

# Ocupação de microhabitats artificiais por invertebrados de solo em um fragmento florestal no sul do Brasil

## Occupation of artificial microhabitats by soil invertebrates in a forest fragment in Southern Brazil

Luciana Regina Podgaiski<sup>1</sup>

podgaiski@gmail.com

Ricardo Ott<sup>1</sup>

rott@fzb.rs.gov.br

Gislene Ganade<sup>2</sup>

gganade@unisinos.br

### Resumo

A degradação do sistema edáfico e a perda de seus horizontes orgânicos podem ocasionar um decréscimo da biodiversidade da fauna do solo, afetando diretamente suas características funcionais. Estratégias que visem à restauração ecológica de áreas degradadas devem levar em conta a heterogeneidade dos sistemas originais, em especial da superfície do solo. Este estudo teve como objetivo geral investigar a importância da presença de microhabitats crípticos para as comunidades de invertebrados do solo a partir da introdução de estruturas artificiais (telhas de barro) sobre a serapilheira. A área de estudo consistiu em um fragmento de mata nativa no município de Triunfo, RS, Brasil, no qual foram distribuídas 40 telhas em cima da serapilheira. Trimestralmente, até o término de um ano, foram amostradas 10 telhas e retiradas 10 amostras de serapilheira (controle) do local. Foram coletados 1.025 indivíduos, distribuídos em 17 grupos taxonômicos de invertebrados sob as telhas e 935 indivíduos e 13 grupos na serapilheira. Foram verificadas maior abundância de formigas e opiliões nas amostragens de telhas e maior abundância de coleópteros, isópodes e insetos imaturos nas amostragens controle de serapilheira. Aranhas e moluscos não apresentaram abundâncias diferentes entre os tratamentos. A riqueza média de táxons foi considerada maior abaixo da telha e foram observados mais herbívoros e onívoros abaixo destas estruturas. As telhas de barro, neste experimento, cumpriram a tarefa de fornecer informações básicas sobre a importância de microhabitats crípticos à fauna de invertebrados. Mais pesquisas deveriam ser realizadas, esclarecendo e ressaltando a importância da heterogeneidade espacial na dinâmica do sistema solo-serapilheira e nas estratégias de restauração de áreas degradadas.

**Palavras-chave:** invertebrados, microhabitats, serapilheira, restauração.

### Abstract

The degradation of the soil system and loss of organic layer can cause a decrease in the biodiversity of soil fauna, directly affecting its functional characteristics. Strategies that aim

<sup>1</sup> Diversidade de Invertebrados Terrestres, Seção Zoologia de Invertebrados, Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoológica do Rio Grande do Sul. Rua Dr. Salvador França, 1427, 90690-000 Porto Alegre RS, Brazil.

<sup>2</sup> Laboratório de Ecologia da Restauração, Ciências Biológicas, UNISINOS, Av. Unisinos, 950, 93022-000 São Leopoldo RS, Brazil.

at ecological restoration of degraded areas, must take into account the heterogeneous nature of original systems, especially in the soil surface. The general objective of this study was to investigate the importance of cryptic microhabitats for soil invertebrate communities, through the introduction of artificial structures (mud tiles) on the litter fall. The study area consisted of native forest fragment in Triunfo, RS, Brazil, in which 40 mud tiles were distributed. Every quarter, for a year, 10 tiles were surveyed and 10 litter samples (control group) were collect. A total of 1025 individuals were found distributed in 17 taxonomic groups of invertebrates under the tiles and 935 individuals in 13 groups in the litter fall (control). It was verified that ants and harvestman had been more abundant under tiles than in the control. The abundance of spiders and molluscs was not significantly different between treatments. There were larger amounts of beetle, woodlice and immature insects in the litter fall samples. The mean richness of taxa was larger below the tile and a trend of finding more herbivores and omnivores below these structures was observed. The mud tiles, in this experiment, had fulfilled its task to supply basic information on the importance of cryptic microhabitats for the invertebrate fauna. More research needs to be conducted to clarify and establish the influence of spatial heterogeneity on the dynamics on the soil-litter system for restoring degraded areas.

**Key words:** invertebrates, microhabitat, litter fall, restoration.

## Introdução

A fauna do solo desempenha funções indispensáveis aos ecossistemas. Os hábitos de vida e as complexas interações alimentares desta fauna influenciam no processo de decomposição da matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes e na aeração do solo (Brussaard, 1998; Duarte e Becker, 2000; Höfer *et al.*, 2001; Lavelle *et al.*, 1993; Neher, 1999), promovendo a manutenção e a elevação dos níveis de fertilidade do solo (Brussaard, 1998; Duarte e Becker, 2000; Höfer *et al.*, 2001), a produtividade primária das plantas (Brussaard, 1998; Höfer *et al.*, 2001; Neher, 1999; Wardle, 1999) e a estabilidade dos ecossistemas (Correia, 2002). A degradação do sistema edáfico e a perda de seus horizontes orgânicos podem ocasionar um decréscimo da biodiversidade da fauna do solo, afetando diretamente suas características funcionais.

A serapilheira, constituída por fragmentos vegetais reconhecíveis (folhas, galhos, etc.) e resíduos animais na superfície do solo, é a parte biologicamente mais ativa do perfil do solo (Glissman, 2005), podendo suportar comunidades animais muito diversificadas (Moço *et al.*, 2005). Associados à serapilheira, escombros de troncos de árvores mortas (Buddle, 2001; Kappes

*et al.*, 2006) e afloramentos de rochas (Ferreira e Silva, 2001; Goldsbrough *et al.*, 2003) podem representar importantes elementos criadores de microhabitats para a fauna do solo. Segundo Townsend *et al.* (2006), quanto mais espacialmente heterogêneo for um ambiente, maior será a riqueza de espécies associadas ao mesmo, devido ao maior número de microambientes e de microclimas e à maior variedade de recursos oferecidos.

Os animais selecionam seus habitats e microhabitats de acordo com a oferta de recursos desejáveis tais como fontes de alimentação, local para postura de ovos, acasalamento, refúgio contra predadores e condições microclimáticas (Cornelissen e Boechat, 2001). Para esta seleção, é necessário haver uma sintonia entre os parâmetros espaciais e microclimáticos disponíveis e os aspectos ecológicos e fisiológicos dos animais. Desta forma, o padrão de distribuição espacial não aleatório dos organismos pode sugerir em que ambiente físico apresentam maior sucesso adaptativo (Cornelissen e Boechat, 2001).

Estratégias que visem à restauração ecológica de áreas degradadas devem levar em conta a importância da heterogeneidade dos sistemas originais, em especial da superfície do solo. O enriquecimento de ambientes com estru-

ras que ofereçam microhabitats diversificados à fauna é indispensável para o sucesso da restauração. Segundo Bowie e Frampton (2004), a restauração da fauna de invertebrados em alguns ecossistemas degradados é debilitada devido à ausência de troncos de árvores naturais caídos no chão; estes autores sugerem a implementação de discos de madeira na superfície do solo para incentivar a colonização de invertebrados. Desta forma, torna-se clara a importância da compreensão de como microhabitats favoráveis poderiam influenciar os padrões de ocupação da fauna de solo.

Este trabalho teve como objetivo investigar o efeito da presença de microhabitats crípticos artificiais para as comunidades de invertebrados do solo a partir da introdução de estruturas (telhas de barro) sobre a serapilheira em um fragmento florestal. Para a investigação sobre a estrutura das comunidades de solo, foram utilizados grupos taxonômicos superiores da macrofauna e classificações destes em grupos funcionais (predadores, detritívoros, herbívoros e onívoros). Os objetivos específicos do estudo foram: (a) verificar se ocorre ocupação do microhabitat criado abaixo das telhas, e por quais invertebrados; (b) comparar a abundância e a riqueza de grupos de invertebrados que possam ter ocupa-

do o microhabitat das telhas com a abundância e riqueza de táxons que ocorrem naturalmente na serapilheira; (c) averiguar a preferência de grupos de invertebrados entre o microhabitat das telhas e a serapilheira; e (d) verificar como se estruturam grupos funcionais de invertebrados no microhabitat das telhas em relação àqueles da serapilheira.

## Materiais e Métodos

### Local de estudo

O estudo foi realizado em uma área pertencente ao Parque Copesul de Proteção Ambiental (29°51'44.97" S; 51°22'13.36" W), no município de Triunfo, Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1), durante março de 2005 a março de 2006. O Parque, situado às margens do rio Caí e ao lado do Pólo Petroquímico de Triunfo, possui 68 ha de floresta secundária, campo, monocultura abando-

nada de *Eucaliptus* e uma bacia artificial com ligação ao rio. A região enquadra-se, originalmente, como floresta estacional decidual aluvial, que reveste várzeas e terraços aluviais da bacia do Rio Jacuí (Klein, 1983). O clima, de acordo com classificação de Köppen, é Cfa, subtropical, que se caracteriza por precipitações bem distribuídas ao longo do ano, com totais superiores a 1.200 mm, e temperaturas médias entre -3°C e 18°C para o mês mais frio do ano (julho) e superiores a 22°C para o mês mais quente (janeiro) (Moreno, 1961).

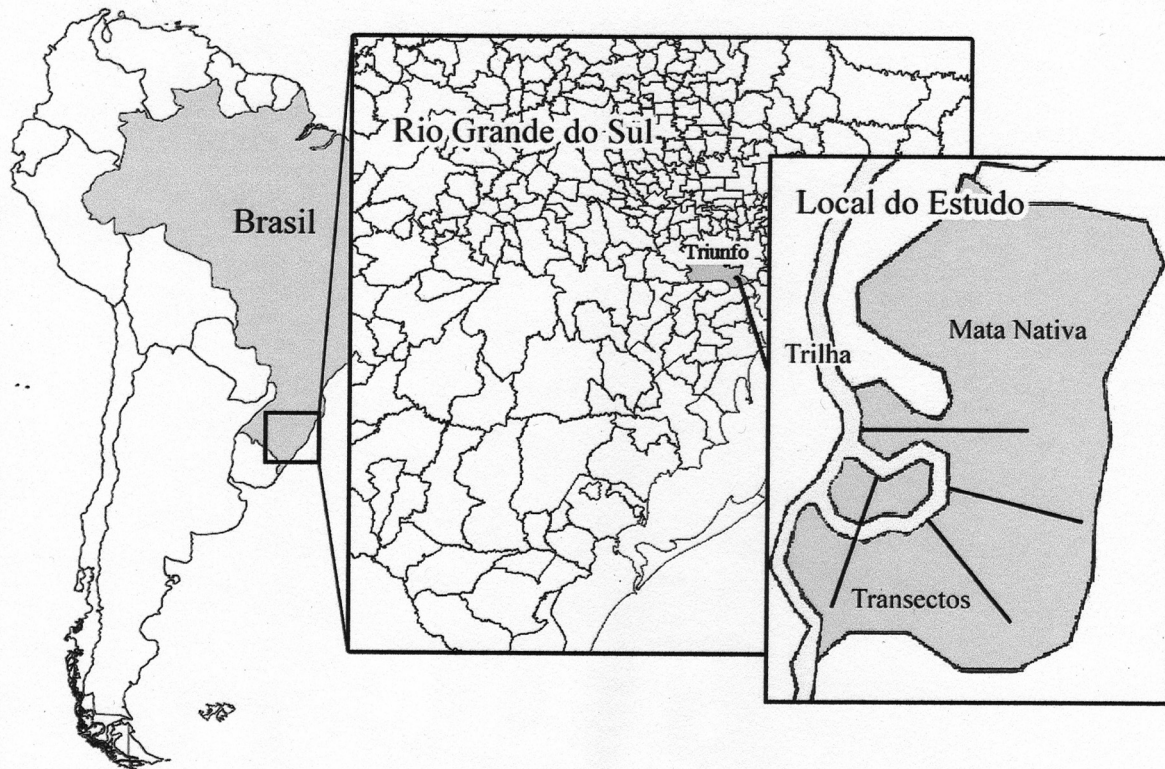
Os experimentos foram conduzidos em um fragmento de floresta com caráter secundário de aproximadamente 2 ha (Figura 1). Há a presença de árvores nativas muito antigas como o angico *Parapiptadenia rigida* (Fabaceae), espécies plantadas não-típicas do bioma original como o pinheiro-brasileiro *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) e grande quantidade de espécies exóticas invasoras como a uva-do-ja-

pão *Hovenia dulcis* (Rhamnaceae) e o ligustro *Ligustrum sp.* (Oleaceae). O dossel da mata apresenta-se fechado em quase toda sua extensão, impedindo a passagem direta de radiação luminosa para o interior da mata.

### Delineamento amostral

Os objetos escolhidos para a criação de microhabitats no chão da mata foram telhas de barro tipo francesa, com 40 cm de diâmetro, 24 cm de largura e 3 cm de altura, com algumas ondulações, frestas e saliências em seu design (Figuras 2A-B). As telhas foram escolhidas por representarem unidades padronizadas, leves e fáceis de manejar. Além disso, ao simularem a presença de rochas no chão da floresta, fornecem abrigo contra luz e chuva diretas e retêm a umidade junto ao solo.

Em março de 2005, quatro transectos de 50 m foram traçados no interior da mata (Figura 1). Ao longo destes transectos,



**Figura 1.** Representação da área de estudo, no Parque Copesul de Proteção Ambiental, município de Triunfo, Rio Grande do Sul, Brasil, e localização dos transectos, de acordo com o delineamento amostral.

**Figure 1.** Representation of the study area, in Parque Copesul de Proteção Ambiental, Triunfo's city, Rio Grande do Sul, Brazil, and localization of the transects in accordance with the sampled delineation.



foram distribuídas 40 telhas diretamente sobre a serapilheira (10 telhas por transecto), distantes 5 m umas das outras. Trimestralmente, até o término de um ano (março de 2006), 10 telhas eram escolhidas aleatoriamente entre os transectos e recolhido todo material encontrado abaixo delas. Após este procedimento, essas telhas eram excluídas do experimento. Desta forma, foram amostradas 10 telhas que permaneceram em campo durante três meses (março-junho), tendo sido amostradas no final do período correspondente ao outono; 10 telhas com seis meses de permanência (março-setembro), amostradas no final do inverno; 10 telhas com nove meses (março-dezembro), amostradas no final da primavera e 10 telhas com 12 meses (março-março), retiradas no final do verão.

Para verificar a real composição de invertebrados da serapilheira (grupo controle), foram coletadas 10 amostras de serapilheira em cada trimestre do experimento. A serapilheira era retirada na

mesma data e a 5 m de distância (perpendicularmente ao transecto) dos locais onde as telhas eram amostradas, conforme a seqüência de aleatorização. Portanto, as amostragens eram realizadas em blocos: telha e serapilheira.

Para as amostragens das telhas, um gabarito de metal sem tampa e sem fundo, com o mesmo formato da telha e com 20 cm de altura era colocado ao redor da mesma para evitar a fuga de invertebrados pelo solo quando da retirada das amostras (Figura 2C). A telha era levantada e todo o material orgânico que estava abaixo dela e os invertebrados observados a olho nu eram coletados e armazenados em sacos plásticos. Nas amostragens do grupo controle, o gabarito era utilizado para demarcar a mesma área ocupada pelas telhas.

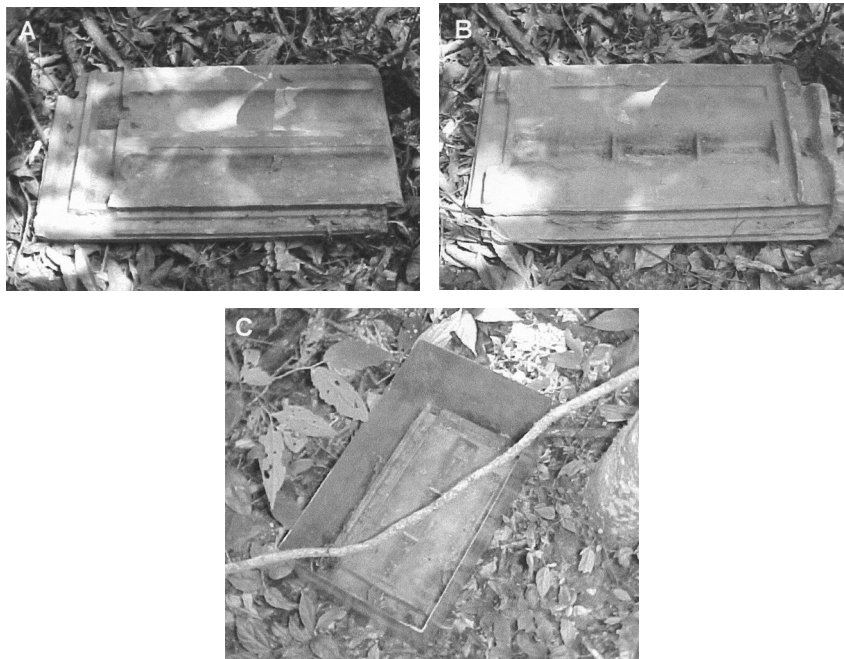
Em laboratório, as amostras foram armazenadas em geladeira à temperatura aproximada de 7°C até a realização das triagens, que levaram de duas a quatro semanas. As amostras foram peneiradas

utilizando-se malha 2 x 2 mm para a separação de partículas de solo aderidas à serapilheira. Foi realizada triagem manual, em bandeja branca, com luminária de lâmpada fluorescente. Foram coletados somente indivíduos representantes da macrofauna, maiores do que 2 mm de diâmetro (Swift *et al.*, 1979). A preservação dos espécimes foi feita com álcool 80% e a classificação da macrofauna foi realizada em grupos taxonômicos superiores (classe, ordem ou família) em lupa binocular estereoscópica no Laboratório de Aracnologia da seção de Zoologia de Invertebrados do Museu de Ciências Naturais (MCN) da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZBRS).

De acordo com a similaridade entre os hábitos alimentares os invertebrados foram separados nos seguintes grupos funcionais: predadores carnívoros (aranhas, neurópteros, planárias, pseudoescorpiões e quilópodes), detritívoros (anelídeos, arqueognatas, blatódeos, coleópteros, diplópodes e isópodes), herbívoros (ortópteros, hemípteros, lepidópteros e moluscos) e onívoros (opiliões). É necessário esclarecer que, provavelmente, nem todos os membros dos grupos funcionais apresentem o mesmo hábito alimentar (Jasen, 1997), podendo haver algumas diferenciações de hábitos em algumas espécies dentro dos grupos taxonômicos. Formigas e insetos imaturos não foram classificados em grupos funcionais, uma vez que as espécies podem ser predadoras ou detritívoras (Moço *et al.*, 2005).

### Análises estatísticas

As abundâncias dos indivíduos e a riqueza de grupos taxonômicos foram comparadas entre as amostragens de telhas e as da serapilheira adjacente, nas diferentes datas amostrais, utilizando-se Análise de Variância (ANOVA), para medidas repetidas, e o teste *a posteriori* de Tukey, para comparação entre datas amostrais. Para comparar a preferência dos grupos mais abundantes ( $n > 90$ ) na ocupação de telhas em relação à serapilheira foi utilizado o teste de qui-qua-



**Figura 2.** Telha de barro tipo francesa, utilizada como microhabitats para invertebrados de solo. A - superfície da telha que ficou voltada para o solo; B - superfície da telha que ficou voltada para cima (posição original); C - gabarito de metal, colocado ao redor da telha para evitar a fuga dos invertebrados quando a telha era levantada.

**Figure 2.** Tile mud of french type used as microhabitat for soil invertebrates. A – tile surface that was turning to the soil; B – tile surface that was turning to the top (original position); C - metal square placed around the tile to prevent the escape of invertebrates when the tile was raised.

drado. Para testar se a proporção de indivíduos em cada grupo funcional foi diferente da proporção esperada entre ocupantes de telhas e de serapilheira, nas datas amostrais, foi realizada análise de tabela de contingência. Os programas estatísticos utilizados para as análises foram SPSS 14.0 (SPSS, 1993) e Systat 11.0 (Systat, 2004).

## Resultados

### Composição, abundância e riqueza de grupos de invertebrados

Todas as telhas adicionadas ao chão da floresta foram ocupadas por representantes da macrofauna, tendo sido coletado, abaixo destas estruturas, um total de 1.025 indivíduos, distribuídos em 17 grupos taxonômicos de invertebrados. Nas amostragens controle de serapilheira, foram contabilizados 935 in-

divíduos e 13 grupos taxonômicos (Tabela 1). O número total de indivíduos sob telhas foi significativamente maior do que no controle (Tabela 1).

Os grupos mais abundantes encontrados sob telhas foram aranhas (23,2%), formigas (21,1%), isópodes (16,7%), moluscos (10,3%), opiliões (9,1%) e insetos imaturos (6,1%); no controle, foram aranhas (28,7%), isópodes (23,1%), insetos imaturos (12,4%), coleópteros (11,3%), formigas (10,8%) e moluscos (8,6%) (Tabela 1). Apesar de terem sido coletados em pequena quantidade, representantes de arqueognatas (dois indivíduos), hemípteros (2), lepidóptero (1), neurópteros (3) e planárias (3) foram encontrados somente ocupando telhas, enquanto que o grupo pseudoescorpião (um indivíduo) foi registrado somente em uma amostragem controle (Tabela 1).

Com base nos grupos de invertebrados com abundância total superior a 90 in-

divíduos, foi verificada maior abundância de formigas e opiliões nas amostragens de telhas e maior abundância de coleópteros, isópodes e insetos imaturos nas amostragens controle de serapilheira. Aranhas e moluscos não apresentaram abundâncias diferentes entre os tratamentos (Tabela 1).

### Associação entre os invertebrados, o habitat e o tempo de permanência das telhas

Não foi encontrada diferença estatística na abundância média de invertebrados entre os tratamentos ( $F= 0,53$ ; g.l.= 1, 9; N.S.); contudo, a riqueza média de grupos taxonômicos ocupando telhas foi maior do que a do controle ( $F= 23,1$ ; g.l.= 1, 9;  $P< 0,01$ ; Figura 3A e 3B). A partir de comparações entre as amostragens realizadas nas quatro estações do ano, foram constatadas diferenças quan-

**Tabela 1.** Abundância dos grupos taxonômicos de invertebrados nas amostragens controle (C) e de telhas (T) nos períodos do outono, inverno, primavera e verão. Teste qui-quadrado para a comparação entre as abundâncias totais dos grupos entre amostragens controle e de telhas; somente para grupos com  $N > 90$ .

**Table 1.** Abundance of taxonomic groups of invertebrates in samplings control (C) and in tiles (T) in the periods of the autumn, winter, spring and summer. Test qui-square for comparison between total abundance of groups in samplings control and in tiles; only for groups with  $N > 90$ .

Grupos	Outono		Inverno		Primavera		Verão		Total		X <sup>2</sup>	g.l.	P
	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T			
Anelídeos	2	6	1	9	-	-	-	-	3	15	-	-	-
Aranhas	92	83	60	55	53	49	64	51	269	238	1,9	1	N.S.
Arqueognatas	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-
Blatódeos	3	5	2	5	-	1	1	5	6	16	-	-	-
Coleópteros	23	10	24	11	42	9	17	9	106	39	30,9	1	< 0.001
Diplópodes	3	6	3	6	-	-	-	-	6	12	-	-	-
Formigas	37	37	18	44	33	44	13	91	101	216	41,7	1	< 0.001
Hemípteros	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-
Insetos imaturos	69	41	29	15	16	3	2	4	116	63	15,7	1	< 0.001
Isópodes	83	68	80	59	50	19	3	25	216	171	5,2	1	< 0.050
Lepidópteros	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Moluscos	18	34	48	51	10	18	5	3	81	106	3,3	1	N.S.
Neurópteros	-	2	-	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-
Opiliões	-	4	1	31	-	43	1	15	2	93	87,2	1	< 0.001
Ortópteros	-	1	-	2	1	4	1	7	2	14	-	-	-
Planárias	-	-	-	1	-	2	-	-	-	3	-	-	-
Pseudoescorpiões	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-
Quilópodes	18	15	6	10	1	5	1	1	26	31	-	-	-
Total	348	313	272	300	206	201	109	211	935	1025	4,1	1	< 0.050

to à abundância ( $F= 4,7$ ;  $g.l.= 3, 27$ ;  $P< 0,01$ ) e quanto à riqueza de táxons ( $F= 23,7$ ;  $g.l.= 3, 27$ ;  $P< 0,001$ ). Não foram observadas interações entre os tratamentos telha e controle e o fator tempo, tanto na abundância ( $F= 0,67$ ;  $g.l.= 3, 27$ ; N.S.), quanto na riqueza de grupos ( $F= 0,89$ ;  $g.l.= 3, 27$ ; N.S.).

Com o Teste de Tukey, foi verificada maior abundância de indivíduos nas

amostragens do período do outono do que nas da primavera e do verão ( $P< 0,05$ ; Figura 3A); nas demais estações, as abundâncias foram semelhantes. A riqueza de grupos também foi constatada maior nas amostragens do outono do que nas da primavera ( $P< 0,05$ ) e do verão ( $P< 0,001$ ; Figura 3B). Nas amostragens do inverno, por sua vez, foi verificada maior riqueza de grupos

do que nas da primavera ( $P< 0,005$ ) e do verão ( $P< 0,001$ ) e, nas amostragens da primavera foi observada maior riqueza do que nas do verão ( $P< 0,001$ ; Figura 3B).

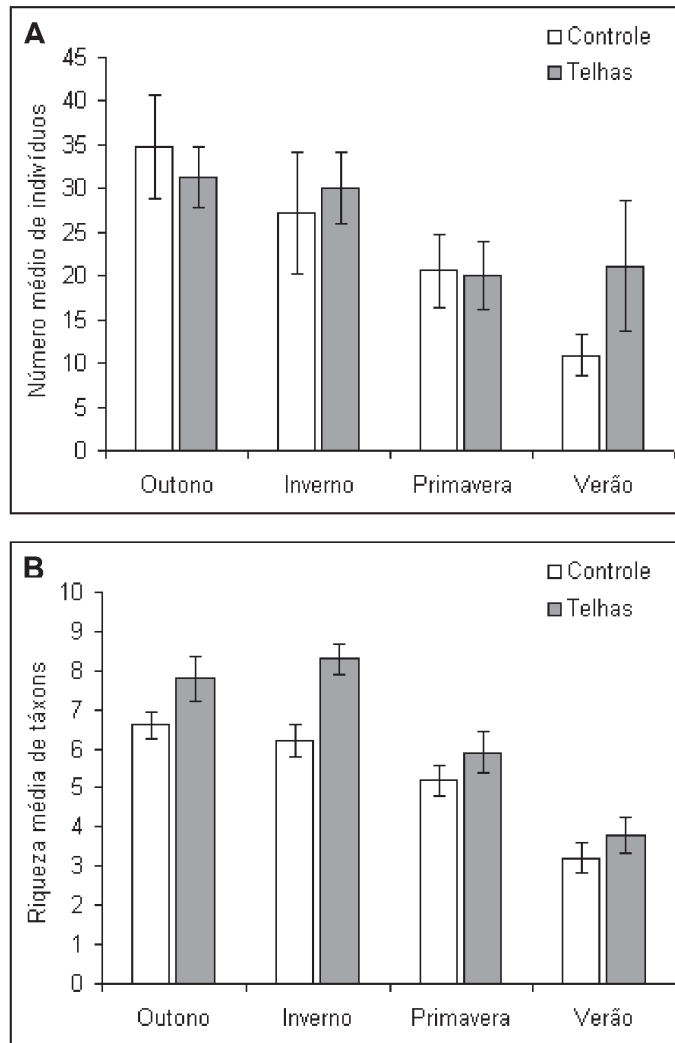
### Composição dos grupos funcionais

Com a classificação dos grupos taxonômicos em grupos funcionais, foi observado que invertebrados predadores tiveram grandes abundâncias tanto nas amostragens de telhas (275 indivíduos) quanto nas do controle (296); os animais detritívoros foram representados por 255 indivíduos nas telhas e 337 no controle; herbívoros por 123 indivíduos nas telhas e 83 no controle e os onívoros (opiliões) obtiveram maior abundância no ambiente oferecido pelas telhas (93 indivíduos) do que na serapilheira controle (2).

A partir de uma tabela de contingência, foi constatada, no outono, maior abundância de herbívoros e de onívoros em telhas, e maior abundância de detritívoros no controle do que o esperado ( $X^2= 12,1$ ;  $g.l.= 3$ ;  $P< 0,01$ ; Figura 4). Nas amostragens do inverno, foi verificada maior abundância de onívoros em telhas e de detritívoros no controle do que o esperado ( $X^2= 29,9$ ;  $g.l.= 3$ ;  $P< 0,001$ ; Figura 4). Na primavera, foi encontrada maior abundância de herbívoros e de onívoros em telhas e de detritívoros no controle ( $X^2= 78,1$ ;  $g.l.= 3$ ;  $P< 0,001$ ; Figura 4). E no verão, foi observada maior abundância de onívoros e detritívoros em telhas e maior abundância de predadores no controle ( $X^2= 18,2$ ;  $g.l.= 3$ ;  $P< 0,001$ ; Figura 4).

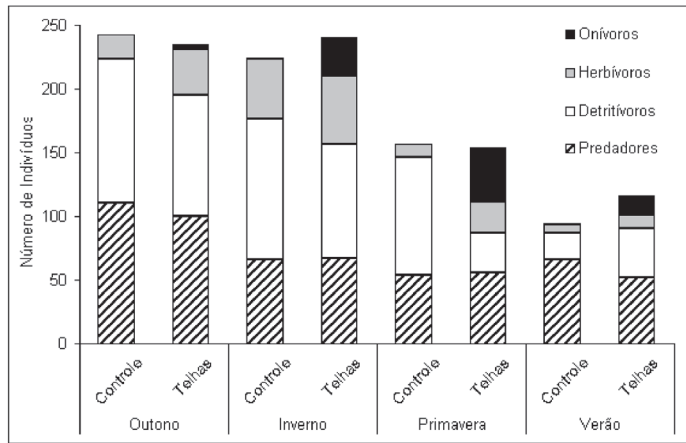
### Discussão

Este estudo demonstrou que microhábitats crípticos artificiais representados por telhas de barro dispostas sobre a serapilheira do solo da floresta podem suportar grande abundância e riqueza de grupos de invertebrados. O número médio de grupos de invertebrados ocupando as telhas foi significativamente



**Figura 3.** Abundância média de indivíduos (A) e riqueza média de grupos taxonômicos de invertebrados (B) em amostras de serapilheira e telhas coletadas no outono, inverno, primavera e verão, em Triunfo, RS. Nas amostragens do outono, as telhas permaneceram três meses em campo; no inverno, seis meses; na primavera, nove meses e no verão, doze meses. Barra de erros representam  $\pm 1$  erro padrão.

**Figure 3.** Mean abundance of individuals (A) and mean richness of taxonomic groups of invertebrates (B) in samples of litter fall and tiles collected during the autumn, winter, spring and summer in Triunfo, RS. In samplings of autumn, the tiles had remained in the field for three months; in the winter for six months; in the spring for nine months and in the summer for twelve months. Bar of errors represents  $\pm 1$  standard error.



**Figura 4.** Abundância total de indivíduos distribuídos em grupos funcionais (predadores, detritívoros, herbívoros e onívoros) em amostras de serapilheira e telhas no outono, inverno, primavera e verão em Triunfo, RS. Nas amostragens do outono, as telhas permaneceram três meses em campo; no inverno, seis meses; na primavera, nove meses e no verão, doze meses.

**Figure 4.** Total abundance of individuals distributed in functional groups (predators, detritivore, herbivore and omnivore) in samples of litter fall and tiles collected during the autumn, winter, spring and summer in Triunfo, RS. In samplings of autumn, the tiles had remained in the field for three months; in the winter for six months; in the spring for nine months and in the summer for twelve months.

maior do que os das amostragens controle de serapilheira, contudo, esta riqueza diferencial entre os tratamentos foi representada, para alguns táxons, por um pequeno número de indivíduos, por exemplo, neurópteros e planárias, com três indivíduos cada.

Opiliões e formigas apresentaram grandes abundâncias no ambiente críptico das telhas. Opiliões são organismos fotofóbicos, que passam a maior parte do dia escondidos em locais escuros e úmidos, sendo comumente encontrados em florestas úmidas embaixo de troncos caídos, na serapilheira, em formações de musgos e dentro de grutas (Edgar, 1990). Mestre e Pinto-da-Rocha (2004) testaram a preferência de opiliões da espécie *Ilhaia cuspidata* Roewer 1913 (Gonyleptidae) por diversos tipos de esconderijos em um fragmento florestal isolado pela cidade, no sul do Brasil. Os autores verificaram que, em locais com grande concentração de troncos de árvores caídos e/ou de tijolos de barro, encontrava-se uma alta abundância de opiliões, e que rochas e materiais plásticos (lixo) foram menos importantes para as concentrações destes animais.

Estes resultados foram justificados pelo fato de que madeira e barro providenciam sítios com menor variação de temperatura do que rochas e plástico. Desta forma, o caráter microclimático dos microhabitats parece ser fundamental para os padrões de distribuição e abundância dos opiliões, explicando a ocupação das telhas de barro.

As formigas, insetos sociais, apresentam alta diversidade de espécies e uma grande variedade de hábitos de forrageamento e eficiência para aproveitar recursos (Hölldobler e Wilson, 1990). Alguns trabalhos relacionando a complexidade espacial e a diversidade de espécies de formigas sugerem que o grau de complexidade do ambiente pode aumentar (Matos, 1994) ou diminuir (Lassau e Hochuli, 2004) sua diversidade. O nosso experimento demonstrou que uma grande quantidade de formigas utilizou o microhabitat críptico oferecido pela telha, possivelmente para forrageamento e nidificação, demonstrando a importância potencial deste microambiente para as populações destes insetos.

Em relação a organismos que colonizaram telhas, mas que não apresentaram

preferência entre estas e a serapilheira, as aranhas constituíram o grupo de invertebrados mais abundante. Na grande maioria dos habitats terrestres, as aranhas apresentam alta abundância (Turbull, 1973) e, em especial, nos ambientes do solo das florestas (Adis *et al.* 1987; Harada e Bandeira, 1994). As aranhas são generalistas e predam uma grande diversidade e quantidade de artrópodes, sendo importantes agentes de controle populacional de insetos (Hodge, 1999; Maloney *et al.*, 2003; Riechert e Lockley, 1984). Segundo Buddle (2001), aranhas podem utilizar escombros de troncos e galhos de árvores caídos no solo como local de forrageamento, abrigo para o inverno, substrato para acasalamento ou como um sítio para deposição de seus ovos. É provável que as aranhas tenham utilizado as telhas de barro do nosso experimento para as mesmas finalidades citadas acima.

Moluscos também não apresentaram diferença significativa em sua abundância entre o ambiente propiciado pelas telhas e a serapilheira controle. Kappes *et al.* (2006), citando alguns autores, expõem que a abundância e a diversidade de moluscos é estreitamente relacionada com características do solo, umidade, espessura da camada de serapilheira e presença de estruturas no chão, como rochas e troncos caídos. Grupos como isópodes, coleópteros e insetos imaturos ocorreram em maior quantidade na serapilheira, mas também foram presentes nas telhas. Isto pode ser justificado, em parte, pelos hábitos alimentares destes animais e seu ciclo de vida, no caso das larvas de insetos. Isópodes são importantes decompositores da serapilheira e, portanto, estão intimamente relacionados com ela, podendo demonstrar perda de biomassa e decréscimo no número de espécies diante da redução destas camadas no solo (Souty-Grosset *et al.*, 2005). Da mesma forma, coleópteros também apresentam hábitos detritívoros e podem ter selecionado seu habitat de acordo com padrões mais favoráveis de recurso.

As alterações da composição e da distribuição dos invertebrados sob as tel-



lhas no decorrer do nosso experimento podem ser explicadas por dois fatores: o tempo de permanência das telhas em campo e a sazonalidade. Quanto mais tempo a telha permanece no chão da floresta, menos serapilheira espera-se encontrar abaixo dela. A decomposição da matéria orgânica do solo é um processo essencialmente biológico (Lavelle, 1993), no qual participam diferentes espécies de microorganismos e invertebrados (Seastedt, 1984). Segundo Mason (1976), durante a decomposição os substratos são continuamente modificados em seus aspectos físicos e químicos, e isto promove também uma modificação na colonização por organismos decompositores. Diferentes grupos de invertebrados podem ter ocupado as telhas para participar das diferentes fases do processo de decomposição da serapilheira, para predação os organismos envolvidos no processo, ou, até mesmo, devido ao maior espaço gerado sob a telha. Em relação à influência da sazonalidade, sabe-se que as peridiocidades naturais do ambiente físico, caracterizadas pelas estações do ano, podem regular o ciclo de vida dos organismos (Odum, 1983; Townsend *et al.*, 2006) e as interações entre os organismos (Townsend *et al.*, 2006), estimulando atividades como o acasalamento, a reprodução, a postura de ovos, a dispersão de jovens e a colonização de novos substratos. Desta maneira, os invertebrados podem ter ocupado as telhas, em maior ou menor quantidade em algum período do ano, a favor destes eventos sazonais do seu ciclo de vida.

Os estudos com invertebrados de solo classificados em grupos taxonômicos superiores (classe, ordem ou família) podem permitir uma inferência sobre a funcionalidade destes organismos e fornecer indicações simples sobre a ecologia da comunidade neste substrato (Stork e Eggleton, 1992). Diante da estrutura dos grupos funcionais de invertebrados encontrada sob telhas, observa-se uma maior abundância de herbívoros e onívoros. Isto pode demonstrar o caráter diferencial que esses mi-

crohábitats possam estar exercendo sobre a fauna e, assim, sobre os aspectos funcionais do ecossistema do solo. As vantagens de se realizar levantamentos determinando a composição dos organismos em grupos taxonômicos superiores são a facilidade de sua execução e a rapidez com que os resultados são obtidos (Moço *et al.*, 2005). Contudo, a morfoespecialização dos indivíduos coletados neste experimento seria de grande importância para subsidiar melhores comparações entre a fauna que ocupou os microhábitats artificiais e a que ocorreu naturalmente na serapilheira. É provável que haja uma clara distinção das espécies, dadas possíveis adaptações fisiológicas e especializações de microhábitats e microclimas pelos invertebrados.

As telhas de barro, neste experimento, cumpriram a tarefa de fornecer informações básicas sobre a importância de microhábitats crípticos e microclimas associados à fauna de invertebrados do solo. Contudo, em programas de restauração de áreas degradadas, nos quais se almeja enriquecer a fauna do solo, é necessária a realização de estudos de caso sobre as possíveis estruturas crípticas que existiam no ecossistema original que podem ser repostas. Cada bioma apresenta características físicas que geram sua própria heterogeneidade espacial, e é preciso respeitar essas peculiaridades. Segundo Lewinsohn *et al.*, (2005), a conservação de habitats inteiros no Brasil é indispensável para a conservação da biodiversidade de invertebrados e de seus serviços prestados ao ecossistema. Dentro deste contexto, a ecologia da restauração deve procurar, quando possível, mimetizar ao máximo os habitats originais, com todos os seus detalhes.

O enriquecimento da fauna do solo e o fortalecimento das interações alimentares desta fauna trariam inúmeras vantagens à dinâmica dos processos sucesionais de áreas em regeneração. Pesquisas de longo prazo e que levassem em consideração a riqueza de espécies envolvidas e informações acerca de microhábitats naturais deveriam ser

realizadas esclarecendo e ressaltando a importância da heterogeneidade espacial na dinâmica do sistema solo-serapilheira e nas estratégias de restauração de áreas degradadas.

## Agradecimentos

A Luciano Vilodre Demaman pelo apoio logístico no Parque Copesul de Proteção Ambiental; a Luara Neumann pela edição do mapa da área de estudo e a Tomaz Vital Aguzzoli pelo auxílio nas expedições.

## Referências

- ADIS, J.; MORAIS, J.W. e RIBEIRO, E.F. 1987. Vertical distribution and abundance of arthropods in the soil of a neotropical secondary forest during the dry season. *Tropical Ecology*, **28**:174-181.
- BOWIE, M.H. e FRAMPTON, C.M. 2004. A practical technique for non-destructive monitoring of soil surface invertebrates for ecological restoration programmes. *Ecological Management & Restoration*, **5**(1):34-42.
- BRUSSAARD, L. 1998. Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. *Applied Soil Ecology*, **9**:123-135.
- BUDDLE, C. 2001. Spiders (Araneae) associated with downed woody material in a deciduous forest in Central Alberta, Canada. *Agricultural and Forest Entomology*, **3**:241-251.
- CORNELISSEN, T.G. e BOECHAT, I.G. 2001. Seleção de habitats por *Porrmosa lagotis* (Mello-Leitão, 1941) (Araneae, Lycosidae) em área de cerrado em Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoológicas*, **3**(2):147-154.
- CORREIA, M.E.F. 2002. *Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas*. Seropédica, Documentos 156, Embrapa, 33 p.
- DUARTE, M.M. e BECKER, M. 2000. A comunidade de microartrópodes em solos da micro-região carbonífera do baixo rio Jacuí. In: CENTRO DE ECOLOGIA DA UFRGS (eds.), *Carvão e meio ambiente*. Porto Alegre, Ed. da Universidade, p. 695-725.
- EDGAR, A.L. 1990. Opiliones (Phalangida). In: D.L. DINDAL (ed.), *Soil biology guide*. New York, John Wiley and Sons, p. 529-581.
- FERREIRA, R.L. e SILVA, M.S. 2001. Biodiversity under rocks: the role of microhabitats in structuring invertebrate communities in Brazilian outcrops. *Biodiversity and Conservation*, **10**:1171-1183.
- GLIESSMAN, S.R. 2005. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. Porto Alegre, Ed. da Ufrgs, 653 p.



- GOLDSBROUGH, C.L.; HOCHULI, D.F. e SHINE, R. 2003. Invertebrate biodiversity under hot rocks: habitat use by the fauna of sandstone outcrops in the Sydney region. *Biological Conservation*, **109**:85-93.
- HARADA, A.Y. e BANDEIRA, A.G. 1994. Estratificação e densidade de invertebrados em solo arenoso sob floresta primária e plantas arbóreas na Amazônia Central durante a estação seca. *Acta Amazônica*, **24**(1/2):103-118.
- HODGE, M.A. 1999. The implications of intraguild predation for the role of spiders in biological control. *The Journal of Arachnology*, **27**:351-362.
- HÖFER, H.; HANAGARTH, W.; GARCIA, M.; MARTIUS, C.; FRANKLIN, E.; RÖMBKE, J. e BECK, L. 2001. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. *European Journal of Soil Biology*, **37**:229-235.
- HÖLLDOBLER, B e WILSON, E. O. 1990. *The ants*. Cambridge, The Belknap Press of Harvard University Press, 731 p.
- JASEN, A. 1997. Terrestrial invertebrate community structure as an indicator of the success of a tropical rainforest restoration project. *Restoration Ecology*, **5**(2):115-124.
- KAPPES, H.; TOOP, W.; ZACH, P. e KULFAN, J. 2006. Coarse woody debris, soil properties and snail (Mollusca: Gastropoda) in Europe primeval forest of different environmental conditions. *European Journal of Soil Biology*, **42**:139-146.
- KLEIN, R.M. 1983. Aspectos fitofisionômicos da floresta estacional na faldá da Serra Geral (RS). In: Congresso Nacional de Botânica, XX-XIV. Anais..., Porto Alegre, Sociedade Botânica do Brasil, p. 73-110.
- LASSAU, S.A. e HOCHULI, D.F. 2004. Effects of habitat complexity on ant assemblages. *Ecography*, **27**:157-164.
- LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; BAROIS, S.; TOUTAIN, F.; SPAIN, A. e SCHAEFER, R. 1993. A hierarchical model for decomposition in the terrestrial ecosystem. Application to soil in the humid tropics. *Biotropica*, **25**:130-150.
- LEWINSOHN, T.M.; FREITAS, A.V. e PRADO, P.I. 2005. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. *Megadiversidade*, **1**:62-69.
- MATOS, J.Z.; YAMANAKA, C.N. ; LOPES, B.C. e CASTELLANI, T.T. 1994. Comparação da fauna de formigas de solo em áreas de plantio de *Pinus elliottii*, com diferentes graus de complexidade estrutural (Florianópolis, SC). *Biomas*, **7**:57-64.
- MALONEY, D.; DRUMMOND, F.A. e ALFORD, R. 2003. *Spider predation in agroecosystems: Can spiders effectively control pest populations?* Orono, Technical Bulletin, 190, Maine Agricultural and Forest Experiment Station, 32 p.
- MASON, C.F. 1976. *Decomposition*. Southampton, Edward Arnold, 56 p.
- MESTRE, L.A.M. e PINTO-DA-ROCHA, R. 2004. Population dynamics of an isolated of the harvestman *Ilhaia cuspitata* (Opiliones, Gonyleptidae), in Araucaria Forest (Curitiba, Paraná, Brazil). *The Journal of Arachnology*, **32**:208-220.
- MOÇO, M.K.S.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. e CORREIA, M.E.F. 2005. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, **29**:555-564.
- MORENO, J.A. 1961. *O clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42 p.
- NEHER, D.A. 1999. Soil community composition and ecosystem processes. Comparing agricultural ecosystems with natural ecosystems. *Agroforestry Systems* **45**:159-185.
- ODUM, E.P. 1983. *Ecologia*. Rio de Janeiro, Guanabara, 434 p.
- RIECHERT, S.E. e LOCKLEY, T. 1984. Spiders as biological control agents. *Annual Review of Entomology*, **29**:299-320.
- SEASTEDT, T.R. 1984. The role of microarthropods in decomposition and mineralization process. *Annual Review of Entomology*, **29**:25-46.
- SOUTY-GROSSET, C.; BADENHAUSSER, I.; REYNOLDS J.D. e MOREL, A. 2005. Investigations on the potential of woodlice as bioindicators of grassland habitat quality. *European Journal of Soil Biology*, **41**:109-116.
- STORK, N.E. e EGGLETON, P. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture*, **7**:38-47.
- SYSTAT 11.0 for Windows. 2004. *SYSTAT user's guide*. Richmond.
- SPSS 14.0 for Windows. 1993. *SPSS Base System User's Guide*. Chicago.
- SWIFT, M.J.; HEAL, O.W. e ANDERSON, J.M. 1979. *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Berkeley, University of California Press, 372 p.
- TOWSEND, C.R.; BEGON, M. e HARPER, J.L. 2006. *Fundamentos de Ecologia*. Porto Alegre, Artmed, 592 p.
- TURNBULL, A.L. 1973. Ecology of the true spiders (Araneomorphae). *Annual Review of Entomology*, **18**:305-348.
- WARDLE, D.A. 1999. How soil food webs make plants grow. *Trends in Ecology and Evolution*, **14**(11):418-420.

Submitted on: 2006/11/17

Accepted on: 2007/05/04