
MÉTODOS PARA COMPARAÇÃO DE COMUNIDADES: UM ESTUDO DA FAUNA DE INVERTEBRADOS DE DUAS ÁREAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA*

Diogo Andrade Costa**
Ludgero Cardoso Galli Vieira***
Leo Caetano Fernandes da Silva***
Rodrigo Assis de Carvalho***
Marcos Vinícius Carneiro Vital***
Guilherme Ferreira de Lima Filho***
Allan Valle Toledo da Silveira***
Benedito Baptista dos Santos****

Resumo: ambientes heterogêneos devem apresentar maior riqueza de espécies por possuírem maior diversidade de micro-habitats. Neste trabalho, procuramos discutir a utilização de métodos mais interessantes (como Anosim e Curva de Acumulação de Espécies) para comparação entre ambientes com diferentes graus de homogeneidade. Utilizamos como exemplo a comparação de assembléias de insetos em duas áreas com diferentes graus de impacto ambiental.

Palavras-chave: Heterogeneidade Ambiental. Curvas de Acumulação de Espécies. Anosim.

Um aumento na complexidade ambiental (e.g. diversidade de estruturas vegetais, para as espécies animais) determina um aumento na quantidade de “nichos disponíveis”, consequentemente possibilitando a co-existência de um maior número de espécies (PUTMAN, 1994). A demonstração da relação positiva entre a heterogeneidade ambiental e a riqueza de espécies tem sido demonstrada por uma série de trabalhos, tanto em ambientes terrestres quanto em aquáticos (PUTMAN, 1994). Este aspecto é especialmente importante em espécies de pequeno tamanho corporal, como insetos, já que esta relação sofre

uma grande influência de escala, uma vez que organismos pequenos tendem a ser mais especialistas (ZIV, 2000). Ambientes heterogêneos, então, devem apresentar uma maior riqueza de espécies por possuírem uma maior diversidade de micro-habitats.

A ação humana em ambientes naturais pode trazer uma série de impactos, tais como a fragmentação de habitats (STRAITFORD; STOUFFER, 1999), diminuição direta do tamanho das populações de certas espécies por exploração (PRIMACK; RODRIGUES, 2001), emissão de poluentes (TIMM *et al.*, 2001) e a homogeneização dos sistemas naturais (SAX; GAINES, 2003). O Cerrado brasileiro tem sido alvo, nos últimos anos, de uma alta taxa de conversão de habitats: mais da metade de sua extensão original já foi convertida para o uso em atividades agropastoris (AGÊNCIA AMBIENTAL DE GOIÁS, 2001), atividades tipicamente homogeneizadoras. Por este motivo, e por apresentar um alto grau de endemismo de espécies vegetais, o cerrado é atualmente considerado um dos 20 hot-spots (áreas mundiais prioritárias para a conservação) (MYERS *et al.*, 2000).

Índices de diversidade têm sido tradicionalmente usados em estudos que visam comparar comunidades, resumindo em um único valor dados de riqueza e equitabilidade de um conjunto de espécies (FLATHER; SAUER, 1996). Entretanto, tais índices vêm sendo criticados por serem de difícil interpretação, e de pouca utilidade para se inferir a maneira como uma comunidade se estrutura (MAGURRAN, 1988). Alguns autores propõem outras metodologias que possibilitariam um melhor *insight* da estrutura das comunidades, como as curvas de acumulação de espécies (FLATHER; SAUER, 1996) e as curvas de distribuição de abundância (PUTMAN, 1994).

Neste trabalho, comparamos as comunidades de insetos de duas áreas com diferentes graus de impacto ambiental, dentro do bioma Cerrado, discutindo o efeito da heterogeneidade de habitats na estruturação de comunidades.

METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado em duas áreas no município de Goiânia, GO: a primeira, uma área de pastagem com predominância de *Brachiaria* sp., localizada no Campus II da UFG; a segun-

da, uma mata em regeneração (uma área de mata que foi transformada em pastagem e depois abandonada), está a cerca de 3 km da primeira. A região apresenta um clima tropical úmido, com uma estação seca no inverno e um verão chuvoso – classificação AW de Köppen (AGÊNCIA AMBIENTAL DE GOIÁS, 2001).

Em cada área foram demarcados cinco pontos de coleta, e em cada ponto coletamos insetos e outros invertebrados na vegetação ao longo de quatro transectos de aproximadamente 10 metros de comprimento. Em cada transecto batemos uma rede entomológica (aro de 40 cm de diâmetro, malha de 0,5 mm) dez vezes na vegetação baixa, aproximadamente de metro em metro. Os indivíduos coletados foram mortos com acetato de etila em um saco plástico devidamente etiquetado com o número do ponto de coleta e seus transectos. Os espécimes foram posteriormente colocados em mantas entomológicas para posterior identificação e contagem.

Identificamos as famílias de insetos segundo Borror e De-Long (1988), com o auxílio de microscópio estereoscópio. Outros invertebrados foram identificados apenas até a ordem.

Com o intuito de comparar a diversidade e a abundância relativa dos taxa entre as diferentes áreas, foi calculada uma matriz de distância usando o índice de Morisita-Horn (WOLDA, 1981). Esta matriz foi então usada para a realização de uma Análise de Similaridade, seguindo o procedimento descrito por Clarke (1993). Esta análise verifica se as dissimilaridades entre dois grupos de unidades amostrais são significativamente maiores do que aquelas dentro de cada um destes grupos, através de uma distribuição empírica gerada pela aleatorização da matriz de distância. Os dois procedimentos foram realizados no *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2003), através das funções *vegdist* (para a matriz de distância) e *anosim* (para a Análise de Similaridade), ambas presentes no pacote *vegan*. Adicionalmente, com o objetivo de visualizar estas possíveis diferenças entre as comunidades nas amostras, utilizou-se o mesmo conjunto de dados para realizar uma Análise de Correspondência sem o Efeito do Arco (DCA) (MANLY, 1994).

Os dados também foram utilizados para a construção das curvas de acúmulo de taxa em relação ao esforço amostral para as duas áreas, através de um método de rarefação (COLWELL; CODDINGTON, 1994). Esta técnica consiste em sucessivas re-

amostragens aleatórias dos dados, calculando-se uma média e desvio padrão do número de taxa em cada amostra. Para realizar este procedimento utilizou-se o *software* EstimateS (COLWELL, 2000), aleatorizando os dados 1000 vezes. Também foi construída uma curva de acúmulo de taxa levando em consideração as sub-amostras (cada transecto dentro das amostras), permitindo, assim, uma melhor visualização do comportamento desta curva.

RESULTADOS

No total, foram coletados 2569 indivíduos (2176 na mata, e 393 no pasto) distribuídos em 71 famílias de insetos e três ordens de outros invertebrados (num total de 71 taxa na mata e 23 no pasto). Os taxa mais abundantes na mata em regeneração foram Cicadellidae (18,38% dos indivíduos da área), Drosophilidae (15,95%), Bruchidae (8,46%) e Araneae (7,22%); no pasto foram Araneae (51,65%), Cicadellidae (20,36%), Acrididae (8,91%) e Sciaridae (5,34%). A tabela com os taxa coletados e sua frequência encontra-se em anexo.

A Análise de Similaridade indicou diferenças significativas entre as duas comunidades de insetos ($p=0,011$, $R=0,948$, 1000 permutações) quando comparadas pelo índice de Morisita-Horn. Esta diferença pode ser facilmente observada na Figura 1, que mostra como as amostras foram separadas pela DCA (os dois primeiros eixos da análise explicam, respectivamente, 30,21 e 22,39% da variação dos dados).

As curvas de distribuição de abundância dos taxa das duas áreas (produzida pela soma das unidades amostrais) é mostrada na Figura 2. Nesta curva as espécies foram ordenadas em ordem decrescente de abundância, e esta foi apresentada numa escala logaritimizada. Note que a curva dos taxa da mata em regeneração é menos inclinada do que a curva da pastagem.

A Figura 3 mostra a curva de acúmulo de taxa para as duas áreas, feitas através do método de Colwell e Coddington (1994). O mesmo método foi utilizado para a construção das curvas da Figura 4, mas neste caso utilizamos as sub-amostras (o que permitiu uma melhor visualização dos dados). Ambas figuras mostram que, mesmo com poucas amostras, já se pode notar que a mata em regeneração possui maior riqueza de taxa.

DISCUSSÃO

A clara diferença encontrada na composição de taxa de invertebrados entre as duas áreas foi confirmada pelo resultado significativo da Análise de Similaridade. Resultado semelhante foi obtido por Brandão e Souza (1999) ao estudarem a fauna de Isoptera em áreas de pasto e mata. A Análise de Similaridade demonstrou ser uma ferramenta interessante para estudos que visem a comparação das comunidades de organismos de duas ou mais áreas (e.g., estudos de impacto ambiental), uma vez que esta compara a composição dos taxa de uma comunidade (e não apenas um de seus componentes isoladamente, como em testes estatísticos convencionais).

A DCA, além de reforçar as diferenças entre as duas assembléias, confirma a idéia de que um ambiente fisicamente mais heterogêneo deve apresentar por consequência uma maior heterogeneidade em suas comunidades.

A tentativa de se ajustar modelos específicos às curvas de distribuição de abundância de espécies de uma comunidade e de associar tais modelos a diferentes pressupostos teóricos sobre as regras de estruturação das comunidades já é antiga na ecologia (PUTMAN, 1994). Um dos frutos destes estudos é o uso destas curvas para se inferir o estágio sucessional e/ou o grau de impacto de uma determinada área.

Apesar da existência de uma grande quantidade de modelos de distribuição de abundância, a idéia central por trás de todos é basicamente a mesma: em ambientes em início de sucessão (ou sujeitos a um maior nível de impactos ou perturbações), há uma tendência para a ocorrência de um pequeno número de espécies com grandes abundâncias, seguida por uma rápida queda nas abundâncias das demais espécies; por outro lado, em um ambiente em avançado estágio sucessional (ou pouco impactado), espera-se que esta curva tenha uma inclinação mais suave, tornando o ambiente mais equitativo (MAGURRAN, 1988; PUTMAN, 1994).

Comparando as curvas de distribuição de abundância das duas áreas de estudo deste trabalho (Figura 2), pode-se verificar que ambas parecem corroborar estas predições: a área de pasto apresentou um pequeno número de taxa abundantes que dominam

o ambiente, apresentando uma curva de distribuição de abundâncias muito mais inclinada do que a curva da área de mata. Esta apresentou uma curva com inclinação mais suave, o que representa um ambiente no qual as espécies têm uma distribuição de maior equitabilidade.

Flather e Sauer (1996) chamam a atenção de que curvas de acúmulo de espécies são muito úteis para a comparação entre ambientes, visto que estas não assumem pressupostos em relação à distribuição dos organismos estudados. As curvas de acumulação de taxa geradas neste estudo (Figuras 3 e 4), apesar de não atingirem uma assíntota (sugerindo que um maior esforço de coleta seria necessário para uma caracterização completa das áreas), novamente deixam claras as diferenças entre as duas áreas.

Atualmente, existe uma ampla gama de metodologias que permitem a comparação entre ambientes, permitindo inferir uma comparação do grau de impacto ambiental que estes apresentam. Estes métodos, como se reforça neste trabalho, são alternativas muito mais interessantes do que outros que ainda são comumente utilizados (e.g., índices de diversidade e de equitabilidade).

COMPARISON OF METHODS FOR COMMUNITIES: A STUDY OF THE FAUNA OF INVERTEBRATES OF TWO AREAS OF METROPOLITAN REGION GOIÂNIA

Abstract: heterogeneous environments should have greater species richness because of the greater diversity of micro-habitats. In this paper, we discuss the use of more interesting ways (such as ANOSIM and species accumulation curve) for comparison between areas with different degrees of homogeneity. We use as example the comparison of assemblages of insects in two areas with different degrees of environmental impact.

Keywords: *Environmental Heterogeneity. Species accumulation curves. Anosim.*

Referências

- AGÊNCIA AMBIENTAL DE GOIÁS. *Estado Ambiental de Goiás* 2001. 1. ed. Goiânia: Fundação CEBRAC, 2001.
- BORROR, D. J.; DELONG, M. *Introdução ao Estudo dos Insetos*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1988.
- BRANDÃO, D.; SOUZA, R. F. Effects of deforestation and im-plantation of pastures on the termite fauna in the Cerrado region. *Tropical Ecology*, v. 39, p. 19-22, 1999.
- CLARKE, K. R. Nonparametric Multivariate Analyses of Chan-ges in Community Structure. *Australian Journal of Ecology*, v. 18, n. 1, p. 117-143, 1993.
- COLWELL, R. K. *EstimateS*: Statistical estimation of species ri-chness and shared species from samples. 2000. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>>.
- COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating Terrestrial Biodiversity Through Extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, v. 345, n. 1311, p. 101-118, 1994.
- FLATHER, C. H.; SAUER, J. R. Using landscape ecology to test hypotheses about large-scale abundance patterns in migratory birds. *Ecology*, v. 77, n. 1, p. 28-35, 1996.
- MAGURRAN, A. E. *Ecological diversity and its measurement*. 1. ed. London: Cambridge University Press, 1988.
- MANLY, B. F. J. *Multivariate staistical methods: a primer*. 2. ed. London: Chapman and Hall, 1994.
- MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priori-ties. *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. *Biologia da Conservação*. Londrina: Rodrigues, 2001.
- PUTMAN, R. J. *Community Ecology*. London: Chapman and Hall, 1994.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: *A language and envi-ronment for statistical computing*, 2003. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>.

SAX, D. F.; GAINES, S. D. Species diversity: from global decreases to local increases. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 18, n. 11, p. 561-566, 2003.

STRATFORD, J. A.; STOUFFER, P. C. Local extinctions of terrestrial insectivorous birds in a fragmented landscape near Manaus, Brazil. *Conservation Biology*, v. 13, n. 6, p. 1416-1423, 1999.

TIMM, H.; IVASK, M.; MOLS, T. Response of macroinvertebrates and water quality to long-term decrease in organic pollution in some Estonian streams during 1990-1998. *Hydrobiologia*, v. 464, n. 1-3, p. 153-164, 2001.

WOLDA, H. Similarity Indexes, Sample-Size and Diversity. *Oecologia*, v. 50, n. 3, p. 296-302, 1981.

ZIV, Y. On the scaling of habitat specificity with body size. *Ecology*, v. 81, n. 10, p. 2932-2938, 2000.

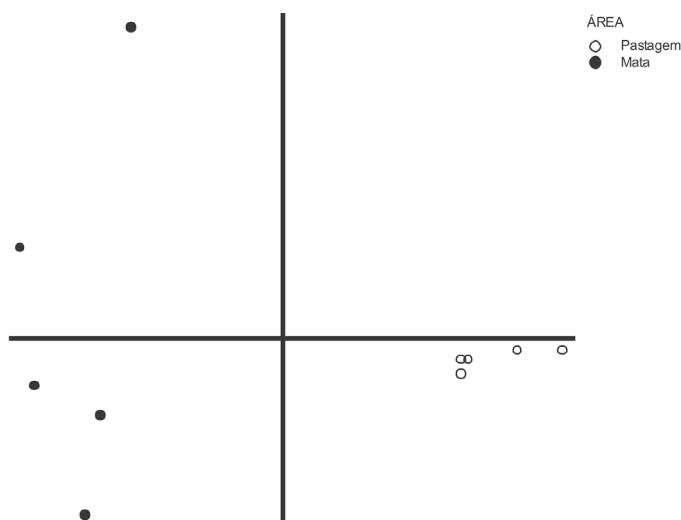


Figura 1: Análise de correspondência da composição e abundância dos taxa coletados nas áreas de mata em regeneração (●) e de pastagem (○)

Nota: os eixos representados explicam juntos 52,60% da variação dos dados.

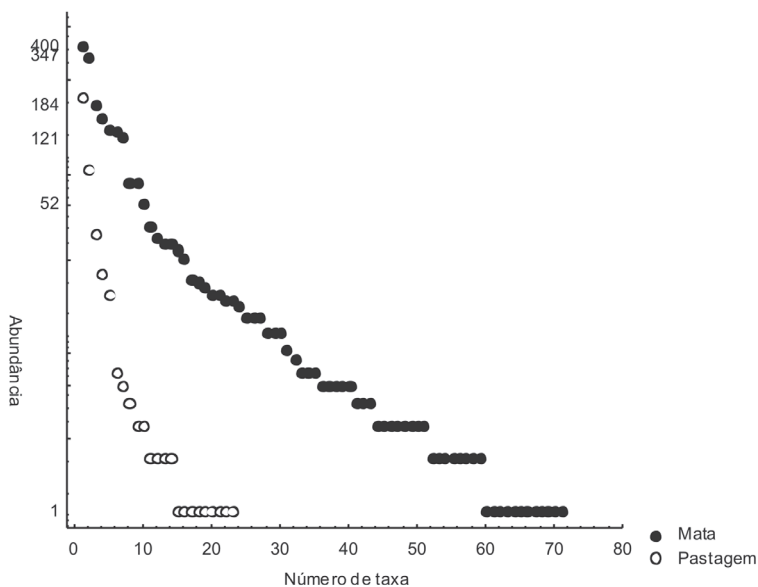


Figura 2: Curvas de abundância dos taxa para as duas áreas estudadas

Nota: a abundância está em escala logaritimizada.

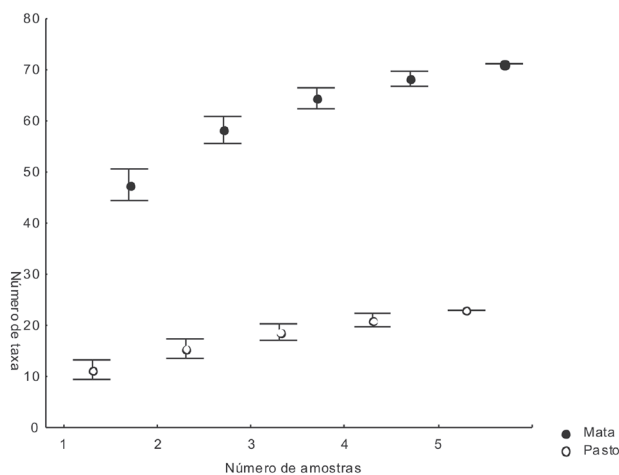


Figura 3: Curva de acúmulo de espécies para as duas áreas estudadas em relação ao número de amostras

Nota: as barras mostram o desvio padrão da média de 1000 aleatorizações.

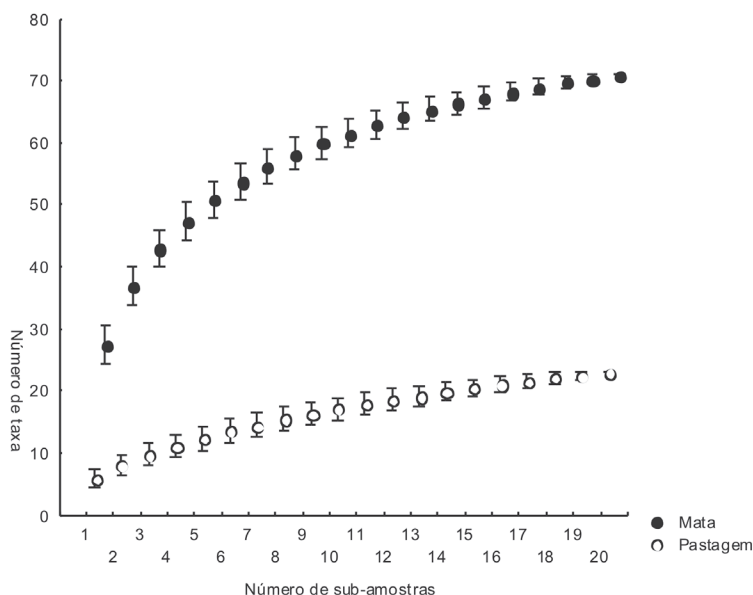


Figura 4: Curva de acúmulo de espécies para as duas áreas estudadas em relação ao número de sub-amostras

Nota: as barras mostram o desvio padrão da média de 1.000 aleatorizações.

ANEXO

	Pastagem		Mata em regeneração			Pastagem		Mata em regeneração	
	nº indiv.	Prop.	nº indiv.	Prop.		nº indiv.	Prop.	nº indiv.	Prop.
Arachnida					Miridae	0	0,00%	14	0,64%
Acarina	0	0,00%	1	0,05%	Nabidae	1	0,25%	3	0,14%
Araneae	203	51,65%	157	7,22%	Neididae	0	0,00%	3	0,14%
Coleoptera					Pentatomidae	0	0,00%	10	0,46%
Anobiidae	0	0,00%	3	0,14%	Pyrrhocoridae	0	0,00%	3	0,14%
Bruchidae	1	0,25%	184	8,46%	Reduviidae	0	0,00%	18	0,83%
Carabidae	1	0,25%	5	0,23%	Tingidae	0	0,00%	12	0,55%
Chrysomelidae	1	0,25%	39	1,79%	Homoptera				
Coccinellidae	0	0,00%	10	0,46%	Aphididae	0	0,00%	6	0,28%
Curculionidae	2	0,51%	20	0,92%	Cercopidae	4	1,02%	68	3,13%
Dermeestidae	0	0,00%	4	0,18%	Cicadellidae	80	20,36%	400	18,38%
Elatidae	0	0,00%	1	0,05%	Delphacidae	0	0,00%	26	1,19%
Lyctidae	0	0,00%	1	0,05%	Dictyopharidae	0	0,00%	7	0,32%
Mordelidae	1	0,25%	0	0,00%	Fulgoridae	0	0,00%	15	0,69%
Nitidulidae	0	0,00%	3	0,14%	Membracidae	0	0,00%	16	0,74%
Scarabaeidae	0	0,00%	2	0,09%	Psyllidae	0	0,00%	2	0,09%
Scolytidae	0	0,00%	2	0,09%	Hymenoptera				
Tenebrionidae	2	0,51%	3	0,14%	Apidae	0	0,00%	16	0,74%
Diptera					Chalcididae	0	0,00%	1	0,05%
Asilidae	3	0,76%	8	0,37%	Chrysididae	0	0,00%	31	1,42%
Bibionidae	0	0,00%	5	0,23%	Cynipidae	0	0,00%	5	0,23%
Chamaemyiidae	0	0,00%	34	1,56%	Encyrtidae	0	0,00%	1	0,05%

Culicidae	0	0,00%	52	2,39%	Eulophidae	0	0,00%	2	0,09%
Dolichopodidae	2	0,51%	31	1,42%	Eupelmidae	0	0,00%	4	0,18%
Drosophilidae	2	0,51%	347	15,95%	Formicidae	16	4,07%	132	6,07%
Ephyridae	0	0,00%	121	5,56%	Halictidae	0	0,00%	2	0,09%
Muscidae	6	1,53%	68	3,13%	Ichneumonidae	0	0,00%	2	0,09%
Scatopsidae	0	0,00%	2	0,09%	Pteromalidae	0	0,00%	12	0,55%
Sciaridae	21	5,34%	29	1,33%	Tiphiidae	0	0,00%	1	0,05%
Sciomyzidae	0	0,00%	1	0,05%	Vespidae	1	0,25%	19	0,87%
Stratiomyidae	0	0,00%	1	0,05%	Lepidoptera				
Syrphidae	0	0,00%	6	0,28%	Pieridae	0	0,00%	1	0,05%
Tachinidae	0	0,00%	5	0,23%	Pyralidae	0	0,00%	12	0,55%
Tephritidae	0	0,00%	10	0,46%	Orthoptera				
Heteroptera					Acrididae	35	8,91%	136	6,25%
Coreidae	0	0,00%	6	0,28%	Mantidae	5	1,27%	0	0,00%
Corimelaenidae	0	0,00%	3	0,14%	Tettigoniidae	3	0,76%	5	0,23%
Coriscidae	0	0,00%	1	0,05%	Thysanoptera				
Corizidae	1	0,25%	3	0,14%	Phloeothripidae	0	0,00%	2	0,09%
Cydnidae	1	0,25%	1	0,05%	Thripidae	0	0,00%	4	0,18%
Lygaeidae	0	0,00%	15	0,69%	Gastropoda				
Mesoveliidae	0	0,00%	1	0,05%	Pulmonata	1	0,25%	0	0,00%

Tabela 1: Taxa de invertebrados coletados em pastagem e mata em regeneração, Goiânia, Goiás

Recebido em: 2009.

Aprovado em: 2009.

** Pós-Graduado em Biologia (Ecologia) pela Universidade Federal de Goiás (UFG). E-mail: diogoacosta@yahoo.com.br

***Programa de Pós Graduação em Biologia (Ecologia), ICB, UFG.

****Professor Adjunto do Departamento de Biologia Geral, ICB, UFG.