

# Interação microrganismo, solo e flora como condutores da diversidade na Mata Atlântica

Marcelo Elias Fraga<sup>1,5</sup>, Denise Monte Braz<sup>2</sup>, Joecildo Francisco Rocha<sup>2</sup>,  
Marcos Gervasio Pereira<sup>3</sup> e Daniel Vasquez Figueiredo<sup>4</sup>

Recebido em 16/05/2011. Aceito em 9/07/2012

## RESUMO

(Interação microrganismo, solo e flora como condutores da diversidade na Mata Atlântica). O presente trabalho teve como objetivo fornecer dados para uma melhor compreensão entre a interação de microrganismos, flora e solo. O estudo foi realizado no Parque Natural Municipal do Curió, Paracambi, RJ. Foram selecionadas duas áreas, com diferentes graus de alteração antrópica, sendo em cada uma destas delimitado um talhão de aproximadamente 1.000 m<sup>2</sup>, e nestes foram realizados levantamentos florísticos e coletas de amostras de terra e serrapilheira para a avaliação da fertilidade e dos microrganismos. Nas duas áreas quantificou-se um total de 89 espécies, reunidas em 59 gêneros e 33 famílias, entre espécies arbóreas, arbustivas, herbáceas e trepadeiras. Na área com maior grau de antropização ocorreram os maiores valores de pH, Ca e K, indicando um ambiente de maior eutrofismo. Já na área com menor grau de alteração, observaram-se maiores valores de H + Al, decorrentes da maior quantidade de material orgânico. Para a serrapilheira, foi verificado um padrão com tendência similar a observada para o solo. Os maiores valores de serrapilheira aportada, também contribuem para os maiores valores de K, elemento facilmente lixiviável no material em decomposição. Quanto à abundância dos microrganismos tanto na serrapilheira como no solo foi observada uma distribuição diferenciada dos microrganismos devido a variação da umidade relativa e temperatura, sendo as bactérias as predominantes, padrão este também observado para as diferentes áreas.

**Palavras-chave:** Ecossistema funcional, Decomposição, Utilização do substrato, Sucessão ecológica, Atividade microbiana

## ABSTRACT

(Interaction of microorganisms, soil and flora as drivers of diversity in the Atlantic Forest). This study aimed to better understand the interaction between microorganisms, plants and soil. The study was conducted in Parque Natural Municipal do Curió (Paracambi, RJ). We selected two areas with different degrees of human disturbance, and in each of these enclosed a plot of 1,000 m<sup>2</sup>. Floristic surveys were carried out and litter and soil samples were collected to evaluate fertility and the microorganisms. In both areas, 89 species were found, within 59 genera and 33 families, of trees, shrubs, herbs and vines. The highest values of pH, Ca and K were found in the area with the highest degree of human disturbance, indicating an environment of increased tropism. In the area with a lower degree of alteration, we observed higher values of H + Al, resulting from a higher amount of organic material. For the litter, the pattern was similar to that found for the soil. The highest values for the leaf litter also contributed to higher values of K, which is an element that easily leaches from mulch. Considering the abundance of microorganisms in both the litter and in soil, an uneven distribution of microorganisms was found due to the variation of relative humidity and temperature; bacteria were predominant, a pattern observed for both areas.

**Key word:** Ecosystem functioning, Decomposition, Substrate utilization, Succession ecological, Microbial activity

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Veterinária, Departamento de Microbiologia e Imunologia, Núcleo de Pesquisas Micológicas e Micotoxicológicas, Seropédica, RJ, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica Seropédica, RJ, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Seropédica, RJ, Brasil

<sup>4</sup> Fundação de Apoio à Escola Técnica, Instituto Superior de Tecnologia, Paracambi, RJ, Brasil

<sup>5</sup> Autor para correspondência: fraga@ufrj.br

## Introdução

A Mata Atlântica destaca-se como um dos biomas com maiores graus de riqueza em espécies e em endemismos, atingindo níveis de 55% para espécies arbóreas e 40% para famílias de espécies não arbóreas (Joly *et al.* 1991). As serranias do Estado do Rio de Janeiro estão dentre as áreas ditas refúgios, nas quais há grande diversidade biológica e o número de endêmicos restritos é muito alto (Peixoto *et al.* 2002). A Mata Atlântica é considerada uma das regiões de maior biodiversidade do planeta e uma das mais ameaçadas do mundo (Peixoto 1991/92).

Para Peixoto (1991/92), comparando-se a biodiversidade da Mata Atlântica com outras regiões tropicais, os dados mais surpreendentes são o grande número de espécies de *Myrtaceae* e a quantidade de fungos associados à rizosfera. No solo é muito grande a quantidade de fungos que vivem em simbiose com raízes de espécies da floresta: as plantas verdes cedendo aos fungos elementos produzidos pela fotossíntese, e os microrganismos transferindo ao vegetal a água e os elementos minerais absorvidos do solo pelas suas hifas. Ainda segundo essa autora, fungos e muitos outros microrganismos, que se desenvolvem no solo úmido e na camada de folhas que o recobre, aumentam extraordinariamente a superfície de contato da raiz com o solo, formando redes densas que possibilitam também a ciclagem rápida da matéria orgânica, necessária à manutenção da exuberância da vegetação num frágil equilíbrio pouco resistente a perturbações.

A elaboração de flora local contribui para o entendimento sobre o ecossistema, sendo um importante documento na indicação do grau de conservação dos táxons, bem como da área inventariada (Guedes-Bruni *et al.* 2002). O conhecimento sobre as Florestas Tropicais desempenha papel fundamental na elaboração de estratégias mundiais para a conservação da biodiversidade (Lima & Guedes-Bruni 1997).

A decomposição é um processo de status equivalente à produção primária em ecossistema funcional. Fungos decompositores têm uma maior importância no ciclo de carbono e nutrientes do ecossistema, porém eles são sensíveis a distúrbios, poluição e mudanças ambientais (Frankland *et al.* 1996). O impacto nas mudanças ambientais pode influenciar na diversidade de fungo, refletindo na decomposição, por isso é importante conhecer a taxa e número de decomposição, frequência de ocorrência e função das espécies de fungos presentes (Frankland 1966).

O solo é um sistema muito complexo que inclui uma variedade de micro-habitats físicos com diferentes gradientes descontínuos e condições ambientais. Algumas pesquisas demonstram que a estrutura do solo em função do papel exercido no armazenamento de água, nas trocas gasosas e no ancoramento dos vegetais no solo, podem influenciar na diversidade microbiana e até mesmo promover modificações espaciais e estruturais da comunidade

microbiana. (Ranjard & Richaume 2001; Sessitsch *et al.* 2001). Esses micro-habitats oferecem as condições mais favoráveis para o crescimento microbiano em relação à água e substrato disponibilidade, e proteção contra predadores. Os resultados de tais estudos mostraram que a diversidade microbiana em frações com pequenas partículas do solo foi maior do que em frações com grandes partículas do solo. Outras investigações indicam que o tipo e a quantidade de substratos orgânicos disponíveis influenciam fortemente a abundância de grupos microbianos e sua diversidade funcional nos ecossistemas do solo (Fede *et al.* 2001; Grayston *et al.* 2001).

Condições abióticas no interior da camada de serrapilheira e a composição química variam grandemente devido as diferentes espécies arbóreas circundantes. Em relação a esta variabilidade, temperatura e umidade, a decomposição de fungos difere, tendo capacidades distintas nas produções de enzimas. Por isso, parece proporcionar uma provável explicação para os efeitos positivos da riqueza de espécies fúngicas na decomposição de serrapilheira (Domsch *et al.* 1980). O impacto da riqueza de espécies fúngicas decompositoras pode, portanto, ser mais importante em substrato heterogênea do que em substratos homogênea, o que aponta para a possibilidade da diversidade de serrapilheira favorecer as interações da diversidade fúngica (Tiunov & Scheu, 2005).

Segundo Attenschwiler *et al.* (2005), a diversidade de espécies que compõe a serrapilheira e espécies decompositoras podem influenciar significativamente a decomposição, nutrientes e mineralização do solo e têm efeitos *feedback* importante para o crescimento vegetal, composição da comunidade e o funcionamento dos ecossistemas. Embora existam poucos estudos sobre o efeito da diversidade influenciando a serrapilheira, a comunidade microbiana do solo, composição ou abundância e diversidade da fauna, acreditamos que tais efeitos *feedback* podem elucidar os mecanismos envolvidos nesses processos.

Os microrganismos têm um grande impacto na produtividade dos vegetais. Dois mecanismos principais podem ser distinguidos: efeito direto sobre as plantas via associação com raízes que formam mutualismo ou relacionamento patogênico com plantas, e efeito de via indireto da ação de vida livre do microrganismo que altera as taxas de suplemento de nutriente (Heijden *et al.* 2008).

O presente trabalho tem como objetivo fornecer dados para uma melhor compreensão entre a interação de microrganismos, flora e solo, especificamente associada ao Bioma Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro

## Material e métodos

### Área de estudo

O Parque Natural Municipal do Curió (Coordenadas geográficas: 7.505.350 – 7.499.750 N e 635.650 – 632.500 E) possui uma área de aproximadamente 1.100 ha. Localizam-se

na formação geomorfológica serras e morros altos, na suíte da Serra das Araras, estando localizada na serra de Paracambi. O relevo da região é forte ondulado, alcançando altitudes de até 690m. Nas áreas de baixada, com relevo menos movimentado, a formação geomorfológica é Planície Alúvio-Coluvionar, devido à influência da bacia do Rio Guandu, e as altitudes variam entre 100 e 300 m. O clima da região varia entre brando subtropical, nas áreas mais montanhosas, com inverno seco e verão quente e chuvoso, e tropical quente e úmido, sendo a temperatura média anual de 23,4°C. Para o estudo foram selecionadas duas áreas e os critérios utilizados para sua definição foram os seguintes: a) área de menor altitude, próxima a área urbana da sede do Município, com trilhas e um maior grau de ação antrópica; b) área de maior altitude, mais no interior da floresta, com sub-bosque contínuo e maior acúmulo de serrapilheira na superfície do solo, com menor grau de alteração. Os critérios utilizados para a definição das áreas foram os seguintes: a) área com maior grau de antropização, localizada próxima a trilhas e onde foram observadas a ocorrência de espécies exóticas; b) área com menor grau de antropização – apresentava um sub-bosque e maior acúmulo de serrapilheira na superfície do solo. As áreas localizavam-se nas seguintes coordenadas, 22° 35' 45.1''S e 43° 42' 15.1''W, com 30 m de altitude; 22° 35' 46.5''S e 43° 42' 17.1''W, e 22° 34' 28.3''S e 43° 41' 09.6''W; 22° 34' 26.6''S e 43° 41' 10.6''W, com 50 m de altitude. Em cada uma das áreas foi delimitada uma talhão de aproximadamente 1000 m<sup>2</sup>.

Os dados meteorológicos utilizados foram temperatura (T) do ar, umidade relativa (UR) e precipitação pluviométrica obtidos da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO) na Estação Experimental de Avelar, RJ (Lat.: 22° 21' S e Long.: 43° 25' W).

#### Levantamento Florístico

O levantamento da flora foi realizado através da elaboração de dois transectos (Vuono 2002), semipermanentes, com medidas de 100 x 5 m, onde as coletas de material biológico foram efetuadas nas duas áreas delimitadas.

Entre abril de 2008 e abril de 2009 foram realizadas quatro expedições a cada uma das áreas de estudo para análise e coleta dos espécimes vegetais. O material botânico foi coletado preferencialmente com flores e/ou frutos, anotando-se os dados relativos ao hábito, colorações, floração, frutificação e o habitat. As coletas foram herborizadas utilizando-se as técnicas usuais em Botânica para sua posterior inclusão no Herbário do Departamento de Botânica (RBR), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

A identificação dos táxons foi realizada através de bibliografia especializada, comparação com coleções de outros herbários do Rio de Janeiro e, quando possível, consulta a especialistas. Os dados contidos nas etiquetas das exsicatas foram utilizados na complementação das informações sobre as espécies.

#### Amostragem solo e serrapilheira

Foram coletadas 32 amostras compostas constituídas a partir de 10 amostras simples coletadas aleatoriamente. Em cada ponto de amostragem do solo (próximo de rizosfera 0-5 cm) também foram coletadas amostras de serrapilheira, sendo também medidas no momento das coletas a temperatura do solo, com auxílio de um geotermômetro. Após a coleta as embalagens onde as amostras foram acondicionadas, armazenadas a 4 °C até o momento da análise.

#### Avaliação microbiana

Alíquotas de 10 g de solo foram suspensas em 90 mL de solução NaCl 0,85%. Após forte agitação e decantação, utilizaram-se diluições 10<sup>2</sup> a 10<sup>6</sup> para fungos, 10<sup>4</sup> a 10<sup>8</sup> para bactérias e 10<sup>3</sup> a 10<sup>7</sup> para actinomicetes. O meio de cultura utilizado para bactérias foi Agar Nutriente (NA), para fungos o Meio de Martin (MM) e para actinomicetes Agar Caseína. O plaqueamento foi realizado com alíquotas de 0,1 mL das respectivas diluições, transferidas para os tubos de cultura contendo 0,9 mL de meio de cultura específico para cada grupo de microrganismo. Posteriormente foi retirado 0,1 mL desta solução, que foram plaqueados em forma de gotas, com 5 repetições para cada diluição e microrganismos. As placas de Petri foram incubadas em estufas a 32° C por 72 h para bactérias e actinomicetes e 25° C por 5 dias para fungos. A leitura foi baseada na presença ou ausência de unidades formadoras de colônias (UFC) sobre cada gota (Carvalho *et al.* 1991; Davet & Rouxel 2000).

Para avaliação do número de UFC, segundo o tipo de solo ou serrapilheira, tratamentos (solo impactado ou não-impactado) e tipo de microrganismo (actinomicetes, bactérias ou fungos), utilizou-se o procedimento PROC GENMOD do programa *Statistical Analysis System*, versão 9.1.2 (SAS 1995). Nestas análises adotou-se o seguinte modelo:

$$y_{ijkl} = g(x) = \mu + S_i + T_j + M_k + ST_{ij} + SM_{ik} + TM_{jk} + STM_{ijk} + e_{ijkl}$$

em que,

$y_{ijkl}$  = é o número de UFC observado no tipo de solo  $i$ , do tratamento  $j$  (comum ou impactado) e do tipo de microrganismo  $k$ , suposto ter distribuição de Poisson;

$g(x)$  = é a função de ligação logarítmica;

$\mu$  = constante inerente a todas as observações;

$S_i$  = efeito do  $i$ -ésimo tipo de solo, sendo  $i = 1$  (solo) e  $2$  (serrapilheira);

$T_j$  = efeito do  $j$ -ésimo tratamento, sendo  $j = 1$  (solo comum) e  $2$  (solo impactado);

$M_k$  = efeito do  $k$ -ésimo tipo de microrganismo, sendo  $k = 1$  (actinomicetos),  $2$  (bactérias) ou  $3$  (fungos);

$ST_{ij}$  = efeito da interação dupla do tipo de solo  $i$  com o tratamento  $j$ ;

$SM_{ik}$  = efeito da interação dupla do tipo de solo  $i$  com o tipo de microrganismo  $k$ ;

$TM_{jk}$  = efeito da interação dupla do tratamento  $j$  o tipo de microrganismo  $k$ ;

$STM_{ijk}$  = efeito da interação tripla do tipo de solo  $i$  com o tratamento  $j$  e com tipo de microrganismo  $k$ ;

$e_{ijkl}$  = efeito aleatório residual associado ao número de UFC observado no tipo de solo  $i$ , do tratamento  $j$  (comum ou impactado) e do tipo de microrganismo  $k$ .

#### Caracterização do solo e serrapilheira

A fertilidade do solo foi avaliada através dos seguintes parâmetros: pH em água (método do potenciômetro), teor de Al (trocável), K, Ca e Mg (trocáveis), para profundidades de 0-10 cm para solo e a camada de serrapilheira. Os métodos de análise de solos foram os adotados pela Embrapa (Embrapa, 1997). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado e as médias referentes a cada tratamento foram comparadas pelo Teste de Tukey, com nível mínimo de significância de 1%; através do uso do software SISVAR (UFPA – Universidade Federal de Lavras).

## Resultados e discussão

### Vegetação

O estudo da flora componente das duas áreas somou um total de 89 espécies, reunidas em 59 gêneros e 33 famílias, entre espécies arbóreas, arbustivas, herbáceas e trepadeiras.

Com relação ao hábito 21,35% são arbóreas, 36% são arbustivas, 36% são herbáceas e 6,65% são trepadeiras. Os hábitos arbustivo e herbáceo são os mais presentes na área estudada que juntos somam 72% das espécies coletadas, sendo que no transecto da área mais perturbada e baixa altitude foram observadas plantas de hábitos variados, enquanto que no transecto da área mais bem preservada e maior altitude houve predomínio de espécies arbóreas.

As famílias que apresentaram maior riqueza foram: *Rubiaceae* com dezesseis espécies perfazendo 18% do total de espécies registradas seguida de *Acanthaceae* com dez espécies (11,24%), *Moraceae* com oito espécies (9%), *Melastomataceae* com cinco espécies (5,62%), *Piperaceae* com cinco espécies (5,62%) e *Fabaceae* e *Myrtaceae* com quatro espécies cada (4,5% cada). As sete famílias de maior riqueza florística contribuíram com 58,48% das espécies amostradas e as demais 26 famílias com 41,52% das espécies. Dezesseis famílias (18%) foram representadas por somente uma espécie evidenciando uma alta diversidade da flora local.

Os dados obtidos corroboram os de outros estudos realizados para a Mata Atlântica. Estudos fitossociológicos de espécies arbóreas no P.N.M. Curió em desenvolvimento, apontaram como resultados preliminares uma alta diversidade local e, dentre as famílias mais representativas, citaram *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Moraceae*, *Lauraceae*, *Sapindaceae*, *Salicaceae*, *Myrtaceae*, *Sapotaceae*, *Annonaceae*, *Anacardiaceae* e *Melastomataceae* (Mendonça-Júnior 2009).

A elevada riqueza dessas famílias dentre representantes arbóreos da Mata Atlântica tem sido citada em diversos trabalhos (Mori & Boon 1983; Lima & Guedes-Bruni 1994, 1997; Tabarelli & Mantovani 1999; Ivanauskas *et al.* 2001; Tonhasca Junior 2005), sendo *Rubiaceae*, *Melastomataceae* e *Myrtaceae* as mais representativas.

Com relação ao estrato herbáceo, Andreato *et al.* (1997) destaca a família *Acanthaceae* entre as de maior importância para as plantas de hábito herbáceo-arbustivo terrestre na Mata Atlântica. Espécies dessa família em geral ocorrem apenas em vegetação bem preservada e, segundo Ziparro (2005), seus representantes foram comumente observados em agrupamentos próximos a cursos d'água, conforme observado no presente trabalho.

Contudo a área amostral seja insuficiente para maiores conclusões sobre a vegetação, os dados levantados indicam relativa riqueza e um bom estado de conservação da flora no P.N.M Curió.

### Solo

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os valores dos nutrientes, Na, Al, H + Al e os valores S, T e V%, para as áreas com maior grau de antropização e com menor grau de antropização, no solo e na serrapilheira, respectivamente. De maneira geral, observa-se que na área com maior grau de antropização ocorreram os maiores valores de pH, Ca e K, indicando um ambiente de um maior eutrofismo (riqueza em base). Uma possível explicação para os valores mais elevados desses elementos, pode ser atribuída a estas áreas localizarem-se próximos a trilhas utilizadas por animais, que podem através da adição de seus dejetos terem contribuído para o aumento dos níveis desses elementos e do pH. Apesar da área com maior grau de antropização apresentar maiores teores de Ca e K, tal fato não contribui para que fossem observadas diferenças para o Valor S e o Valor V%. Para o Valor T (Capacidade de Troca Catiônica do Solo) observa-se um maior valor desse constituinte para a área com menor grau de antropização, o que é decorrente dos maiores valores de H + Al, decorrentes da maior quantidade de material orgânico verificado observado na área com menor grau de antropização.

Para a serrapilheira, de maneira geral, foi verificado um padrão com tendência similar a observada para o solo. Na área com maior grau de antropização foram quantificados os maiores valores de pH, Ca e Mg. Na área com menor grau de antropização foram verificados os maiores valores de H+Al, decorrentes do maior aporte de matéria orgânica. Os maiores valores de serrapilheira aportada, também contribuem para os maiores valores de K, elemento facilmente lixiviável no material em decomposição. Não foram observadas diferenças significativas entre áreas para os teores de Al e Mg, bem como para os valores S, T e V%.

### Microrganismos

Os dados ambientais referentes à umidade relativa e temperatura durante o ano de coleta, apresentaram o valor

**Tabela 1.** Valores de pH, teores de nutrientes, Na, Al, H + Al e Valores S, T e V% no solo das áreas estudadas<sup>1</sup>.

Área	pH	Ca	Mg	K	Na
				cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	
Maior grau de antropização	5,2 B	3,34 A	1,68 A	0,77 A	0,04 B
Menor grau de antropização	4,7 A	1,34 B	1,40 A	0,61 B	0,09 A
	Al	H+Al	Valor S	Valor T	Valor V
			cmol <sub>c</sub> kg		%
Maior grau de antropização	0,98 A	4,69 B	5,18 A	9,87 B	46 A
Menor grau de antropização	0,76 B	5,07 A	5,47 A	10,60 A	45 A

<sup>1</sup> Médias em uma mesma coluna e seguidas por uma mesma letra maiúscula, não diferem entre si, ao nível de 1% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

**Tabela 2.** Valores de pH, teores de nutrientes, Na, Al, H + Al e Valores S, T e V% na serrapilheira das áreas estudadas<sup>1</sup>.

Área	pH	Ca	Mg	K	Na
				cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	
Maior grau de antropização	5,3 A	5,53 A	2,18 A	0,55 B	0,04 B
Menor grau de antropização	5,1 B	3,10 B	1,75 B	1,39 A	0,08 A
	Al	H+Al	Valor S	Valor T	Valor V
			cmol <sub>c</sub> kg		%
Maior grau de antropização	0,81 A	4,75 B	5,38 A	10,07 A	44 A
Menor grau de antropização	0,75 A	5,31 A	5,08 A	10,39 A	44 A

<sup>1</sup> Médias em uma mesma coluna e seguidas por uma mesma letra maiúscula, não diferem entre si, ao nível de 1% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

máximo em novembro para UR com 82% e fevereiro para T com 23 °C, e o mínimo em julho com 72% para UR e 15 °C para T (Fig. 1 a 4). Essa pequena variação de umidade relativa e uma variação mais ampla da temperatura promoveu um efeito diferenciado entre as áreas com relação ao desenvolvimento da microbiota.

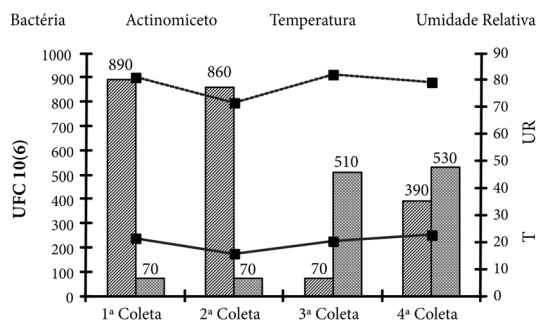
Para a área com menor grau de antropização verificou-se um perfil bem parecido na comparação das UFC entre solo e serrapilheira, com exceção da coleta de fevereiro que apresentou uma UFC de bactéria mais elevado no solo, sendo verificado os valores máximos de 61x10<sup>7</sup> para bactéria, 14x10<sup>7</sup> para actinomicetes e 4x10<sup>4</sup> para fungos de serrapilheira e 84x10<sup>7</sup> para bactéria, 14x10<sup>7</sup> para actinomicetes e 5x10<sup>4</sup> para fungos de solo. Na área com maior grau de antropização verificou-se um perfil bem diferenciado na comparação das UFC entre solo e serrapilheira, com exceção das amostras de fungos que apresentaram UFC similares com o máximo de 9x10<sup>4</sup> para solo e 5,4x10<sup>4</sup> para serrapilheira. A UFC de actinomicetes foi superior as bactérias nos meses de novembro e fevereiro para solo e em novembro para serrapilheira. No entanto, durante o período de coleta foi observado máximo de UFC de 89x10<sup>7</sup> para bactéria e 53x10<sup>7</sup> para actinomicetes para solo e 65x10<sup>7</sup> para bactéria e 49x10<sup>7</sup> para actinomicetes de serrapilheira (Fig. 1-5).

A quantidade de UFCs encontrada apresenta-se próxima aos valores observados na literatura, onde para Floresta Atlântica verificam-se valores que variaram de 25 a 38 x 10<sup>4</sup> UFC para fungos em amostras de solo (Tauk-Tornisielo *et al.* 2005). Viera & Nahas (2005) em amostras de solo de floresta tropical encontraram índices de UFC com 7x10<sup>7</sup> para bactérias, 1x10<sup>7</sup> para actinomicetes e 50x10<sup>4</sup> para fungos.

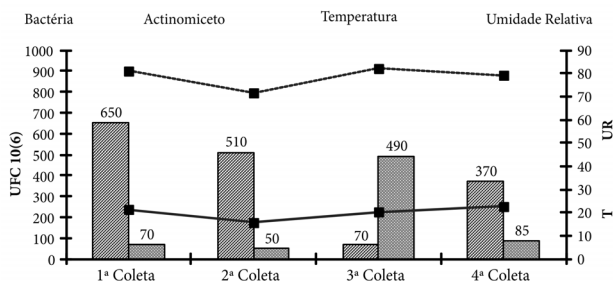
Na comparação entre as áreas foi observada uma população diferenciada na coleta de novembro onde a UFC da serrapilheira da área com maior grau de antropização apresentou na redução do número de bactérias de 15,9x10<sup>7</sup> para 7x10<sup>7</sup> e aumento de actinomicetes de 2x10<sup>7</sup> para 49x10<sup>7</sup>. No solo a variação foi mais representativa devido ao aumento de actinomicetes nas coletas de novembro com 51x10<sup>7</sup> e fevereiro 53x10<sup>7</sup> para as amostras de solo da área com maior grau de antropização em relação a com menor grau de antropização que em novembro apresentaram 3x10<sup>7</sup> e fevereiro 7x10<sup>7</sup> UFC (Fig. 1 a 5).

#### Interação solo e microrganismos

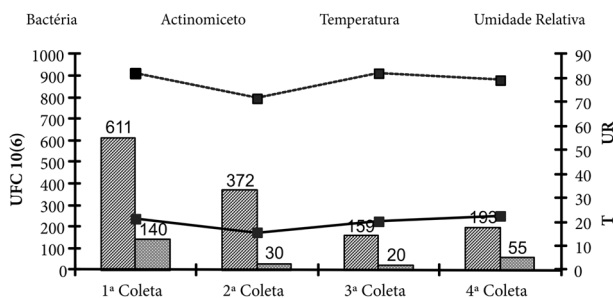
Em relação a microbiota, foram observados efeitos significativos (P>0,05) para duas interações duplas: tipo de solo x tipo de microrganismo e tratamentos x tipo de microrganismo. Esses resultados sugerem a dependência



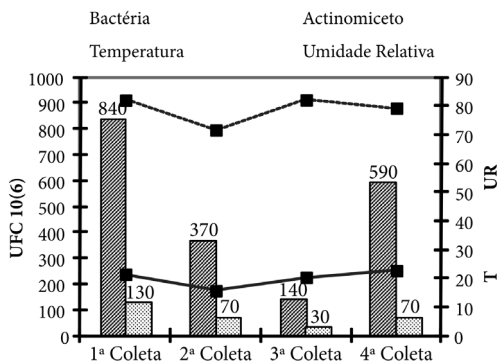
**Figura 1.** Variação da temperatura (T, °C), umidade relativa (UR, %) (referente à média do mês de coleta) e unidade formadora de colônia (UFC x 10<sup>6</sup>) de bactéria e actinomicetos no solo da área impactado (média entre as duas amostras) em relação aos dados meteorológicos.



**Figura 2.** Variação da temperatura (T, °C), umidade relativa (UR, %) (referente à média do mês de coleta) e unidade formadora de colônia (UFC x 10<sup>6</sup>) de bactéria e actinomicetos na serrapilheira na área impactado (média entre as duas amostras) em relação aos dados meteorológicos.



**Figura 3.** Variação da temperatura (T, °C), umidade relativa (UR, %) (referente à média do mês de coleta) e unidade formadora de colônia (UFC x 10<sup>6</sup>) de bactéria e actinomicetos na serrapilheira na área não impactado (média entre as duas amostras) em relação aos dados meteorológicos.



**Figura 4.** Variação da temperatura (T, °C), umidade relativa (UR, %) (referente à média do mês de coleta) e unidade formadora de colônia (UFC x 10<sup>6</sup>) de bactéria e actinomicetos no solo da área não impactado (média entre as duas amostras) em relação aos dados meteorológicos.

dos fatores envolvidos em cada interação em relação à variável dependente número de UFC. O desdobramento da interação tipo de solo x tipo de microrganismo foi realizado visando estudar o comportamento tipos de microrganismos dentro de cada tipo de solo, bem como, estudar os tipos de solos (serrapilheira *versus* solo) dentro de cada tipo de microrganismo (Tabela 3).

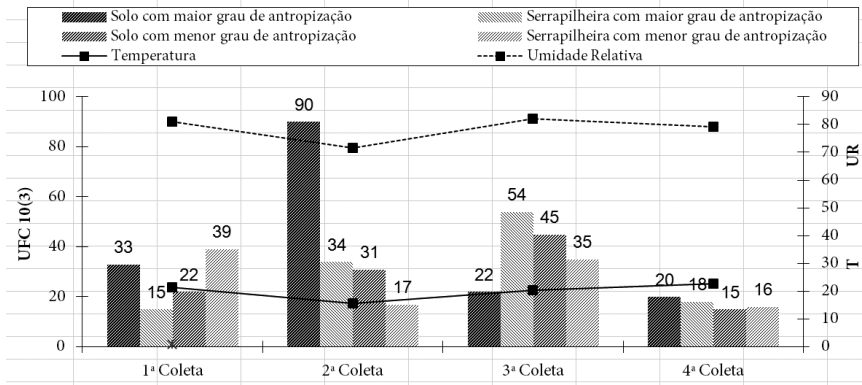
O padrão de abundância dos microrganismos tanto para solo de serrapilheira como para solo puro, foram semelhantes. A abundância foi significativamente maior para a população de bactérias, seguido de fungos e actinomicetos em menor abundância. Entretanto, quando se compara o comportamento dos tipos de solos dentro de cada microrganismo avaliado, observa-se que, para actinomicetos e bactérias, foram observadas diferenças significativas com abundância superior desses microrganismos no solo quando comparado à serrapilheira. Já para fungos, a abundância quando tanto para serrapilheira como solo não apresentaram diferenças significativas.

Foram verificados maiores valores de actinomicetos e bactérias no solo em comparação a serrapilheira. Uma possível explicação para o padrão observado é que esses organismos necessitam que os nutrientes estejam prontamente disponíveis para a absorção, o que não ocorre na serrapilheira, onde foi observada uma maior ocorrência de fungos que participam em maior intensidade no processo de decomposição da mesma.

O desdobramento da interação tratamentos (solo impactado *versus* solo não-impactado) x tipos de microrganismos foi realizado visando estudar o comportamento tipos de microrganismos dentro de cada tratamento, bem como, estudar os tratamentos dentro de cada tipo de microrganismo (Tabela 4).

Na Tabela 4, verifica-se que, para solo impactado, houve menores abundâncias de actinomicetos e fungos, os quais não diferiram estatisticamente entre si, e quantidade significativamente superior para bactérias. Já para solo não-impactado, os três tipos de microrganismos apresentaram diferenças significativas entre si, com maior abundância para bactérias, fungos e actinomicetos. Quando se avalia o dentro de cada grupo microrganismos, verifica-se que no solo impactado ocorreram quantidades de actinomicetos e bactérias significativamente superiores quando comparados ao solo não impactado. Para fungos, não foram observadas diferenças significativas entre solo impactado e não-impactado.

A questão da diversidade microbiana é importante para o funcionamento do ecossistema e está interligada com perguntas sobre a distribuição de microrganismo e se a diversidade microbiana varia entre os ecossistemas. Trabalhos sugerem que a maioria dos microrganismos tem uma distribuição cosmopolita (Finlay & Clarke 1999). No entanto, estudos recentes têm mostrado que muitos microrganismos apresentam distribuições restritas biogeográficas (Peay *et al.* 2007), sugerindo que as variações na composição



**Figura 5.** Variação da temperatura (T, °C), umidade relativa (UR, %) (referente à média do mês de coleta) e unidade formadora de colônia (UFC x10<sup>3</sup>) de fungo em serrapilheira e solo nas áreas impactado e com menor grau de antropização (média entre as duas amostras) em relação aos dados meteorológicos.

**Tabela 3.** Desdobramentos da interação tipo de solo x tipo de microrganismo segundo os tipos de microrganismos dentro de cada tipo de solo e dos tipos de solos (serrapilheira versus solo) dentro de cada tipo de microrganismo.

Categoria de Microrganismo <sup>2</sup>	Estrato <sup>1</sup>					
	Serrapilheira			Solo		
	Médias	EP		Médias	EP	
Actinomicetos	10,32	1,21	c, B	14,87	1,52	c, A
Bactérias	36,54	2,14	a, B	51,77	2,55	a, A
Fungos	28,53	1,89	b, A	24,79	1,77	b, A

<sup>1</sup> Médias em uma mesma coluna e seguidas por uma mesma letra minúscula, não diferem entre si, ao nível de 1% de probabilidade, pelo Teste de Tukey;

<sup>2</sup> Médias em uma mesma linha e seguidas por uma mesma letra maiúscula, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

**Tabela 4.** Desdobramentos da interação tratamentos (solo impactado versus solo não-impactado) x tipos de microrganismos segundo os tipos de microrganismos dentro de cada tratamento e dos tratamentos dentro de cada tipo de microrganismo.

Categoria de Microrganismo <sup>2</sup>	Área <sup>1</sup>					
	Maior grau de antropização			Menor grau de antropização		
	Médias	EP		Médias	EP	
Actinomicetos	22,64	1,71	b, A	6,78	0,92	c, B
Bactérias	47,01	2,44	a, A	40,23	2,26	a, B
Fungos	25,65	1,80	b, A	27,57	1,86	b, A

<sup>1</sup> Médias em uma mesma coluna e seguidas por uma mesma letra minúscula, não diferem entre si, ao nível de 1% de probabilidade, pelo Teste de Tukey;

<sup>2</sup> Médias em uma mesma linha e seguidas por uma mesma letra maiúscula, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

das comunidades microbianas podem afetar ecossistema em funcionamento. Além disso, pouco se sabe sobre os fatores que regulam a diversidade microbiana em diferentes escalas temporal e espacial (Green & Bohannan 2006) e sua interdependência com a diversidade de plantas (Zak *et al.* 2003). Nesse estudo foi observada uma maior estabilidade na microbiota da área não impactado, onde foi encontrada uma maior diversidade de plantas com ênfase nas arbóreas. Na área com maior grau de antropização onde foi observada uma diversidade reduzida em comparação a com menor grau de antropização foi verificada uma instabilidade na microbiota nos meses de novembro e fevereiro, onde

observa-se aumento da precipitação com 21 e 17 dias ao mês, respectivamente, principalmente para actinomicetes.

A influência da rizosfera sobre vários grupos fisiológicos de bactérias é variável, evidenciando a sensibilidade seletiva destes grupos (Siqueira & Franco, 1988). As atividades das raízes criam um habitat favorável para o desenvolvimento das populações fúngicas. Entretanto, o efeito rizosférica sobre estes microrganismos parece ser mais limitado do que para as populações bacterianas (Foster 1986). Para população de actinomicetes, a rizosfera também se mostra um nicho favorável. Em geral, a influência da rizosfera sobre a população de actinomicetes é menor do que sobre

a população das bactérias e sobre as populações de fungos, visto que os actinomicetes são microrganismos de crescimento lento com baixa capacidade competitiva. Desta forma não conseguem predominar em substratos orgânicos nos quais outros microrganismos apresentam capacidades de colonização elevada (Pereira *et al.* 1999).

Lindahl *et al.* (2007) mostraram que a decomposição por fungos é espacialmente separada e executada por dois distintos grupos de fungos que habitam as diferentes partes do horizonte do solo. Fungos saprófitos que estão na camada superficial de decomposição da serrapilheira, recém-caída, são os principais responsáveis pela mineralização do carbono, em contrapartida, dominam o horizonte do solo subjacente e são especializados em decomposição de húmus. Além disso, a composição química da serrapilheira de diferentes espécies vegetais é variável e diferentes microrganismos podem ser necessários para decompor os vários tipos de matéria orgânica. Além disso, hifas fúngicas podem atuar como vetores de transporte de bactérias, permitindo que as bactérias colonizem novos substratos mais rápidos (Kohlmeier *et al.* 2005). Este processo chamado “*highway fungal*” pode facilitar a decomposição por bactérias, especialmente sob condições de seca, quando as bactérias poderiam usar biofilmes de hifas para a dispersão e colonização de novos substratos (Perotto & Bonfante 1997).

O perfil do ambiente encontrado nesse estudo, onde observa-se uma redução da diversidade florística na área com maior grau de antropização, pode ter sido afetada pela competição favorecida por fungos patógenos, inibindo o desenvolvimento de espécies sensíveis e contribuindo para as resistentes. Estes resultados corroboram com os dados encontrados na literatura, onde observam-se que os patógenos do solo contribuem significativamente na comunidade vegetal, sugerindo que os mesmos aumentam a variação espacial da comunidade vegetal (Van der Putten 2003). Modelos predizem que patógenos de solo podem mesmo contribuir para a manutenção das instalações da diversidade, especificamente suprimindo plantas dominantes (Bever *et al.* 1997; Bell *et al.* 2006). Em outra direção, sucesso de espécies invasoras pode ser explicado pela liberação de exudatos das raízes estimulando o desenvolvimento de patógenos no solo, esse patógenos pode agir diretamente nas sementes, reduzindo o poder de germinação de uma espécie nativa (Mangla *et al.* 2008).

## Conclusão

Foi observado o predomínio de espécies arbustivas e arbóreas, sendo que no transecto da área com um maior grau de antropização foram observadas plantas de hábitos variados, já no transecto com menor grau de alteração predomina de espécies arbóreas. As famílias que apresentaram maior riqueza foram: *Rubiaceae*, seguida de *Acanthaceae* e *Moraceae*.

De maneira geral, observa-se que na área com maior grau de antropização ocorreram os maiores valores de pH, Ca e K, indicando um ambiente de um maior eutrofismo. Para a serrapilheira verificou-se padrão similar ao solo.

Quanto à abundância dos microrganismos tanto na serrapilheira como no solo foi observada uma distribuição diferenciada dos microrganismos devido a variação da UR e T, sendo as bactérias as predominantes, padrão este também observado para as diferentes áreas.

Os atributos empregados foram capazes de distinguir as áreas quanto ao grau de antropização.

## Referências

- Andreatta, R.H.P.; Gomes, M. & Baumgratz, J.F.A. 1997. Plantas herbáceo-arbustivas terrestres da Reserva Ecológica de Macaé de Cima. Pp 65-73. In: Lima, H.C. & Guedes-Bruni, R.R. (Eds.). **Serra de Macaé de Cima: Diversidade Florística e Conservação em Mata Atlântica**. Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Attenschwiler, S.H.; Tiunov, A.V. & Scheu, S. 2005. Biodiversity and litter and decomposition terrestrial ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, Systematics** 36: 191-218.
- Bell, T.; Freckleton, R.P. & Lewis, O.T. 2006. Plant pathogens drive density-dependent seedling mortality in a tropical tree. **Ecology Letters** 9: 569-574.
- Bever, J.D.; Westover, K.M. & Antonovics, J. 1997. Incorporating the soil community into plant population dynamics: the utility of the feedback approach. **Journal of Ecology** 85: 561-573.
- Carvalho, M.L.C.; Oliveira, M.S.; Alterthum, F. 1991. An economical and time saving alternative to the most-probable-number method for the enumeration of microorganisms. **Journal of Microbiological Methods** 14: 165-170.
- Davet, P. & Rouxel, F. 2000. **Detection and Isolation of Soil Fungi**. Enfield, Science Publishers.
- Domsch, K.H.; Gams, W. & Anderson, T. 1980. **Compendium of soil fungi**. London, Academic Press.
- Embrapa, 1997. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos.
- Fede, K.L.; Panaccione, D.G. & Sextstone, A.J. 2001. Characterization of dilution enrichment cultures obtained from size-fractionated soil bacteria by BIOLOG<sup>®</sup> community-level physiological profiles and restriction analysis of 16S rRNA genes. **Soil Biology & Biochemistry** 33: 1555-1562.
- Finlay, B.J. & Clarke, K.J. 1999. Ubiquitous dispersal of microbial species. **Nature** 400: 828-828.
- Frankland, J.C. 1966. Fungal of fungi on decaying braken petioles. **Journal of Ecology** 57: 25-36.
- Frankland, J.C.; Magan, N. & Gadd, G.M. 1996. **Fungi and environmental change**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Foster, R.C. 1986. The ultrastructure of the rhizosphere and rhizosphere. **Annual Review of Phytopathology** 21: 211-234.
- Green, J. & Bohannan, B.J.M. 2006. Spatial scaling of microbial biodiversity. **Trends in Ecology & Evolution** 21: 501-507.
- Grayston, S.J.; Griffith, G.S.; Mawdsley, J.L.; Campbell, C.D. & Bardgett, R.D. 2001. Accounting for variability in soil microbial communities of temperate upland grassland ecosystems. **Soil Biology & Biochemistry** 33: 533-551.
- Heijden, M.G.A.; Van der; Dardgett, R.D. & Straalen, N.M. 2008. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. **Ecology Letters** 11: 296-310.
- Ivanaukas, N.M., Monteiro, R. & Rodrigues, R.R. 2001. Levantamento florístico de trecho de floresta Atlântica em Pariquera-Açu, São Paulo, Brasil. **Naturalia** 26: 97-129.
- Joly, C.A., Leitão Filho, H.F. & Silva, S.M. 1991. O Patrimônio Florístico. Pp. 96-128. In: Câmara, I.G., Cecchi, J.C. & Soares, M.S.M. 1991. (Coord.). **Mata Atlântica**. Rio de Janeiro, Editora Index e Fundação S.O.S. Mata Atlântica.



- Kohlmeier, S.; Smits, T.H.M.; Ford, R.M.; Keel, C.; Harms, H. & Wick, L.Y. 2005. Taking the fungal highway, mobilization of pollutant-degrading bacteria by fungi. *Environmental Science & Technology* **39**: 4640-4646.
- Lima, M.P.M. & Guedes-Bruni, R.R. 1994. **Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo RJ: aspectos florísticos das espécies vasculares**. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Lima, H.C. & Guedes-Bruni, R.R. 1997. Diversidade de plantas vasculares na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. Pp. 29-39: In: Lima, H.C. & Guedes-Bruni, R.R. (Eds.). **Serra de Macaé de Cima: Diversidade Florística e Conservação em Mata Atlântica**. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Lindahl, B.D.; Ihrmark, K.; Boberg, J.; Trumbore, S.E.; Hogberg, P. & Stenlid, J. 2007. Spatial separation of litter decomposition and mycorrhizal nitrogen uptake in a boreal forest. *New Phytologist* **173**: 611-620.
- Mangla, S.; Inderjit, J.C. & Callaway, R. 2008. Exotic invasive plant accumulates native soil pathogens which inhibit native plants. *Journal of Ecology* **96**: 58-67.
- Medonça Júnior, J.O.; Cysneiros, V.C. & Braz, D.M. 2009. Levantamento florístico preliminar do extrato arbóreo do Parque Natural Municipal do Curió, Paracambi, RJ. In: **Resumos 1º Simpósio Nacional de Taxonomia e Biodiversidade**. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.
- Mori, S.A. & Boom, B.M. 1983. Southern Bahian Moist Forest. *Botanical Review* **49**: 155-232.
- Peay, K.G.; Bruns, T.D.; Kennedy, P.G.; Bergemann, S.E. & Garbelotto, M. 2007. A strong species-area relationship for eukaryotic soil microbes: island size matters for ectomycorrhizal fungi. *Ecology Letters* **10**: 470-480.
- Peixoto, A.L. 1991/92. Vegetação da Costa Atlântica. In: Monteiro, S. & Kaz, L. (Coord.). 1991/92. **Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro, Alumbramento.
- Peixoto, A.L.; Rosa, M.M.T. & Silva, I.M. 2002. Caracterização da Mata Atlântica. Pp. 9-16: In: Sylvestre, L.S. & Rosa, M.M.T. (Orgs.). **Manual Metodológico para Estudos Botânicos na Mata Atlântica**. Seropédica, RJ, Eduar.
- Pereira, J.C.; Neves, M.C.P. & Drozdowicz, A. 1999. Dinâmica das populações bacterianas em solos de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **34**: 801-811.
- Perotto, S. & Bonfante, P. 2007. Bacterial associations with mycorrhizal fungi: Close and distant friends in the rhizosphere. *Trends in Microbiology* **15**: 496-501.
- Ranjard, L. & Richaume, A. 2001. Quantitative and qualitative microscale distribution of bacteria in soil. *Research Microbiology* **152**: 707-716.
- SAS, 1995. **User's guide: Basic and statistic**. Cary, SAS.
- Sessitsch, A.; Weilharter, A.; Gerzabek, M.H.; Kirchmann, H. & Kandeler, E. 2001. Microbial population structures in soil particle size fractions of a long-term fertilizer field experiment. *Applied and Environmental Microbiology* **67**: 4215-4224.
- Sigueira, J.O. & Franco, A.A. 1988. **Biocologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília, MEC.
- Tabarelli, M. & Mantovani, W. 1999. A riqueza de espécies arbóreas na floresta atlântica de encosta no estado de São Paulo (Brasil). *Revista Brasileira de Botânica* **22**: 217-223.
- Tauk-Tornisielo, S.; Garlipp, A.; Ruegger, M.; Attili, D.S. & Malagutti, E. 2005. Soilborne filamentous fungi in Brasil. *Journal of Basic Microbiology* **45**: 72-82.
- Tiunov, A.V. & Scheu, S. 2005. Arbuscular mycorrhiza and *Collembola* interact in affecting community composition of saprotrophic microfungi. *Oecologia* **142**: 636-642.
- Tonhasca Junior, A. 2005. **Ecologia e História Natural da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro, Editora Interciência.
- Van der Putten, W.H. 2003. Plant defense belowground and spatiotemporal processes in natural vegetation. *Ecology* **84**: 2269-2280.
- Vieira, F.C.S. & Nahas, E. 2005. Comparison of microbiol numbers in soils by using various culture media and temperatures. *Microbiological Research* **160**: 197-202.
- Vuono, Y.S. 2002. Inventário Fitossociológico. Pp. 51-65. In: Sylvestre, L.S. & Rosa, M.M.T. (Org.). 2002. **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica**. Seropédica, Eduar.
- Zak, D.R.; Holmes, W.E.; White, D.C.; Peacock, A.D. & Tilman, D. 2003. Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: are there any links? *Ecology* **84**: 2042-2050.
- Zipparro, V.B.; Guilherme, F.A.G.; Almeida-Scabbia, R.J. & Morellato, L.P.C. 2005. Levantamento florístico de Floresta Atlântica no sul do Estado de São Paulo, Parque Estadual Intervales, Base Saibadela. *Biota Neotropica* **5**(1). <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n1/pt/fullpaper?bn02605012005+pt>. (Acesso em 19/08/2010).