

# ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO SOB MANEJO ORGÂNICO DE CAFEIEIRO, PASTAGEM E FLORESTA EM REGIÃO DO MÉDIO PARAÍBA FLUMINENSE-RJ<sup>1</sup>

Márcio Sampaio Pimentel<sup>2</sup>, Adriana Maria de Aquino<sup>3</sup>, Maria Elizabeth Fernandes Correia<sup>3</sup>, Janaina Ribeiro Costa<sup>4</sup>, Marta dos Santos Freire Ricci<sup>4</sup>, Helvécio De-Polli<sup>4</sup>

(Recebido: 24 de maio de 2006; aceito: 21 de agosto de 2006)

**Resumo:** Com este trabalho objetivou-se avaliar os atributos microbiológicos e da macrofauna edáfica durante um ano, em amostragens realizadas nas quatro estações climáticas e em seis ambientes contrastantes: solos com duas cultivares de café (*Coffea arabica* L.) cultivadas com e sem crotalária nas entrelinhas; pastagem e floresta. Foram coletadas amostras de solo nos meses de maio, agosto, novembro de 2002 e fevereiro de 2003, para avaliar os níveis de biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico e a ocorrência da macrofauna edáfica na profundidade de 0-10 cm. A macrofauna edáfica apresentou maior número e riqueza em solo sob floresta. Em solo de cafeeiro as mesmas mostraram-se equiparadas, tanto com a ausência como na presença de crotalária, enquanto em pastagem foi menor. O outono foi favorável à biomassa microbiana e aos grupos Formicidae, Oligochaeta, Hymenoptera e Heteroptera, ao passo que as estações mais quentes, verão e primavera, favoreceram o grupo Gastropoda, Diplopoda e Homoptera e aumentaram o quociente metabólico e a respiração basal do solo. Os agrupamentos mostraram que o maior teor de carbono orgânico favoreceu a ocorrência de espécies saprófagas e predadores e que a maior umidade do solo reduziu a densidade da macrofauna edáfica.

Palavras-chave: Bioindicadores, fauna do solo, sistema orgânico, *Coffea arabica*.

## SOIL BIOLOGICAL ATTRIBUTES IN ORGANIC COFFEE FARMING, PASTURES AND FORESTS IN MEDIUM PARAÍBA RIVER, “FLUMINENSE” REGION-RJ, BRAZIL

**Abstract:** Soil microbiological attributes and edaphic macrofauna were evaluated with sampling in four seasons of one-year study on six contrasting environments: two coffee cultivars (*Coffea arabica* L.) with and without “crotalaria” (*Crotalaria spectabilis* Roth.) intercropping; pasture and forest. Soil samples were taken in May, August and November, 2002 and February 2003 to evaluate the microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and occurrence of edaphic macrofauna at 0-10 cm deep. Forest soils revealed higher numbers and richer edaphic macrofauna; approximately equal values were observed on coffee environments regardless the presence or not of “crotalaria”, and pasture soils showed the poorest results. Autumn season was more favorable to microbial mass and to Formicidae, Oligochaeta, Hymenoptera and Heteroptera, while in warmer seasons, spring and summer the Gastropoda, Diplopoda and Homoptera were favoured and the soil metabolic quotient and basal respiration increased. The observed multivariate groups demonstrated that higher organic matter favoured predator and saprophagous species and that higher soil humidity reduced the edaphic macrofauna.

Key words: Bioindicators, soil fauna, organic farming, *Coffea arabica*.

### 1 INTRODUÇÃO

Cientistas do solo têm construído um novo paradigma, no qual a fertilidade do solo é regulada principalmente, pela atividade da biota que habita a matriz organo-mineral do mesmo (FRAGOSO et al., 1999). Existem evidências consideráveis de que a atividade da macrofauna pode aumentar a produtividade agrícola nos trópicos, particularmente, no caso de minhocas e cupins (LAVELLE, 1994).

A cadeia trófica existente entre a fauna e a atividade microbiana tem sido amplamente documentada, como, por exemplo, por Zimmer & Topp (1999) que observaram a existência de uma relação entre a atividade microbiana e o número de isópodes no solo e por Daniel & Anderson (1992) e Hassall et al. (1987) que observaram que as fezes da macrofauna saprófaga são rapidamente colonizadas pela população microbiana. Já Cragg & Bardgett (2001) descrevem numerosos estudos que relatam

<sup>1</sup>Parte da tese de Doutorado do primeiro autor. Fonte financiadora FAPERJ, CNPq e Consórcio Brasileiro de Pesq. e Desens. do Café.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto do Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental da UNIVASF – Av Presidente Tancredo Neves, 100 – Centro – Petrolina, PE – Cx. P. 252 – 56304-410 – marcio.pimentel@univasf.edu.br

<sup>3</sup>Bióloga, D<sup>re</sup>, Pesquisadora EMBRAPA Agrobiologia, BR 465 km 07 – Seropédica, RJ – Cx. P. 74505 – 23851-970 – adriana@cnpab.embrapa.br; ecorreia@cnpab.embrapa.br

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador EMBRAPA Agrobiologia – janaina@cnpab.embrapa.br; marta@cnpab.embrapa.br; depolli@cnpab.embrapa.br

como a fauna do solo pode afetar a biomassa microbiana do solo e sua atividade, quer seja pela alimentação direta de bactérias e fungos, quer seja pela disseminação de propágulos.

A decomposição da matéria orgânica do solo é bastante influenciada pelas características deste, pela atividade da fauna, microrganismos e clima. Têm sido empregados esforços para compreender o papel e as interações da fauna do solo com fatores abióticos, como foi realizado por Whalen et al. (1998) que atribuíram as mudanças na temperatura, umidade e cultivo do solo às flutuações sazonais de minhocas.

Durante um ano e em cada estação climática, solos submetidos a sistemas distintos de cobertura, como cafezal (*Coffea arabica* L.) sob sistema orgânico, pastagem e floresta, foram monitorados com o objetivo de relacionar os grupos da macrofauna edáfica e com os níveis de biomassa microbiana do solo, respiração basal do solo e quociente metabólico.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição das áreas

O estudo foi realizado em solo de cafeeiro sob manejo orgânico, solo de pastagem e solo de floresta, situados na fazenda experimental Santa Mônica, pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizada no distrito de Barão de Juparanã, município de Valença, RJ (22°11'S de latitude, 43°41'W de longitude). A altitude local é de 610 m e o clima é o Cwa, conforme Köppen.

O solo de cafeeiro era um Latossolo Vermelho-de textura franco-argilo-arenosa, em área plana e apresentou inicialmente 55,8; 29,3 e 15,4% de areia, argila e silte, respectivamente, e as seguintes características químicas: pH 5,3 (em água); Al = 0,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 1,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P = 2,0 mg dm<sup>-3</sup>; K = 128 mg dm<sup>-3</sup>; %C = 1,35 %. O solo da pastagem ocupava terreno em declive e estava coberto principalmente por *Brachiaria* sp., apresentando textura franco-argilo-arenosa e teores de areia, argila e silte de 54,1, 32,8 e 13,6%, respectivamente. O solo da floresta ocupava terreno em declive e apresentou textura franco-argilo-arenosa e teores de areia, argila e silte de, respectivamente, 54,6; 34,3 e 11,6%, constituindo-se em um fragmento da mata Atlântica, onde foram catalogadas 31 famílias florestais (SPOLIDORO, 2001).

Os solos de pastagem e de floresta foram utilizados como referências para melhor diagnóstico dos seus atributos, uma vez que o pasto apresentava-se em início de degradação e a floresta em condição de equilíbrio.

O experimento de cafeeiro orgânico, de 16 meses de idade, continha seis cultivares de café arábica (Catuaí Vermelho 144, Tupi IAC 1669/33; Oeiras; Icatu; Catucaí e Obatã), consorciado ou não com *Crotalaria spectabilis*, e plantados em parcelas constituídas por quatro linhas de café dispostas em curvas de nível no espaçamento 2,5 x 0,7 m. Cada parcela possuía 273 m<sup>2</sup> de área total e as seguintes dimensões: 27,3 m de comprimento por 10 m de largura. As parcelas foram divididas em duas subparcelas, metade contendo cafeeiro consorciado com crotalaria e outra metade sem consórcio. A adubação de plantio consistiu na aplicação de 2,5 kg de esterco de gado por cova, e após 40 dias, uma adubação de cobertura com 250 g de esterco de galinha por planta; a adubação anual foi parcelada em duas aplicações de 250 g de esterco de cama de aviário por planta em cobertura. Nas subparcelas, sob consórcio, foram semeadas três linhas de crotalaria em novembro de 2001 em plantio único e cortadas 173 dias depois.

Para fins de estudo adotaram-se duas cultivares: Catuaí Vermelho IAC 144 (não resistente à ferrugem) e Icatu IAC 3282 (resistente), consorciadas ou não com crotalaria, e com quatro repetições, enquanto solos de pastagem e de floresta foram amostrados em quatro topossequências, da base ao cume do morro, considerando-se todas as áreas e ambientes a serem avaliados.

### 2.2 Amostragem e avaliação dos indicadores monitorados

Em todos os ambientes as amostras de solo foram coletadas durante os meses de maio, agosto, novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Nos cafeeiros, as amostragens foram realizadas entre os pés e abaixo da saia. A amostragem para carbono da biomassa microbiana do solo (CBM), respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) foi obtida a partir de uma amostra composta contendo seis subamostras por sub-parcela, totalizando quatro amostras compostas por cultivar com e sem crotalaria; enquanto que, em floresta e pastagem foram coletadas

quatro amostras compostas contendo quatro subamostras cada uma, na profundidade de 0-10 cm. A avaliação do CBM pelo método da fumigação-extração obedeceu ao procedimento modificado por De-Polli & Guerra (1999), a avaliação da RBS conforme Jenkinson & Powlson (1976) e a determinação do  $qCO_2$  conforme Anderson & Domsch (1990).

A amostragem da macrofauna edáfica (ME) foi realizada utilizando-se o método de monolitos de solo com superfície de 25 x 25 cm recomendado pelo Programa "Tropical Soil Biology and Fertility" descrito por Anderson & Ingram (1993). As amostragens em cafezal foram obtidas a partir de dois monolitos por subparcela, enquanto em floresta e pastagem foram coletadas seis monolitos, sendo todas as amostragens até 10 cm de profundidade. Os indivíduos da ME com comprimento maior que 10 mm foram retirados manualmente, e armazenados em frascos contendo álcool 70%, para preservação e posterior identificação ao nível de grandes grupos taxonômicos e contagem sob microscópio estereoscópico. Para este estudo foi utilizado o termo grupo significando classe, ordem ou família. As comunidades foram caracterizadas a partir da densidade média, expressa em número de indivíduos por metro quadrado e da riqueza média, significando número de grupos por monolito.

### 2.3 Análise multivariada

Foi realizada análise de componentes principais (ACP) e análise de redundância (AR) utilizando o programa CANOCO versão 4.5, visando resumir o conjunto das variáveis originais, com elevados valores de coeficiente de correlação entre si, em poucos componentes principais, que são combinações lineares das variáveis originais, não correlacionados entre si. A ACP possibilita verificar a capacidade discriminatória das variáveis originais no processo de formação dos agrupamentos, permitindo a interpretação dos resultados, que dependem da contribuição de cada variável ao componente principal, traduzido pelo valor da correlação (CURI et al., 1992). Com os valores de correlação das variáveis com os componentes principais foram construídos os gráficos de distribuição espacial das variáveis analisadas. Quanto mais próximo, em valor absoluto, de 1,00 para cada componente principal, mais forte a correlação da variável com a componente.

As setas indicativas das figuras, apesar de meramente ilustrativas, ajudam a visualizar melhor a intensidade de resposta das variáveis e dos ambientes e das épocas em relação ao ponto de interceptação, ou seja, quanto mais próxima a variável do ambiente, maior o efeito sobre a mesma, enquanto os quadrantes podem ser separados pelos eixos principais vertical e horizontal, sendo positivos quando acima do eixo horizontal e à direita do eixo vertical e negativos nos casos inversos, ajudando a orientar melhor a correlação das variáveis em relação às épocas e aos ambientes.

Utilizou-se o teste de permutação de Monte Carlo para avaliar a significância da relação entre as unidades taxonômicas da macrofauna e as variáveis ambientais. Os ambientes e as variáveis em estudo foram transformadas em coordenadas que correspondem à sua projeção nos eixos de ordenação e representam o peso de cada variável sobre o eixo. O autovalor é a soma ao quadrado de todas canônicas, representando o maior grau de correlação de todas as variáveis com o eixo, o que revela a contribuição relativa de cada eixo para a explicação da variância total dos dados (TER-BRAAK, 1987).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ACP está representada na Figura 1, sendo a distribuição dos atributos (CBM, RBS,  $qCO_2$ , Araneae; Chilopoda; Coleoptera; Diplopoda; Diptera; Formicidae; Gastropoda; Heteroptera; Homoptera; Hymenoptera; Isopoda; Isoptera; Oligochaeta e Orthoptera) feita por pontos e a dos ambientes e das épocas por setas, que indicam sua correlação com o primeiro eixo (horizontal) e o segundo eixo (vertical). Os ambientes e as épocas indicam a direção do gradiente máximo das mesmas, quando o comprimento da seta é proporcional à correlação da característica com os eixos e a sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo da análise.

A análise de gradiente indireta permitiu realizar a decomposição da variabilidade nos dois grupos principais de variáveis explicativas (épocas e tratamentos). Dessa forma, a soma de todos os eixos canônicos (tratamentos e épocas) explicava 34,6% da variância total dos dados. Já quando a análise era realizada usando somente as épocas como variáveis explicativas, a soma explicava 25,1%, enquanto nos

tratamentos, a soma de todos os eixos canônicos explicava 9,5% (Tabela 1).

No primeiro eixo, observou-se que as estações climáticas exerceram maior influência sobre o comportamento dos atributos, em que é possível perceber a existência de dois agrupamentos distintos: primavera e verão (mais quentes) à esquerda e outono e inverno (mais frias) à direita, sendo que o outono foi mais propício às variáveis Formicidae, CBM, Oligochaeta, Hymenoptera e Heteroptera. Já o verão e a primavera apresentaram níveis de RBS mais intensos que as demais estações.

Os solos de cafeeiros apresentaram baixa dispersão em relação ao ponto de interceptação dos eixos, o que demonstra tratar-se de ambientes estatisticamente iguais, segundo teste de médias (dados não apresentados). A explicação para o pouco efeito dos ambientes, em particular os que receberam adubo verde, sobre os atributos pode ser explicada pelo pouco tempo de experimentação, como também, por ter sido plantado apenas um ciclo do adubo verde na área. O solo de floresta apresenta-se mais distanciado dos demais ambientes, sobretudo do solo de pastagem. Esse resultado indica tratar-se de áreas, do ponto de vista biológico e químico, distintas, o que é ratificado pela maior riqueza de grupos de ME a ela relacionada (Tabela 2), revelando que a maior diversidade em solo de floresta pode ser observada pela presença maciça de animais saprófagos (Isopoda, Coleoptera), predadores (Orthoptera, Diptera, Chilopoda, Coleoptera) e minhocas, em razão, provavelmente, de ser área em maior equilíbrio e com maior diversidade florística, e onde, quantitativamente, o teor de carbono orgânico foi maior (Tabela 3), o que contribuiu para a atividade biológica desse ambiente.

É válido observar a relação de Formicidae, CBM, Oligochaeta (considerou-se este grupo por ele estar mais próximo ao outono do que ao inverno especificamente), Hymenoptera e Heteroptera ao outono (Figura 1), que foi uma estação marcada por temperaturas mais amenas e precipitação pluviométrica intermediária se comparada às demais estações (Figura 2), dessa forma, a umidade do solo proporcionada pela precipitação parece não ter sido tão essencial para a ME quanto à temperatura e o tipo de cobertura do solo, pois a maior precipitação na primavera não refletiu no aumento da densidade. Harada & Bandeira (1994) observaram que o

aumento da umidade do solo repercutiu negativamente sobre a ME, e por Leitão-Lima & Teixeira (2002) que encontraram maior densidade de Diplopoda, Isopoda e Isoptera em período seco.

Já a RBS, o  $qCO_2$  e os grupos Gastropoda, Homóptera e Diplopoda foram os que mais se correlacionaram ao verão e a primavera, o que pode ser explicado pelo aumento da temperatura que estimula a atividade microbiológica do solo no caso da RBS e do  $qCO_2$ . O grupo Gastropoda (caracóis) é formado por organismos que necessitam de cálcio para a formação de seu exoesqueleto (concha espiralada calcária) e as estações climáticas mais quentes devem ter estimulado seu crescimento, resultando em um aumento de seu número, enquanto Homoptera é um grupo associado a pragas de importância econômica (cigarrinhas) e podem ter se beneficiado do menor equilíbrio biológico e químico apresentados pelas Tabelas 2 e 3, para se desenvolverem.

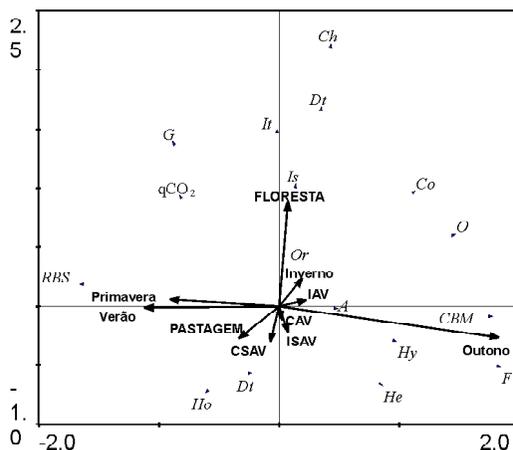
Harada & Bandeira (1994) observaram que pastagem apresenta lento repovoamento por sua ME e que em solo de floresta Isoptera, Formicidae, Oligochaeta, Araneae, Isopoda e Coleoptera apresentaram maior abundância, o que coincide com os resultados obtidos nesse trabalho. Para Leitão-Lima & Teixeira (2002), a maior diversidade da cobertura vegetal aumenta a quantidade de nichos e em consequência a diversidade de ME. Quanto às minhocas especificamente, estas respondem positivamente ao aumento de matéria orgânica do solo (LEE, 1985), além de possuir maior densidade em solo sob manejo orgânico (AQUINO, 2005), tal qual o resultado observado na Figura 1.

A AR, apresentada na Figura 3, indica a correlação das variáveis de ME e microbianas com atributos químicos do solo (pH, Al, Ca+Mg, P, K, C e N). Esses atributos explicam 17% da variabilidade da ME e microbianas, sendo que desse total 46,1% é explicado no eixo horizontal e 23,7 no eixo vertical. Pelo teste de Monte-Carlo, a significância do eixo canônico 1 e de todos os eixos canônicos foi significativa ( $p=0,002$ ). Com base nos valores de probabilidade de significância do teste de Monte Carlo foi possível verificar que o N, C e Al apresentaram uma correlação significativa com as variáveis biológicas.

Observa-se a separação de dois agrupamentos: RBS à direita e CBM à esquerda. O primeiro correlacionou-se mais fortemente ao  $qCO_2$  e aos

grupos Homoptera, Diplopoda e Gastropoda, enquanto ao CBM, corresponderam-se: N, Oligochaeta, K, Coleoptera, Formicidae, P, Ca+Mg, Hymenoptera e Heteroptera. Há uma autocorrelação negativa entre o CBM e o  $qCO_2$  pela disposição desses atributos, quando o CBM encontra-se localizado na extrema esquerda e o  $qCO_2$  na extrema direita, sugerindo que o aumento da CBM repercute na redução do  $qCO_2$  e

vice-versa, o que já foi documentado por Bauhus et al. (1998) e Pimentel (2001), e indicando que conforme aumenta a RBS, o CBM diminui, resultando em um alto  $qCO_2$ , ou seja, numa menor eficiência microbiana na utilização de substrato orgânico, que conduz à menor conservação do C no solo e conseqüentemente, um maior desequilíbrio biológico, facilitando a entrada de grupos associados às pragas agrícolas (Homoptera).



**Figura 1** – Análise de componentes principais da densidade da macrofauna do solo, carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) em diversas épocas do ano e em diferentes ambientes.

A- Araneae; Ch- Chilopoda; Co- Coleoptera; Di- Diplopoda; Dt- Diptera; F- Formicidae; G- Gastropoda; He- Heteroptera; Ho- Homoptera; Hy- Hymenoptera; Is- Isopoda; It- Isoptera; O- Oligochaeta; Or- Orthoptera, CBM- carbono da Biomassa microbiana do solo; RBS- respiração basal do solo;  $qCO_2$ - quociente metabólico.

**Tabela 1** – Percentual de explicação da análise de PCA utilizando tratamentos e épocas em conjunto e separadamente.

| Variáveis explicativas | Soma de eixos canônicos – autovalores (%) |
|------------------------|---|
| Épocas e Tratamentos   | 34,6                                      |
| Épocas                 | 25,1                                      |
| Tratamentos            | 9,5                                       |

**Tabela 2** – Média final da macrofauna edáfica (indivíduos/m<sup>2</sup>) e da riqueza média, respectivamente, encontradas nos ambientes em estudo durante o outono, o inverno, a primavera e o verão em Valença, RJ.

|           | Catuaí av       |                 | Catuaí sav |     | Icatu av |     | Icatu sav |     | Pastagem |     | Floresta |     |
|-----------|-----------------|-----------------|------------|-----|----------|-----|-----------|-----|----------|-----|----------|-----|
|           | ME <sup>1</sup> | RQ <sup>2</sup> | ME         | RQ  | ME       | RQ  | ME        | RQ  | ME       | RQ  | ME       | RQ  |
| Outono    | 17,6            | 2,8             | 16,0       | 2,9 | 25,6     | 3,8 | 18,9      | 3,3 | 11,5     | 1,8 | 12,3     | 3,8 |
| Inverno   | 7,4             | 2,1             | 6,5        | 1,8 | 5,1      | 1,8 | 4,4       | 1,6 | 4,9      | 0,8 | 14,9     | 3,4 |
| Primavera | 7,1             | 1,9             | 6,1        | 1,5 | 5,3      | 2,0 | 4,5       | 1,6 | 4,8      | 0,8 | 15,1     | 2,9 |
| Verão     | 3,1             | 1,8             | 5,1        | 2,3 | 4,6      | 0,9 | 2,0       | 1,0 | 0,3      | 0,4 | 71,1     | 3,8 |

Médias provenientes de 8 repetições. <sup>1</sup> ME: Macrofauna Edáfica, <sup>2</sup> RQ: Riqueza Média.

**Tabela 3** – Conjunto das variáveis CBM (mg C kg solo<sup>-1</sup>), RBS (mg C-CO<sub>2</sub> kg solo h<sup>-1</sup>), qCO<sub>2</sub> (mg C-CO<sub>2</sub> g Cmic.h<sup>-1</sup>), %C, %N, pH e H+Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de solo), Ca+Mg (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de solo), P e K (mg kg<sup>-1</sup> de solo), utilizados para a ACP em região do Estado do Rio de Janeiro (valores médios).

| Trat       | Época | CBM   | RBS | qCO <sub>2</sub> | C   | N     | pH  | H+Al | Ca+Mg | P    | K     |
|------------|-------|-------|-----|------------------|-----|-------|-----|------|-------|------|-------|
| Catuaí av  |       | 369,5 | 1,8 | 5,6              | 1,4 | 0,171 | 5,6 | 5,7  | 4,3   | 43,0 | 136,5 |
| Catuaí sav |       | 396,6 | 2,3 | 6,2              | 1,4 | 0,164 | 5,5 | 5,9  | 3,7   | 15,3 | 153,7 |
| Icatu av   | Out.  | 386,7 | 1,8 | 4,7              | 1,3 | 0,167 | 5,5 | 5,3  | 4,4   | 26,5 | 122,5 |
| Icatu av   |       | 342,3 | 1,5 | 4,6              | 1,3 | 0,162 | 5,5 | 5,5  | 4,4   | 45,8 | 153,7 |
| Pastagem   |       | 410,6 | 2,0 | 4,9              | 1,3 | 0,125 | 4,7 | 8,3  | 0,7   | 4,0  | 39,0  |
| Floresta   |       | 308,1 | 2,4 | 8,3              | 1,6 | 0,195 | 4,3 | 11,1 | 0,8   | 4,7  | 37,7  |
| Catuaí av  |       | 332,4 | 1,8 | 5,2              | 1,4 | 0,170 | 5,4 | 5,4  | 4,0   | 20,0 | 145,0 |
| Catuaí sav |       | 241,1 | 2,0 | 7,9              | 1,4 | 0,162 | 5,6 | 5,4  | 3,9   | 27,5 | 147,5 |
| Icatu av   | Inv.  | 307,1 | 1,6 | 7,9              | 1,2 | 0,171 | 5,7 | 5,0  | 5,0   | 86,3 | 122,7 |
| Icatu av   |       | 280,6 | 2,2 | 8,3              | 1,3 | 0,168 | 5,7 | 5,3  | 4,5   | 48,3 | 105,2 |
| Pastagem   |       | 130,9 | 1,3 | 13,0             | 1,4 | 0,129 | 4,4 | 8,9  | 0,5   | 2,7  | 28,7  |
| Floresta   |       | 162,6 | 2,4 | 15,8             | 1,8 | 0,195 | 4,1 | 10,3 | 0,6   | 4,7  | 40,3  |
| Catuaí av  |       | 296,5 | 2,3 | 7,3              | 1,3 | 0,153 | 5,6 | 6,6  | 4,0   | 38,8 | 116,5 |
| Catuaí av  |       | 293,9 | 1,9 | 6,5              | 1,3 | 0,145 | 5,6 | 7,3  | 3,4   | 14,3 | 113,7 |
| Catuaí av  | Pri.  | 265,2 | 1,0 | 4,1              | 1,3 | 0,149 | 5,5 | 7,1  | 3,7   | 19,8 | 118,7 |
| Catuaí av  |       | 269,5 | 0,8 | 4,3              | 1,4 | 0,152 | 5,6 | 6,8  | 3,8   | 53,5 | 96,0  |
| Pastagem   |       | 165,6 | 0,8 | 5,0              | 1,3 | 0,123 | 4,7 | 9,9  | 0,5   | 3,0  | 19,3  |
| Floresta   |       | 335,4 | 2,3 | 7,0              | 2,0 | 0,195 | 4,1 | 12,4 | 0,8   | 4,0  | 46,0  |
| Catuaí av  |       | 145,9 | 1,6 | 9,5              | 1,4 | 0,133 | 5,3 | 7,2  | 3,4   | 9,0  | 136,5 |
| Catuaí av  |       | 116,9 | 0,9 | 7,8              | 1,4 | 0,134 | 5,3 | 7,4  | 3,4   | 9,0  | 103,5 |
| Catuaí av  | Ver.  | 166,5 | 1,4 | 8,8              | 1,3 | 0,130 | 5,5 | 7,1  | 3,4   | 12,8 | 89,8  |
| Catuaí av  |       | 105,4 | 1,2 | 12,8             | 1,3 | 0,154 | 5,4 | 7,1  | 3,7   | 17,5 | 68,0  |
| Pastagem   |       | 86,98 | 1,3 | 29,0             | 1,5 | 0,115 | 4,7 | 9,9  | 1,3   | 4,0  | 50,3  |
| Floresta   |       | 168,2 | 2,4 | 18,8             | 1,7 | 0,176 | 4,2 | 11,7 | 0,7   | 3,0  | 41,3  |

Observou-se que a RBS não correspondeu a nenhum dos atributos químicos avaliados, ao contrário do CBM, quando todas as variáveis químicas situaram-se à esquerda do gráfico, demonstrando a importância de elementos como P, K, Ca e Mg para o desenvolvimento do CBM, e que a menor qualidade química do solo se reflete numa biomassa microbiana menos eficiente na conservação de C.

O solo de floresta apresentou maiores teores de C, Al e N (Tabela 3), que estiveram associados aos grupos Chilopoda, Diptera, Isopoda, Coleoptera, Oligochaeta e Coleoptera, conforme atesta a Figura 3, o que o caracteriza como condição natural do solo, sem interferência antrópica (PIMENTEL, 2001; THEODORO et al., 2003). Já solos com maiores

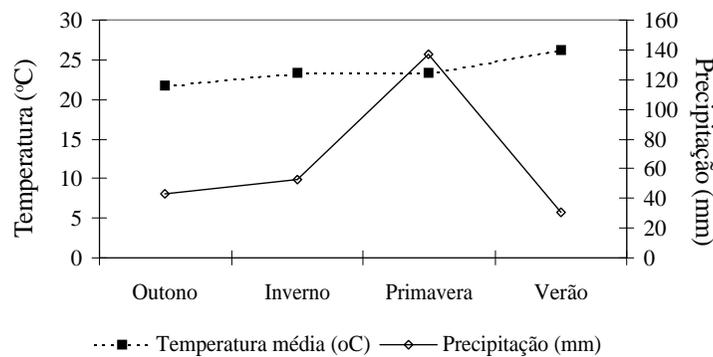
teores de P, K, Ca+Mg e pH foram favoráveis aos grupos Formicidae, Hymenoptera, Heteroptera, Orthoptera, como também, ao CBM, sendo possível visualizar esses agrupamentos nos quadrantes superior e inferior esquerdos, respectivamente. De acordo com as médias da Tabela 3, os ambientes que apresentaram maior quantidade de P, K, Ca+Mg, além de maior pH, foram solos de cafeeiros, o que está em acordo com Theodoro et al. (2003), que observaram aumento da fertilidade do solo em cafeeiro orgânico. Alguns autores observaram aumento dos níveis de CTC, K e Mg (SANTOS et al., 2001), pH, P, Ca+Mg e redução de Al (SILVEIRA & STONE, 2001; SOUZA & ALVES, 2003), principalmente, na camada superficial do solo. Este resultado permite

inferir que a CBM, P, K, Ca+Mg e os grupos Formicidae, Orthoptera, Hymenoptera, Heteroptera e Araneae foram maiores, em geral, no solo de café.

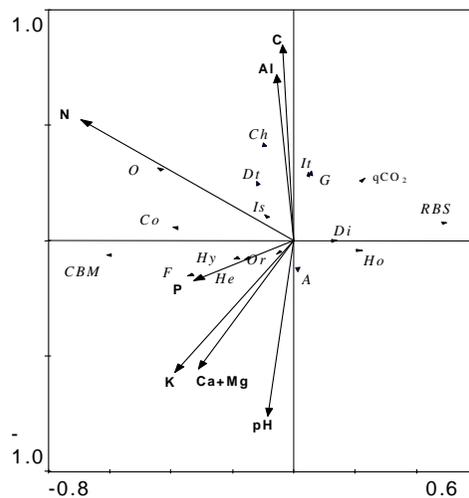
No segundo eixo observam-se dois agrupamentos principais: C e Al na parte superior da figura e pH na parte inferior, o C e o Al corresponderam-se com teor de N, os grupos Chilopoda, Isoptera, Oligochaeta, Gastropoda, Diptera e Isopoda e o  $qCO_2$ , já ao pH corresponderam-se os teores de K, Ca+Mg, P e os grupos Heteroptera, Formicidae e Araneae. No primeiro caso, os teores de C e N mostram-se importantes para a permanência de grupos de ME relacionados à saprofia e à predação, enquanto no segundo caso, o maior teor

de bases do solo aumentou a ocorrência de formigas e percevejos em solo de café orgânico.

Concluiu-se que a ACP possibilitou a análise conjunta dos dados e o dimensionamento da contribuição de cada atributo analisado para a resposta dos tratamentos monitorados; e que o outono foi a estação mais favorável ao CBM, Formicidae, Oligochaeta, Hymenoptera, Heteroptera e Coleoptera, enquanto o verão estimulou a liberação de  $CO_2$  tornando a biomassa microbiana menos eficiente (maior  $qCO_2$ ), RBS, Gastropoda, Diplopoda e Homoptera. O maior teor de carbono orgânico e nitrogênio aumenta a população e a ocorrência de espécies saprófagas e predadoras. A maior umidade do solo reduz a densidade da ME.



**Figura 2** – Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica (mm) referentes às épocas de coleta em região do Estado do Rio de Janeiro.



**Figura 3** – Análise de redundância entre a densidade da macrofauna do solo, carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (RBS), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e atributos químicos do solo.

A- Araneae; Ch- Chilopoda; Co- Coleoptera; Di- Diplopoda; Dt- Diptera; F- Formicidae; G- Gastropoda; He- Heteroptera; Ho- Homoptera; Hy- Hymenoptera; Is- Isopoda; It- Isoptera; O- Oligochaeta; Or- Orthoptera.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J. D.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1993. 171 p.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients ( $qCO_2$  and  $qD$ ) on microbial biomass from soils of different cropping histories. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 22, p. 251-255, 1990.
- AQUINO, A. M. de. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema. In: AQUINO A. M. de; ASSIS, L. R. (Eds.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. [S.l.: s.n.], 2005. p. 47-75.
- BAUHUS, J.; PARÉ, D.; COTÉ, L. Effects of tree species, stand age and soil type on soil microbial biomass and its activity in a southern boreal forest. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 30, p. 1077-1089, 1998.
- CRAGG, R.; BARDGETT, R. D. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 33, p. 2073-2081, 2001.
- CURI, P. R.; TERADA, L.; BECKERS, P. J.; ALVES, A. Análise multivariada da influência *per capita* de nutrientes em 44 países. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 8, p. 1123-1128, 1992.
- DANIEL, O.; ANDERSON, J. M. Microbial biomass and activity in contrasting soil materials after passage through the gut of the earthworm *Lumbricus rubellus* Hoffmeister. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 24, p. 465-470, 1992.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. C. N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. cap. 17, p. 389-411.
- FRAGOSO, C.; ROJAS, P.; BROWN, G. The role of soil macrofauna in the paradigm of tropical soil fertility: some research imperatives. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Eds.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 421-428.
- HARADA, A. Y.; BANDEIRA, A. G. Abundância e estratificação de invertebrados em solo argiloso sob floresta e plantios arbóreos na Amazônia central, durante a estação seca. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoológica**, Belém, v. 10, p. 235-250, 1994.
- HASSALL, M.; TURNER, J. G.; RANDS, M. R. W. Effects of terrestrial isopods on the decomposition of woodland leaf litter. **Oecologia**, Berlin, v. 28, p. 597-604, 1987.
- JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil V: a method for measuring soil biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 8, p. 209-213, 1976.
- LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystems function. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, INAUGURAL AND STATE OF THE ART CONFERENCES, 5., 1994, Acapulco, México. **Proceedings...** Acapulco: [s.n.], 1994. p. 189-220.
- LEE, K. E. **Earthworms their ecology and relationships with soils and land use**. Canberra: Academic, 1985. 411 p.
- LEITÃO-LIMA, P. da S.; TEIXEIRA, L. B. **Macrofauna do solo em capoeiras natural e enriquecidas com leguminosas arbóreas**. Belém: Embrapa-CPATU, 2002. 3 p. (Comunicado técnico, 62).
- PIMENTEL, M. S. **Atributos microbianos e edáficos em produção orgânica de olerícolas comparado com pasto e fragmento de mata secundária**. 2001. 142 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.
- SANTOS, A. C.; SILVA, I. F.; LIMA, J. R. S.; ANDRADE, A. P.; CAVALCANTE, V. R. Gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características químicas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, p. 1063-1071, 2001.
- SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de material orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, p. 387-394, 2001.
- Coffee Science, Lavras, v. 1, n. 2, p. 85-93, jul./dez. 2006**

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 133-139, 2003.

SPOLIDORO, M. L. C. V. **Composição e estrutura de um trecho de floresta no Médio Paraíba do Sul, RJ**. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.

TER-BRAAK, C. J. F. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; TER-BRAAK, C. J. F.; TONGEREN, O. F. R. van (Eds.). **Data analysis in community and landscape ecology**. Oxford: Oxford University, 1987. p. 91-173.

THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 1039-1047, 2003.

WHALEN, J. K.; PARMELEE, R. W.; EDWARDS, C. A. Population dynamics of earthworm communities in corn agroecosystems receiving organic or inorganic fertilizer amendments. **Biology Fertility & Soils**, [S.l.], v. 27, p. 400-407, 1998.

ZIMMER, M.; TOPP, W. Relationships between woodlice (Isopoda: Oniscidea) and microbial density and activity in the field. **Biology Fertility & Soils**, [S.l.], v. 30, p. 117-123, 1999.