

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE EFLUENTE DO TRATAMENTO SECUNDÁRIO DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NA MESO E MACROFAUNA DE SOLO CULTIVADO
COM MINIMILHO**

DINÉIA TESSARO

CASCAVEL - Paraná - Brasil
Fevereiro – 2009.

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

DINÉIA TESSARO

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE EFLUENTE DO TRATAMENTO SECUNDÁRIO DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NA MESO E MACROFAUNA DE SOLO CULTIVADO
COM MINIMILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Profº Dr. Silvio César Sampaio.

Coorientador: Profº Dr. Luís F. A. Alves

CASCADEL - Paraná - Brasil

Fevereiro – 2009.

Ficha catalográfica

Elaborada pela Biblioteca Central do Campus de Cascavel - Unioeste

T323e Tessaro, Dinéia
Efeito da aplicação de efluente do tratamento secundário de água residuária da suinocultura na meso e macrofauna de solo cultivado com minimilho / Dinéia Tessaro— Cascavel, PR: UNIOESTE, 2009.
71 f. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Silvio César Sampaio
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.
Bibliografia.

1. Fauna edáfica. 2. Indicadores biológicos. 3. Reuso de água. 4. Água residuária (suinocultura). I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 21ed. 631.86

Bibliotecária: Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362

DINÉIA TESSARO

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE EFLUENTE DO TRATAMENTO SECUNDÁRIO DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NA MESO E MACROFAUNA DE SOLO CULTIVADO
COM MINIMILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, **aprovada** pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Professor Dr. Silvio César Sampaio
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE - Cascavel

Professora Dra. Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE – Cascavel

Professor Dr. Antonio Teixeira de Matos
Universidade Federal de Viçosa, UFV - Viçosa

Professora Dra. Adriana Smanhotto
Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PUCPR - Toledo

Cascavel, fevereiro de 2009.

BIOGRAFIA

Data de nascimento: 28/10/1982

Naturalidade: Guaraniaçu – PR

Graduação: Licenciatura em Ciências Biológicas – Unioeste – 2004

Bacharelado em Ciências Biológicas – Unioeste – 2006

Pós-graduação *lato sensu*: Docência no Ensino Superior – FAG – 2007

Pós-graduação *strictu sensu*: Mestrado Engenharia Agrícola: área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - UNIOESTE

À minha mãe Diva,
ao meu pai Nadir
e a minha irmã, Andréia Tessaro,
exemplos de vida e luta,
cujo amor e dedicação eleva-me a cada instante.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, saúde e pelas pessoas especiais que colocou em meu caminho durante o curso de mestrado.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *Campus* de Cascavel, em especial ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pelo apoio e pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela disponibilização da bolsa de estudos.

Ao Professor Silvio César Sampaio, pela orientação, compreensão, incentivo, amizade e confiança.

Ao Professor Luís Francisco Angeli Alves, pela coorientação, apoio, incentivo e conhecimentos transmitidos, os quais facilitaram a realização deste trabalho, e pela disponibilização do laboratório de Zoologia, para a identificação dos organismos.

À Professora Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa por ter disponibilizado o Laboratório de Solos da UNIOESTE, *Campus* de Cascavel, para a realização de algumas análises do experimento, pela amizade e também pelo auxílio nos momentos de dúvida.

À professora Lúcia Helena Pereira Nóbrega por ter disponibilizado o Laboratório de sementes para as análises físicas do solo.

Aos Professores, Silvio César Sampaio, Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa, Luís Francisco Angeli Alves, Manoel Moisés Ferreira de Queiroz, Lúcia Helena Pereira Nóbrega, Miguel Angel Uribe Opazo, e Simone Damasceno Gomes, pela dedicação e transposição dos conhecimentos durante a realização dos créditos.

Ao doutorando Raphael Castilhos do Instituto Biológico (ESALQ-USP), pelo auxílio na identificação dos ácaros.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Vera Celita Schmidt e Daiane Krackeker pela constante disposição em ajudar e sanar as dúvidas.

Aos amigos Adriana Meneghetti, Jonathan Dieter, Jéssica Cavalcanti Roman, Fábio Boligon, Carlos Henrique, Leocir Carneiro, Nelson Schimidt e Maruana Romio pela ajuda na instalação do experimento, coletas de campo e trabalhos em laboratório.

Aos meus amigos Rose, Andréa, Lari, Priscila, Jéssica, Dilcemara e Lisdeferson por terem feito parte deste momento tão importante da minha vida e tornado menos cansativos e mais coloridos os dias exaustivos de identificação. Agradeço pela amizade, confiança, incentivo, companheirismo, dedicação e, principalmente paciência.

A todos os colegas do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola pela colaboração e pelos momentos compartilhados no decorrer do curso.

À minha família e ao meu namorado, Jonathan Dieter, pela compreensão, ajuda carinho, incentivo e paciência durante este período e toda a minha vida.

Aos senhores Círio e Edevan, pela disponibilização de transporte sempre que possível à área experimental e pelos cuidados diários com o experimento.

Finalmente, a todos que colaboraram na concretização deste trabalho e na conclusão do curso de mestrado em Engenharia Agrícola.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Reúso de Água.....	3
2.2 Suinocultura no Brasil.....	5
2.2.1 Produção de dejetos e seu descarte no meio ambiente	6
2.3 Fauna Edáfica - Aspectos gerais.....	8
2.3.1 Microfauna.....	9
2.3.2 Mesofauna.....	10
2.3.3 Macrofauna.....	10
2.3.4 Fatores que afetam a fauna do solo.....	11
2.3.5 Indicadores de qualidade ambiental do solo	13
2.4 Minimilho	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Localização e Caracterização da Área Experimental.....	18
3.2 Instalação do Experimento	21
3.2.1 Aplicação da água residuária de suinocultura.....	21
3.2.2 Implantação da cultura	22
3.2.3 Descrição dos tratamentos.....	23
3.3 Coleta da fauna	24
3.3.1 Análise do material e identificação dos organismos.....	26
3.4 Análise dos Dados.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 Características Químicas do Solo	29
4.2 Características Físicas do Solo	29
4.3 Densidade de Organismos Edáficos em Cada Grupo.....	30
4.3.1 Densidade de <i>collembola</i>	32
4.3.2 Densidade de <i>araneae</i>	37
4.3.3 Densidade de <i>diptera</i>	38
4.3.4 Densidade de <i>hemiptera</i>	39
4.3.5 Densidade de larvas.....	39

4.3.6	Densidade de <i>orthoptera</i>	39
4.3.7	Densidade de <i>hymenoptera</i>	40
4.3.8	Densidade de ácaros.....	46
4.3.9	Densidade de <i>coleoptera</i>	51
4.4	Índices Faunísticos de Diversidade.....	53
4.4.1	Índice de Shanon-Wiener	55
4.4.2	Índice de Pielou	56
4.4.3	Riqueza de organismos.....	57
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6	CONCLUSÕES	60
7	RECOMENDAÇÕES FUTURAS.....	61
	REFERÊNCIAS	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultado da análise granulométrica do solo da área experimental.....	18
Tabela 2 -	Caracterização da análise física do solo antes da aplicação dos tratamentos	19
Tabela 3 -	Histórico das taxas totais de aplicação de ARS ao longo dos ciclos de cultura ($m^3 ha^{-1}$).....	19
Tabela 4 -	Caracterização química inicial do solo da área experimental, antes da aplicação de ARS.....	21
Tabela 5 -	Caracterização química da ARS utilizada no experimento	22
Tabela 6 -	Produtos aplicados durante o desenvolvimento da cultura para o controle da lagarta do cartucho.....	23
Tabela 7 -	Descrição dos tratamentos utilizados.....	23
Tabela 8 -	Caracterização química final do solo da área experimental.....	29
Tabela 9 -	Resumo da análise de variância para a obtenção dos valores de F para a densidade dos grupos de organismos edáficos, coletados em armadilhas de queda, sob tratamento com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário da ARS e AD nos três períodos de amostragem.....	31
Tabela 10 -	Médias da densidade dos grupos de organismos edáficos (organismos/armadilha/dia), coletados em armadilhas de queda, em solo sob tratamento com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário da ARS e AD, nos três períodos de amostragem.....	32
Tabela 11 -	Resumo da análise de variância para a obtenção dos valores de F para a densidade de formigas em cada gênero, coletados em armadilhas de queda, sob tratamento com diferentes doses de efluente do tratamento secundário da ARS e AD nos três períodos de amostragem	42
Tabela 12 -	Médias da densidade de formigas edáficas em cada gênero (gênero/armadilha/dia), coletados em armadilhas de queda sob tratamento com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário ARS e AD nos três períodos de amostragem.....	43
Tabela 13 -	Médias da densidade de formigas edáficas pertencentes ao gênero brachymyrmex (organismos/armadilha/dia) coletados em armadilhas de queda sob tratamento com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário ARS e AD aos 7 DAS	44
Tabela 14 -	Resumo da análise de variância para a obtenção dos valores de F para a densidade de ácaros em cada subordem, coletados em armadilhas de queda,	

	sob tratamento com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário da ARS e AD aos 7 e 41 DAS	49
Tabela 15 -	Médias da densidade de ácaros edáficos em cada subordem (subordem/armadilha/dia), coletados em armadilhas de queda sob tratamento, com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário ARS e AD aos 7 e 41 DAS	49
Tabela 16 -	Médias da densidade de organismos edáficos pertencentes à ordem <i>Coleoptera</i> (organismos/armadilha/dia), coletados em armadilhas de queda sob tratamento com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário da ARS e AD aos 41 e 72 DAS	52
Tabela 17 -	Resumo da análise de variância dos índices de diversidade de Shannon (H), uniformidade de Pielou (<i>e</i>) e riqueza de ordens para organismos edáficos, coletados em armadilhas de queda, em função da dose de aplicação de efluente do tratamento secundário ARS e adubação química, nos três períodos de amostragem.....	53
Tabela 18 -	Médias para os índices de diversidade de Shannon (H), uniformidade de Pielou (<i>e</i>) e riqueza de ordens para organismos edáficos, coletados em armadilhas de queda, em função da aplicação de efluente do tratamento secundário ARS e adubação nos três períodos de amostragem.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Ponto de coleta da ARS no biossistema integrado.	21
Figura 2 -	Localização dos tratamentos, repetições e blocos na área experimental.	24
Figura 3 -	Armadilha do tipo <i>Pitfall-traps</i> para coleta da fauna epígea.	25

RESUMO

EFEITO DA APLICAÇÃO DE EFLUENTE DO TRATAMENTO SECUNDÁRIO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NA MESO E MACROFAUNA DE SOLO CULTIVADO COM MINIMILHO

A suinocultura é uma prática econômica comum na região Sul do país, incluindo a região Oeste do Paraná, gerando uma grande quantidade de dejetos, com alto poder poluente. Estes são, comumente, lançados ao solo como fertilizantes, aumentando a fertilidade dos solos, levando à maior produtividade das culturas, embora possam trazer riscos ao ambiente, quando manejados de maneira inadequada, tal como prejuízos à fauna edáfica, importante constituinte do solo. Por esta razão, foi estabelecido como objetivo deste trabalho avaliar os níveis de tolerância da fauna edáfica pela aplicação de diferentes doses de água residuária da suinocultura (ARS) e adubação mineral, e seus efeitos sobre a abundância e a diversidade de organismos representada pela meso e macrofauna. Adicionalmente, foi definido estabelecer quais grupos de organismos podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo, ao se referir à sua contaminação por esta atividade. O experimento foi instalado no mês de outubro de 2008, no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola, onde foram aplicadas ao solo, de 24 lisímetros cultivados com minimilho, quatro doses de ARS (0, 100, 200 e 300 m³ ha⁻¹), e dois níveis de adubação (0 e 100% do recomendado). Foram instaladas armadilhas de queda em cada um dos lisímetros, as quais permaneceram no campo por uma semana, sendo realizadas três coletas ao longo do experimento. Os organismos coletados foram classificados ao nível de ordem, exceto as formigas e os ácaros, os quais foram classificados ao nível de gênero e subordem, respectivamente. Observou-se que de modo geral, a dose de 200 m³ ha⁻¹ favoreceu a maior ocorrência de organismos entre as doses avaliadas, sendo que as melhores respostas foram fornecidas pelas formigas e colêmbolos, indicadores de qualidade ambiental. O uso de 300 m³ ha⁻¹ levou à redução na população da maior parte dos grupos taxonômicos encontrados, incluindo os indicadores de qualidade ambiental, sugerindo o efeito tóxico de doses elevadas deste efluente. A fauna foi afetada sazonalmente, sofrendo decréscimos gradativos à medida que o tempo transcorreu a partir da aplicação de ARS, sugerindo um efeito temporal da ARS sobre estes organismos. O fator adubação levou a algumas alterações quantitativas na biota do solo, embora um padrão fixo de comportamento tenha sido observado. A maior riqueza de espécies foi observada com a adição de 200 m³ ha⁻¹ de ARS, enquanto que os maiores índices de Shanon-Wiener e Pielou foram reportados para a dose de 300 m³ ha⁻¹.

Palavras-chave: fauna edáfica, indicadores biológicos, reúso de água.

ABSTRACT

EFFECTS EFFLUENTS FROM SECONDARY TREATMENT OF SWINE WASTEWATER ON THE MESO AND MACRO FAUNA OF SOIL CULTIVATED WITH BABY CORN

Swine livestock is a common economic practice in the South of the country, including West of Paraná, generating a large amount of waste with high-polluting power. These are usually thrown on the ground as fertilizer, increasing soil fertility, leading to greater productivity of crops, although they may bring risks to the environment when improperly managed, as damage to soil fauna, which brings a lot of benefits to the soil. Thus, the purpose of this study was to evaluate the levels of tolerance of soil fauna through the application of different doses of wastewater from swine and mineral fertilizer, as well as its effects on the abundance and diversity of organisms represented by meso and macrofauna. Additionally, establish which groups of organisms can be used as indicators of soil quality, to refer to its contamination by this activity. The experiment was installed in October of 2008, at the Agricultural Engineering Experimental Center, where they were applied to the soil of 24 lysimeters cultivated with baby corn, four swine wastewater rates (0, 100, 200 and 300 m³ ha⁻¹) and two levels of fertilization (0 to 100% of recommended). Fall traps were installed in each one of the lysimeters, which remained at the field for a week, with three collections made during the experiment. The organisms collected were classified at the level of order, except the ants and the mites, which were classified at the level of gender and suborder, respectively. It was observed that, in general, the rate of 200 m³ ha⁻¹ favored the higher occurrence of organisms between the rates assessed, and the best responses were provided by ants and *Collembola*, indicators of environmental quality. The use of 300 m³ ha⁻¹ led to reduction of most taxonomic groups found, including environmental quality indicators, suggesting the toxic effect of high rates of this effluent. The fauna was affected seasonally, suffering gradual decline as time passed from the application of swine wastewater, suggesting a temporal effect of SW on these organisms. The fertilization factor led to some quantitative changes in soil biota, although a fixed pattern of behavior has been observed. The highest abundance of species was observed with the addition of 200 m³ ha⁻¹ SW, while the highest rates of Shanon-Wiener and Pielou were reported for the rate of 300 m³ ha⁻¹.

Keywords: soil fauna, biological indicators, water reuse

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção de animais de corte, visando suprir a demanda por alimentos de origem animal, têm sofrido grandes transformações ao longo dos últimos anos, causando, em consequência disso, uma série de problemas ambientais, principalmente nas regiões onde as atividades são desenvolvidas em larga escala, devido à alta geração de resíduos (KUNZ, 2008).

O estado do Paraná se destaca por apresentar um elevado plantel de suínos, em torno de 5 milhões de cabeças, sendo 1,67 milhões na região Oeste do Estado, responsáveis pela geração de, aproximadamente, 14362 mil m³ de água residuária diariamente, o que, de acordo com Bley Júnior (2004), torna necessário o seu tratamento e uma forma correta de disposição final, tal como em solos agrícolas.

A aplicação dos dejetos no solo, ou seja, o seu reúso, corresponde a uma prática antiga e realizada em muitas regiões do Brasil e do mundo. É considerada uma forma alternativa para o tratamento dos resíduos, minimizando o uso dos recursos naturais, pela reciclagem de nutrientes e incremento da quantidade de água aplicada nas culturas. Contudo, esta prática, iniciada por volta de 1980, quando não realizada de forma a se respeitarem os valores máximos de aplicação, concorre para a disponibilização em excesso de nutrientes no solo, os quais podem ser lixiviados, escoados ou percolados, atingindo corpos hídricos superficiais ou subterrâneos, provocando o desequilíbrio de ecossistemas por processos de eutrofização, disseminação de agentes patogênicos e compostos químicos presentes na alimentação e medicação dos animais. Aplicações excessivas podem levar ao entupimento dos macroporos e o posterior selamento superficial do solo, dificultando a infiltração da água e a troca de gases com a atmosfera, causando danos às plantas e aos organismos pertencentes à fauna do solo, os quais atuam nos processos de remoção e oxidação de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e manutenção da estrutura do solo (KUNZ, 2008; SEGANFREDO, 2008).

O comportamento da fauna do solo submetida a diversos tipos de manejos ainda é pouco conhecido, pois tem havido maior ênfase em seu estudo sob outros determinantes. Apesar disso, alguns autores têm iniciado estudos utilizando efluentes de suinocultura, visando verificar os efeitos sobre a fauna de solo, principalmente aos pertencentes a meso e macrofauna, dentre eles, alguns que possuem a capacidade de atuar como indicadores da qualidade ambiental dos solos, como é o caso dos ácaros, formigas e colêmbolos.

Sendo assim, com base na prática da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre o solo, pela relevância de sua fauna para o funcionamento dos

ecossistemas e pela escassez de estudos voltados a estas questões, estando muito aquém do necessário, justifica-se a realização deste trabalho. Por estas razões foram estabelecidos como os objetivos para a realização deste trabalho: avaliar os efeitos da água residuária da suinocultura sobre a população e a diversidade representada pela meso e macrofauna e, concomitantemente, estabelecer grupos de organismos que possam ser utilizados como indicadores da qualidade do solo, ao se indicando a sua contaminação por esta atividade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Reúso de Água

De acordo com Brega Filho e Mancuso (2003), o reúso de água designa o aproveitamento de águas utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para o atendimento das necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original, podendo ser direto ou indireto, decorrendo de ações planejadas ou não.

O reúso de água ou o uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, na ilha de Creta, de 3000 a 1200 a.C., com a disposição de esgotos domésticos e a sua utilização na fertirrigação de culturas agrícolas (FELIZZATO, 2001).

No começo do século XX, teve início o desenvolvimento de programas de reúso planejado de águas nos Estados Unidos. O Estado da Califórnia foi pioneiro em promover regulamentos para recuperação e reúso de águas e à primeira promulgação desses preceitos ocorreu em 1918. Os primeiros sistemas de reúso foram desenvolvidos para prover água para irrigação nos estados do Arizona e da Califórnia, no final de 1920. Em 1940, iniciou-se o aproveitamento de águas residuárias tratadas e cloradas em siderúrgicas e, a partir de 1960, foram desenvolvidos sistemas de reúso público urbano nos estados do Colorado e da Flórida (ASANO; LEVINE, 1996). Os mesmos autores salientam ainda que embora seja uma prática antiga, o reúso ganhou força a partir dos anos 1990, visando sua implementação em muitas partes do mundo, para os diferentes tipos de uso: agrícola, público e industrial, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, onde o clima impõe restrições sérias à produção agrícola, quase que inviabilizando a subsistência humana no local.

Segundo Leite (2003), no Brasil, o uso de águas residuárias teve início nos engenhos de cana-de-açúcar, com a utilização do efluente originário das destilarias de álcool para fertirrigar as plantações de cana. Em 1993, algumas indústrias situadas em São Paulo, preocupadas com a escassez de água, iniciaram um programa de reúso de água para refrigeração em seus processos de fabricação, ocorrendo relatos de 100% de tratamento e reciclagem da água utilizada.

Atualmente, o reúso vem ganhando importância com a redução da disponibilidade de recursos hídricos de boa qualidade. Para a agricultura, o uso dessas águas é uma alternativa importante, pois permite o aproveitamento potencial das águas e dos nutrientes

para o crescimento das plantas (PEREIRA, 2006). Além disso, o reúso de água no Brasil vem sendo impulsionado pelos reflexos financeiros associados aos instrumentos trazidos pela Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que visam à implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos: a outorga e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (RODRIGUES, 2005).

De acordo com HESPANHOL (2003), 70% da água consumida no Brasil é destinada à agricultura e até o final desta década, este índice deve chegar aos 80%. Frente a este cenário, é necessário o reúso consciente e planejado de águas de baixa qualidade, ou seja, provenientes de drenagem agrícola, águas salobras, de chuva e esgotos domésticos e agroindustriais. Ayers e Westcot (1991) salientam ainda que a agricultura pode tolerar águas de qualidade mais baixa que a indústria e o uso doméstico; sendo inevitável, portanto, que exista crescente tendência para se encontrar na agricultura a solução dos problemas relacionados com efluentes.

Segundo Van der Hoek *et al.* (2002), as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária são: conservação da água disponível, sua grande disponibilidade, possibilidade do aporte e reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos) e preservação do meio ambiente. Estudos efetuados em diversos países demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em áreas fertirrigadas com águas residuárias, desde que sejam adequadamente manejadas e dispostas em taxas compatíveis com a capacidade do sistema em absorvê-las sem causar problemas de poluição.

O uso dessas águas, entretanto, deve ser condicionado ao tratamento, ao tipo de cultivo, à escolha de métodos de aplicação e ao controle de riscos ao meio ambiente, pois, a longo prazo, o uso dessas águas pode causar efeitos da salinidade, sodicidade e acarretar a presença de outros elementos no solo e nas culturas. A presença de sais no solo reduz a disponibilidade de água para as plantas e pode tornar os solos inadequados ao cultivo (AYERS; WESTCOT, 1991; HESPANHOL, 2003).

Neste sentido, Toze (2006) e Pereira (2006) destacaram que existe um grande número de fatores de risco a serem considerados, quando do reúso de água para fins agrícolas, tendo-se em vista aspectos sanitários, como a presença de patógenos, bactérias, cistos de protozoários, ovos de helmintos e vírus que criam graves problemas de saúde pública, uma vez que podem acarretar enfermidades. Por isso, o aproveitamento de águas residuárias na agricultura deve ser planejado, considerando-se, principalmente, o tipo de cultura e a forma de aplicação da água (fatores relacionados à qualidade sanitária do produto e do solo), além do controle da exposição humana, aspectos econômicos, financeiros e socioculturais.

2.2 Suinocultura no Brasil

Estima-se para o ano de 2020 que a população mundial esteja em torno de 6,5 bilhões de pessoas, com uma acelerada urbanização dessa população (da ordem de 48 a 55% no mundo e de 81 a 85% no Brasil) e um significativo aumento na demanda por alimentos. Perspectiva que cria a necessidade de estabelecer o equilíbrio alimentar da população por meio do agronegócio, destacando-se, dentre algumas atividades intensivas, a suinocultura, atividade que é grande produtora de proteína animal de alta qualidade (KONZEN; ALVARENGA, 2008).

A alta produtividade é reflexo da organização da cadeia produtiva e da adoção crescente de tecnologia pelos produtores, fazendo que a suinocultura se consolidando como atividade com alto potencial para produção de carne, ocupando a quarta posição no *ranking* mundial, estando abaixo apenas da China, União Européia e Estados Unidos da América (SARTOR; SOUZA; TINOCO, 2004; AMARAL *et al.*, 2008; ANUALPEC, 2007).

Dentre os países produtores de suínos, o Brasil, em virtude do clima tropical, facilidade de manejo, topografia relativamente plana, grandes áreas territoriais e alta produtividade de grãos, desponta como a nação com as condições mais favoráveis para o aumento no plantel de suínos, uma vez que os países europeus e os Estados Unidos apresentam tendência à redução, em virtude de problemas ambientais e altos custos de produção (SARTOR; SOUZA; TINOCO, 2004). No Brasil, existe hoje um plantel de, aproximadamente, 37 milhões de cabeças de suínos e estima-se que mais de 700 mil pessoas dependam diretamente da cadeia produtiva da suinocultura brasileira, sendo essa atividade responsável pela renda de mais de 2,7 milhões de pessoas (ABIPECS, 2008).

Embora o Paraná apresente a menor produção de suínos entre os estados da região Sul com, aproximadamente, 5 milhões de cabeças, destaca-se, em virtude da autossuficiência na produção dos principais insumos utilizados na alimentação dos animais, da estrutura viária que fornece boas condições de transporte e da produção energética que garante o fornecimento contínuo de energia elétrica, favorecendo a atividade desenvolvida em 136 mil propriedades, das quais 74% são de pequenos produtores. Deste total, segundo a Associação dos Suinocultores do Oeste do Paraná, 1,67 milhões de cabeças encontram-se alocadas no Oeste do estado, correspondendo ao maior plantel de suínos do estado (ROESLER; CESCNETO, 2003; IBGE, 2007; ASSUINOESTE, 2005).

Os números acima citados são gerados por duas formas distintas de exploração da atividade. Uma delas, utilizada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, é responsável por 90% da produção brasileira, tecnificada e, embora seu índice de produtividade alcance valores entre os melhores do mundo, vem apresentando problemas ambientais em virtude da produção elevada e concentrada de dejetos. A forma de exploração predominante nas

regiões Norte e Nordeste é rústica e possui baixos índices de produtividade e sanidade e, em virtude disso, apresenta uma tendência à adoção dos sistemas produtivos modernos, com confinamento em unidades restritas e aumento na escala de produção (KUNZ, 2008; NOGUEIRA; SILVA, 2006).

2.2.1 Produção de dejetos e seu descarte no meio ambiente

No Brasil, até a década de 1970, os dejetos de suínos não constituíam fator preocupante, pois a concentração de animais por unidade de área era pequena, não havendo preocupação com cuidados com o meio ambiente, pois os solos das propriedades tinham capacidade para absorver os dejetos lançados com a finalidade de adubação orgânica. No entanto, a partir dos anos 1980, verificou-se aumento considerável na produção de animais e na concentração final de dejetos, potencializada pela crescente tendência para a adoção de sistemas confinados, levando a sociedade à tomada de consciência sobre a importância ambiental, em virtude do progressivo comprometimento dos recursos naturais nas regiões concentradoras da atividade, atingindo situações críticas, e a possibilidade, em curto prazo, de restrições do mercado nacional e internacional (PERDOMO; OLIVEIRA; KUNZ, 2003; KUNZ, 2008).

Diesel, Miranda e Perdomo (2008) afirmam que a capacidade poluente dos dejetos suínos, em termos comparativos, é muito superior a de outras espécies. Considerando-se o conceito de equivalente populacional, um suíno, em média, equivale a 3,5 pessoas. Assim, uma granja de com 600 animais possui um poder poluente, semelhante ao de um núcleo populacional de, aproximadamente, 2.100 pessoas.

A quantidade total de dejetos líquidos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento ponderal dos animais, podendo variar entre 8,5% a 4,9% de sua massa vivo/dia, na faixa de 15 a 100 kg. Estes percentuais podem sofrer alteração dependendo do manejo empregado, como o tipo de bebedouro, sistema de higienização adotado, frequência e volume de água utilizado e o número e a categoria dos animais. Além destes fatores, outro componente que influi marcadamente na quantidade de dejetos líquidos é a produção de urina que, por sua vez, depende diretamente da ingestão da água (GONÇALVES, 2002).

Além da quantidade total de dejetos sofrer influência de alguns fatores, também o pH e a composição química dos dejetos líquidos, como o conteúdo de matéria seca, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio, ferro, magnésio, zinco e cobre, podem sofrer alteração, em função da idade dos animais, sistemas de manejo e armazenamento utilizado (PEREIRA, 2006).

Considerando as informações acerca da poluição, Assis (2004) afirma que o quadro é agravado pela não adoção ou pela inadequação de sistemas de tratamento,

armazenagem e distribuição, induzindo o seu lançamento indiscriminado em cursos d'água naturais e no solo. Corroborando o exposto, Perdomo, Lima e Nones, (2001) afirmam que o alto poder poluente apresenta íntima relação com a grande emissão de gases, como o dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e amônia. Além disso, o excesso de nitrato, fosfatos, sais, metais potencialmente tóxicos, compostos xenobióticos (fármacos), grande quantidade de matéria orgânica e patógenos contribuem para o agravamento do problema em questão.

Do ponto de vista da qualidade do ar, os odores são, com certeza, os inconvenientes mais fortes e rapidamente sentidos pelo público, em virtude da fermentação da matéria orgânica contida nos dejetos, resultando na liberação de compostos odoríferos, como o gás sulfídrico e a amônia que, além de poluírem o ar, tornam-se potencialmente tóxicos, quando acima de determinadas concentrações, como é o caso do ácido sulfídrico (MACKIE; STROOT; VAREL, 1998; ASSIS, 2004).

Quando o problema do descarte de efluentes suinícolas refere-se ao contato com corpos hídricos, torna-se ainda maior, podendo causar grande desequilíbrio ecológico, devido à diminuição do teor de oxigênio dissolvido na água, disseminação de agentes patogênicos e contaminação com elementos tóxicos, tais como amônia (ASSIS, 2004).

Para Diesel, Miranda e Perdomo (2008), o lançamento direto de dejetos frescos ricos em fósforo e nitrogênio em cursos d'água proporciona o aumento na população bacteriana e de algas, provocando a eutrofização, a morte de peixes e pode, também, elevar o nível de contaminação dos lençóis d'água que abastecem tanto o meio rural como o urbano. Assis (2004) ressalta que a poluição pelo aumento da DBO (demanda bioquímica de oxigênio) é muito alta, pois quando comparada à do esgoto doméstico que oscila em torno de 200 mg/L, a DBO da suinocultura apresenta-se cerca de 260 vezes superior, apresentando valores entre 30.000 e 52.000 mg/L.

No solo, são verificados outros problemas que apresentam relação direta com a poluição da água e do ar, como as condições geográficas e climáticas brasileiras, favoráveis à expansão da atividade, uma vez que o clima tropical ou subtropical tende a intensificar a degradação da matéria orgânica exposta ao intemperismo natural, além de dispor de uma variada biodiversidade em espécies de organismos detritívoros, levando a pressupor que haja disponibilidade permanente de solos para aplicação de dejetos de suínos. Estas condições, bastante favoráveis são vantagens comparativas em relação às mesmas condições encontradas em países nos quais se produzem suínos em clima frio, cujos ciclos biológicos naturais são interrompidos por longos períodos de baixas temperaturas e o do solo apresenta-se indisponível para aplicação de dejetos. No entanto, essas vantagens que parecem tão evidentes têm levado ao meio técnico-científico e aos suinocultores a superestimá-las e, por consequência, a negligenciarem as restrições destas condições que,

mesmo favoráveis, impõem riscos ambientais pelo modo de disposição final de dejetos suínos (SOUZA; BLEY JUNIOR; FOWLWE, 2003).

Segundo VIEIRA (1997), quando os dejetos de suínos são incorporados ao solo, ocorre estimulação da atividade microbiana e as exigências de oxigênio por esses microrganismos podem superar a taxa de difusão do oxigênio atmosférico, tornando o ambiente anaeróbico, de forma que a degradação da matéria orgânica não se completa, provocando redução no pH do solo e produção de gases mal cheirosos. Matos, Sedyama e Freitas (1997) afirmam que, se aplicados em taxas acima das recomendáveis, pode ocorrer a obstrução dos macroporos, causando o selamento superficial que acaba dificultando a infiltração de água e a troca de gases entre o solo e a atmosfera.

Os dejetos suínos, quando adequadamente manejados, podem servir como fertilizante para culturas, minimizando a utilização de adubos químicos, tendo em vista a grande quantidade de nutrientes, disponibilizando-os para as plantas, levando à ciclagem e ao aumento da produção (GOMES FILHO *et al.* 2001; CERETTA; PAVINATO, 2003). No entanto, ao contrário dos fertilizantes, que podem ser formulados de acordo com o tipo de cultura e solo, os dejetos suínos possuem vários minerais que se encontram em quantidades diferentes daquelas exigidas pelas plantas, e seu uso continuado pode exceder a capacidade de suporte dos solos, prejudicando as plantas e os recursos hídricos, por processos de erosão, lixiviação e escoamento superficial (SEGANFREDO, 2008).

Desta forma, aplicações contínuas podem proporcionar desequilíbrios de nutrientes no solo e a gravidade do problema dependerá do tempo de aplicação, da composição e da quantidade de dejetos aplicados, além do tipo de solo e da capacidade de extração das plantas (BASSO, 2003; BARROS *et al.*, 2005).

2.3 Fauna Edáfica - Aspectos gerais

O solo é o *habitat* natural para uma grande variedade de organismos, os quais são conjuntamente conhecidos como fauna do solo. O termo se refere à comunidade de organismos que vivem permanentemente no solo ou vivem nele um ou mais ciclos de sua vida. Estes organismos estão em constante interação e utilizam o solo como abrigo e fonte de nutrientes para o seu desenvolvimento, de maneira tal que esta ocupação acaba influenciando de direta ou indireta algumas características do solo (ASSAD, 1997).

A fauna do solo pode exercer influência sobre os processos edáficos, por meio de duas vias principais. Uma delas direta, pela modificação física da serapilheira e do ambiente do solo, e uma indireta, por interações com a comunidade microbiana. Entre estes processos, a decomposição é considerada um processo fundamental, uma vez que

disponibiliza nutrientes para o crescimento das plantas. Não obstante ao processo de mineralização, com a formação dos coloides de carga negativa (humificação), a decomposição promove um aumento na capacidade do solo de reter cátions trocáveis, como cálcio e magnésio (GONZÁLES *et al.*, 2001; COSTA, 2007).

A fauna do solo é composta por inúmeros grupos taxonômicos que compõem a chamada fauna edáfica. Estimativas feitas para terras de solo firme na Amazônia indicam uma densidade de 30.000 artrópodes/m² nos primeiros 3,5 cm de solo. Em termos de biomassa, a biota do solo pode corresponder a mais de 10 toneladas por hectare, quantidade equivalente ou até maior que as melhores produções de certas culturas agrícolas. No entanto, a densidade total dos grupos de organismos varia em função de características edáficas e climáticas específicas de cada ambiente (ASSAD, 1997; CRUZ *et al.*, 2007).

Segundo Assad (1997), a fauna do solo pode ser agrupada de acordo com uma série de caracteres morfológicos, fisiológicos ou comportamentais, permitindo desta forma, que estes organismos sejam classificados de acordo com seu tamanho corpóreo em três classes principais: micro, meso e macrofauna. Dentro desta classificação, o tamanho dos invertebrados do solo define a extensão que a sua atividade (alimentação, escavação) pode modificar as propriedades do solo, e a extensão em que podem ser influenciados pelo manejo do solo. Além disso, a influência destes organismos no comportamento dos solos também varia de grupo a grupo e entre espécies de um mesmo grupo.

2.3.1 Microfauna

Na microfauna estão inclusos os invertebrados, conhecidos como hidrófilos, pois necessitam de água livre no solo, sendo ligeiramente mais móveis que a microflora. Sua dimensão microscópica (menor que 0,2 mm), associada à forma alongada do corpo, facilita sua penetração e movimentação nos capilares presentes no solo. Dentro deste grupo, é comum ocorrerem formas de resistência à seca como, por exemplo, redução na atividade metabólica (quiescência) ou passando por estado de desidratação ou enquistamento. Dentre estes organismos, podem-se destacar os nematoides, os rotíferos e os artrópodes dos grupos *Collembola* e *Acari*, os quais se alimentam preferencialmente de fungos e bactérias, regulando suas populações (MOÇO, 2006). Os efeitos diretos nos ciclos biogeoquímicos ocorrem, principalmente, por meio do consumo e assimilação de tecidos bacterianos e fúngicos, bem como pela excreção de nutrientes minerais (ASSAD, 1997; CORREIA, 2008).

2.3.2 Mesofauna

Segundo Assad (1997), no grupo da mesofauna enquadram-se os exemplares com dimensões corpóreas que variam de 0,2 a 2 mm e que se movimentam em fissuras, poros e na interface entre a liteira e o solo, exercendo papel fundamental nos processos de transporte de materiais.

Dentre estes indivíduos, destacam-se os aracnídeos, diversas ordens de insetos, além de alguns crustáceos e oligoquetos. No entanto, a maioria dos estudos desenvolvidos encontram-se voltados aos grupos mais representativos, *Acarina* e *Collembola*, os quais podem ser utilizados como indicadores da qualidade ambiental (CORREIA; OLIVEIRA, 2008; MELO, 2008).

A mesofauna apresenta vasta distribuição, nos mais variados ecossistemas, ocorrendo preferencialmente nos primeiros centímetros do solo (0-10 cm), e sua presença é condicionada pelo equilíbrio do meio, principalmente por fatores do solo, como: pH, textura, porosidade, matéria orgânica, fauna, flora, cobertura vegetal, intervenções do homem, forma do uso do solo, sistema de produção, manejo adotado, clima, região geográfica, eventos naturais, e sua extrema dependência da umidade do solo (MELO, 2008).

As atividades tróficas do grupo incluem tanto o consumo de microrganismos e da microfauna como, também, a fragmentação do material vegetal em decomposição, além de poderem atuar como vetor para dispersão de sementes e esporos, sendo de importância fundamental para a colonização inicial por fungos e micorrizas. Estes organismos vivem nos espaços porosos do solo, neles se movimentam, mas não são capazes de criar as suas próprias galerias, por isso são fortemente afetados pela compactação do solo (HEISLER; KAISER, 1995; CORREIA; OLIVEIRA, 2008).

2.3.3 Macrofauna

Incluem-se neste grupo os organismos com tamanho corpóreo superior a 2,0 mm, incluindo-se nesta classificação animais pertencentes aos seguintes grupos taxonômicos: *Diptera*, *Hemiptera*, *Coleoptera*, *Thysanoptera*, *Orthoptera*, *Psocoptera*, *Blattodea*, *Dermaptera*, *Isopoda*, *Diplopoda*, *Chilopoda*, *Araneae*, *Gastropoda*, *Oligochaeta*, *Hymenoptera* e *Isoptera* (AQUINO, 2008; LEITÃO-LIMA; TEIXEIRA, 2008).

A macrofauna invertebrada do solo desempenha papel chave no ecossistema, pois ocupa diversos níveis tróficos dentro da cadeia alimentar do solo, afetando a produção primária de maneira direta e indireta, alterando as populações e a atividade de microrganismos responsáveis pela mineralização (SILVA *et al.*, 2006a).

Segundo Lavelle (1996), os indivíduos pertencentes à macrofauna, podem ser definidos como os “engenheiros do ecossistema”, graças a sua capacidade de modificar o solo. Esta denominação deve-se ao fato de que, de um modo geral, todos estes grupos de organismos agregam indivíduos de grande mobilidade, transportando materiais para a construção de ninhos, cavidades e galerias que alcançam profundidades variáveis no solo.

Primavesi (1990) e Assad (1997) salientam que a excreção de *pellets* fecais, em associação aos poros formados, desempenha papel importante no condicionamento do solo em termos de aeração e permeabilidade, facilitando a circulação do ar e a infiltração/percolação de água e a penetração das raízes, pois pode proporcionar alterações físicas associadas à resistência mecânica do solo e, com isso, alterar o padrão de penetração radicular. Além disso, em virtude do seu tamanho, a macrofauna edáfica, possui características morfológicas que propiciam a atuação na fragmentação da matéria orgânica e nas características físicas e químicas do solo (AQUINO, 2008). De acordo com Gassen (2008), este grupo é fortemente afetado pelo uso do solo, principalmente nos casos de uso intenso, com conseqüente desestruturação e compactação.

2.3.4 Fatores que afetam a fauna do solo

Durante muito tempo, os estudos voltados à qualidade do solo, diretamente associada às suas formas de uso, estavam relacionados à utilização de indicadores físicos e químicos. No entanto, muitos destes atributos são afetados diretamente pelos processos bióticos, destacando-se a importância dos organismos, seus processos no funcionamento e equilíbrio de ecossistemas. Nesta perspectiva, estudos voltados à biologia dos solos passaram a ser desenvolvidos, embora quase sempre sobre os microrganismos e sua influência na decomposição e mineralização da matéria orgânica. No entanto, as respostas obtidas ainda não eram satisfatórias, tendo em vista que, dada à vasta gama que habita o solo, para que se possam estudar as interrelações dos organismos com o solo, seja sob sistemas naturais ou antropizados, é fundamental integrar conhecimentos sobre os macro e microrganismos edáficos (SILVEIRA, 2003).

Segundo Baretta *et al.* (2003, 2006), as modificações impostas pelo uso do solo e, em particular, pela agricultura em virtude das modificações no ambiente, do preparo e cultivo do solo e da adição de matéria orgânica, a fauna, em diferentes graus de intensidade, tem sido afetada em sua composição e diversidade pelos impactos provocados por práticas agrícolas. Neste processo, geralmente, o primeiro passo corresponde à retirada da vegetação natural para a implantação das culturas de interesse econômico. Esta prática tem como conseqüência direta a extinção de diversas espécies nativas, ou seja, ocorre a remoção de sistemas biológicos complexos, multiestruturados, diversificados e estáveis, por

sistemas simples e instáveis, passando a existir somente algumas espécies onde antes existiam centenas ou até milhares (PASCHOAL, 1987; AQUINO; CORREIA, 2008). Nos casos em que a retirada da vegetação é seguida da queima, os danos são ainda maiores, haja vista que além da eliminação direta da grande maioria dos animais que vivem na superfície do solo, a queima da serapilheira elimina a fonte de alimento dos organismos remanescentes e desestrutura o seu *habitat*, retardando a recolonização e tornando-a restrita a alguns poucos grupos (CORREIA; OLIVEIRA, 2008).

Segundo Primavesi (1990), grande parte dos organismos do solo não tolera a incidência direta de luz, e a retirada da vegetação acaba diminuindo significativamente as possibilidades de abrigo e uma maior taxa de insolação, com consequente aumento da temperatura. Desta forma, desabrigados, expostos aos raios solares, sob temperatura elevada e, por conseguinte, com baixa disponibilidade de água, uma parcela destes organismos acaba morrendo, em virtude de suas características morfológicas e fisiológicas, como por exemplo, a falta de pigmentação em algumas espécies ou o frágil tegumento que os recobre, o qual não é capaz de impedir a perda de água.

Uma vez o solo desprovido de cobertura vegetal, seguem-se os processos de preparo do solo, como a gradagem e a aração, largamente empregados nos processos agrícolas. Nestes processos, a macrofauna epígea é fortemente afetada, não somente pelos processos de abrasão e esmagamento, como também pela retirada dos resíduos orgânicos superficiais e alteração do microclima do solo (AQUINO; CORREIA, 2008). O manejo do solo, muitas vezes de forma inadequada, acaba levando a processos de compactação, interferindo na macroporosidade do solo, da qual depende a circulação do ar e da água. Desta forma, podem ocorrer condições de anaerobiose, bem como dificuldade nos processos de locomoção da fauna, impedindo sua existência (PRIMAVESI, 1990).

Segundo Silva *et al.* (2006a) e Fidelis *et al.* (2003), esses problemas podem ser minimizados com a adoção do sistema de plantio direto, caracterizado pela implantação de culturas em solo não revolvido e protegido por cobertura morta, podendo ser essa cobertura formada por restos de culturas ou de vegetação semeada especificamente com este fim, além de restos de plantas daninhas controladas por métodos químicos. Neste sistema de plantio, mantém-se maior similaridade com a condição presente sob vegetação nativa. Pereira *et al.* (2007) afirmaram ser a técnica do plantio direto uma das melhores alternativas conservacionistas para os solos brasileiros, por abrangerem aspectos agrônômicos, físicos, químicos e biológicos.

Durante o processo produtivo, nas culturas de interesse comercial, é muito comum a utilização de fertilizantes e de pesticidas, visando à obtenção de maiores índices de produtividade. A aplicação de fertilizantes, sejam estes orgânicos ou inorgânicos, pode trazer benefício à fauna do solo, pela maior disponibilidade de nutrientes para o crescimento

e desenvolvimento das plantas, as quais podem servir como alimento e abrigo para estes organismos. A adição de adubos orgânicos, além do exposto acima, pode ter efeito benéfico sobre a fauna pelo aporte de matéria orgânica, que pode ser fonte potencial de alimento (BARETA *et al.*, 2003; AQUINO; CORREIA, 2008).

Segundo ASSAD (1997), a utilização de adubos solúveis pode proporcionar efeitos maléficos sobre a fauna edáfica, de forma semelhante ao que tem sido observado no caso dos pesticidas, que podem atuar diretamente sobre os organismos, causando sua morte, principalmente pela redução do potencial osmótico do solo. No entanto, a comprovação da influência dos fertilizantes solúveis sobre o meio ainda não é concreta, o que torna necessária a investigação dos efeitos sobre a biota do solo. Com esse objetivo, Toebe *et al.* (2008) avaliaram os efeitos da adubação sobre a fauna do solo, utilizando como fertilizantes a cama de aviário (adubação orgânica), superfosfato triplo, cloreto de potássio e ureia (adubação mineral). Os autores verificaram que as diferentes formas de adubação empregadas não proporcionaram efeitos significativos na comunidade faunística de ácaros e colêmbolos do solo, contudo salientaram que a implantação e o manejo das culturas interferiram na população e diversidade faunística do solo, o que pode ter mascarado os efeitos da adubação.

2.3.5 Indicadores de qualidade ambiental do solo

A qualidade do solo é considerada, segundo Doran (2002) e Casanilho, Martins e Lopes (2007), como a capacidade de um solo sustentar a produtividade vegetal e animal, dentro dos limites de ecossistemas naturais ou manejados, mantendo ou promovendo a qualidade da água e do ar, além de promover a saúde animal e vegetal. A qualidade do solo deve ser, por esta razão, considerada como fundamental na avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção, o que implica a compreensão desse recurso como um sistema vivo e dinâmico. Gama-Rodrigues (1999) salientou que isto pode ser estimado com base na observação ou medição de diferentes propriedades ou processos, utilizando a caracterização dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo como indicadores de suas condições, em termos de qualidade ambiental.

Lavelle *et al.* (2006) definiu os organismos bioindicadores como uma espécie, grupo ou família funcional que reage de maneira específica a determinadas mudanças ambientais, de maneira que estes organismos possam ser utilizados para avaliar a atividade biológica e a atividade do sistema. Wink *et al.* (2005) salientaram que os bioindicadores são empregados em estudos de verificação de alteração de *habitat*, contaminação, reabilitação, sucessão de vegetais e degradação de solo. Sob estes aspectos, a fauna do solo é uma

forte candidata à indicadora de qualidade do solo, considerando-se que esta se encontra estreitamente relacionada com a dinâmica da matéria orgânica do solo, sendo influenciada por fatores bióticos e abióticos. Desta forma, a sensibilidade dos invertebrados do solo aos diferentes manejos é capaz de refletir claramente o quanto uma determinada prática de manejo pode ser considerada conservativa ou não, do ponto de vista da estrutura e fertilidade do solo (CORREIA; OLIVEIRA, 2008; DORAN; ZEISS, 2000).

Várias propriedades ou funções da fauna do solo podem ser empregadas como indicadores da qualidade do solo, como a presença de grupos específicos de organismos, a composição das comunidades, e processos biológicos, como a modificação da estrutura do solo e taxa de decomposição.

Muitos artrópodes do solo, pertencentes aos grupos *Collembola*, *Hymenoptera*, *Coleoptera* e *Acari* são organismos sedentários, refletindo, desta forma, a condição edáfica de maneira muito mais eficiente do que organismos com alta capacidade de dispersão, como os insetos voadores (MOÇO, 2006). O mesmo é válido para os indivíduos pertencentes à ordem *Oligochaeta*, os quais também têm sido utilizados como bioindicadores e, com menor ou maior sensibilidade, demonstram o estado da qualidade do solo ante as ações antrópicas (CORDEIRO *et al.*, 2004).

De um modo geral, muitas descobertas têm sido feitas nos últimos tempos, quanto ao comportamento da fauna do solo, relacionado-o às suas formas de uso. Contudo, estes estudos ainda são insuficientes, se for considerada a aplicação de águas residuárias.

Baretta *et al.* (2003) avaliou a fauna edáfica em áreas submetidas a diferentes formas de uso da terra (plantio direto e convencional) tendo sido receptoras de diferentes doses de dejetos suínos, em diferentes períodos de tempo, após a aplicação ter sido feita e verificou que a diversidade de organismos, em termos dos principais grupos da macrofauna edáfica, foi influenciada pelos sistemas de uso e preparo do solo.

Nessa mesma perspectiva, Pandolfo *et al.* (2005) avaliaram os efeitos, de diferentes formas de uso do solo (preparo convencional com queima de palhada e palha retirada, associado a diferentes fontes de nutrientes, como esterco de aves, esterco líquido de suínos, esterco líquido de bovinos e adubação mineral de manutenção) sobre a fauna edáfica do solo, verificando menor diversidade de organismos em solos submetidos à aplicação de efluentes da suinocultura, embora a taxa de aplicação tenha sido inferior à utilizada na aplicação de dejetos da bovinocultura. Estudos similares, utilizando esterco de gado e ovelha, palha de milho e capim *Andropogon* e composto orgânico, também foram realizados por Quédraogo, Mando e Brussaard (2006), no oeste semiárido da África, verificando que o esterco de ovelha e a palha de *Andropogon* foram os que mais favoreceram à macrofauna, quando comparados aos demais tratamentos.

Alves *et al.* (2008) avaliaram a aplicação de diferentes doses de dejetos suínos armazenados em esterqueira e adubação mineral sobre os componentes da macrofauna edáfica no estado de Santa Catarina, permitindo verificar que a frequência relativa das ordens mais presentes (*Hymenoptera*, *Oligochaeta* e *Coleoptera*) foi afetada pela adição da adubação orgânica com dejetos de suínos. Sendo essa influência dependente da época de amostragem. Os autores puderam constatar, ainda, que a maior diversidade da macrofauna do solo foi encontrada no tratamento com adubação organomineral, demonstrando que a macrofauna edáfica foi beneficiada pela adição do fertilizante mais balanceado.

Apesar dos estudos até hoje realizados identificarem tendências no comportamento da fauna edáfica, se for considerada a diversidade de ecossistemas e espécies de organismos do país, estes ainda podem ser considerados insuficientes, especialmente para condições climáticas tropicais, sendo hoje, muito difícil de estabelecer quais são as taxas máximas de aplicação, de maneira a não produzir efeitos negativos sobre a fauna do solo.

2.4 Minimilho

O milho é um dos cereais mais utilizados na cadeia alimentícia. Sua utilização se dá de diversas formas, sendo que uma forma especial de consumo não industrializado desse cereal é o minimilho. O minimilho, também denominado *baby corn*, é a espiga do milho colhida dois a três dias após a emergência dos estilo-estigmas, ou seja, a espiga de milho jovem, em desenvolvimento, não fertilizada, ou o sabugo jovem da espiga de uma planta de milho. As plantas produtoras são semelhantes às de milho normal/comum e não devem ser confundidas com plantas anãs (VON PINHO *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2006b).

Embora o minimilho seja rentável e propicie diversificação da produção, agregação de valor e ampliação de renda, no Brasil, sua produção ainda é inexpressiva, apesar dos mercados interno e externo indicarem ser um produto de alto potencial econômico (RODRIGUES; SILVA; MORI, 2004; SILVA *et al.*, 2006b).

Segundo Cruz (2008), o cultivo desta planta pode ser feito tanto pelo sistema de plantio convencional como por plantio direto. No entanto, o manejo da cultura para a produção de minimilho diferencia-se do cultivo do milho para grãos, principalmente no que se refere à densidade de semeadura (pode ser pelo menos três vezes maior, dependendo da cultivar utilizada). Em relação ao espaçamento, este deve ser o mesmo utilizado no cultivo de milho para grãos. Para as cultivares brasileiras, recomenda-se densidade de semeadura por volta de 180.000 plantas ha⁻¹. Sendo assim, visando atender a esta recomendação e respeitando-se o espaçamento de 80 cm, deve-se semear de 15 a

17 sementes por metro linear. Além disso, a cultura do minimilho difere-se da cultura convencional pelo menor tempo de exploração do solo, dependência de sua fertilidade e de adubação (VASCONCELLOS *et al.*, 2008).

Quanto à produtividade, Silveira (2003) afirmou que ocorrem variações em função da cultivar, manejo e condições climáticas, embora alguns resultados de pesquisa tenham demonstrado índices de produtividade em torno de 2,5 t ha⁻¹ de produto aproveitável.

A época de plantio é variável e se encontra diretamente relacionada à demanda, constituída principalmente pela indústria de conservas alimentícias ou pelo mercado de consumo *in natura*. Nas regiões tropicais, o minimilho, considerado uma hortaliça em virtude do tempo gasto do plantio à colheita, pode ser cultivado durante todo o ano, ocorrendo colheitas mais cedo, no verão (normalmente 45 dias após a germinação), o que é obtido, principalmente, em razão da precocidade da cultivar utilizada. No inverno, o período de cultivo acaba se estendendo, mesmo no que se refere às cultivares precoces, podendo chegar até a 70 dias (CRUZ, 2008).

A remoção da primeira inflorescência feminina induz o milho a produzir outras. Isso possibilita a produção de várias espigas de minimilho ou, alternativamente, espigas verdes ou grãos. Além disso, as demais partes da planta, como as folhas, pendão, colmo, bem como as palhas das espiguetas, podem ser empregadas na alimentação animal, pois são ricas em nutrientes, especialmente proteínas, que podem variar de 6 a 14 dag kg⁻¹ (CARVALHO; VON PINHO; PEREIRA FILHO, 2002; SILVA *et al.*, 2006b).

No Brasil, segundo Reis *et al.* (2005), o minimilho é cultivado com o intuito de produção de conservas, enlatados e produtos frescos e, embora as condições climáticas sejam propícias para o seu cultivo, o país ainda não é autossuficiente, sendo necessária a importação do produto de outros países, principalmente a Tailândia, que é o maior produtor mundial, dominando o mercado tanto com o produto fresco como com o processado.

A questão da autossuficiência, segundo Thakur e Sharma (2000) e Rodrigues, Silva e Mori (2004), encontra-se diretamente relacionada à das cultivares para a produção do minimilho, considerando que as informações ainda são escassas, embora programas de melhoramento, como os desenvolvidos pela EMBRAPA, já tenham sido realizados, visando desenvolver cultivares específicas para esta finalidade. Estes estudos visam, ainda, identificar quais cultivares são mais adaptadas às condições tropicais, buscando alcançar os melhores padrões de qualidade, menor porte de plantas, amadurecimento precoce, uniformidade do florescimento e prolificidade, bem como quantificar seu potencial genético, qualitativo e a herdabilidade de características.

Contudo, segundo a EMBRAPA (2008), enquanto estes testes são desenvolvidos, têm-se utilizado, principalmente, as cultivares de milho pipoca e milho doce, que são as

mais recomendadas, por possuírem dimensões (comprimento e diâmetro) de espiguetas compatíveis com os padrões de exigência do mercado consumidor.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e Caracterização da Área Experimental

A primeira etapa do experimento foi conduzida no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola – NEEA, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* de Cascavel - PR, com localização geográfica a 24° 48' de latitude Sul e 53° 26' de longitude Oeste e altitude de 760 metros.

O clima é do tipo subtropical úmido (Cfa), com precipitação média anual de 1800 mm, verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo, sem estação seca definida. O município apresenta temperatura média de 20° C e a umidade relativa do ar é em média de 75% (IAPAR, 1998).

O solo da área teve sua granulometria determinada com base na coleta e análise de amostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, utilizando o método de Boyoucos (1934).

Segundo a EMBRAPA (2006), o solo da área é classificado como um Latossolo Vermelho Distroférrico Típico com textura muito argilosa, porquanto apresente mais de 60% de argila em todas as camadas amostradas, como se pode verificar na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado da análise granulométrica do solo da área experimental

PROFUNDIDADE	AREIA (%)	SILTE (%)	ARGILA (%)
0-20 cm	5,91	14,61	79,48
20-40 cm	6,40	15,79	77,81
40-60 cm	5,62	13,82	80,56

A densidade, macro e microporosidade do solo foram determinadas pelo método do anel volumétrico antes da aplicação dos tratamentos e após a colheita da cultura antecessora, coletando-se amostras com volume de 80 cm³, de estrutura indeformada para a camada de 5 cm.

Na Tabela 2, são apresentados os dados referentes à caracterização física prévia à aplicação dos tratamentos.

Tabela 2 - Caracterização da análise física do solo antes da aplicação dos tratamentos

TRATAMENTOS	DENSIDADE	MACROPOROSIDADE	MICROPOROSIDADE	POROSIDADE TOTAL
T1	1,17	10,45	36,36	46,81
T2	1,13	13,58	34,21	47,79
T3	1,20	12,05	34,80	46,85
T4	1,15	11,55	35,44	46,99
T5	1,09	17,72	31,92	49,63
T6	1,15	11,54	35,43	46,97
T7	1,13	14,06	33,47	47,53
T8	1,12	16,10	35,66	51,76

Nota: Método do anel volumétrico.

A área experimental submetida ao estudo apresenta um histórico de aplicação de Água Residuária da Suinocultura (ARS) em anos anteriores, durante seis ciclos de cultura. As doses aplicadas em cada período são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Histórico das taxas totais de aplicação de ARS ao longo dos ciclos de cultura ($m^3 ha^{-1}$)

(continua)

Tratamento	Adubação Química (Kg ha ⁻¹)			Aplicação de ARS para cada elemento (Kg ha ⁻¹)										Volume ARS (mm ³ ha)
	N	P	K	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn	
Milho CD 705 semeado em 19/03/2006														
T1	15	60	90	85	19,23	16,87	3,88	0,84	10,46	0,007	0,042	-	-	112,5
T2	22,5	30	45	77,5	19,23	16,87	3,88	0,84	10,46	0,007	0,042	-	-	112,5
T3	15	60	90	185	38,47	33,75	7,76	1,68	20,92	0,013	0,085	-	-	225
T4	22,5	30	45	177,5	38,47	33,75	7,76	1,68	20,92	0,013	0,085	-	-	225
T5	15	60	90	285	57,71	50,62	11,64	2,53	31,38	0,02	0,13	-	-	335
T6	22,5	30	45	277,5	57,71	50,62	11,64	2,53	31,38	0,02	0,13	-	-	335
T7	15	60	90	385	76,95	67,5	15,52	3,37	41,85	0,027	0,17	-	-	450
T8	22,5	30	45	377,5	76,95	67,5	15,52	3,37	41,85	0,027	0,17	-	-	450
T9	15	60	90	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0
T10	22,5	30	45	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Soja CD 202 semeada em 02/12/06														
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	0	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3	0	0	0	81,17	9,33	55,01	5,16	2,41	1,84	0,02	0,12	-	-	100
T4	0	50	50	81,17	9,33	55,01	5,16	2,41	1,84	0,02	0,12	-	-	100
T5	0	0	0	159,33	18,32	107,99	10,13	4,72	3,62	0,04	0,23	-	-	200
T6	0	50	50	159,33	18,32	107,99	10,13	4,72	3,62	0,04	0,23	-	-	200
T7	0	0	0	240,5	27,66	163	15,29	7,13	5,46	0,06	0,35	-	-	300
T8	0	50	50	240,5	27,66	163	15,29	7,13	5,46	0,06	0,35	-	-	300
Aveia semeada em 19/07/07														
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3	0	0	0	80,167	9,219	54,333	5,097	2,377	1,82	0,02	0,117	-	-	100
T4	0	0	0	80,167	9,219	54,333	5,097	2,377	1,82	0,02	0,117	-	-	100
T5	0	0	0	160,334	18,438	108,666	10,194	4,754	3,64	0,04	0,234	-	-	200
T6	0	0	0	160,334	18,438	108,666	10,194	4,754	3,64	0,04	0,234	-	-	200
T7	0	0	0	240,501	27,657	162,999	15,291	7,131	5,46	0,06	0,351	-	-	300
T8	0	0	0	240,501	27,657	162,999	15,291	7,131	5,46	0,06	0,351	-	-	300
Soja CD 214 semeada em 01/12/2007														
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	0	80	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3	0	0	0	88,7	10,862	46,211	3,86	3,912	2,6	0,025	0,02	-	-	100
T4	0	80	40	88,7	10,862	46,211	3,86	3,912	2,6	0,025	0,02	-	-	100
T5	0	0	0	177,4	21,724	92,422	7,72	7,824	5,2	0,05	0,04	-	-	200
T6	0	80	40	177,4	21,724	92,422	7,72	7,824	5,2	0,05	0,04	-	-	200
T7	0	0	0	266,1	32,586	138,633	11,58	11,736	7,8	0,075	0,06	-	-	300
T8	0	80	40	266,1	32,586	138,633	11,58	11,736	7,8	0,075	0,06	-	-	300

(conclusão)

AVEIA semeada em 13/07/2008														
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3	0	0	0	33,88	21,19	44	0,225	0,095	1,7	1,25	7,65	7,5	1,65	100
T4	0	0	0	33,88	21,19	44	0,225	0,095	1,7	1,25	7,65	7,5	1,65	100
T5	0	0	0	67,76	42,38	88	0,45	0,19	3,4	2,5	15,3	15	3,3	200
T6	0	0	0	67,76	42,38	88	0,45	0,19	3,4	2,5	15,3	15	3,3	200
T7	0	0	0	101,64	63,57	132	0,675	0,285	5,1	3,75	22,95	22,5	4,95	300
T8	0	0	0	101,64	63,57	132	0,675	0,285	5,1	3,75	22,95	22,5	4,95	300
Minimilho semeado em 13/10/08														
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3	0	0	0	33,88	21,19	44	0,225	0,095	1,7	1,25	7,65	7,5	1,65	100
T4	45	0	0	33,88	21,19	44	0,225	0,095	1,7	1,25	7,65	7,5	1,65	100
T5	0	0	0	67,76	42,38	88	0,45	0,19	3,4	2,5	15,3	15	3,3	200
T6	45	0	0	67,76	42,38	88	0,45	0,19	3,4	2,5	15,3	15	3,3	200
T7	0	0	0	101,64	63,57	132	0,675	0,285	5,1	3,75	22,9	22,5	4,95	300
T8	45	0	0	101,64	63,57	132	0,675	0,285	5,1	3,75	22,9	22,5	4,95	300

No primeiro ciclo de culturas na área, foram instalados lisímetros de drenagem, visando à verificação dos efeitos da aplicação de ARS na cultura do milho, sendo posteriormente seguido das culturas de soja e aveia, as quais foram implantadas na seguinte sequência: soja/aveia/soja/aveia.

É importante ressaltar que após a implantação dos lisímetros, fez-se a caracterização química do solo da área. Visto que os resultados apresentaram heterogeneidade em relação à fertilidade, estabeleceram-se blocos, dividindo-se a área de modo a garantir a correção da acidez e a adubação química, conforme as necessidades do solo em cada bloco.

Após o manejo da aveia, amostras de solo foram coletadas de cada lisímetro com auxílio de um trado holandês, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, e foram homogêneas, formando uma amostra composta por profundidade para cada um dos lisímetros, totalizando 24 amostras de solo, que foram submetidas a análises químicas, em laboratório especializado, cujos resultados são apresentados na Tabela 4.

Sendo assim, a área experimental possui instalados 24 lisímetros de drenagem, construídos utilizando-se caixas de fibra com capacidade de 1 m³ e profundidade de 1,1 m, espaçados de 0,4 e 0,5 m, distribuídos em três blocos, com 8 lisímetros em cada bloco.

Tabela 4 - Caracterização química inicial do solo da área experimental, antes da aplicação de ARS

PARÂMETROS	TRATAMENTOS					
	AD		ARS			
	0	100	0	100	200	300
Sódio (mg/dm ³)	2,91	2,50	2,66	2,50	3,00	2,66
Cálcio (Cmol _e /dm ³)	5,85	5,81	5,86	6,24	5,36	5,87
Magnésio (Cmol _e /dm ³)	3,71	3,45	3,71	3,69	3,30	3,63
Potássio (Cmol _e /dm ³)	0,35	0,45	0,22	0,30	0,49	0,59
H+Alumínio (Cmol _e /dm ³)	2,72	2,66	2,72	2,42	3,02	2,58
Soma bases (Cmol _e /dm ³)	9,93	9,72	9,82	10,24	9,16	10,10
CTC (Cmol _e /dm ³)	12,66	12,39	12,55	12,66	12,22	12,68
Carbono (g/dm ³)	12,67	11,50	11,80	12,04	12,11	12,39
Mat. orgânica (g/dm ³)	19,78	21,78	20,31	20,72	20,83	21,31
Sat. Bases (%)	72,06	77,88	77,32	80,64	74,36	67,56
Fósforo (mg/dm ³)	8,68	13,77	8,87	11,63	14,21	8,87
Ferro (mg/dm ³)	96,69	99,35	105,21	96,74	83,38	106,75
Manganês (mg/dm ³)	62,16	62,52	60,47	63,91	61,07	63,91
Cobre (mg/dm ³)	10,72	10,49	10,39	10,31	10,80	10,93
Zinco (mg/dm ³)	2,21	2,96	2,02	2,87	3,60	3,85
pH	6,48	6,55	6,55	6,61	6,36	6,55

Nota: *ARS = Água residuária da suinocultura; AD = Adubação nitrogenada.

3.2 Instalação do Experimento

3.2.1 Aplicação da água residuária de suinocultura

O experimento foi conduzido durante os meses de outubro a dezembro de 2008, durante o ciclo da cultura do minimilho.

A ARS utilizada foi coletada no distrito de Três Bocas, município de Toledo-Paraná, em uma propriedade rural que dispõe de um biossistema integrado no tratamento de dejetos. A ARS foi tratada em um biodigestor seguido de um tanque de sedimentação e lagoa de estabilização e o ponto de coleta foi instalado na tubulação de saída, como pode ser observado na Figura 1.

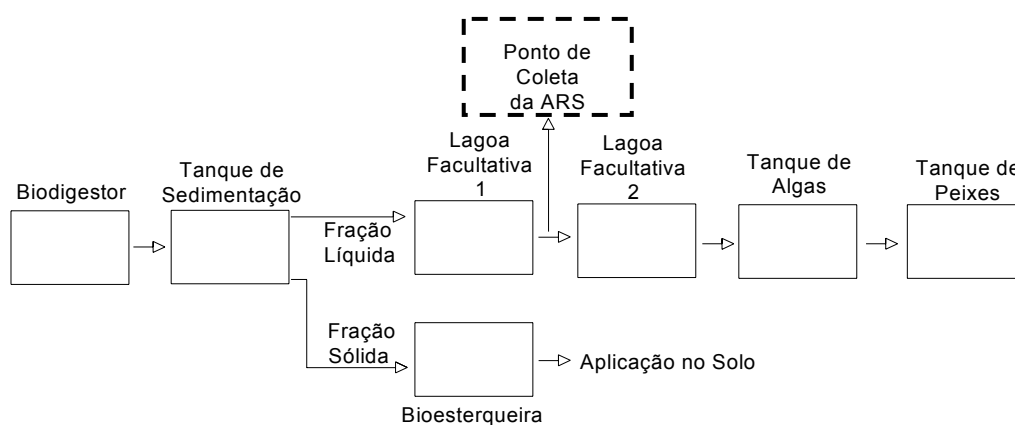


Figura 1 - Ponto de coleta da ARS no biossistema integrado.

A aplicação de ARS foi realizada em etapa única, 7 dias antes da semeadura do minimilho. Antes da aplicação foi realizada a coleta na propriedade e sua caracterização determinada em laboratório especializado, de acordo com a metodologia de APHA, AWWA e WEF (1998), avaliando-se os parâmetros expressos na Tabela 5.

A ARS foi aplicada manualmente, com o auxílio de um regador, tomando-se o cuidado para que o efluente fosse distribuído uniformemente em toda a área do lisímetro.

Tabela 5 - Caracterização química da ARS utilizada no experimento

PARÂMETROS	RESULTADO
pH (CaCl ₂)	7,9
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	2,1
Turbidez (NTU)	278
DBO (mg L ⁻¹)	550
DQO (mg L ⁻¹)	1450
Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	338,8
Nitrato (mg L ⁻¹)	0,40
Nitrito (mg L ⁻¹)	8,00
Fósforo total (mg L ⁻¹)	211,9
Potássio (mg L ⁻¹)	440,0
Sódio (mg L ⁻¹)	17,0
Cálcio (mg L ⁻¹)	2,25
Ferro (mg L ⁻¹)	75,0
Magnésio (mg L ⁻¹)	0,95
Manganês (mg L ⁻¹)	16,5
Cobre (mg L ⁻¹)	12,5
Zinco (mg L ⁻¹)	76,5
Totais (mg L ⁻¹)	1481
Totais fixos (mg L ⁻¹)	729,0
Totais voláteis (mg L ⁻¹)	671,0

3.2.2 Implantação da cultura

Transcorridos 7 dias da aplicação da ARS, cultivou-se na área experimental, sobre os restos culturais da aveia, minimilho, variedade BR 106, com ciclo aproximado de 70 dias, cujas sementes foram cedidas pela EMBRAPA Milho e Sorgo. A semeadura foi manual, em plantio direto, e realizada no dia 13 de outubro de 2006 em cada um dos lisímetros, na densidade de 12 sementes por metro linear, espaçamento de 70 e 0,08 centímetros entre linhas e entre plantas, respectivamente, proporcionando estande de 180.000 plantas ha⁻¹. Tendo-se em vista as necessidades culturais do minimilho, as quais são baseadas nas necessidades nutricionais do milho, procedeu-se à adubação mineral na dose de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio, sob a forma de ureia, segundo Coelho *et al.* (2008) e Vasconcellos *et al.* (2008). A adubação foi realizada em duas etapas, aplicando-se 30% da dose recomendada na semeadura e o restante ao longo do ciclo da cultura. É importante salientar, que das 24 parcelas experimentais, apenas 12 receberam a adição de adubação mineral.

Sempre que constatada alguma anormalidade no minimilho foram realizados os tratamentos culturais empregando-se os produtos e dosagens recomendados para a cultura. Na Tabela 6 são apresentadas os períodos de aplicação, os produtos e dosagens, e a finalidade para a qual foram utilizados.

Tabela 6 - Produtos aplicados durante o desenvolvimento da cultura para o controle da lagarta do cartucho

DAS	CONTROLE	CLASSIFICAÇÃO	PRINCÍPIO ATIVO	DOSAGEM (L ha ⁻¹)
18	Lagarta do cartucho	Inseticida	Metomil	0,51
23	Lagarta do cartucho	Inseticida	Metomil	0,51

Nota: * DAS = Dias após a semeadura.

3.2.3 Descrição dos tratamentos

Foram aplicadas quatro doses de ARS, definidas com base no estudo realizado por Prior (2008), que utilizou doses de 0, 225, 337,5 e 450 m³ ha⁻¹ no ciclo, estabelecidas com base na quantidade de nitrogênio encontrada na análise físico-química da ARS. Ao longo dos ciclos de cultura posteriores, optou-se por continuar com as mesmas doses de aplicação, com a finalidade de obtenção de um histórico de seus respectivos efeitos. Assim, as doses de ARS estabelecidas para este estudo foram: 0, 100, 200, 300 m³ ha⁻¹, antes da semeadura da cultura.

Além das doses de aplicação, avaliou-se o efeito da adubação nitrogenada feita na semeadura, em dois níveis: 0 e 100% do recomendado. Portanto, os tratamentos aplicados às parcelas neste experimento, apresentados na Tabela 7, consistiram em quatro doses de ARS associadas ou não com a adubação mineral, totalizando 24 parcelas experimentais.

Tabela 7 - Descrição dos tratamentos utilizados

TRATAMENTO	DOSE ARS (m ³ ha ⁻¹ no ciclo)	ADUBAÇÃO QUÍMICA	
		Com*	Sem
T1	0		X
T2	0	X	
T3	100		X
T4	100	X	
T5	200		X
T6	200	X	
T7	300		X
T8	300	X	

Nota:* Aplicação de adubação química equivalente a 80 kg ha⁻¹ de N, sob a forma de ureia.

Os tratamentos nas parcelas foram distribuídos obedecendo-se à ordem estabelecida por Prior (2008), utilizando três repetições, tal como mostrado na Figura 2.

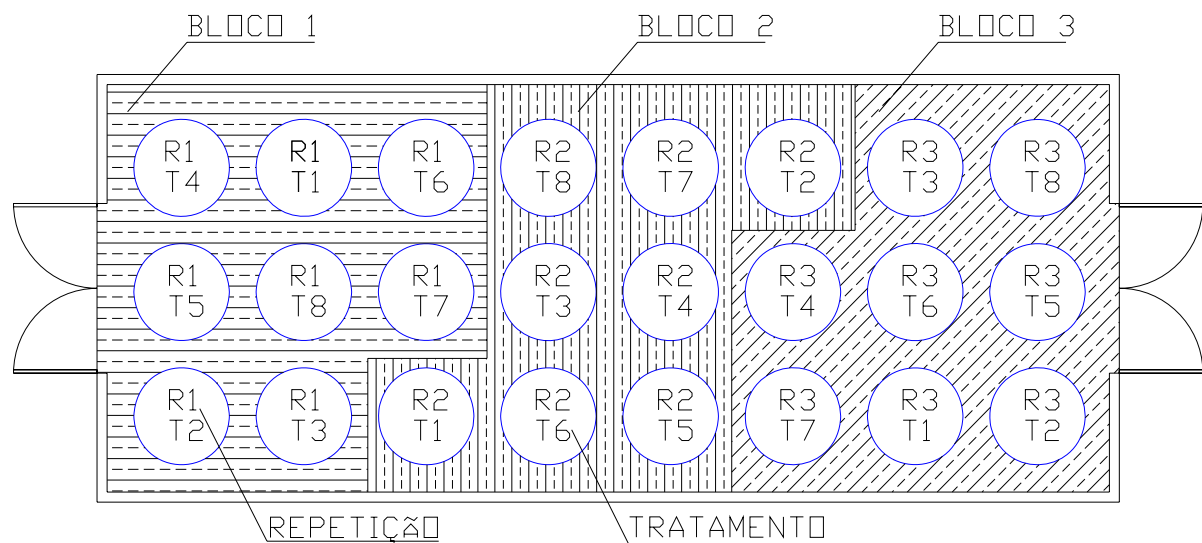


Figura 2 - Localização dos tratamentos, repetições e blocos na área experimental.

3.3 Coleta da fauna

A fauna edáfica foi amostrada por meio de coletas, utilizando-se armadilhas de queda (*Pitfall-traps*), instaladas individualmente em cada um dos lisímetros (AQUINO; MENEZES; QUEIROZ, 2007).

Estas armadilhas consistem em recipientes plásticos com diâmetro de 10 cm de altura e 10 cm de diâmetro, enterrados ao nível do solo, contendo líquido para matar e conservar os animais capturados (Figura 3). Nos pontos de amostragem, foram abertos buracos, com largura e profundidade suficientes para encaixar o recipiente de coleta, fixados até que a borda do recipiente ficasse nivelada com a superfície do solo, tomando o cuidado de evitar ao máximo a entrada de terra no frasco, pois isto dificultaria a posterior triagem do material. Uma vez instaladas as armadilhas, estas foram preenchidas com líquido conservante (formol 4%), em um volume equivalente a um terço da capacidade total do frasco.



Figura 3 - Armadilha do tipo *Pitfall-traps* para coleta da fauna epígea.

Seguindo as recomendações descritas por Aquino, Menezes e Queiroz (2007), visando assegurar confiabilidade aos resultados, foi tomado o cuidado de evitar que folhas ou gravetos atravessassem a armadilha e, desta forma, facilitassem o desvio dos animais, impedindo sua captura. Os recipientes foram cobertos com uma estrutura confeccionada com garrafas “pet” e suportes de madeira, visando impedir a entrada de água da chuva e, conseqüentemente, o transbordo da solução conservante ou sua diluição, comprometendo a qualidade das amostras.

Visando minimizar os efeitos da instalação sobre a coleta de organismos, após a abertura das cavidades, a armadilha foi instalada e repousou por um período de três dias, sendo ativada na data de plantio do minimilho. As amostras foram, então, coletadas em três momentos distintos do experimento, sendo que, em cada uma das coletas, as armadilhas permaneceram no campo por um período de 7 dias. Transcorrido o período, as armadilhas foram retiradas do campo, os frascos foram vedados e transportados para o laboratório. No laboratório, o conteúdo coletado nas armadilhas foi lavado em água corrente, para a retirada total da solução conservante, a qual poderia comprometer as articulações dos artrópodes. Para tanto, o conteúdo de cada *pitfall*, foi despejado em uma peneira de malha suficientemente fina (155 *mesh*) para evitar a passagem de pequenos organismos, sendo os espécimes, posteriormente, acondicionados em frascos contendo solução de álcool 70% (AQUINO; MENEZES; QUEIROZ, 2007).

3.3.1 Análise do material e identificação dos organismos

Os organismos coletados foram identificados com o auxílio de lupa binocular e materiais bibliográficos (RUPPERT; BARNES, 2005; BUZZI; MIYAZAKI, 2002) e, ainda, por comparação com outros exemplares depositados em coleções científicas, os quais constituem o material testemunho, também denominado de *voucher*. A maior parte dos grupos de organismos coletados, representados por *Collembola*, *Coleoptera*, *Araneae*, *Diptera*, *Hemiptera*, *Orthoptera*, *Isopoda*, *Dermaptera* e *Isoptera* foram identificados ao nível taxonômico de ordem, tendo suas quantidades registradas em cada amostra. Contudo, este nível de classificação taxonômica não foi empregado aos ácaros pertencentes à ordem *Acarina* e às formigas pertencentes à ordem *Hymenoptera*, os quais foram identificados ao nível taxonômico de subordem e gênero, respectivamente. Esta medida foi tomada em virtude da grande diversidade dentro do grupo, bem como sua capacidade em atuarem como indicadores de qualidade ambiental, de forma que uma classificação mais minuciosa poderia favorecer o entendimento da influência dos tratamentos na população e variedade de organismos. Os ácaros e formigas, juntamente com os colêmbolos, são utilizados como indicadores, pois ocorrem em grandes quantidades no solo, sendo facilmente determinados e, por não serem dotados de asas, como a maioria das demais ordens, não fogem, facilmente, sob condições ambientais adversas (PRIMAVESI, 1990).

As larvas, em virtude da difícil identificação das características que permitem sua classificação ao nível de ordem, não foram classificadas.

Os ácaros coletados permaneceram acondicionados em álcool 70% até o seu processamento, sendo empregada a técnica de Hoyer. Para isso, os ácaros foram, individualmente, posicionados de forma anatômica, entre lâmina e lamínula, utilizando-se o líquido de Hoyer para a clarificação dos tecidos, processo que facilita a visualização e identificação das características de cada grupo. Após a montagem, as lâminas permaneceram por um período de 10 dias em estufa, sob temperatura de 60 °C. Transcorrido esse período, os ácaros foram submetidos à identificação, realizada pelo Instituto Biológico de São Paulo – ESALQ.

As formigas, por sua vez, foram identificadas com auxílio de lupa binocular e chaves dicotômicas de classificação, como as contidas em Baccaro (2006) e Bolton (1994).

3.4 Análise dos Dados

A partir dos resultados obtidos, foi calculada a densidade de organismos, medida que expressa o tamanho da população, sendo os resultados obtidos para as armadilhas de queda convertidos a número de indivíduos por armadilha/dia.

Para os cálculos de densidade de organismos, fez-se uso dos dados referentes aos grupos da fauna edáfica com ocorrência superior a 1% do total de organismos coletados, enquanto que os demais foram considerados em um grupo, como outros. No entanto, para as análises de índices de diversidade, equitabilidade e riqueza de ordens, os organismos foram considerados independentemente.

Para cada tratamento, os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, segundo um esquema fatorial 2 X 4 (dois níveis de adubação, 0 e 100%, e 4 doses de aplicação de água residuária da suinocultura, 0, 150, 300 e 450 m³ ha⁻¹), com três repetições.

Os dados encontrados foram transformados por $x^{0.5}+0,5$ e submetidos à análise estatística, utilizando o *software* livre SISVAR, versão 4.2 (FERREIRA, 2003), adotando-se o teste F, a 5%, para comparação entre os tratamentos, seguido do teste de Scott-Knott a 5%, para comparação de médias.

Foram calculados também, a riqueza de fauna (número de grupos identificados) e os índices de diversidade de Shannon e equitabilidade de Pielou, para cada tratamento, utilizando-se o *software* livre Diversidade de Espécies - DivEs versão 2.0 (RODRIGUES, 2008).

A riqueza de grupos, segundo Odum (1983), corresponde ao número de total de grupos, ordens ou espécies observadas em uma comunidade e, segundo o mesmo autor, o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H) considera a riqueza das espécies e sua abundância relativa. Este índice mede o grau de incerteza em prever a que espécie pertencerá um indivíduo escolhido, ao acaso, de uma amostra com X espécies e N indivíduos. Quanto menor o valor do índice de Shannon, menor o grau de incerteza e, portanto, a diversidade da amostra é baixa. A diversidade tende a ser mais alta quanto maior o valor do índice, o qual é calculado por meio da equação 1:

$$H = - \sum p_i \cdot \log p_i \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

$p_i = n_i/N$;

n_i = densidade de cada grupo;

N = número total de grupos.

O Índice de Uniformidade de Pielou (e) é um indicador de equitabilidade ou uniformidade, em que a uniformidade refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies, ou seja, expressa a maneira pela qual o número de indivíduos está distribuído entre as diferentes espécies, indicando se elas possuem abundâncias (número de indivíduos) semelhantes ou divergentes. O índice é expresso de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, mais similar em abundância são as ordens, e é calculado por:

$$e = H / \log S \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

H = Índice de Shannon;

S = Número de espécies ou grupos.

Os atributos ecológicos (índices) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de significância, utilizando-se o *software* livre SisVar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características Químicas do Solo

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados referentes à caracterização química do solo, após a aplicação do efluente secundário do sistema de tratamento da água residuária da suinocultura, nos três períodos de amostragem.

Tabela 8 - Caracterização química final do solo da área experimental

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO						
PARÂMETROS	TRATAMENTOS					
	AD		ARS			
	0	100	0	100	200	300
Sódio (cmol _e /dm ³)	2,59	1,83	2,50	1,83	2,33	2,16
Cálcio (cmol _e /dm ³)	4,86	4,27	5,08	4,12	4,42	4,64
Magnésio (cmol _e /dm ³)	3,09	2,67	3,40	2,67	2,67	2,78
Potássio (cmol _e /dm ³)	0,26	0,38	0,16	0,28	0,36	0,48
H+Al (cmol _e /dm ³)	2,92	3,50	3,06	3,61	3,26	2,92
Soma bases (cmol _e /dm ³)	8,21	7,33	8,65	7,08	7,46	7,91
CTC (cmol _e /dm ³)	11,14	10,84	11,71	10,69	10,72	10,83
Carbono (g/dm ³)	12,26	19,72	12,06	12,26	28,11	11,52
Mat. orgânica (g/dm ³)	19,67	21,09	19,82	19,86	20,75	21,09
Sat. Bases (%)	73,36	67,06	73,12	65,66	69,40	72,67
Fósforo (mg/dm ³)	8,06	10,55	8,49	10,50	9,23	9,00
Ferro (mg/dm ³)	104,37	105,89	109,70	109,62	111,66	89,55
Manganês (mg/dm ³)	52,81	44,11	51,92	46,60	46,90	48,42
Cobre (mg/dm ³)	10,17	9,91	9,83	10,05	10,31	9,97
Zinco (mg/dm ³)	2,24	1,79	1,74	1,78	2,02	2,62
pH	6,37	6,08	6,31	6,08	6,23	6,28

Nota: *ARS = água residuária da suinocultura; AD = adubação nitrogenada.

4.2 Características Físicas do Solo

A análise física dos solos submetidos aos diferentes tratamentos, após a colheita do minimilho, não indicou alteração em relação às condições iniciais, tanto para os valores de densidade, macro e microporosidade. Os valores de densidade encontrados permaneceram entre 1,09 e 1,20 g cm⁻³, corroborando Archer e Smith (1972), os quais salientam que o limite máximo tolerado da densidade para solos argilosos é de 1,20 g cm⁻³, sendo que solos com densidade acima de 1,3 g cm⁻³ apresentam sérios problemas no que se refere à permeabilidade e à aeração. O mesmo foi exposto por Reichert, Reinert e Braida (2003), salientando que valores de densidade superiores a 1,5 g cm⁻³ interferem no bom

desenvolvimento do sistema radicular, em virtude da compactação do solo. Sochting e Larink (1992) e Baretta *et al.* (2007) salientam também que a compactação do solo leva à redução da população e biomassa de organismos edáficos, e que algumas espécies podem até mesmo desaparecer de um *habitat* submetido a essas condições, além de levar a alterações no funcionamento do ecossistema. Sendo assim, pode-se afirmar que os resultados obtidos neste estudo para a fauna edáfica não registraram qualquer benefício ou prejuízo em suas comunidades, em virtude de alterações físicas do solo.

4.3 Densidade de Organismos Edáficos em Cada Grupo

Na Tabela 9 é apresentado o resumo da análise de variância para os valores de densidade de organismos coletados em armadilha de queda, em função da aplicação de ARS e adubação nos três períodos de amostragem. Verifica-se que o valor de F não foi significativo para nenhum dos grupos de organismos amostrados na primeira coleta, realizada aos 7 DAS. Isto pode sugerir que a aplicação de AD ou ARS não tenha causado efeito sobre a densidade de organismos no solo, no período inicial.

Segundo Gomes (2000), os coeficientes de variação encontrados são classificados como médios para os grupos *Araneae*, *Hemiptera*, *Orthoptera*, Larvas e *Diptera*, que se encontram entre 10% e 20%, e altos para os demais grupos amostrados, cujos valores ultrapassam os 20%, apresentando, portanto, média e baixa homogeneidade dos dados, respectivamente. Em contrapartida, no segundo período de amostragem, verificou-se que o valor de F foi significativo para o fator ARS nas ordens *Collembola* e *Hymenoptera*, para o fator AD nas ordens *Collembola* e *Acarina* e, para a interação ARS X AD no grupo *Coleoptera*. Os coeficientes de variação reportados demonstram alta homogeneidade dos dados para o grupo das Larvas, pois este é inferior a 10%. Para as ordens *Araneae*, *Hemiptera*, *Acarina* e *Orthoptera*, os coeficientes de variação são tidos como médios, uma vez que estão entre 10% e 20%, enquanto que, para as demais ordens descritas o coeficiente de variação pode ser considerado alto, pois ultrapassa 20%.

No terceiro período de observação, os valores de F foram significativos para o fator ARS nas ordens *Collembola* e *Hymenoptera*, AD e interação ARS x AD no grupo *Coleoptera*. Contudo, como houve interação dos fatores em estudo, desconsidera-se a significância para o fator AD isolado e procede-se a análise da interação, por meio do desdobramento das médias. Os grupos *Araneae* e *Diptera* apresentaram coeficientes de variação baixos, indicando grande homogeneidade dos dados, uma vez que se encontram abaixo de 10%. Verifica-se, também, que os coeficientes referentes aos grupos de larvas, *Orthoptera* e *Hemiptera* são médios, estando compreendidos entre 10 e 20%, seguido das

demais ordens, *Hymenoptera*, *Collembola* e *Coleoptera*, cujos coeficientes são considerados altos, com valores superiores a 20%.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para a obtenção dos valores de F para a densidade dos grupos de organismos edáficos, coletados em armadilhas de queda, sob tratamento com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário da ARS e AD nos três períodos de amostragem.

ORDEM	FONTE DE VARIAÇÃO				CV (%)
	AD	ARS	ARS*AD	Bloco	
PRIMEIRA COLETA – 7 DAS					
<i>Araneae</i>	0,6033 ^{ns}	0,8337 ^{ns}	0,8573 ^{ns}	0,3871 ^{ns}	13,03
<i>Hymenoptera</i>	0,4459 ^{ns}	0,2523 ^{ns}	0,7056 ^{ns}	0,0858 ^{ns}	21,17
<i>Colembolla</i>	0,4851 ^{ns}	0,6595 ^{ns}	0,3445 ^{ns}	0,8297 ^{ns}	24,60
<i>Hemiptera</i>	0,2405 ^{ns}	0,4080 ^{ns}	0,3336 ^{ns}	0,1416 ^{ns}	10,09
<i>Coleoptera</i>	0,3785 ^{ns}	0,3151 ^{ns}	0,9633 ^{ns}	0,9633 ^{ns}	24,99
<i>Acarina</i>	0,8799 ^{ns}	0,5105 ^{ns}	0,2007 ^{ns}	0,3983 ^{ns}	26,24
<i>Orthoptera</i>	0,7764 ^{ns}	0,3447 ^{ns}	0,3460 ^{ns}	0,7952 ^{ns}	14,71
Larvas	0,3383 ^{ns}	0,8798 ^{ns}	0,6988 ^{ns}	0,0881 ^{ns}	16,51
<i>Diptera</i>	0,2017 ^{ns}	0,4407 ^{ns}	0,4572 ^{ns}	0,3954 ^{ns}	15,42
SEGUNDA COLETA – 41 DAS					
<i>Araneae</i>	0,9167 ^{ns}	0,6568 ^{ns}	0,2154 ^{ns}	0,7297 ^{ns}	13,72
<i>Hymenoptera</i>	0,3721 ^{ns}	0,0409*	0,8469 ^{ns}	0,4550 ^{ns}	24,46
<i>Colembolla</i>	0,0386*	0,0296*	0,1138 ^{ns}	0,1349 ^{ns}	54,69
<i>Hemiptera</i>	0,6369 ^{ns}	0,4736 ^{ns}	0,7808 ^{ns}	0,5226 ^{ns}	17,48
<i>Coleoptera</i>	0,5096 ^{ns}	0,4134 ^{ns}	0,0446*	0,7429 ^{ns}	37,98
<i>Acarina</i>	0,0322*	0,5594 ^{ns}	0,6739 ^{ns}	0,2558 ^{ns}	16,58
<i>Orthoptera</i>	0,3842 ^{ns}	0,8551 ^{ns}	0,9626 ^{ns}	0,2608 ^{ns}	14,95
Larvas	0,4830 ^{ns}	0,3514 ^{ns}	0,7192 ^{ns}	0,9002 ^{ns}	7,65
<i>Diptera</i>	0,1461 ^{ns}	0,2091 ^{ns}	0,0586 ^{ns}	0,9413 ^{ns}	28,03
TERCEIRA COLETA – 72 DAS					
<i>Araneae</i>	0,4994 ^{ns}	0,6762 ^{ns}	0,6762 ^{ns}	0,0678 ^{ns}	7,07
<i>Hymenoptera</i>	0,0675 ^{ns}	0,0353*	0,9427 ^{ns}	0,5373 ^{ns}	20,44
<i>Colembolla</i>	0,0534 ^{ns}	0,0216*	0,0985 ^{ns}	0,5334 ^{ns}	40,53
<i>Hemiptera</i>	0,4363 ^{ns}	0,7146 ^{ns}	0,9149 ^{ns}	0,7848 ^{ns}	18,83
<i>Coleoptera</i>	0,0020*	0,1114 ^{ns}	0,0479*	0,8071 ^{ns}	24,88
<i>Orthoptera</i>	0,4372 ^{ns}	0,9738 ^{ns}	0,2670 ^{ns}	0,1756 ^{ns}	10,41
Larvas	0,9059 ^{ns}	0,7642 ^{ns}	0,1959 ^{ns}	0,9598 ^{ns}	14,69
<i>Diptera</i>	0,6062 ^{ns}	0,9028 ^{ns}	0,4363 ^{ns}	0,1273 ^{ns}	8,49

Notas: * indica que o valor de F é significativo e “ns” que o valor de F não é significativo, em nível de 5% de significância. ARS = Água residuária de suinocultura; AD = Adubação; CV = Coeficiente de variação; DAS = Dias após a semeadura.

Na Tabela 10 é apresentado o resultado do teste de comparação de médias para as densidades de organismos edáficos, coletados em armadilhas de queda, sob tratamento com diferentes doses de aplicação de ARS e AD, nos três períodos de amostragem do estudo.

Tabela 10 - Médias da densidade dos grupos de organismos edáficos (organismos/armadilha/dia), coletados em armadilhas de queda, em solo sob tratamento com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário da ARS e AD, nos três períodos de amostragem

ORDEM	TRATAMENTO					
	AD		ARS			
	0	100	0	100	200	300
PRIMEIRA COLETA – 7 DAS						
<i>Araneae</i>	0,09 A	0,13 A	0,09 A	0,09 A	0,16 A	0,09 A
<i>Hymenoptera</i>	3,54 A	4,13 A	4,16 A	3,21 A	5,26 A	2,97 A
<i>Colembolla</i>	10,91 A	12,39A	12,69 A	12,95 A	11,80 A	9,16 A
<i>Hemiptera</i>	0,16 A	0,10 A	0,07 A	0,18 A	0,11 A	0,16 A
<i>Coleoptera</i>	0,83 A	1,10 A	0,66 A	1,11 A	1,40 A	0,66 A
<i>Acarina</i>	0,52 A	0,44 A	0,38 A	0,26 A	0,76 A	0,52 A
<i>Orthoptera</i>	0,13 A	0,16 A	0,07 A	0,14 A	0,28 A	0,07 A
Larvas	0,12 A	0,20 A	0,23 A	0,11 A	0,14 A	0,14 A
<i>Diptera</i>	0,16 A	0,04 A	0,02 A	0,04 A	0,16 A	0,19 A
SEGUNDA COLETA – 41 DAS						
<i>Araneae</i>	0,20 A	0,20 A	0,14 A	0,26 A	0,26 A	0,16 A
<i>Hymenoptera</i>	3,86 A	3,19 A	2,54 A	2,80 A	6,14 B	2,61 A
<i>Colembolla</i>	12,13 A	2,95 B	4,30 A	2,57 A	20,83 B	2,45 A
<i>Hemiptera</i>	0,47 A	0,52 A	0,35 A	0,69 A	0,49 A	0,45 A
<i>Acarina</i>	0,31 A	0,07 B	0,19 A	0,23 A	0,27 A	0,07 A
<i>Orthoptera</i>	0,10 A	0,17 A	0,09 A	0,16 A	0,19 A	0,16 A
Larvas	0,03 A	0,05 A	0,04 A	0,08 A	0,04 A	0,00 A
<i>Diptera</i>	0,67A	0,42A	0,40 A	0,66 A	0,30 A	0,83 A
TERCEIRA COLETA – 72 DAS						
<i>Araneae</i>	0,07 A	0,05 A	0,06 A	0,02 A	0,06 A	0,06 A
<i>Hymenoptera</i>	3,22 A	2,26 A	1,69 A	2,57 A	4,35 B	2,35 A
<i>Colembolla</i>	7,57 A	2,79 A	3,73 A	2,26 A	12,14 B	2,59 A
<i>Hemiptera</i>	0,41 A	0,30 A	0,26 A	0,47 A	0,40 A	0,30 A
<i>Orthoptera</i>	0,04 A	0,08 A	0,03 A	0,07 A	0,07 A	0,07 A
Larvas	0,12 A	0,10 A	0,07 A	0,07 A	0,14 A	0,16 A
<i>Diptera</i>	0,03 A	0,05 A	0,06 A	0,04 A	0,04 A	0,02 A

Notas: Letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si de acordo com o Teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância. DAS = dias após a semeadura.

Verifica-se que, no primeiro período de amostragem, não houve efeito significativo da aplicação de ARS e AD sobre os organismos da fauna edáfica, enquanto que, para as demais coletas, é possível observar diferenças estatísticas para alguns grupos da meso e macrofauna. Na segunda amostragem, estas significâncias foram registradas para os grupos *Collembola* e *Hymenoptera*, quando da aplicação de 200 m³ ha⁻¹ de ARS, e dos grupos *Coleoptera* e *Acarina*, quando da aplicação da adubação nitrogenada (tratamento AD). Observaram-se ainda diferenças significativas para os grupos da meso e macrofauna, *Collembola* e *Hymenoptera*, quando da aplicação de 200 m³ ha⁻¹ de ARS, no terceiro período de amostragem.

4.3.1 Densidade de *collembola*

Os resultados apresentados na Tabela 10 demonstram que não houve efeito estatisticamente significativo da aplicação de ARS e AD, aos 7 DAS, sobre a densidade de

colêmbolos. Apesar disso, foi contabilizado um total, nesta amostragem, de 3381 organismos, distribuídos entre todos os grupos encontrados, sendo que, deste total 1958 representaram a ordem *Collembola*, predominando em todos os tratamentos avaliados e, portanto, dominância de organismos pertencentes à mesofauna. Este mesmo comportamento, quanto à ordem, foi descrito por Alves (2006), em solos cultivados com aveia seguida de milho, verificando seu predomínio em relação às demais ordens em todos os tratamentos, compostos por fertilizante mineral (NPK) e ARS de suínos em terminação, provenientes de uma esterqueira, após 40 dias de armazenagem (tratamento primário), nas doses de 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹. O autor relata também, que a maior densidade destes organismos na primeira coleta ocorreu também com a aplicação de 100 m³ ha⁻¹, sugerindo que, ao menos inicialmente, existam condições mais favoráveis ao desenvolvimento deste grupo, sob estas condições, ou que este resultado seja ainda um reflexo do histórico de aplicação, também descrito pelo autor, durante seis anos consecutivos. Por outro lado a menor densidade para o grupo foi constatada com a utilização de 300 m³ ha⁻¹ de ARS, sugerindo que a utilização desta elevada dose seja tóxica aos organismos.

Ao se avaliar o efeito do fator AD, verifica-se que a maior ocorrência foi registrada nas parcelas que receberam a adição de adubação nitrogenada com 12,39 organismos/armadilha/dia. Este resultado contrasta com os obtidos por Chagnon, Hebert e Pare (2000) e Alves (2006), os quais verificaram, ainda na primeira coleta, que as parcelas submetidas à adição de fertilizantes apresentaram as menores densidades de organismos, sugerindo, portanto, efeito negativo sobre a ordem. Sendo assim, o resultado obtido pode estar associado à menor cobertura vegetal remanescente da cultura da aveia observada nas parcelas que não receberam a adição de fertilizante mineral, corroborando os estudos realizados por Rovedder *et al.* (2004), os quais verificaram que a baixa umidade, decorrente da maior exposição proporcionada pela falta de cobertura do solo, influenciou a densidade de organismos pertencentes a esta ordem, por serem muito dependentes da disponibilidade de água no solo.

A partir da segunda coleta, verifica-se que a adição de fertilizantes nitrogenados e orgânicos, exerceu efeitos sobre a fauna edáfica quanto a sua densidade, considerando-se que houve redução do número de organismos em relação à primeira coleta, reduzindo a valores de 2885 exemplares, ou seja, houve uma redução de, aproximadamente, 500 organismos no total. Observa-se na Tabela 10, quanto à ordem *Collembola*, que sua maior densidade foi encontrada para a dose de 200 m³ha⁻¹, sendo registrados 20,83 organismos/armadilha/dia, ocorrendo um incremento em relação à primeira coleta. Vale salientar que o total de densidades obtidas para o grupo, utilizando as demais doses de ARS somadas, não chegam à metade do total registrado isoladamente com a dose de 200 m³ ha⁻¹, demonstrando ser esta uma condição favorável ao seu desenvolvimento. A

dose de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ que, inicialmente, apresentou a maior densidade para o grupo teve esse índice reduzido em relação à primeira coleta, acompanhado dos demais tratamentos, que responderam da mesma maneira.

Alves (2006), em seus estudos de fauna edáfica em solo submetido a tratamento com ARS proveniente do tratamento primário em esterqueira, durante seis anos consecutivos, descreveu resultados semelhantes, observando redução gradativa na ordem *Collembola* em relação à primeira coleta, registrando para a dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a maior densidade de organismos. Segundo o autor, este resultado pode ser reflexo não só de uma condição ideal quanto à aplicação de efluentes, mas também de uma boa cobertura vegetal, o que favoreceria uma maior ocorrência do grupo.

No presente estudo, esses dois fatores associados parecem ter contribuído para o grande êxito deste grupo, sob estas condições, pois foram reportadas baixas densidades com o uso das menores doses de ARS (0 e $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), o que teria desfavorecido a ocorrência de boa cobertura vegetal, bem como o uso da dose máxima de ARS, que favoreceu o grande desenvolvimento vegetativo no minimilho, porém acompanhado de queda da densidade do grupo. Logo, pode-se sugerir que doses médias de aplicação do efluente secundário do tratamento da ARS e boa cobertura vegetal atuam simultaneamente para o desenvolvimento e sobrevivência do grupo. Além disso, os colêmbolos são bastante dependentes da disponibilidade de matéria orgânica para sua alimentação, a qual pode ser fornecida pelos restos vegetais da própria cultura.

Esta alta densidade de organismos, promovida pela disponibilidade de alimento associada às boas condições edafoclimáticas, segundo Lavelle (1996), teria favorecido, indiretamente, outros grupos como *Araneae*, *Coleoptera* e *Acarina*, os quais se alimentam dentre outros organismos, também dos pertencentes a esta ordem *Collembola*, elevando a diversidade local.

Resultados semelhantes quanto à adição de dejetos também foram relatados por Melo (2006), que utilizou em seu estudo lodo de esgoto proveniente de duas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), em diferentes taxas de aplicação, por três anos consecutivos, na cultura do milho, quando comparados com a adubação mineral. O autor relata que, na segunda análise, realizada durante o segundo ciclo de cultura, houve aumento na densidade de colêmbolos em relação à coleta realizada no ano anterior, em todas as doses avaliadas, principalmente com a utilização de doses mais elevadas, correspondendo a quatro e oito vezes as necessidades da cultura quanto aos teores de NPK. Verificou, ainda, que entre os dois lodos empregados, houve tendência a uma maior densidade em um destes, demonstrando a capacidade destes organismos fornecerem respostas com base na concentração de elementos nos efluentes, reforçando a ideia de que alguns fatores como origem e tratamento alteram a composição dos resíduos.

Quando os tratamentos referem-se ao fator AD, foi possível verificar diferença significativa entre eles, com maior densidade no solo no qual não se fez uso de fertilizantes nitrogenados. Estes resultados contrastam com a primeira amostragem e sugerem que a adição deste tipo de fertilizante pode influenciar negativamente esta ordem, corroborando os resultados obtidos por Alves (2006), que observou redução na quantidade de colêmbolos em solo submetido à aplicação de adubação mineral. Resultados semelhantes foram obtidos por Melo (2006), que verificou que a adição de fertilizantes minerais, embora tenha favorecido maior densidade da ordem *Collembola* na primeira coleta, proporcionou seu decréscimo no segundo período de amostragem, quando os resultados foram comparados aos obtidos no tratamento testemunha, com o qual foi obtido a maior densidade destes organismos.

No terceiro período de amostragem, foi verificada uma nova queda na quantidade total de organismos coletados, chegando a 1637 indivíduos. Este resultado representa uma diminuição de, aproximadamente, 1250 organismos em relação à segunda coleta e 1745 em relação à primeira, reforçando a ideia de que o reúso de efluentes do tratamento secundário da suinocultura e os fertilizantes podem levar a prejuízos da fauna edáfica de modo geral, com o passar do tempo, em virtude de suas características químicas. Apesar disso, a Tabela 10 demonstra que a exemplo das demais coletas, a maior densidade ainda se manteve quando da adição de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de ARS.

Resultados semelhantes foram descritos por Alves (2006), verificando o acréscimo de organismos na segunda coleta, seguido de queda abrupta na terceira amostragem, utilizando a mesma dose de aplicação de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, resultado atribuído ao longo período de estiagem, embora a maior densidade tenha permanecido sob esta dose de efluente proveniente do tratamento primário da ARS.

Melo (2006) demonstrou que, no terceiro período de amostragem, o grupo sofreu queda em todas as doses empregadas, nos dois lodos utilizados, sugerindo que, embora os dejetos possam exercer efeitos benéficos sobre a fauna, com o passar do tempo os benefícios podem ser reduzidos. Este resultado pode encontrar explicação em um possível acúmulo de substâncias tóxicas inerentes ao tipo de dejetos utilizado. Esta explicação pode ser válida também para o presente estudo, uma vez que substâncias passíveis de acúmulo são comuns em efluentes da suinocultura, como os metais pesados. No entanto, estudos realizados com lodos de esgoto, por Bruce *et al.* (1999), mostraram que o lodo contaminado por Cu e Zn não influenciou a abundância de *Collembola* em geral, tendo ocorrido diferenças em nível de espécies. Adicionalmente, os mesmos autores informaram haver espécies de colêmbolos que preferem solos contaminados por Zn, Cu, Cd, Ni, Cr e Pb e espécies que se desenvolvem melhor em solos não contaminados por metais pesados. Esta hipótese pode explicar parcialmente os resultados alcançados neste experimento, embora

resultados mais satisfatórios pudessem ter sido obtidos com um estudo mais detalhado em nível taxonômico deste grupo, separando as espécies encontradas.

Apesar desta possibilidade, outro fator que pode ter exercido influência pode estar relacionado à baixa umidade do solo, verificada na terceira coleta, decorrente de um longo período de estiagem, fator que pode ter favorecido o incremento da temperatura do solo. Esta possibilidade é reforçada se for considerado que a cultura se encontrava bastante debilitada em virtude da falta de chuva. Segundo Assad (1997), a queda na umidade do solo e as altas temperaturas podem ter levado os organismos à morte, por restrição dos processos metabólicos ou estes podem ter migrado para outros locais ou para a subsuperfície. Afirmações semelhantes foram encontradas em Badejo, Nathaniel e Tian (1998), que encontraram correlação positiva e negativa, respectivamente, para a umidade e temperatura do solo entre populações de colêmbolos com coberturas de diferentes qualidades.

Segundo Nunes, Araújo Filho e Menezes (2008) e Bandeira e Harada (1998), é comum que boa parte da fauna edáfica migre da superfície do solo, quando este apresenta deficiência de umidade, para a camada mineral mais profunda, retornando para a superfície, quando a umidade é restabelecida. Segundo Primavesi (1990), a temperatura e umidade são fatores que afetam a mesofauna, pois a alta temperatura e a baixa umidade do solo ressecam a finíssima película que cobre seus corpos, levando-os a morte. Esta possibilidade corrobora o exposto por Morselli, Vitti e Faria (2005), que verificaram quedas acentuadas no número destes grupos, em solos de baixa umidade, em um pomar de pessegueiros conduzido sob perspectiva de transição agroecológica.

Verifica-se, também, que, embora não tenha sido constatada diferença significativa entre os dois níveis de adubação, é possível perceber a maior densidade destes organismos no solo em que não se tenha feito o uso de adubo nitrogenado, reforçando a ideia de que sejam maléficos para estes organismos. Segundo Alves (2006), após transcorridos oito meses da aplicação de fertilizantes minerais em seu estudo, foi possível constatar diferença de, aproximadamente, 8% na densidade de organismos pertencentes à ordem, se comparadas com o tratamento controle, sugerindo que o efeito da adubação mineral sobre os organismos é longo e tardio. Ainda, analisando-se os dados do teste de médias, verifica-se que a redução na densidade de organismos da ordem foi acentuada em relação à segunda coleta, para os dois níveis de AD, sugerindo, portanto, que a baixa precipitação colaborou para os resultados obtidos no presente estudo.

Apesar dos indicativos obtidos para a ordem *Collembola*, verifica-se que algumas respostas não seguiram uma tendência, oscilando e não permitindo o estabelecimento de um padrão comportamental ao longo do ciclo da cultura como um todo, principalmente quando ao fator AD. Tais resultados podem ser decorrentes do histórico de aplicação de

efluentes, em que o residual dificultou a identificação dos efeitos. Esta constatação, como poderá ser verificado adiante, estende-se, também, às demais ordens. Por outro lado, ficou bastante claro que a adição de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de efluente do tratamento secundário da ARS fornece, sob as condições estudadas, um ambiente propício ao desenvolvimento do grupo, enquanto que em doses superiores a esse valor, ocorre o comprometimento severo do grupo.

4.3.2 Densidade de *araneae*

A ordem *Araneae* apresentou baixa densidade, em relação ao total de organismos coletados. Este resultado, como poderá ser observado, é reflexo da grande dominância, principalmente dos grupos *Collembola* e *Hymenoptera*, demonstrando que, embora grande número de indivíduos tenha sido coletado, não significa que o ambiente esteja equilibrado, pois este alto valor está associado, em sua maior parte, à presença das duas ordens dominantes.

Na primeira análise realizada aos 7 DAS, a maior densidade de *Araneae* foi verificada com a utilização de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de efluente do tratamento secundário da ARS e, entre os níveis de AD, quando se fez o uso de adubação nitrogenada, sugerindo que a densidade desse grupo seja influenciada por altas doses de efluente secundário de ARS e adubos nitrogenados, resultados que estão de acordo com o exposto por Alves (2006), quanto ao uso de AD, mas diferem em relação à utilização de efluente primário de ARS. Este autor relata que a adição de doses superiores a $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ levaram à queda na densidade populacional do grupo. Resultado que pode ser atribuído às características químicas da água empregada no estudo, a qual apresenta características diferenciadas quanto à carga orgânica e concentração de elementos, uma vez que foi submetida apenas ao tratamento preliminar e primário.

A média do grupo passou por leve acréscimo em sua densidade, durante a segunda amostragem, havendo predominância com o uso de 100 e $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, enquanto que entre os níveis de AD não houve diferença nos resultados. Novamente, estes resultados contrastam com os descritos por Alves *et al.* (2008), que demonstraram que o uso de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de ARS foi prejudicial ao grupo, o que levou à menor densidade de organismos entre os tratamentos utilizados. O aumento do grupo, segundo Lavelle (1996), pode estar ainda, atrelado ao aumento no número de indivíduos pertencentes à ordem *Colembolla*, neste período, os quais fazem parte da dieta de muitos indivíduos pertencentes à ordem *Araneae*, tornando o ambiente mais propício para o grupo.

A análise posterior, realizada aos 72 DAS, demonstra queda na densidade do grupo em relação à segunda coleta, em todos os níveis avaliados de ARS e AD. Entre as

doses de efluente as maiores médias ocorreram com a aplicação de 0, 200 e 300 m³ ha⁻¹ de ARS, resultados que contrastam com os obtidos nas análises anteriores, em que doses elevadas pareciam exercer efeitos inibitórios sobre o grupo. Considerando-se que a redução ocorreu de modo semelhante em todas as situações, inclusive com a dose de 0 m³ ha⁻¹, este resultado parece estar mais associado à estiagem prolongada que a efeitos gerados pelos tratamentos, possibilidade que pode também estar associada ao comportamento registrado para o fator AD. Outra hipótese capaz de explicar este resultado refere-se à queda na densidade de organismos da ordem *Collembola*, os quais são a base alimentar de muitos organismos deste grupo.

Estes resultados demonstram, de um modo geral, tendência a uma maior ocorrência destes organismos sob a dose de 200 m³ ha⁻¹ de efluente do tratamento secundário, sugerindo efeitos benéficos sobre o grupo, aumentado quando comparado a dose de 0 m³ ha⁻¹. Logo, este resultado sugere que, desde que respeitados os limites de tolerância, a fauna do grupo é beneficiada pela adição de efluentes.

4.3.3 Densidade de díptera

A Tabela 10 demonstra que não ocorreram diferenças estatísticas nas médias referentes ao grupo *Díptera* em nenhum dos períodos analisados, entretanto, observa-se que no primeiro e segundo períodos de amostragem, tiveram sua densidade máxima no solo quando submetido à aplicação de 300 m³ ha⁻¹ de efluente do tratamento secundário da ARS, sugerindo que estes organismos sejam mais tolerantes a elevadas doses de aplicação desses efluentes, quando comparados aos demais grupos encontrados. Este resultado é similar ao exposto por Büchs (2003), que constatou que o uso intensivo de fertilizantes orgânicos pode influenciar positivamente algumas famílias pertencentes ao grupo.

Quanto ao fator AD, verifica-se que a menor densidade ocorreu com a utilização de adubo nitrogenado, corroborando o exposto por Alves (2006), que verificou, sob condições similares, que a adição de fertilizantes minerais influenciou negativamente a densidade populacional deste grupo. Segundo Correia (2007), este resultado está associado à concentração de nitrogênio, conclusão obtida em seu estudo em duas áreas submetidas individualmente ao cultivo de milho e trevo. O autor verificou que nos solos em que houve acúmulo de nitrogênio pelo trevo, ocorreu melhor qualidade do solo e maior densidade da ordem. Estes mesmos resultados foram observados na segunda amostragem.

Na terceira amostragem, houve queda na densidade média destes organismos em relação às amostragens anteriores, para todos os níveis avaliados em cada um dos dois fatores de interesse. Para as doses de ARS, a maior densidade foi registrada para a dose de 0 m³ ha⁻¹, contrastando com os resultados obtidos nas amostragens anteriores e

corroborando os resultados encontrados por Alves (2006). Sendo assim, este resultado pode sugerir que o uso de dejetos sobre o solo pode trazer efeitos tardios a determinados grupos, principalmente com a aplicação de elevadas doses no solo. Além disso, como a redução na densidade esteve associada a todos os níveis, é possível que a estiagem tenha exercido efeitos sobre o grupo, levando-os à morte ou à migração, possibilidade aplicável também aos resultados encontrados para o fator AD.

4.3.4 Densidade de *hemiptera*

A análise estatística das médias, durante os três períodos de amostragem, apresentada na Tabela 10, demonstra que o grupo *Hemiptera* apresentou melhor resposta quanto à adição de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de efluente do tratamento secundário de ARS, sugerindo que são sensíveis a elevadas doses deste tipo de efluente.

Quanto ao fator AD, não foi verificada tendência ao longo do estudo, quanto à melhor condição proporcionada para os organismos deste grupo, impedindo o estabelecimento de uma tendência comportamental sob estas condições.

Contudo a ausência de trabalhos voltados ao estudo deste grupo, utilizando resíduos, de um modo geral, acabou dificultando a discussão dos resultados, embora quanto ao uso de efluentes uma tendência tenha sido observada para o uso de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e sirva como indícios de comportamento do grupo quanto a esta prática.

4.3.5 Densidade de larvas

Durante os três períodos de análise, verificou-se que as larvas não apresentaram nenhuma diferenciação estatística entre os níveis dos fatores estudados, nem mesmo um padrão comportamental que permitisse inferir possibilidades ao comportamento apresentado. Certamente, esta impossibilidade de discussão dos resultados teria sido evitada caso as larvas tivessem sido identificadas ao nível taxonômico de ordem. Este procedimento permitiria dizer se o comportamento verificado apresentava alguma relação com o aumento nas densidades das ordens em sua forma adulta, indicando, portanto, se elas atingiram tal fase de desenvolvimento ou se morreram em virtude de possíveis danos causados pelos tratamentos empregados.

4.3.6 Densidade de *orthoptera*

A ordem *Orthoptera* apresentou baixa densidade e não demonstrou nenhuma diferenciação estatística nos três períodos avaliados quanto a nenhum dos fatores. No

entanto, ao longo dos três períodos, foi possível verificar uma tendência no comportamento deste grupo, indicando condições mais favoráveis ao desenvolvimento do grupo sob as condições de aplicação de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e adição de 100% da adubação nitrogenada, recomendada para o ciclo da cultura do minimilho.

Dentre estas tendências, as análises demonstraram ainda que a ordem apresenta uma resposta crescente de sua densidade à medida que se eleva a dose de efluente do tratamento secundário até a adição de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, decrescendo em doses superiores, sugerindo que o uso de doses elevadas de ARS pode comprometer o grupo. Observou-se que a densidade média do grupo reduziu, ao longo das análises, sugerindo que a adição de efluentes com estas características possam exercer efeitos temporais sobre a distribuição do grupo.

4.3.7 Densidade de *hymenoptera*

As formigas, segundo Marinho *et al.* (2002), são tidas como bons indicadores de áreas que sofreram ações antrópicas, graças à forte relação com o estado da vegetação, solo e decomposição. Algumas características peculiares do grupo garantem a elas, de um modo geral, este *status*, como: abundância elevada, riqueza de espécies, facilidade de amostragem, separação em morfo-espécies e táxons especializados capazes de perceber as alterações do ambiente.

Verifica-se na Tabela 10, que as formigas, pertencentes à ordem *Hymenoptera*, representaram a segunda maior densidade no solo, sendo sua maior ocorrência aos 7 DAS verificada nas parcelas que receberam $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, com 5,26 organismos/armadilha/dia, embora não tenha diferido estatisticamente das demais doses utilizadas. Quanto ao fator AD, a utilização de fertilizantes nitrogenados, parece exercer efeito positivo sobre a distribuição destes organismos, porquanto, sob estas condições, a captura foi maior, embora também não tenha ocorrido diferenciação estatística em relação às parcelas não adubadas. Apesar de ter sido verificada esta tendência, as formigas foram encontradas em todas as situações de estudo, sugerindo que parte destes resultados podem estar relacionados a grande facilidade de locomoção desta ordem. Além disso, Cordeiro *et al.* (2004) ressaltaram que resultados como os obtidos no presente estudo podem ter sua distribuição similar e a não diferenciação estatística associada à proximidade das áreas, principalmente para este grupo que possui elevada mobilidade, transitando constantemente de uma área para outra.

As análises realizadas aos 41 e 72 DAS, demonstraram que a ordem *Hymenoptera* sofreu alteração em virtude da aplicação de diferentes doses de efluente do tratamento secundário da ARS, sendo observada significância para o uso de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, nos dois períodos, em que foi obtida a maior densidade de organismos. Nestes dois períodos, é

possível perceber, também, que a média de formigas aumentou gradativamente até a dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, a partir da qual houve decréscimo acentuado, obtendo-se valores muito próximos aos obtidos para a dose de $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Este resultado demonstra, portanto, que a adição de ARS, embora favoreça o incremento na população de formigas, torna-se um fator limitante em doses elevadas.

O benefício quanto à adição de resíduos animais sobre a macrofauna, foi descrito também por Quédraogo, Mando e Brussaard (2006), que verificou que a adição esterco de ovelhas sobre o solo favoreceu a ocorrência destes organismos. Verifica-se, ainda, que houve decréscimo na densidade média do grupo em relação à primeira coleta, para todas as doses de ARS empregadas, exceto com o uso de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Segundo Parr *et al.* (2007), este resultado pode ser atribuído à melhor qualidade de cobertura do solo, aumentando assim a frequência de ocorrência das demais ordens.

Os resultados obtidos são similares aos encontrados por Alves *et al.* (2008), que relatou que as densidades médias de formigas aumentaram com a aplicação do efluente primário do tratamento da ARS, com ocorrência máxima aos $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Contudo, contrariamente ao resultado obtido neste estudo, o autor relata que, utilizando a dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, as formigas sofreram redução gradativa à essa medida, com o passar do tempo. Embora nos dois casos, as áreas em estudo apresentem histórico de aplicação de ARS, é importante salientar que o referido autor utilizou ARS com características bastante diferenciadas da usada no presente estudo.

Quanto ao fator AD, verifica-se que aos 41 e 72 DAS, a maior densidade foi obtida nas parcelas não submetidas ao fertilizante nitrogenado. Alves (2006) atribuiu este resultado à baixa qualidade e quantidade de alimento no solo, o que acaba favorecendo a ordem, pois outros grupos mais sensíveis e de menor mobilidade não competem pela área, ao contrário das parcelas receptoras de adubação em que a vegetação mais desenvolvida e com maior quantidade de matéria orgânica propiciam condições mais favoráveis ao estabelecimento dos demais grupos edáficos.

No terceiro período de análise, embora resultados significativos tenham sido obtidos, verifica-se que houve queda na densidade de organismos em relação à segunda amostragem para todas as doses de ARS e AD. Estes resultados sugerem que, embora a aplicação de águas residuárias possa beneficiar a fauna, efeitos negativos podem ocorrer com o passar do tempo, assemelhando-se aos resultados descritos por Alves *et al.* (2008), os quais verificaram queda na densidade de formigas com o passar do tempo, utilizando doses de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Estes resultados foram ainda mais marcantes quando utilizada a dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, relatando-se quedas na ordem de 75%, após terem sido efetuadas três coletas. Além disso, a estiagem do período pode ter sido um fator determinante para o estabelecimento deste quadro, resultado também descrito por Alves (2006).

Considerando-se a imensa diversidade do grupo *Hymenoptera*, especificamente as formigas, as respostas geradas podem variar muito entre grupos específicos. Sendo assim, estes organismos foram classificados ao nível taxonômico de gênero, visando obter respostas mais acuradas, cujos resultados são apresentados nas tabelas 11 e 12.

Observa-se, na Tabela 11, que os valores de F foram significativos aos 7 e aos 41 DAS. Aos 7 DAS houve significância para a interação ARS x AD, na família *Formicinae*, gênero *Brachymyrmex*. Os resultados do desdobramento de médias estão apresentados na Tabela 13, demonstrando que a interação ocorreu entre o uso de AD e as doses de 100 e 300 m³ ha⁻¹, as quais não diferiram entre si. Verifica-se, ainda, que houve interação da dose de 0 m³ ha⁻¹ e com o uso de AD recomendada.

Aos 41 DAS, os resultados foram significativos para o fator ARS e bloco para os gêneros *Solenopsis* e *Tapinoma*, respectivamente. Os valores médios de densidade das formigas, apresentados na Tabela 12, demonstram que ocorreram diferenças estatísticas ao nível de 5%, aos 41 DAS, quanto ao efeito das doses de 0 e 300 m³ ha⁻¹, para a família *Myrmicinae*, gênero *Solenopsis*.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância para a obtenção dos valores de F para a densidade de formigas em cada gênero, coletados em armadilhas de queda, sob tratamento com diferentes doses de efluente do tratamento secundário da ARS e AD nos três períodos de amostragem

(continua)

FAMÍLIA	GÊNERO	FONTE DE VARIAÇÃO				
		AD	ARS	AD*ARS	BLOCO	CV
PRIMEIRA COLETA – 7 DAS						
<i>Ponerinae</i>	<i>Hypoponera</i>	0,7111 ^{ns}	0,9977 ^{ns}	0,4025 ^{ns}	0,4050 ^{ns}	16,88
	<i>Pachycondyla</i>	0,8800 ^{ns}	0,8284 ^{ns}	0,1645 ^{ns}	0,2867 ^{ns}	16,39
<i>Formicinae</i>	<i>Camponotus</i>	0,6098 ^{ns}	0,1403 ^{ns}	0,7398 ^{ns}	0,6503 ^{ns}	12,02
	<i>Brachymyrmex</i>	0,4977 ^{ns}	0,6545 ^{ns}	0,0106*	0,3787 ^{ns}	16,85
<i>Dolichoderinae</i>	<i>Dorymyrmex</i>	0,5798 ^{ns}	0,9257 ^{ns}	0,1633 ^{ns}	0,5122 ^{ns}	19,81
	<i>Tapinoma</i>	0,8237 ^{ns}	0,1379 ^{ns}	0,8909 ^{ns}	0,8534 ^{ns}	21,89
	<i>Dolichoderus</i>	0,4947 ^{ns}	0,3076 ^{ns}	0,8124 ^{ns}	0,1802 ^{ns}	27,37
<i>Ecitoninae</i>	<i>Nomamyrmex</i>	0,4714 ^{ns}	0,6129 ^{ns}	0,2884 ^{ns}	0,3180 ^{ns}	46,92
	<i>Neivamyrmex</i>	0,9906 ^{ns}	0,9501 ^{ns}	0,4719 ^{ns}	0,3675 ^{ns}	36,53
	<i>Pheidole</i>	0,3343 ^{ns}	0,4217 ^{ns}	0,2417 ^{ns}	0,3927 ^{ns}	7,29
<i>Myrmicinae</i>	<i>Solenopsis</i>	0,9936 ^{ns}	0,7471 ^{ns}	0,6229 ^{ns}	0,365 ^{ns}	32,30
	<i>Atta</i>	0,3343 ^{ns}	0,4217 ^{ns}	0,4217 ^{ns}	0,3927 ^{ns}	11,14
	<i>Olygomyrmex</i>	0,3834 ^{ns}	0,6858 ^{ns}	0,5056 ^{ns}	0,0882 ^{ns}	23,20
	<i>Acromyrmex</i>	0,3654 ^{ns}	0,4623 ^{ns}	0,6527 ^{ns}	0,4016 ^{ns}	13,89
	<i>Cephalotes</i>	0,4486 ^{ns}	0,7307 ^{ns}	0,2617 ^{ns}	0,3768 ^{ns}	12,18

(conclusão)

SEGUNDA COLETA – 41 DAS						
<i>Ponerinae</i>	<i>Hypoponera</i>	0,8144 ^{ns}	0,3935 ^{ns}	0,6906 ^{ns}	0,6442 ^{ns}	21,70
	<i>Pachycondyla</i>	0,5593 ^{ns}	0,8384 ^{ns}	0,976 ^{ns}	0,3258 ^{ns}	14,08
<i>Formicinae</i>	<i>Camponotus</i>	0,3343 ^{ns}	0,4217 ^{ns}	0,4217 ^{ns}	0,3927 ^{ns}	7,29
	<i>Brachymyrmex</i>	0,9975 ^{ns}	0,1816 ^{ns}	0,9999 ^{ns}	0,6365 ^{ns}	3,96
<i>Dolichoderinae</i>	<i>Dorymyrmex</i>	0,1743 ^{ns}	0,2802 ^{ns}	0,1812 ^{ns}	0,0906 ^{ns}	14,60
	<i>Tapinoma</i>	0,1664 ^{ns}	0,1364 ^{ns}	0,7529 ^{ns}	0,0343*	11,10
	<i>Dolichoderus</i>	0,9443 ^{ns}	0,3909 ^{ns}	0,8436 ^{ns}	0,3315 ^{ns}	11,82

<i>Ecitoninae</i>	<i>Nomamyrmex</i>	0,2881 ^{ns}	0,1338 ^{ns}	0,4310 ^{ns}	0,0557 ^{ns}	14,09
	<i>Neivamyrmex</i>	0,3495 ^{ns}	0,2628 ^{ns}	0,3982 ^{ns}	0,1331 ^{ns}	25,23
	<i>Eciton</i>	0,3104 ^{ns}	0,0978 ^{ns}	0,2608 ^{ns}	0,6105 ^{ns}	6,97
<i>Myrmicinae</i>	<i>Solenopsis</i>	0,8903 ^{ns}	0,0115*	0,4205 ^{ns}	0,6388 ^{ns}	19,68
	<i>Atta</i>	0,450 ^{ns}	0,1569 ^{ns}	0,3518 ^{ns}	0,9697 ^{ns}	11,19
	<i>Olygomerymex</i>	0,8301 ^{ns}	0,0707 ^{ns}	0,9879 ^{ns}	0,5500 ^{ns}	52,64
	<i>Cephalotes</i>	0,1058 ^{ns}	0,5584 ^{ns}	0,347 ^{ns}	0,1972 ^{ns}	9,45
TERCEIRA COLETA - 72 DAS						
<i>Ponerinae</i>	<i>Hypoponera</i>	0,7688 ^{ns}	0,5211 ^{ns}	0,2655 ^{ns}	0,9659 ^{ns}	17,69
	<i>Pachycondyla</i>	0,5790 ^{ns}	0,8455 ^{ns}	0,3512 ^{ns}	0,1689 ^{ns}	8,07
<i>Formicinae</i>	<i>Camponotus</i>	0,3343 ^{ns}	0,4217 ^{ns}	0,4217 ^{ns}	0,3927 ^{ns}	7,29
	<i>Brachymyrmex</i>	0,3243 ^{ns}	0,4227 ^{ns}	0,4227 ^{ns}	0,3922 ^{ns}	2,72
	<i>Eciton</i>	0,5976 ^{ns}	0,8307 ^{ns}	0,3936 ^{ns}	0,999 ^{ns}	4,98
<i>Dolichoderinae</i>	<i>Dorymyrmex</i>	0,9002 ^{ns}	0,1070 ^{ns}	0,7526 ^{ns}	0,0787 ^{ns}	25,78
	<i>Tapinoma</i>	0,7410 ^{ns}	0,2957 ^{ns}	0,3946 ^{ns}	0,3035 ^{ns}	12,82
	<i>Dolichoderus</i>	0,5405 ^{ns}	0,7596 ^{ns}	0,3580 ^{ns}	0,4783 ^{ns}	10,36
<i>Ecitoninae</i>	<i>Nomamyrmex</i>	0,5482 ^{ns}	0,4738 ^{ns}	0,3064 ^{ns}	0,2021 ^{ns}	7,61
	<i>Neivamyrmex</i>	0,9043 ^{ns}	0,6859 ^{ns}	0,6507 ^{ns}	0,5750 ^{ns}	21,62
	<i>Pheidole</i>	0,3343 ^{ns}	0,4217 ^{ns}	0,4217 ^{ns}	0,3927 ^{ns}	5,12
<i>Myrmicinae</i>	<i>Solenopsis</i>	0,4248 ^{ns}	0,3797 ^{ns}	0,4075 ^{ns}	0,5921 ^{ns}	22,37
	<i>Atta</i>	0,3064 ^{ns}	0,5014 ^{ns}	0,1344 ^{ns}	0,6191 ^{ns}	8,81
	<i>Olygomerymex</i>	0,4482 ^{ns}	0,4823 ^{ns}	0,7691 ^{ns}	0,3786 ^{ns}	38,68

Nota: * indica que o valor de F é significativo e "ns" que o valor de F não é significativo em nível de 5% de significância. ARS = água residuária de suinocultura; AD = adubação; CV = coeficiente de variação; DAS = dias após a semeadura.

Tabela 12 - Médias da densidade de formigas edáficas em cada gênero (gênero/armadilha/dia), coletados em armadilhas de queda sob tratamento com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário ARS e AD nos três períodos de amostragem

(continua)

FAMÍLIA	GÊNERO	TRATAMENTOS					
		AD		ARS			
		0	100	0	100	200	300
PRIMEIRA COLETA - 7 DAS							
<i>Ponerinae</i>	<i>Hypoponera</i>	0,32 A	0,28 A	0,28 A	0,28 A	0,33 A	0,30 A
	<i>Pachycondyla</i>	0,11 A	0,09 A	0,16 A	0,14 A	0,04 A	0,07 A
<i>Formicinae</i>	<i>Camponotus</i>	0,13 A	0,09 A	0,21 A	0,02 A	0,16 A	0,04 A
<i>Dolichoderinae</i>	<i>Dorymyrmex</i>	0,73 A	0,88 A	0,73 A	0,95 A	0,76 A	0,78 A
	<i>Tapinoma</i>	0,11 A	0,14 A	0,00 A	0,02 A	0,42 A	0,07 A
	<i>Dolichoderus</i>	0,21 A	0,36 A	0,33 A	0,02 A	0,57 A	0,23 A
<i>Ecitoninae</i>	<i>Nomamyrmex</i>	0,20 A	0,67 A	0,38 A	0,09 A	1,14 A	0,14 A
	<i>Neivamyrmex</i>	0,36 A	0,39 A	0,40 A	0,38 A	0,52 A	0,21 A
	<i>Pheidole</i>	0,03 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,07 A
<i>Myrmicinae</i>	<i>Solenopsis</i>	0,61 A	0,58 A	0,33 A	0,71 A	0,76 A	0,59 A
	<i>Atta</i>	0,05 A	0,00 A	0,11 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
	<i>Olygomerymex</i>	0,22 A	0,34 A	0,38 A	0,14 A	0,40 A	0,21 A
	<i>Acromyrmex</i>	0,09 A	0,02 A	0,11 A	0,00 A	0,11 A	0,00 A
	<i>Cephalotes</i>	0,03 A	0,08 A	0,07 A	0,09 A	0,07 A	0,00 A

(conclusão)

SEGUNDA COLETA - 41 DAS							
<i>Ponerinae</i>	<i>Hypoponera</i>	0,29 A	0,35 A	0,54 A	0,35 A	0,21 A	0,19 A
	<i>Pachycondyla</i>	0,10 A	0,15 A	0,14 A	0,14 A	0,07 A	0,16 A
<i>Formicinae</i>	<i>Camponotus</i>	0,03 A	0,00 A	0,07 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
	<i>Brachymyrmex</i>	0,01 A	0,01 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,04 A
<i>Dolichoderinae</i>	<i>Dorymyrmex</i>	0,96 A	0,71 A	0,69 A	1,09 A	0,69 A	0,88 A
	<i>Tapinoma</i>	0,16 A	0,08 A	0,07 A	0,26 A	0,09 A	0,07 A
	<i>Dolichoderus</i>	0,05 A	0,05 A	0,07 A	0,14 A	0,00 A	0,02 A

<i>Ecitoninae</i>	<i>Nomamyrmex</i>	0,13 A	0,03 A	0,02 A	0,04 A	0,26 A	0,00 A
	<i>Neivamyrmex</i>	0,40 A	0,19 A	0,19 A	0,14 A	0,69 A	0,16 A
	<i>Eciton</i>	0,02 A	0,05 A	0,02 A	0,00 A	0,11 A	0,02 A
<i>Myrmicinae</i>	<i>Solenopsis</i>	0,63 A	0,70 A	0,49 B	0,28 A	0,54 A	1,33 B
	<i>Atta</i>	0,19 A	0,14 A	0,04 A	0,16 A	0,21 A	0,23 A
	<i>Olygomysermex</i>	0,72 A	0,71 A	0,09 A	0,11 A	2,40 A	0,26 A
	<i>Cephalotes</i>	0,11 A	0,03 A	0,07 A	0,11 A	0,09 A	0,02 A
TERCEIRA COLETA – 72 DAS							
<i>Ponerinae</i>	<i>Hypoponera</i>	0,32 A	0,33 A	0,23 A	0,35 A	0,23 A	0,47 A
	<i>Pachycondyla</i>	0,08 A	0,05 A	0,07 A	0,04 A	0,09 A	0,07 A
<i>Formicinae</i>	<i>Camponotus</i>	0,00 A	0,03 A	0,00 A	0,07 A	0,00 A	0,00 A
	<i>Brachymyrmex</i>	0,00 A	0,01 A	0,00 A	0,01 A	0,00 A	0,00 A
	<i>Eciton</i>	0,01 A	0,02 A	0,02 A	0,02 A	0,00 A	0,02 A
<i>Dolichoderinae</i>	<i>Dorymyrmex</i>	0,74 A	0,78 A	0,64 A	1,40 A	0,33 A	0,69 A
	<i>Tapinoma</i>	0,23 A	0,21 A	0,19 A	0,11 A	0,33 A	0,26 A
	<i>Dolichoderus</i>	0,02 A	0,05 A	0,09 A	0,02 A	0,02 A	0,02 A
<i>Ecitoninae</i>	<i>Nomamyrmex</i>	0,05 A	0,03 A	0,02 A	0,02 A	0,09 A	0,04 A
	<i>Neivamyrmex</i>	0,19 A	0,19 A	0,19 A	0,07 A	0,30 A	0,19 A
	<i>Pheidole</i>	0,00 A	0,02 A	0,00 A	0,00 A	0,04 A	0,00 A
<i>Myrmicinae</i>	<i>Solenopsis</i>	0,36 A	0,49 A	0,28 A	0,26 A	0,52 A	0,66 A
	<i>Atta</i>	0,03 A	0,08 A	0,11 A	0,04 A	0,02 A	0,04 A
	<i>Olygomysermex</i>	0,23 A	0,49 A	0,21 A	0,07 A	0,83 A	0,35 A

Notas: Letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si de acordo com o Teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância. DAS = dias após a semeadura.

Tabela 13 - Médias da densidade de formigas edáficas pertencentes ao gênero *brachymyrmex* (organismos/armadilha/dia) coletados em armadilhas de queda sob tratamento com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário ARS e AD aos 7 DAS

FAMÍLIA <i>Formicinae</i>			
GÊNERO <i>Brachymyrmex</i>			
ARS	AD		
	0	100	
0	0,04 Aa	0,61 Ba	
100	0,42 Aa	0,04 Ab	
200	0,28 Aa	0,42 Aa	
300	0,00 Aa	0,00 Ab	

Nota: Letras maiúsculas iguais na linha ou minúsculas na coluna não diferem entre si de acordo com o Teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

Nos três períodos de amostragem foram capturadas formigas pertencentes a cinco subfamílias e quatorze gêneros distintos.

Os resultados da primeira amostragem, demonstram uma grande riqueza de gêneros distribuídos em cada um destes fatores, sendo a maior distribuição entre os níveis de AD observados para a dose de 0 AD, o que, segundo Wink *et al.* (2005), é reflexo da baixa qualidade de alimento no solo e de matéria orgânica, pois, sob estas condições, a cobertura vegetal apresentava-se inferior à observada com a aplicação de adubação nitrogenada. Essa baixa oferta limita a existência de outros organismos mais exigentes e favorece grupos mais móveis e oportunistas, como algumas formigas.

Entre os níveis de ARS, verifica-se que a maior riqueza de gêneros ocorreu com a aplicação da dose de 0 e 200 m³ ha⁻¹, com 12 gêneros registrados. Este resultado, referente à menor dose de ARS e do mesmo modo que para o fator AD, parece estar relacionado à

escassez de recursos alimentares, se comparado às doses mais elevadas. Quanto à dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, é bastante provável que este resultado se encontre atrelado à densidade discutida anteriormente, em que foram verificadas as melhores condições para o desenvolvimento do grupo.

Os resultados apresentados na Tabela 11 demonstram também que em todos os períodos de amostragem não houve diferenças estatísticas para nenhum dos gêneros descritos de formigas quanto ao fator AD, indicando que a distribuição dos grupos ocorreu independente deste fator, exceto o desdobramento de médias da interação ARS x AD, apresentado na Tabela 13, a qual demonstra que a interação ocorreu para o uso de adubação nitrogenada, dentro das doses de 100 e $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, as quais não deferiram estatisticamente entre si, sendo, sob estas condições, registradas as menores médias para as formigas pertencentes à família *Forminicinae* e gênero *Brachymyrmex*. Verifica-se, ainda, que houve interação entre os dois fatores, quanto ao uso de $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, em relação ao uso de adubação nitrogenada, situação em que foi registrada a maior densidade de formigas pertencentes ao gênero. Este resultado demonstra que as formigas deste grupo são mais sensíveis à alteração do ambiente edáfico e, possivelmente, sejam influenciadas pela adição de ARS.

Verifica-se que a menor média para as formigas do grupo corresponde à dose de $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, em que nenhum exemplar foi encontrado, sugerindo que o grupo possa responder eficientemente ao uso de doses elevadas de ARS. Este resultado era esperado, tendo em vista a queda na densidade de organismos pertencentes à ordem *Hymenoptera*, registrada nos testes de médias apresentados na Tabela 11, relativos à maior dose de ARS.

Segundo Marinho *et al.* (2002) e Delabie e Fowler (2000), as formigas pertencentes ao gênero *Brachymyrmex* forrageiam no solo e na serapilheira e são muito sensíveis a perturbação ambiental, bem como algumas integrantes da subfamília *Ponerinae*. Logo, pode-se sugerir que o gênero *Brachymyrmex*, sob estas condições, atua como bom indicador quanto ao uso de efluentes da suinocultura, tendo em vista a resposta gerada para doses elevadas de ARS.

Por outro lado, aos 41 DAS observam-se na Tabela 12 diferenças estatísticas quanto ao fator ARS entre as doses de 0 e $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, para a família *Myrmicinae*, gênero *Solenopsis*. Este resultado contrasta com o obtido na primeira coleta em que a resposta, no que se refere às condições do solo, esteve associada ao gênero *Brachymyrmex*, o qual sofreu queda acentuada em relação à primeira coleta, provavelmente por sua sensibilidade a alterações no solo. Por outro lado, o gênero *Solenopsis* apresenta comportamento diferenciado e, de acordo Fernandes (2003) e Nascimento, Morini e Brandão (2001) são comuns em áreas antropizadas, adaptando-se bem a locais perturbados, justificando seu aumento com a dose de $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ em relação às demais doses. Apesar disso, Matos *et al.*

(1994) em seu estudo sobre a mirmecofauna em plantação de *Pinus elliottii*, afirmaram que este grupo de formigas ocorre em grandes proporções em solos com baixa cobertura vegetal, justificando o resultado obtido para a dose de $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, em que a cobertura vegetal era menor, resultado que é reforçado pelo estudo de Marinho *et al.* (2002), que descreveu a espécie como estando entre as mais agressivas na utilização dos recursos, justificando o seu sucesso sob estas condições. O grupo ainda apresenta como característica ser mais resistente à falta de alimento e competir com outras espécies de formigas ou outros grupos de animais, por apresentarem eficiente estratégia de recrutamento em massa (FOWLER *et al.*, 1991).

A análise realizada aos 72 DAS, apresentada na Tabela 12, demonstra que os valores de densidade de formigas para os gêneros de organismos coletados não variaram em função dos tratamentos. Apesar disso, é possível verificar que o gênero *Brachymyrmex*, indicador de perturbação ambiental, do mesmo modo que para a segunda amostragem, apresentou densidades médias bastante reduzidas em relação à primeira coleta e muito similares às da segunda, reforçando a hipótese de que a aplicação de águas residuárias exerce efeitos inibitórios sobre alguns grupos específicos da fauna edáfica, à medida que o tempo passa, em decorrência da perturbação do ambiente. Considerando-se que a redução da densidade do gênero ocorreu ainda na segunda amostragem, é pouco provável que na atual coleta, o resultado obtido seja decorrente da estiagem prolongada, embora esse aspecto climático possa ter contribuído para a baixíssima ocorrência na amostragem final.

Observa-se, ainda, que o gênero *Solenopsis*, embora não significativo, apresentou queda na densidade em relação à segunda amostragem, porém manteve o padrão de distribuição observado nesse período, com a maior média registrada para a dose de $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, demonstrando a maior perturbação do solo. Considera-se que, nesta situação, o ambiente se encontrava mais propício para a ocorrência do grupo, em relação às demais doses empregadas. Considerando-se as características do grupo, parece pouco provável que a água residuária tenha sido o agente causador da redução da média destes organismos, mas sim, o longo período de estiagem.

4.3.8 Densidade de ácaros

Os ácaros edáficos, em conjunto com os colêmbolos, correspondem aos grupos numericamente mais representativos do solo, característica que associada a sua morfologia áptera e à sensibilidade a alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo, possibilita que sejam utilizados como indicadores de qualidade ambiental (PRIMAVESI, 1990). Estes organismos pertencentes à mesofauna foram coletados nas armadilhas

instaladas no solo de todas as parcelas experimentais, embora as densidades registradas sejam pequenas, se comparadas com as demais ordens de indicadores encontrados.

A amostragem inicial demonstra que a máxima densidade do grupo foi registrada no solo receptor da dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de efluente do tratamento secundário da ARS, em que foram registrados 0,76 organismos/armadilha/dia. Neste caso, a não adoção de adubação nitrogenada nas parcelas, levou a um leve predomínio do grupo, se comparado com as adubadas, embora não tenha havido diferença estatística. Este resultado corrobora o encontrado por Alves (2006), que também constatou maiores valores de densidade para a acarofauna edáfica, quando aplicou $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de efluente do tratamento primário de ARS e ausência de adubação mineral, na primeira de três coletas realizadas em seu estudo.

Aos 41 DAS, observa-se que os ácaros tiveram sua densidade reduzida em virtude da adubação e adição de efluentes do tratamento secundário da ARS em relação à primeira coleta. Contudo, verifica-se que a adoção dos fertilizantes nitrogenados, diferiu estatisticamente das parcelas não receptoras de adubação, verificando-se sob esta condição a menor densidade, sugerindo que estas condições exercem efeitos negativos sobre a densidade total do grupo.

Quanto à adição do efluente, mantiveram-se as tendências de maior densidade para a dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, verificando-se aumento crescente à medida que foi elevada a dose de ARS, aplicada até atingir esta dose. Este resultado corrobora o exposto por Antonioli *et al.* (2006), os quais constataram que a adição de dejetos suínos brutos, em doses consideradas baixas ($80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), exerceram efeito benéfico sobre a acarofauna, havendo predomínio do grupo sob estas condições, se comparadas com áreas que não receberam a adição do dejetos.

A afinidade e o benefício do grupo pela adição de material orgânico foram reforçados também por Melo (2006), o qual constatou que o uso de lodo de esgoto pode favorecer à acarofauna em diferentes níveis. O autor observou que essa adição incrementou a população de ácaros em até seis vezes no segundo período de amostragem, em relação aos valores reportados na primeira coleta, no ano anterior, resultados que são ainda mais marcantes nas maiores doses utilizadas de lodo. Foi verificado, ainda, que as características químicas de cada lodo parecem ter exercido efeitos diferenciados sobre o grupo, no que se refere à densidade, embora nos dois casos tenha sido constatado grande incremento da acarofauna. Este resultado pode ainda encontrar explicação na cadeia alimentar destes organismos, pois, segundo Lavelle (1996), maiores populações de ácaros ocorrem em locais com maior disponibilidade de alimento, logo, a grande concentração de indivíduos pertencentes à ordem *Collembola* com o uso de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, pode ter favorecido sua maior ocorrência.

Embora tenha sido constatada diferença estatística, quanto ao uso de fertilizantes nitrogenados, e tendência em relação ao uso de ARS, verifica-se que a densidade destes organismos foi bastante reduzida se comparada a outros grupos encontrados. Estes resultados, segundo Vitti *et al.* (2004), refletem os hábitos do grupo, os quais aparecem em menores quantidades, pois parecem ser mais criteriosos quanto ao local de alimentação, a qual geralmente não ocorre na superfície. A baixa contagem obtida em todas as análises realizadas, também pode ser consequência do método de amostragem empregado, que favorece a coleta de organismos ativos na camada superficial do solo. Huber (2003) reforça o exposto dizendo que, embora os colêmbolos e os ácaros pertençam à mesofauna e apresentem basicamente as mesmas necessidades e limitações, dentre elas a dependência da umidade, cada um destes grupos ocupa compartimentos diferenciados no solo para sua alimentação, ressaltando que o hábito alimentar dos colêmbolos se dá na superfície dos resíduos orgânicos, sendo comumente o número desses organismos bem mais expressivo na serapilheira que o dos ácaros.

As análises realizadas aos 72 DAS demonstraram que não houve qualquer registro de organismos da ordem *Acarina*, tanto com a utilização de ARS como para a adubação. Embora estes organismos tenham ocorrido em pequenas proporções nas coletas anteriores, a adição de fertilizantes minerais e orgânicos pode ter comprometido, seriamente, sua população. Além disso, outros fatores, como a baixa umidade do solo e o aumento da temperatura, decorrentes da estiagem prolongada, podem ter contribuído para o desaparecimento do grupo, como exposto pelos autores previamente citados na abordagem feita para a ordem *Collembola*, em virtude das similaridades compartilhadas por estes dois grupos. Sendo assim, os resultados descritos demonstram que os ácaros apresentam tendência em responder ao uso de efluentes, atribuindo-se a eles a possibilidade de uso como indicadores de qualidade ambiental em solos submetidos à aplicação de efluentes da suinocultura.

Considerando-se a diversidade de organismos presentes na ordem *Acarina* e sua capacidade individual de responder de maneiras diferenciadas às alterações do meio ambiente, o grupo foi identificado ao nível de subordem, visando obter respostas mais específicas sobre o comportamento do grupo sob estas condições. Na Tabela 14 é apresentado o resumo da análise de variância da densidade de ácaros edáficos, em cada subordem, coletados em armadilhas de queda, em função da aplicação de ARS e adubação aos 7 e 41 DAS, de acordo com a significância dos valores de F.

Observa-se que o valor de F não foi significativo para nenhuma das subordens de ácaros coletados, em relação a nenhum dos fatores analisados. De acordo com Gomes (2000), os resultados encontrados para os coeficientes de variação reportados aos 7 DAS podem ser considerados baixos para a subordem *Oribatida*, médio para *Prostigmata* e alto

para *Mesostigmata* e para os 41 DAS, o coeficiente de variação obtido para a subordem *Prostigmata* pode ser considerado baixo e com alta homogeneidade, pois encontra-se abaixo de 10%, enquanto que para *Mesostigmata*, pode ser considerado médio, pois este apresenta valor compreendido entre 10 e 20%, refletindo média homogeneidade dos dados.

Tabela 14 - Resumo da análise de variância para a obtenção dos valores de F para a densidade de ácaros em cada subordem, coletados em armadilhas de queda, sob tratamento com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário da ARS e AD aos 7 e 41 DAS

ORDEM	FONTE DE VARIAÇÃO				
	AD	ARS	ARS*AD	Bloco	CV (%)
PRIMEIRA COLETA – 7 DAS					
<i>Mesostigmata</i>	0,8545 ^{ns}	0,3750 ^{ns}	0,6817 ^{ns}	0,3485 ^{ns}	23,74
<i>Prostigmata</i>	0,1130 ^{ns}	0,4219 ^{ns}	0,4219 ^{ns}	0,8188 ^{ns}	10,02
<i>Oribatida</i>	0,3343 ^{ns}	0,4217 ^{ns}	0,4217 ^{ns}	0,3927 ^{ns}	9,29
SEGUNDA COLETA – 41 DAS					
<i>Mesostigmata</i>	0,1746 ^{ns}	0,9353 ^{ns}	0,7496 ^{ns}	0,2662 ^{ns}	17,79
<i>Prostigmata</i>	0,7687 ^{ns}	0,9554 ^{ns}	0,5912 ^{ns}	0,4998 ^{ns}	7,85

Notas: * indica que o valor de F é significativo e "ns" que o valor de F não é significativo em nível de 5% de significância. ARS = água residuária de suinocultura; AD = adubação; CV = coeficiente de variação; DAS = dias após a semeadura.

Na Tabela 15 está apresentado o resultado do teste de comparação de médias para as densidades de ácaros em cada subordem, coletados em armadilhas de queda sob tratamento com diferentes doses de aplicação de ARS e AD aos 7 e 41 DAS.

Tabela 15 - Médias da densidade de ácaros edáficas em cada subordem (subordem/armadilha/dia), coletados em armadilhas de queda sob tratamento, com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário ARS e AD aos 7 e 41 DAS

ORDEM	TRATAMENTO					
	AD		ARS			
	0	100	0	100	200	300
PRIMEIRA COLETA – 7 DAS						
<i>Mesostigmata</i>	0,23 A	0,22 A	0,04 A	0,14 A	0,38 A	0,35 A
<i>Prostigmata</i>	0,08 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,09 A	0,07 A
<i>Oribatida</i>	0,04 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,09 A	0,00 A
SEGUNDA COLETA – 41 DAS						
<i>Mesostigmata</i>	0,21 A	0,05 A	0,11 A	0,14 A	0,19 A	0,09 A
<i>Prostigmata</i>	0,04 A	0,03 A	0,04 A	0,04 A	0,04 A	0,02 A

Notas: Letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si de acordo com o Teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância. DAS = dias após a semeadura.

Analisando-se a Tabela 15, é possível verificar que não ocorreram diferenças estatísticas para nenhuma das subordens de ácaros coletados aos 7 e 41 DAS quanto a nenhum dos fatores em estudo. No entanto, foram coletados ácaros pertencentes a três subordens, comumente encontradas nos solos.

Embora diferenças estatísticas não tenham sido verificadas, é possível observar que o grupo *Mesostigmata* apresentou as maiores médias de densidade para os dois

fatores, se comparado às demais subordens, sugerindo que as subordens *Prostigmata* e *Oribatida* são mais sensíveis a estas variáveis.

Entre os dois níveis de AD, verifica-se que a média referente à dose de 0 AD foi ligeiramente superior ao uso de fertilizante nitrogenado, tanto aos 7 como aos 41 DAS, sugerindo que os ácaros deste grupo não respondem, de maneira positiva, a adição deste tipo de fertilizante, sofrendo queda à medida que o tempo passa. Para os níveis de ARS, o grupo apresentou distribuição crescente até a dose de 200 m³ ha⁻¹, sofrendo queda com a adição de 300 m³ ha⁻¹, resultado que também foi observado no segundo período de amostragem.

Segundo Mineiro (2000), os ácaros pertencentes ao grupo *Oribatida* têm sua densidade correlacionada diretamente com o conteúdo de matéria orgânica do solo, resultado que acaba se contrapondo aos obtidos nas análises de solo (Tabela 9) e que indicam os solos receptores de 300 m³ ha⁻¹ de ARS como os detentores dos maiores conteúdos de matéria orgânica. Considerando-se que a média destes organismos caiu com o uso desta dose, é possível que doses elevadas de ARS, mesmo que favoreçam maior quantidade de matéria orgânica, acabem inibindo a população do grupo pelas demais características da água residuária.

Os ácaros pertencentes à subordem *Prostigmata* e *Oribatei* apresentaram comportamento bastante semelhante para todos os fatores analisados, embora os *Prostigmata* tenham apresentado densidade ligeiramente superior, os quais, apesar de normalmente encontrarem-se amplamente distribuídos no ambiente, apresentaram baixa densidade, também aos 41 DAS.

Aos 41 DAS, o comportamento do grupo *Mesostigmata* demonstra que, em relação à primeira amostragem, houve queda na densidade do grupo, não apenas em relação à dose de 200 m³ ha⁻¹, mas também para a dose de 300 m³ ha⁻¹ de ARS, sugerindo um efeito temporal da ARS sobre o grupo.

Os ácaros pertencentes à subordem *Oribatida* não foram amostrados nesta coleta, contrastando com o resultado obtido na primeira amostragem, embora tenham ocorrido, em baixa quantidade, no referido período. Segundo Uhlig (2005), a interação dos ácaros *Oribatei* com os fatores abióticos do ambiente é conhecida, devido à extrema sensibilidade que os ácaros possuem em resposta a condições físicas e químicas do solo, exibindo um comportamento padrão para essas alterações. Populações destes ácaros frequentemente indicam condições microclimáticas específicas, conferindo ao grupo o *status* de bioindicador ambiental. Este grupo de organismos apresenta correlação positiva entre o teor de matéria orgânica do solo e sua densidade populacional, tendo sido reconhecidos como indicadores do conteúdo de carbono nos ecossistemas. No entanto, apesar desta capacidade de responder positivamente aos teores de matéria orgânica, algum fator, provavelmente

relacionado à adição de ARS e AD levou ao desaparecimento deste grupo na segunda amostragem, embora a matéria orgânica estivesse presente nos solos submetidos a estes tratamentos, mesmo que em porcentagens diferenciadas. É possível que a adição do efluente e do adubo nitrogenado, tenha reduzido o potencial osmótico do solo, levando à perda de água corpórea para o meio e, conseqüentemente, à morte.

Um fato que chamou a atenção durante o terceiro período de amostragem foi a não ocorrência de ácaros sob nenhuma das condições avaliadas. Este resultado sugere que o uso de ARS e AD, em qualquer nível, pode comprometer, em longo prazo, os grupos aqui discutidos. Isto é válido se considerado que a queda foi verificada gradativamente à medida que as coletas foram sendo realizadas, culminando com a ausência do grupo. Contudo, se considerado que os tratamentos referentes às doses de 0 AD e 0 m³ ha⁻¹ ARS também sofreram esta queda, o fator estiagem pode ser o agente causador do desaparecimento do grupo, ou, nos casos em que se fez o uso de ARS e AD, ter sido potencializado por estes fatores.

4.3.9 Densidade de *coleoptera*

Dentre as ordens observadas, merecem ainda destaque os organismos pertencentes ao grupo *Coleoptera*, os quais tiveram sua máxima densidade registrada com a aplicação de 200 m³ ha⁻¹ aos 7 DAS, embora não tenham sido constatadas diferenças estatísticas entre as doses testadas. Segundo Thomanzini e Thomanzini (2002), muitos dos organismos pertencentes a este grupo alimentam-se de fezes provenientes de outros organismos, de forma que diferenças significativas podem, ainda, não ter sido observadas, em virtude do curto período de tempo compreendido entre a aplicação da ARS e a coleta dos dados, o que não foi suficiente para o estabelecimento do grupo.

Observa-se, ainda, em relação ao grupo *Coleoptera*, que o uso de fertilizantes nitrogenados favoreceu sua maior incidência entre os dois níveis testados. Para Wardle *et al.* (1995), este grupo encontra-se normalmente atrelado à maior quantidade de matéria orgânica e de resíduos orgânicos na superfície do solo, justificando este resultado, tendo em vista a maior quantidade de restos vegetais provenientes da cultura da aveia sobre o solo, em relação às parcelas que não receberam adubação química, bem como pela quantidade de matéria orgânica no solo, conforme pode ser verificado na Tabela 9.

A partir da segunda amostragem, verificou-se, ainda na Tabela 11, a interação ARS X AD, no segundo e terceiro períodos de amostragens, para a ordem, tornando-se necessário o desdobramento das médias, este resultado é apresentado na Tabela 16.

Tabela 16 - Médias da densidade de organismos edáficos pertencentes à ordem *Coleoptera* (organismos/armadilha/dia), coletados em armadilhas de queda sob tratamento com diferentes doses de aplicação de efluente do tratamento secundário da ARS e AD aos 41 e 72 DAS

ARS	AD	
	0	100
41 DAS		
0	4,54 Aa	1,90 Aa
100	2,42 Aa	10,85 Bb
200	2,04 Aa	4,04 Aa
300	6,85 Aa	1,95 Aa
72 DAS		
0	0,14 Aa	0,76 Aa
100	0,14 Aa	2,90 Bb
200	0,85 Aa	2,23 Bb
300	0,95 Aa	0,90 Aa

Nota: Letras maiúsculas iguais na linha ou minúsculas na coluna não diferem entre si de acordo com o Teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

As médias apresentadas na Tabela 16, demonstram que houve acréscimo na densidade de organismos pertencentes à ordem, em relação à primeira coleta. Segundo Thomanzini e Thomanzini (2002) e Hunter (2002), a população destes organismos pode ser aumentada pela adubação do solo, pois muitos de seus representantes alimentam-se de fezes. Esta constatação também foi reportada por Duarte (2000), que verificou incremento significativo do grupo nos tratamentos em que se aplicaram dejetos bovinos. Como na primeira coleta haviam transcorrido poucos dias, após a aplicação de ARS, pode-se sugerir que o tempo transcorrido não tenha sido suficiente para o estabelecimento do grupo. Além disso, o fator cobertura vegetal, pode ter favorecido à maior ocorrência destes indivíduos, a partir da segunda coleta, considerando-se que, na primeira amostragem realizada, o solo apresentava a cultura em sua fase inicial de desenvolvimento, protegido apenas pelos restos culturais da aveia.

Observa-se ainda que a interação entre os fatores de estudo ocorreu entre a dose de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de ARS e o uso de adubação nitrogenada, tratamento em que foi registrada a maior densidade de organismos (10,85 organismos/armadilha/dia). Nesta análise, verifica-se que os organismos pertencentes ao grupo respondem bem à aplicação de fertilizantes nitrogenados e aumentam em número com a adição de baixas doses de fertilizantes orgânicos. Em seu estudo, Alves (2006) relata que a adubação combinada de resíduos orgânicos e minerais favoreceu a ocorrência de indivíduos do grupo, algumas vezes até mesmo superior a dos tratamentos isolados, demonstrando que a adubação combinada pode gerar respostas positivas em relação à densidade deste grupo.

Contudo, estes organismos parecem apresentar certa sensibilidade à aplicação de doses elevadas deste tipo de efluente, como pode ser constatado na Tabela 16 em que se observa queda na densidade com a adição de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sendo potencializada quando do uso de $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

No terceiro período de amostragem, a interação ocorreu entre as doses de 100 e 200 m³ ha⁻¹ de ARS, com o uso de adubação nitrogenada as quais não diferem entre si, mas diferiram das demais situações, no referido período de avaliação e apresentaram as maiores densidades de organismos para a coleta. Contudo, em relação à segunda coleta, foi verificada grande redução, principalmente em relação à dose de 100 m³ ha⁻¹. Como estes organismos são dependentes da matéria orgânica, é possível que a proveniente da adição dos dejetos, que já se encontrava em declínio em relação aos períodos anteriores, possa ter diminuído a oferta de alimento e, conseqüentemente, a densidade destes organismos. Esta hipótese é reforçada se for considerado que esta amostragem foi realizada dois meses após a aplicação do efluente do tratamento secundário da ARS, o qual, por se encontrar sob a forma líquida, possui baixo teor de matéria seca, geralmente inferior a 3%, quantidade que é facilmente consumida no solo pelos processos normais de decomposição da matéria orgânica. Este resultado corrobora o de Antonioli *et al.* (2006), os quais verificaram que a aplicação de dejetos suínos em área de coxilha apresentaram menores médias, quando comparadas com tratamentos que não receberam dejetos animais, após quatro meses da aplicação. Outra possibilidade pode estar associada a um efeito tóxico dos tratamentos com ARS sobre o grupo ou à longa estiagem ocorrente no período.

4.4 Índices Faunísticos de Diversidade

As medidas de diversidade da fauna de solo permitem uma inferência sobre o grau de complexidade e das interações ecológicas existentes entre as comunidades edáficas (STORK; EGGLETON, 1992). No presente estudo, esta complexidade ecológica está representada pelos valores dos índices de Shannon-Wiener (H), uniformidade de Pielou (e) e riqueza de ordens.

Na Tabela 17 está apresentado o resumo da análise de variância dos valores encontrados para os índices H e riqueza de ordens, para organismos edáficos, em função da aplicação de ARS e adubação química.

Tabela 17 - Resumo da análise de variância dos índices de diversidade de Shannon (H), uniformidade de Pielou (e) e riqueza de ordens para organismos edáficos, coletados em armadilhas de queda, em função da dose de aplicação de efluente do tratamento secundário ARS e adubação química, nos três períodos de amostragem

ÍNDICES	FONTE DE VARIAÇÃO				
	AD	ARS	ARS*AD	Bloco	CV (%)
	PRIMEIRA COLETA – 7 DAS				
Shanon-Wiener	0,8254 ^{ns}	0,6544 ^{ns}	0,9185 ^{ns}	0,3756 ^{ns}	30,41
Pielou	0,8621 ^{ns}	0,9480 ^{ns}	0,9047 ^{ns}	0,6908 ^{ns}	27,26
Riqueza	0,4509 ^{ns}	0,2234 ^{ns}	0,5483 ^{ns}	0,382 ^{ns}	23,69

SEGUNDA COLETA – 41 DAS					
Shanon-Wiener	0,0692 ^{ns}	0,0555 ^{ns}	0,1327 ^{ns}	0,3644 ^{ns}	16,37
Pielou	0,4019 ^{ns}	0,0202*	0,1235 ^{ns}	0,3106 ^{ns}	22,27
Riqueza	0,2397 ^{ns}	0,3178 ^{ns}	0,9012 ^{ns}	0,8681 ^{ns}	14,24
TERCEIRA COLETA – 72 DAS					
Shanon-Wiener	0,0353 ^{ns}	0,2792 ^{ns}	0,3199 ^{ns}	0,2868 ^{ns}	22,63
Pielou	0,1047 ^{ns}	0,0442*	0,7305 ^{ns}	0,5280 ^{ns}	17,29
Riqueza	0,0721 ^{ns}	0,1505 ^{ns}	0,1505 ^{ns}	0,1285 ^{ns}	19,99

Notas: * indica que o valor de F é significativo e "ns" que o valor de F não é significativo em nível de 5% de significância. ARS = água residuária de suinocultura; AD = adubação; CV = coeficiente de variação; DAS = dias após a semeadura.

A análise estatística dos resultados obtidos na primeira amostragem não detectou diferença para o valor de F, em nível de 5% de significância, entre as diferentes doses de efluente do tratamento secundário da ARS e adubação para H, e, e a riqueza de organismos. Verifica-se, também, de acordo com Gomes (2000), que os coeficientes de variação para todas as análises realizadas na primeira coleta são altos, pois se encontram acima de 20%.

Durante o segundo e terceiro períodos de amostragem, realizados aos 41 e 72 DAS, respectivamente, observou-se que houve diferença significativa, em nível de 5%, apenas para o índice de Pielou (e), quanto ao fator ARS. Quanto aos coeficientes de variação, verifica-se que aos 41 DAS os índices de Shanon-Wiener e riqueza de espécies os valores podem ser considerados médios, tendo-se em vista que se encontram entre 10 e 20%, enquanto que o índice de Pielou pode ser considerado alto, pois está acima de 20%. Por outro lado, aos 72 DAS, os coeficientes de variação para o índice de Pielou (e) e riqueza de espécies podem ser considerados médios, uma vez que se encontram entre 10 e 20%, enquanto que o índice de Shanon-Wiener apresentou alto coeficiente de variação, pois é superior a 20%.

Na Tabela 18 está apresentado o resultado do teste de comparação de médias para H, e, e riqueza para organismos edáficos coletados em armadilhas de queda, em função da aplicação de ARS e adubação nos três períodos de amostragem.

Tabela 18 - Médias para os índices de diversidade de Shannon (H), uniformidade de Pielou (e) e riqueza de ordens para organismos edáficos, coletados em armadilhas de queda, em função da aplicação de efluente do tratamento secundário ARS e adubação nos três períodos de amostragem

ÍNDICES	TRATAMENTO					
	AD			ARS		
	0	100	0	100	200	300
PRIMEIRA COLETA – 7 DAS						
Shanon-Wiener	0,43 A	0,45 A	0,40 A	0,42 A	0,45 A	0,49 A
Pielou	0,55 A	0,54 A	0,53 A	0,53 A	0,52 A	0,56 A
Riqueza	6,41 A	6,91 A	5,66 A	6,83 A	7,66 A	6,50 A
SEGUNDA COLETA – 41 DAS						
Shanon-Wiener	0,53 A	0,61 A	0,58 A	0,59 A	0,48 A	0,64 A
Pielou	0,64 A	0,67 A	0,70 A	0,65 A	0,53 B	0,74 A
Riqueza	7,08 A	8,08 A	7,00 A	8,00 A	8,00 A	7,33 A

TERCEIRA COLETA – 72 DAS						
Shanon-Wiener	0,43 A	0,54 A	0,46 A	0,49 A	0,43 A	0,55 A
Pielou	0,64 A	0,73 A	0,71 A	0,71 A	0,56 B	0,77 A
Riqueza	6,83 A	5,66 A	4,50 A	5,16 A	6,00 A	5,33 A

Notas: Letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si de acordo com o Teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância. DAS = dias após a semeadura.

Pelos dados apresentados na Tabela 18, verifica-se que as diferenças estatísticas para os parâmetros avaliados ocorreram aos 41 e 72 DAS, para o índice de Pielou (e), em nível de 5% de significância, com a utilização de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de ARS.

4.4.1 Índice de Shanon-Wiener

O índice de Shanon-Wiener (H) é um indicador faunístico de diversidade que mede o grau de incerteza em prever a que espécie pertencerá um indivíduo escolhido, ao acaso, de uma amostra. Quanto menor for o valor deste índice, menor o grau de incerteza e, portanto, a diversidade da amostra é baixa.

Na Tabela 18 são apresentados os valores das médias referentes aos valores de H e, verifica-se que não houve diferença estatística para o índice em nenhum dos períodos avaliados, em relação aos fatores analisados. Apesar disso, é possível verificar que a maior diversidade de organismos ocorreu quando do uso de $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de efluente do tratamento secundário da ARS nos três períodos de análise avaliados.

Estes resultados diferem dos reportados por Pandolfo *et al.* (2005), os quais encontraram os menores índices em solos submetidos à aplicação de ARS, o que pode estar associado às elevadas doses de zinco e cobre presentes em grandes quantidades nestes dejetos, os quais não sofreram nenhum tratamento prévio à aplicação, diferindo quimicamente da ARS utilizada neste experimento, cujas concentrações são bastante reduzidas, em virtude do tratamento secundário aplicado, o que pode permitir que, mesmo com o aumento das doses, os organismos não sejam afetados em sua diversidade.

Verifica-se, ainda, que entre as doses de efluente do tratamento secundário da ARS, a menor diversidade foi verificada para a dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, resultado que está de acordo com os encontrados por Alves (2006), que os atribuiu à alta dose de dejetos, associada à grande concentração de compostos nitrogenados, cobre e zinco. Contudo, este resultado parece estar associado à condição ideal para os organismos pertencentes às ordens *Collembola*, *Hymenoptera* e *Coleoptera* que, em doses superiores a $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sofreram queda e reduzem a possibilidade de que uma escolha ao acaso recaia sobre uma destas ordens, refletindo sobre o maior valor encontrado para o índice, na dose de $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Quanto ao fator AD, verifica-se que a maior diversidade ocorreu nas parcelas submetidas a 100% da adubação nitrogenada recomendada para a cultura, concordando

com Alves (2006), o qual verificou que em determinados períodos de amostragem o uso de fertilizante mineral, embora não tenha diferido estatisticamente da testemunha, apresentou valor de H superior, reforçando a ideia de que, ao menos sob estas condições, a diversidade seja beneficiada. Além disso, a adição do fertilizante nitrogenado favorece uma maior e melhor cobertura vegetal, o que garante condições mais favoráveis aos grupos edáficos, podendo ser este o ponto chave, uma vez que muitos autores salientam os efeitos maléficos ocasionados sobre a fauna edáfica, quando da adição de grandes quantidades de nitrogênio.

4.4.2 Índice de Pielou

O Índice de Uniformidade de Pielou (e) expressa à maneira pela qual o número de indivíduos está distribuído entre as diferentes espécies, indicando se as espécies possuem abundâncias (número de indivíduos) semelhantes ou divergentes. O índice é expresso de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1 mais similares, em abundância, são as ordens.

O resultado encontrado para este índice é apresentado na Tabela 18 e, demonstra que não houve diferença estatística para as médias reportadas, para todos os fatores de interesse, no primeiro período de amostragem, embora se verifique a melhor uniformidade de distribuição entre as espécies com a utilização de $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, resultado que foi constatado também nas análises subsequentes, embora não tenha diferido estatisticamente das doses de 0 e $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Estes resultados sugerem que doses elevadas de efluente do tratamento secundário da ARS, com as características aqui empregadas possam favorecer uma distribuição mais equilibrada no número de organismos, dentro de cada grupo, contribuindo de maneira mais homogênea para todas as ordens capazes de se desenvolverem sob estas condições. No entanto, vale ressaltar que uma distribuição mais homogênea nem sempre representa maior diversidade e densidade de organismos.

Observa-se também que embora não significativa nesta análise inicial, a dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ apresentou a menor uniformidade de distribuição, tornando-se significativa nas análises realizadas aos 41 e 72 DAS. Este resultado está, provavelmente, associado à alta densidade de organismos pertencentes às ordens *Collembola* e *Hymenoptera* que, juntas, foram responsáveis pelo maior percentual de organismos coletados no solo receptor desta dose de ARS, assim, esta alta densidade não favorece a homogeneidade de distribuição, fazendo que o índice obtido seja baixo. Este resultado demonstra que uma grande densidade de organismos, normalmente, encontra-se associada à dominância de uma ou poucas espécies, diminuindo a equitabilidade.

A adição de fertilizantes nitrogenados não levou a diferenças significativas entre os dois níveis e em nenhum dos períodos avaliados, embora tenha sido constatada uma

distribuição mais equilibrada nas parcelas receptoras de 100% da adubação nitrogenada recomendada para a cultura do minimilho, resultado que pode ser atribuído à maior cobertura vegetal, uma vez que este é um fator decisivo para a maioria dos organismos do solo, garantindo maior proteção à fauna e melhores condições edafoclimáticas.

4.4.3 Riqueza de organismos

A riqueza de organismos, correspondente à quantidade de grupos ou ordens presentes em um determinado ambiente é apresentada na Tabela 18. Observa-se que, em nenhum dos períodos avaliados houve resultados significativos quanto a nenhum dos fatores analisados e seus respectivos níveis. No entanto, observa-se de modo geral, é possível observar que a maior riqueza de grupos foi registrada com a utilização de 200 m³ ha⁻¹. Este resultado sugere que a utilização de efluente do tratamento secundário da ARS, em doses médias, favorece uma maior ocorrência no número de grupos edáficos. Alves (2006) e Alves *et al.* (2008) obtiveram as mesmas respostas quanto a utilização de efluentes de suinocultura, reforçando o exposto acima, embora as características do efluente seja quimicamente diferentes, em virtude do tipo de tratamento destinado.

Os dados apresentados demonstram, ainda, considerando-se os níveis de ARS aplicados no solo, que a riqueza de ordens foi prejudicada onde não houve aplicação do efluente. Este resultado encontra-se, possivelmente, associado a uma menor disponibilidade de alimento fornecido pela adição da ARS e à menor proteção do solo a fatores como radiação solar e perda de umidade, considerando-se que os restos culturais da aveia, sob estas condições, eram visualmente reduzidos se comparados aos proporcionados nos demais níveis de ARS utilizados. Este resultado reforça o relatado por Azevedo *et al.* (2004) os quais salientam que a baixa cobertura vegetal leva ao desaparecimento ou menor desenvolvimento de grupos de organismos em função da relação interdependente da fauna edáfica e da diversidade de recursos.

Quanto aos fertilizantes nitrogenados, verifica-se que os maiores valores de riqueza foram registrados nas parcelas receptoras de 100% da adubação recomendada para a cultura, provavelmente pela melhoria das condições edáficas do solo, como umidade e temperatura, propiciadas pela maior cobertura vegetal.

Ainda analisando os dados apresentados na Tabela 18, observa-se que a riqueza de organismos sofreu queda em seus valores na última análise, se comparados aos períodos iniciais, resultado que pode estar associado a uma série de fatores, como a um possível efeito tóxico temporal da água residuária sobre os organismos edáficos. Além disso, constatou-se, entre o segundo e o terceiro períodos de coleta, um período de longa

estiagem e altas temperaturas que, conjuntamente, podem ter levado à redução na densidade de diversidade de organismos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da atividade da fauna e da interferência do manejo do solo sobre ela não é uma tarefa fácil, pois ocorrem variações na eficiência de coleta, conforme as técnicas de amostragem e extração dos animais empregada. Neste sentido, as armadilhas utilizadas nesta pesquisa, de um modo geral, mostraram-se eficientes para estudo da camada superficial do solo, tanto para organismos pertencentes à meso quanto a macrofauna, representando o comportamento biológico do solo em termos de número de grupos e índices de diversidade, uniformidade (H, e) e riqueza. Entretanto, sua eficiência foi baixa para avaliação de alguns grupos da macrofauna como, por exemplo, a ordem *Oligochaeta* e, possivelmente a ordem *Acarina*, provavelmente por suas características comportamentais.

Sendo assim, qualquer que seja o tipo de abordagem ecológica utilizada, quando se deseja avaliar o efeito de diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo sobre a composição de organismos, em nível de grandes grupos taxonômicos, devem ser consideradas as limitações de caráter metodológico, uma vez que um método de amostragem pode ser mais eficiente do que outro para extração de um ou mais grupos funcionais da meso e/ou macrofauna do solo.

6 CONCLUSÕES

A avaliação dos efeitos da água residuária da suinocultura sobre a população e a diversidade representada pela meso e macrofauna, realizada nesta pesquisa, permite concluir que:

1 - A aplicação de efluente do tratamento secundário da água residuária da suinocultura afetou negativamente a fauna edáfica em doses superiores a $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

2 - As ordens com maior média de densidade nas amostragens para a meso e macrofauna, no que se refere aos diferentes fatores estudados, foram *Collembola*, seguida de *Hymenoptera*.

3 - Dentre os organismos estudados, os colêmbolos e as formigas podem ser considerados bons indicadores da qualidade do solo, quanto à adição de efluentes do tratamento secundário da ARS, embora estudos adicionais devam ser realizados.

4 - A fauna foi afetada sazonalmente, sofrendo decréscimo gradativo à medida que o tempo transcorreu, a partir da aplicação de ARS, sugerindo efeito temporal da ARS na população destes organismos.

7 RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Considerando-se que o tema abordado neste estudo corresponde a uma nova linha de pesquisa, muitos estudos ainda podem ser realizados, visando à obtenção de novas respostas. Nesse sentido, estudos utilizando água residuária da suinocultura podem ser desenvolvidos em um maior período de tempo, utilizando diferentes coberturas vegetais, a fim de se obter uma resposta mais consistente sobre o comportamento dos organismos edáficos. Além disso, a identificação dos organismos coletados, em níveis taxonômicos mais avançados, pode fornecer respostas adicionais, considerando-se que grupos mais específicos podem apresentar diferentes comportamentos quanto a certos parâmetros.

A atual carência de estudos, quanto ao uso de resíduos animais isolados ou combinados sobre a fauna edáfica, permite que uma série de estudos inéditos sejam realizados, utilizando não somente resíduos provenientes da suinocultura, mas também de outros dejetos de origem animal e atividades agroindustriais com características químicas diferenciadas e que, como a ARS, são normalmente aplicados em processos de reúso.

Estes procedimentos, em longo prazo de observação, permitiriam a obtenção de uma série de novas informações, além de estabelecer como maior segurança um padrão de comportamento para cada uma das situações.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. V. **Fauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes minerais e dejetos suínos na sucessão aveia milho, sob semeadura direta**. 2006. f. 59. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lajes, 2006.

ALVES, M. V.; SANTOS, J. C.; GOIS, D. T.; ALBERTON, J. V.; BARETTA, D. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. **Ciência do Solo**, Viçosa, n. 32, p. 589-598, 2008.

AMARAL, A. L.; SILVEIRA, P. R.; LIMA, G. J. M. M.; KLEIN, C. S.; PAIVA, D. P.; MARTINS, F.; KICH, J. D.; ZANELLA, J. R.C; FAVERO, J.; LUDKE, J. V.; BORDIN, L.C.; MIELE, M.; HIGARASHI, M. M.; MORÉS, N.; COSTA, O. A. D.; OLIVEIRA, P. A. V.; BERTOL, T. M.; SILVA, V. S. **Boas práticas de produção de suínos**. Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica 50, Concórdia, 2006. Disponível em: www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod_publicacao=949. Acesso em: 12 mar. 2008.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington: American Public Health Association, 1998.

ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; VALÍDIO, B.; PORT, O.; SILVA, D. M.; SILVA, R. F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 407-417, 2006.

ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA – ANUALPEC. 15. Ed. São Paulo, editora FNP, 2007.

AQUINO, A. M. **Manual para coleta de macrofauna do solo**. Rio de Janeiro: Seropédica, 2001. (Embrapa Agrobiologia. Documentos 130). Disponível em: www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/download/doc130.pdf. Acesso em: 23 mar. 2008.

AQUINO, A. M.; MENEZES, E. L. A.; QUEIROZ, J. M. **Recomendações para a coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (Pitfall traps)**. Rio de Janeiro: Seropédica, 2006. (Embrapa Agrobiologia. Circular técnica 18). Disponível em: <http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/download/cit018.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2007.

AQUINO, A. M; CORREIA, M. E. F. **Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo**. Rio de Janeiro: Seropédica, 2005. (Embrapa Agrobiologia, Documentos 201). Disponível em: www.cnpab.embrapa.br/servicos/download/doc201.pdf. Acesso em: 21 jan. 2008.

ARCHER, J. R.; SMITH P.D. The relation between bulk density available water capacity, and air capacity of soils. **Journal of Soil Science**, London, v. 23, n. 4, p. 475-480, 1972.

ASANO, T.; LEVINE, A. D. Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present and future. **Water Science and Technology**, Colchester, v. 33, n. 10-11, p. 1-14, 1996.

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997, p. 363-443.

ASSIS, F. O. Bacia hidrográfica do rio Quilombo: Dejetos de suínos e impactos ambientais. **RA'E GA**, Curitiba, n. 8, p. 107-122, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA - ABIPECS. **Relatório Anual 2007**. Disponível em: www.abipecs.org.br/est_merc_int_rank.html. Acesso em: 18 set. 2008.

ASSOCIAÇÃO DOS SUINOCULTORES DO OESTE DO PARANÁ - ASSUINOESTE. **Levantamento do plantel suíno de Toledo/PR**.

AYERS, R. S.; WESTCOOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p.

AZEVEDO, A. C. Funções ambientais do solo. In: AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A. FÓRUM DE SOLOS E AMBIENTE, 1., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Pallotti, 2004. p. 7-22.

BACCARO, F. B. **Chave para as principais subfamílias e gêneros de formigas (hymenoptera: formicidae)**. Manaus. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Programa de Pesquisa em Biodiversidade – PPBIO, 2006.

BADEJO, M. A.; NATHANIEL, T.I.; TIAN, G. Abundance of springtails (Collembola) under four agroforestry tree species with contrasting litter quality. **Biology and Fertility Soils**, Berlin, v. 27, p. 15-20, 1998.

BANDEIRA, A. G.; HARADA, A. Y. Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 28, p. 191-204, 1998.

BARETTA, D.; BROWN, G.G.; JAMES, S.W. & CARDOSO, E.J.B.N. Earthworm populations sampled using collection methods in Atlantic Forests with Araucaria angustifolia. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, p. 384-392, 2007.

BARETTA, D.; MAFRA, A. L.; SANTOS, J. C. P.; AMARANTE, C. V. T.; BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 1675-1679, 2006.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; MAFRA, A. L.; WILDNER, L. P.; MIQUELLUTI, D.J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 2, p. 97-106, 2003.

BARROS, F. M.; MARTINEZ, M. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D. Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 47-51, 2005. (Suplemento).

BASSO, C. J. **Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos**. 2003. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BLEY JR., C. J. **Manual de gestão ambiental na suinocultura**. Curitiba: SEMA/IAP/FUNPAR, 2004. 164 p.

BOLTON, B. **Identification guide to the ant genera of the world**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1994, 222 p.

BOYOUCOS, C. J. The hydrometer method for making mechanical analysis of soils. **Soil Science**. NeW York, v. 38, p. 335-433. 1934.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003. p. 21-36.

BRUCE, L.; McCRAKEN, D.; FOSTER, G.; AITKEN, M. The effects of sewage sludge on grassland euedaphic and hemiedhafic collembolan populations. **Pedobiologia**, Jeva, v. 43, p. 209-220, 1999.

BÜCHS, W. Biodiversity and agri-environmental indicators-general scopes and skills with special reference to the habitat level. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 98, p. 35-78, 2003.

BUZZI, Z. J. MIYAZAKI, R. D. **Entomologia didática**. 4. ed. Curitiba. UFPR, 2002. 347 p.

CARVALHO, G. S.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA FILHO, I. A. Efeito do tipo de cultivar, despendoamento das plantas e da época de semeadura na produção de minimilho. **Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 47-58, 2002.

CASANILHO, H. D.; MARTINS, S. R.; LOPES, A.S. Qualidade do solo em sistemas de produção de base ecológica: a percepção do agricultor. **Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 59- 62, fev. 2007.

CERETTA, C.A.; PAVINATO, P.S. Adubação em linha ou a lanço no plantio direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 6., 2003, Ibirubá, RS. **Anais...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2003. p.23-35.

CHAGNON, M.; HEBERT, C.; PARE, D. Community structures of Collembola in sugar maple forests: relations to humus type and seasonal trends. **Pedobiologia**, Jeva, v. 44, p. 148-174. 2000.

COELHO, A. M.; FRANÇA, C. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C; HERNANI, L. C. **Nutrição e adubação do milho**. Embrapa Milho e sorgo. Sistemas de Produção, 1, 2006. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/feradubahtm . Acesso em: 20/04/2008.

CORDEIRO, F. C.; DIAS, F. C.; MERLIN, A. O.; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; BROWN, G. Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção. **Universidade Rural – Série ciências da Vida**. Seropédica, Rio de Janeiro, v. 24, n.2, Jul.-Dez., p.29-34, 2004.

CORREIA, M. E. F. **Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas**. Rio de Janeiro: Seropédica, 2002. (Embrapa Agrobiologia, Documentos 157). Disponível em: <http://www.cnpab.embrapa.br/servicos/download/doc157.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2008.

CORREIA, M. E. F. **Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas**. Rio de Janeiro: Seropédica, 2002. (Embrapa Agrobiologia, Documentos 156). Disponível em: www.cnpab.embrapa.br/servicos/download/doc156.pdf. Acesso em: 16 out. 2007.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos**. Rio de Janeiro: Seropédica, 2000. (Embrapa Agrobiologia, Documentos

112). Disponível em: www.cnpab.embrapa.br/servicos/download/doc112.pdf. Acesso em: 10/01/2008.

COSTA, P. **Fauna edáfica e sua atuação em processos do solo**. Boa Vista: Embrapa. (Embrapa Roraima, Documentos 2), 2004. Disponível em: [www.cpafr.embrapa.br/index.php/cpafr/publicacoes/documentos/fauna ed fica e sua atuação em processos do solo](http://www.cpafr.embrapa.br/index.php/cpafr/publicacoes/documentos/fauna_edifica_e_sua_atuacao_em_processos_do_solo). Acesso em: 01 dez. 2007.

CRUZ, J. C. **Manejo cultural de minimilho**. Sete Lagoas: Embrapa. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 7). 2001. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/circul07.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2008.

CRUZ, L. E. C.; COSTA, J. B.; ARAÚJO, T. B. G.; BRUSCATTO, M. A. Estudo da mesofauna em dois sistemas de produção na agricultura familiar. **Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1349- 1353, fev. 2007.

DELABIE, J. H. C; FOWLER, H. G. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahian cocoa plantations. **Pedobiologia**, Jeva, v. 39, p. 423-433, 1995.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. In: **Boletim Informativo de Pesquisa 14**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves e Extensão - Emater, 2002. Disponível em: [www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo =publicacoes&cod_publicacao](http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod_publicacao). Acesso em: 17 de jul. 2008.

DORAN, J. W. Soil health and global sustainability: translating science into practice. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 88, p. 119-127, 2002.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, p. 3-11, 2000.

DUARTE, M. M. Abundância de microartrópodes do solo em gradientes de mato, borda e campo na Fazenda Boa Vista, Muitos Capões, RS. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6. REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, FERTIBIO, 3., Santa Maria, 2000. **Anais....** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2000. 1 CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Milho e Sorgo. **Milho – Minimilho**. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/perguntas/minimilh.html>. Acesso em: 14 dez. 2008.

FELIZATTO, M. R. ETE CAGIF: Projeto integrado de tratamento avançado e reúso direto de águas residuárias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. 1 CD-ROM.

FERNANDES, W. D. Biodiversidade de formigas no Pantanal sul-matogrosense. In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16, 2003. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2003. p. 7-11.

FERREIRA, D.F. **SisVar versão 4.2**. Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FIDELIS, R. R. ROCHA, R. N. C.; LEITE, U. T.; TANCREDI, F. D. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 23-31, jan/abr 2003.

FOWLER, H. G. L.; C. FORTI, C. R. F; BRANDÃO, J. H. C; DELABIE, H. L; VASCONCELOS. Ecologia nutricional de formigas. In PAZZINI. V. J.; PARRA, R. P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. p. 131-209.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, A. S.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica dos solos: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 227-243.

GASSEN, D. N. **Os benefícios dos coros em lavouras sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa trigo, 2000. (Comunicado técnico online 47). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co47.htm. Acesso em: 13 mar. 2008.

GOMES FILHO, R. R.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D.; MARTINEZ, H. E. P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n.1, p. 131-134. 2001.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477 p.

GONÇALVES R. A. B. **Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada das regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

GONZÁLES, G.; LEY, R. E.; SCHMIDT, S. K.; ZOU, X.; SEASTEDT, T. R. Soil ecological interactions: comparisons between tropical and subalpine forests. **Oecologia**, Berlin, v. 128, p. 549-556, 2001.

HEISLER, C.; KAISER, E. A. Influence of agricultural traffic and crop management on Collembola and microbial biomass in arable soil. **Biology and fertility of soils**, Berlin, v. 19, p. 159-165, 1995.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003. p. 37-96.

HUBER, A. C. K. **Estudos da mesofauna (ácaros e colêmbolos) e macrofauna (minhocas) no processo da vermicompostagem**. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

HUNTER, M. D. Landscape structure, *habitat* fragmentation, and the ecology of insects. **Agricultural and Forest Entomology**, Beltsville, v.4, n.3, p.159-166, 2002.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Agropecuário 2006. **Efetivo de suínos por região**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil>. Acesso em: 11 out. 2007.

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. **Manejo e utilização de dejetos animais: Aspectos agronômicos e ambientais.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. (Circular Técnica 63). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/Circulares%20tecnicas/Circular%2063.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2008.

KUNZ, A. **Remoção de nitrogênio em dejetos de suínos.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005. Disponível em: www.cnpsa.embrapa.br/sqc/sqc_artigos/artigos_s185q3t.pdf. Acesso em: 10 mar. 2008.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology international**, Paris, n. 33, p. 3-16, 1996.

LAVELLE, P.; DECAENS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MERGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Biology**, New jersey, v.42, p. 3-15, 2006.

LEITÃO-LIMA, P. S.; TEIXEIRA, L. B. **Macrofauna do solo em capoeiras naturais e enriquecidas com leguminosas arbóreas.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. (Comunicado técnico 62). Disponível em: http://www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_online. Acesso em: 14 mar. 2008.

LEITE, A. M. F. **Reúso de água na gestão integrada de recursos hídricos.** 2003. f.120. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Hídricos) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2003.

MACKIE, R. I.; STROOT, P. G.; VAREL, V. H. Biochemical identification and biological origin of key odor in livestock waste. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, p. 1331-42, 1998.

MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em Eucaliptos (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p.187-195, 2002.

MATOS, A. T.; SEDIYAMA, M. A. N.; FREITAS, S. P. Características químicas e microbiológicas do solo, influenciadas pela aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ceres**, Viçosa, v. 44, n. 254, p. 399-410, 1997.

MATOS, J. Z.; YAMANAKA, C. N.; CASTELLANI, T. T.; LOPES, B. C. Comparação de fauna de formigas de solo em áreas de plantio de *Pinus elliottii*, com diferentes graus de complexidade estrutural. **Biotemas**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 57-64, 1994.

MELO, L. A. S. Influência de lodos de esgoto nas populações de ácaros e colêmbolos de solo na cultura do milho. IN: BETIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

MELO, L. A. S. **Recomendações para amostragem e extração de microartrópodos de solo.** Jaguariúna: Embrapa Agrobiologia, 2002 (Circular técnica 3). Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular_3.pdf. Acesso em 22 fev. 2008.

MINEIRO, J. L. C. **Ácaros edáficos do município de Piracicaba, Estado de São Paulo, com ênfase na família Ascidae (gamasida).** 2000, f 98. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2000.

MOÇO, M. K. S. **Fauna do solo em diferentes agrossistemas de cacau no sul da Bahia**. 2006, 74 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo de Goytacazes, 2006.

MORSELLI, T. B. G. A.; VITTI, M. R.; FARIA, J. L. C. Densidade da mesofauna (ácaros e colêmbolos) em um pomar de pessegueiro conduzido numa perspectiva de transição para o sistema agroecológico. In: CONGRESO NACIONAL DE HORTIFRUTICULTURA, 10, 2005, Montevideo. **Anais...** Montevideo - Uruguay: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - Sociedad Uruguaya de Hortifruticultura, 2005. v. 1. p. 1-1.

NASCIMENTO, R. P.; MORINI, M. S. C.; BRANDÃO, C. R. F. **Mirmecofauna do parque natural municipal da Serra do Itapety**. I. Zona de uso intensivo. In: ENCONTRO DE MIRMECOLOGIA, 15, 2001. Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 2001. p. 339-341.

NOGUEIRA, C. C. P; SILVA, I.J.O. Aplicação de águas residuárias de suinocultura na irrigação. **Thesis**, São Paulo, v. 6, p. 18-29, jul. 2006.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A. MENEZES, R. I. Q. Recolonização da fauna edáfica em áreas de caatinga submetidas a queimadas. **Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 3, p. 214-220, 2008.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983. 434 p.

PANDOLFO, C. M. ; CERETTA, C. A. ; VEIGA, M. ; GIROTTO, E. . Estudo da mesofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo do solo e fontes de nutrientes. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis - EPAGRI, v. 18, n. 02, p. 63-67, 2005.

PARR, C. L.; ANDERSEN, A. N.; CHASTAGNOL, A.; DUFFAUD, C. Savanna fires increase rates and distances of seed dispersal by ants. **Oecologia**, Alemanha, v. 151, p. 33-41, 2007.

PASCHOAL, A. D. A instabilidade dos agroecossistemas. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 28, jan/fev.1987.

PERDOMO, C. C., LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. Produção de suínos e meio ambiente. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9, 2001, Gramado. **Anais...** Gramado: Embrapa suínos e Aves, 2001, p. 8-24.

PEREIRA, A. A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; KASCHUK, G.; CHUEIRE, L. M. O.; CAMPO, R. J; TORRES, E. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. **Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1397-1412, 2007.

PEREIRA, E. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola**. 2006, 129 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1990. 549 p.

PRIOR, M. **Efeito da água residuária de suinocultura no solo e na cultura do milho**. 2008, 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Botucatu, 2008.

QUÉDRAOGO, E.; MANDO, A.; BRUSSAARD, L. Soil macrofauna affect crop nitrogen and water use efficiencies in semi-arid West Africa. **European Journal Soil Biology**, França, v. 42, p. 275-277, 2006.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência Ambiental**, Canoas, v. 27, p. 29-48, 2003.

REIS, K. C.; PEREIRA, J.; LIMA, L. C.O.; VON PINHO, R. G.; MORAIS, A. R. Aplicação de lactato de cálcio e ácido ascórbico na conservação de minimilho minimamente processado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 338-345, 2005.

RODRIGUES, L. R. F.; SILVA, N.; MORI, E. S. Avaliação de sete famílias S_2 prolíficas de minimilho para a produção de híbridos. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 31-38, 2004.

RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil**. 2005. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

RODRIGUES, W.C. **DivEs** - Diversidade de espécies. Versão 2. 0. Software e guia do usuário, 2005. Disponível em: <http://www.ebras.bio.br>. Acesso em: 16 dez. 2008.

ROESLER, M. R. V. B.; CESCNETO, E. A. A produção de suínos e as propostas de gestão e ativos ambientais: o caso da região de Toledo – Paraná. **Informe GEPEC**, Toledo/PR, v. 7, n. 2, 2003.

ROVEDDER, A. P.; ANTONIOLLI, Z. I.; SPAGNOLLO, E.; VENTURINI, S. F. Fauna edáfica em solo suscetível à arenização na região sudoeste do Rio Grande do Sul. **Ciências agroveterinárias**, Lages, v. 3, n. 2, p. 87-96, 2004.

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados inferiores**. 7. ed. São Paulo. Roca, 2005, 1179 p.

SARTOR, V.; SOUZA, C. F.; TINOCO, I. F. F. **Informações básicas para projetos de construções rurais**. Instalações para suínos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004.

SEGANFREDO, M. A.; JÚNIOR, V. P. **Dejetos suínos: Adubo ou poluente?** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005. Disponível em: www.cnpas.embrapa.br/sgc/sgc_artigos/artigos_q5c76o7i.pdf. Acesso em: 17 jan. 2008.

SILVA, F. R.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em latossolo da região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 697-704, abr. 2006a.

SILVA, P. S. L.; SILVA, P.I.; SOUZA, A. K. F.; GURGEL, K. M.; PEREIRA FILHO, I.A. Green ear yield and grain yield of maize after harvest of the first ear as baby corn. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 24, n. 2, 2006b.

SILVEIRA, M. H. D. **Manejo da irrigação e da cobertura nitrogenada em minimilho (*Zea mays* L.)**. 2003, 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Botucatu, 2003.

SÖCHTIG, W., LARINK, O. Effect of soil compaction on activity and biomass of endogeic lumbricids in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**. Elmsford, v. 24, p. 1595-1599, 1992.

SOUZA, M.L.P.; BLEY JUNIOR, C. J.; FOWLWE, R. Potencialidade, aspectos ambientais e riscos associados a disposição final de esterco suíno líquido em terras das regiões oeste e sudoeste do Paraná. In: **Projeto de controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no estado do Paraná**. Gestão Ambiental da Suinocultura. Manual do assistente técnico. Curitiba, 2003. p. 71-140.

STORK, N. E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, Maryland, v. 7, p. 38-47, 1992.

THAKUR, D. R.; SHARMA, V. Effect of varieties rates of nitrogen and its schedule of application in baby corn (*Zea mays L.*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 62, n. 2, p. 93-95, feb. 1999.

THOMANZINI, M. J.; THOMANZINI, A. P. B. W. **Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no Sudeste Acreano**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 41 p. (Circular Técnica 35).

TOEBE, M.; CASALI, C. A.; ANTONIOLLI, Z. I.; SANTOS, D. R.; DENEGA, G. L. Efeito da adubação sobre a fauna do solo e na produtividade de culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31. Conquistas & Desafios da Ciência do Solo Brasileira. Disponível em: http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/CBCS_Gramado/Arquivos%20trabalhos/Efeito%20da%20aduba%20e%20o%20Marcos%20T..pdf. Acesso em: 14 set. 2008.

TOZE, S. Reuse of effluent water-benefits and risks. **Agricultural Water Management**, Palmerston North, v. 80, p. 147–159, 2006.

UHLIG, V. M. **Caracterização da mesofauna edáfica em áreas de Regeneração natural da floresta ombrófila densa Submontana, no município de Antonina, Paraná**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

VAN DER HOEK, W.; HASSAN, U. M.; ENSINK, J. H. J.; FEENSTRA, S.; RASCHID-SALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. **Urban Wastewater: A valuable resource for agriculture. A case study from horoonabad, Pakistan**. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 2002. 20 p. (Research Report 63).

VASCONCELLOS, C. A.; ALVES, V. M. C.; FILHO, I. A. P.; PITTA, G. V. E.; **Nutrição e adubação do milho visando obtenção do minimilho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. (Circular Técnica 9). Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2001/circular/Circ_09.pdf. Acesso em: 14 mar. 2008.

VIEIRA, L. **Produção de minhocas em dejetos suínos estabilizados e valor nutritivo da farinha de minhoca para suínos**. 1997, 56 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1997.

VITTI, M. R.; BRASIL, M. V.; MORSELLI, T. B. G. A.; FARIA, J. L. C. Estudo da mesofauna (ácaros e colêmbolos) no processo da vermicompostagem. **Científica Rural**, Bagé, v. 8, n. 2, 2004.

VON PINHO, R. G.; CARVALHO, G. S.; RODRIGUES, V. N.; PEREIRA, J. Características físicas e químicas de cultivares de milho para produção de minimilho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1419-1425, 2003.

WARDLE, D. A. et. al. The detritus foo-web and the diversity of soil fauna as indicators of disturbance regimes in agro-ecosystems. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 170. p. 35-43, 1995.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C. FAGUNDES, C. K. ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)