

MANOEL VIEIRA DE ARAÚJO JÚNIOR

EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NAS TAXAS DE HERBIVORIA DA
FORMIGA CORTADEIRA *Atta cephalotes*

Recife, 2004

MANOEL VIEIRA DE ARAÚJO JÚNIOR

EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NAS TAXAS DE HERBIVORIA DA
FORMIGA CORTADEIRA *Atta cephalotes*

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Biologia
Vegetal da Universidade Federal de
Pernambuco, como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Inara R. Leal

Co-orientador: Prof. Dr. Rainer M. Wirth

Recife, 2004

MANOEL VIEIRA DE ARAÚJO JÚNIOR

Dissertação submetida à banca examinadora:

Orientadora:

Prof.^a. Dr.^a. Inara Roberta Leal (Departamento de Botânica – UFPE)

Membros titulares:

Prof. Dr. André Victor Lucci Freitas (Museu de Zoologia – UNICAMP)

Prof.^a. Dr.^a. Jarcilene Almeida Cortez (Departamento de Botânica – UFPE)

Membros suplentes:

Prof. Dr. Paulo Jorge Parreira Santos (Departamento de Zoologia – UFPE)

Prof. Dr. Marcelo Tabarelli (Departamento de Botânica – UFPE)

ATA DA PROVA PÚBLICA DE DEFESA DA DISSERTAÇÃO DO ALUNO MANOEL VIEIRA DE ARAÚJO JR., DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL DO CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

Às nove horas e dez minutos horas, do dia dezanove de fevereiro de dois mil e quatro, na sala de aula teórica, do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, do Centro de Ciências Biológicas, realizou-se a prova pública de dissertação do Mestrando MANOEL VIEIRA DE ARAÚJO JR., intitulada: "EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NAS TAXAS DE HERBIVORIA DA FORMIGA CORTADEIRA *Atta laevigata*". A Banca Examinadora, teve como membros titulares os Professores: Dra. INARA ROBERTA LEAL, do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco, Doutora em Ecologia, pela Universidade Estadual de Campinas, e Orientadora do aluno; Dr. ANDRÉ VICTOR LUCCI FREITAS, Professor do Departamento de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas, Doutor em Ecologia, pela Universidade Estadual de Campinas, e a Dra. JARCILENE DE ALMEIDA-CORTEZ, Professora do Depto. de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco, PhD em Ciências, pela Universidade de Sherbrooke-Canadá. Como Membros Suplentes o Dr. PAULO SANTOS, do Departamento de Zoologia da Universidade Federal de Pernambuco, e o Dr. MARCELO TABARELLI, Professor da Universidade Federal de Pernambuco. A Dra. IVA CARNEIRO LEÃO BARROS, na qualidade de Coordenadora do Programa, iniciou a sessão apresentando os membros da banca, e convidando em seguida a Dra. INARA ROBERTA LEAL para presidir a sessão, na qualidade de orientadora do aluno. A Dra. INARA ROBERTA LEAL convidou o aluno para fazer a exposição do seu trabalho. Após a apresentação do aluno, a Profa. INARA ROBERTA LEAL convidou o Dr. ANDRÉ VICTOR LUCCI FREITAS, para fazer a sua arguição em forma de diálogo. Em seguida, o mestrando foi arguido, também em forma de diálogo, pela Dra. JARCILENE DE ALMEIDA CORTEZ. Após o término das arguições, a Dra. INARA ROBERTA LEAL teceu agradecimentos aos membros da banca pelas sugestões, fez alguns comentários sobre o trabalho de seu orientando, e em seguida solicitou aos presentes que se retirassem por alguns instantes para que se procedesse a avaliação do mesmo. Após reunir-se, a Banca Examinadora atribuiu ao Mestrando, MANOEL VIEIRA DE ARAÚJO JR. a seguinte menção: "APROVADO COM DISTINÇÃO", por unanimidade, e face a este resultado o mesmo está apto a receber o grau de Mestre em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Pernambuco. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às dez e trinta horas, e para constar como Secretária, EU, GIOVANNA GUTERRES, lavrei, datei e assinei esta ATA, que também assinam os demais presentes.

Recife, 19 de fevereiro de 2004.

Giovanna Guterres

Inara Leal

Iva Carneiro Leão Barros

Jarcilene de Almeida Cortez

Manoel Vieira de Araújo Jr.

Paulo Santos

Verônica S. Barroso

Polianna F. Falcão

Vanilda André S. Costa

etc. etc. etc.

Homologada em
Reunião de Coli-
giado de 5/3/04.

Giovanna Guterres

[Handwritten signature]

Pub. L.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

À minha família, pelo apoio e por estar sempre presente em todos os momentos de minha vida.

À minha orientadora e amiga, Dr^a Inara Leal, pela oportunidade e pelos ensinamentos ao longo desses anos.

Ao Dr. Rainer Wirth, pela ajuda prestada mesmo estando longe.

Aos membros da banca examinadora.

À Walkiria Rejane de Almeida, pela grande ajuda no trabalho de campo, na confecção da dissertação e por estar sempre ao meu lado.

Às meninas de Inara: Poliana, Verinha e Walkiria, pela colaboração durante as coletas dos dados.

A todos que ajudaram de alguma forma ao longo desses dois anos: Pille Urbas, Mariève Jutras, Michele Corrêa, Wemerson Almeida, Welma Rejane, Úrsula Silveira, Fábio Cavalcanti, Olivier Darrault...

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo e pelo financiamento do projeto.

À Fundação de Pesquisa Alemã (DFG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto.

Ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN), Conservation International (CI) e a Usina Serra Grande (USGA) por todo o apoio fornecido.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS

APRESENTAÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	10
MANUSCRITO.....	17
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
RESULTADOS.....	25
DISCUSSÃO.....	27
AGRADECIMENTOS.....	32
LITERATURA CITADA.....	33
TABELAS.....	37
LEGENDA DAS FIGURAS.....	39
CONCLUSÕES.....	45

APRESENTAÇÃO

A fragmentação de habitats merece atenção especial, pois é a causa potencial do decréscimo da biodiversidade em florestas tropicais (Saunders *et al.* 1991). Esse processo tem se intensificado nos últimos anos, trazendo graves conseqüências para as comunidades biológicas. Dentre os vários efeitos da fragmentação, a influência negativa sobre os processos ecológicos são um dos mais importantes (Peres 2000), sendo também um dos fatores responsáveis pela extinção de espécies (Vasconcelos 1999).

As formigas cortadeiras do gênero *Atta* (Formicidae, Myrmicinae, Attini) são consideradas organismos fundamentais em ecossistemas tropicais por causa dos vários efeitos que exercem nesses ecossistemas (Perfecto & Van der Meer 1993). O aspecto mais importante relacionado a essas formigas é sua posição como herbívoro dominante na região Neotropical, já que uma única colônia pode consumir muitos quilos de material vegetal por ano (Wirth *et al.* 1997).

A densidade das formigas cortadeiras aumenta em áreas fragmentadas (Urbas *et al.* 2003), porém as causas desse aumento ainda não têm sido bem estudadas (Farji-Brener 2001). Com o aumento na disponibilidade de plantas pioneiras devido aos efeitos da fragmentação (Laurance *et al.* 1998b) e pela preferência das formigas cortadeiras por essas espécies (Wirth *et al.* 2003), nós acreditamos que esse aumento na densidade se deve a uma maior quantidade de recursos disponíveis às formigas.

Essa dissertação, que é apresentada em forma de artigo científico a ser submetido à revista “Journal of Tropical Ecology”, testa a hipótese que as colônias das formigas cortadeiras da espécie *Atta cephalotes* (Linné, 1758) possuem taxas de herbivoria mais elevadas em ambientes perturbados, como bordas de florestas e pequenos fragmentos. Esperamos que esses resultados, assim como os resultados das outras dissertações integrantes do projeto “Interações tróficas em florestas

fragmentadas: o sistema modelo das formigas cortadeiras” (CAPES/DFG; CNPq) dêem mais informações à questão do aumento da densidade das formigas cortadeiras em consequência do processo de fragmentação.

REVISÃO DE LITERATURA

A Floresta Tropical Atlântica

A Floresta Tropical Atlântica, considerada atualmente como um dos mais ricos conjuntos de ecossistemas em termos de diversidade biológica do planeta, é constituída por três formações distintas: as matas das planícies litorâneas, as matas de encosta e as matas de altitude (Joly *et al.* 1991). Esta classificação se estende para todos os domínios da Floresta Atlântica na costa brasileira. Nas regiões Sudeste e Sul predominam a floresta de encosta e na região Nordeste, a floresta de terras baixas (Rizzini 1979).

A Floresta Atlântica possuía uma área original superior a 1.300.000 km² ao longo da costa brasileira, da região Nordeste até a região Sul, ocupando cerca de 15% do território nacional (Fundação SOS Mata Atlântica 2003). Atualmente, está restrita a aproximadamente 98.000 km² de remanescentes, que equivalem a 7,6% de sua extensão original, com os últimos fragmentos de floresta ainda encontrando-se sob intensa pressão antrópica e sob risco iminente de extinção (Morellato 2000). Essa situação é, sem dúvida, resultante dos impactos causados pelos ciclos de exploração econômica desordenada desde o início da colonização européia e da alta densidade demográfica em sua área de abrangência (Fundação SOS Mata Atlântica 2003).

Na região Nordeste a situação é ainda mais grave, com os remanescentes florestais desse tipo de formação possuindo um grau de degradação ainda maior que em outras regiões do Brasil (Silva & Tabarelli 2000). Os fragmentos florestais somam aproximadamente 2% da área original da Floresta Atlântica (Ranta *et al.* 1998), são pequenos, isolados e sofrem muita pressão de corte seletivo, caça e fogo (Silva & Tabarelli 2000).

Fragmentação Florestal

A fragmentação de habitats é um fenômeno que ocorre em todo o mundo, afetando de forma extremamente negativa a diversidade de espécies (Diamond 1984 *apud* Rao 2001). Uma das principais conseqüências dessa fragmentação é a redução da área dos remanescentes e o aumento do isolamento entre eles (Saunders *et al.* 1991). A grande distância entre os fragmentos é um dos principais fatores que afetam a colonização das espécies e a troca de genes entre as populações (Ranta *et al.* 1998). Em decorrência dessa redução, ocorrem mudanças ecológicas nos remanescentes como, por exemplo, diminuição na diversidade de espécies (Kruess & Tscharntke 2000) e a conseqüente interrupção de processos importantes como polinização, parasitismo e dispersão de sementes (Aizen & Feinsinger 1994, Kruess & Tscharntke 1994, Silva & Tabarelli 2000).

Outra grave conseqüência da fragmentação florestal nas comunidades ecológicas é o aumento na razão borda/interior da floresta, que resulta em uma variedade de modificações físicas e biológicas nos remanescentes (Saunders *et al.* 1991). Essas mudanças, que são normalmente descritas como efeito de borda (Laurance *et al.* 1998a, b), acarretam modificações nas condições abióticas da floresta como aumento na incidência de luz, aumento da temperatura e da turbulência, e diminuição na umidade relativa (Murcia 1995). Essas modificações físicas alteram a composição de espécies e a estrutura da floresta. Como exemplo, os remanescentes florestais possuem elevadas taxas de mortalidade de árvores em decorrência do aumento da turbulência (Laurance 1997) ou intolerância às mudanças climáticas repentinas (Ferreira & Laurance 1997). Em conseqüência disso, os fragmentos exibem um aumento nas taxas de recrutamento de espécies pioneiras (Laurance *et al.* 1998a).

As formigas cortadeiras do gênero *Atta*: distribuição e importância

A tribo Attini (Formicidae: Myrmicinae) possui 210 espécies de formigas (Schultz & Meier 1995) que apresentam um hábito exclusivamente fungívoro (Hölldobler & Wilson 1990). As 15 espécies do gênero *Atta*, juntamente com as 24 do gênero *Acromyrmex*, são popularmente conhecidas como formigas cortadeiras ou saúvas. Estas formigas utilizam especialmente folhas como substrato para o fungo simbiótico que cultivam no interior de suas colônias, consumindo mais vegetação que qualquer outro grupo animal de diversidade taxonômica comparável (Hölldobler & Wilson 1990).

As formigas do gênero *Atta* são endêmicas do Novo Mundo, podendo ser encontradas em todo o território brasileiro, com exceção do arquipélago de Fernando de Noronha (Schoederer & Coutinho 1990). As espécies desse gênero acham-se distribuídas nos mais diversificados ecossistemas da América do Norte, Central e do Sul. O Brasil abriga o maior número de espécies desse grupo de formigas e, provavelmente, a região amazônica é o centro de origem e irradiação deste gênero (Sales 1998).

Esses organismos são amplamente conhecidos por sua atividade desfoliadora (Farji-Brener 1993), sendo considerados uma praga agrícola bastante importante para áreas cultivadas, principalmente em áreas reflorestadas, onde causam enormes prejuízos (Forti *et al.* 1983). As formigas cortadeiras do gênero *Atta* podem explorar uma grande quantidade de espécies vegetais, exibindo preferência por cortar espécies pioneiras (Wirth *et al.* 2003).

Essas formigas têm sido consideradas como os invertebrados dominantes em ecossistemas tropicais (Wirth *et al.* 1997). Colônias maduras de espécies do gênero *Atta* podem possuir alguns milhões de formigas, com as operárias cortando a vegetação em

cima dos ninhos e ao longo de um complexo sistema de trilhas de forrageamento (Hölldobler & Wilson 1990). O número de formigas nas colônias é bastante variável, dependendo da idade e da espécie considerada (Forti *et al.* 1983). Por exemplo, a população de formigas em uma colônia de *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) de aproximadamente oito anos de idade foi estimada em 3.500.000 operárias (Pereira-da-Silva 1975).

A grande importância das saúvas se deve às variadas influências que esses organismos exercem em diferentes escalas, desde populações de plantas até todo o ecossistema (Wirth *et al.* 2003). Ao nível populacional, esses organismos afetam o sucesso reprodutivo de indivíduos tanto diretamente, através da dispersão ou predação de sementes (Dalling & Wirth 1998; Leal & Oliveira 1998, 2000), quanto indiretamente, através da sua atividade de herbivoria (Wirth *et al.* 2003). As formigas também podem induzir a mortalidade de árvores inteiras através do corte de um percentual elevado de suas folhas (Vasconcelos & Cherret 1997) e têm efeito negativo sobre a regeneração de muitas espécies de plantas (Rao *et al.* 2001). Modificações nas populações podem levar a mudanças na composição e estrutura da comunidade (Farji-Brener 2001), que também é afetada através da influência que as formigas exercem no regime de luz da floresta, devido à criação de clareiras de sub-bosque nas proximidades das colônias (Garrettson *et al.* 1998). Além disso, as formigas cortadeiras aceleram a ciclagem de nutrientes, carregando para dentro de suas colônias uma grande quantidade de matéria orgânica, antes componente da cobertura vegetal (Coutinho 1984).

As formigas cortadeiras como herbívoros dominantes

O aspecto mais importante relacionado às formigas cortadeiras é a sua posição como herbívoro dominante em ecossistemas neotropicais, uma vez que uma única colônia pode consumir centenas de quilogramas de material vegetal por ano (Fowler *et al.* 1990, Wirth *et al.* 1997). Cherrett (1989) estimou que a quantidade de vegetação consumida por uma colônia de *Atta* pode atingir entre 12 e 17% da produção vegetal em um ecossistema de floresta. Já Wirth *et al.* (2003), estudando colônias de *Atta colombica* Guérin, 1845 no Barro Colorado, Panamá, chegaram a valores mais conservativos. Estes autores estimaram que a taxa de herbivoria de uma única colônia equivale a aproximadamente 2,5% da produção vegetal na localidade.

Em ecossistemas de Cerrado, as formigas cortadeiras também são consideradas espécies chaves (Brandão & Vanzolini 1985), sendo, talvez, o principal consumidor primário desse ecossistema (Coutinho 1984).

As formigas cortadeiras coletam preferencialmente espécies de plantas pioneiras (Wirth *et al.* 1997, 2003), por possuírem menos defesa química que espécies de estágios sucessionais mais tardios, tornando-se assim mais vulneráveis à herbivoria (Cebrian & Duarte 1994, Coley *et al.* 1985). A maior abundância de espécies de plantas pioneiras em ambientes perturbados (Laurance *et al.* 1998a) pode ser um dos fatores que contribuem para uma maior densidade dessas formigas em bordas de florestas e pequenos fragmentos (Urbas *et al.* 2003).

O efeito da sazonalidade no forrageamento de *Atta* spp.

As formigas cortadeiras são caracterizadas por serem extremamente termofílicas e as variações no clima são consideradas determinantes em seus ritmos de forrageamento (Hölldobler & Wilson 1990), principalmente em climas subtropicais e

temperados. Operárias dessas formigas forrageiam principalmente entre os 20 e 30°C de temperatura, diminuindo sua atividade acima ou abaixo desses valores (Hölldobler & Wilson 1990). Em ambientes tropicais, onde a temperatura é relativamente constante ao longo do ano e a estacionalidade é definida principalmente por uma estação seca e outra chuvosa, os estudos revelam padrões pouco claros (Farji-Brener 1993).

Rockwood (1975), estudando colônias de *A. cephalotes* e *A. colombica*, verificou que as duas espécies forrageiam predominantemente durante a noite na estação seca, evitando as altas temperaturas durante o dia, e possuem padrão diurno de forrageamento durante a estação chuvosa. O autor observou também que a quantidade de material vegetal coletado pelas formigas mostrou grande variação sazonal e que o tipo de material cortado mudou drasticamente com as estações, diminuindo para um número limitado de espécies de plantas durante a estação chuvosa.

Padrões sazonais no forrageamento de *Atta sexdens* (Linné, 1758) foram estudados por Fowler & Robinson (1979), que verificaram a ocorrência de mudanças sazonais nesses padrões, como, por exemplo, no número e comprimento das trilhas de forrageamento e, conseqüentemente, na área de forrageamento. Os meses com temperatura mais amena foram caracterizados por um baixo número de operárias e uma pequena área de forrageamento compostas por numerosas, porém curtas, trilhas de forrageamento. Já nos meses mais quentes o forrageamento foi caracterizado por poucas trilhas de grande comprimento. Os autores também observaram que ocorria uma diferença significativa entre a média do peso seco dos fragmentos vegetais coletados durante a estação chuvosa e a estação seca.

O forrageamento noturno/diurno da formiga cortadeira *A. laevigata* em uma savana tropical foi observado por Farji-Brener (1993), que verificou que a estacionalidade não determina mudanças nos ritmos de forrageamento dessa espécie de

cortadeira, salvo como possível resposta a valores extremos que poderiam limitar suas atividades. O autor sugeriu que, em ambientes climaticamente estáveis, os fatores intrínsecos de cada colônia é que funcionam como os principais reguladores da atividade de forrageamento.

Vasconcelos (1997) investigando alguns fatores que afetam a atividade da formiga cortadeira *A. laevigata* sobre espécies lenhosas verificou que o número de plantas atacadas variava sazonalmente. Nos meses de novembro e dezembro, onde ocorriam as chuvas com maior intensidade, o número de plantas atacadas foi menor, chegando a menos de uma planta atacada por dia.

A atividade de forrageamento da formiga cortadeira *A. colombica* em uma floresta semidecídua no Panamá foi observada por Wirth *et al.* (1997) pelo período de um ano e estes verificaram que o total de biomassa coletada durante a estação seca foi significativamente mais alta que a coletada durante a estação chuvosa. Os autores observaram também que durante a estação chuvosa, as formigas coletaram grandes quantidades de folhas, enquanto que na estação seca, a coleta consistiu predominantemente de partes de frutos, flores e estípulas, evidenciando a influência da sazonalidade sobre a atividade de forrageamento das formigas cortadeiras.

Wirth *et al.* (2003), observando a atividade de forrageamento de *A. colombica*, verificaram que a ocorrência de fortes chuvas, durante ou momentos antes do pico de atividades dessas formigas, podem reduzir substancialmente a quantidade de material vegetal coletado ao longo do dia, mostrando assim que precipitação tem influência direta sobre a atividade desses organismos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZEN, M. A. & FEINSINGER, P. 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a chaco dry forest, Argentina. *Ecology* 75: 330-351.
- BRANDÃO, C. R. F. & VANZOLINI, P. E. 1985. Notes on incubatory inquilinism between Squamata (Reptilia) and the Neotropical fungus-growing ant genus *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 36: 31-36.
- CEBRIAN, J. & DUARTE, C.M. 1994. The dependence of herbivory on growth rate in natural plant communities. *Functional Ecology* 8: 518-525.
- CHERRETT, J. M. 1989. Leaf-cutting ants. Pp. 473-486 in Lieth, H. & Werger M. J. A. (eds). *Ecosystems of the world*. Elsevier. Amsterdam-Oxford-New York
- COLEY, P. D., BRYANT, J. P. & CHAPIN, F. S. 1985. Resource availability and plant anti-herbivore defense. *Science* 230: 895-899.
- COUTINHO, L. M. 1984. Aspectos ecológicos da saúva no cerrado – a saúva, as queimadas e sua possível relação na ciclagem de nutrientes minerais. *Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo* 8: 1-9.
- DALLING, J. W. & WIRTH, R. 1998. Dispersal of *Miconia argentea* seeds by the leaf-cutting ant *Atta colombica*. *Journal of Tropical Ecology* 14: 705-710.
- FARJI-BRENER, A. G. 1993. Influencia de la estacionalidad sobre los ritmos forrageros de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) en una sabana tropical. *Revista de Biología Tropical* 41: 897-899.
- FARJI-BRENER, A. G. 2001. Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. *Oikos* 92:169-177.

- FERREIRA, L. V. & LAURANCE, W. F. 1997. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in central Amazonia. *Conservation Biology* 11: 797-801.
- FORTI, L. C., SILVEIRA NETO, S. & PEREIRA-DA-SILVA, V. 1983. Dois métodos de avaliação de densidade populacional para operárias forrageiras de *Atta sexedens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 12: 195-211.
- FOWLER, H. G. & ROBINSON, S. W. 1979. Foraging by *Atta sexdens* (Formicidae: Attini): seasonal patterns, caste and efficiency. *Ecological Entomology* 4: 239-247.
- FOWLER, H. G; FORTI, L. C. & ROMAGNANO, L. F. T. D. 1990. Methods for the evaluation of leaf-cutting ant harvest. Pp. 228-241 in: Van der Meer, R. K. Jaffe, K. & Cedeno, A. (eds). *Applied Myrmecology - A world perspective*. Westview Press, Boulder, Oxford.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. 2003. <http://www.sosmataatlantica.org.br>
- GARRETTSON, M., STETZEL, J. F.; HALPERN, B. S., HEARN, D. J., LUCEY, B. T. & MCKONE, M. J. 1998. Diversity and abundance of understory plants on active and abandoned nests of leaf-cutting ants (*Atta cephalotes*) in a Costa Rica rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 14: 17-26.
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. 1990. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge, USA.
- JOLY, C. A., LEITÃO FILHO, H. F. & SILVA, S. M. 1991. O patrimônio florístico - The floristic heritage. In: *Mata Atlântica - Atlantic rain Forest* (G.I. Câmara, coord.). Ed. Index Ltda. e Fundação S.O.S. Mata Atlântica, São Paulo.

- KRUESS, A. & TSCHARNTKE, T. 1994. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science* 264: 1581-1584.
- KRUESS, A. & TSCHARNTKE, T. 2000. Species richness and parasitism in a fragmented landscape: experiments and field studies with insects on *Vicia sepium*. *Oecologia* 122: 129-137.
- LAURANCE, W. F. 1997. Hyper-disturbed parks: edge effects and the ecology of isolated rainforest reserves in tropical Australia. Pp. 71-83 in: Laurance, W. F., Bierregaard Jr, R. O. (eds). *Tropical forest remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- LAURANCE, W. F., FERREIRA, L. V., RANKIN-DE-MERONA, J. M. & LAURANCE, S. G. 1998a. Rain forest fragmentation and the dynamics of amazonian tree communities. *Ecology* 79: 2032-2040.
- LAURANCE, W. F., FERREIRA, L. V., RANKIN-DE-MERONA, J. M., LAURANCE, S. G., HUTCHINGS, R. & LOVEJOY, T. 1998b. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conservation Biology* 12: 460-464.
- LEAL, I. R. & OLIVEIRA, P. S. 1998. Interactions between fungus growing ants (Attini), fruits and seeds in cerrado vegetation in Southeast Brazil. *Biotropica* 30: 170-178.
- LEAL, I. R. & OLIVEIRA, P. S. 2000. Foraging ecology of attine ants in a Neotropical savanna: seasonal use of fungal substrate in the cerrado vegetation of Brazil. *Insectes Sociaux* 47: 376-382.
- MORELLATO, L. P. C. 2000. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32: 786-792.

- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: application for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- PEREIRA-DA-SILVA, V. 1975. Contribuição ao estudo das populações de *Atta sexdens rubropilosa* Forel e *Atta laevigata* (F. Smith) no estado de São Paulo (Hym.: Formicidae). *Studia Entomologica* 18: 201-250.
- PERES, C. A. 2000. Identifying keystone plant resources in tropical forests: the case of gums from *Parkia* pods. *Journal of Tropical Ecology* 16: 1-31.
- PERFECTO, I. & VAN DER MEER, J. 1993. Distribution and turnover rate of a population of *Atta cephalotes* in a tropical rain forest in Costa Rica. *Biotropica* 25: 316-321.
- RANTA, P., BROM, T., JOENSUU, E. & MIKKO, S. 1998. The fragmented Atlantic forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. *Biodiversity and Conservation* 7: 385-403.
- RAO, M., TERBORGH, J. & NUÑEZ, P. 2001. Increased herbivory in forests isolates: implications for plant community structure and composition. *Conservation Biology* 15: 624-633.
- RIZZINI, C.T. 1979. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos*. Edusp e Editora Hucitec, São Paulo.
- ROCKWOOD, L. L. 1975. The effects of seasonality on foraging in two species of leaf-cutting ants (*Atta*) in Guanacaste province, Costa Rica. *Biotropica* 7: 176-193.
- SALES, F. J. M. 1998. *Saúvas: comportamento, domesticação e aleloquímicos*. Fortaleza. 326p.
- SAUNDERS, D. A., HOBBS, R. J. & MARGULES, C. R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.

- SCHOEREDER, J. H. & COUTINHO, L. M. 1990. Fauna e estudo zoossociológico das espécies de saúvas (FORMICIDAE, ATTINI) de duas regiões de cerrado do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Entomologia* 34: 561-568.
- SCHULTZ, T. R. & MEIER, R. 1995. A phylogenetic analysis of the fungus-growing ants (Hymenoptera: Formicidae: Attini) based on morphological characters of the larvae. *Systematic Entomology* 20: 337-370.
- SILVA, J. M. C. & TABARELLI, M. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeastern Brasil. *Nature*, 404: 72-74.
- URBAS, P., ALMEIDA, W. R., BARBOSA, V. S., FALCÃO, P. F., KNOECHELMANN, C. M., SILVEIRA, U. A., ARAÚJO JR, M. V., LEAL, I. R. & WIRTH, R. 2003. Increase in leaf – cutting ants density through forest fragmentation: a result of altered trophic structure? *Annual meeting of Tropical Ecology Society*, Rostock, Germany.
- VASCONCELOS, H. L. 1997. Foraging activity of an Amazonian leaf-cutting ant: responses to changes in the availability of woody plants and to previous plant damage. *Oecologia* 112: 370-378.
- VASCONCELOS, H. L. 1999. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in Central Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 8: 409-420.
- VASCONCELOS, H. L. & CHERRET, J. M. 1997. Leaf- cutting ants and early plant regeneration in central Amazonia: effects of herbivory on tree seedling establishment. *Journal of Tropical Ecology* 13: 357-370.
- WIRTH, R., BEYSCHLAG, W., RYEL, R. J. & HOLLDÖBLER, B. 1997. Annual foraging of the leaf-cutting ant *Atta colombica* in a semideciduous rain forest in

Panama. *Journal of Tropical Ecology* 13: 741-757.

WIRTH, R., BEYSCHLAG, W., HERZ, H., RYEL, R. J. & HÖLLDOBLER, B. 2003.

The herbivory of leaf-cutting ants. A case study on Atta colombica in the tropical rainforest of Panama. Ecological Studies, 164. Springer Verlag, Berlin.

MANUSCRITO A SER ENVIADO AO PERIÓDICO *JOURNAL OF TROPICAL
ECOLOGY*

Efeito da fragmentação florestal nas taxas de herbivoria da formiga cortadeira

Atta cephalotes

Efeito da fragmentação florestal nas taxas...

Manoel Vieira de Araújo Jr.¹, Pille Urbas², Rainer Mathias Wirth², Inara Roberta Leal¹.

¹Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco

Av. Prof. Moraes Rego s/nº, Cidade Universitária, 50670-901, Recife, PE, Brasil.

E-mails: maviaraujo@yahoo.com.br, irleal@ufpe.br;

²Abteilung Allgemeine Botanik, Universität Kaiserslautern, Postfach 3049, 67653

Kaiserslautern, Germany.

E-mail: pilleurbas@hotmail.com, wirth@rhrk.uni-kl.de

RESUMO

As principais conseqüências da fragmentação são a redução e o isolamento dos habitats e um maior efeito de borda nos remanescentes. As mudanças decorrentes desse efeito permitem o estabelecimento de espécies pioneiras nos fragmentos e nas áreas de borda de floresta. Como as formigas cortadeiras coletam preferencialmente espécies pioneiras, nós hipotetizamos que as taxas de herbivoria de *Atta cephalotes* são maiores nas colônias localizadas em áreas perturbadas, como bordas e fragmentos pequenos, do que em florestas maduras. As taxas de herbivoria foram calculadas através da seguinte fórmula: Taxa de herbivoria = $(TR \times 100 / (TR + VAC))$ onde, TR é o total removido pelas formigas e VAC é a vegetação disponível após a remoção. As colônias localizadas na borda e no fragmento tiveram maiores taxas de herbivoria que as colônias localizadas no interior de florestas maduras, corroborando a hipótese apresentada. O fator responsável por esse resultado foi a menor área de forrageamento nos habitat de borda e fragmento, provavelmente devido à maior proporção de plantas pioneiras nesses ambientes perturbados. Esses resultados são muito relevantes, pois, associados à maior densidade de formigas cortadeiras nas bordas e fragmentos, indicam esses ambientes como mais suscetíveis à ação desses organismos, estando sempre em estágios iniciais de sucessão.

Palavras chave: *Atta cephalotes*, Floresta Atlântica, fragmentação, herbivoria, sazonalidade, IAF

ABSTRACT

The main consequences of fragmentation are reduction and isolation of habitats as well as a pronounced edge effect in remnants. The changes originated from this effect give rise to the establishment of pioneer species in the fragments and at the edges of forests. Since leaf-cutting ants (LCA) collect preferably pioneer species, we hypothesised that herbivory rates of *Atta cephalotes* are higher in those colonies located in disturbed areas such as edges and fragments of forests than in mature forest. Herbivory rates (HR) were calculated by $HR = (TR \times 100 / TR + VAC)$ where, TR is the total removed by the ants and VAC is the vegetation available after removal. The colonies located at the edge and in the fragment presented more elevated rates of herbivory as compared with those located in the mature forest. This fact supports the hypothesis raised. The factor responsible for this result was the reduced area for foraging at the edge and within the fragment, probably due to the highest proportion of pioneer plants in these disturbed environments. The association of the results presented herein with a higher density of LCA at edges and in fragments might indicate more susceptible areas to the action of these organisms. This in fact results in areas at initial levels of succession

Key words: *Atta cephalotes*, Atlantic Forest, fragmentation, herbivory, sazonality, IAF

INTRODUÇÃO

A tribo Attini (Formicidae: Myrmicinae) possui 12 gêneros e 210 espécies de formigas (Schultz & Meier 1995), sendo todas elas simbióticas obrigatórias com fungos que são cultivados dentro dos ninhos com substrato vegetal (Hölldobler & Wilson 1990). Os fungos constituem o único alimento das larvas e provavelmente a parte principal da dieta dos adultos das Attini mais primitivas, embora operárias de espécies mais derivadas também se alimentem da seiva exsudada das plantas cortadas (Leal & Oliveira 2000).

As formigas da tribo Attini são exclusivamente neotropicais, distribuindo-se de 33°N a 44°S, tendo o seu centro de diversidade no Brasil (Cherrett 1989). Devido aos seus múltiplos efeitos nos ecossistemas, esses organismos são considerados espécies fundamentais (Perfecto & Van der Meer 1993).

As formigas do gênero *Atta* utilizam especialmente folhas como substrato à fungicultura e por isso são conhecidas como formigas cortadeiras (Hölldobler & Wilson 1990). Essas formigas são consideradas os mais importantes herbívoros de todo o neotrópico, uma vez que elas removem entre 12 e 17% da produção vegetal em um ecossistema de floresta (Cherrett 1989). Essa remoção merece atenção especial já que afeta desde populações vegetais individuais até o ecossistema como um todo, alterando dentre outros fatores, o regime de emissão de luz e modificando aspectos importantes para a estrutura florestal como temperatura e umidade (Wirth *et al.* 2003).

A fragmentação de florestas tropicais tem se intensificado nos últimos anos e as conseqüências primárias são a redução e isolamento dos habitats e o aumento da razão borda/interior da floresta, resultando em modificações físicas e biológicas nos remanescentes (Saunders *et al.* 1991). Essas mudanças, que são normalmente referidas

como efeito de borda, elevam a taxa de mortalidade de árvores e permitem um aumento nas taxas de recrutamento de espécies pioneiras e lianas, ocorrendo assim modificações na composição das espécies e na estrutura da floresta (Laurance *et al.* 1998a, b).

Espécies pioneiras são mais freqüentemente coletadas por formigas cortadeiras que espécies tolerantes à sombra (Farji-Brener 2001; Wirth *et al.* 2003), pois, dentre outros fatores, possuem menos defesa química que essas espécies de estágios sucessionais mais tardios, investindo mais em crescimento do que em defesa (Cebrian & Duarte 1994, Coley *et al.* 1985). Como em áreas fragmentadas e em bordas de floresta ocorre um maior número de espécies pioneiras, o objetivo deste trabalho é testar a hipótese que as taxas de herbivoria da formiga cortadeira *Atta cephalotes* (Linné, 1758) são maiores nesses habitats que em áreas nucleares de florestas maduras.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em uma área de floresta Atlântica pertencente à Usina Serra Grande (8° 30'S, 35° 50'W; Figura 1), localizada no município de Ibataguara, Nordeste do estado de Alagoas, Brasil. A usina possui aproximadamente 9.000 hectares de floresta, distribuída em vários fragmentos de diferentes tamanhos (1 a 3.000ha). O clima na região é tropical quente e úmido (IBGE 1985), com temperaturas variando entre 16 e 40°C, com média anual de 26°C, e precipitação média anual em torno de 1.700mm. A vegetação local é classificada como floresta ombrófila aberta baixo-montana (250-600m de altitude) (Veloso *et al.*1991) e os solos que predominam na região são dos tipos cambissolos eutróficos e planossolos solódicos. (IBGE 1985).

Seleção das colônias

Para testar se ocorrem diferenças nas taxas de herbivoria devido ao efeito de borda, foram selecionadas e marcadas cinco colônias adultas na borda e quatro no núcleo de um fragmento com aproximadamente 3.000 ha (Engenho Coimbra), considerado como área controle. Já para verificar a possível ocorrência de diferenças nas taxas de herbivoria devido ao efeito da redução e isolamento do habitat, outras cinco colônias foram selecionadas e marcadas em um fragmento com cerca de 10% do tamanho da área controle (Aquidabã), perfazendo um total de 14 colônias. Para esse estudo foi admitida uma extensão de borda de 100m (*c.f.* Laurance 1998a, b).

Pico de atividades

Para identificar o horário de maior atividade das colônias de *A. cephalotes* na região de Serra Grande, foi feito o monitoramento de oito colônias por períodos de 24hs. A cada duas horas, o número de fragmentos vegetais carregados pelas formigas para o interior das colônias foi contado, em todas as entradas ativas da colônia, durante o tempo fixo de cinco minutos. Com isso, foi possível fazer uma regressão entre a taxa de consumo máxima diária (número de fragmentos coletados por 5 min no pico de atividade da colônia) e o total diário (número de fragmentos coletados ao longo do dia) (Wirth *et al.* 1997). Uma regressão significativa indicou que a quantidade de vegetação coletada ao longo do dia é função da quantidade coletada no pico de atividades da colônia. Assim, após a identificação do pico de atividades e da significância da regressão, as taxas de herbivoria das colônias foram estimadas através da contagem do número de fragmentos somente durante esse período.

Taxa de consumo da vegetação

A partir da regressão obtida com os ciclos de 24hs, foi contado o número de fragmentos vegetais coletados pelas formigas em cada olheiro ativo durante um minuto. A partir desse número foi estimado o número de fragmentos coletados durante o dia, extrapolando-se esse valor para se obter o total coletado pelas formigas bimensalmente. O número diário de fragmentos coletados pelas formigas foi registrado a cada dois meses durante um ano, totalizando seis coletas, sendo três na estação seca (setembro e novembro de 2002 e janeiro de 2003) e três na estação chuvosa (julho de 2002, março e maio de 2003).

Vegetação removida

Para transformar o número de fragmentos coletados em área foliar e biomassa removida pelas colônias selecionadas, foi necessário obter o tamanho médio e o peso seco dos fragmentos. Para tal, 300 fragmentos foram coletados durante o período de maior atividade de forrageamento das 14 colônias nas duas estações: em maio de 2003 (estação chuvosa) e em outubro de 2003 (estação seca). A área média dos 300 fragmentos foi obtida (em cm^2) utilizando-se um medidor de área foliar (LI-COR, modelo LI-3000, Lincoln NE, USA). Após a medição da área, os fragmentos foram postos em uma estufa com temperatura entre 60-70°C por aproximadamente 72h, para posterior pesagem e obtenção do peso seco. A partir desses parâmetros, foi possível estimar a quantidade de vegetação removida pelas formigas (em kg e em m^2) através da multiplicação da média do tamanho e do peso dos 300 fragmentos pelo número de fragmentos coletados durante as estações seca e chuvosa.

Área de forrageamento

Para se estimar o tamanho da área de forrageamento das 14 colônias, todas as trilhas ativas, bem como todas as bifurcações de cada uma delas, foram acompanhadas até o final (árvore ou arbusto onde as formigas estavam subindo para realizar a coleta) durante o pico de atividades da respectiva colônia. O comprimento das trilhas e as direções de todas as bifurcações foram registradas e os dados foram transformados em área (m²) com o auxílio do programa de computador Arcview GIS 3.2a (ESRI 1998). Esse procedimento foi repetido bimensalmente de julho de 2002 a maio de 2003, totalizando seis coletas.

Taxa de herbivoria

Como a vegetação removida não necessariamente reflete a taxa de herbivoria em um dado habitat, uma vez que não fornece uma proporção da vegetação disponível, foi calculado também o índice de área foliar (IAF) como uma medida da quantidade de folhas da vegetação. O IAF foi estimado através do uso de fotografias hemisféricas (20 fotos por colônia), obtidas em um *grid* de 1ha na área de forrageamento de cada uma das 14 colônias. As fotografias foram tiradas nos horários de 05:00 às 06:30 e 16:30 às 17:30, evitando-se os horários de maior intensidade solar. Os valores médios do IAF foram multiplicados pela área de forrageamento de cada colônia obtendo-se a quantidade de vegetação disponível (em m²). Para avaliar mudanças sazonais na quantidade de vegetação disponível, o IAF foi estimado em duas ocasiões, uma em dezembro de 2002 (estação seca) e outra em junho de 2003 (estação chuvosa).

A taxa de herbivoria das colônias de *A. cephalotes* foi o resultado obtido através da seguinte fórmula: Taxa de herbivoria = (TR x 100/TR + VAC) onde, TR é o total removido pelas formigas e VAC é a vegetação disponível após a remoção.

Análise estatística dos dados

A quantidade de vegetação total removida (em m² e em kg), o IAF, a quantidade de vegetação disponível, além da própria taxa de herbivoria referente às colônias da área controle (interior e borda) e do fragmento foram analisados através de uma análise de variância (ANOVA: fatorial a x b) seguidas do teste de Tukey *a posteriori* quando necessário. Já para a análise de diferenças na área de forrageamento das colônias foi utilizada uma análise de variância (ANOVA: um fator) também seguidas do teste de Tukey *a posteriori*. A normalidade dos dados foi testada com Kolmogorov-Smirnov (Lilliefors) (Zar 1996).

RESULTADOS

Pico de atividades

Os ciclos de 24 horas (Figura 2) indicaram dois picos principais de atividades das colônias de *A. cephalotes* ao longo do dia: um noturno, entre 22:30 e 04:30 horas (Figuras 2A, B, F e H), e outro diurno, entre 10:30 e 14:30 horas (Figuras 2C, D, E e G). Apesar de serem observados picos diurnos em alguns dias de observações, o período de maior atividade das colônias de *A. cephalotes* na região de Serra Grande foi predominantemente noturno. Os resultados obtidos com os ciclos de 24hs possibilitaram a obtenção da seguinte equação: $y = 641.15x - 6655$, utilizada para o cálculo do total de fragmentos coletados diariamente por cada colônia.

Área de forrageamento

A área de forrageamento anual das colônias apresentou-se significativamente diferente entre os habitats estudados ($F = 5,9431$, $p = 0,0176$, $n = 14$; Figura 3). As colônias localizadas no interior da área controle tiveram áreas de forrageamento significativamente maiores que as colônias localizadas no fragmento ($p = 0,0217$) e na borda da área controle ($p = 0,0071$). Não foram observadas diferenças significativas nessa estimativa entre esses dois últimos habitats ($p = 0,5199$).

Índice de área foliar na área de forrageamento das colônias

As médias encontradas para o IAF nos habitats e nas estações se encontram na Tabela 2. O índice de área foliar não apresentou diferenças significativas entre os três habitats ($F = 0,9679$, $p = 0,6037$), estações ($F = 0,1820$, $p = 0,6765$) e entre a interação desses dois fatores ($F = 0,0235$, $p = 0,9776$).

Vegetação removida

A quantidade de vegetação consumida pelas colônias de *A. cephalotes*, tanto em biomassa quanto em área, nos três habitats (interior e borda da área controle e fragmento) e nas estações (seca e chuvosa) podem ser observadas na Tabela 1. Essas duas medidas não diferiram significativamente entre os habitats (biomassa: $F = 1,5198$, $p = 0,2381$; área: $F = 0,2290$, $p = 0,7993$) e entre as estações (biomassa: $F = 0,7114$, $p = 0,5880$; área: $F = 0,7835$, $p = 0,6114$). A interação entre habitats e estações também não apresentou diferenças significativas (biomassa: $F = 1,4420$, $p = 0,2554$; área: $F = 0,9323$, $p = 0,5901$).

Vegetação disponível

O total de vegetação disponível (m^2) na área de forrageamento das colônias apresentou diferença significativa entre os habitats ($F = 4,7807$, $p < 0,02$, $n = 14$; Figura 4). O interior da área controle apresentou maior quantidade de vegetação disponível quando comparada à borda da área controle ($p < 0,01$) e ao fragmento ($p < 0,02$). Essa medida não apresentou diferença significativa entre a borda da área controle e o fragmento ($p > 0,05$). Diferenças significativas entre as estações ($F = 0,0301$, $p = 0,8578$; Figura 4) e entre a interação habitat/estação ($F = 0,0055$, $p = 0,9950$) não foram detectadas.

Taxa de herbivoria

Por fim, a taxa de herbivoria das colônias apresentou diferenças significativas entre os habitats ($F = 14,4011$, $p = 0,0002$, $n = 14$; Figura 5). As colônias localizadas no interior tiveram menores taxas de herbivoria quando comparadas as da borda ($p = 0,0005$) e as do fragmento ($p = 0,0373$). As taxas de herbivoria referentes às colônias da borda e do fragmento não apresentaram diferenças. Entre as estações ($F = 0,2451$, $p = 0,6303$) e entre a interação habitat/estação ($F = 0,9661$, $p = 0,6030$) também não ocorreram diferenças significativas.

DISCUSSÃO

Este estudo testou a hipótese de que as taxas de herbivoria da formiga cortadeira *A. cephalotes* são maiores em áreas perturbadas como bordas de florestas e fragmentos pequenos devido a maior proporção de plantas pioneiras nesses habitats. Os resultados

corroboraram esta hipótese, sendo a menor área de forrageamento nos habitats perturbados o parâmetro responsável pelas maiores taxas de herbivoria encontradas nesses ambientes.

Dos quatro dias em que o pico de atividades das colônias de *A. cephalotes* na região de Serra Grande foi diurno, houve a ocorrência de fortes chuvas à noite em três. Sendo assim, é provável que o pico de atividades dessas formigas ocorra realmente durante o período noturno, e que a maior atividade das formigas durante o dia seja somente resultado dessas chuvas. De fato, Wirth *et al.* (1997) observaram que eventos de chuva podem diminuir e até interromper a atividade de forrageamento de *Atta colombica* Guérin, 1845 no Panamá. Adicionalmente, visitas sucessivas às colônias confirmaram uma atividade predominantemente noturna.

Em regiões de clima tropical, onde a temperatura é relativamente constante ao longo do ano é esperado que as chuvas ditem a atividade das formigas (Holldobler & Wilson 1990). Segundo Rockwood (1975), as espécies *A. cephalotes* e *A. colombica* possuem padrão de forrageamento noturno durante a época seca, não havendo padrão bem definido durante a estação chuvosa, quando as colônias estão ativas nos intervalos das chuvas. Por outro lado, em ambientes mais sazonais, as formigas estão ativas durante o dia na estação seca, quando as temperaturas estão mais amenas, e a noite na estação chuvosa, evitando altas temperaturas diárias (Leal 1998, Leal & Oliveira 1995). Outros estudos realizados com a formiga cortadeira *A. cephalotes* têm encontrado que o forrageamento noturno e diurno varia entre colônias e entre estações, sendo o forrageamento noturno freqüentemente predominante (Wetterer 1990).

Apesar dos efeitos da fragmentação propiciarem condições favoráveis ao estabelecimento de espécies pioneiras em áreas perturbadas como bordas de floresta e fragmentos (Laurance *et al.* 1998a), e pela preferência das formigas cortadeiras por

essas espécies de plantas (Wirth *et al.* 2003), não houve diferença significativa na quantidade de material coletado (em biomassa e área) entre os habitats. Dois fatores podem ter contribuído para essa ausência de padrão: (1) não houve diferença na proporção de espécies pioneiras e tolerantes à sombra na área de forrageamento de alguma colônia estudada e (2) as formigas utilizaram áreas de forrageamento maiores em áreas menos perturbadas para encontrar espécies pioneiras. É possível também que a distância que usamos para o efeito de borda (100m) seja pequena, e que algumas colônias classificadas como de interior tenham sua área de forrageamento em locais com muita luz e, conseqüentemente, com grande proporção de espécies pioneiras. Adicionalmente, duas colônias de interior tinham seus ninhos localizados em clareiras naturais, locais que também apresentam alto recrutamento de espécies pioneiras (Tabarelli *et al.* 1999).

As áreas de forrageamento das colônias localizadas no interior da floresta foram maiores que as da borda e as do fragmento, aumentando ainda mais as chances das formigas encontrarem espécies pioneiras. Em habitats como o interior de floresta, onde há pouca luz, as espécies de plantas crescem lentamente e incorporam vários compostos secundários aos seus tecidos (*e.g.*, terpenóides e taninos). Esses compostos são repelentes às formigas (Holldobler & Wilson 1990; Wirth *et al.* 2003), que, como resultado, aumentam suas áreas de forrageamento à procura de espécies pioneiras. Por outro lado, não houve diferenças nas áreas de forrageamento das colônias de fragmento e de borda de floresta, provavelmente porque esses habitats são semelhantes em relação à composição de espécies, estrutura e complexidade da vegetação, exibindo maior proporção de espécies pioneiras e constituindo habitats com maior disponibilidade de recursos às formigas cortadeiras.

Não houve diferença significativa na quantidade de vegetação removida pelas colônias de *A. cephalotes* entre as estações, contrastando com o que foi verificado por Wirth *et al.* (1997) para a espécie *A. colombica*. Segundo estes autores, o forrageamento de *A. colombica* foi reduzido durante a estação chuvosa devido às fortes chuvas que interromperam o corte e o transporte das folhas, resultando em um total de biomassa coletada significativamente mais alta na estação seca. Rockwood (1975), também verificou que a quantidade de material vegetal coletada durante o forrageamento de *A. colombica* e *A. cephalotes* mostrou grande variação em decorrência da sazonalidade, com valores mais baixos na estação chuvosa.

O índice de área foliar (IAF) pode ser definido como o total de área de folhas por unidade de área de solo e é considerado como uma variável chave de estudos em florestas (Wasseige *et al.* 2003). Esse índice pode variar entre os diferentes ecossistemas ou dentro de um mesmo ecossistema, dependendo particularmente do suprimento de água e da fertilidade do solo (Maass *et al.* 1995). Essa variação no IAF pode ser de menos de 1 em ecossistemas áridos, até acima de 20 em algumas florestas de coníferas (Kozłowski *et al.* 1991). Nesse trabalho o IAF variou entre 3,78 e 4,62, sendo esses números semelhantes aos valores encontrados por outros autores em algumas florestas tropicais (*e.g.*, Jordan & Uhl 1978, Murphy & Lugo 1986b).

Oliveira (2003), estudando a flora e a estrutura da vegetação de Serra Grande, verificou que em bordas de floresta ocorre uma perda do extrato emergente e diminuição da riqueza das árvores do dossel devido aos efeitos da fragmentação. Apesar disso, o IAF não foi sensível a essas mudanças, não mostrando diferenças entre os três habitats estudados (interior e borda da área controle e fragmento). Isso pode ser possível caso espécies herbáceas e arbustivas pequenas, mais comuns em ambientes de alta produtividade como bordas e fragmentos, tenham sido registradas nas fotografias

hemisféricas. Como a máquina fotográfica foi montada a cerca de um metro do solo, plantas com alturas próximas a essa podem, de fato, terem sido registradas, compensando a menor complexidade do dossel e a ausência de plantas do extrato emergente nesses habitats.

O índice de área foliar também pode variar sazonalmente principalmente em florestas decíduas (Maass *et al.* 1995), contudo, dados a respeito da variabilidade temporal no IAF são extremamente raros (Lugo *et al.* 1978, Murphy & Lugo 1986a). Nós não observamos variações sazonais no IAF da área de forrageamento das colônias de *A. cephalotes*, provavelmente pela vegetação da área de estudo se tratar de uma floresta perene e não de uma floresta decídua ou semidecídua.

A disponibilidade da vegetação nos habitats possui uma relação diretamente proporcional com a área de forrageamento das colônias, uma vez que para se obter esse resultado é necessário multiplicar o IAF pela área de forrageamento. Como as colônias localizadas no interior da área controle apresentaram maiores áreas de forrageamento, os resultados referentes à quantidade de vegetação disponível também foram maiores no interior da área controle.

As taxas de herbivoria são geralmente expressas como uma proporção de vegetação consumida de um total disponível (Wirth *et al.* 2003). A menor área de forrageamento das colônias de *A. cephalotes* localizadas na borda da área controle e no fragmento também fez com que estes habitats possuíssem maiores taxas de herbivoria que as colônias localizadas no interior da área controle, apesar de não haver diferenças entre a quantidade de vegetação removida pelas colônias entre os habitats.

A herbivoria em florestas tropicais é geralmente em torno de 11% (Coley & Barone 1996). Os resultados desse trabalho mostraram que as taxas de herbivoria anuais das colônias de *A. cephalotes* foram de aproximadamente 4,5, 10 e 14% para as colônias

localizadas no interior da área controle, fragmento e borda da área controle, respectivamente. Esses números são superiores aos encontrados por Wirth *et al.* (2003), que estimaram a taxa de herbivoria de *A. colombica* em uma floresta tropical do Panamá como sendo de aproximadamente 2,5%. Já Cherret (1989), estimou que uma colônia de formiga cortadeira do gênero *Atta* pode consumir até 17% da produção vegetal em uma floresta.

Os resultados desse trabalho mostram que colônias de formigas cortadeiras apresentam maiores taxas de herbivoria em ambientes perturbados, corroborando a nossa predição. O parâmetro responsável por esse resultado foi a menor área de forrageamento nas áreas de borda e fragmento, provavelmente devido à maior proporção de plantas pioneiras nesses ambientes perturbados. Esses resultados são muito relevantes, pois, associados à maior densidade de formigas cortadeiras nas bordas de floresta e nos fragmentos (Urbas *et al.* 2003), indicam esses ambientes como os mais suscetíveis a ação das formigas, estando sempre em estágios iniciais de sucessão.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Usina Serra Grande (USGA), a Conservation International (CI) e ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN) pelo apoio logístico a este trabalho, à CAPES/ DFG e ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto e à CAPES pela concessão de bolsa para M.V.Araújo Júnior.

LITERATURA CITADA

- CEBRIAN, J. & DUARTE, C.M. 1994. The dependence of herbivory on growth rate in natural plant communities. *Functional Ecology* 8: 518-525.
- CHERRETT, J. M. 1989. Leaf-cutting ants. Pp. 473-486 in Lieth, H. & Werger M. J. A. (eds). *Ecosystems of the world*. Elsevier. Amsterdam-Oxford-New York
- COLEY, P. D. & BARONE, J. A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 27: 305-335.
- COLEY, P. D., BRYANT, J. P. & CHAPIN, F. S. 1985. Resource availability and plant anti-herbivore defense. *Science* 230: 895-899.
- ESRI. 1998. *Arcview GIS 3.2A*. ESRI, USA.
- FARJI-BRENER, A. G. 1993. Influencia de la estacionalidad sobre los ritmos forrageros de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) en una sabana tropical. *Revista de Biología Tropical* 41 (3): 897-899.
- FARJI-BRENER, A. G. 2001. Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. *Oikos* 92: 169-177.
- HÖLDOBLER, B. & WILSON, E. O. 1990. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge, USA.
- IBGE. 1985. *Atlas Nacional do Brasil: Região Nordeste*. Rio de Janeiro.
- JORDAN, C. F. & UHL, C. 1978. Biomass of a "terra firme" forest of the Amazon basin. *Oecol. Plant* 13 :287-400.
- KOZLOWSKI, T. T., KRAMER, P. J. & PALLARDY, S. G. 1991. *The Physiological*

Ecology of Wood Plants. Academic Press, New York. 657 pp.

- LAURANCE, W. F., FERREIRA, L. V., RANKIN-DE-MERONA, J. M. & LAURANCE, S. G. 1998a. Rain forest fragmentation and the dynamics of amazonian tree communities. *Ecology* 79: 2032-2040.
- LAURANCE, W. F., FERREIRA, L.V., RANKIN-DE-MERONA, J. M., LAURANCE, S. G., HUTCHINGS, R. & LOVEJOY, T. 1998b. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conservation Biology* 12: 460-464.
- LEAL, I. R. 1998. Ecologia e história natural de formigas *Attini* em vegetação de Cerrado. Campinas, São Paulo.
- LEAL, I. R. & OLIVEIRA, P. S. 1995. Behavioral ecology of the neotropical termite-hunting ant *Pachycondyla* (= *Termitopone*) *marginata*: colony founding, group-raiding and migratory patterns. *Behavioral Ecology Sociobiology* 37: 373-383.
- LEAL, I. R. & OLIVEIRA, P. S. 2000. Foraging ecology of attine ants in a Neotropical savanna: seasonal use of fungal substrate in the cerrado vegetation of Brazil. *Insectes Sociaux* 47: 376-382.
- LUGO, A., GONZÁLES-LIBOY, J. A., CINTRÓN, B. & DUGGER, K. 1978. Structure, productivity, and transpiration of a sub-tropical dry forest in Puerto Rico. *Biotropica* 10: 278-291.
- MAASS, J. M., VOSE, J. M., SWANK, W. T. & MARTÍNEZ-YRÍZAR, A. 1995. Seasonal changes of leaf area index (LAI) in a tropical deciduous forest in west Mexico. *Forest Ecology and Management* 74: 171-180.
- MURPHY, P. G. & LUGO, A. E. 1986a. Ecology of tropical dry forest. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 17: 67-88.

- MURPHY, P. G. & LUGO, A. E. 1986b. Structure and biomass of a subtropical dry forest in Puerto Rico. *Biotropica* 18: 89-96.
- OLIVEIRA, M. A. 2003. Efeito da fragmentação de habitat sobre as árvores em trecho de floresta Atlântica nordestina. *Dissertação de mestrado*, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- PERFECTO, I. & VAN DER MEER, J. 1993. Distribution and turnover rate of a population of *Atta cephalotes* in a tropical rain forest in Costa Rica. *Biotropica* 25: 316-321.
- ROCKWOOD, L. L. 1975. The effects of seasonality on foraging in two species of leaf-cutting ants (*Atta*) in Guanacaste province, Costa Rica. *Biotropica* 7: 176-193.
- SAUNDERS, D. A., HOBBS, R. J. & MARGULES, C. R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- SCHULTZ, T. R. & MEIER, R. 1995. A phylogenetic analysis of the fungus-growing ants (Hymenoptera: Formicidae: Attini) based on morphological characters of the larvae. *Systematic Entomology* 20: 337-370.
- TABARELLI, M., MANTOVANI, W., PERES, C. A. 1999. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the Montane Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Biological Conservation* 91: 119-127
- VELOSO, H. P., RANGEL-FILHO, A. L. R. & LIMA, J. C. A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. IBGE, Rio de Janeiro.
- WASSEIGE, C., BASTIN, D. & DEFOURNY, P. 2003. Seasonal variation of Tropical forest LAI based on field measurements in Central African Republic. *Agricultural and Forest Meteorology* 119: 181-194.

- WETTERER, J. K. 1990. Load-size determination in the leaf-cutting ant, *Atta cephalotes*. *Behavioral Ecology* 1: 95-101.
- WIRTH, R., BEYSCHLAG, W., HERZ, H., RYEL, R. J. & HÖLLDOBLER, B. 2003. *The herbivory of leaf-cutting ants. A case study on Atta colombica in the tropical rainforest of Panama*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag.
- WIRTH, R., BEYSCHLAG, W., RYEL, R. J. & HOLLDOBLER, B. 1997. Annual foraging of the leaf-cutting ant *Atta colombica* in a semideciduous rain forest in panama. *Journal of Tropical Ecology* 13: 741-757.
- ZAR, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Inc., New Jersey.

Tabela 1. Quantidade de vegetação removida (média \pm DP) pelas colônias de *Atta cephalotes* nos três habitats estudados nas estações seca e chuvosa, Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil.

Habitat	n	Estação seca		Estação chuvosa	
		Kg	m ²	Kg	m ²
Interior	4	221.54 \pm 112.8	3659.26 \pm 1830.76	189.53 \pm 111.38	2279.67 \pm 1240.25
Borda	5	157.27 \pm 56.18	2798.41 \pm 880.28	157.42 \pm 89.94	2111.83 \pm 1176.67
Fragmento	5	169.70 \pm 30.45	2519.97 \pm 831.13	289.69 \pm 121.57	3003.60 \pm 812.52

Tabela 2. Índice de área foliar (IAF) registrados (média \pm DP) na área de forrageamento das colônias de *Atta cephalotes* nos três habitats estudados nas estações seca e chuvosa, Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil.

Habitat	n	Estação seca	Estação chuvosa
Interior	4	4,48 \pm 0,1	4,23 \pm 0,05
Borda	5	4,1 \pm 0,11	4,03 \pm 0,07
Fragmento	5	4,25 \pm 0,05	3,98 \pm 0,1

LEGENDA DAS FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo: Usina Serra Grande (8° 30'S, 35° 50'W), município de Ibataguara, Alagoas, Brasil.

Figura 2. Número de fragmentos coletados, em cinco minutos, pelas colônias de *Atta cephalotes* durante os ciclos de 24 horas, Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil.

Figura 3. Área de forrageamento (m²) das colônias de *Atta cephalotes* nos três habitats estudados, Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil. O quadrado representa a média, o retângulo representa a média ± erro padrão e as barras representam a média ± desvio padrão.

Figura 4. Vegetação disponível (m²) na área de forrageamento das colônias de *Atta cephalotes* nos três habitats estudados nas estações seca e chuvosa, Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil. O quadrado representa a média, o retângulo representa a média ± erro padrão e as barras representam a média ± desvio padrão.

Figura 5. Taxa de herbivoria (%) das colônias de *Atta cephalotes* nos três habitats estudados nas estações seca e chuvosa, Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil. O quadrado representa a média, o retângulo representa a média ± erro padrão e as barras representam a média ± desvio padrão.

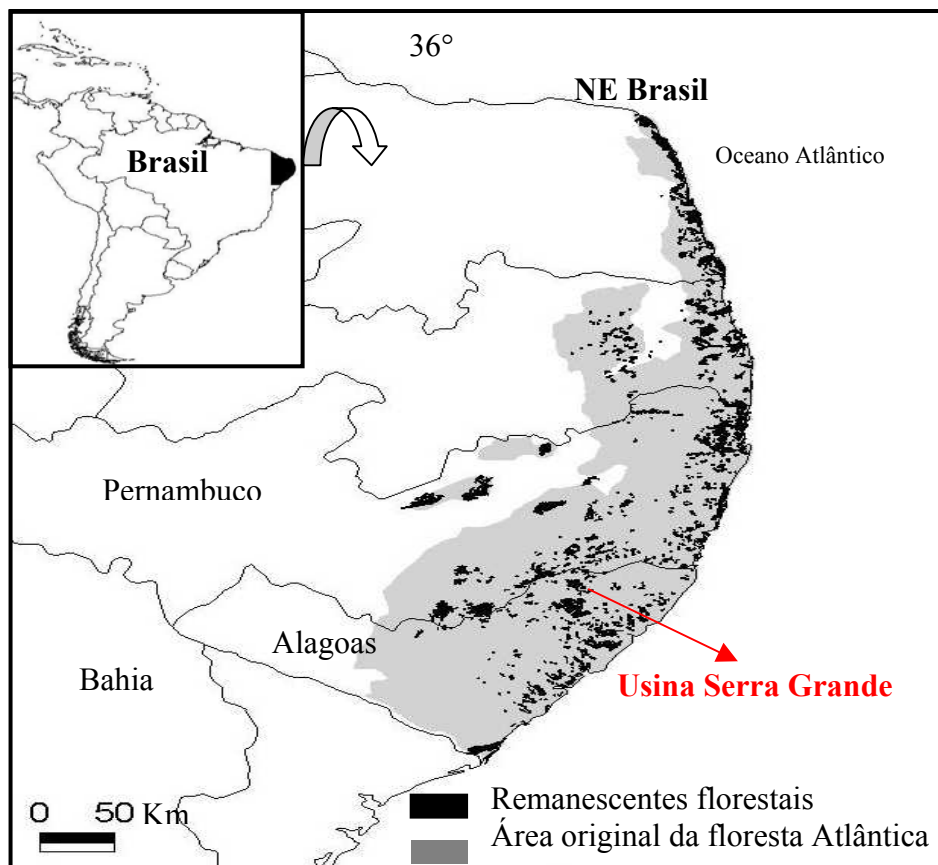


Figura 1.

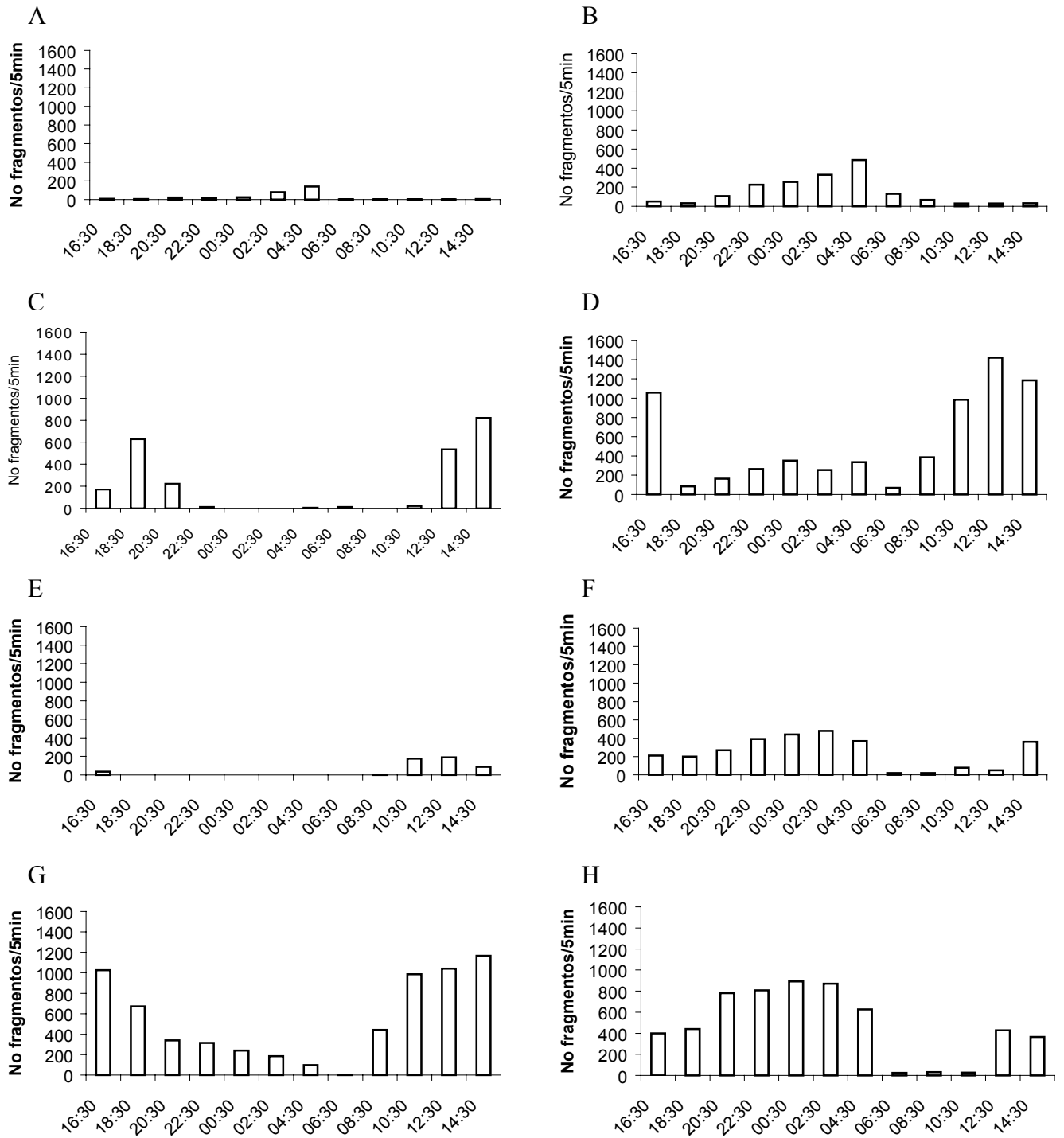


Figura 2.

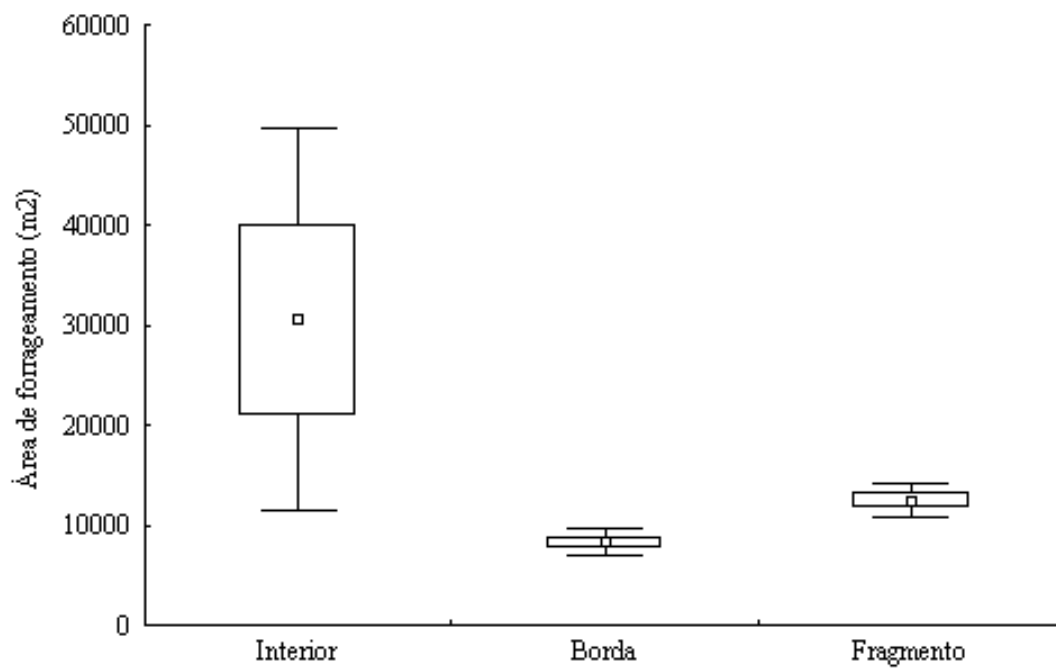


Figura 3.

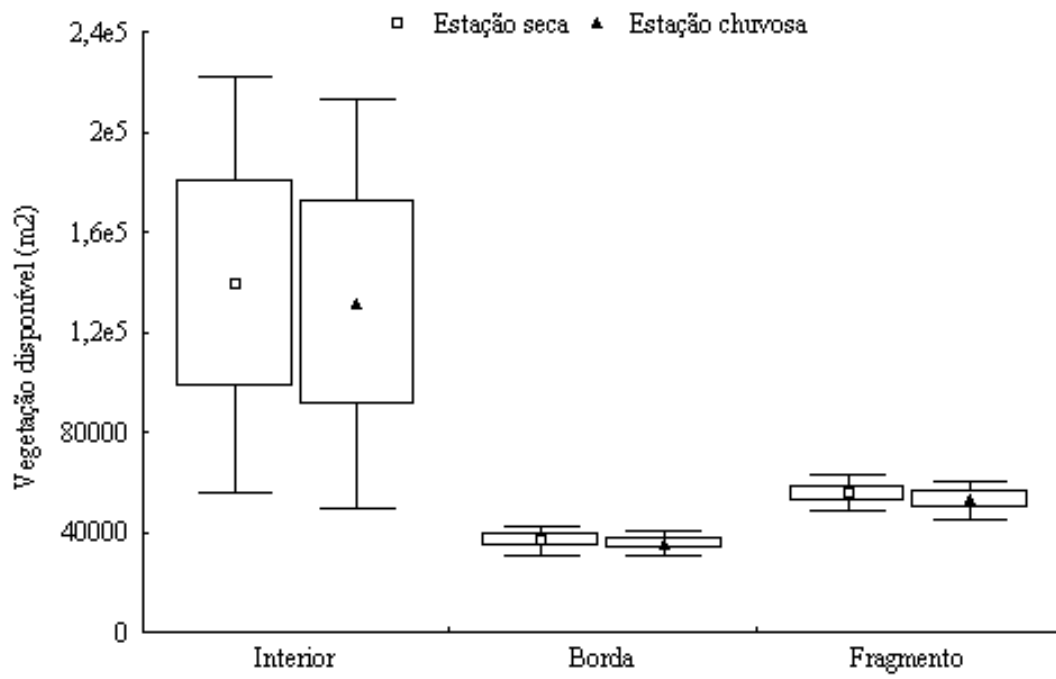


Figura 4.

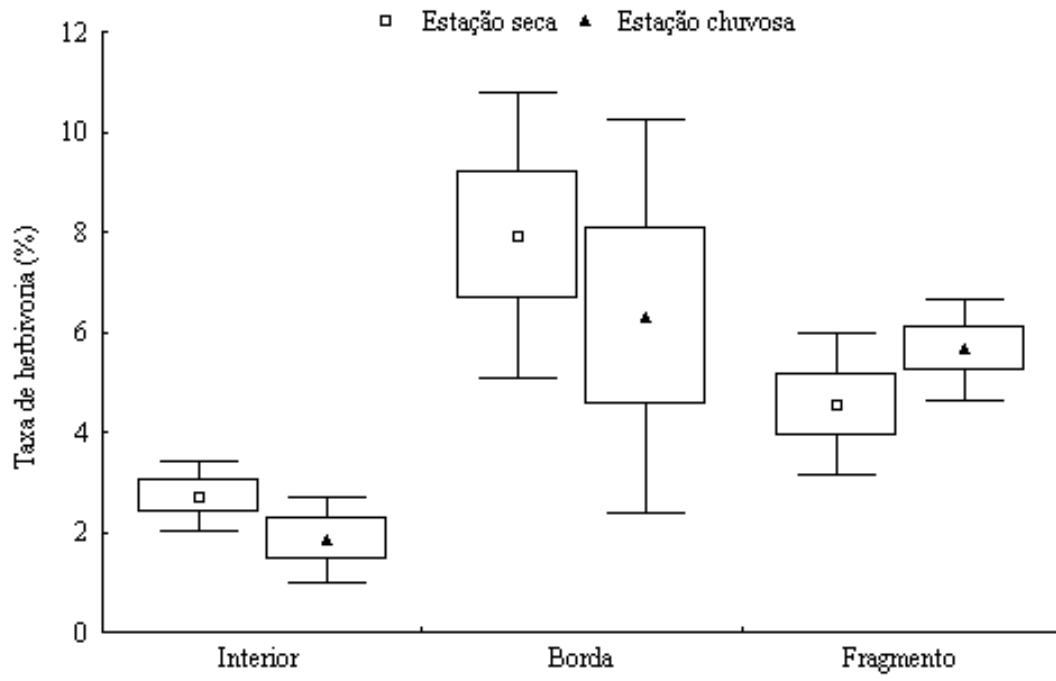


Figura 5.

CONCLUSÕES

A menor área de forrageamento das colônias de *Atta cephalotes* nos habitats perturbados (bordas de floresta e fragmento), foi o parâmetro responsável pelas maiores taxas de herbivoria das formigas nesses ambientes.

Os resultados obtidos nesse trabalho, associados à maior densidade de formigas cortadeiras em bordas de floresta e em fragmentos, são de grande relevância, pois indicam esses ambientes como os mais susceptíveis a ação das formigas, estando esses, sempre em estágios iniciais de sucessão.