DECOMPOSIÇÃO DE *Typha latifolia* EM MEIO AQUÁTICO NA PRESENÇA DO HERBICIDA CLOMAZONE

CLAUDIO M. JONSSON *
ALINE DE H. N. MAIA *
CELSO J. A. FERREIRA (*in memorian*)*

O Clomazone (2-(2-clorofenil) metil-4,4-dimetil-3-isoxazolidinona) é um herbicida pós-emergente, amplamente utilizado em culturas de arroz irrigado no Rio Grande do Sul (Brasil), com atividade no controle de gramíneas na sua dose recomendada de 700 g/ha. A presença deste composto na água e em sedimentos pode afetar microorganismos responsáveis pela decomposição de matéria orgânica e conseqüentemente a cadeia trófica, sustentada pelos decompositores. No presente trabalho foi estimada a inibição da taxa de decomposição de matéria orgânica exposta a seis concentrações de formulação de Clomazone: 0 (controle); 25; 62; 156; 390 e 976 mg/L de ingrediente ativo. Cinco "litter bags", contendo 3,0 g de folhas secas de *Typha latifolia,* foram colocados em aquários contendo 15 L de água reconstituída. Em cada aquário foram adicionados 500 g de sedimento como fonte de organismos decompositores. Em relação ao controle foram estimadas reduções na taxa de decomposição da ordem de 1 e 48%, num prazo de 80 dias, para a menor e a maior concentração testada, respectivamente. Efeitos adversos de significância para o meio aquático seriam atingidos com aplicações do herbicida em taxas muito superiores às recomendadas pelas práticas usuais de manejo em sistemas de arroz irrigado.

1 INTRODUÇÃO

A decomposição da matéria orgânica constitui-se em importante processo que ocorre nos ecossistemas terrestre e aquático. Com relação ao terrestre, qualquer alteração relacionada a este processo pode causar problemas para a agricultura pelo acumulo de detritos indesejáveis que contribuiriam para o desenvolvimento de plantas invasoras e patógenos

* Pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, Brasil.
(e-mail: jonsson@cnpma.embrapa.br / ahmaia@cnpma.embrapa.br).

(4, 19). A decomposição de material vegetal no compartimento aquático é mais rápida que no terrestre. Este é o principal processo pelo qual as macrófitas aquáticas fazem retornar à circulação os nutrientes acumulados (5). Por isso, a presença de macrófitas é de fundamental importância não só para as regiões costeiras, mas também para os corpos de água. Assim sendo, apresentam capacidade de absorver os nutrientes do sedimento, incorporá-los à sua biomassa e liberá-los na excreção de compostos orgânicos pela decomposição (4).

Somente pequena fração de energia contida no material foliar está diretamente disponível para organismos aquáticos, sendo a comunidade de microrganismos responsável pelo processo de degradação de material recalcitrante como a celulose e a lignina contida nos vegetais. Assim, carboidratos, proteínas e gorduras microbianas tornam-se facilmente disponíveis para organismos de níveis tróficos superiores (8).

Devido à extrema importância de fungos e bactérias como intermediários no processo de ciclagem de nutrientes, a inibição de sua atividade pode resultar em mudança drástica na estrutura da comunidade e decréscimo na produtividade secundária (8).

O Clomazone (2-(2-clorofenil) metil-4,4-dimetil-3-isoxazolidinona) é um herbicida pós-emergente, amplamente utilizado em culturas de arroz irrigado na região sul do Brasil, tendo atividade contra ervas daninhas do gênero Graminae, tal como a *Echinocloa crusgali*, entre outras. A taxa de aplicação recomendada em campo sob a forma de concentrado emulsionável é de 1,4 L/ha.

As regiões que circundam os sistemas de produção de arroz irrigado são susceptíveis à contaminação, tanto pela deriva do produto (aplicação aérea), quanto pela drenagem da água de irrigação.

No presente trabalho foi avaliado o efeito de seis concentrações de Clomazone sobre a taxa de decomposição de *Typha latifolia*. Macrófita aquática conhecida como "taboa" e amplamente distribuída em ambientes palustres e úmidos do Brasil, assim como em outras regiões do continente americano (14).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se experimento com delineamento casualizado em blocos, com seis tratamentos e duas repetições. Os tratamentos corresponderam a seis concentrações nominais de Clomazone: 0 (controle), 25, 62, 156, 390 e 976 mg/L de ingrediente ativo. Foram usados como unidades experimentais aquários de vidro de 18 litros, contendo (cada um) cinco "litter bags" de 8 x 8 cm, em malha de nylon e 0,5 mm de abertura. Em cada "litter bag" foi colocado 3,0 g de material foliar de *Typha latifolia*, coletado em manancial próximo à Embrapa Meio Ambiente. O material foi levado ao laboratório e seco em estufa a 60 °C até a obtenção de peso constante.

Usou-se Clomazone sob a forma de concentrado emulsionável, contendo 500 g de ingrediente ativo por litro (7).

O inóculo que serviu como fonte de organismos decompositores foi sedimento fresco coletado na mesma região que o material foliar. Em cada aquário foram adicionados 500 g de sedimento e a seguir, 15 litros das soluções-teste contendo o herbicida. Estas foram preparadas diluindo-se o produto, de acordo com as concentrações desejadas, em água reconstituída (21), com condutividade de 160 uS/cm, pH 7,5 e dureza total de 48 mg/L $CaCO_3$.

Em cada unidade experimental foi introduzida aeração no meio, usando-se minicompressor de ar e pedra porosa. Os recipientes foram mantidos em temperatura de 25 ± 2 °C, no escuro, de modo a dificultar o crescimento de algas clorofíceas que pudessem interferir na avaliação final.

Parâmetros físico-químicos da água como pH e condutividade foram monitorados durante os 80 dias do experimento. No final deste período os "litter bags" foram removidos dos aquários e o material foliar remanescente foi retirado, cuidadosamente, com o auxílio de pinça metálica, lavado com jatos de água destilada e colocado em placas-de-petri para determinação do peso seco final (PSF).

Calculou-se a taxa de decomposição da matéria orgânica (TXDEC), em cada unidade experimental, dividindo-se a variação no peso seco do material foliar pelo peso seco inicial (PSI), conforme a equação 1.

$$TXDEC = \frac{PSI - PSF}{PSI} x100 \quad (1)$$

Para avaliar o efeito das concentrações crescentes de Clomazone sobre a taxa de decomposição foram calculadas, para cada unidade experimental, a taxa de decomposição relativa (TXREL) e a percentagem de inibição da taxa de decomposição (TXRED). A taxa de decomposição relativa foi determinada pela equação 2.

$$TXREL_{ij} = \frac{TXDEC_{ij}}{TXDEC_{0j}} \quad (2)$$

onde:

$TXREL_{ij}$ é a taxa de decomposição relativa na concentração i (i=0, 25, 62, 156, 390 e 976 mg/L e bloco j (j=1,2);

$TXDEC_{0j}$ é a taxa de decomposição no concentração zero, bloco j.

A inibição da taxa de decomposição (TXRED) corresponde à percentagem de redução na taxa de decomposição (equação 3).

$$TXRED_{ij} = 1 - TXREL_{ij} \quad (3)$$

Espera-se que a TXRED cresça com o aumento da concentração do herbicida seguindo comportamento sigmoidal, isto é, inicialmente ocorrem pequenas reduções na decomposição com o aumento da concentração, depois esta variação cresce e volta a decrescer até estabilizar. Desta forma, na concentração zero, a TXRED vale zero e este valor cresce até 1,00 na concentração que corresponderia à decomposição nula. Isso sugere ajuste da função de distribuição acumulada para descrever o comportamento da inibição com o acréscimo da concentração do herbicida (equação 4).

$$TXRED_{ij} = F(a + b * LogCONC_i) + \varepsilon_{ij} \quad (4)$$

onde:

F é a função de distribuição acumulada na distribuição normal padrão, *a* e *b* parâmetros do modelo, $LogCONC_i$ o logaritmo decimal da concentração e ε_{ij}, o erro aleatório.

O modelo foi estimado pelo método iterativo de Gauss-Newton (9), utilizando-se o PROC NLIN do SAS® (20). Os valores iniciais dos parâmetros para uso no método iterativo foram obtidos ajustando-se uma regressão linear simples da 'probit' da TXRED versus o logarítmo decimal da concentração. As estimativas do intercepto e inclinação da regressão foram empregadas como valores iniciais para a e b, respectivamente.

As taxas de decomposição (TXDEC), de decomposição relativa (TXREL) e de inibição da decomposição (TXRED), para cada concentração, e o valor da concentração que inibe 50% da decomposição (CI-50) foram estimados a partir da curva de inibição ajustada, correspondente ao modelo descrito na equação 4.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores alterações de pH foram observadas a partir do 68º dia até o final do experimento. Enquanto o pH se manteve em 7,4-7,6 nos aquários controle, os recipientes contendo as doses de 156, 390 e 976 mg/L apresentaram pH de 7,0-7,2; 6,2-6,5 e 6,7-6,8, respectivamente. Alterações significativas de condutividade da água foram detectadas após a primeira semana, já que tanto nos aquários controle como nos recipientes com ingrediente ativo, este parâmetro manteve-se em 140-151 uS/cm no início do experimento, apresentando aumento para 226-253 uS/cm no 11º dia. Este fenômeno está relacionado à presença de nutrientes que se encontram na célula, principalmente na forma iônica que, segundo ESTEVES (5), são liberados em poucos dias para a coluna de água. Durante a maior parte do experimento, as doses de 390 e 970 mg/L de Clomazone apresentaram condutividade ligeiramente superior à dos controles.

Os valores médios da taxa de decomposição e inibição da decomposição de *T. latifolia* estão apresentados na Tabela 1. Os dados demonstram que na ausência do herbicida ocorreu taxa de decomposicão do substrato equivalente a 64,51% nas condições testadas. Tais resultados não são compatíveis com os encontrados por BOYD (1), que verificou, em período de 80 dias, perda de peso seco de folhedo de *T. latifolia* de aproximadamente 30%, ou seja, cerca da metade do valor encontrado no presente trabalho. Tal fato poderia ser explicado pela menor temperatura (aproximadamente de 10 ºC) em que o processo de decomposição ocorreu, comparativamente a temperatura utilizada no presente trabalho. Resultados diferentes também foram relatados por MASON & BRYANT (17). Estes autores constataram em estudo de campo que seria necessário de 361 a 426 dias para ocorrer 50% de decomposição de *Thypha angustifolia*. Além disso, verificaram que a decomposição assume maior velocidade quando o material teste é acondicionado em "litter bags" com abertura maior de malha, provavelmente, por permitir a ação de invertebrados. CUPPEN et al. (3) também observaram grande contribuição na decomposição da matéria orgânica por parte de macroinvertebrados detritívoros, quando estudaram os efeitos do inseticida Clorpirifós num sistema de microcosmo.

TABELA 1 - ESTIMATIVAS DA TAXA MÉDIA DE DECOMPOSIÇÃO (TXDEC), DA TAXA DE DECOMPOSIÇÃO RELATIVA (TXREL) E DE INIBIÇÃO DA TAXA DE DECOMPOSIÇÃO (TXRED) EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES NOMINAIS DE CLOMAZONE [1]

Concentração de Clomazone (mg/L)	LogCONC	TXDEC (%)	TXREL (%)	TXRED (%)
0	-	64,51	-	0,00
25	1,40	63,94	99,12	0,88
62	1,79	62,17	96,37	3,63
156	2,19	57,19	88,66	11,34
390	2,59	47,38	73,44	26,56
976	2,99	33,36	51,71	48,29

[1] Cada valor, para a sua respectiva dose de exposição em duplicata, corresponde à media de 10 análises.

Os resultados do presente trabalho também foram, de certo modo, diferentes dos encontrados por WILLIAMS & WILLIAMS (23), que calcularam a decomposição de cerca de 45% de *Typha domingensis,* durante 80 dias, em água com pH 7,7 e temperatura de 26 ºC.

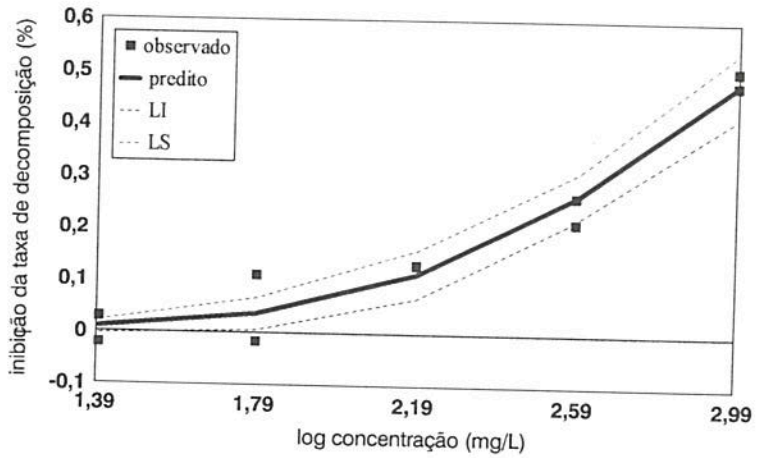
De modo geral a decomposição da *T. latifolia,* na ausência do herbicida, ocorreu com maior velocidade em comparação a outros estudos, que empregaram material vegetal da mesma espécie ou gênero como substrato. A taxa de decomposição, porém, demonstrou-se 16,4% inferior que a de *Elodea nuttalli*, outra macrófita utilizada em estudos de decomposição de matéria orgânica no compartimento aquático (2).

Observou-se falta de consistência de resultados por parte de diferentes autores quanto à decomposição de macrófitas da família Typhaceae no ambiente aquático. Estas diferenças poderiam ser atribuídas a diferentes características do sistema em que o material foi decomposto, como por exemplo o pH do meio (11). PRITCHARD & BOURQUIN (18) afirmaram que a quantidade, as espécies e a proporção de bactérias e fungos são os principais responsáveis pela maior ou menor taxa de decomposição de carga de matéria orgânica no ambiente aquático.

A curva de inibição da decomposição do material foliar seco está apresentada na Figura 1. Os resultados demonstraram que a aplicação de Clomazone no sistema sedimento/água provocou diminuição na perda de peso seco foliar contido nos "litter bags", indicando por conseqüência a inibição da decomposição de matéria orgânica com aumento das doses do herbicida. A dose mínima testada representa aproximadamente 36 vezes a concentração do herbicida que, teoricamente, permaneceria numa lâmina de água de 10 cm após sua aplicação, conforme a dose agronômica recomendada. A inibição na dose máxima testada foi de 48,29%, indicando que a CI-50 é ligeiramente superior a 976 mg/L.

São escassos os trabalhos encontrados na literatura especializada sobre o efeito de herbicidas na decomposição de macrófitas aquáticas. A maior parte destes refere-se aos efeitos dos herbicidas sobre a decomposição de matéria orgânica em solos. Existem porém, alguns trabalhos sobre o efeito de metais e pesticidas na decomposição de material foliar no compartimento aquático. Assim, por exemplo, HEDTKE (10) ao estudar o impacto do cobre na decomposição de *T. latifolia,* num sistema de microcosmo, constatou após 24 semanas, a ausência de efeito em concentrações que variaram de 4 a 420 µg/L deste elemento. GIESY (8) examinou os efeitos do cádmio no sistema aquático pela decomposição de folhedo de diferentes espécies de vegetais, durante 28 semanas. Ambas as concentrações de 5 e 10 ug/L inibiram tanto a colonização microbiana do substrato como a sua decomposição. Comparando-se o efeito do inseticida Clorpirifós sobre a decomposição da macrófita aquática *Elodea nuttallii* com os resultados obtidos no presente estudo verificou-se que, para período de aproximadamente 60-90 dias, a porcentagem de inibição de decomposição foi de cerca de 4,7% na concentração de 35 ug/L (2). Taxa de inibição da mesma magnitude foi observada na concentração de 62 mg/L de Clomazone para o período de 80 dias.

FIGURA 1 - CURVA DE INIBIÇÃO DA DECOMPOSIÇÃO DE *Typha latifolia* NO SISTEMA SEDIMENTO/ÁGUA COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CLOMAZONE COM LIMITES INFERIOR (LI) E SUPERIOR (LS) DO INTERVALO DE CONFIANÇA DE 95%



A toxicidade do Clomazone para diversos organismos do ambiente aquático foi previamente estudada (12, 13), sendo verificada a ocorrência de algum risco, em termos de efeitos agudos ou crônicos, somente pela aplicação em campo de taxas superiores às recomendadas, ou em alguns casos, muito superiores. Os resultados obtidos no estudo de decomposição de *T. latifolia* na presença de Clomazone oferecem subsídios para reafirmar a necessidade de altas doses de exposição em conseqüência da concentração remanescente num corpo de água, após a aplicação do ingrediente ativo, de modo a se observar a manifestação de algum efeito adverso na biota aquática.

Em analogia aos resultados do presente estudo, valores de concentração de resíduo de herbicida provenientes de até 50 vezes a dose agronômica recomendada foram necessários, segundo FLETCHER & FREEDMAN (6), para que ocorresse redução na decomposição de diversos tipos de material orgânico de floresta, incluindo folhedo de *Acer rubrum* e *Picea glauca* , sob efeito da mistura dos herbicidas 2,4,5-T e 2,4-D (50:50) ou Glifosato. SAHID & ZAABAR (19) demonstraram que o herbicida Terbutilazine não apresentou efeito inibitório sobre a decomposição de celulose, mesmo quando aplicado na dose de 2,0 kg/ha, ou seja, quatro vezes a sua dose agronômica recomendada.

Diferentemente das considerações feitas para o Clomazone e para alguns herbicidas, a atribuição de efeitos adversos para outros herbicidas pode ser determinada quanto ao seu impacto no processo de

decomposição de matéria orgânica, tanto em ecossistemas aquáticos como em terrestres. Assim, MARSHALL (16) verificou que aplicações do herbicida Diquat nas estações de meio e fim de verão, em três pontos de canais rasos de drenagem para o controle de macrófitas submersas, além de ocasionar a eliminação de espécies de plantas, a diminuição da taxa de decomposição das mesmas foi evidente após a aplicação no meio verão. WARDLE et al. (22) observaram que, aplicação da mistura 2,4 D (1,5 kg/ha) + Picloram (0,38 kg/ha) e de Glifosato (1,44 kg/ha) em quatro espécies usadas como pastagem, inibiram a decomposição em duas das espécies após 338 dias de experimentação. Os efeitos do herbicida Simazine sobre a inibição de microrganismos responsáveis por processos de decomposição, tais como os amonificadores e os que exercem atividade proteolítica foram relatados por MANDIC et al. (15).

4 CONCLUSÃO

O estudo efetuado com Clomazone pode ser aplicado a outros pesticidas, havendo a possibilidade de se utilizar diferentes espécies de macrófitas aquáticas para avaliar efeitos adversos na biomassa decompositora da matéria orgânica no meio aquático.

O material foliar seco de *T. latifolia* pode chegar a perder mais da metade do seu peso seco num prazo de 80 dias no meio aquático, sendo este processo afetado pelo Clomazone.

Os efeitos de agentes químicos, e entre estes, os dos herbicidas na taxa de decomposição da matéria orgânica variam em grandes proporções de composto para composto, sendo que o Clomazone figuraria entre as moléculas com baixo potencial para promover serias conseqüências naquele processo. De acordo com os resultados deste estudo, os efeitos adversos de magnitude considerável seriam atingidos com aplicações do herbicida em taxas muito superiores às recomendadas pelas práticas usuais de manejo em sistemas de arroz irrigado.

Abstract

Clomazone (2-(2-chlorophenyl) methyl -4,4-dimethyl -3- isoxazolidinone) is a post emergent herbicide widely used in rice fields in Rio Grande do Sul (Brazil) with activity in Graminae control at the recommended application dose of 700 g/ha. The presence of this chemical in the water may affect microorganisms responsible for the decomposition of organic matter, consequently a disturbance in the trophic chain sustained by the decompositors could happen. In the present work, the inhibition of organic matter decomposition rate was estimated exposed to several concentrations of a Clomazone formulation: 0 (control), 25, 62, 156, 390, and 976 mg/L of active ingredient. Five litter bags containing 3.0 g of dried *Typha latifolia* leaves were placed in aquariums containing 15 L of reconstituted water. In each aquarium, 500 g of sediment were added as a source of decompositors organisms. The results showed that the decomposition rate in the lowest and highest dose was reduced around 1 and 48%, respectively, after 80 days. Significant adverse effects for the aquatic environment would be obtained with herbicide applications greater than those recommended in paddy rice fields.

REFERÊNCIAS

1 BOYD, C.E. Losses of mineral nutrients during decomposition of *Typha latifolia*. **Archives of Hidrobiology**, Stuttgart, v. 66, n. 4, p. 511-517, 1970.

2 BROCK, T.C.M. et al. Fate and effects of the insecticide Dursban^{R} 4E in indoor *Elodea* dominated and macrophyte-free freshwater model ecosystems. III aspects of ecosystems functioning. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, New York, v. 25, n. 2, p. 160-169, 1993.

3 CUPPEN, J.G.M. et al. Effects of nutrient loading and insecticide application on the ecology of Elodea-dominated freshwater microcosms. III. Responses of macroinvertebrate detritivores, breakdown of plant litter, and final conclusions. **Archiv fuer Hydrobiologie**, Stuttgart, v. 134, n. 2, p. 157-177, 1995.

4 ESTEVES, F.A.; BARBIERI, R. Dry weight and chemical changes during decomposition of tropical macrophytes in Lobo reservoir – São Paulo, Brazil. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v.16, p.285-295, 1983.

5 ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 575 p.

6 FLETCHER, K.; FREEDMAN, B. Effects of the herbicides glyphosate, 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid, and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on forest litter decomposition. **Can. J. Forest Res.**, Ottawa, v. 16, n. 1, p. 6-9, 1986.

7 GAMIT. **Arroz irrigado**. Campinas: FMC do Brasil Indústria e Comércio Ltda, Divisão Agroquímica, [199-?]. Boletim Técnico.

8 GIESY, J.P. Cadmium inhibition of leaf decomposition in an aquatic microcosm. **Chemosphere**, Elmsford, v. 6, p. 467-475, 1978.

9 HARTLEY, H. O. The modified Gauss-Newton method for the fitting of nonlinear regression funcions by least squares. **Technometrics**, v. 3, p. 269-280, 1961.

10 HEDTKE, S.F. Structure and function of copper–stressed aquatic microcosms. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 5, p. 227-244, 1984.

11 HOISVE, R.A.; BLANC, F.C. Effect of pH on leaf decomposition in low alkalinity lakes. **J. Environ. Eng.**, New York, v. 119, n. 1, p. 56-71, 1993.

12 JONSSON, C.M.; MAIA, A.H.N. Toxicidade aguda do herbicida Clomazone no peixe *Hyphessobrycon scholzei*: avaliação da concentração letal mediana e de alterações no conteúdo de nutrientes. **Pesticidas: Revista de Toxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 8, jan./dez., p.101-110, 1998.

13 JONSSON, C.M.; MAIA, A.H.N.; FERREIRA, C.J.A.; RIBEIRO, E.O. Risk assessment of the herbicide Clomazone in the aquatic life. **Verh. Internat. Verein. Limnol.,** Stuttgart, v. 26, n. 6, p. 1724-1726, 1998.

14 KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira, 1991. 608 p.

15 MANDIC, L.; DUCKIC, D.; GOVEDARICA, M.; JARAK, M. The effect of some herbicides on amonificators and proteolityc activity of soil in apple orchard. In: INTERNATIONAL SYMPOSYUM ON MICROBIAL ECOLOGY, 7., 1995, Santos. **Abstracts...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1995. p. 178.

16 MARSHALL, E.J.P. The ecology of a land drainage channel - II. Biology, chemistry and submerged weed control. **Water Research**, Elmsford, v. 18, n. 7, p. 817-825, 1984.

17 MASON, C.F.; BRYANT, R.J. Production, nutrient content and decomposition of *Phragmites communis* trin. and *Typha angustifolia* L. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 63, n. 1, p. 71-95,1975.

18 PRITCHARD, P.H.; BOURQUIN, A. W. Microbial toxicity studies. In: RAND, G.M., PETROCELLI, S.R.(eds.). **Fundamentals of aquatic toxicology:** methods and applications. New York: Hemisphere Publishing, 1985. p. 201-203.

19 SAHID, I.; ZAABAR, W.R.W. Effects of thiram and terbuthylazine on cellulose decomposition in two soils. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 51, p. 605-611, 1993.

20 SAS INSTITUTE. **SAS/STAT® user´s guide**: Version 6. 4thed. Cary, NC, 1989. v. 2, p. 1162-1165.

21 SEMA. Coordenadoria de Toxicologia Ambiental. **Manual de testes para a avaliação da ecotoxicidade de agentes químicos**. Brasília, 1988. 351 p. (Proc.D.2.1)

22 WARDLE, D.A.; NICHOLSON, K.S.; RAHMAN, A. Influence of herbicide applications on the decomposition, microbial biomass, and microbial activity of pasture shoot and root litter. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 37, n. 1, p. 29-39, 1994.

23 WILLIAMS, C.H.; WILLIAMS, W.H. Nutrient leaching from the swamp vegetation of lake Chilwa, a shallow african lake. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 4, p. 257-267, 1978.