

## **Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais**

Edaphic invertebrates in different coffee management systems in Zona da Mata of Minas Gerais

SILVA, Joedna<sup>1</sup>; JUCKSCH, Ivo<sup>2</sup>; TAVARES, Rodrigo Castro<sup>3</sup>

1 Universidade Federal do Tocantins/UFT, Campus Universitário de Gurupi, Gurupi/TO, Brasil, joedna@uft.edu.br; 2Universidade Federal de Viçosa/UFV, Viçosa/MG, Brasil, ivo@ufv.br; 3Universidade Federal do Tocantins/UFT, Campus Universitário de Gurupi, Gurupi/TO, Brasil, rocatavares@yahoo.com.br

---

**RESUMO:** A fauna edáfica contribui na decomposição da matéria orgânica e na estruturação do solo, portanto sua identificação e quantificação são indispensáveis na compreensão das interações biológicas do sistema solo/planta. As comunidades da fauna edáfica refletem claramente diferenças na vegetação e práticas de manejo. Esta pesquisa teve o objetivo de avaliar a abundância e equidade da macro e mesofauna do solo frente ao tipo de manejo agrícola em áreas de plantio de café sob três tipos de manejo: sistema convencional, CONV, agroecológico, AGRO, agroflorestal, SAF e uma mata, MATA, próxima a cada sistema de manejo, avaliados em duas épocas de coleta. Para a avaliação da macrofauna e da mesofauna edáfica hipogéica foram coletados blocos de solo de 20 x 20 x 10 cm, sendo coletado, primeiramente, todo a serapilheira sobre a superfície do solo. O solo e a serapilheira foram colocados em funis de Berlese por sete dias, e armadilhas tipo *pitfalls* instaladas no campo por 72 horas. As variáveis analisadas foram a abundância, riqueza, diversidade dos animais do solo e os grupos funcionais. As épocas de coleta influenciaram a abundância de fauna, riqueza e diversidade de grupos. Os grupos da fauna edáfica coletados estão presentes em todos os sistemas de manejo com café, a exceção do grupo Opilionida. Nas armadilhas *pitfalls* a riqueza foi maior que a do solo e da serapilheira. Os grupos Formicidae e micrófagos foram os dominantes nos agroecossistemas avaliados em ambas as épocas de coleta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fauna do solo, sistemas de manejo, abundância e diversidade.

**ABSTRACT:** The edaphic faunal contributes to the decomposition of organic matter and soil structure, so their identification and quantification are essential to understand the biological interactions of the soil/plant. The edaphic faunal communities clearly reflect differences in vegetation and management practices. This research aimed to evaluate the abundance and fairness of the macro and mesofaunal of the soil against the type of agricultural management in coffee growing areas in three types of management: conventional system, CONV, agroecology, AGRO, agroforestry, SAF, and forest, MATA, next to each management system, valued at two times of collection. For the evaluation of macro and mesofaunal hypogeum edaphic, were collected all the litter on the soil surface and soil blocks from 20 x 20 x 10 cm. Soil and litter were placed in Berlese funnels for seven days, and pitfalls traps installed in the field for 72 hours. The variables were the abundance, richness, diversity and soil animal functional groups. The collection periods influenced the abundance of wildlife richness and diversity of groups. The groups collected edaphic faunal are present in all management systems with coffee, except for the group Opiliones. Traps pitfalls wealth was greater than that of soil and leaf litter. The groups were Formicidae and microphagous dominant in agroecosystems evaluated in both samplings.

**KEY WORDS:** soil fauna, management systems, abundance and diversity.

## Introdução

A influência do manejo do solo sobre os seus componentes biológicos normalmente apresenta resposta mais rápida do que outros atributos pedológicos, servindo como indicadores das alterações ecológicas nos agroecossistemas (PAOLETTI & BRESSAN, 1996).

A redução da diversidade de espécies e a alteração da estrutura da população de alguns grupos da fauna edáfica podem representar um indicador de degradação do solo e de perda de sua sustentabilidade. As práticas agrícolas podem alterar a fauna edáfica com aumento, limitação ou manutenção do tamanho da população. Quando não há modificação do tamanho da população, pode haver mudança na sua estrutura, como redução da quantidade de formas juvenis e de ovos (LOPES ASSAD et al., 1997). A prática de derrubada da floresta e queima, muito utilizada na agricultura itinerante, é extremamente impactante para a fauna de solo, de tal forma que dos cerca de 5.400 espécimes/m<sup>2</sup> encontrados em uma floresta secundária na Ilha Grande (RJ), apenas 337 espécimes/m<sup>2</sup> foram estimados após a derrubada e queima de uma roça caçara (SILVA, 1998).

A macrofauna, principalmente a epígea, é extremamente prejudicada pela aração, sofrendo danos diretos pela abrasão e esmagamento, mas também indiretos pela retirada dos resíduos orgânicos superficiais e alteração do microclima próximo do solo. Os térmitas têm as suas populações reduzidas devido principalmente à desestruturação física de seus ninhos e galerias. Aranhas, diplópodes, chilópodes e alguns coleópteros chegam a ser em alguns casos, eliminados do sistema, já que são extremamente dependentes da presença de serapilheira. A mesofauna, em particular os ácaros, é por vezes estimulada, sendo favorecida pela incorporação dos resíduos (WARDLE, 1995). Quanto maior for o aumento da biomassa vegetal, maior também será a resposta da fauna, embora essa relação não

tenha que ser necessariamente linear. Alguns fertilizantes, no entanto, podem ser tóxicos a alguns componentes da fauna de solo. É o caso das minhocas que em geral sofrem intoxicação por amônia (KLADIVKO & TIMMENGA, 1990).

Assim, os maiores efeitos do manejo sobre o solo podem ser vistos em sistemas agrícolas anuais intensivos. A ausência de cobertura vegetal por muitos anos, o baixo retorno de matéria orgânica, o revolvimento periódico pelo uso de máquinas, o repetido uso de pesticidas podem resultar em progressivo esgotamento do teor de matéria orgânica, deterioração estrutural, compactação, erosão, esgotamento de nutrientes, redução na complexidade e estabilidade da comunidade biológica (CURRY & GOOD, 1992).

As comunidades da fauna edáfica refletem claramente diferenças na vegetação e práticas de manejo (LAVELLE & SPAIN, 2001). O conhecimento das comunidades da fauna edáfica pode contribuir para avaliação dos graus de sustentabilidade de uma prática, seja na recuperação de uma área degradada ou até mesmo no caso de uma interferência em um sistema natural (LINDEN et al., 1994).

Dessa forma, para testar a hipótese de que os invertebrados do solo diminuem sua abundância e diversidade com a intensidade do manejo adotado, esta pesquisa teve o objetivo de avaliar a abundância e equidade da macro e mesofauna do solo frente ao tipo de manejo agrícola.

## Material e métodos

O trabalho foi realizado em propriedades de agricultores familiares de subsistência e comerciais, localizadas no município de Araponga, Zona da Mata, sudeste de Minas Gerais, dentro da microrregião de Viçosa. O clima da região é do tipo Cwb, ou seja, tropical de altitude, com verões chuvosos e invernos frios e secos, a temperatura média mensal oscila entre 20<sup>o</sup> e 22<sup>o</sup>C e a

precipitação média anual é de aproximadamente 1.200 mm (MEIRA NETO & MARTINS, 2002).

Os tipos de solo encontrados na região são o Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-amarelo Húmico, Cambissolos e Litossolos (EMBRAPA, 2006). São solos muito intemperizados, bem drenados, ácidos e com baixa disponibilidade de nutrientes, em especial o fósforo (KER, 1995). No município de Araponga, a situação fundiária é bem característica da região, prevalecendo pequenas propriedades que se desenvolvem, em sua maioria, na produção familiar de subsistência. Os excedentes da produção são comercializáveis e há a produção de alimentos, como milho, feijão, café, banana, entre outros. O uso do solo é também característico da região, sendo principalmente utilizado para a cultura de café e pastagem. De acordo com a contagem da população Araponguense realizado pelo IBGE no ano de 2007, o município possui 8.029 habitantes distribuídos nos seus 309 km<sup>2</sup>.

Os agroecossistemas e sistemas naturais estudados encontram-se em propriedades rurais constituindo-se de: um sistema convencional (CONV) de cultivo de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, na propriedade do senhor Carlos Eduardo Andrade, onde se manteve cultivo de café solteiro (a pleno sol) com uso de fertilizantes e agrotóxicos; um sistema de manejo agroecológico (AGRO) de cultivo de cafeeiro solteiro a pleno sol com o surgimento e manutenção de vegetação espontânea, sem uso de agrotóxicos de propriedade do agricultor familiar Sr. Ângelo da Guarda Costa; um sistema agroflorestal (SAF) de cultivo de cafeeiro consorciado com árvores frutíferas ou não, com surgimento e manutenção de vegetação espontânea, sem uso de agrotóxicos, onde se encontra mais freqüentemente o ingazeiro (*Inga* sp.), o abacateiro (*Persea* sp.) e a bananeira (*Musa* sp.), consorciadas com o cafeeiro, também do Sr. Ângelo já citado; uma mata nativa próxima a cada propriedade rural descrita anteriormente, sendo

considerada como sistema natural (MATA).

A coleta de solo foi efetuada na camada de 0 - 10 cm. As coletas da fauna hipogéica e epigéica foram realizadas em dois períodos do ano: seco, de junho até setembro, com dias curtos, baixas precipitação e temperatura; e chuvoso, de dezembro até março, com dias longos, elevada precipitação e temperatura.

Segue abaixo um breve histórico de uso do solo e locais de manejo selecionados nos diferentes agroecossistemas localizados no município de Araponga, MG.

Agricultor Sr. Ângelo, (S 20°38'636" W 42°29'876" e S 20°42'291" W 42°31'96"). Inicialmente a área era uma capoeira que rapidamente foi desmatada e implantada pastagem, sendo posteriormente (1981) introduzido o plantio de cafeeiro, onde o manejo era feito de forma convencional. Apenas em 1995 iniciou-se a transição para os sistemas atuais realizados na propriedade (SAF e AGRO), como medidas de contenção de processos erosivos e lixiviação. A conversão ocorreu há 13 anos. Abacateiros foram introduzidos em uma parte da área com cafeeiro. Tipo de Solo: Latossolo Vermelho. São 45 hectares com 13.000 pés de cafeeiro var. Catuaí, sendo 6.000 m<sup>2</sup> sob sistema agroecológico (AGRO), cultivados a pleno sol (2.000 plantas). A idade do cafeeiro era de 28 anos, e o espaçamento de 3,0 x 2,0 m. A correção do solo é realizada a cada três anos. A adubação é realizada com cama de galinha, esterco bovino (3 kg/planta), urina de bovino e também com N-P-K (20-5-20), 100g/planta uma vez/ano. No manejo fitossanitário e nutricional é utilizada calda Viçosa e ausência de agrotóxicos. No sistema agroflorestal (SAF) são 3.600 m<sup>2</sup> com cafeeiro var. Catuaí (1.200 plantas) e abacateiro. As demais características do sistema SAF e manejo são similares ao AGRO.

Agricultor Sr. Carlos, (S 20°39'825" W 42°31'

525"). Uso anterior: área desmatada para a introdução de pastagem. A propriedade rural possui 55 ha e com cerca de 44 mil plantas de cafeeiro var. Catuaí, com 22 anos de idade, no entanto há algumas com sete anos sob sistema convencional de cultivo (CONV). Tipo de Solo: Latossolo Vermelho. A adubação com N-P-K (20-0-15) é realizada uma vez por ano e também com micronutrientes. O espaçamento do cafeeiro é de 3,0 x 1,0 m. A palha seca do cafeeiro retorna a lavoura. Há também, a utilização da calda Viçosa, herbicida, formicida e correção do solo a cada dois anos.

#### Amostragens para avaliação da macro e mesofauna edáfica hipogéica.

Cinco pontos de coleta foram demarcados aleatoriamente, distanciando-se ao menos quinze metros um do outro, para cada sistema de cultivo (CONV, SAF, AGRO) e MATA. Blocos de solo de 20 x 20 x 10 cm foram coletados, sendo coletada, primeiramente, a serapilheira da superfície, considerando todo resíduo vegetal sobre a superfície do solo.

O bloco de solo e a serapilheira foram separadamente armazenados em sacos plásticos, devidamente identificados e posteriormente levados ao laboratório de Resíduos e Matéria Orgânica da Universidade Federal de Viçosa, MG, para proceder à extração dos invertebrados edáficos.

Primeiramente realizou-se a extração manual dos Oligochaetas presentes nas amostras de solo, posteriormente o solo e a serapilheira foram separadamente colocados em funis de Berlese-Tüllgreen e mantidos sob luz incandescente de 40 W, que permaneceram acesas ininterruptamente por sete dias a fim de extrair os animais presentes. O calor produzido pelas lâmpadas, com o tempo, favoreceu a seca do solo e a serapilheira progressivamente, tornando-se desfavorável à presença dos organismos, fazendo-os migrarem

para as camadas mais profundas dos funis. Na base de cada extrator foram fixados sacos plásticos com álcool 70 %, para manter os animais conservados até a triagem e identificação. Após a extração, os sacos contendo o álcool e os animais foram recolhidos.

No laboratório, as amostras passaram por uma triagem com auxílio de lupa binocular com capacidade de aumento de 40x e os organismos da meso e da macrofauna foram separados em grandes grupos taxonômicos e contados.

#### Amostragens para avaliação da meso e macrofauna edáfica epigéica.

Armadilhas do tipo *pitfall* foram instaladas (MOLDENKE, 1994) próximo ao ponto onde foi retirado o solo em cinco pontos para cada área. As *pitfalls* constituíam-se de frascos plásticos de sete centímetros de diâmetro e nove centímetros de altura. Estes foram enterrados em buracos até a borda, sendo utilizada uma escavadeira manual. O espaço existente entre o solo e o frasco foi preenchido com o solo removido. Adicionou-se, até cerca de um terço de seu volume, uma solução de sal, água e detergente. O detergente foi utilizado com o intuito de quebrar a tensão superficial da água, fazendo com que os animais que porventura caíssem na armadilha afundassem. O sal, por sua vez, foi colocado para manter e preservar os mesmos. As armadilhas foram retiradas após 72 horas de permanência nas áreas e procedeu-se a triagem e identificação dos invertebrados presentes.

#### Análises.

Na avaliação do comportamento ecológico da fauna foi avaliado o número total de espécimes (abundância), sendo a riqueza de organismos medida pelos índices de diversidade de Shannon ( $H$ ) e de equitabilidade de Pielou ( $e$ ). A riqueza de grupos indica o número de grupos presentes no tratamento. A uniformidade é uma medida de

equidade dos padrões de abundância, sendo que os menores valores obtidos para este índice representam comunidades menos uniformes onde a dominância de um ou mais grupos é mais acentuada (BEGON et al., 1996). O índice de diversidade de SHANNON ( $H$ ) mede a diversidade de espécies e é expresso pela fórmula:  $H = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$  onde  $p_i = n_i/N$ ; em que  $p_i$  é a frequência relativa de espécimes de cada grupo taxonômico "i" identificado (MAGURRAN, 1988). O índice de equabilidade de PIELOU ( $e$ ) mede a equitatividade das espécies, ou seja, quanto as proporções das espécies estão igualmente distribuídas na comunidade. Tem como fórmula:  $e = (H/\log_2 R)$ , sendo "R" a riqueza definida como o número de diferentes unidades taxonômicas coletadas em cada área avaliada. Na discussão dos dados, utilizou-se o termo "grupo" para identificar os invertebrados de uma mesma ordem.

Análises de variâncias foram feitas para verificar as diferenças dos índices de biodiversidade entre os tipos de manejo (tratamentos). O teste de Tukey a nível de significância de 10 % de probabilidade foi aplicado para verificar as diferenças entre os tipos de manejo e entre as épocas de coleta (seca e chuvosa). Os dados correspondentes ao número de espécimes por  $m^2$  e o número de espécimes por armadilha por dia foram transformados em  $\log(x)$ , para que a premissa da distribuição normal dos dados fosse obtida.

Os compartimentos solo e serapilheira foram analisados em separado, nas duas épocas de coleta, com o objetivo de se comparar o efeito das diferentes coberturas vegetais (sistemas de manejo) sobre a abundância e diversidade dos invertebrados do solo, nos sistemas, compartimentos e épocas.

Para as análises estatísticas foi usado o programa Proc Mixed do programa SAS 8.0 (SAS Institute Inc., Cary - NC, USA, 2002).

## Resultados e discussão

Durante o período de estudo (janeiro/2008 a abril/2009), verificou-se uma precipitação anual de 1.500 mm, com totais mensais variando de 3,89 mm (maio/08) a 442,75 mm (dezembro/08). No presente estudo, o inverno compreende os meses mais frios e secos do ano (maio a julho) e o verão o período com mais chuvas, portanto, de novembro a março (Figura 1). A temperatura máxima média variou de 26,2 °C (outubro) como máxima e 11,8 °C (junho) como mínima. Em 2009, até abril, verificou-se uma precipitação média de 199,2 mm com totais mensais variando de 103,25 mm (abril) a 249,25 mm (março). A temperatura média variou de 28,24 °C (fevereiro) como máxima e 14,77 °C (janeiro) como mínima.

A maioria dos animais invertebrados identificados estiveram presentes em todas as áreas. Alguns ocorreram apenas no sistema natural (MATA), como por exemplo, Chilopoda e Pseudoscorpionida, ambos dentro de uma mesma funcionalidade e classificados como predadores, conforme Costa (2002). Entretanto, Dermaptera só esteve presente no sistema convencional (CONV) do produtor Sr. Carlos. Já o grupo Diptera foi encontrado em todas as áreas independente do manejo.

### Índices na Serapilheira

Na época chuvosa, nos sistemas CONV e SAF, os números de espécimes por  $m^2$  foram maiores (Tabela 1). De maneira similar, Coral et al. (1999) na Amazônia encontraram um total geral da macrofauna de serapilheira superior na estação chuvosa do que na seca. No período chuvoso, não foi verificada diferença significativa nesta variável entre os sistemas. Já entre sistemas na época seca, a MATA foi superior no número de espécimes coletados ao SAF, porém não diferiu do CONV e do AGRO. Soares & Costa (2001), relataram que as temperaturas baixas, que ocorreram no inverno, pouco influenciaram na

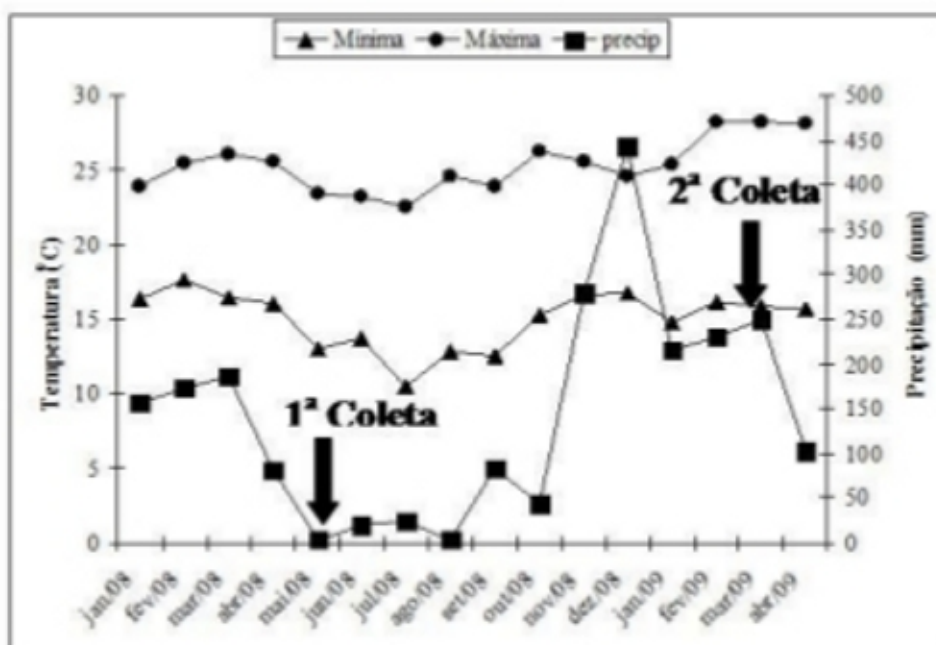


Figura 1: Totais mensais da precipitação (precip.) pluvial e temperatura mensal máxima e mínima (°C) médias registradas no município de Araponga-MG, no período de janeiro/08 a abril/09. As setas indicam os meses em que foram realizadas as amostragens em campo.

fauna do solo, onde a variável estação do ano não apresentou uma diferença significativa na distribuição populacional. Os autores explicaram que, por causa das oscilações climáticas ocorridas, durante a coleta do solo, não foi determinado um caráter definitivo para cada estação do ano.

A riqueza total de grupos diferiu entre épocas apenas para os sistemas CONV e SAF, sendo que no período seco coletou-se um menor número de grupos de invertebrados do solo (Tabela 1). Na época seca MATA mostrou riqueza superior ao SAF, e não diferiu dos demais. No período chuvoso, não houve diferenças entre os sistemas de manejo estudados. Similantemente Moço et al. (2005) na região norte fluminense observaram para a floresta natural um valor de riqueza superior no estrato serapilheira.

O índice de Shannon diferiu entre épocas apenas para o sistema SAF, o qual aumentou na época chuvosa (Tabela 1). Os sistemas foram similares entre si dentro de épocas. O declínio dos valores de  $H$  é o resultado de uma maior dominância de alguns grupos em detrimento de outros (BEGON et al., 1996). Moço et al. (2005) encontraram no inverno, índice de Shannon no solo sob floresta de 2,75 e sob eucalipto de 1,69, enquanto que no verão foi de 2,96 para floresta preservada e 2,66 para solo sob eucalipto. No presente trabalho, o solo sob mata (MATA), apresentou o  $H$  de 2,37 no período chuvoso e no período seco de 1,84.

O índice de Pielou não diferiu entre as épocas e sistemas de manejo avaliados, com variação de valores entre 0,67 e 0,86, indicando uma menor

Tabela 1: Número de indivíduos por m<sup>2</sup>, riqueza total de grupos, Índice de Shannon (*H*) e Índice de Pielou (*e*), da comunidade de fauna invertebrada coletada na serapilheira, no solo e em armadilhas *pitfalls*, em diferentes sistemas de manejo de cafezais nas propriedades agrícolas, em duas épocas do ano.

		Sistemas de Manejo			
Variáveis	Épocas de Coleta	CONV	MATA	AGRO	SAF
		Serapilheira			
Ind.m <sup>-2</sup>	Seca	430,00Bab	2.005,00Aa	225,00Aab	110,00Bb
	Chuvosa	1.100,00Aa	1.095,00Aa	450,00Aa	750,00Aa
Riqueza	Seca	4,80Bab	7,40Aa	5,40Aab	2,60Bb
	Chuvosa	8,80Aa	9,40Aa	6,80Aa	6,60Aa
<i>H</i>	Seca	1,72Aa	1,84Aa	1,97Aa	1,05Ba
	Chuvosa	2,27Aa	2,37Aa	2,39Aa	2,20Aa
<i>e</i>	Seca	0,72Aa	0,67Aa	0,73Aa	0,76Aa
	Chuvosa	0,75Aa	0,76Aa	0,86Aa	0,86Aa
		Solo			
Ind.m <sup>-2</sup>	Seca	175,00Ba	575,00Aa	195,00Ba	115,00Aa
	Chuvosa	356,25Aa	550,00Aa	150,00Aa	131,25Aa
Riqueza	Seca	2,20Bab	5,25Aa	0,80Bb	1,40Bb
	Chuvosa	5,50Aa	5,50Aa	2,50Ab	3,25Ab
<i>H</i>	Seca	0,86Bab	1,67Aa	0,06Bb	0,31Bb
	Chuvosa	1,97Aa	1,83Aa	0,93Ab	1,40Aab
<i>e</i>	Seca	0,55Bab	0,82Aa	0,06Bb	0,31Bab
	Chuvosa	0,91Aa	0,75Aa	0,76Aa	0,92Aa
		Armadilha Pitfall			
Ind/arm/dia	Seca	8,60Bab	19,13Ba	6,67Bb	4,93Bb
	Chuvosa	50,17Aa	47,00Aa	16,80Ab	18,40Ab
Riqueza	Seca	6,80Bab	8,00Ba	5,20Bb	4,80Bb
	Chuvosa	13,50Aa	15,00Aa	9,60Ab	10,60Ab
<i>H</i>	Seca	1,74Ba	2,52Ba	1,56Ba	1,58Ba
	Chuvosa	2,83Aab	3,01Aa	2,65Ab	2,54Ab
<i>e</i>	Seca	0,63Ba	0,75Aa	0,68Ba	0,72Aa
	Chuvosa	0,76Aa	0,77Aa	0,82Aa	0,75Aa

CONV = convencional, AGRO = agroecológico; SAF = sistema agroflorestal. As letras minúsculas iguais indicam que comparações entre sistemas de manejo, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10 %. As letras maiúsculas iguais indicam que não há diferença entre épocas, dentro de cada característica ecológica pelo Teste de Tukey a 10 %.

dominância numérica apresentada por um ou alguns grupos da fauna do solo (Tabela 1).

#### Índices no solo

A densidade de espécimes, no compartimento solo, diferiu entre as épocas de coleta para os sistemas CONV e AGRO, sendo superior na época chuvosa (Tabela 1). Alves et al. (2008) também não encontraram diferença significativa para abundância e riqueza total de organismos no solo, em duas das três épocas amostradas, em avaliação do efeito da adição de doses crescentes de dejetos suínos, adubação organomineral e mineral sobre a abundância e diversidade da macrofauna edáfica. Já, Pimentel (2005) avaliou os grupos da macrofauna edáfica e atributos microbiológicos em cafezal sob sistema orgânico, cultura de ciclo curto e floresta, e verificou que a densidade média e riqueza média da macrofauna, foram estatisticamente iguais nas diferentes estações do ano avaliadas.

Entre sistemas não foi verificada diferença no número de animais para o compartimento solo (Tabela 1). A riqueza não diferiu entre épocas apenas no sistema MATA. No sistema AGRO, embora tenha ocorrido redução no número de espécimes no período chuvoso houve aumento da riqueza, favorecendo o aumento da uniformidade na distribuição dos grupos de fauna. Moço et al. (2005) também observaram esse comportamento em solo de capoeira, porém para a época do inverno.

Já entre sistemas, na época seca, a MATA apresentou o maior número de grupos (Tabela 1). Para o período chuvoso, os sistemas MATA e CONV apresentaram o maior número de grupos de espécimes e os sistemas SAF e AGRO, os menores. O maior valor de índice de diversidade de Shannon para o compartimento solo entre épocas ocorreu no sistema CONV (1,97 na época chuvosa), valor esse bem inferior ao encontrado por Moço (2006) que obteve um *H* sob cacau

(*Theobroma cacao*) antigo com sombreamento definitivo de eritrina (*Erythrina indica*) igual a 3,19.

No período da seca, os sistemas, CONV, AGRO e SAF apresentaram os menores índices de Shannon. Na época chuvosa, os sistemas CONV e MATA obtiveram os maiores índices e os sistemas AGRO e SAF os menores, mas verificou-se um aumento nestes valores (AGRO de 0,06 para 0,92 e o SAF de 0,3 para 1,40). A comparação dos índices de diversidade das comunidades de invertebrados de áreas cultivadas com áreas nativas é uma estratégia que permite avaliar o impacto ambiental e obter mais informações sobre os grupos funcionais indicadores da qualidade do solo. Do mesmo modo, ao se optar pela abundância como uma medida de alteração do ambiente propõe-se avaliar as modificações na densidade ou na biomassa em comunidades submetidas a diferentes condições abióticas ou sistemas de manejo (CORREIA & OLIVEIRA, 2000).

O índice de equabilidade (*e*) foi menor na época seca para os sistemas CONV, AGRO e SAF (Tabela 1). Entre sistemas no período seco, a MATA foi superior ao AGRO e não diferiu dos demais. Já no período chuvoso, não houve diferença entre os sistemas. Em contraste, Sileshi & Mafongoya (2006) verificaram menor valor de diversidade em tratamento com fertilizante mineral, semelhante aos resultados encontrados também por Alves et al. (2008).

#### Índices em armadilhas *pitfalls*

Segundo Almeida et al. (1998) as armadilhas para insetos de solo ou de vôo baixo de solo, são especialmente voltadas para insetos que caminham sobre o solo por incapacidade de vôo ou por preferência de hábitat. Isso inclui uma variedade de formas imaturas de insetos, como larvas de besouros e de dípteros, mas também adultos de insetos sem asas, como Collembola, Protura, Diplura, formigas, adultos com asas de



alguns grupos, como Sciaridae e Phoridae (Diptera), além de outros artrópodes, como ácaros, aranhas, sínfilos, diplópodos etc.

Nas armadilhas de queda (*pitfalls*), o número de animais capturados por armadilha por dia, foi superior para época chuvosa em todos os sistemas (Tabela 1). A época chuvosa foi mais propícia para a reprodução dos animais e consequente aumento de suas populações epigéicas. Na época seca, MATA apresentou número de espécimes coletados por dia superior a AGRO e SAF, mas não diferiu de CONV. Copatti & Daudt (2009) em um estudo de um fragmento de mata nativa e de uma monocultura de *Pinus elliottii*, em Jaguari-RS, analisaram a diversidade de Arthropoda através de dois métodos de captura: manual e armadilhas de solo do tipo *pitfall* e também encontraram maior abundância de espécimes na mata nativa do que na monocultura. Segundo estes autores, diversos fatores favoreceram este incremento: presença de sub-bosque bem desenvolvido; a oferta de nichos ecológicos diversos; a menor incidência de radiação solar e a proteção contra fatores adversos do meio abiótico (RICKLEFS, 2003). Na época chuvosa, CONV e MATA apresentaram os maiores valores na captura de insetos, e não diferiram entre si. Na época chuvosa, onde ocorrem altas temperaturas e precipitação pluvial, consequentemente maior quantidade de serapilheira e umidade do solo, há também, maior abundância e diversidade da fauna do solo.

A riqueza total de grupos foi superior em todos os sistemas de manejo com incremento de populações no período chuvoso, em todas as áreas avaliadas (Tabela 1). Neste período, observou-se uma maior quantidade de serapilheira e plantas espontâneas depositada sobre o solo. Segundo Correia & Andrade (1999) o incremento da diversidade e quantidade de cobertura vegetal favorece a heterogeneidade da serapilheira, que apresentará maior diversidade das comunidades da fauna. Neste micro-habitat haverá a colonização

de várias espécies da fauna do solo com estratégias diferentes de sobrevivência (MOÇO et al. 2005).

A riqueza foi bem superior ao encontrado nos compartimentos solo-serapilheira (Tabela 1). Entre épocas de coleta foi verificada diferença, sendo que em ambos os períodos, a MATA apresentou a maior riqueza, porém sem diferir do sistema CONV. Provavelmente, tal riqueza esteja relacionada com o aumento do conteúdo de matéria orgânica no período chuvoso, em que há uma contribuição do solo rizosférico pela presença mais efetiva do estrato herbáceo (POGGIANI et al., 1996).

A diversidade das comunidades de fauna do solo está relacionada à complexidade estrutural do habitat. Pois, em ambientes mais complexos estruturalmente deve haver maior número de espécies devido a maior oferta de nichos ecológicos para esses organismos, refúgios contra predadores, disponibilidade de sítios para nidificação e recursos alimentares (VIEIRA & MENDEL, 2002). Uma diversidade estrutural mais elevada do ambiente implica em uma maior diversidade de espécies (PIANKA, 1983). Florestas, de uma maneira geral, fornecem condições diversificadas para a existência de uma maior biodiversidade devido às suas estruturas mais complexas: grande número de espécies vegetais, estratificação vertical e copas interconectadas formando um dossel contínuo (ELTON, 1973). A diversidade é um índice composto de duas variáveis, a riqueza de espécies ou grupos de espécies e a equitabilidade ou a uniformidade de repartição dos espécimes entre os grupos. O padrão mais marcante é o de poucos grupos com muitos espécimes e muitos grupos com poucos espécimes, sendo este último característico de climas tropicais com estações bem definidas, uma seca e outra úmida (OLIVEIRA, 1997).

O índice de Shannon encontrado para a fauna

epigéica diferiu entre as épocas de coleta para todos os sistemas. Na época seca os sistemas foram similares entre si. Na época chuvosa a MATA foi superior ao AGRO e SAF e não diferiu do CONV. Ao avaliar o índice de equabilidade de Pielou, a diferença entre épocas, ocorreu apenas para os sistemas CONV e AGRO, os quais aumentaram no período chuvoso.

#### Grupos funcionais da fauna de solo

Os animais da fauna edáfica foram divididos e classificados em grupos funcionais (Figura 2). Um grupo funcional é definido em relação às suas propriedades inerentes, tais como: morfologia, fisiologia e propriedades relacionadas aos recursos e interações entre espécie. A análise da composição e da importância de determinados grupos funcionais da comunidade pode contribuir para a compreensão da capacidade reguladora da fauna do solo nos ecossistemas (CORREIA & OLIVEIRA, 2000). Cabe ainda ressaltar que os espécimes do grupo Acari não foram integrados na caracterização por grupos funcionais, uma vez que há diferenças funcionais características dentro deste grupo e uma separação taxonômica mais refinada de seu numeroso efetivo demandariam muito tempo, além de que atribuir funções a estes animais poderia induzir a afirmativas errôneas. Os grupos taxonômicos foram reunidos em nove grupos funcionais, conforme proposto por Costa (2002) a partir de características relativas ao uso do habitat e à principal forma de utilização do recurso alimentar. Todos os espécimes do grupo Collembola foram considerados como sendo micrófagos, assim como os Hymenoptera, exceto os da família Formicidae, foram considerados como sendo parasitóides. Além disto, optou-se por fazer uma distinção entre os dois principais grupos de insetos sociais (Formicidae e Isoptera), devido à grande diferença numérica de seus efetivos.

O grupo funcional Formicidae na época seca

mostrou superioridade nos sistemas MATA, AGRO e SAF, porém no sistema CONV o grupo predominante foi o de outros holometabólicos (Figura 2). A importância dos holometabólicos ressalta-se pelo fato de que parte dos espécimes que compõem esse grupo possui um hábito saprófago, atuando na decomposição da serapilheira.

Na comunidade da fauna na MATA houve maior dominância entre os sistemas para formigas, com 76 % de predominância (Figura 2), o que também tem sido relatado por outros autores em florestas tropicais (COSTA et al., 1998). Um fator importante que pode influenciar a densidade destes animais é a serapilheira (CAMPOS et al., 2003), pois pode conter diversidade de fauna e flora, os quais contribuem para a interação entre os grupos e os processos ecológicos. Muscardi (2008) estudando formigas em diferentes sistemas de manejo com café constatou que as formigas respondem positivamente ao peso de serapilheira, o que inferiu a importância deste fator para a diversidade e abundância desses espécimes. Moço et al. (2005) estudando a composição da fauna edáfica em diferentes coberturas florestais, encontraram a predominância do grupo Hymenoptera, sendo a maioria composta por formigas que são saprófagos e predadores, tanto no solo como na serapilheira. As formigas realizam importantes funções no ambiente, como melhorar o arejamento e a penetração da água no solo e incorporar matéria orgânica ao solo tornando-o fértil. As formigas constituem grande parte da biomassa de ecossistemas naturais (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Dias et al. (2006) avaliaram o efeito de três espécies arbóreas (duas leguminosas fixadoras de N<sub>2</sub> e uma não fixadora), na densidade e diversidade da macrofauna invertebrada do solo, avaliando também a predominância de grupos em conformidade com a cobertura vegetal. Esses

autores observaram que o grupo Formicidae se destacou nos consórcios formados pelas leguminosas arbóreas e a pastagem de capim

Survenola (híbrido do gênero Digitaria) e verificaram que a maior representatividade deste grupo, acima de 80 % do total de espécimes, em

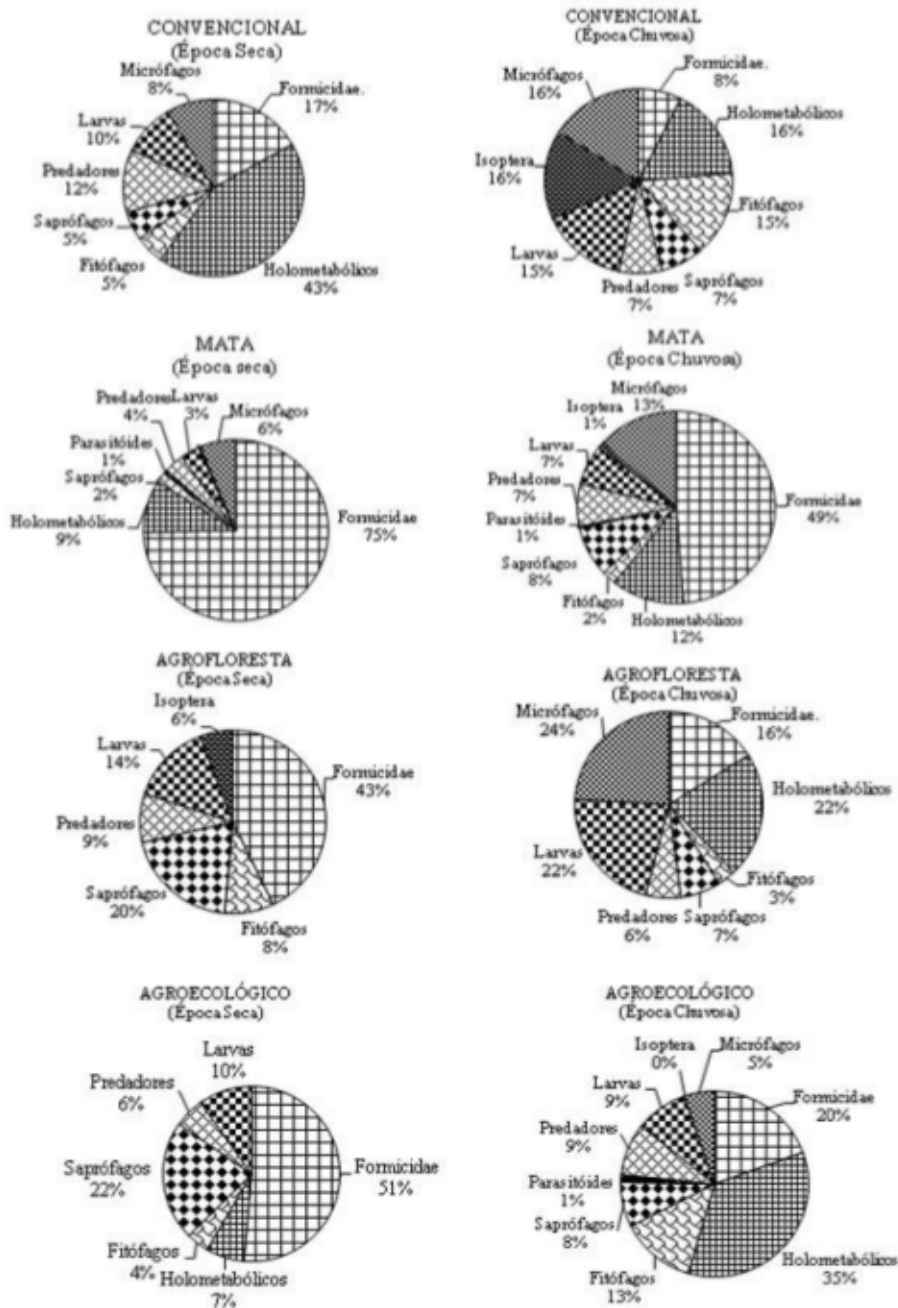


Figura 2: Distribuição dos grupos funcionais da fauna de solo identificados no conjunto serapilheira-solo dos diferentes sistemas de manejo e épocas de coleta. Holo = Hólometabólicos.

cada consórcio, está associada à topografia que favorece o escoamento da água. Segundo Santos (2001) as formigas preferem construir seus formigueiros em terrenos que não acumulam água.

Em valores relativos a maior percentagem do grupo dos predadores (12 %) foi observada no sistema convencional, o que pode indicar maior disponibilidade de presas, seguido pelo SAF (9 %), AGRO (6 %) e MATA (3 %) (Figura 2). Os parasitóides e predadores, grupos funcionais relacionados a habitats mais estruturados, apresentaram-se em percentagem relativamente baixa em comparação aos outros grupos funcionais. Em relação ao grupo dos saprófagos, observou-se que os sistemas CONV e MATA apresentaram baixos percentuais, enquanto que nos sistemas AGRO e SAF foram mais elevados, da ordem de 22 e 20 %, respectivamente, do total de espécimes. Estes resultados seguem a mesma tendência obtida por Costa (2002) que foram da ordem de 19,8 %. Ao contrário, Toledo (2003) avaliando o aporte de serapilheira, a fauna edáfica e a taxa de decomposição da serapilheira em duas áreas de floresta estacional semidecidual de sucessão secundária encontrou uma percentagem baixa (3,44 % do total de espécimes).

Na época chuvosa foi observada de forma geral uma distribuição equitativa entre os grupos e entre os sistemas, sem, contudo, observar uma dominância expressiva de um determinado grupo funcional. Os grupos holometabólicos, Formicidae, saprófagos e predadores, foram os mais representativos.

### Conclusões

Os períodos de coleta influenciam a variação da abundância de fauna, riqueza e diversidade de grupos.

Os grupos da fauna edáfica coletados estão presentes em todos os sistemas de manejo com cafeeiro (cultura perene), a exceção do grupo

Opilionida.

As áreas estruturalmente complexas (MATA, AGRO e SAF) não revelam maior diversidade de grupos do que nas áreas menos complexas (CONV).

A serapilheira é o compartimento onde se encontram mais espécimes, quando comparado ao solo, por proporcionar habitat apropriado para a maioria dos grupos de invertebrados edáficos.

Nas armadilhas de solo do tipo *pitfall* a riqueza total de grupos é superior em relação aos compartimentos solo-serapilheira.

Os grupos Formicidae e micrófagos são os grupos dominantes nos agroecossistemas avaliados (MATA, SAF, AGRO e CONV), na época chuvosa do ano.

### Agradecimentos

Agradecimento especial à FAPEMIG pelos recursos financiados para a execução do projeto e sem a qual seria improvável a realização do mesmo, à Universidade Federal de Viçosa por conceder o espaço físico para o desenvolvimento do projeto, e também aos agricultores familiares e comerciais do município de Araponga, MG.

### Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, L.M. et al. **Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos**. Holos, 1998. 78p.
- ALVES, M.V. et al. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 589-598, 2008.
- BEGON, M. et al. **Ecology: individuals, populations and communities. Community ecology: pattern and process**. Oxford: Blackwell, 1996. 432p.
- CAMPOS, R.B.F. et al. Local determinants species richness in litter ant communities (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, Califórnia, v. 41, n. 2, p. 357-367. 2003.
- COPATTI, C.E.; DAUDT, C.R. Diversidade de artrópodes na serapilheira em fragmentos de

- mata nativa e *Pinus elliottii* (Engelm. Var. elliottii). **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 95-113, 2009.
- CORAL, S.C.T. et al. Macrofauna de liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 29, n. 3, p. 477-595, 1999.
- CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L.C.M. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos**. Seropédica: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia, 2000. 46p. (Documento, 112).
- CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Genesis, 1999. Cap. 13, p. 197-225.
- COSTA, P. Fauna do solo em plantios experimentais de *Eucalyptus grandis* Maiden, *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Acacia mangium* Willd. 2002. 93p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- COSTA, P. et al. Estudo comparativo das comunidades de fauna de solo em sistemas florestais. Caxambu, MG, 1998. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998. Caxambu, MG. **Resumos...** Caxambu: SBCS/UFLA, 1998. v. 1. p. 158. 1CD.
- CURRY, J.P.; GOOD, J.A. Soil fauna degradation and restoration. **Advances in Soil Sciences**, New York, v. 17, p. 171-215, 1992.
- DIAS, P.F. et al. Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de Digitaria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1015-1021, 2006.
- ELTON, C.S. The structure of invertebrate populations inside neotropical rain forest. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 42, p. 55-103, 1973.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412p.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The ants**. Cambridge: Harvard University, 1990. 732p.
- KER, J.C. Mineralogia, sorção e desorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil. Viçosa, 1995. 181p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
- KLADIVKO, E.J.; TIMMENGA, H.J. Earthworms and agricultural management. In: BOX, J.E.; HAMMOND, L.C. **Rhizosphere dynamics**. Madison: ASA, 1990. p. 192-216. (ASA. Selected Symposium, 113).
- LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publication, 2001. 654p.
- LINDEN, D.R. et al. Faunal indicators soil quality. In: DORAN, J. W. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Society of American, 1994. p. 91-106.
- LOPES ASSAD, M.L. et al. Atividade biológica em solos de Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO – NA GLOBALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO SOBRE O USO DA TERRA, 25., 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1997. 1 CD.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. London: Cronn Helm, 1988. 179p.
- MEIRA NETO, J.A.A.; MARTINS, F.R. Composição florística de uma floresta estacional semidecidual montana no município de Viçosa - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 437-446. 2002.
- MOÇO, M.K.S. et al. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 555-564, 2005.
- MOÇO, M.K. da S. Fauna do solo em diferentes agrossistemas de cacau no sul da Bahia. 2006. 93p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- MOLDENKE, A.R. Arthropods. In: WEAVER, R. W. et al. **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: SSSA, 1994. part 2. p. 517-542.
- MUSCARDI, D.C. Formigas edáficas e atributos do solo em cafezais sob diferentes tipos de manejo. 2008. 44p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
- OLIVEIRA, R.E. Aspectos da dinâmica de um fragmento florestal em Piracicaba – SP: silvigenese e ciclagem de nutrientes. 1997. 87p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de

- São Paulo.
- PAOLETTI, M.G.; BRESSAN, M. Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance. **Critical Review in Plant Sciences**, London, v. 15, n. 1, p. 21-62, 1996.
- PIANKA, E. R. **Evolutionary ecology**. HARPER & ROW: New York, 1983. 356p.
- POGGIANI, F. et al. **Práticas de ecologia florestal**. Piracicaba, 1996. n. 6, p. 1-44. (Documentos Florestais).
- PIMENTEL, M.S. Indicadores de qualidade do solo em sistema orgânico de café, hortaliça, pasto e floresta, durante as estações do ano. 2005. 116p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- RICKLEFS, R.E. **A Economia da Natureza**. São Paulo: Guanabara Koogan S.A., 2003. 505p.
- SANTOS, E.M.R. dos. Densidade, diversidade e biomassa da fauna do solo em serapilheira manipulada numa floresta secundária na Amazônia Central. 2001. 95p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- SAS System for Mixed Models. SAS Institute. LITTELL R.C, Milliken GA, Stroup WW, Wolfinger RD Cary, 2002.
- SILESHI, G.; MAFONGOYA, P.L. Long-term effects of improved legume fallows on soil invertebrate macrofauna and maize yield in eastern Zambia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 115, p. 69-78, 2006.
- SILVA, R.F. Roça caiçara: dinâmica de nutrientes, propriedades físicas e fauna do solo em um ciclo de cultura. 1998. 105p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- SOARES, M.I.J.S.; COSTA, E.C. Fauna do solo em áreas com *Eucalyptus* spp. e *Pinus elliotti*, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 29-43, 2001.
- TOLEDO, L. de O. Aporte de serrapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no município de Pinheiral, RJ. 2003. 80p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- VIEIRA, L.M.; MENDEL, S.M. Riqueza de artrópodes relacionada à complexidade estrutural da vegetação: uma comparação entre métodos. In: VENTICINQUE, E.; HOPKINS, M. **Curso de Campo**, UFMS. 2002. Campo Grande - MS.
- WARDLE, D.A. Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. **Advances in Ecological Research**, New York, v. 26, n. 2, p. 105-182, 1995.