

LODOS DE ESGOTO APLICADOS EM CULTURA DE MILHO: EFEITOS EM ÁCAROS E COLÊMBOLOS DE SOLO

Luiz Antônio Silveira Melo¹

RESUMO: O lodo de esgoto contém quase todos os nutrientes necessários às plantas. Entretanto esse material contém metais pesados que, em níveis elevados, podem ser prejudiciais aos microartrópodos de solo, muitos dos quais importantes na decomposição da matéria orgânica. Assim, este trabalho objetivou verificar os efeitos de doses de dois tipos de lodos, com maiores e menores teores de metais pesados, nas populações de ácaros e colêmbolos edáficos. As avaliações foram realizadas por três anos em parcelas cultivadas com milho e tratadas com quatro doses de cada tipo de lodo, baseadas na necessidade de nitrogênio pela cultura, em comparação com adubação convencional e testemunha absoluta (sem qualquer adubação). Os colêmbolos não foram afetados pelos lodos e a população de Acari foi favorecida pelas maiores doses do lodo com menor teor de metais pesados, em um dos anos estudados. O lodo com maior nível de metais pesados foi desfavorável à Acari, nas maiores doses, nos dois primeiros anos; no terceiro ano, houve tendência de os ácaros oribatídeos adaptarem-se às concentrações de metais no solo.

Palavras-chave: bio sólido, *Zea mays*, microartrópodos de solo, Acari, Oribatida, Collembola.

SEWAGE SLUDGES APPLIED IN CORN CROP: EFFECTS ON SOIL MITES AND COLLEMBOLANS

ABSTRACT: Sewage sludge contains almost all the nutrients required by plants. However this material contains also heavy metals that at high levels can be harmful to soil microarthropods, many of which are important in the decomposition of organic matter. Thus, the objective of the present work was to evaluate the effect of doses of two types of sludges, with higher and lower levels of heavy metals, upon edaphic populations of mites and collembolans. The evaluations were carried out for three years, in plots cultivated with corn and treated with four doses of each sludge, based on the nitrogen required by the crop, in comparison with conventional fertilization and absence of fertilization (blank treatment). The collembolans were not affected by the sludges and the Acari population was favoured by the higher dose of the sludge with lower levels of heavy metals, in the third year. The sludge with higher levels of heavy metals was not favorable to Acari in the higher doses in the first two years; in the third year there was a tendency for oribatid mites adaptation to the metal concentrations in the soil.

Keywords: biosolid, *Zea mays*, soil microarthropods, Acari, Oribatida, Collembola.

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, C.P. 69, 13820-000, Jaguariúna, SP.

INTRODUÇÃO

O tratamento de esgotos municipais é uma das condições para a preservação da qualidade dos recursos hídricos. Esse tratamento gera o lodo de esgoto, cujo uso na agricultura é bastante recomendado, pois constitui-se de material rico em matéria orgânica e em importantes nutrientes para as plantas. Sua aplicação em culturas pode resultar em produtividades iguais ou superiores à adubação convencional (OLIVEIRA *et al.*, 1995), mesmo porque substituiria boa parte dos adubos minerais (ANDREOLI & PEGORINI, 2000). Entretanto, os lodos de esgotos são passíveis de conter teores relativamente elevados de contaminantes químicos, como os metais pesados, que podem causar danos ambientais e por consequência, à fauna de solo.

Ácaros e colêmbolos habitantes do solo têm importante função na decomposição da matéria orgânica, cuja adição ao solo geralmente contribui para seu aumento populacional. Porém, lodo de esgoto que contenha agentes tóxicos, pode causar redução de sua população. PIMENTEL & WARNEKE (1989) comentaram que cerca de 95% dos lodos de esgoto produzidos nos EUA continham poluentes químicos e que os 10% destes, que eram aplicados na agricultura, muitas vezes geraram efeitos tóxicos aos artrópodos de solo, com significativos danos em sua reprodução e sobrevivência. Citaram ainda, que a aplicação de lodo líquido em uma área florestal ocasionou a redução do número de artrópodos do solo para perto de ¼ em relação à área controle e que as populações de ácaros sofreram a maior redução numérica, enquanto que o número de colêmbolos diminuiu 1,7 vezes.

A maioria das Estações de Tratamento recebe esgotos de múltipla origem e por isso, quando de seu uso na agricultura, é importante verificar o impacto ambiental dos lodos gerados, em particular nas populações de microartrópodos de solo. De acordo com HARTE *et al.* (1996) muitos desses organismos têm participação na mineralização, imobilização e disponibilidade de nitrogênio e de outros nutrientes da matéria orgânica (lodo) para as plantas. Assim, este trabalho objetivou avaliar o impacto de doses de dois tipos de lodos de esgoto, com menor e maior teor de metais pesados, aplicadas em cultura de milho, sobre as populações de ácaros e colêmbolos edáficos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado por três anos em experimento instalado no Campo Experimental da Embrapa Meio Ambiente, localizado em Jaguariúna, SP, latitude 22°41' sul, longitude 47° W. Gr. e altitude de 570 m., em Latossolo Vermelho Distroférrico (textura média/argilosa). No primeiro ano foi cultivado o milho variedade CATI AL 30, com semeadura realizada em 05/04/1999 (safrinha); no segundo foi cultivado o híbrido AG1043, com semeadura em 13/12/1999 e no terceiro o híbrido Savana 133S, com semeadura em 30/10/2000.

Foram avaliados dois tipos de lodos de esgotos, obtidos nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) de Barueri, SP, que trata esgotos doméstico e industrial e tem maiores teores de metais pesados (Lodo de Barueri - LB) e de Franca, SP, que trata esgoto essencialmente doméstico e portanto com menores teores de metais pesados (Lodo de Franca - LF). As principais características químicas desses lodos são apresentadas na Tabela I. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos e três repetições, para cada lodo. Os tratamentos foram: testemunha absoluta (0); fertilização mineral (NPK) recomendada para a cultura (RAIJ *et al.*, 1996); lodo de esgoto com base na concentração de nitrogênio para fornecer a mesma quantidade de N da fertilização mineral (L-N); e duas (L-2N), quatro (L-4N) e oito (L-8N) vezes a dose de lodo de esgoto recomendada. Os cálculos das doses de lodo, em base seca, foram realizados em função do nitrogênio disponível para as plantas, considerando como sendo 30% a taxa de mineralização do nitrogênio. Para os tratamentos com lodo, quando necessária, foi realizada complementação com potássio. Na Tabela II encontram-se as quantidades de lodo e de fertilizantes aplicadas em cada tratamento, durante as três safras de milho. Os lodos foram incorporados a 20 cm de profundidade com auxílio de enxada rotativa, três a quatro dias antes da semeadura.

A abundância de ácaros e colêmbolos foi avaliada nas parcelas de milho durante os três cultivos, ou seja, após as aplicações anuais dos lodos.

As amostragens dos artrópodos foram por meio do método do anel e do "litterbag". O "litterbag" foi utilizado por causa da alteração da estrutura do solo na camada mais superficial, observada no segundo ano, que teve como consequência a não aderência da amostra de solo ao anel, condição esta importante na extração da fauna pelo método adotado (MELO, 2002). No primeiro ano, quatro amostras com anéis de 4,5 cm de diâmetro e 5,0 cm de altura foram retiradas em 21/06/1999 (77 dias após a semeadura) em quatro linhas da área central de cada parcela. Nos dois anos seguintes foram inseridos "litterbags" no solo, em sulcos de 8 cm de profundidade, entre plantas das linhas centrais das parcelas. Cada parcela recebeu um "litterbag" de malha de 1mm, com 9 X 9 cm de lado e contendo 4 g de folhas secas de milho, que foi retirado após três semanas, em 28/02/2000 (77 dias após a semeadura) e quatro semanas, em 16/01/2001 (78 dias após a semeadura).

A extração dos artrópodos foi por funil de Tullgren modificado (MELO, 2002), quantificando-se os colêmbolos, ácaros totais e ácaros Oribatida, cujos dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. As médias apresentadas referem-se a número de indivíduos por parcela (n.º / 4 anéis ou n.º / "litterbag").

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Collembola

Os colêmbolos não sofreram marcada influência das adições de ambos os lodos. Pode-se observar na Tabela III a similaridade de abundância dessa fauna entre os tratamentos com lodo de Franca e com as testemunhas 0 e NPK nos dois primeiros anos, enquanto que no terceiro ano de aplicação a população no tratamento 0 foi semelhante à todas as doses do lodo, e o tratamento com NPK resultou em ocorrência superior às doses 2N e 4N desse lodo, não diferenciando-se das doses N e 8N. No ensaio com lodo de Barueri, no primeiro ano ocorreu maior população de colêmbolos na dose N, mas esse efeito não se fez sentir nos anos posteriores, quando esse tratamento praticamente igualou-se aos demais e inclusive às testemunhas 0 e NPK. Dessa mesma forma, nas doses 2N e 4N do lodo de Barueri, as populações não diferiram das testemunhas nos três anos, havendo tendência de maior ocorrência de colêmbolos na dose 8N. Isto porque, nesta dose, a população do segundo ano foi superior à do tratamento NPK e também superior aos tratamentos 0, N e 4N, no terceiro ano, não diferindo-se dos demais tratamentos em seus respectivos anos. Assim, não ocorreram grandes efeitos na abundância de

Tabela I - Características químicas dos lodos de esgotos das ETEs de Barueri (LB) e Franca (LF), SP, utilizados nos três plantios de milho, em Jaguariúna, SP.

Atributo	Unidade	Primeiro plantio		Segundo plantio		Terceiro plantio	
		LB	LF	LB	LF	LB	LF
Fósforo	g/kg	16	16	31	21	27	13
Potássio	g/kg	1	1	2	1	1	1
Sódio	g/kg	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,9
Arsênio	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cádmio	mg/kg	12,8	3,3	9,5	2,0	9,4	2,0
Chumbo	mg/kg	364	200	233	118	349	140
Cobre	mg/kg	1058	240	1046	359	953	241
Cromo	mg/kg	824	634	1071	1325	1297	1230
Mercúrio	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Molibdênio	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel	mg/kg	518	54	483	74	606	72
Selênio	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zinco	mg/kg	2821	1230	3335	1590	3372	1198
Boro	mg/kg	36,2	40,7	11,2	7,1	29,3	19,7
Nitrogênio Kjeldahl	g/kg	26	47	26	51	38	55
Enxofre	g/kg	13,4	16,3	10,8	13,3	17,1	15,7
Manganês	mg/kg	429	349	335	267	419	232
Magnésio	g/kg	3,0	2,2	3,7	2,5	4,5	2,2
Cálcio	g/kg	40,3	29,2	22,8	16,8	47,8	24,8
pH		6,6	6,3	6,4	6,4	6,4	5,4

Tabela II - Quantidades dos lodos de esgotos e dos fertilizantes minerais aplicados nos três cultivos de milho em abril de 1999, dezembro de 1999 e outubro de 2000, em Jaguariúna, SP.

Tratamento	Lodo de esgoto (kg/ha – base seca)			NPK (4.20.16) + Uréia em cobertura			KCl (kg/ha)		
	Cultivo			Cultivo			Cultivo		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
Testemunha	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Adubação mineral recomendada	-	-	-	400 + 77	450 + 160	450 + 182	-	-	-
LF para fornecer a quantidade de N recomendada	3014	3504	3766	-	-	-	47	55	95
LF para fornecer duas vezes a quantidade de N recomendada	6028	7008	7533	-	-	-	41	49	75
LF para fornecer quatro vezes a quantidade de N recomendada	12057	14017	15065	-	-	-	28	39	30
LF para fornecer oito vezes a quantidade de N recomendada	24113	26033	30131	-	-	-	-	18	-
Testemunha	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Adubação mineral recomendada	-	-	-	400+77	450 + 160	450 + 182	-	-	-
LB para fornecer a quantidade de N recomendada	8095	3995	5315	-	-	-	5	47	65
LB para fornecer duas vezes a quantidade de N recomendada	16190	7991	10631	-	-	-	-	32	15
LB para fornecer quatro vezes a quantidade de N recomendada	32381	15981	21262	-	-	-	-	6	-
LB para fornecer oito vezes a quantidade de N recomendada	64762	31962	42524	-	-	-	-	-	-

LF = lodo de esgoto da ETE de Franca, SP; LB = lodo de esgoto da ETE de Barueri, SP.

Collembola pela adição de matéria orgânica e os metais pesados do lodo de Barueri não influenciaram negativamente sua população.

Os resultados obtidos para o ensaio com lodo de Franca diferiram das afirmações de CHRISTIANSEN (1964), PIMENTEL & WARNEKE (1989) e ANDRÉS (1999), os quais informaram haver maior população de colêmbolos em solo que recebe esterco, lodos de esgoto ou outros materiais orgânicos. Entretanto, em relação a lodo contaminado com metais pesados, BRUCE *et al.* (1999) obtiveram que lodo contaminado por Cu e Zn não influenciou a abundância de Collembola em geral,

tendo ocorrido diferenças a nível de espécies. Esses últimos autores, adicionalmente informaram haver espécies de colêmbolos que preferem solos contaminados por Zn, Cu, Cd, Ni, Cr e Pb e espécies que desenvolvem-se melhor em solos não contaminados por metais pesados. Isto pode explicar os resultados alcançados neste experimento, mesmo porque no estudo considerou-se apenas o total de colêmbolos.

Acari

As populações de ácaros foram positiva ou negativamente afetadas conforme o tipo de lodo aplicado.

Tabela III - Número de colêmbolos obtido em amostras com anel e "litterbag" nos tratamentos dos ensaios com lodos de esgoto das ETEs de Franca e Barueri, em três cultivos de milho, de 1999 a 2001, em Jaguariúna, SP.

Lodo	Tratamento	Número médio de colêmbolos por ano de cultivo e método		
		1999 - Anel	2000 - Litterbag	2001 - Litterbag
Franca	0	5,7 b	122,3	87,0 b
	NPK	15,0a	80,7	245,3a
	LF-N	15,7a	93,3 (ns)	172,3ab
	LF-2 N	12,0ab	95,7	114,0 b
	LF-4 N	16,3a	168,7	81,3 b
	LF-8 N	15,7a	162,0	133,7ab
Barueri	0	8,0 b	97,7ab	64,0 b
	NPK	7,3 b	63,7 b	103,7ab
	LB-N	26,3a	116,3ab	64,0 b
	LB-2 N	13,7 b	120,3ab	119,7ab
	LB-4 N	7,7 b	169,0ab	56,7 b
	LB-8 N	12,3 b	206,3a	136,0a

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas de cada lodo, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% (ns) = não significativos

Lodo de Franca

A população de Acari foi positivamente influenciada pelo lodo de Franca no primeiro e terceiro ano, não ocorrendo diferença significativa entre os tratamentos no segundo ano (Tabela IV). ANDRÉS (1999) também obteve que lodo com baixos teores de metais pesados causou aumento na população de ácaros. As doses de lodo que mais favoreceram a abundância de Acari foram LF-4N e LF-8N, respectivamente no 1º e 3º ano.

Para Oribatida, cujos indivíduos predominantemente atuam na decomposição de matéria orgânica, o lodo de Franca, nas doses maiores, favoreceu a população (Tabela V). Para esses ácaros observou-se que no primeiro ano o efeito do lodo foi mais pronunciado; no segundo ano foi mediano, pois houve tendência de suas abundâncias assemelharem-se às das testemunhas e no terceiro ano o lodo praticamente não teve influência, pois em todas as doses as abundâncias foram semelhantes entre si e à testemunha NPK.

A dose LF-N não apresentou efeito aos ácaros totais ou aos oribatídeos, sendo este tratamento semelhante às testemunhas em todos os anos. A dose LF-2N apresentou influência mediana somente no primeiro ano.

Lodo de Barueri

Os tratamentos com lodo de Barueri, ao contrário dos de Franca, apresentaram nos dois primeiros anos, tendência para exercer efeito negativo à população de Acari. No primeiro ano, as abundâncias mais elevadas ocorreram nos tratamentos NPK e LB-N; no segundo, em "litterbag", os ácaros totais foram mais abundantes em testemunha absoluta (0), NPK e LB-N. No terceiro ano o efeito negativo não ocorreu, havendo tendência para igualdade entre os tratamentos (Tabela IV).

Os ácaros oribatídeos foram afetados semelhantemente aos ácaros totais, no primeiro ano. No segundo ano, o efeito aparentemente foi minimizado pois nas maiores doses do lodo de Barueri (2N, 4N e 8N) as populações assemelharam-se à dose LB-N e à testemunha absoluta (Tabela V). Entretanto, considerando o crescimento populacional de oribatídeos nos tratamentos em relação ao total de Acari (Tabela VI), do primeiro para o segundo ano ocorreu aumento maior em NPK (28%) seguido por LB-N (21%); na testemunha absoluta e LB-4N os crescimentos foram praticamente iguais (17-18%), em LB-8N foi de 12% e em LB-2N houve decréscimo de 8%.

Oribatídeos são influenciados por solos com alto teor de matéria orgânica, que favorece sua abundância e dominância (BUTCHER *et al.*, 1971), o mesmo

Tabela IV - Número de ácaros totais obtido em amostras com anel e "litterbag" nos tratamentos dos ensaios com lodos de esgoto das ETEs de Franca e Barueri, em três cultivos de milho, de 1999 a 2001, em Jaguariúna, SP.

Lodo	Tratamento	Número médio de ácaros por ano de cultivo e método		
		1999 - Anel	2000 - Litterbag	2001 - Litterbag
Franca	0	45,7 b	379,3	200,3 b
	NPK	54,3 b	416,3	300,3 b
	LF-N	49,3 b	335,0 (ns)	218,7 b
	LF-2 N	77,7 ab	535,3	274,0 b
	LF-4 N	101,0 a	493,7	371,0 b
	LF-8 N	72,3 ab	641,0	629,3 a
Barueri	0	52,7 b	629,3 a	74,3 b
	NPK	98,7 a	755,3 a	151,0 ab
	LB-N	99,7 a	692,7 a	168,3 ab
	LB-2 N	47,3 b	373,7 b	124,3 ab
	LB-4 N	35,3 b	317,3 b	208,0 a
	LB-8 N	66,7 ab	398,3 b	143,0 ab

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas de cada lodo, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% (ns) = não significativas

Tabela V - Número de ácaros oribatídeos obtido em amostras com anel e "litterbag" nos tratamentos dos ensaios com lodos de esgoto das ETEs de Franca e Barueri, em três cultivos de milho, de 1999 a 2001, em Jaguariúna, SP.

Lodo	Tratamento	Número médio de oribatídeos por ano de cultivo e método		
		1999 - Anel	2000 - Litterbag	2001 - Litterbag
Franca	0	3,7 c	119,3 bc	60,3 b
	NPK	11,3 bc	182,7 abc	204,0 ab
	LF-N	4,7 c	99,7 c	137,7 ab
	LF-2 N	16,7 ab	276,7 a	163,3 ab
	LF-4 N	21,3 a	232,3 ab	262,7 a
	LF-8 N	22,3 a	308,0 a	298,3 a
Barueri	0	11,3 ab	245,0 ab	23,7 c
	NPK	19,7 a	362,3 a	84,3 abc
	LB-N	20,3 a	285,7 ab	112,3 ab
	LB-2 N	15,7 ab	94,0 b	54,3 bc
	LB-4 N	8,0 b	128,7 b	131,7 a
	LB-8 N	9,0 b	102,7 b	68,0 bc

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas de cada lodo, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

ocorrendo em "litterbag" (MELO & LIGO, 1999). Dessa forma, seria esperada abundância mais elevada desses ácaros nos tratamentos com lodo de esgoto, o que aconteceu para lodo de Franca mas não para os tratamentos com lodo de Barueri, nos dois primeiros anos, indicando que nesse período provavelmente houve efeito negativo dos metais pesados na população de Oribatida.

No terceiro ano, tal qual para Acari, houve tendência para igualdade de Oribatida entre os tratamentos, porém em menor intensidade: em NPK, LB-N e LB-4N as abundâncias foram semelhantes, com superioridade do LB-4N em relação aos tratamentos 0, LB-2N e LB-8N, entre os quais não houve diferença significativa na abundância. Esses resultados demonstraram que houve atenuação do efeito negativo do lodo de Barueri, também à população de oribatídeos, na época da terceira aplicação do lodo. Isto ficou evidenciado no crescimento populacional de oribatídeos (Tabela VI), que foi maior nos tratamentos com lodo, mostrando que o efeito positivo da matéria orgânica superou o negativo dos metais pesados. Isto foi explicado por POSTHUMA & VAN STRAALLEN (1993) que relataram haver adaptação de populações de ácaros aos metais pesados.

CONCLUSÕES

Colêmbolos não foram afetados pelos lodos de esgoto.

O lodo de esgoto com menores teores de metais pesados (lodo da ETE de Franca) não apresentou efeito negativo à população de Acari e as doses mais favoráveis à população foram 4N no primeiro ano e 8N no terceiro ano.

As doses 2N, 4N e 8N do lodo de esgoto com maiores teores de metais pesados (lodo da ETE de Barueri), em comparação ao cultivo convencional, foram desfavoráveis aos ácaros nos dois primeiros anos; no terceiro ano esse lodo não afetou negativamente a população.

Os ácaros oribatídeos apresentaram tendência para adaptação às condições de presença de metais pesados no solo, notadamente no terceiro ano de aplicação do lodo de esgoto da ETE de Barueri.

Tabela VI - Porcentagem de ocorrência e de diferencial de crescimento populacional, de ácaros oribatídeos em relação ao total de ácaros, nos tratamentos do ensaio com lodo de esgoto da ETE de Barueri, de 1999 a 2001, em Jaguariúna, SP.

Tratamento	% Ocorrência			Diferencial (%)	
	1999	2000	2001	1999-2000	2000-2001
0	21,44	38,93	31,90	17,49	-7,03
NPK	19,96	47,97	55,83	28,01	7,86
LB-N	20,36	41,24	66,73	20,88	25,49
LB-2 N	33,19	25,15	43,68	-8,04	18,53
LB-4 N	22,66	40,56	63,32	17,90	22,76
LB-8 N	13,49	25,78	47,55	12,29	21,77

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOLI, C.V.; PEGORINI, E.S. Gestão pública do uso agrícola do lodo de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, J.A., (ed). **Impacto do uso agrícola do lodo de esgoto**, Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000, p.281-312.
- ANDRÉS, P. Ecological risks of the use of sewage sludge as fertilizer in soil restoration: effects on the soil microarthropod populations. **Land Degradation & Development**, v.10, p. 67-77, 1999.
- BRUCE, L.; McCracken, D.; FOSTER, G.; AITKEN, M. The effects of sewage sludge on grassland euedaphic and hemiedaphic collembolan populations. **Pedobiologia**, Jena, v.43, p. 209-220, 1999.
- BUTCHER, J.W.; SNIDER, R.; SNIDER, R.J.. Bioecology of edaphic Collembola and Acarina. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.16, p.249-288, 1971.
- CHRISTIANSEN, K. Bionomics of Collembola. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.9, p.147-178, 1964.
- HARTE, J.; RAWA, A.; PRICE, V. Effects of manipulated soil microclimate on mesofaunal biomass and diversity. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.28, n.3, p.313-322, 1996.
- MELO, L.A.S.; LIGO, M.A.V. Amostragem de solo e uso de "litterbags" na avaliação populacional de microartrópodos edáficos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.3, p. 523-528, 1999.
- MELO, L.A.S. Recomendações para amostragem e extração de microartrópodos de solo. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 5 p. (Embrapa Meio Ambiente. **Circular Técnica**, 3).
- OLIVEIRA, F.C.; MARQUES, M.O.; BELLINGIERI, P.A.; PERECIN, D. Lodo de esgoto como fonte de macronutrientes para a cultura do sorgo granífero. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.2, p. 360-367, 1995.
- PIMENTEL, D.; WARNEKE, A. Ecological effects of manure, sewage sludge and other organic wastes on arthropod populations. **Agricultural Zoology Reviews**, Dorset, v.3, p.1-30, 1989.
- POSTHUMA, L.; VAN STRAALLEN, N.M. Heavy metal adaptation in terrestrial invertebrates: a review of occurrence, genetics, physiology and ecological consequences. **Comparative Biochemistry and Physiology**, New York, v. 106C, n.1, p.11-38, 1993.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico: Fundação IAC, 1996. 285 p. (**Boletim Técnico**, 100).