicos (PENTTINEN et al., 2011; OLIVEIRA-FILHO, 2013).

Os ensaios ecotóxicológicos baseiam-se primordialmente em expor um indivíduo teste a concentrações de um químico ou a uma série de substâncias sob condições controladas, sob um período de tempo, onde busca-se observar alterações principalmente no crescimento, na reprodução e na sobrevivência do organismo teste (OLIVEIRA-FILHO, 2013).

Dentre os vários organismos utilizados dentro dos ensaios ecotoxicológicos, salienta-se a necessidade de maiores estudos com moluscos devido a sua escassez de dados. Dentre esses moluscos, destaca-se o do gênero *Biomphalaria*, por serem organismos com grande distribuição no Brasil e por possuírem uma biologia bem compreendida, principalmente por ser o hospedeiro intermediário do *Schistosoma mansoni* (plelminto causador da esquistossomose) (OLIVEIRA-FILHO et al., 2013).

Com isso o presente estudo objetivou avaliar a ecotoxicidade do fertilizante Cloreto de Potássio (KCl) e seus elementos potássio (K) e cloro (Cl) separadamente para o molusco bentônico *Biomphalaria glabrata*, Say, 1818 (Gastropoda, Planorbidae).

2. METODOLOGIA

2.1. Organismos teste

Os caramujos do gênero *Biomphalaria* são organismos aquáticos e pulmonados, com grande distribuição pelo território brasileiro (BRASIL, 2007; OLIVEIRA-FILHO et al., 2013). Além disso, os organismos dessa espécie também são nativos dos ecossistemas de água doce naturais, sendo este um dos motivos que vários autores propõem a sua utilização como organismo teste em ensaios ecotoxicológicos (RAVERA, 1977; BELLAVERE; GORBI, 1981; MÜNZINGER, 1987, OLIVEIRA-FILHO; LOPES ; PAUMGARTTEN, 2004, OLIVEIRA-FILHO et al., 2005).

Os organismos da espécie *Biomphalaria glabrata* utilizados no presente estudo foram obtidos no laboratório de ecotoxicologia da Embrapa Cerrados. A colônia foi mantida em água mole sintética (pH 7,4 ± 0,1, dureza total 40-48 mg/L de CaCO₃, temperatura 25 ± 2 ° C) e fotoperíodo de 8 horas de fornecimento de luz e 16 horas sem.

A confecção da água mole sintética seguia os protocolos padronizados pelo guideline EPA 660-3-75-009 (USEPA, 1975), onde para o preparo desta água eram dissolvidos 48 mg de bicarbonato de sódio (NaHCO₃), 30 mg de sulfato de cálcio (CaSO₄), 30 mg de sulfato de magnésio (MgSO₄) e 2 mg de cloreto de potássio (KCl) diluídos em 1 litro de água destilada.

2.2. Realização dos ensaios

Foram realizadas diluições de Cloreto de Potássio, da J. T. Baker[®] (pureza de 99,8%), e montados ensaios agudos com os organismos teste, buscando estabelecer a concentração letal de metade da população (CL₅₀). Os procedimentos de ensaio utilizado seguiram os modelos já padronizados no laboratório (OLIVEIRA-FILHO; GRISOLIA; PAUMGARTTEN, 2009; OLIVEIRA-FILHO et al., 2010).

Para o ensaio foram realizadas diluições de KCl em água mole sintética, nas concentrações de 200, 500, 1000 e 1800 mg/L, e acondicionados 5 organismos em cada concentração (com a presença de um grupo controle), totalizando 25 organismos no teste.

Para este teste, foi avaliada a sobrevivência dos indivíduos após 48 e 96 horas de exposição, sendo considerado morto aquele indivíduo que apresentava retração para a concha e ausência de mobilidade quando retirado da água. Para avaliação dos resultados, a estatística das concentrações letais foi determinada pelo programa *Trimmed Spearman Karber* (HAMILTON; RUSSO; THURSTON, 1977).

Para atestar a pureza da substância testada, as concentrações de teste e quanto de cada íon estava presente nas soluções testadas, foi realizada a cromatografia iônica de cada amostra antes do teste, incluído a água de diluição que foi destinada ao grupo controle. O equipamento utilizado para este fim foi o Cromatógrafo Iônico 761 Compact IC, da Metrohm.

3. RESULTADOS

As análises de cromatografia iônica demonstraram, como já esperado, presença de Cloreto (Cl^-) e Potássio (K^+) nas amostras destinadas ao grupo controle e na água de diluição nas concentrações de 0,649 mg/L para Cl^- e 2,079 mg/L para K^+ . A Tabela 1 sumariza todos os íons encontrados nas amostras analisadas e sua comparação com a água do grupo controle.

Tabela 1: Análise química das diluições utilizadas no ensaio (Unidades em mg/L).

	Concentrações (mg/L)				
	200	500	1000	1800	Água de diluição
Sódio	13,190	15,975	14,257	15,113	11,697
Potássio	113,404	280,618	541,509	1038,781	2,079
Cálcio	7,911	26,556	85,433	84,163	6,249
Magnésio	5,450	12,301	22,916	21,668	4,722
Cloreto	132,215	247,497	511,656	1043,386	0,649
Sulfato	37,786	37,034	53,941	42,636	27,687

Ainda em relação às análises químicas, foi observada concentrações de Potássio e Cloreto pouco diferente da esperada para um reagente com grau de pureza de 99,8%. O cálculo do valor esperado foi feito através do somatório da massa atômica do Potássio (39,102u) e do Cloro (35,453u) e sua proporção em relação às concentrações testadas, seguindo a seguinte fórmula:

$$C_e = \frac{C_t \times u}{u_{KCl}} + C_{ad}$$

Onde, C_e corresponde a concentração esperada, C_t a concentração utilizada de KCl no experimento, u a massa atômica do elemento avaliado, u_{KCl} a massa molecular da substância KCl e C_{ad} a concentração encontrada na água de diluição para o elemento ao qual está se avaliando. Os valores das concentrações esperadas e as encontradas seguem descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Concentração esperada e encontrada de K e Cl por tratamento (unidades em mg/L).

	Concentração esperada (C_e)		Concentração encontrada (C_a)	
	K	Cl	K	Cl
200	106,973	95,753	113,404	132,215
500	264,314	238,409	280,618	247,497
1000	526,545	476,170	541,509	511,656
1800	946,126	856,587	1038,781	1043,386

No teste foi observada a morte em todas as concentrações, menos na de 200 mg/L após 96 horas de exposição, sendo que na maior concentração todos os indivíduos morreram dentro de um espaço de 24 horas, nas de 500 e de 1000 mg/L as mortes aconteceram em até 72 horas de exposição, sendo depois reportada nenhuma morte. Para este ensaio, não houve nenhuma morte do grupo controle após o período testado (Tabela 3).

Tabela 3: Número de indivíduos mortos nos ensaios por concentração testada. n= número de indivíduos no teste.

Concentração (mg/L)	n	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
200	5	0	0	0	0
500	5	1	2	3	3
1000	5	1	2	4	4
1800	5	5	5	5	5
Controle	5	0	0	0	0

Com isso, a estatística mostrou, com intervalo de 95% de confiança mostrado entre parênteses, valor de concentração letal (CL₅₀) igual a 869,65 mg/L (570,52 – 1325,63 mg/L) para o teste de 48 horas e 495,93 mg/L (325,68 – 755,19 mg/L) no teste de 96 horas para o KCl. Também foi possível estabelecer a CL₅₀ de cada elemento, sendo estes valores mostrados na Tabela 4.

Tabela 4: Dados de concentração letal (CL₅₀) encontrados no teste para cada substância. Valores entre parênteses mostram o intervalo de confiança.

	CL₅₀ 48h (mg/L)	CL₅₀ 96h (mg/L)
Cloreto de potássio (KCl)	869,65 (570,52 – 1325,63)	495,93 (325,68 – 755,19)
Potássio (K)	422,26 (270,13 – 660,07)	277,97 (183,57 – 420,90)
Cloro (Cl)	418,03 (271,19 – 644,38)	273,82 (184,91 – 405,48)

4. DISCUSSÃO

Nos testes ecotoxicológicos é recomendado a utilização de, pelo menos, organismo de 3 níveis tróficos diferentes para poder se estimar a toxicidade de uma dada substância para o ambiente (OLIVEIRA-FILHO, 2013), contudo na ecotoxicologia aquática é mais popular a utilização de organismos plantônicos do que bentônicos (como o caramujo). Em uma pesquisa simplificada na base de dados *Pesticide Info*, a trabalhos que não somente envolvessem testes de toxicidade aguda, mas também crônica, encontrou-se um total de 95 trabalhos que relatavam a toxicidade do Cloreto de Potássio a peixes, mas somente 18 a caramujos.

Para Freitas e Rocha (2011) existe uma popularidade no uso de animais marinhos em testes envolvendo salinização de água, contudo esses autores ainda afirmam que existem poucos dados a respeito dos efeitos do aumento da salinização da água em organismos de água doce.

Mesmo sendo um organismo típico de ambientes de água doce, o caramujo *B. glabrata* mostrou resistência ao processo de salinização da água, uma vez que a CL_{50} encontrada foi superior ao relatado para os cladóceros de água doce *Pseudosida ramosa* (556 mg/L no teste de 48h) (FREITAS; ROCHA, 2011) e *Daphnia similis* (690 mg/L no teste de 48h) (UTZ; BÖHRER, 2001), ao mesmo tempo, se comparado com os resultados encontrados por Romano e Zeng (2007) para o crustáceo de água salgada *Portunus pelagicus* (356 mg/L no teste de 96h), também percebe-se uma maior resistência da espécie *B. glabrata* ao KCl. Contudo, em relação a outra espécie de caramujo ambiente marinho, a espécie *B. glabrata* é mais sensível ao cloreto de potássio do que ao caramujo de água salgada *Physastra gibbosa* (CL_{50} igual a 940 mg/L no teste de 96 horas) (ACADEMY OF NATURAL SCIENCES, 1960).

A escolha de usar um reagente como fertilizante no presente estudo deu-se a partir do momento em que se percebeu nos artigos consultados que, naqueles que informaram a procedência do fertilizante utilizado, existe uma tendência dos autores em utilizar a variedade química ao invés dos fertilizantes comerciais, tanto em testes envolvendo o fertilizante KCl (ROMANO; ZENG, 2007; FREITAS; ROCHA, 2011), quanto outros como fertilizantes nitrogenados e potássicos (HAMLIN, 2006; ROMANO; ZENG, 2007). Esse fato possui algumas implicações dentro da análise dos resultados, pois a maioria dos fertilizantes comercializados não possuem o grau de pureza que os químicos possuem, sendo que a pureza de potássio em um fertilizante comercial pode oscilar entre 18% a 58% dependendo do fertilizante e do fabricante (SOUSA; LOBATO, 2004).

A presença dos íons potássio (K^+) e Cloreto (Cl^-) na água de diluição e na destinada para os organismos teste já era esperado, pois segundo a norma para criação de organismo aquáticos em laboratório, é previsto a presença de KCl na água de diluição, mas em concentrações recomendadas para o tipo de teste a ser executado (USEPA, 1975). Logo, para o presente estudo, era previsto para a água de diluição uma

concentração de 2 mg/L de KCl, tendo sido encontrado valor próximo, visto as concentrações de K^+ e Cl^- nas amostras da água de diluição.

Os dados da toxicidade dos elementos individualmente mostraram que o *B. glabrata* também tende a ser mais resistente que outras espécies ao potássio e ao cloro isoladamente. No presente estudo, os indivíduos testados apresentaram menor CL_{50} ao potássio no teste de 48h do que no teste realizado por Freitas e Rocha (2011) com *P. ramosa* (CL_{50} igual 17,7 mg/L para K), mas, em especial para o cloro, menor da obtida pelos autores para o mesmo indivíduo (CL_{50} 556 mg/L para Cl) e também por Harmon, Specht e Chandler (2003) para o cladóceros *Daphnia ambigua* (CL_{50} igual a 1213 mg/L para Cl) no teste de 48h.

Trabalhos que abordem a ação dessas substâncias isoladamente são importantes dentro da literatura, pois a interação dos elementos no ambiente pode induzir a toxicidade de outros (OLIVEIRA-FILHO, 2013), como o potássio, onde já foi observado que quando na forma iônica na água, eleva a toxicidade de outros elementos, como o nitrato (ROMANO; ZENG, 2007) ou o cádmio, que em solução aquosa tem o seu efeito tóxico maximizado dependendo da concentração de cálcio na água (PENTTINEN et al., 2011).

5. CONCLUSÕES

Conclui-se, ao final do estudo, que o fertilizante KCl apresenta toxicidade para o caramujo de água doce *B. glabrata* somente em concentrações acima de 495,93 mg/L (no teste de 96h) e que o potássio isoladamente causa toxicidade na espécie em concentrações a partir de 277,97 mg/L (no teste de 96h). Além disso, o cloro também pode desempenhar toxicidade quando se apresenta em concentrações acima de 273,82 mg/L (no teste de 96h).

A resistência que a espécie apresentou não a caracteriza como melhor bioindicador para contaminações por KCl na água, se comparado com outras espécies comumente utilizada em ensaios ecotoxicológicos, contudo, por ser um indivíduo bentônico, possui papel importante na caracterização da dinâmica de efluentes no ambiente, uma vez que alguns químicos se dispersam e outros tendem a permanecer no fundo dos corpos hídricos.

Para trabalhos futuros, sugere-se o uso de variedades comerciais de fertilizantes com o intuito de comparar se estas possuem diferença com o uso de reagentes, principalmente no que diz respeito a toxicidade e a pureza da substância. Além disso, mesmo que o KCl não tenha apresentado elevada toxicidade aguda para a espécie *B. glabrata*, recomenda-se a realização de testes crônicos para analisar como essa substância interage no desenvolvimento e na reprodução da espécie.

6. REFERÊNCIAS

ACADEMY OF NATURAL SCIENCES. **The sensitivity of aquatic life to certain chemicals commonly found in industrial wastes**. Final Rep No RG – 3965 (C2R1). US Public Health Service Grant, Academy of Natural Sciences, Philadelphia, 1960.

AGRA, N. G.; SANTOS, R. F. Agricultura brasileira: situação atual e perspectivas de desenvolvimento. In: **Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural: competitividade e globalização**, 2001, Recife-PE, 2001. Disponível em: <http://www.gp.usp.br/files/denru_agribrazil.pdf>. Acesso em 25 set. 2013.

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Campo-território: revista de geografia agrária**, v. 1, n. 2, p. 123-151, 2006.

BELLAVERE, C.; GORBI, J. Comparative analysis of acute toxicity of chromium, copper and cadmium to *Daphnia magna*, *Biomphalaria glabrata* and *Brachydanio rerio*. **Environmental Technology Letters**, v. 2, n. 3, p. 119-128, 1981.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de vigilância em saúde. **Vigilância e controle de moluscos de importância epidemiológica**, 2 ed., Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2007.

CONLEY, D. J.; PAERL, H. W.; HOWARTH, R. W.; BOESCH, D. F.; SEITZINGER, S. P.; HAVENS, K. E.; LIKENS, G. E. Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorous. **Science**, v. 323, p. 1014-1015, 2009.

FARIAS, T. R. L.; ARAÚJO, J. C. Modelagem hidrossedimentológica como ferramenta para manejo de pequenas bacias. In: LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A. **Engenharia de sedimentos: Na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento**. Brasília: ABRH, 2011. p. 419-441.

FREITAS, E. C.; ROCHA, O. Acute and chronic effects of sodium and potassium on the tropical freshwater cladoceran *Pseudosida ramosa*. **Ecotoxicology**, v. 20, n. 1, p.88-96, 2011.

HAMLIN, H. J. Nitrate toxicity in Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*). **Aquaculture**, v. 253, n. 1, p. 688-693, 2006.

HAMILTON, M. A.; RUSSO, R. C.; THURSTON, R. V. Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. **Environmental Science and Technology**, v. 11, p. 714-719, 1977.

HARMON, S. M.; SPECHT, W. L.; CHANDLER, G. T. A comparison of the daphnids *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia ambigua* for their utilization in routine toxicity testing in the southeastern United States. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 45, n. 1, p. 79-85, 2005.

INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION, **Assessment of fertilizer use by crop at the global level**, Paris, IFA, 2009. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org>>. Acesso em: 25 set. 2013.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. **Testes Ecotoxicológicos: Métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA/GTZ, 2004.

LOPES, A. S.; COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 41, n. 4, p. 742-747, 1977.

MARCATTO, C. **Agricultura sustentável: alguns conceitos e princípios**, 2006. Disponível em: <http://www.redeambiente.org.br/Artigos.asp?id_dir=6>. Acesso em 25 set. 2013.

MARQUEZ-PACHECO, H.; HANSEN, A. M.; FALCON-ROJAS, A. Phosphorous control in a eutrophied reservoir. **Environmental Science and Pollution Research International**, 2013.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; GALLO, P. B.; BATAGLIA, O. C. Efeitos de adubos potássicos na produção de soja. **Scientia Agricola**, v. 51, n. 1, p. 82-89, 1994.

MÜNZINGER, A. *Biomphalaria glabrata* (Say), a suitable organism for a biotest. **Environmental Technology Letters**, v. 8, n. 1-12, p. 141-148, 1987.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; LOPES, R. M.; PAUMGARTTEN, F. J. R. Comparative study on the susceptibility of freshwater species to copper-based pesticides. **Chemosphere**, v. 56, n. 4, p. 369-374, 2004.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; GERALDINO, B. R.; GRISOLIA, C. K.; PAUMGARTTEN, F. J. R. Acute toxicity of endosulfan, nonylphenol ethoxylate, and ethanol to different life stages of the freshwater snail *Biomphalaria tenagophila* (Orbigny, 1835). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 75, n. 6, p. 1185-1190, 2005.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; PARRON, L. M. Avaliação de qualidade das águas no Brasil: o Rio Preto examinado. **Espaço & Geografia**, v. 10, n. 2, p. 1-16, 2007.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; GRISOLIA, C. K.; PAUMGARTTEN, F. J. R. Effects of endosulfan and ethanol on the reproduction of the snail *Biomphalaria tenagophila*: A multigeneration study. **Chemosphere**, v. 75, n. 3, p. 398-404, 2009.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; GERALDINO, B. R.; COELHO, D. R.; DE-CARVALHO, R. R.; PAUMGARTTEN, F. J. R. Comparative toxicity of *Euphorbia milii* latex and synthetic molluscicides to *Biomphalaria glabrata* embryos. **Chemosphere**, v. 80, p. 218-227, 2010.

OLIVEIRA-FILHO, E. C. Avaliação da toxicidade. In: SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. **Princípios de Toxicologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; CAIXETA, N. R.; SIMPLICIO, N. C. S.; SOUSA, S. R.; ARAGÃO, T. P.; MUNIZ, D. H. F. Implications of water hardness in ecotoxicological assessments for water regulatory purposes: a case study with the snail *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818). **Brazilian Journal of Biology**, 2013 (no prelo).

OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1137-1145, 2010.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

PENTTINEN, S.; MALK, V.; VÄISÄNEN, A.; PENTTINEN, O. P. Using the critical body residue approach to determine the acute toxicity of cadmium at varying levels of water hardness and dissolved organic carbon concentrations. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, n. 5, p. 1151-1155, 2011.

RAVERA, O. Effects of heavy metals (cadmium, copper, chromium and lead) on a freshwater snail: *Biomphalaria glabrata* Say (Gastropoda, Prosobranchia). **Malacologia**, v. 16, n. 1, p. 231-236, 1977.

ROMANO, N.; ZENG, C. Acute toxicity of sodium nitrate, potassium nitrate, and potassium chloride and their effects on the hemolymph composition and gill structure of early juvenile blues swimmer crabs (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) (Decapoda, Brachyura, Portunidae). **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 26, n. 9, p. 1955-1962, 2007.

ROSOLEM, C. A.; VICENTINI, J. P. T. M. M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1507-1515, 2012.

SAAB, A. A.; PAULA, R. A. O mercado de fertilizantes no Brasil: Diagnósticos e propostas de políticas. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano 17, n. 2, p. 5-24, 2008.

SAUER, S.; BALESTRO, M. W. (Orgs.) **Agroecologia e os desafios da transição ecológica**. São Paulo, Expressão Popular, 2009. p. 7-15.

SIMMONS, J. A. Toxicity of major cations and anions (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , and SO_4^{2-}) to a macrophyte and an alga. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 31, n. 6, p. 1370-1374, 2012.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (eds.) **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2009.

USEPA (Unites States Environmental Protection Agency), **Methods for acute toxicity tests with fish, macroinvertebrates, and amphibians**. EPA-660-3-75-009, 62p. 1975

UTZ, L. R. P.; BÖHRER, M. B. C. Acute and chronic toxicity of potassium chloride (KCl) and potassium acetate ($\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2$) to *Daphnia similis* and *Ceriodaphnia dubia* (Crustacea; Cladocera). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, n. 66, n. 3, p.379-385, 2001.

VILLEGAS-NAVARRO, A.; RODRÍGUEZ SANTIAGO, M.; RUIZ PÉREZ, F.; RODRÍGUEZ TORRES, T.; DIECK ABULARACH, T.; REYES, J. L. Determination of LC_{50} from *Daphnia magna* in treated industrial waste waters and non-treated hospital effluents. **Environment International**, v. 23, n. 4, p. 535-540, 1997.

WITHERS, P. J.; JARVIE, H. P. Delivery and cycling of phosphorous in rivers: a review. **Science of the Total Environment**, v. 400, n. 1-3, p. 379-395, 2008.

ZAGATTO, P. A. Ecotoxicologia. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: Princípios e aplicações**. São Carlos: Rima, 2006. p. 1-12