

**IRACENIR ANDRADE DOS SANTOS**

**CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DE PLANTAS  
DETERMINAM RIQUEZA DE ESPÉCIES DE FORMIGAS NO  
CERRADO?**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2006

**IRACENIR ANDRADE DOS SANTOS**

**CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DE PLANTAS  
DETERMINAM RIQUEZA DE ESPÉCIES DE FORMIGAS NO  
CERRADO?**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de fevereiro de 2006

-----  
Prof. Dr. Carlos Frankl Sperber

(Conselheiro)

-----  
Prof. Dr. Og Francisco Fonseca de Souza

(Conselheiro)

-----  
Prof. Dr. Heraldo Luis Vasconcelos

-----  
Prof. Dr. Alexandre Francisco da Silva

-----  
Prof. Dr. José Henrique Schoederer

(Orientador)

## DEDICATÓRIA

À minha mãe Reinalda Andrade dos Santos,  
Meu pai Sebastião Ferreira dos Santos (*in memorium*) e  
ao meu amado filho Sr. Yhan.

Longe é um lugar que não existe...  
(Richard Bach).

A vida nos leva por caminhos tão diferentes que é preciso burlar a saudade de casa para  
continuar...

Iracenir

## **Agradecimentos**

A minha família, em especial a minha Mãe Reinalda por seu apoio incondicional, por seu amor, sua compreensão pela minha grande ausência (física) nos momentos importantes da família. Mãe obrigada por ser a minha fonte de inspiração para tudo e me deixar voar aos mais distintos lugares que desejei ir.

Ao Sr Yhan pelas suas “conversas de adulto”, sua amizade e compreensão pela minha ausência. Simplesmente pelos seus sorrisos que é a minha fonte de vida e me faz ir aonde nunca imaginei, e sua alentadora frase “Mãe a gente consegue...”.

A Universidade Federal de Vicosa e o Programa de Pós-Graduação em Entomologia pela oportunidade.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado, que viabilizou a realização deste estudo.

A administração da Floresta Nacional de Paraopeba, Minas Gerais.

Ao meu orientador José Henrique Schoereder, pelo seu profissionalismo inspirador e sua extrema ética, que me levou a novos caminhos da pesquisa.

Ao Carlos F. Sperber, por sua amizade e seu profissionalismo. Carlos, obrigada por me mostrar que não adianta a formiguinha nadar até a beira da lagoa, é preciso chegar até a margem, escalar a Palmeira ... olhar... e apreciar a beleza da paisagem.

Ao Marcos Teixeira por sua grande amizade, sua atenção e dedicação, por acreditar em mim, quando nem mesmo eu acreditava. Valeu pelas horas no celular e por tudo que você me ensinou, e simplesmente por ser o “Ninguém”.

A amiga Karina Furieri pelas longas conversas, choros e Cappuccinos no café da biblioteca da UFV, momentos em que sua amizade foi fundamental.

A amiga Teresa (“T”) pelas brincadeiras, conversas científicas, ajuda e toda a sua atenção durante este mestrado.

Aos amigos e amigas do Laboratório de Ecologia de Comunidades Leandro Souto (Lelê), Carla Ribas, Renata Campos, Marcelo Madureira, Ricardo Solar, Washington Luiz, João Vitor pelas conversas científicas e os momentos de descontração fundamentais no desenvolvimento deste trabalho.

Ao João Meira Neto, Andreza, Bruno, Marcela, Renata e Luzimar pelos esclarecimentos dos termos botânicos e material bibliográfico.

Ao Arnen Jansen pelas sugestões e correções do primeiro capítulo deste trabalho.

Ao Adrian Molina pelas sugestões, correções do primeiro capítulo deste trabalho e por sua amizade.

A Paula e Miriam (Secretária da Pós-Grad. Entomologia) pela atenção, paciência e carinho com que nos atende.

Ao grande amigo Marcelo Nogueira (PRIMÃO) por sua grande amizade, que foi essencial na minha permanência no primeiro ano de Viçosa. Pelas longas conversas madrugada afora e seu apoio incondicional.

A minha grande amiga Márcia Giselle (MPEG) que nunca me deixou sozinha, agradeço pelas longas conversas ao telefone, pelo seu apoio e seu grande estímulo a continuar meus estudos.

As amigas Mariceli Moura e Suziane Alves que mesmo distante não mediram esforços para me ajudar quando precisei de conselhos e de suas amizades.

Ao Silvio Brienza Júnior (Silvinho) que é a pessoa responsável pela minha vinda para Viçosa. Silvinho, meu eterno agradecimento pelos maravilhosos momentos de trabalho (com suas piadas) no Tipitamba, por nossas discussões científicas que me rendeu a vinda para a UFV, enfim, por sua valiosa amizade.

Ao José Lino Neto pelo seu apoio, pelas nossas discussões científicas que embasaram todo o meu projeto de mestrado e esta dissertação. Obrigada por ter aceitado o meu convite esdrúxulo para ajudar-me nas coletas e ter me feito superar todos os obstáculos antes, durante e após as coletas de campo. Lino obrigada pelo trabalho das imagens que proporcionou o desenvolvimento deste estudo. E por ser esta pessoa tão especial, tão essencial na minha vida, pelo seu carinho, amor e amizade que foi determinante em todas as fases deste trabalho.

Aos amigos Frederico Falcão (Moranguinho), Marcela, Frederico Neves, Ana Vitta, Bruno Madeira, Fredson, Lucimar, Vinícius, Ana Paula, Francisco (Fred), Marcy, João, Claudinei, Cristiano, Eugênio (Mossoró), Marco Aurélio, Carina e Danival.

Ao Marco de Luca pela ajuda com o Programa ImageProPlus.

Ao Professor Elpídio Inácio Fernandes Filho pela cessão de uso do Programa Quant.

Ao Eduardo Massa por me receber em Viçosa e por sua amizade tão importante na minha chegada a esta cidade.

Aos amigos Ana Carolina (Calu) e Fernando pelos momentos de descontração.

A amiga Janina por toda a sua ajuda nas aulas e seminários de Insetos Sociais.

Ao Alexandre, pela ajuda nas coletas de campo e a todos os amigos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada.

**Biografia**

Iracenir Andrade dos Santos, filha de Reinalda Andrade dos Santos e Sebastião Ferreira do Santos, nasceu em Altamira, Pará, em 30 de outubro de 1976. Em novembro de 2003, graduou-se em Engenharia Agrônômica, pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém-PA. Em março de 2004 iniciou o curso de Mestrado em Entomologia, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, concluindo em fevereiro de 2006.



## ÍNDICE

<b>RESUMO.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>Introdução Geral.....</b>	<b>1</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo I: Rugosidade e espessura da casca de árvore como determinantes da riqueza de espécies de formigas em árvores de Cerrado.....</b>	<b>4</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>8</b>
<i>Área de estudo.....</i>	<i>8</i>
<i>Parcelas de amostragem.....</i>	<i>8</i>
<i>Coleta das formigas.....</i>	<i>8</i>
<i>Rugosidades de cascas.....</i>	<i>8</i>
<i>Espessura de Súber.....</i>	<i>9</i>
<i>Análises estatísticas.....</i>	<i>9</i>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>11</b>
<i>Mirmecofauna .....</i>	<i>11</i>
<i>Rugosidades de casca.....</i>	<i>11</i>
<i>Espessura de súber.....</i>	<i>12</i>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>15</b>
<i>Mirmecofauna .....</i>	<i>15</i>
<i>Rugosidade de casca.....</i>	<i>15</i>
<i>Espessura do Súber.....</i>	<i>16</i>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo II: Complexidade de arquitetura de copa de árvores determina a riqueza de espécies de formigas no Cerrado? .....</b>	<b>24</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>25</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
<i>Área de estudo.....</i>	<i>27</i>
<i>Parcelas de amostragem.....</i>	<i>27</i>
<i>Coleta das formigas.....</i>	<i>27</i>
<i>Arquitetura de copa e tamanho das plantas.....</i>	<i>27</i>
<i>Análises estatísticas.....</i>	<i>28</i>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
<i>Fauna de Formiga.....</i>	<i>29</i>
<i>Arquitetura e tamanho da planta.....</i>	<i>29</i>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
<i>Fauna de Formigas x Espécies de plantas.....</i>	<i>33</i>
<i>Arquitetura de planta.....</i>	<i>33</i>
<i>Tamanho da planta.....</i>	<i>34</i>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>36</b>
<b>Conclusões Gerais.....</b>	<b>39</b>

## RESUMO

SANTOS, Iracenir Andrade dos, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2006. **Características estruturais de plantas determinam riqueza de espécies de formigas no Cerrado?** Orientador: José Henrique Schoereder. Conselheiros: Carlos F. Sperber e Og Francisco Fonseca de Souza.

A diversidade de espécies é afetada por vários processos que operam em diversas escalas espaciais. Em escala local, as interações biológicas e físicas são geralmente importantes para a determinação da diversidade, e neste aspecto as interações entre formigas e plantas são bastante estudadas. Este estudo teve como objetivo principal investigar a importância de características estruturais das árvores, tais como arquitetura de copa, rugosidade de cascas e tamanho da planta, no padrão de ocorrência das comunidades de formigas arborícolas em cerrado, testando as seguintes hipóteses: 1) plantas com cascas mais rugosas têm maior riqueza de espécies de formigas; 2) plantas com súber mais espesso têm maior riqueza de espécies de formigas; 3) plantas com arquitetura de copas mais complexas têm maior riqueza de espécies de formigas; e 4) plantas maiores têm mais espécies de formigas. As coletas foram feitas com armadilhas do tipo *pitfall* em 120 plantas, distribuídas em quatro parcelas, no Cerrado da FLONA de Paraopeba, Minas Gerais, Brasil. Foram coletadas 73 espécies de formigas em 46 espécies de árvores. A rugosidade de casca teve uma relação significativa e inversa à riqueza de espécies de formigas. Assim, plantas com cascas mais rugosas apresentaram menor riqueza de espécies de formigas. Já a espessura do súber, a arquitetura de copa e o tamanho das plantas não foram significativos na riqueza de espécies de formigas nesta área de cerrado. Observamos que a avaliação de fatores locais em escalas muito pequenas, como estruturas das plantas, forma de crescimento, tamanho e as parcelas nas quais as plantas estão inseridas, são fundamentais para a compreensão do padrão de riqueza e distribuição das espécies de formigas no cerrado. Desse modo, sugerimos que os processos em pequenas escalas, tais como características estruturais e espécies das plantas, bem como recursos, sejam considerados como fatores importantes na riqueza de espécies de formigas em ambientes de cerrado.

## ABSTRACT

SANTOS, Iracenir Andrade dos, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February of 2006. **Do plant structural characteristics determine ant species richness in Cerrado?** Advisor: José Henrique Schoereder. Committee members: Carlos F. Sperber e Og Francisco Fonseca de Souza.

Species diversity is affected by some processes that operate in several spatial scales. In local scale the biological and physical interactions are extremely important for the process of diversity determination. The aim of this study was investigate whether structural characteristics of trees, such as crown architecture, bark rugosity and size of the plant, influence ant species diversity, testing the following hypotheses: 1) plants with higher bark rugosity have more ant species; 2) plants with thicker suber have more ant species; 3) plants with higher crown architecture have more ant species; and 4) larger plants have more ant species. The sampling was carried out with the use of pitfall traps in 120 plants, in four plots of Cerrado, in the FLONA of Paraopeba, Minas Gerais, Brazil. We sampled 73 ant species in 46 tree species. Ant species richness decreased with bark rugosity. Suber thickness, crown architecture, and plant size did not influence ant richness species in this cerrado area. We observed that the evaluation of local factors in very small spatial scales, such as plant structure, growth form, size and plots in which the plants are inserted, are fundamental to understand ant species richness in Cerrado. In this way, we suggest that the processes in small scales, such as structural characteristics and plant species, as well as resources, may be determinant factors of ant richness species in Cerrado environments.

## Introdução Geral

A diversidade de espécies é afetada por vários processos que operam em diversas escalas espaciais. Em escala local, as interações biológicas e físicas são geralmente importantes na determinação da diversidade. Embora a maioria dos estudos dos sistemas ecológicos seja feita em escalas locais, ironicamente é nesta escala que temos menos informações das mudanças de diversidade (Sax & Gaines, 2003). Estudando em escalas locais podemos entender fatores que são determinantes na distribuição das espécies e que contribuem para o aumento ou redução da diversidade. Compreender as interações entre invertebrados e plantas pode favorecer o entendimento desses processos. As interações entre comunidades de formigas e plantas são bastante estudadas (Vasconcelos & Davidson, 2000; Izzo & Vasconcelos, 2002; Lapola & Bruna, 2003; Oliveira & Freitas, 2004; Frederickson *et al.*, 2005), entretanto, há vários processos que ainda são desconhecidos. Alguns trabalhos relatam a importância das estruturas de plantas nos processos de colonização e forrageamento de comunidades de formigas (Benson & Harada, 1988). Em alguns biomas há carência desses estudos, havendo o risco de perdemos o entendimento do papel desses componentes ecológicos, devido à velocidade de perda de habitat como ocorre com o cerrado brasileiro. A vegetação do cerrado tem características peculiares, como cascas muito rugosas, arquitetura tortuosa, descontinuidade do dossel aliados às condições bastante diferentes de biomas de florestas. Para estudar a resposta da comunidade de formigas às características estruturais das plantas de cerrado, nós testamos a riqueza de espécies de formigas em relação à rugosidade de casca (Capítulo 1) e à complexidade da arquitetura de copa (Capítulo 2) das plantas no cerrado de Paraopeba, MG, Brasil.

No primeiro capítulo analisamos a comunidade de formigas em uma escala espacial pequena, para avaliar o efeito da rugosidade de cascas de árvores, testando as seguintes hipóteses: (a) plantas com cascas mais rugosas têm maior riqueza de espécies de formigas, uma vez que maior quantidade de espaços e espaços maiores podem sustentar maior quantidade de espécies de formigas, seja pelo fornecimento de abrigos ou recursos alimentares; e (b) plantas com súber mais espesso têm maior riqueza de espécies de formigas.

No segundo capítulo, aumentamos um pouco a escala, tendo como objetivo avaliar o efeito da complexidade da arquitetura de copa de plantas na riqueza de espécies de formigas, testando as hipóteses: (a) plantas com arquitetura de copas mais complexa têm maior riqueza de espécies de formigas; (b) plantas maiores têm mais

espécies de formigas, devido à ampliação dos espaços que podem ser usados para construção de ninhos e áreas de forrageamento.

### Referências Bibliográficas

Benson, W. W. & Harada, A. Y. 1988. Local diversity of tropical and temperate ant faunas. *Acta Amazonica*, v. 18, p. 275-289.

Frederickson, M. E.; Greenet, M. J. & Gordon, D. M. 2005. 'Devil's gardens' bedevilled by ants. *Nature*, v. 437, n. 22, p.495-496.

Izzo, T. J. & Vasconcelos, H. L. 2002. Cheating the cheater: domatia loss minimizes the effects of ant castration in an Amazonian ant-plant. *Oecologia*, v. 133, p. 200-205.

Lapola, D. M. & Bruna, E. M. 2003. Contrasting responses to induction cues by ants inhabiting *Maieta guianensis* (Melastomataceae). *Biotropica*, v. 35 (2), p. 295-300.

Oliveira, P. S. & Freitas, A. V. L. 2004. Ant-plant-herbivore interactions in the neotropical cerrado savanna. *Naturwissenschaften*, v.91, p. 557-570.

Sax, D.F. & Gaines, S.D. 2003. Species diversity: from global decreases to local increase. *Trends in Ecology and Evolution*, v.18, 561–566.

Vasconcelos, H. L. & Davidson, D. W. 2000. Relationship between plant size and ant associates in two Amazonian ant-plant. *Biotropica*, v. 32 (1), p. 100-111.

## Capítulo I

### **Rugosidade e espessura da casca de árvore como determinantes da riqueza de espécies de formigas em árvores de Cerrado**

Iracenir Andrade dos Santos<sup>1</sup>, José Henrique Schoereder<sup>2</sup>, José Lino-Neto<sup>2</sup> e Carlos Frankl Sperber<sup>2</sup>

1 - Programa de Pós-Graduação em Entomologia; Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa; Viçosa – MG; Brazil; [iracenir@insecta.ufv.br](mailto:iracenir@insecta.ufv.br)

2 - Departamento de Biologia Geral; Av. P.H. Rolfs, s/n - Campus Universitário; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa – MG; Brazil; [jschoere@ufv.br](mailto:jschoere@ufv.br)

## **Rugosidade da casca de árvore como determinante da riqueza de espécies de formigas arborícolas de Cerrado**

Iracenir Andrade dos Santos<sup>1</sup>, José Henrique Schoereder<sup>2</sup>, José Lino<sup>2</sup> e Carlos Frankl Sperber<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Entomologia; Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, Brasil. E-mail: iracenir@insecta.ufv.br

<sup>2</sup>Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, Brasil.

### **Resumo**

A ecologia de comunidades tem como um dos maiores desafios explicar os processos responsáveis pela manutenção da diversidade. O estudo de processos e padrões biológicos em grandes escalas, tidos como estruturadores e determinantes na riqueza de espécies em comunidades biológicas, são amplamente estudados. No entanto, a diversidade e distribuição das comunidades biológicas estão intrinsecamente relacionadas a processos que atuam em escalas menores. Então, com base nessas considerações, este estudo teve como objetivo avaliar se a rugosidade das cascas de árvores tem relação com a riqueza de espécies de formigas, testando as hipóteses: (a) plantas com cascas mais rugosas têm maior riqueza de espécies de formigas; e (b) plantas com súber mais espesso têm maior riqueza de espécies de formigas. Os dados mostraram que, no ambiente de cerrado, a rugosidade de casca de árvores tem uma relação significativa e inversa à riqueza de espécies de formigas. Já a espessura de súber não mostrou qualquer relação significativa com a riqueza de espécies de formigas em bioma de cerrado. Neste estudo verificamos o efeito direto de características de plantas como estruturadoras das comunidades de formigas em cerrado e que os fatores em escala local são importantes. Assim, sugerimos que os estudos dos padrões de distribuição de espécies de formigas em grandes escalas espaciais devem também considerar os processos agindo em pequenas escalas, os quais podem ser determinantes na distribuição das espécies desses insetos.

Palavras-chaves: rugosidades de casca; riqueza de formigas, escala local.



## Introdução

A ecologia de comunidades tem como um dos maiores desafios explicar os processos responsáveis pela manutenção da diversidade (Inouye, 2005). O estudo de processos e padrões biológicos em grandes escalas, tidos como estruturadores e determinantes na riqueza de espécies em comunidades biológicas, são amplamente estudados (Gaston, 1996; Ricklefs *et al.*, 1999; Watt *et al.*, 2002; Kalif *et al.*, 2001; Ribas & Schoereder, 2003; Teixeira *et al.*, 2005). No entanto, a diversidade, a densidade e a distribuição das comunidades biológicas estão intrinsecamente relacionadas a processos que atuam em escalas menores (Cowley *et al.*, 2001; Inouye, 2005; Nicolai, 1991). Entender o que determina a ocupação de um determinado espaço por uma espécie é fundamental para compreender os padrões espaciais de diversidades das comunidades biológicas (Koleff & Gaston, 2002). É preciso ter cautela nas generalizações de padrões a partir de estudos em grandes escalas, porque é nas pequenas escalas que o organismo interage com o ambiente ao seu redor (Townsend *et al.*, 2006). Ainda, é nesta escala que podemos perceber as variações locais, as diversas interações positivas e negativas entre os organismos.

As comunidades de formigas estão amplamente distribuídas em ecossistemas terrestres (Brandão, 1997), são numericamente dominantes e com elevada abundância em copas de árvores, sendo consideradas predadoras importantes no solo e na vegetação dos ambientes tropicais (Hölldobler & Wilson, 1990; Floren & Linsenmair, 1997). As formigas têm relações intrínsecas com os mais variados grupos de plantas e animais, o que proporciona um importante objeto de estudo e possibilitam o seu estudo nas mais variadas escalas ambientais (Lawton *et al.*, 1998; Bestelmeyer, 1999; Kaspari & Weiser 1999; Floren *et al.*, 2002; Fedriani *et al.*, 2004; Lassau & Hochuli, 2004; Kaspari, 2005). As formigas arborícolas têm uma relação ainda mais estreita com suas plantas hospedeiras (Harada & Benson, 1988) e para melhor entender os fatores que determinam suas riquezas, diminuimos ainda mais a nossa escala de estudo. Assim, as cascas das árvores de cerrado têm um papel importante na proteção às plantas, pois o cerrado é um bioma com estreita relação com o fogo, e o tipo de casca das plantas é determinante na permanência das espécies neste ambiente (Gignoux & Menaut, 1997). Além do papel de proteção às plantas, as cascas também são fundamentais para diversas comunidades de artrópodes como, por exemplo, os ácaros que têm faunas endêmicas de cascas de árvores (Proctor *et al.*, 2002), além de ser a principal ponte entre a fauna de

solo e fauna de copa de árvores (Hanula & Franzreb, 1998). No cerrado, há espécies de plantas com estrutura de cascas bastante distintas, desde casca com quase nenhuma ou com muitas rugosidades, podendo, ainda, variar quanto ao tamanho dessas rugosidades. As rugosidades da casca de plantas são reentrâncias provocadas pelo processo de crescimento secundário da planta, na qual ocorre a suberização da região pelo depósito de suberina e, com o crescimento do diâmetro da planta, esta região se rompe dando origem às rugosidades. Considerando que as rugosidades também podem ser uma importante fonte de abrigo e recursos às comunidades de formigas, é possível supor que plantas com cascas mais rugosas tenham mais espécies de formigas do que plantas com cascas menos rugosas ou lisas. Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar o padrão de ocupação das rugosidades das cascas de árvores de cerrado, testando as seguintes hipóteses: (a) plantas com cascas mais rugosas têm maior riqueza de espécies de formigas, uma vez que mais espaços podem sustentar maior quantidade de espécies, seja pelo fornecimento de abrigos ou recursos alimentares; e (b) plantas com súber mais espesso têm maior riqueza de espécies de formigas, devido à ampliação dos espaços que podem ser usados para construção de ninhos e áreas de forrageamento.

## **Materiais e Métodos**

### *Área de estudo*

Este estudo foi desenvolvido na Floresta Nacional de Paraopeba (FLONA) (19° 20'S, 44° 20'W), Minas Gerais. A FLONA tem uma área de aproximadamente 200 ha, com altitude média de 742 m, e apresenta diferentes fitofisionomias de cerrado. As fitofisionomias recebem diferentes nomes de acordo com a densidade de plantas. Segundo a classificação de Goodland (1971): *Campo Sujo* – até 1000 plantas por hectare; *Campo Cerrado* – 1400 plantas por hectare; *Cerrado sensu stricto* – mais de 2000 plantas por hectare; e *Cerradão* – acima de 3000 plantas por hectare.

### *Parcelas de amostragem*

Foram amostradas quatro parcelas de 20 m x 50 m em três diferentes fitofisionomias. A parcela 01 com menor densidade de plantas (*Campo Cerrado*), as parcelas 02 e 03 com a mesma média de densidades de árvores (*Cerrado sensu stricto*) e a parcela 04 com maior densidade de plantas (*Cerradão*). Foram amostradas 120 plantas, 30 por parcela, com circunferência basal mínima (CB) de 17 cm, a 30 cm acima do solo. As plantas amostradas, distribuídas em 41 espécies, foram identificadas em estudo anterior (Balduino, 2001).

### *Coleta das formigas*

Coletamos formigas com armadilhas do tipo *pitfall*, com iscas de sardinha e mel, sendo uma armadilha amarrada por árvore por 48 horas. Identificamos os espécimes de formigas coletados de acordo com Hölldobler & Wilson (1990), Bolton (1994) e comparações com espécimes da Coleção de Formicidae do Laboratório de Ecologia de Comunidades - UFV, e depositados na coleção do Laboratório de Ecologia de Comunidades da Universidade Federal de Viçosa. A classificação utilizada para os Formicidae segue aquela proposta por Bolton (2003).

### *Rugosidades de cascas*

Em cada uma das plantas selecionadas, primeiramente retiramos uma porção da casca para melhor visualizar as reentrâncias (Fig. 1 e anexo 1). O tamanho da

abertura na casca variou entre 10 cm e 15 cm, dependendo do diâmetro do caule da planta. Fixamos uma régua de 30 cm, para calibração do programa de imagem, e após isso fotografamos as cascas. Os caules foram fotografados sempre nas mesmas condições, posicionando o equipamento fotográfico em ângulos de 45° em relação ao caule da planta e a lente com distância focal fixa. O uso de ângulos fixos para captura das imagens de cascas e da planta inteira reduz possíveis erros de angulações. Para as análises desta variável foram consideradas 115 plantas. Usamos o software Image-Pro Plus 4.5 para todas as medidas relativas à rugosidade. Para obter um índice de rugosidade ( $R$ ) dividimos o comprimento do súber (porção morta da casca) pelo comprimento da casca da planta (porção viva), de acordo com a fórmula:

$$R = \frac{\Delta S}{Xm}$$

Onde:  $R$  é o índice de rugosidade,  $\Delta S$  o comprimento do súber e  $Xm$  o comprimento da casca.

#### *Espessura de Súber*

Em cada imagem tomamos quatro medidas da espessura do súber; duas em pontos menos espessos (vales) e duas em pontos mais espessos (picos). Usamos as médias desses valores como uma estimativa da espessura do súber. Usamos o software Image-Pro Plus 4.5 para todas as medidas relativas à rugosidade. Para as análises desta variável foram consideradas 115 plantas.

#### *Análises estatísticas*

As análises estatísticas descritas abaixo foram feitas no Sistema Estatístico R (R Development Core Team 2005). Submetemos todos os modelos a análise de resíduos, para avaliar a adequação da distribuição de erros e do modelo utilizado.

Para testar o efeito da rugosidade (variável explicativa) na riqueza de formigas (variável resposta), usamos uma análise de covariância e distribuição de Poisson, usando as parcelas como blocos (Crawley 2002). Criamos um modelo completo com as duas variáveis, que foi simplificado para um modelo mínimo adequado, de acordo com a necessidade da análise, pela exclusão de variáveis não significativas e pelo amalgamamento dos blocos.

Para testar a espessura de súber utilizamos uma análise de covariância e distribuição de erros Poisson (Crawley 2002) para testar o efeito da espessura do súber (variável explicativa) na riqueza de espécies de formigas (variável resposta), usando as parcelas como blocos.

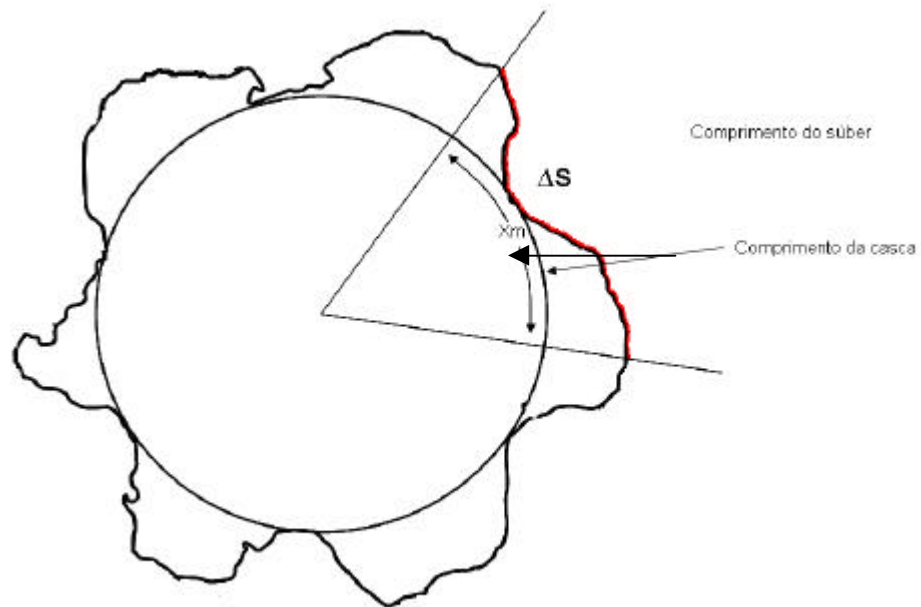


Figura 1 - Esquema da geração da variável rugosidade.

## Resultados

### *Mirmecofauna*

Foram coletadas 73 espécies de formigas, distribuídas em 20 gêneros e em seis subfamílias (Myrmicinae, Formicinae, Ectatomminae, Ponerinae, Dolichoderinae, Pseudomyrmecinae e Ecitoninae) (Tabela 1). Diversas espécies de formigas foram coletadas apenas em uma fitofisionomia. No Campo Cerrado (parcela 01) foram coletadas 32 espécies, com oito ocorrendo apenas nela (*Allomerus* sp1, *Brachymyrmex* sp2, *Camponotus* sp8, *Paratrechina* sp2, *Pseudomyrmex termitarius*, *Pseudomyrmex* sp1, *Solenopsis* sp3 e *Solenopsis* sp5). Na primeira área de Cerrado *sensu stricto* (parcela 02) foram coletadas 35 espécies, com 12 exclusivas (*Camponotus (Myrmobrachys)* sp5, *Camponotus* sp4, *Camponotus* sp9, *Apterostigma* sp1, *Cephalotes atratus*, *Ectatomma brunneum*, *Gnamptogenys striatula*, *Pheidole* sp2,, *Solenopsis* sp4, *Solenopsis* sp6, *Solenopsis* sp7 e *Solenopsis* sp9). Na segunda área de Cerrado *sensu stricto* (parcela 03) foram coletadas 37 espécies, sendo 11 coletadas apenas nesta (*Azteca* sp1, *Crematogaster* sp2, *Crematogaster* sp3, *Cephalotes* sp2, *Dolichoderus lutosus*, *Dorimyrmex* sp1, *Pachycondyla* sp1, *Pseudomyrmex pupa*, *Rogeria* sp1 *Solenopsis* sp2 e *Solenopsis* sp8). No Cerradão (parcela 04) foram coletadas 32 espécies, sendo sete espécies exclusivas (*Azteca* sp2, *Camponotus sericeiventris*, *Camponotus agra*, *Pseudomirmex* sp2, *Solenopsis* sp1, *Tapinoma* sp1 e *Tapinoma* sp2). As espécies de formigas *Camponotus cingulatus* e *Camponotus* sp7 foram coletadas apenas no campo cerrado e no cerradão.

### *Rugosidades de casca*

A rugosidade de casca de árvores apresentou uma relação significativa com a riqueza de espécies de formigas ( $\chi^2 = 4,472$ ;  $p = 0,034$ ), com o aumento da rugosidade de casca de árvore diminuiu a riqueza de espécies de formigas (Fig. 2).

Houve diferença quanto ao número de espécies de formigas entre as fitofisionomias (parcelas) ( $\chi^2 = 27,841$ ;  $p < 0,001$ ). Porém, quando comparadas entre si, campo cerrado e cerradão não tiveram diferenças significativas na riqueza de espécies de formigas ( $\chi^2 = 1,783$ ;  $p = 0,182$ ) enquanto que as parcelas 2 e 5 tiveram riquezas significativamente diferentes ( $\chi^2 = 5,308$ ;  $p = 0,021$ ). A análise de resíduos confirma a adequação do modelo e a distribuição utilizada.

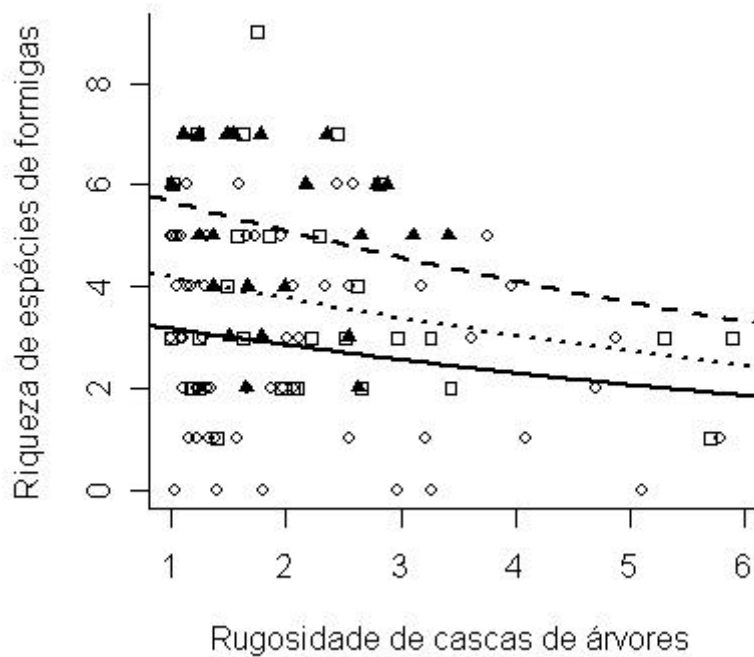


Figura 2 - Riqueza de espécies de formigas com diferentes rugosidades de cascas de árvores em diferentes tipos de fitofisionomias (— ? = Cerradão e Campo Cerrado; - - - - - ? = Cerrado *sensu stricto*; ..... ? = Cerrado *sensu stricto* de Cerrado em Paraopeba, Minas Gerais – Brasil.

#### *Espessura de súber*

A espessura do súber não teve relação significativa com a riqueza de espécies de formigas ( $\chi^2 = 1,356$ ;  $p = 0,244$ ). A riqueza de espécies de formigas, como já havia sido apresentada anteriormente, foi diferente nas quatro parcelas, sendo semelhantes cerradão e campo cerrado, e diferentes nas fitofisionomias de cerrado *sensu stricto* (parcelas 2 e 3). A análise de resíduos confirma a adequação do modelo e a distribuição de erros utilizada.

Tabela 1 – Lista de espécies de formigas arborícolas, com a distribuição por fitofisionomias, no Cerrado em Paraopeba, Minas Gerais – Brasil.

Espécies	Campo Cerrado	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Cerradão
<b>DOLICHODERINAE</b>				
<i>Azteca</i> sp1			x	
<i>Azteca</i> sp2				x
<i>Dolichoderus lutosus</i>			x	
<i>Dorymyrmex</i> sp 1			x	
<i>Tapinoma</i> sp1				x
<i>Tapinoma</i> sp2				x
<b>ECITONINAE</b>				
<i>Labidus praedator</i>			x	x
<b>FORMICINAE</b>				
<i>Brachymyrmex</i> sp1		x		x
<i>Brachymyrmex</i> sp2	x			
<i>Camponotus (Myrmobrachys)</i> sp5		x		
<i>Camponotus (Myrmaphaenus)</i> sp3	x	x	x	x
<i>Camponotus (Myrmaphaenus)</i> sp4		x		
<i>Camponotus</i> sp1	x	x	x	x
<i>Camponotus</i> sp2	x	x	x	x
<i>Camponotus agra</i>				x
<i>Camponotus arboreus</i>		x	x	x
<i>Camponotus atriceps</i>	x	x	x	x
<i>Camponotus balzani</i>	x	x	x	x
<i>Camponotus blandus</i>	x	x	x	
<i>Camponotus cingulatus</i>	x			x
<i>Camponotus crassus</i>	x	x	x	x
<i>Camponotus melanoticus</i>	x	x		x
<i>Camponotus rufipes</i>	x		x	x
<i>Camponotus sericeiventris</i>				x
<i>Camponotus</i> sp10		x	x	
<i>Camponotus</i> sp6		x		x
<i>Camponotus</i> sp7	x			x
<i>Camponotus</i> sp8	x			
<i>Camponotus</i> sp9		x		
<i>Camponotus vittatus</i>	x	x	x	x
<i>Paratrechina</i> sp2	x			
<b>MYRMICINAE</b>				
<i>Allomerus</i> sp1	x			
<i>Apterostigma</i> sp1		x		
<i>Cephalotes atratus</i>		x		
<i>Cephalotes borgmeieri</i>		x		x
<i>Cephalotes clypeatus</i>	x		x	x
<i>Cephalotes pusillus</i>	x	x	x	
<i>Cephalotes</i> sp1		x	x	x
<i>Cephalotes</i> sp2			x	
<i>Cephalotes</i> sp3	x		x	
<i>Cephalotes</i> sp4		x	x	x



Tabela 1. (continuação)

Espécies	Campo Cerrado	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Cerradão
<i>Cephalotes</i> sp5	x		x	
<i>Crematogaster</i> sp1	x		x	
<i>Crematogaster</i> sp2			x	
<i>Crematogaster</i> sp3			x	
<i>Crematogaster</i> sp4		x	x	x
<i>Pheidole fallax</i>	x		x	x
<i>Pheidole</i> sp1	x			x
<i>Pheidole</i> sp2		x		
<i>Rogeria</i> sp1			x	
<i>Solenopsis</i> sp1				x
<i>Solenopsis</i> sp2			x	
<i>Solenopsis</i> sp3	x			
<i>Solenopsis</i> sp4		x		
<i>Solenopsis</i> sp5	x			
<i>Solenopsis</i> sp6		x		
<i>Solenopsis</i> sp7		x		
<i>Solenopsis</i> sp8			x	
<i>Solenopsis</i> sp9		x		
<i>Wasmannia</i> sp1	x	x		x
<b>ECTATOMMINAE</b>				
<i>Ectatomma brunneum</i>		x		
<i>Ectatomma planidens</i>	x		x	
<i>Ectatomma tuberculatum</i>	x	x		
<b>PONERINAE</b>				
<i>Gnamptogenys striatula</i>		x		
<i>Pachycondyla inversa</i>	x		x	
<i>Pachycondyla</i> sp1			x	
<b>PSEUDOMYRMECINAE</b>				
<i>Pseudomyrmex gracilis</i>		x	x	x
<i>Pseudomyrmex pupa</i>			x	
<i>Pseudomyrmex</i> sp1	x			
<i>Pseudomyrmex</i> sp2				x
<i>Pseudomyrmex</i> sp4		x	x	
<i>Pseudomyrmex</i> sp5	x	x	x	x
<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	x			
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>35</b>	<b>37</b>	<b>32</b>

## Discussão

### *Mirmecofauna*

As fitofisionomias amostradas têm diferenças na densidade e na riqueza de espécies de plantas, com a parcela 01 apresentando a menor densidade de plantas e a 09 a maior densidade. Porém, estas parcelas tiveram maior semelhança de riqueza de formigas e com valores similares de espécies exclusivas. Este fato pode ser influenciado por outros fatores, pois a riqueza e densidade de plantas não foram determinantes na riqueza de espécies de formigas, diferindo dos resultados de Ribas & Schoereder (2003), com dados coletados na mesma região. O cerradão teve poucas espécies exclusivas quando comparadas às demais parcelas, e nenhuma das várias espécies d relativamente comuns nesta área (ex. *Camponotus blandus*, *Cephalotes pusillus*). *Camponotus rufipes* teve apenas um registro, entretanto foi a espécie com maior número de registros nas demais parcelas. O cerradão foi o local de amostragem com maior perturbação, devido à coleta de uma espécie de minhoca (*Rhinodrilus* sp) usada para pesca (Ribas & Schoereder, 2004). Dessa forma, ocorre um intenso revolvimento do solo e serapilheira, que pode desestruturar as comunidades de formigas de solo, da serapilheira e do estrato herbáceo da vegetação. Isto pode ter provocado à ausência das espécies de formigas relativamente comuns nestes ambientes, pois os locais de nidificação são determinantes na riqueza de espécies de formigas (Andersen, 2000).

### *Rugosidade de casca*

A riqueza de espécies de formigas mostrou uma relação inversamente proporcional ao aumento da rugosidade de cascas de plantas do cerrado, de forma que plantas com cascas mais rugosas têm menos espécies de formigas, e este padrão foi repetido nas quatro parcelas de amostragem. Para entender essa relação inversa, temos três explicações possíveis:

*Primeiro:* plantas com cascas mais rugosas podem ter mais espaços que podem ser usados por algumas espécies de formigas para construção de seus ninhos. A disponibilidade de locais para nidificação exerce uma importante influência na estrutura das comunidades (Andersen, 2000), de modo que o tipo e a extensão dos espaços utilizados pelas comunidades de formigas para construção de ninhos, variam de acordo com a complexidade do ambiente. Cascas mais rugosas têm maior disponibilidade de áreas para construção de ninhos, com locais mais amplos e com mais condições

estruturais para sustentar uma colônia de formiga. Dessa forma, uma colônia que possui um ninho na planta pode inibir outras espécies a usarem estes espaços para forragear ou mesmo construção de seus ninhos. Plantas de cerrado têm, em geral, apenas uma “ponte” (fuste) de acesso à copa e demais partes da planta, e quando uma espécie de formiga consegue estabelecer seu ninho na casca, esta colônia pode dominar o espaço e inibir o acesso de outras espécies tanto para nidificação quanto para forrageamento. Muitas espécies de formigas usam restos de frutos e inflorescências em sua dieta, que ao caírem da copa, ficam presas em suas estruturas (ex. rugosidades de cascas, bainha da folha de palmeiras (Santos & Harada, em preparação)). Formigas arborícolas são tidas como territorialistas e agressivas e seus mecanismos de defesas são usados para defender a planta hospedeira de herbívoros (Frederickson et al. 2005) e até mesmo de outras espécies de formigas (Harada & Benson 1988). Colônias residentes em plantas têm maior número de indivíduos para afugentar as demais espécies e isto pode ser um fator determinante na redução da riqueza de espécies de formigas nestas plantas.

*Segundo:* estes espaços também podem ser ocupados por outros artrópodes predadores que podem representar uma ameaça significativa às espécies de formigas que sobem nas árvores. Entretanto, a pressão de predação em comunidades de formigas é pouco estudada, apesar de existirem muitos grupos de animais que se alimentam de formigas (Andersen, 2000). Nicolai (1991) e Majer *et al.* (2003) encontraram uma grande diversidade de espécies de artrópodes (Aranhas, Pseudoescorpiões, Coleópteros, Himenópteros, Dípteros, Hemípteras, Tisanópteros, Psocópteros) usando os interstícios das cascas de árvores em savana como abrigo e áreas de forrageamento. Diversas espécies dos grupos citados acima usam formigas em sua dieta.

*Terceiro:* a sazonalidade é outro fator que pode ter influência direta na redução de espécies de formigas em cascas, pois a ocupação das rugosidades das cascas pelas comunidades de formigas pode ser sazonal. As nossas coletas foram realizadas no período do verão e com elevada pluviosidade. Dessa maneira, as plantas com cascas muito rugosas podem acumular grande quantidade de água e impossibilitar a formação e/ou levar as formigas a abandonarem os ninhos nestes microambientes.

#### *Espessura do Súber*

A espessura do súber não seguiu o mesmo padrão das rugosidades de cascas. A espessura de súber de cascas não teve relação significativa na riqueza de espécies de formigas em cerrado. Súber mais espesso não significou, necessariamente, que havia

mais espaços e/ou recursos que poderia ser utilizados pelas formigas, uma vez que a espessura do súber não implica no aumento da rugosidade (interstícios da porção externa da casca). Algumas espécies de plantas podem ter súber muito espesso, porém não ter muitas rugosidades na casca e vice-versa (p.ex., *Qualea parviflora* Mart e *Erythroxylum daphnites* Mart, respectivamente) (anexo 01).

A espessura do súber não foi determinante na ocupação dos interstícios das cascas, pois plantas com súber menos espesso não possuem adaptações para suportar muita insolação e o microclima destes ambientes fica desfavorável a espécies sensíveis a elevadas temperaturas (Nicolai 1986, 1989, 1993, 1995) e períodos de elevada pluviosidade. Nicolai (1991) encontrou uma relação significativa de características de cascas de plantas no aumento da riqueza espécies de artrópodes, o que sugere que súberes mais espessos poderiam sustentar diversas espécies de invertebrados por longos períodos de temperaturas elevadas, pois a temperatura em níveis adequados e a umidade destes microambientes são preservadas por mais tempo. Este mesmo autor avaliou populações de artrópodes que vivem exclusivamente em cascas de plantas de Savanas na América do Norte, sob diferentes frequências de fogo, e concluiu que as plantas que têm súber mais espesso sustentam, por mais tempo, as condições climáticas do microambientes, mantendo grande parte das populações de artrópodes após o fogo. Entretanto, o súber é uma porção da casca bastante fragmentada e muito porosa, devido ao processo de crescimento secundário da planta, e isto pode reduzir o acúmulo de água nestes espaços. Dessa maneira, plantas com súber mais espesso têm condições de sustentar diversas espécies de artrópodes por longos períodos de estiagem. Entretanto, estes fatores analisados isoladamente não são importantes para as espécies de formigas, justificando, então, a ausência de relação entre a espessura do súber na riqueza de espécies de formigas. No entanto, a espessura do súber das cascas de árvores é um importante componente para preservação de comunidades arborícolas de invertebrados. Embora nossos resultados tenham mostrado ausência de relação entre riqueza de espécies de formigas e a espessura do súber, ressaltamos a importância destes ambientes na preservação de outros grupos de invertebrados, como a fauna de ácaros arborícolas, que possui espécies que só ocorrem em cascas de árvores (Proctor *et al*, 2002), além de ser a principal “ponte” entre a fauna de formigas de solo e as arborícolas.

Diversos trabalhos mostram como as características das plantas e as condições de seus microambientes são importantes na estruturação de comunidades de artrópodes arborícolas (Majer, 2003; Proctor *et al.*, 2002; Nicolai, 1993, 1991, 1985; Santos e

Harada, em preparação). A heterogeneidade ambiental é outro fator que tem influência direta no padrão de riqueza de espécies de formigas (Santos e Schoereder, em preparação), pois pode haver um incremento na riqueza de espécies de formigas com o aumento da complexidade e da heterogeneidade da rugosidade e da espessura de súber por espécies de plantas nas parcelas amostradas.

Em uma única planta há diversos fatores que podem limitar ou diversificar as espécies de formigas residentes. Entretanto, quando se considera o conjunto de indivíduos e espécies de plantas, podemos ter um incremento na diversidade pois há uma ampliação de recursos, áreas para forrageamento e condições para nidificação. Então, quando consideramos a riqueza de espécies de formigas por planta não há diferenças entre elas, porém, quando consideramos uma escala um pouco maior (parcela), temos diferenças significativas. Ainda, somando as riquezas de cada planta e de cada parcela, temos um aumento significativo da riqueza, ou seja, o conjunto de diferenças (heterogeneidade) aumenta a riqueza de espécies de formigas, mostrando um efeito direto de escalas locais (parcela – planta - casca da planta). Assim, as escalas são determinantes nas avaliações de riqueza de espécies, pois as interações ecológicas entre as espécies podem determinar a estruturação das comunidades locais, sendo os fatores regionais e globais responsáveis por diversos padrões de ocupação e distribuição de espécies (Raine *et al*, 2004; Davidson, 1997; Sax & Gaines, 2003).

Concluindo, verificamos a importância de fatores em escalas muito pequenas (local), o efeito direto de características de plantas como estruturadoras das comunidades de formigas em Cerrado. Mostramos assim que os padrões de distribuição de espécies de formigas em grandes escalas devem considerar também os processos em pequenas escalas, que podem ser determinantes na distribuição das espécies de formigas.

## Referências Bibliográficas

Andersen, A. N. 2000. A global ecology of rainforest ants: Functional groups in relation to environmental stress and disturbance. In: *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (ed. Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L. E. & Schultz, T. R) pp 25-34. Smithsonian Institution Press, Washington and London.

Balduino, A.P.C. 2001. Estrutura da vegetação lenhosa de Cerrado *stricto sensu* e sua relação com o solo na estação florestal de experimentação de Paraopeba-MG. Dissertação de Mestrado em Botânica, UFV, Viçosa –MG, p. 94.

Bestelmeyer, B. & Schooley, R. 1999. The ants of the southern Sonora desert: community structure and the role of trees. *Biodiversity and Conservation*, v. 8, p. 643-657.

Bolton, B. 2003. Synopsis and Classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute*, Vol. 71, 370 p. Gainesville, FL.

Brandão, C. R. F. 1997. Biodiversidade do Estado de São Paulo síntese do conhecimento ao final do século XX 5: invertebrados terrestres. Ed. C. R. F. Brandão & E. M. Canello. Museu de Zoologia da USP, São Paulo, SP, Brasil.

Cowley, M. J. R., Thomas, C. D. Roy, D. B., Wilson, R. J., León-Cortés, J. L., Gutiérrez, D., Bulman, C. R., Quinn, R. M., Moss, D. & Gaston, K. L. 2001. Density-distribution relationships in British butterflies. I. The effects of mobility and spatial scale. *Journal of Animal Ecology*, v. 70. p. 410-425.

Crawley, M. J. 2002. *Statistical Computing: An Introduction to Data Analysis using S-Plus*. John Wiley & Sons, LTD. London. Blackwell Scientific Publications.

Davidson, D. W. 1997. The role of resource imbalances in the evolutionary ecology of tropical arboreal ants. *Biological Journal of the Linnean Society*. v. 61. 153-181.

Fedriani, J. M., Rey, P. J., Garrido, J., Herrera, C. M., Medrano, M., Sánchez-Lafuente, A. M. & Cerda, X. 2004. Geographical variation in the potential of mice to constrain an ant-seed dispersal mutualism. *Oikos*, v. 105, p. 181-191.

- Floren, A. & Linsenmair, K. E. 1997. Diversity and recolonisation dynamics of selected arthropod groups on different tree species in lowland rain forest in Sabah, Malaysia. In: *Canopy arthropods* (ed. Stork N. E., Adis, J., Didham, R. K). London: Chapman & Hall.
- Frederickson, M. E.; Greenet, M. J. & Gordon, D. M. 2005. 'Devil's gardens' bedevilled by ants. *Nature*, v. 437, n. 22, p.495-496.
- Gaston, K. J. 1996. Species-range-size distributions: patterns, mechanisms and implications. *Trends in Ecology and Evolution*, v 11, n. 5, p. 197-201.
- Gignoux, J., Clobert, J. & Menaut, J. C. 1997. Alternative fire resistance strategies in savanna trees. *Oecologia*, v. 110, p. 576-583.
- Goodland, R.A. 1971. A physiognomic analysis of the Cerrado vegetation of Central Brazil. *Journal of Ecology*, v. 59, p. 1-9.
- Hanula, J. L. & Franzreb, K. 1998. Source, distribution and abundance of macroinvertebrates of the bark of longleaf pine: Potential prey of Red-cockaded Woodpecker. *For. Ecol. Manage.*, v. 102, p. 89-102.
- Harada, A. Y. & Benson, W. W. 1988. Espécies de *Azteca* (Hymenoptera: Formicidae) especializadas em *Cecropia* spp. (Moraceae): Distribuição geográfica e considerações ecológicas. *Revista Brasileira de Entomologia*. V. 32(3/4), p. 423-435.
- Hölldobler, B. & Wilson, E.O. 1990. *The Ants*. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 732 p.
- Inouye, B. D. 2005. Scaling up from local competition to regional coexistence across two scales of spatial heterogeneity: insect larvae in fruits of *Apeiba membranacea*. *Oecologia*, v. 145, n. 2, p. 187-195.
- Kalif, K. A.B., Azevedo-Ramos, C., Moutinho, P. & Malcher, S. A.O. 2001. The Effect of Logging on the Ground-Foraging Ant Community in Eastern Amazonia. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, v; 36, p. 1-5.
- Kaspari, M. & Weiser, M. D. 1999. The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants. *Functional Ecology*, v. 13, p. 530-538.

- Kaspari, M. 2005. Global energy gradients and size in colonial organisms: Worker mass and worker number in ant colonies. *Proc Natl Acad Sci*; v. 102 (14), p. 5079–5083.
- Koleff, P. & Gaston, K.J. 2002. The relationships between local and regional species richness and turnover. *Global Ecology & Biogeography*, v. 11. p. 363-375.
- Lassau, S. A. & Hochuli, D. F. 2004. Effects of habit complexity on ant assemblages. *Ecograph*, v. 27, p. 157-164.
- Lawton, J. H., Bignell, D. E., Bolton, B., Bloemers, G. F., Eggleton, P., Hammond, P. M., Hodda, M., Holt, R. D., Larsen, T. B., Mawdsley, N. A., Stork, N. E., Srivastava, D. S. & Watt, A. D. 1998. Biodiversity inventories, indicator tax and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*, v. 391. p. 72-76.
- Majer, J.D., Recher, H.F, Graham, R. & Gupta, R. 2003. Trunk invertebrate faunas of Western Australian forests and woodlands: Influence of tree species and season. *Austral Ecology*, v. 28, p. 629-41.
- Nicolai, V. 1986. The bark of trees: Thermal properties, microclimate and fauna. *Oecologia*, v. 69, p. 148-60.
- Nicolai, V. 1989. Thermal properties and fauna on the bark of trees in two different African ecosystems. *Oecologia*, v. 80, p. 421-430.
- Nicolai, V. 1991. Reactions of the fauna on the bark of trees to the frequency of fire in a North American savanna. *Oecologia*, v. 88, p. 132-137.
- Nicolai, V. 1993. The arthropod fauna on the bark of deciduous and coniferous trees in a mixed forest of the Istaca State Park, MN, USA. *Spixiana*, v. 16, p 61-9.
- Nicolai, V. 1995. The ecological significance of trees' bark during ecosystem dynamics. *Spixiana*, v. 18, p 187-99.
- Proctor, H.C., Montgomery, M. K., Rosen, K. E. & Kitching, R. L. 2002. Are tree trunks habitats or highways? A comparison of oribatid mite assemblages from hoop-pine bark and litter. *Australian Journal of Entomology*, v. 41, p. 294-9.



R Development Core Team. 2005. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>

Raine, N. E.; Gammans, N.; Macadyen, I. J.; Scrivner, G. & Stone, G. 2004. Guards and thieves: antagonistic interactions between two ant species coexisting on the same ant-plant. *Ecological Entomology*, v. 29, p. 345-352.

Ribas, C. R., Schoereder, J. H. Pic, M. & Soares, S. M. 2003. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. *Austral Ecology*. 28: 305-314.

Ribas, C. R. & Schoereder, J. H. 2004. Determining factors of arboreal ant mosaics in Cerrado vegetation (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, v. 44, p.49-68.

Ricklefs, R. E. & Lovette, I. J. 1999. The roles of island area *per se* and habitat diversity in the species-area relationships of four Lesser Antillean faunal groups. *Journal of Animal Ecology*, v. 68, p. 1142-1160.

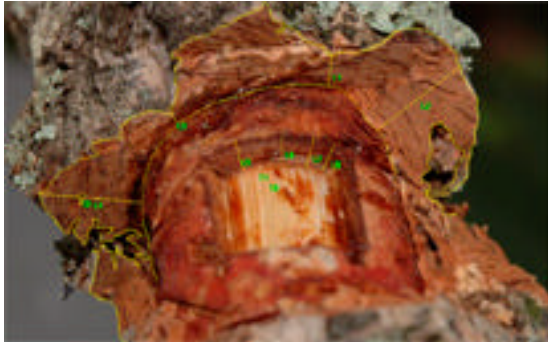
Sax, D.F. & Gaines, S.D. 2003. Species diversity: from global decreases to local increase. *Trends in Ecology and Evolution*, v.18, 561–566.

Teixeira, M. C., Schoereder, J. H. Nascimento, J. T. & Louzada, J. N. C. 2005. Response of ant communities to sand dune vegetation burning in Brazil (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, v. 45, n.3, p. 631-641.

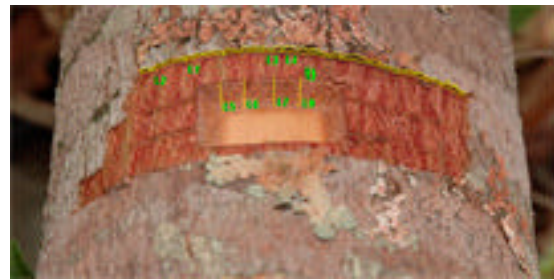
Townsend, C. R., Begon, M. & Harper, J. L. 2006. *Fundamentos em ecologia*. 2<sup>a</sup> ed. Artmed Editora, Porto Alegre, Brasil.

Watt, A. D., Stork, N. E. & Bolton, B. 2002. The diversity and abundance of ants in relation to forest disturbance and plantation establishment in southern Cameroon. *Journal of Applied Ecology*, v. 39, p. 18-30.

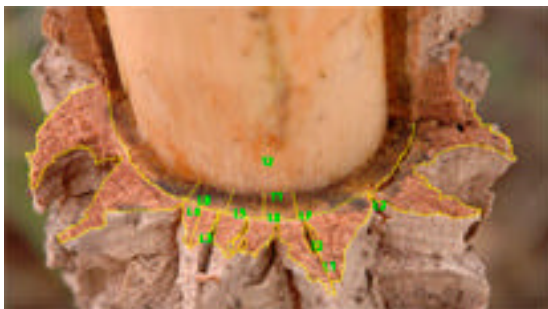
Anexo 1 - Detalhes das rugosidades das cascas de árvores do Cerrado, Paraopeba, Minas Gerais, Brasil.



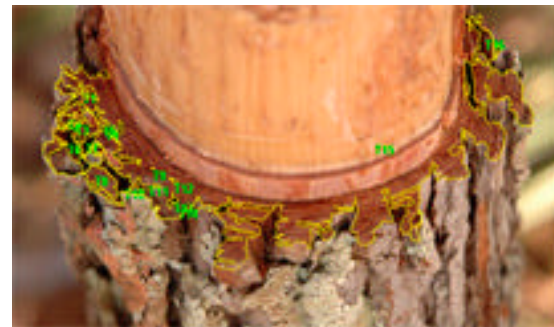
*Kielmeyera cf. grandiflora* (Wawra) Saddi



*Pera glabrata* (Schott.) Baill.



*Qualea parviflora* Mart.



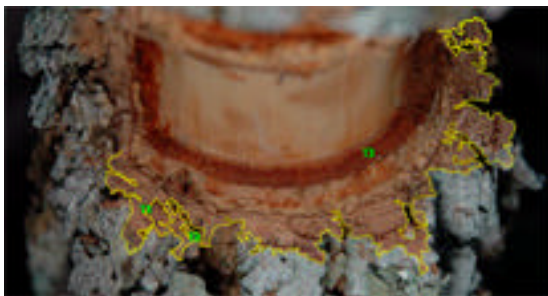
*Myrcia lingua* Berg



*Erythroxylum daphnites* Mart.



*Eugenia dysenterica* DC.



*Qualea parviflora* Mart.



*Byrsonima coccolobifolia* H. B. & K.



*Zeyheria digitalis* (Vell.) Hoehne

## Capítulo II

### **Complexidade de arquitetura de copa de árvores determina a riqueza de espécies de formigas no Cerrado?**

Iracenir Andrade dos Santos<sup>1</sup>, José Henrique Schoereder <sup>2</sup>, José Lino-Neto<sup>2</sup>e Carlos Frankl Sperber<sup>2</sup>

1 - Programa de Pós-Graduação em Entomologia; Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa; Viçosa – MG; Brasil; [iracenir@insecta.ufv.br](mailto:iracenir@insecta.ufv.br)

2 - Departamento de Biologia Geral; Av. P.H. Rolfs, s/n - Campus Universitário; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa – MG; Brasil; [jschoere@ufv.br](mailto:jschoere@ufv.br)

## **Complexidade de arquitetura de copa de árvores determina a riqueza de espécies de formigas no Cerrado?**

Iracenir Andrade dos Santos<sup>1</sup>, José Henrique Schoereder<sup>2</sup>, José Lino-Neto e Carlos Frankl Sperber<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG; Brasil. E-mail: iracenir@insecta.ufv.br

<sup>2</sup>Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, Brasil.

### **Resumo**

Alguns estudos têm evidenciado a importância da complexidade de arquitetura de plantas sobre a diversidade de espécies em diversos grupos de invertebrados. Embora haja alguns estudos dessa natureza para alguns grupos de insetos, para comunidades de formigas em áreas de cerrado este efeito ainda é pouco conhecido. Assim, neste trabalho avaliamos o efeito da complexidade da arquitetura de plantas de cerrado (FLONA, Paraopeba, MG, Brasil) na riqueza de espécies de formigas, testando as hipóteses: (a) plantas com arquitetura de copas mais complexas têm maior riqueza de espécies de formigas; e (b) plantas maiores têm mais espécies de formigas. Para isso, as formigas foram coletadas com armadilhas *pitfall*, com iscas de sardinha e mel, em 120 árvores, distribuídas em quatro áreas. Os dados revelaram que a arquitetura e o tamanho das plantas não tiveram efeito significativo na riqueza de espécies de formigas, entretanto observamos efeito significativo quando foi considerada a parcela como um todo. Sugerimos que a reduzida predação, a descontinuidade do dossel e as condições como luminosidade, umidade e temperatura, possam explicar esta falta de relação entre a estrutura da árvore e a riqueza de espécies de formiga. A avaliação de fatores locais influenciando as comunidades de formigas é apenas um pequeno passo para compreender os padrões de distribuição dessas comunidades. Desse modo, a arquitetura da copa de árvores do cerrado, quando avaliada isoladamente não influencia a riqueza de espécies de formigas. No entanto, quando inserida no contexto do conjunto das parcelas, com diversas espécies de plantas, diferentes adensamentos de plantas, com características diferentes, idades diferentes, pode haver um incremento na riqueza de espécies de formigas. Assim, sugerimos a consideração de processos em pequenas escalas, como características das plantas, recursos, bem como a espécie da planta como fatores determinantes na riqueza de espécies de formigas em ambientes de cerrado.

**Palavras-chaves:** arquitetura de copa, riqueza de espécies de formigas; escala local.

## Introdução

Alguns estudos com diversos grupos de invertebrados (Lawton, 1983; Araújo, 2003) têm evidenciado a importância da complexidade de arquitetura de plantas sobre a diversidade de espécies desses animais. Inúmeros componentes estruturais da planta são utilizados para medir ou quantificar a complexidade estrutural da vegetação e fazer inferências sobre os padrões de diversidades de comunidades de artrópodes terrestres (Lawton, 1983) e arborícolas (Basser *et al.*, 2001). Em uma planta há vários componentes que podem ser usados para determinar sua arquitetura. Por exemplo, seu tamanho, sua forma de crescimento, seu desenvolvimento sazonal, como mudança no tamanho e forma de crescimento, a variedade de partes acima do solo, bem como a persistência desses componentes (Lawton, 1983). A influência da arquitetura de plantas já foi verificada em vários grupos, como herbívoros (Neves, 2005), térmitas (Gonçalves *et al.*, 2005), aranhas (Romero & Vasconcelos-Neto, 2005) e formigas (Campos *et al.* 2006).

O tamanho e a forma de crescimento influenciam a herbivoria por vertebrados (Palo *et al.*, 1993) e invertebrados (Marquis *et al.*, 2002; Araújo *et al.*, 2005, *in press*). Plantas maiores têm mais probabilidade de serem encontradas e colonizadas por insetos do que plantas menores e, ainda, têm mais áreas para forrageamento e recursos que sustentam populações maiores (Lawton, 1983). A arquitetura afeta diretamente a taxa de herbivoria, a abundância de herbívoros e abrigos (Marquis *et al.*, 2002). Estes autores observaram que plantas de *Quercus alba* com poucos ramos e folhas são menos preferidas por larvas de lepidópteros.

As comunidades de formigas têm intensas interações com grupos de plantas (Harada & Benson, 1988; Vasconcelos & Davidson, 2000; Izzo & Vasconcelos, 2002; Lapola *et al.*, 2003; Oliveira & Freitas, 2004; Solano & Dejean, 2004) e de animais (Floren *et al.*, 2002; Raine *et al.*, 2004; Frederickson *et al.*, 2005) em várias escalas. Os padrões de distribuição das espécies de formigas são amplamente estudados (Lawton *et al.*, 1998) Entretanto, há uma reduzida atenção aos estudos que proporcionem o entendimento de fatores limitantes e/ou favoráveis à distribuição de espécies de formigas em pequenas escalas espaciais. Embora o efeito da complexidade da arquitetura de árvores seja bastante estudado para alguns grupos de insetos (p.ex., herbívoros e florestas), para comunidades de formigas em áreas de cerrado este efeito ainda é pouco conhecido. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da complexidade da arquitetura de plantas de cerrado na riqueza de espécies de formigas, testando as hipóteses: (a) plantas com arquitetura de copas mais complexas têm maior riqueza de espécies de formigas; (b) plantas maiores têm mais espécies de formigas.

## **Materiais e Métodos**

### *Área de estudo*

As coletas foram realizadas em fevereiro de 2004, período chuvoso, na Floresta Nacional de Paraopeba (FLONA) (19° 20'S, 44° 20'W), Minas Gerais, Brasil. A FLONA tem uma área de aproximadamente 200 ha, com altitude média de 742 m, e apresenta diferentes fitofisionomias de Cerrado. As fitofisionomias recebem diferentes nomes de acordo com a densidade de plantas. Segundo a classificação de Goodland (1971): *Campo Sujo* – até 1000 plantas por hectare; *Campo Cerrado* – acima de 1400 plantas por hectare; *Cerrado sensu stricto* – mais de 2000 plantas por hectare; e *Cerradão* – acima de 3000 plantas por hectare.

### *Parcelas de amostragem*

Foram amostradas quatro parcelas de 20 m x 50 m em três diferentes fitofisionomias. A parcela 01 com menor densidade de plantas (Campo Cerrado), as parcelas 02 e 05 com a mesma média de densidades (*Cerrado sensu stricto*) e a parcela 09 com maior densidade (Cerradão).

### *Coleta das formigas*

Coletamos formigas com armadilhas do tipo *pitfall*, com iscas de sardinha e mel, sendo uma armadilha amarrada por árvore por 48 horas. Identificamos os espécimes de formigas coletados de acordo com Hölldobler & Wilson (1990), Bolton (1994) e comparações com espécimes da Coleção de Formicidae do Laboratório de Ecologia de Comunidades - UFV, e depositados na coleção do Laboratório de Ecologia de Comunidades da Universidade Federal de Viçosa. A classificação utilizada para os Formicidae segue aquela proposta por Bolton (2003). A maioria das plantas amostradas já tinha sido identificada (Balduino, 2001), exceto sete, as quais foram facilmente reconhecidas como pertencendo a espécies distintas.

### *Arquitetura de copa e tamanho das plantas*

Fotografamos as plantas inteiras sempre nas mesmas condições, com a lente com distância focal fixa, posicionando o equipamento fotográfico em ângulos de 90 ° entre a máquina e a planta. Fizemos fotos com diferentes tomadas para permitir uma

melhor visualização dos galhos, ramos (quantidade e disposição) e da planta como um todo. Em todas as plantas fixamos uma régua de 30 cm no caule da planta, antes de ser fotografada, a qual foi usada como referencial na calibração dos programas de análise de imagens usados posteriormente. Usamos o programa Quant (Vale *et al.*, 2003), colocando as imagens sob uma grade com quadrados de 10 cm, e contando o número de intersecções de todos os ramos da copa da planta nas intersecções das linhas da grade. Usamos esse número como estimativa da arquitetura da planta, quanto maior o número de ramos tocando as intersecções da grade mais complexa a copa. Para estimar o tamanho da planta usamos a medida da circunferência basal da planta.

### *Análises estatísticas*

As análises estatísticas descritas abaixo foram feitas no Sistema Estatístico R (R Development Core Team 2005). Submetemos todos os modelos a análise de resíduos, para avaliar a adequação da distribuição de erros e do modelo utilizado.

Para testar o efeito da arquitetura e o tamanho da planta (variáveis explicativas) na riqueza de espécies de formigas (variável resposta), assim como a interação entre as variáveis usamos uma análise de regressão linear múltipla e distribuição de Poisson (Crawley 2002). Criamos um modelo completo com as duas variáveis e interação. Simplificamos o modelo para um modelo mínimo adequado de acordo com a necessidade da análise, pela exclusão de variáveis não significativas.

## Resultados

### *Fauna de Formiga*

Coletou-se 73 espécies de formigas, distribuídas em 20 gêneros em seis subfamílias (29 espécies de Myrmicinae, 24 de Formicinae, 03 de Ectatomminae, 03 de Ponerinae, 06 de Dolichoderinae, 07 de Pseudomyrmecinae e 01 de Ecitoninae). As espécies de formigas com maior número de registro foram: *Camponotus atriceps* (44); *Camponotus crassus* (33); *Cephalotes pusillus* (30); *Camponotus blandus* (29); *Camponotus melanoticus* (22), *Camponotus (Myrmobrachys) sp3* (22); *Camponotus sp2* (18) e *Camponotus balzani* (17). Diversas espécies tiveram apenas um registro (tabela 1). Todas as espécies de formigas foram amostradas em 46 espécies de formigas (tabela 2).

### *Arquitetura e tamanho da planta*

O modelo completo (com todas as variáveis) não foi significativo ( $\chi^2 = 3,923$ ;  $p = 0,27$ ) e não teve sobredispersão. A arquitetura ( $\chi^2 = 1,729$ ;  $p = 0,188$ ) e o tamanho ( $\chi^2 = 1,921$ ;  $p = 0,166$ ) das plantas não tiveram um efeito significativo na riqueza de espécies de formigas. A interação das variáveis arquitetura e tamanho das plantas também não mostrou qualquer efeito significativo na riqueza de espécies de formigas ( $\chi^2 = 0,272$ ;  $p = 0,602$ ).



Tabela 1 – Lista de espécies de formigas e registros nas diferentes fitofisionomias no Cerrado, Paraopeba, Minas Gerais, Brasil.

Espécies	Registros Totais	Campo Cerrado	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Cerradão
<b>DOLICHODERINAE</b>					
<i>Azteca</i> sp1	1			x	
<i>Azteca</i> sp2	1				x
<i>Dolichoderus lutosus</i>	1			x	
<i>Dorymyrmex</i> sp 1	1			x	
<i>Tapinoma</i> sp1	1				x
<i>Tapinoma</i> sp2	1				x
<b>ECITONINAE</b>					
<i>Labidus praedator</i>	9			x	x
<b>FORMICINAE</b>					
<i>Brachymyrmex</i> sp1	4		x		x
<i>Brachymyrmex</i> sp2	1	x			
<i>Camponotus (Myrmobrachys)</i> sp5	5		x		
<i>Camponotus (Myrmaphaenus)</i> sp3	22	x	x	x	x
<i>Camponotus (Myrmaphaenus)</i> sp4	4		x		
<i>Camponotus</i> sp1	14	x	x	x	x
<i>Camponotus</i> sp2	18	x	x	x	x
<i>Camponotus agra</i>	6				x
<i>Camponotus arboreus</i>	10		x	x	x
<i>Camponotus atriceps</i>	44	x	x	x	x
<i>Camponotus balzani</i>	17	x	x	x	x
<i>Camponotus blandus</i>	29	x	x	x	
<i>Camponotus cingulatus</i>	2	x			x
<i>Camponotus crassus</i>	33	x	x	x	x
<i>Camponotus melanoticus</i>	22	x	x		x
<i>Camponotus rufipes</i>	9	x		x	x
<i>Camponotus sericeiventris</i>	2				x
<i>Camponotus</i> sp10	4		x	x	
<i>Camponotus</i> sp6	9		x		x
<i>Camponotus</i> sp7	2	x			x
<i>Camponotus</i> sp8	1	x			
<i>Camponotus</i> sp9	1		x		
<i>Camponotus vittatus</i>	8	x	x	x	x
<i>Paratrechina</i> sp2	1	x			
<b>MYRMICINAE</b>					
<i>Allomerus</i> sp1	1	x			
<i>Apterostigma</i> sp1	2	x	x		
<i>Cephalotes atratus</i>	6		x		
<i>Cephalotes borgmeieri</i>	4		x		x
<i>Cephalotes clypeatus</i>	8	x	x	x	x
<i>Cephalotes pusillus</i>	30	x	x	x	
<i>Cephalotes</i> sp1	6		x	x	x
<i>Cephalotes</i> sp2	1			x	
<i>Cephalotes</i> sp3	2	x		x	
<i>Cephalotes</i> sp4	4		x	x	x
<i>Cephalotes</i> sp5	4	x		x	
<i>Crematogaster</i> sp1	2	x		x	
<i>Crematogaster</i> sp2	1			x	
<i>Crematogaster</i> sp3	1			x	

Tabela 1. (continuação)

<b>Espécies</b>	<b>Registros Totais</b>	<b>Campo Cerrado</b>	<b>Cerrado <i>sensu stricto</i></b>	<b>Cerrado <i>sensu stricto</i></b>	<b>Cerradão</b>
<i>Crematogaster</i> sp4	7		x	x	x
<i>Pheidole fallax</i>	5	x		x	x
<i>Pheidole</i> sp1	3	x			x
<i>Pheidole</i> sp2	1		x		
<i>Rogeria</i> sp1	1			x	
<i>Solenopsis</i> sp1	1				x
<i>Solenopsis</i> sp2	1			x	
<i>Solenopsis</i> sp3	1	x			
<i>Solenopsis</i> sp4	1		x		
<i>Solenopsis</i> sp5	1	x			
<i>Solenopsis</i> sp6	1		x		
<i>Solenopsis</i> sp7	1		x		
<i>Solenopsis</i> sp8	1			x	
<i>Solenopsis</i> sp9	1		x		
<i>Wasmannia</i> sp1	7	x	x		x
<b>ECTATOMMINAE</b>					
<i>Ectatomma brunneum</i>	1		x		
<i>Ectatomma planidens</i>	2	x		x	
<i>Ectatomma tuberculatum</i>	4	x	x		
<b>PONERINAE</b>					
<i>Gnamptogenys striatula</i>	2			x	
<i>Pachycondyla inverse</i>	7	x		x	
<i>Pachycondyla</i> sp1	1			x	
<b>PSEUDOMYRMECINAE</b>					
<i>Pseudomyrmex gracilis</i>	7		x	x	x
<i>Pseudomyrmex pupa</i>	1			x	
<i>Pseudomyrmex</i> sp1	1	x			
<i>Pseudomyrmex</i> sp2	1				x
<i>Pseudomyrmex</i> sp4	2		x	x	
<i>Pseudomyrmex</i> sp5	8	x	x	x	x
<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	1	x			
<b>Total</b>	<b>426</b>	<b>32</b>	<b>35</b>	<b>38</b>	<b>32</b>

Tabela 2 - Lista de espécies de árvores, número de indivíduos amostrados e riqueza de espécies de formigas por espécie de planta no Cerrado de Paraopeba, Minas Gerais, Brasil.

Espécies de plantas	N° indivíduos (plantas)	Riqueza de espécies de formigas
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vog.) Yakovl.	3	12
<i>Agonandra brasiliensis</i> Benth. & Hook. f.	1	1
<i>Alibertia sessilis</i> (Vell.) K. Schum.	1	4
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	2	2
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	1	3
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott.	1	3
<i>Bowdichia virgilioides</i> H. B. & K.	1	4
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> H. B. & K.	2	7
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) Rich. ex A. L. Juss.	3	10
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	1	6
<i>Curatella americana</i> L.	5	7
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	2	3
<i>Diospyros hispida</i> A. DC.	3	2
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) Macb.	1	6
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	9	19
<i>Erythroxylum suberosum</i> St. Hil.	2	4
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	5	12
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lund	3	7
<i>Hyptis cana</i> Pohl ex Benth.	1	2
<i>Kielmeyera cf grandiflora</i> (Wawra) Saddi	6	12
<i>Machaerium opacum</i> Vog.	1	5
<i>Magonia pubescens</i> St. Hil.	3	6
<i>Myrcia cf formosiana</i> DC.	3	8
Não identificada 1	1	7
Não identificada 2	1	5
Não identificada 3	1	3
Não identificada 4	1	2
Não identificada 5	1	0
Não identificada 6	1	3
Não identificada 7	1	3
<i>Pera glabrata</i> (Schott.) Baill.	6	18
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	2	9
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	2	8
<i>Qualea grandiflora</i> Mart	8	18
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	11	27
<i>Roupala montana</i> Aubl.	1	0
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	3	6
<i>Salvertia convallariaeodora</i> St. Hil.	3	7
<i>Schefflera (Didymopanax) macrocarpa</i> (Seem.) D. C. Frodin	4	10
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.	1	5
<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore	1	1
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	1	6
<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Zucc.	1	5
<i>Tibouchina</i> sp	1	4
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	2	10
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.)	5	14
<i>Zeyheria digitalis</i> (Vell.) Hoehne	1	4

## Discussão

### *Fauna de Formigas x Espécies de plantas*

As espécies de formigas *Camponotus atriceps*, *Ca. crassus*, *Cephalotes pusillus*, *Ca. blandus*, *Ca. melanoticus*, *Ca. (Myrmobrachys) sp3*, *Ca. sp2* e *Ca. balzani* foram relativamente comuns nas plantas amostradas. *Ca. atriceps* tem colônias com muitos indivíduos e constroem seus ninhos em solo e em plantas, podendo estender um ninho no solo até várias árvores ao seu redor (Santos & Harada, em preparação). A poligenia (várias rainhas em uma colônia) nessa espécie pode favorecer a expansão de seu ninho e facilitar a ocupação de diversos ambientes (solo e plantas). As demais espécies de formigas, com muitos registros nas amostras, também têm biologias semelhantes e isto pode ter sido determinante no grande número de registro dessas espécies nas amostragens. Muitas espécies de formigas têm hábitos generalistas e colonizam vários ambientes (Kaspari, 1996b). Entretanto, espécies usualmente classificadas como epigéicas podem nidificar em árvores, como *Dinoponera gigantea* que foi observada nidificando em palmeiras e em plantas de *Montrichardia linifera* (Santos & Harada, em preparação).

### *Arquitetura de planta*

Nossas observações de que a arquitetura e o tamanho das plantas não têm influencia significativa na riqueza de espécies de formigas neste bioma, difere daquelas feitas por outros autores (Basset *et al.*, 2001; Marquis *et al.*, 2002; Gonçalves *et al.*, 2005; Neves, 2005, Romero & Gonçalves-Neto, 2005; Araújo *et al.*, 2005, *in press*). Esses autores encontraram uma relação significativa direta entre a complexidade da arquitetura de plantas e a riqueza de espécies de vários grupos de invertebrados (p.ex., lepidópteros, herbívoros, insetos galhadores, térmitas e aracnídeos). No entanto, a maioria dos trabalhos que demonstraram uma relação positiva entre a complexidade de arquitetura da plantas e a riqueza de espécies de invertebrados, foi feita em áreas de florestas. O cerrado tem diversos tipos de fitofisionomias, sendo que suas denominações dependem da densidade de plantas por área (para maiores detalhes ver Goodland, 1971). De maneira geral, o cerrado tem uma vegetação espaçada e com uma vegetação herbácea e arbustiva entre as árvores e, para justificar a ausência da relação entre a riqueza de espécies de formigas e a complexidade da arquitetura de plantas nele, temos três explicações:

*Baixa predação:* a pressão de predação sobre as comunidades de formigas é baixa, de modo que plantas com maior complexidade de arquitetura não representam maior áreas de abrigo e refúgio de predadores às comunidades de formigas. Jantti *et al.* (2001) avaliou o impacto do pequeno pássaro insetívoro *Certhia amiliaris* sobre as populações de invertebrados em troncos de árvores. Entretanto, esses autores não incluíram em suas análises as formigas, pois as aves, em geral, evitam comê-las (Marcos P. D. Santos, comunicação pessoal). Formigas arborícolas são agressivas e territorialistas (Harada & Benson, 1988) e este tipo de comportamento pode minimizar sua taxa de predação, de forma que a complexidade da arquitetura das plantas no cerrado não influencia a riqueza de espécies de formigas, pois a quantidade de galhos e ramos não é importante às comunidades de formigas na área de cerrado avaliada.

*Conectividade:* a vegetação nas áreas de florestas é bastante adensada e, suas copas interligadas, mantêm contato direto entre uma planta e outra e permitindo um fluxo de espécies de formigas entre essas plantas, o que pode favorecer o aumento da riqueza de espécies de formigas. Talvez por isso se tenha observado que, na floresta, a complexidade da arquitetura da copa tem relação com a riqueza de espécies, pois esta complexidade está diretamente relacionada ao número de galhos, assim como o número de contatos entre eles. Porém, áreas de cerrado têm plantas espaçadas com uma vegetação arbustiva e herbácea entre as árvores, reduzindo o contato entre as copas. Esta falta de conectividade entre as copas das plantas pode ser um fator limitante no aumento da riqueza de espécies de formigas em cerrado. A quantidade de lianas e cipós no cerrado é reduzida e isto reduz ainda mais o contato entre as plantas, de modo que o acesso às copas das árvores fica restrito ao fuste da planta ou aos indivíduos alados.

*Condições:* o cerrado, nas parcelas amostradas, é um ambiente com vegetação espaçada, com intensa penetração de luz e calor no interior de suas copas. Com a descontinuidade do dossel há maior perda de água, umidade, elevação da temperatura, maior velocidade do vento entre as árvores proporcionando um ambiente desfavorável a espécies de invertebrados menos tolerantes a estas condições.

#### *Tamanho da planta*

O tamanho da planta também não teve relação com a riqueza de espécies de formigas, por que determinadas plantas podem ter a CB grande, mas a altura e o volume pequenos. Em nossos dados observamos que algumas plantas mais baixas tiveram mais espécies de formigas do que algumas plantas mais altas. Pic (2001) encontrou relação

significativa entre o volume de plantas e a riqueza de espécies de formigas em áreas de cerrado. No entanto, esta relação significativa foi encontrada na escala da parcela de amostragem. Na nossa análise, o tamanho e a arquitetura da planta, analisados isoladamente, não tiveram relação sobre a riqueza de espécies de formigas, mas quando consideramos toda a parcela, temos uma relação significativa. Desse modo, quando consideramos fatores em escalas muito pequenas (rugosidades de cascas, Santos & Schoereder, em preparação, ver capítulo 2) há um efeito significativo, mas quando aumentamos um pouco mais a escala (tamanho e arquitetura da planta) as explicações não são significativas. Entretanto, ao aumentar ainda mais a escala (parcela) há novamente uma relação significativa na riqueza de espécies de formigas, de modo que a escala em que é feito o estudo parece ser importante para explicar a riqueza de espécies de formigas.

A avaliação de fatores locais influenciando as comunidades de formigas é apenas um pequeno passo para compreender os padrões de distribuição dessas comunidades. Entretanto, a ausência de relação de uma variável não invalida a importância da mesma, pois, juntando diversas variáveis poderemos ter um efeito do conjunto muito significativo, o que poderia corroborar o papel da heterogeneidade no aumento da riqueza de espécies de formigas (Ribas et al., 2003; Santos & Schoereder, em preparação). Desse modo, a arquitetura das copas das árvores de cerrado quando avaliada isoladamente não influencia a riqueza de espécies de formigas.

Com base em nossas observações, sugerimos a consideração de processos em pequenas escalas, como características das plantas (ex. cascas, tortuosidade dos galhos, forma das folhas, diâmetro do fuste, altura e etc) e recursos (ex. nectários extra-florais, pequenos insetos e etc), como fatores determinantes na riqueza de espécies de formigas em ambientes de cerrado.

### Referências Bibliográficas

Araújo, A. P. A., Carneiro, M. A. A. & Fernandes, G. W. 2003. Efeito do sexo, do vigor e do tamanho da planta hospedeira sobre a distribuição de insetos indutores de galhas em *Baccharis pseudomyriocephala* Teodoro (Asteraceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 47 (4), p. 483-490.

Araújo, A. P. A., Paula, J. D., Carneiro, M. A. A. & Schoereder, J. H. 2005. Effects of host plant architecture on colonization by galling insects. *Austral Ecology*, vol. 31, *in press*.

Balduino, A.P.C. 2001. Estrutura da vegetação lenhosa de Cerrado *stricto sensu* e sua relação com o solo na estação florestal de experimentação de Paraopeba-MG. Dissertação de Mestrado em Botânica, UFV, Viçosa (MG), 94 p.

Basset, Y., Aberlenc, H.P., Barrios, H., Curletti, G., Béranger, J.M., Vesco, J.P., Causse, P., Haug, A., Hennion, A.S., Lesobre, L., Marques, F. & O'Meara, R. 2001. Stratification and diel activity of arthropods in a lowland rainforest in Gabon. *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 72, p. 585-607.

Bolton, B. 2003. Synopsis and Classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute*, Vol. 71. 370 p. Gainesville, FL.

Campos, R. I., Vasconcelos, H. L., Ribeiro, S. P., Neves, F. S. & Soares, J. P. 2006. Relationship between tree size and insect assemblages associated with *Anadenanthera macrocarpa*. *Ecography*, *in press*.

Crawley, M. J. 2002. *Statistical Computing: An Introduction to Data Analysis using S-Plus*. John Wiley & Sons, LTD. London. Blackwell Scientific Publications.

Floren, A., Biun, A. & Linsenmair, E. K. 2002. Arboreal ants as key predators in tropical lowland rainforest trees. *Oecologia*, v. 131, n1, p.137-144.

Frederickson, M. E.; Greenet, M. J. & Gordon, D. M. 2005. 'Devil's gardens' bedevilled by ants. *Nature*, v. 437, n. 22, p.495-496.

Gonçalves, T. T., DeSouza, O., Reis Jr, R & Ribeiro S. P. 2005. Effect of tree size and growth form on the presence and activity of arboreal termites (Insecta: Isoptera) in the Atlantic Rain Forest. *Sociobiology*, v. 46. (2), p. 421-431.

Goodland, R.A. 1971. A physiognomic analyses of the Cerrado vegetation of Central Brazil. *Journal of Ecology*, v. 59, p. 1-9.

Harada, A. Y. & Benson, W. W. 1988. Espécies de *Azteca* (Hymenoptera: Formicidae) especializadas em *Cecropia* spp. (Moraceae): Distribuição geográfica e considerações ecológicas. *Revista Brasileira de Entomologia*. v. 32(3/4), p. 423-435.

Hölldobler, B. & Wilson, E.O. 1990. *The Ants*. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 732 p.

Izzo, T. J. & Vasconcelos, H. L. 2002. Cheating the cheater: domatia loss minimizes the effects of ant castration in an Amazonian ant-plant. *Oecologia*, v. 133, p. 200-205.

Jantti, A., Aho, T. Hakkaraine, H. Kuitunen, M. & Suhonen, J. 2001. Prey depletion by the foraging of the Eurasian treecreeper, *Certhia familiaris*, on tree-trunk arthropods. *Oecologia*, v.128, p. 488-491.

Kaspari, M. 1996b. Testing resource-based models of patchiness in four Neotropical litter ant assemblages. *Oikos*, v. 76, p. 443-454.

Lapola, D. M. Bruna, E. M. & Vasconcelos, H. L. 2003. Contrasting responses to induction cues by ants inhabiting *Maieta guianensis* (Melastomataceae). *Biotropica*, v. 35, p. 295-300.

Lawton, J.H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology*, v. 28, p. 23-39.

Lawton, J. H., Bignell, D. E., Bolton, B., Bloemers, G. F., Eggleton, P., Hammond, P. M., Hodda, M., Holt, R. D., Larsen, T. B., Mawdsley, N. A., Stork, N. E., Srivastava, D. S. & Watt, A. D. 1998. Biodiversity inventories, indicator tax and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*, v. 391. p. 72-76.

Marquis, R.J., Lill, J.T & Piccinni, A. 2002. Effect of plant architecture on colonization and damage by leafyiting caterpillars of *Quercus alba*. *Oikos*, v. 99, p. 531-537.



- Neves, F. S. 2005. Efeitos da estrutura do habitat sobre insetos herbívoros associados ao dossel. Tese de Mestrado. Entomologia, Universidade Federal de Vicosa. 89 p.
- Oliveira, P. S. & Freitas, A. V. L. 2004. Ant-plant-herbivore interactions in the neotropical cerrado savanna. *Naturwissenschaften*, v. 91, p. 557-570.
- Palo, R.T., Gowda, J. & Hogberg, P. 1993. Species height and root symbiosis, two factors influencing antiherbivore defense of woody plants in East African savanna. *Oecologia*, v. 93, p. 322-326.
- Pic, M. 2001. Fatores estruturadores da riqueza de espécies de formigas arborícolas em Cerrado. Tese de Mestrado. Entomologia, Universidade Federal de Vicosa. 44 p.
- R Development Core Team. 2005. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Raine, N. E.; Gammans, N.; Macadyen, I. J.; Scrivner, G. & Stone, G. 2004. Guards and thieves: antagonistic interactions between two ant species coexisting on the same ant-plant. *Ecological Entomology*, v. 29, p. 345-352.
- Ribas, C. R., Schoederer, J. H. Pic, M. & Soares, S. M. 2003. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. *Austral Ecology*, v. 28, p. 305-314.
- Romero, G. Q. & Vasconcelos-Neto, J. 2005. The effects of plant structure on the spatial and microspatial distribution of bromeliad-living jumping spider (Salticidae). *Journal Animal Ecology*, v. 74, p. 12-21.
- Solano, P. J. & Dejean, A. 2004. Ant-fed plants: comparasion between three geophytic myrmecophytes. *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 83, p. 433-439.
- Vale, F.X.R.; Fernandes Filho, E.I.F. & Liberato, J.R. 2003. Quant - A software for plant disease severity assessment. *Anais do 8th International Congress of Plant Pathology*, Christchurch, Nova Zelândia, 2-7 Fevereiro de 2003, Volume 2, p. 105.
- Vasconcelos, H. L. & Davidson, D. W. 2000. Relationship between plant size and ant associates in two Amazonian ant-plant. *Biotropica*, v. 32 (1), p. 100-111.

## Conclusões Gerais

Concluimos que o efeito das escalas é determinante no padrão de ocorrência e riqueza de espécies de formigas no cerrado, sendo que algumas características das plantas podem ser determinantes da riqueza local de espécies de formigas. O efeito da escala local foi confirmado a partir dos resultados abaixo:

- A rugosidade de casca das árvores mostrou uma relação significativa na riqueza de espécies de formigas, quanto maior a rugosidade menor foi o número de espécies de formigas. Para explicar essa relação sugerimos três hipóteses:

- Plantas com cascas mais rugosas dispõem de mais e maiores espaços, dando condições e estruturas para sustentar uma ou poucas colônias de formigas. Estas, através de uma dominância comportamental, poderiam inibir o acesso de outras espécies de formigas àquelas árvores.

- As rugosidades podem ser ocupadas por outros artrópodes predadores que, por representarem risco de predação, diminuiriam o número de espécies de formigas neste local.

- A ocupação das rugosidades pelas formigas pode ser sazonal, pois cascas muito rugosas podem acumular grande quantidade de água e, assim, inibir a colonização ou favorecer o abandono de ninhos de formigas nestes microambientes em períodos chuvosos.

- Houve diferenças na riqueza de espécies de formigas em relação às fitofisionomias do cerrado.

- O campo cerrado e cerradão não tiveram diferenças significativas no número de espécies de formigas, enquanto que áreas 2 e 3 (cerrado *sensu stricto*) foram significativamente distintas entre si e do campo cerrado e cerradão. Salienta-se que não pareceu haver uma relação direta entre a riqueza de espécies de formigas e a densidade de árvores da parcela.

- A espessura do súber da casca das árvores não mostrou relação significativa com a riqueza de espécies de formigas. Assim, plantas com súber mais espesso não significa, necessariamente, mais espaços e/ou recursos para as formigas.

- As análises da complexidade da arquitetura e do tamanho das plantas revelaram que estas variáveis não têm influência significativa na riqueza de espécies de formigas no cerrado. Para explicar esta ausência de relação sugerimos três hipóteses:

- *Predação*: No cerrado a predação sobre as comunidades de formigas pode ser baixa, de modo que áreas de abrigo e refúgio, fornecido pela complexidade de arquitetura, não seriam importantes.

- *Conectividade*: Os grandes espaços entre plantas no cerrado reduzem o contato entre as copas e esta falta de conectividade poderia explicar a não relação entre as partes da copa das plantas e a riqueza de espécies de formigas, entretanto, esta relação também foi ausente no cerradão.

- *Condições ambientais*: Os grandes espaços entre plantas levam ao aumento na luminosidade, na temperatura, na perda de água e de umidade e na maior velocidade do vento e estas condições podem ser bem mais preponderantes na riqueza de espécies de formigas do que a complexidade de copa e o tamanho das plantas.

- O tamanho da planta também não mostrou relação com a riqueza de espécies de formigas. Esta falta de relação pode ter sido, pelo menos em parte, porque em algumas plantas a circunferência basal não representa o seu tamanho real.

Dessa forma, fatores em escala muito pequena, como a rugosidade da casca das árvores, podem ser importantes para explicar a riqueza de espécies de formigas. Quando se aumenta a escala espacial, como a arquitetura e o tamanho da planta, o efeito passa a ser não significativo. No entanto, como parcelas diferentes têm diferentes riquezas de espécies de formigas, pode ser que fatores atuando nesta escala, como a heterogeneidade ambiental, possam ser importantes para explicar as diferenças observadas na riqueza de espécies.

Fazendo uma avaliação geral desse estudo, sugerimos que sejam considerados os processos em pequenas escalas, como características estruturais e espécies das plantas, bem como recursos, como fatores importantes na determinação dos padrões de distribuição e riqueza de espécies de formigas em ambientes de Cerrado.