

PRISCILLA PRESTES CHAVES

**FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE PLANTAS DOS
CAMPOS RUPESTRES DA FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS NA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

**BELÉM
2012**

PRISCILLA PRESTES CHAVES

**FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE PLANTAS DOS
CAMPOS RUPESTRES DA FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS NA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

**Dissertação apresentada a Universidade
Federal Rural da Amazônia, como parte
das exigências do Curso de Mestrado em
Ciências Biológicas: Área de concentração
em Botânica Tropical, para obtenção de
título de mestre**

**Orientador: Prof. Dr. Leandro Valle
Ferreira**

**BELÉM
2012**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS-BOTÂNICA
TROPICAL**



PRISCILLA PRESTES CHAVES

**FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE PLANTAS DOS
CAMPOS RUPESTRES DA FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS NA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada a Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Biológicas: Área de concentração Botânica Tropical para obtenção do título de mestre.

Aprovada em _____ de _____ de 2012

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leandro Valle Ferreira - Orientador
Museu Paraense Emílio Goeldi

Prof. Dra. Maria de Nazaré Bastos – 1º Examinador
Museu Paraense Emílio Goeldi

Prof. Dr. João Olegário Pereira de Carvalho - 2º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Ricardo Secco – 3º Examinador
Museu Paraense Emílio Goeldi

Prof. Dr. João Ubiratam M. dos Santos – Suplente
Universidade Federal Rural da Amazônia

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), pela oportunidade de aprimorar meus conhecimentos através do curso.

Ao Projeto Áreas Abertas da Amazônia do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), pelo apoio logístico. E, a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pesquisa de Ensino Superior (CAPES), pela bolsa concedida do decorrer do curso.

Ao meu orientador, Dr. Leandro Valle Ferreira, pela dedicação, paciência, ensinamentos, empenho e confiança no meu trabalho.

À Denise de Andrade Cunha, que me ajudou muito nessa caminhada e foi uma peça fundamental, aqui vão todos os meus agradecimentos a você.

A coordenação do curso de Pós Graduação em Ciências Biológicas, área de concentração em Botânica Tropical, em especial ao Dr. João Ubiratam M. Santos, por toda sua dedicação ao curso.

Ao técnico em botânica, Luiz Carlos Batista Lobato, da Coordenação de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi, pelo incentivo e paciência dispensados durante a coleta de dados. Muito obrigada!

A minha irmã, Izane Prestes Chaves que me concedeu um ambiente familiar durante quase todo o curso, me deu amor de mãe e incentivo. Aos meus sobrinhos Clara P. Ferreira e Pedro P. Ferreira por todo amor, distração e carinho.

Ao meu companheiro de estágio de docência, Wanderson.

A todos meus amigos, Eline, Tarcymara, Wanderson, Luana, Marcelo, Eduardo, Christiane, Carolina, Ronan, Fernando, Luciana, Paulinho, Paulo, Rose, Val, Ana Maria, Marleide e Fabi, obrigada por tudo.

**Dedico essa dissertação com muito amor
às duas pessoas mais importantes na
minha vida, *Sônia Maria e Manoel*
*Adacy, meus Pais.***

SÚMARIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 CONTEXTUALIZAÇÃO	9
REFERÊNCIAS	12
2 O efeito da sazonalidade da precipitação na florística e estrutura das plantas herbáceas dos campos rupestres da Serra Norte de Carajás, Pará	15
RESUMO	16
ABSTRACT	17
2.1 Introdução	18
2.2 Material e métodos	19
2.3 Resultados	27
2.4 Discussão	33
REFERÊNCIAS	36
APÊNDICES	39
3 Florística e estrutura da comunidade da vegetação arbustiva dos campos rupestres da serra norte de Carajás como subsídio a conservação	43
RESUMO	44
ABSTRACT	45
3.1 Introdução	46
3.2 Material e métodos	48
3.3 Resultados	51
3.4 Discussão	62
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICES	72

RESUMO- Os campos rupestres são um dos tipos de vegetação de pouca representatividade nos biomas brasileiros, sendo caracterizado pela flora singular com muitas espécies endêmicas e algumas ameaçadas de extinção. Entre os campos rupestres brasileiros, aqueles situados em afloramentos de minério de ferro só são encontrados em dois locais no Brasil, o primeiro está localizado no bioma Amazônia na região de Carajás, no estado do Pará e segundo no bioma Mata Atlântica, na região do Quadrilátero Ferrífero no estado de Minas Gerais. Na região de Carajás, essa vegetação tem uma distribuição disjunta, ocorrendo nos topo de serras em altitudes maiores que 500 metros, distribuídas em três serras: norte, sul e leste, dentro e no entorno da Floresta Nacional de Carajás, uma unidade de conservação de uso sustentável. Os campos rupestres são divididos em três fitofisionomias distintas: capões florestais, campos rupestres sensu strictu e as lagoas temporárias. Os campos rupestres sensu strictu vem sofrendo uma forte pressão humana, pois estão situados em afloramentos rochosos que abrigam umas das maiores jazidas de minério de ferro do mundo, sendo que parte dos mesmos já foi suprimida pela exploração mineral. O objetivo desse estudo é comparar a florística e estrutura da comunidade de plantas herbáceas e arbustivas dos campos rupestres da Serra Norte de Carajás, em relação à sazonalidade de precipitação e comparar a florística, estrutura e composição de espécies de cinco campos rupestres arbustivo-arbóreos, como subsídio ao planejamento de estratégias de conservação desse tipo de vegetação na revisão do plano de manejo da Floresta Nacional de Carajás. Foram registradas 68 e 61 espécies de plantas herbáceas nos campos rupestres sensu strictu, e lagoas temporárias, respectivamente. Não há diferença na riqueza de espécies de plantas herbáceas nos dois tipos de vegetação entre os períodos de precipitação. Contudo, a composição de espécies é muito distinta entre os períodos. Na comunidade arbustiva-arbóreo dos campos rupestres foram identificadas 35 espécies, com grande número de espécies restritas a um dos cinco campos rupestres inventariados. Isto demonstra que parte dos campos rupestres deve ser preservada da atividade de mineração, a fim de contribuir para a preservação da biodiversidade.

ABSTRACT – Rupestrian fields are one of the Brazilian biomes with a low representativeness and they are characterized by a singular flora composed by many endemic and threatened species. There are only two Brazilian rupestrian fields located over ironstone: the first one is located at Carajás region, Amazon, Para state; the second is one located at Quadrilátero Ferrífero, Atlantic Forest, Minas Gerais state. The vegetation distribution is disrupted at Carajás region and it occurs at the tops of three mountains at 500 meters height (North, South and East) belonging to Carajás National Forest, a conservation unit of sustainable development. Rupestrian fields are divided into three different categories: “capão”, rupestrian fields sensu strictu and temporary lagoons. The rupestrian fields’ sensu strictu are an endangered environment suppressed by human exploration because they are located on a rocky outcrop that is one of the biggest iron ore field in the world. The present study compares herbaceous and shrubby vegetation community structure of rupestrian fields from Carajás North Mountain Range with seasonal precipitation and compares the vegetation structure and species composition of five fields as a support to implementation of conservation strategies for this type of vegetation in the Carajás National Forest management plan. Sixty eight herbaceous species were founded in rupestrian fields sensu strictu and 61 species were founded in temporary lagoons. No species richness difference between the two types of vegetation among the estimated seasonal precipitation was reported. However, the composition species was quite distinct among wet and dry seasons. Thirty five species were recognized on the shrubby vegetation community and many of them were restricted to one of the five fields researched. These results demonstrate that rupestrian fields biodiversity must be protected against mining exploration.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO¹

O bioma Amazônia é dividido em dois grandes grupos de vegetação: as formações árvoreas, tais como floresta ombrófila densa, aberta, semidecidual e decidual e as formações não arbóreas, tais como campinas, campinaranas, savanas, formações pioneiras e campos rupestres (Veloso *et al.* 1991).

A denominação campo rupestre foi primeiramente utilizada por Magalhães (1966), para designar um tipo de vegetação associado a afloramentos rochosos quartzíticos na Serra do Espinhaço em Minas Gerais.

Rizzini (1979) define um campo rupestre como uma formação vegetal associada a afloramentos hematíticos (minério de ferro) na região do Quadrilátero Ferrífero no estado de Minas Gerais e na região das Serras de Carajás no estado do Pará.

Eiten (1983) relata que os campos rupestres é um tipo de vegetação caracterizada pela fisionomia herbáceo-arbustiva e associadas a afloramentos rochosos ou em solos rasos, formados pela decomposição das rochas.

Veloso *et al.* (1991) definem os campos rupestres como vegetações com estrutura campestre, descontínua e associadas a afloramentos rochosos nas serras do Brasil Central e Oriental.

Os campos rupestres ocorrem acima de 500 metros de altitude, em rochas de origem pré-cambriana, remodeladas por movimentos tectônicos a partir do Paleógeno e associados a afloramentos de quartzito, arenito ou minério de ferro (, Joly 1970, Giulietti & Pirani 1988, Eiten 1992, Alves & Kolbelk 1994, Giulietti *et al.* 1997, Caifa & Silva 2005, Alves *et al.* 2007).

Porto & Silva (1989) definiram como vegetação de canga ou simplesmente canga, a vegetação que recobre os afloramentos rochosos onde se concentram as jazidas minerais de ferro. Os autores denominaram essa vegetação de savana metalófila, pois a mesma está exclusivamente associada a afloramentos rochosos ricos em minério de ferro.

Os campos rupestres estabelecidos sobre solo hematítico são de grande importância devido serem restritos a dois locais no Brasil, na região de Carajás, Pará, e no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais (Jacobi & Carmo 2008). Esses campos estão entre os ecossistemas mais ameaçados e menos estudados no Brasil por estarem em áreas de difícil acesso ou por recobrirem importantes depósitos de minério de ferro (Jacobi & Carmo 2008)

¹. Este capítulo segue as normas de formatação da Universidade Federal Rural da Amazônia

Os campos rupestres na Amazônia merecem destaque devido à sua peculiaridade, pois ocorrem em altitudes bastante elevadas. A altitude propicia condições específicas de clima, relevo e solo, proporcionando uma diferenciação na flora que não se encontra em nenhuma outra região do Brasil (Nogueira *et al.* 2004).

A maior área de campo rupeste na Amazônia encontra-se na Serra do Cachimbo, Pará, e a menor área encontra-se perto do Rio Cururu, na parte superior do Rio Tapajós (Daly & Mitchell 2000). Destacam-se também as formações de campo rupeste encontradas sobre solos hematíticos na região da Serra de Carajás, de onde é extraído minério de ferro pela Empresa Vale.

Diversos autores denominaram a vegetação que cresce sobre afloramento rochoso em Carajás como canga hematítica (Silva *et al.* 1996), vegetação de canga (Secco & Mesquita 1983), campo rupeste (Eiten 1983, Silva *et al.* 1996; Secco & Lobo 1988, Silva & Rosa 1990) e vegetação metalófila (Porto & Silva 1989).

Em Carajás os campos rupestres não estão distribuídos de forma contínua, mais como enclaves isolados na floresta. Ab' Saber (1986) considera tais enclaves como testemunhos de uma cobertura vegetal arcaica que teria antecedido a recente expansão das florestas amazônicas. Tal fenômeno teria ocorrido após a passagem do Pleistoceno para o Holoceno, quando terminou a última glaciação há 10.000 anos.

A evolução geomorfológica bastante peculiar resultou em uma heterogeneidade topográfica nos campos rupestres, resultando numa variedade de ambientes, e têm sido identificados oito habitats associados aos afloramentos ferruginosos (Jacobi & Carmo 2008), merecendo destaque os capões florestais, lagoas temporárias e os campos aberto e abertos.

Os capões florestais se caracterizam por vegetação arbórea, pois o relevo permite o acúmulo de matéria orgânica que favorece o estabelecimento e crescimento de espécies típicas de floresta arbórea ou savanas arbóreas (Silva *et al.* 1996).

Os campos aberto e arbustivos apresentam uma fitofisionomia campeste com predominância de espécies herbáceas e componentes lenhosas subarbustivas e apresentam uma alta riqueza de espécies (Nunes 2009).

As lagoas temporárias são representadas predominantemente por espécies herbáceas. Contudo, algumas espécies arbóreas, tais como *Alchornea discolor* Poepp. (Euphorbiaceae) e *Mauritia aculeata* (Kunth) Burret (Arecaceae) ocorrem circundando as margens dos mesmos (Ferreira *et al.*, 2008).

Na região da Serra dos Carajás, as maiores partes dos campos rupestres encontram-se na Floresta Nacional de Carajás, uma unidade de conservação de uso sustentável (SNUC, 2000). Segundo a Lei nº 9.985 de 2.000 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, a exploração mineral é permitida em florestas nacionais.

Na Serra dos Carajás, a Vale (ex-Companhia Vale do Rio Doce) recebeu licença para exploração das jazidas de minério de ferro situadas sob o solo dos campos rupestres dentro da Floresta Nacional de Carajás.

Essa exploração começa com a remoção da cobertura vegetal e do solo, resultando no endurecimento e empobrecimento do substrato que dificultam os processos de regeneração natural ou induzida artificialmente nas áreas exploradas, muitas vezes inviabilizando a recuperação deste tipo de vegetação. (Teixeira & Lemos Filho 2002) e levando a diminuição dos seus habitats.

A perda de habitat é a maior causa de perda de biodiversidade, no caso dos campos rupestres em solos hematíticos essa perda é ainda mais grave, pois esse tipo de vegetação tem uma distribuição restrita a poucas áreas na Amazônia e no Quadrilátero Ferrífero (Jacobi & Carmo 2008).

Os campos rupestres são caracterizados pela alta riqueza de espécies e elevado número de táxons botânicos, espécies endêmicas e diversas espécies ainda não descritas para a ciência (Giulietti *et al.* 2000; Zappi *et al.* 2000), sendo, portanto, um tipo de vegetação prioritário para a conservação

Essa dissertação está inserida no Projeto de Áreas Abertas da Amazônia, cujo objetivo principal é comparar a florística e estrutura das vegetações não florestais da Amazônia, como subsídio para a conservação da biodiversidade em escalas locais e regionais.

Os objetivos desses trabalhos são: (1) Comparar o efeito da sazonalidade da precipitação na florística e estrutura das plantas herbáceas dos campos rupestres da serra norte de Carajás, Pará, apresentado no Capítulo 2; e (2) Comparar a florística, estrutura e composição de espécies dos campos rupestres da Serras dos Carajás, a fim de fornecer subsídios para o planejamento e implantação de estratégias de conservação que amenizem os impactos resultantes da mineração, apresentado no Capítulo 3.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. 1986. "Geomorfologia da Região" In: ALMEIDA JR. (org.), **Carajás, Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento**. São Paulo: CNPq/Brasiliense. Cap.5, p.88-124.

ALVES, R.J.V. & KOLBEK, J.1994. Summit vascular flora of Serra de São José, Minas Gerais, Brasil. **Check List** 5: 35-73.

ALVES, R.J.V., CARDIN, L. & KROPF, M.S. 2007. Angiosperm disjunction “ campos rupestres – restingas” a re- evaluation. **Acta Botânica Basilica** 21: 675-685.

BRASIL. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza- SNUC. **Lei Federal nº 9.985**, de julho de 2000. Brasília: MMA/SBF.

CAIFA, A.N. & SILVA, A.F. 2005. Composição florística e aspecto biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais- Brasil. **Rodriguésia** 56: 163-173.

DALY, D. C. & J. D. MITCHELL 2000. Lowland vegetation of tropical South America -anoverview. Pages 391-454. In: D. Lentz, ed. *Imperfect Balance: Landscape Transformations in the pre-Columbian Americas*. **Columbia University Press**, New York.

EITEN, G. 1992. Natural Brazilian vegetation types and their causes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 64: 35-65

EITEN, G.1983. Classificação da Vegetação do Brasil. **Cnpq**, Brasília, 305p.

FERREIRA, L.V. et al. 2008. A vegetação da campinarana do Campo dos Perdidos em São Luiz do Tapajós: subsídios para a criação de uma unidade de conservação. Embrapa **Amazônia Oriental**, Belém, Pará. 49-67p.

GIULIETTI, A.M. & PIRANI, J.R. 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. In Proceedings of a workshop on Neotropical distribution patterns (P.E. Vanzolini & W.R. Heyer, eds.). **Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, p.39-69.

GIULIETTI, A.M., PIRANI, J.R., HARLEY, R.M. 1997. Espinhaço Range region eastern Brazil. In: Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation.

DAVIS, S.D., HEYWOOD, V.H., HERRERA-MACBRYDE, O., VILLA-LOBOS, J., HAMILTON, A.C. (eds.). Information Press, **Oxford**, v.3, p. 397-404.

GIULIETTI, A.M.; HARLEY, R.; QUEIROZ, L.P.; WANDERLEY, M.G.L.; PIRANI, J.R. Caracterização e endemismo nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. *In: CAVALCANTI, T.C.; WALTER, B.M.T. (eds). Tópicos Atuais em Botânica Brasílica*. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/ Sociedade Botânica do Brasil, 2000. p. 311-318.

JACOBI, C. M.; CARMO, F. F. 2008. Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Megadiversidade**, v.4, nº 1-2.

JOLY, A.B. 1970. Conheça a vegetação brasileira. **Editora da Universidade de São Paulo e Polígono**, São Paulo.

MAGALHÃES, G.M. 1966. Sobre os cerrados de Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 38 (supl.): 59- 70.

NOGUEIRA, R.E.; PEREIRA, O.L.; KASUYA, M.C.M.; LANNA, M.C.S.; MENDONÇA, M.P. 2004 Fungos micorrízicos associados a orquídeas em campos rupestres na região do Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil. **Acta botânica brasileira**. 19(3): 417-424.

NUNES, J.A. 2009. Florística, Estrutura e Relações Solo-vegetação em gradientes fitofisiônomico sobre a canga, na Serra Sul, FLONA de Carajás- Pará. **Dissertação de mestrado**, Universidade Federal de Viçosa.

PORTO, M.L. & SILVA, M.M.F. 1989. Tipos de Vegetação metalófila em áreas da Serra de Carajás e Minas Gerais. **Acta Botanica Basilica** 3: 13- 21.

RIZZINI, C.T. 1997. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. 2.ed. São Paulo: HUCITEC/ Universidade de São Paulo,. 374p.

SECCO, R.S.; LOBO, M.G.A. 1988. Considerações taxonômicas sobre a Flora dos “Campos Rupestre” da Serra dos Carajás. **Bol.FBCN**, Rio de Janeiro 3(23): 30:44.

SILVA & ROSA , N.A. 1990. Estudos Botânicos na área do Projeto-ferro Carajás/Serra Norte. I. Aspectos fito-ecológicos dos campos rupestres. *In: Sociedade Botânica do Brasil, Anais do XXXV Congresso Nacional de Botânica*, Manaus 1984. Pg. 367-378.

SILVA, M.F.F. 1991. Análise florística da vegetação que se cresce sobre canga hematítica em Carajás-PA (Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi** – Ser. Bot. 7: 79-108.

SILVA, M.F.F.; SECCO, R. S. & LOBO, M. da G. 1996. Aspectos ecológicos da vegetação rupestre da Serra dos Carajás, Estado do Pará, Brasil. **Acta Amazonica** 26 (1/2): 17-44.

TEIXEIRA, W.A.; & LEMOS-FILHO, J.P. 2002. Fatores edáficos e Colonização de Espécie Lenhosa em uma cava de Mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. **Revista Árvore**. 26 :25-33.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. & LIMA, J. C. A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. **IBGE**, Rio de Janeiro.

ZAPPI, D.; LUCAS, E.; STANNARD, B.; LUGHADHA, E.N.; PIRANI, J.R.; QUEIROZ, L.P.; ATKINS, S.; HIND, N.; GIULIETTI, A.M.; HARLEY, R.; MAYO, S.; CARVALHO, A.M. 2000. Biodiversidade e conservação na Chapada Diamantina, Bahia: Catolés, um estudo de caso. In: ARAÚJO, E.L.; MOURA, A.N.; SAMPAIO, E.S.B.; GESTINARI, L.M.S.; CARNEIRO, J.M.T. Biodiversidade, conservação e uso sustentável na flora do Brasil. Recife: **UFRPE/ Imprensa Universitária**, p. 87-89.

2. O efeito da sazonalidade da precipitação na florística e estrutura das plantas herbáceas dos campos rupestres da Serra Norte de Carajás, Pará¹

PRISCILLA PRESTES CHAVES² & LEANDRO VALLE FERREIRA³

RESUMO: Estudos realizados em regiões tropicais têm usado a comunidade de plantas herbáceas para entender a variação sazonal da florística de estrutura da comunidade, em relação a variáveis bióticas e abióticas. Poucos estudos foram realizados na Amazônia, relacionando à variação da estrutura e florística de comunidades de plantas herbáceas em relação sazonalidade da precipitação e nenhum estudo foi concebido para relacionar esse aspecto nos campos rupestres da Amazônia. O objetivo desse estudo é determinar se existe diferença na florística e estrutura da comunidade de plantas herbáceas nos campos rupestres e lagoas temporárias na Serras de Carajás, em relação ao período de seca e chuva. Para a amostragem da vegetação, nos dois períodos foram utilizadas parcelas de 1 x 1 metro, nos quais todos os indivíduos foram contados e identificados. A riqueza e diversidade de espécies e a densidade de indivíduos não variou entre os períodos de seca e chuva nos dois tipos de vegetação. Há uma grande dominância de poucas espécies na comunidade de plantas nos dois tipos de vegetação entre o dois períodos. As dez espécies com maior densidade relativa totalizam 90% e 88% do total de indivíduos da comunidade de plantas herbáceas do campo rupeste nos dois períodos, respectivamente. Nas lagoas temporárias as dez espécies com maior densidade relativa totalizam 84% do total de indivíduos nos dois períodos respectivamente. Há grande diferença na composição de espécies nos campos rupestres e lagoas temporárias entre os períodos de seca e de chuva. Das 68 espécies dos campos rupestres, somente 11 foram comuns aos dois períodos, enquanto nas lagoas temporárias, das 55 espécies somente 10 foram comuns aos dois períodos e com grande variação na densidade relativa. Apesar de não haver diferenças na riqueza de espécies da comunidade de plantas herbáceas dos campos rupestres e lagoas sazonais, entre os períodos há uma nítida substituição da composição de espécies nos dois tipos de vegetação entre os períodos. Isto demonstra que as comunidades de plantas herbáceas nos dois tipos de vegetação são claramente adaptadas às variações abióticas existentes entre os dois períodos.

Palavras-chave: Composição, florística, diversidade florística

¹. Este capítulo segue as normas da Revista Brasileira de Botânica.

². Universidade Federal Rural da Amazônia/ Museu Paraense Emílio Goeldi, Coordenação de Botânica, Curso de Mestrado em Botânica Tropical.

³. Museu Paraense Emílio Goeldi, Coordenação de Botânica, C.P. 399, 66040-170, Belém, Pará, Brasil
(lvferreira@museu-goeldi.br)

ASBTRACT: Herbaceous plant community studies in tropical regions were conducted to understand the population seasonal variation regarding to biotic and abiotic variables. Only a few studies demonstrating the herbaceous floristic and community structural variation against seasonal precipitation were performed in the Amazon. In fact, there is no study about these issues in Amazonian rupestrian fields. This study aims to determine the difference or not in the floristic and herbaceous community structure of rupestrian fields and temporary lagoons from Carajás Mountain Range at the dry and wet periods. One meter square plots were used for sampling vegetation at both periods. All individuals were counted and identified. There was no variation following richness, diversity and individual density among the periods and types of vegetation. Few species predominate greatly between the two types of vegetation among the dry and wet periods. The ten species that represented the greatest relative density corresponded to 90% (dry season) and 88% (wet season) of all specimens from rupestrian fields herbaceous community. In the other hand, the ten species that represented the greatest relative density corresponded to 84% of all specimens in the periods from temporary lagoons. There was a marked difference in species composition between rupestrian fields and temporary lagoons at dry and rainy seasons. Eleven of 68 species from rupestrian fields were common to both periods; meanwhile ten of 55 species from temporary lagoons were common to both seasons and with a greater relative density. Despite there was no species richness difference between herbaceous communities from rupestrian fields and temporary lagoons at dry and rainy seasons, there was a clearly plant composition substitution in the studied areas following the periods. This results show that herbaceous communities from these two special areas are adapted to seasonal abiotic variations.

Key-words: Composition, floristic, floristic diversity.

2.1. Introdução

Entre os tipos de vegetação do bioma Amazônia, os campos rupestres são um dos menos estudados. Veloso *et al.* (1991) definem os campos rupestres como vegetações com estrutura campestre, descontínua e associadas a afloramentos rochosos nas serras do Brasil Central e Oriental.

Os campos rupestres representam importante ambiente de enclave dentro do domínio da floresta tropical amazônica, levando Veloso *et al.* (1991) a criar o termo “refúgios montanos” ou “relíquias de vegetação” para esses encraves, por se tratarem de vegetações isoladas em um contexto completamente distinto da flora dominante na região onde se localizam (Vasconcelos 2011).

É uma vegetação típica de ambientes montanos, com estrutura arbustiva e/ou herbácea, com comunidades próprias e caracterizada pelo grande número de espécies endêmicas, algumas ameaçadas de extinção, tais como, *Ipomoea calcantei* D.Austin (Convolvulaceae) e *Ipomoea carajaensis* D. Austin. (Convolvulaceae) (Rayol 2006).

Na Amazônia brasileira esse tipo de vegetação ocupa somente uma pequena área, sendo representado por enclaves de vegetação com distribuição disjunta, formada por algumas serras de diferentes tamanhos e circundada por vales recobertos por floresta ombrófila densa ou aberta (Silva 1991, Silva *et al.* 1996).

Os campos rupestres localizados em afloramentos rochosos de óxidos de ferro denominados de canga couraçada ou canga hematítica estão localizados na região da Serra dos Carajás no estado do Pará, entre 500 a 750 metros de altitude. Esses campos apresentam diferentes fisionomias, variando desde áreas abertas recobertas por plantas herbáceas a áreas recobertas com adensamento de arbustos e pequenas árvores, (Silva *et al.* 1996, Vasconcelos 2011).

Além do substrato predominante de óxido de ferro, outros tipos de solos são presentes, tais como, plintossolos e cambissolos, associados aos campos rupestres e capões de floresta e organossolos associados às lagoas temporárias (Schaefer *et al.* 2007).

Estudos botânicos realizados na Serra dos Carajás mostram que os campos rupestres e lagoas temporárias são caracterizados pelo baixo número de espécies. Contudo, muitas são endêmicas a esses tipos de vegetação (Silva & Rosa 1990). Uma das explicações para esse padrão é a alta concentração de metais, principalmente óxidos de ferro e hematita, que determinam uma grande pobreza de nutrientes e a baixa

capacidade de retenção de água nos solos (Silva 1989), resultando em uma comunidade de plantas com extrema tolerância a esses fatores, o que explica a ocorrência de espécies endêmicas (Silva & Rosa 1990, Silva *et al.* 1996).

Os campos rupestres da Serra dos Carajás estão sobre solos com alto teor de hematita, sendo, portanto, usados na indústria mineral. Os maiores enclaves desse tipo de vegetação estão situados dentro da Floresta Nacional de Carajás, no sudeste do estado do Pará, onde a companhia brasileira mineradora Vale (ex Vale do Rio Doce) exerce atividades de mineração, ligados à extração de minério de ferro nos campos rupestres.

Por ser um tipo de vegetação de pouca representatividade na Amazônia, com grande quantidade de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção e serem explorados economicamente pela indústria de minérios, os campos rupestres merecem uma proteção especial, pois qualquer perda de habitats pode ter consequências graves para a conservação da biota desse tipo de vegetação.

Na estratégia para a conservação da biota dos campos rupestres da Serra dos Carajás é necessário conhecer os mecanismos físicos e bióticos responsáveis pela regulação da florística e estrutura da comunidade de plantas e animais.

Bastos (1996) relata que a sazonalidade climática é um dos fatores mais importantes na regulação da comunidade de plantas herbáceas em um tipo de vegetação denominado de restingas costeiras na Amazônia paraense. O estudo determinou que a composição de espécies de plantas herbáceas responde diretamente a sazonalidade da precipitação, resultando em comunidades com espécies exclusivas entre os períodos de seca e de chuva.

Essas conclusões são fundamentais para subsidiar outros estudos, com o objetivo de traçar estratégias para a conservação da comunidade de plantas herbáceas nos campos rupestres e as lagoas temporárias da Serra dos Carajás.

O objetivo desse capítulo é comparar o efeito dos períodos de seca e de chuva na florística e a estrutura de plantas herbáceas dos campos rupestres e das lagoas temporárias da serra norte de Carajás.

2.2. Material e métodos

Área de estudo

A Floresta Nacional de Carajás está localizada no sudeste do estado do Pará ($05^{\circ}52' S$; $49^{\circ}53' E$ a $50^{\circ}45' E$) e tem 395 mil hectares. Essa unidade faz parte de um mosaico de áreas protegidas que totalizam cerca de 2 milhões (Figura 1).

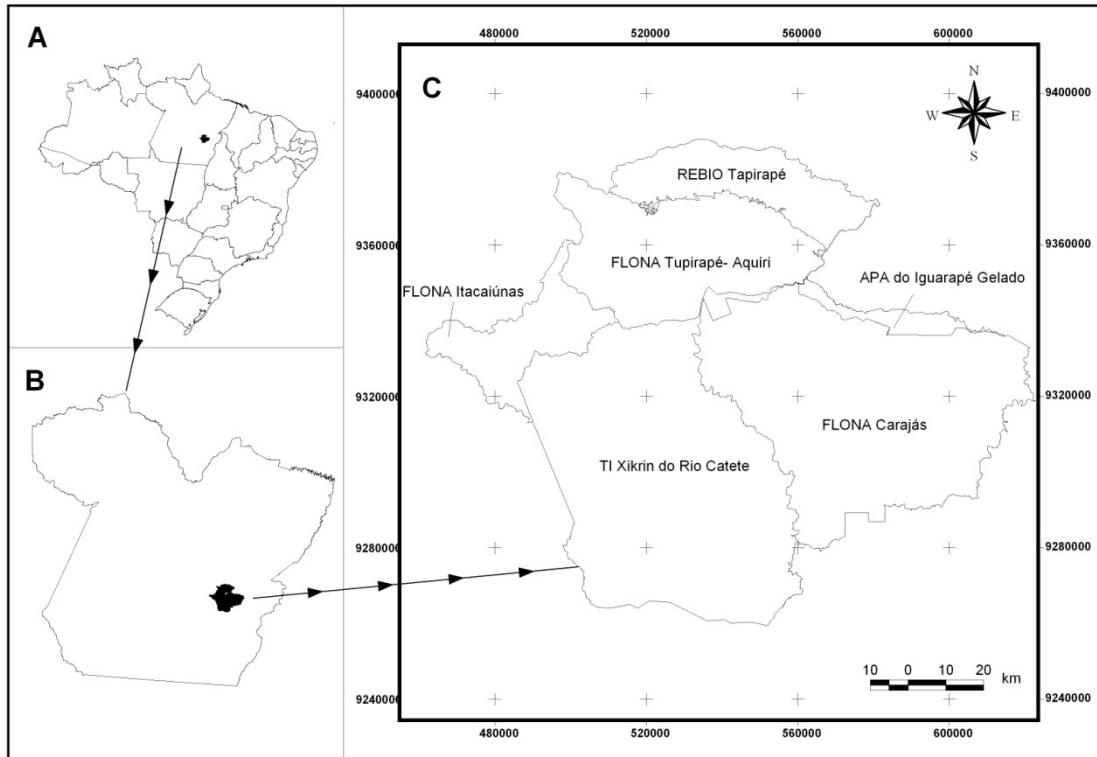


Figura 1 – Mapa do Brasil mostrando o estado do Pará (A), a localização do mosaico de áreas protegidas em relação ao estado do Pará (B) e os tipos de áreas protegidas do mosaico (C) (REBIO= Reserva Biológica; APA=Área de Proteção Ambiental; FLONA= Floresta Nacional e TI= Terra Indígena)..

A maior parte da Floresta Nacional de Carajás é representada por floresta ombrófila, dividida nas fisionomias densa, aberta ou aluvial. Contudo, existe um tipo de vegetação denominado de campo rupestre, que cresce sob substrato de minério de ferro, sendo localmente conhecido como savana metalófica ou vegetação de canga (Secco & Mesquita 1983, Silva *et al.* 1996) (Figura 2).

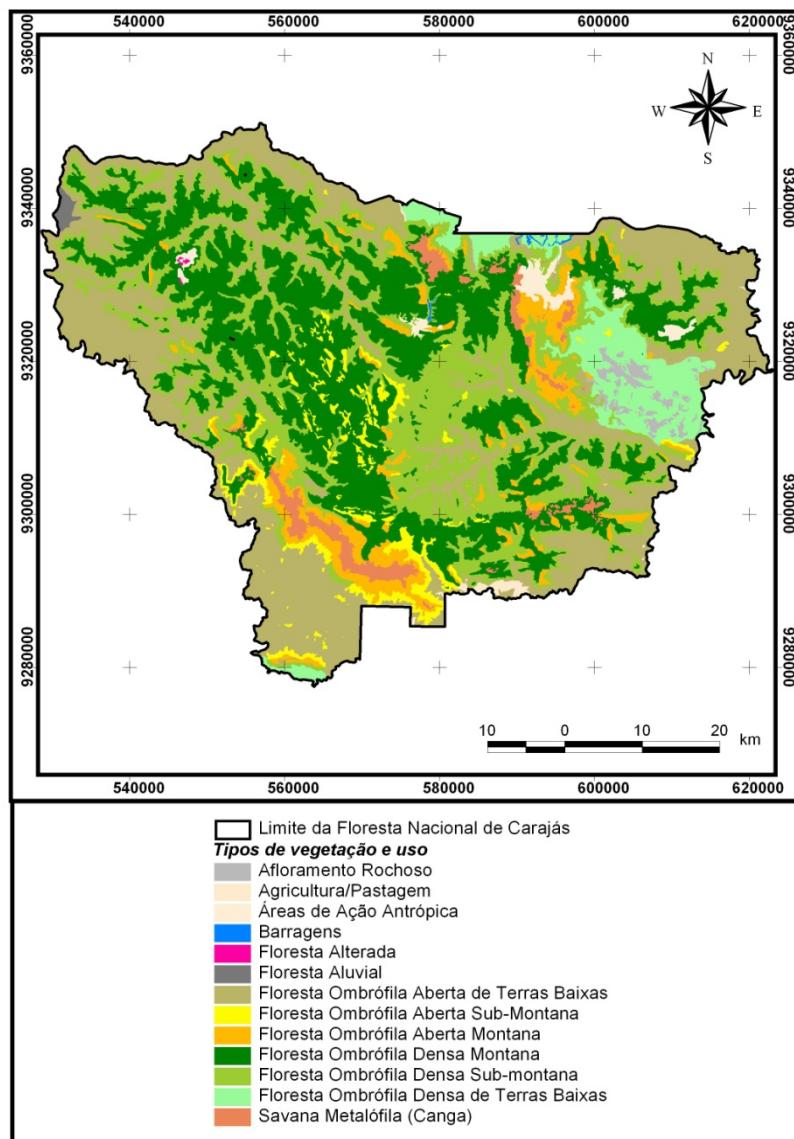


Figura 2 – Tipos de vegetação e de uso do solo na Floresta Nacional de Carajás, Pará.

Os campos rupestres da Floresta Nacional de Carajás têm uma distribuição disjunta (não continua). Esses campos rupestres são representados por pequenos maciços de serras entre os vales do Xingu e Araguaia, com estrutura geológica complexa e altitudes que variam de 500 a 800 metros (Ab'Saber 1986).

As principais serras da Floresta Nacional de Carajás são: Serra Norte, dividida nos enclaves de campos rupestres denominados de N1 a N8 e a Serra Sul, dividida nos enclaves de serras denominados de A, B, C e D, Serra do Tarzan e Serra da Bocaina, essa última localizada fora dos limites da Floresta Nacional (Figura 3).

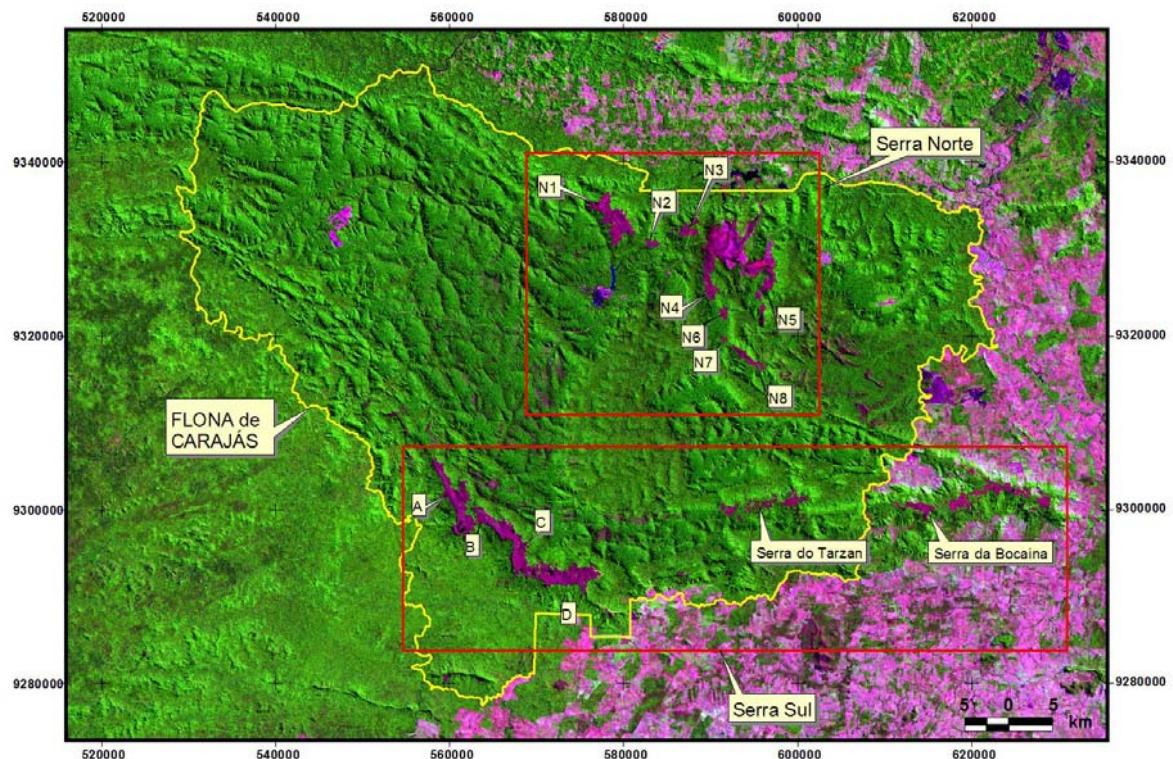


Figura 3 – Distribuição espacial dos campos rupestres das Serras Norte e Sul na Floresta Nacional de Carajás, Pará.

O clima na Floresta Nacional de Carajás é dividido em dois grupos: (1) Equatorial Continental e (2) Equatorial Mesotérmico de Altitude. O Clima Equatorial Continental ocorre nas áreas de colinas baixas e encostas, enquanto o Equatorial Mesotérmico de Altitude está associado às serras. As encostas são caracterizadas por apresentar temperaturas médias de 25° C a 26° C, baixa insolação (5 a 6 horas) e ventos fracos. As precipitações anuais variam de 1.900 a 2.000 mm e o tipo climático dos topos das serras é caracterizado por apresentar temperaturas médias de 23° C a 25°C, baixa insolação (4,5 a 5 horas) e ventos moderados. As precipitações anuais variam de 2.000 a 2.400 mm (IBAMA 2003).

A precipitação na Floresta Nacional de Carajás é caracterizada pela sazonalidade, o período de estiagem ocorre de junho a outubro e o período chuvoso de dezembro a abril, com dois períodos de transição: seco-chuvoso em novembro e chuvoso-seco em maio (Figura 4).

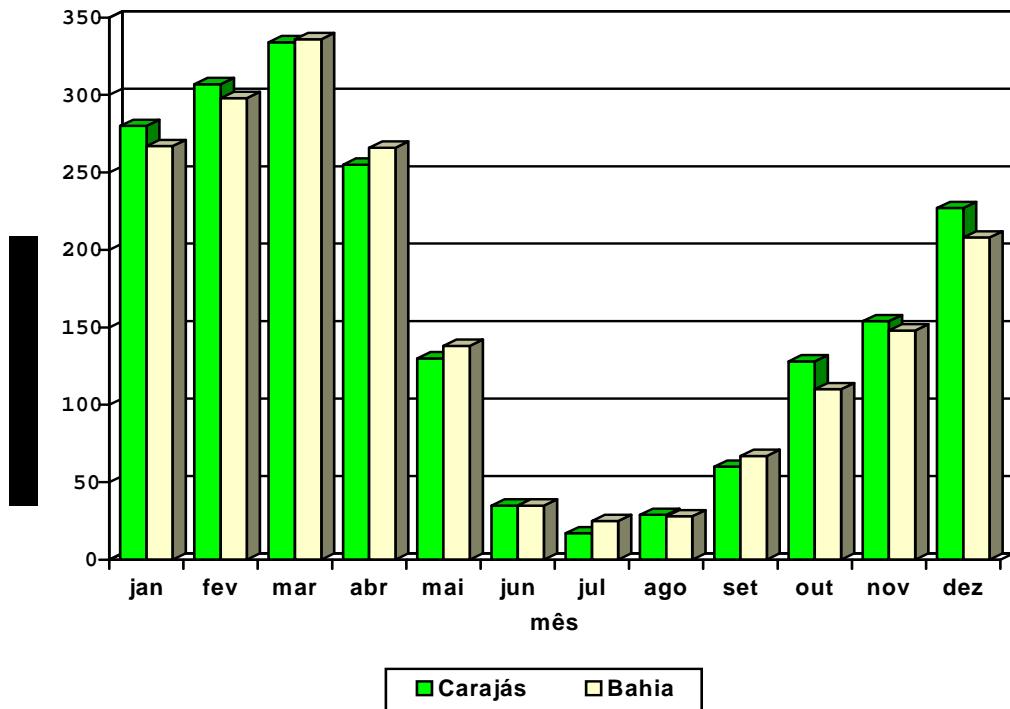


Figura 4 – Precipitação média, entre os anos de 1968 a 1999, das Estações Climatológicas de Carajás e do Igarapé Bahia na Floresta Nacional de Carajás, Pará (IBAMA 2003).

Coleta de dados

As coletas de dados ocorreram em agosto de 2009 no período de menor precipitação denominado a partir de agora de período de seca e em março de 2010, no período de maior precipitação, denominado a partir de agora de período de chuva.

Foram amostrados dois tipos de habitats: (1) comunidade de plantas herbáceas terrestres nos campos rupestres e (2) comunidade de plantas terrestres e aquáticas nas lagoas temporárias (Silva et al. 1996) (Figura 5).

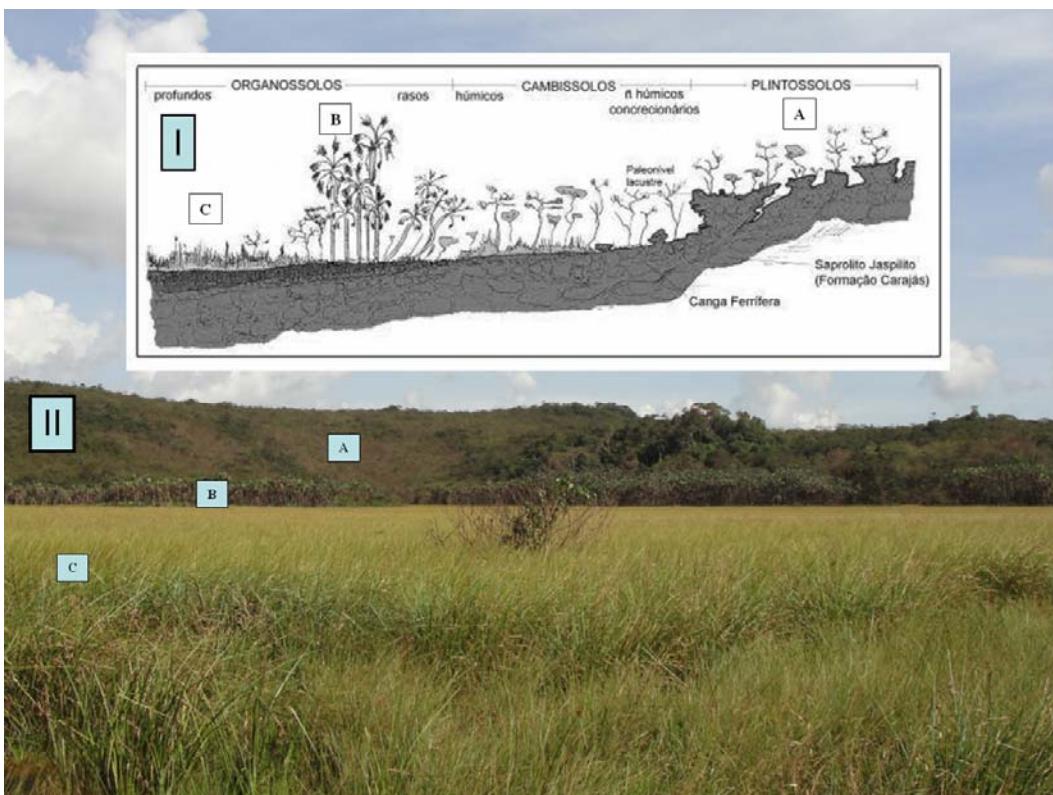


Figura 5 – Perfil das comunidades vegetais em relação aos tipos de solo nos campos rupestres da Floresta Nacional de Carajás (I - modificado de Schaefer et al, 2007), onde são representados (II) os campos rupestres (A) e as lagoas temporárias circundadas por palmeiras (B) e comunidades herbáceas (C) (Foto: Leandro Ferreira – Museu Paraense Emílio Goeldi).

No levantamento das espécies herbáceas do campo rupestre foram usadas 152 parcelas de 1 x 1 metro, 76 no período de seca e 76 no período de chuva em três enclaves denominados de N4, N5 e N6 (Figura 6).

No levantamento das espécies herbáceas das lagoas temporárias foram usadas 152 parcelas de 1 x 1 metro, 76 no período de seca e 76 no período de chuva, distribuídas aleatoriamente nas margens e no centro de três lagoas nos enclaves N4, N5 e N6 (Figura 6).

Em ambos os tipos de habitats a distribuição das parcelas foi aleatória, com uma distância mínina de 50 metros entre as mesmas.

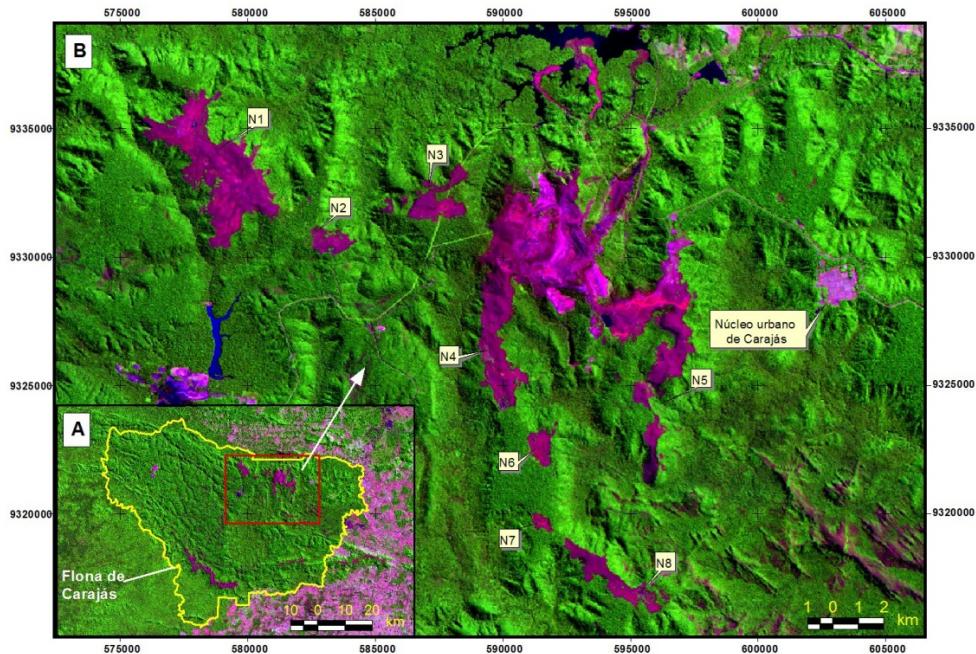


Figura 6 – Localização das áreas usadas nesse estudo na Serra Norte de Carajás, Pará (Produção: Museu Paraense Emílio Goeldi).

Dentro de cada parcela todos os indivíduos foram contados, registrados, e identificados, para os indivíduos que se organizavam em touceiras foi considerado um só espécime (Figura 7A e 7B).

A implantação das parcelas para coleta de espécimes botânicos férteis nas lagoas temporárias foi feitas a pé durante o período de seca, quando as lagoas ficam praticamente sem água, e de barco, quando a profundidade das lagoas pode atingir a mais de 6 metros de profundidade, no período de chuva (Figura 7C e 7D).



Figura 7 – Delimitação das parcelas do levantamento de plantas herbáceas no campo rupestre no período de seca (A) e de chuva (B) e a nas lagoas temporárias no período de seca (C) e de chuva (D) na Serra Norte de Carajás (Fotos: Leandro Ferreira – Museu Paraense Emílio Goeldi, 2009 e 2010).

Todo material botânico fértil coletado está sendo incorporado ao acervo do Herbário João Murça Pires do Museu Paraense Emílio Goeldi (MG). O sistema de classificação botânica utilizado é APG III (2009).

Para a análise dos dados de florística e estrutura foi utilizado o programa Mata Nativa 2 (CIENTEC v. 2.0 2006).

A estimativa de riqueza foi calculada no programa EstimateS 8 - Statistical Estimation of species Richness and Shared Species from Samples - (Cowell & Coddington 1994).

Utilizou-se o estimador não-paramétrico Jackknife de 1^a ordem (Colwell 1997), que foi escolhido porque utiliza, como um dos elementos para calcular a estimativa de riqueza de espécies, o número de *uniques* e *duplicates* espécies, ou seja, o número de espécies representado por somente um ou dois indivíduos nas parcelas amostradas (Colwell 1997), um padrão botânico comum na maioria das fisionomias de vegetação em regiões tropicais (Gentry 1982).

As diferenças na riqueza e diversidade de espécies e densidade de indivíduos (variáveis dependentes) entre os períodos de seca e de chuva (fatores) foram testadas usando o teste t de Student. A densidade de indivíduos foi transformada em Log, pois os dados não tinham distribuição normal (Zar 2010).

2.3. Resultados

Na comunidade herbácea do campo rupestre foram identificadas 68 espécies, sendo 46 e 33 espécies, entre o período de seca e de chuva, respectivamente (Apêndice 1).

No período de seca o estimador de riqueza de espécies *Jackknife* de 1^a ordem estimou uma riqueza de 58 espécies, representando 80% da riqueza de espécies determinada no levantamento, enquanto no período de chuva a estimativa de riqueza foi de 42 espécies, representando 79% do número de espécies determinada (Figura 8).

Isto demonstra que esforço de amostragem dos campos rupestres da Serra Norte da Serra dos Carajás desse estudo, foi adequado na estimativa da riqueza local das comunidades de plantas herbáceas entre os períodos de seca e de chuva.

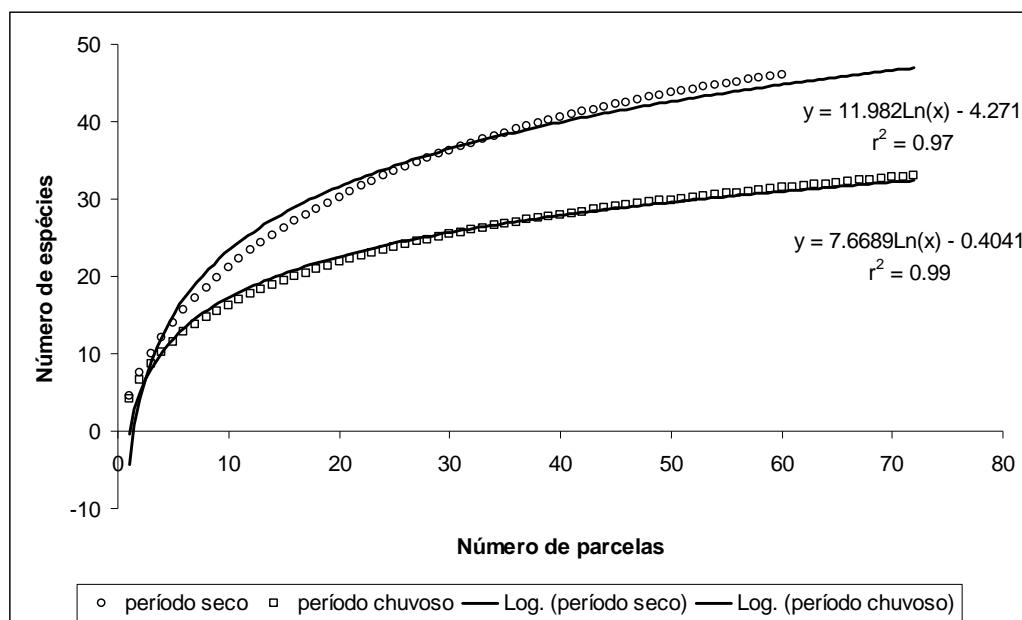


Figura 8 – Número de espécies em relação ao número de parcelas na comunidade de plantas herbáceas dos campos rupestres, entre o período seco e chuvoso, na Serra Norte de Carajás, Pará.

Não houve variação significativa da riqueza de espécies dos campos rupestres da Serra Norte entre o período de seca ($X=4,5$; $DP=1,55$) e de chuva ($X=4,1$; $DP=1,64$) ($t=-1,57$; $p=0.119$) (Figura 9A).

Não houve variação significativa da diversidade de espécies dos campos rupestres da Serra Norte entre o período de seca ($X=1,09$; $DP=0,41$) e de chuva ($X=1,14$; $DP=0,43$) ($t=0,62$; $p=0.539$) (Figura 9B).

Não houve variação significativa do Log da densidade de indivíduos dos campos rupestres da Serra Norte entre o período de seca ($X=3,2$; $DP=0,59$) e de chuva ($X=3,1$; $DP=0,57$) ($t=-1,45$; $p=0.150$) (Figura 9C).

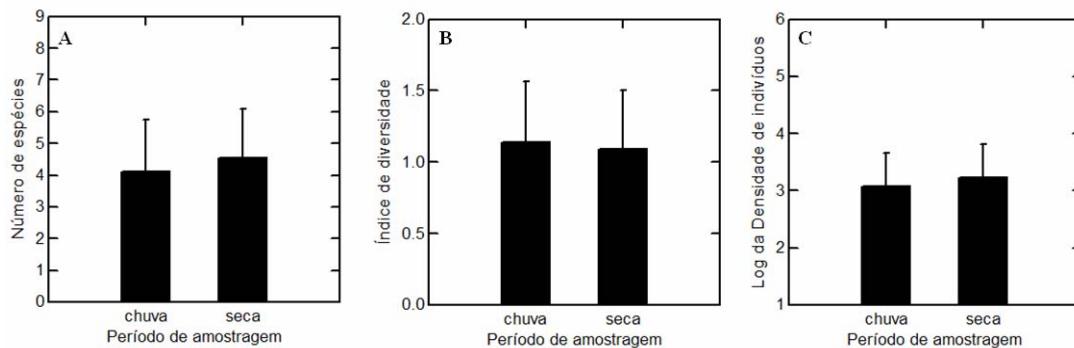


Figura 9 – Média e desvio padrão do número e diversidade de espécies (A e B) e log. da densidade de indivíduos (C) da comunidade de plantas herbáceas dos campos rupestres, entre os períodos de seca e chuva, da Serra Norte de Carajás, Pará.

As dez espécies com maior densidade relativa totalizam 90% e 88% do total de indivíduos da comunidade de plantas herbáceas do campo rupeste, entre os períodos de seca e chuva, respectivamente e destas, somente três espécies foram comuns aos dois períodos (Tabela 1).

Tabela 1. Dez espécies com maior densidade relativa (DR), entre os períodos de seca e chuva, da comunidade de plantas herbáceas dos campos rupestres da Serra Norte de Carajás, Pará (a DR das espécies comuns estão em negrito).

Período da Seca		Período de Chuva	
Nome Científico	DR	Nome Científico	DR
<i>Axonopus purpusii</i> (Mez) Chase	54.6	<i>Axonopus purpusii</i> (Mez) Chase	28.6
<i>Anthurium lindmanianum</i> Engl.	9.0	<i>Dyckia duckei</i> L.B. Sm.	12.0
<i>Sobralia liliastrum</i> Lindl.	6.2	<i>Anthurium lindmanianum</i> Engl.	9.4
<i>Croton glandulosus</i> L.	4.9	<i>Gentianaceae</i>	8.5
<i>Mimosa acutistipula</i> (Mart.) Benth.	4.7	<i>Siphonthera</i> sp.	7.2
<i>Cuphea antisyphilitica</i> Kunth	3.8	<i>Sobralia liliastrum</i> Lindl.	6.1
<i>Dyckia duckei</i> L.B. Sm.	2.6	<i>Cuphea anagalloidea</i> A. St.- Hil.	6.0
<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) Kunth ex C.B. Clarke	1.7	<i>Cladonia</i> sp.	5.0
<i>Vellozia glochidea</i> Pohl	1.4	<i>Mesosetum loliiiforme</i> (Hochst. ex Steud.) Chase	2.6
<i>Cuphea annulata</i> Koehne	1.2	<i>Paspalum minimum</i> Meyen	2.5
Total	90.2	Total	88.0
Demais espécies (N=38)	9.8	Demais espécies (N=23)	12.0

Das 68 espécies identificadas nos campos rupestres desse estudo, 11 espécies (16% do total) foram comuns aos períodos de seca e de chuva. Destas, 7 espécies tiveram aumento da densidade relativa entre a estação seca em relação ao de chuva, variando de 4,3% (*Anthurium lindmanianum* Engl.) a 1.320% (*Borreria tenella* (Kunth) Cham. & Schldl.) (Tabela 2) e três espécies tiveram diminuição da densidade relativa entre o período de seca em relação de chuva ao de chuva, variando de 0,3% (*Sobralia liliastrum* Lindl.) a 91,1% (*Cuphea annulata* Koehne) (Tabela 2).

Tabela 2 – Densidade relativa total e variação da densidade relativa das 11 espécies comuns aos períodos de seca e de chuva na comunidade de plantas herbáceas dos campos rupestres da Serra Norte de Carajás, Pará.

Nome científico	Período de seca (DR)	Período de Chuva (DR)	Variação da (DR)
<i>Anthurium lindmanianum</i> Engl.	9.0	9.4	4.3
<i>Axonopus purpusii</i> (Mez) Chase (Mez) Chase	54.6	28.6	-47.6
<i>Borreria tenella</i> (Kunth) Cham. & Schltdl	0.1	0.7	1.320
<i>Cassitha filiformis</i>	0.1	0.1	0.0
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene	0.2	0.2	37.5
<i>Cladonia</i> sp.	0.6	5.0	754.2
<i>Cuphea annulata</i> Koehne	1.2	0.1	-91.1
<i>Dyckia duckei</i> L.B. Sm.	2.6	12.0	361.4
<i>Epidendrum nocturnum</i> Jacq.	0.4	0.5	14.0
<i>Sobralia liliastrum</i> Lindl.	6.2	6.1	-0.3
<i>Turnera breviflora</i> Moura	0.2	0.7	200.0

Na comunidade herbácea das lagoas temporárias foram identificadas 61 espécies, variando de 30 e 41 espécies, entre os períodos de seca e de chuva, respectivamente (Apêndice 2).

No período de seca o estimador *Jackknife* de 1^a ordem estimou uma riqueza de 34 espécies, foi coletado 88% do número de espécies estimado, enquanto no período chuvoso a estimativa de riqueza foi de 42 espécies, sendo registrados 79% do número de espécies estimado (Figura 10).

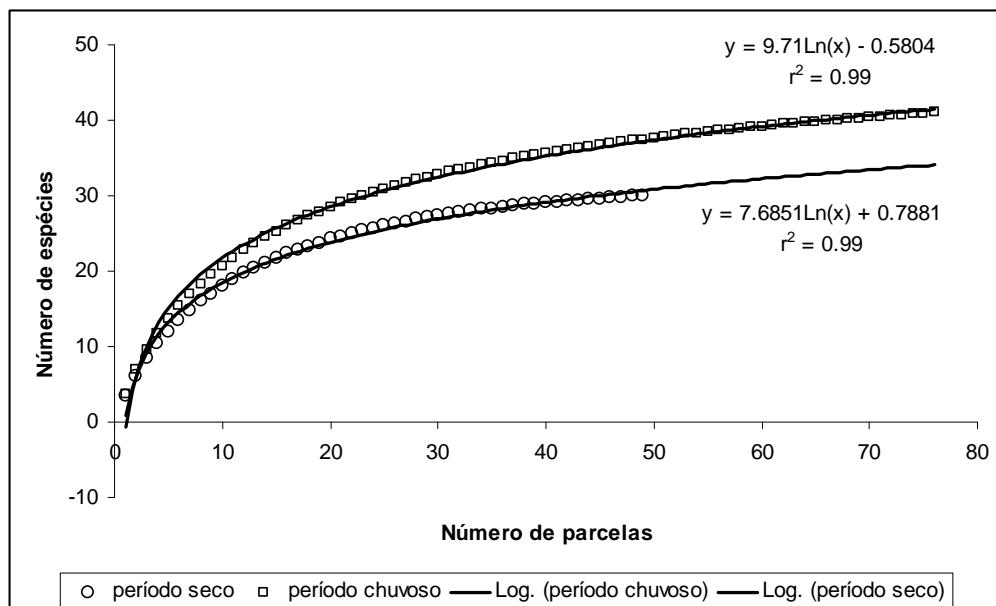


Figura 10 – Riqueza observada de espécies da comunidade de plantas herbáceas das lagoas temporárias no período de seca e de chuva na Serra Norte de Carajás, Pará.

Isto demonstra que o esforço de amostragem nas lagoas temporárias da Serra Norte da Serra dos Carajás desse estudo, foi adequado na estimativa da riqueza local das comunidades de plantas herbáceas entre os períodos de seca e de chuva.

Não houve variação significativa da riqueza de espécies nas lagoas temporárias da Serra Norte entre o período de seca ($X=3,4$; $DP=1,25$) e de chuva ($X=3,8$; $DP=1,18$) ($t=1,85$; $p=0,07$) (Figura 11A).

Não houve variação significativa da diversidade de espécies nas lagoas da Serra Norte temporárias entre o período de seca ($X=0,75$; $DP=0,38$) e de chuva ($X=0,78$; $DP=0,36$) ($t=0,44$; $p=0,66$) (Figura 11B).

Não houve variação significativa no Log. da densidade de indivíduos nas lagoas temporárias da Serra Norte entre o período de seca ($X=4,7$; $DP=0,74$) e de chuva ($X=4,3$; $DP=0,84$) ($t=-2,51$; $p=0,07$) (Figura 11C).

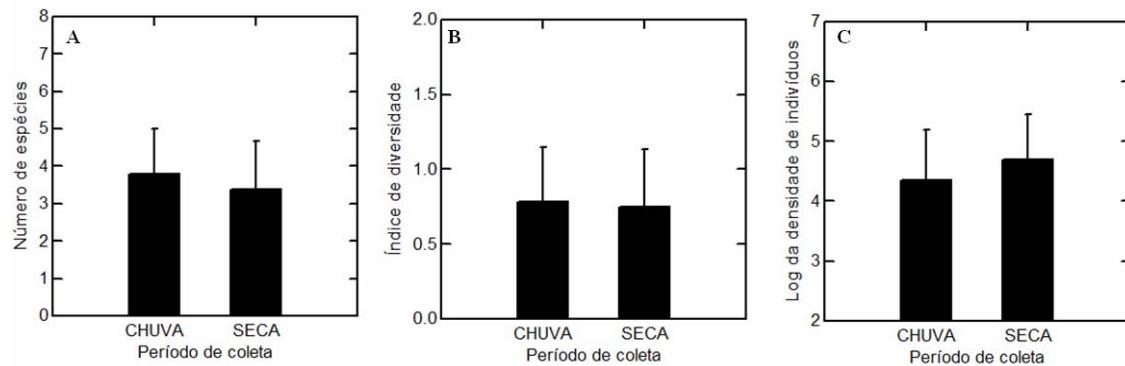


Figura 11 – Média e desvio padrão do número e diversidade de espécies (A e B) e log. da densidade de indivíduos (C) entre os períodos de seca e chuva da comunidade de plantas herbáceas nas lagoas temporárias da Serra Norte de Carajás, Pará.

As dez espécies com maior densidade relativa totalizam 84% do total de indivíduos da comunidade de plantas herbáceas das lagoas temporárias entre os períodos de seca e chuva, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Dez espécies com maior densidade relativa (DR) entre os períodos de seca e chuva da comunidade de plantas herbáceas das lagoas sazonais nos campos rupestres da Serra Norte de Carajás, Pará.

Período de seca		Período de chuva	
Nome Científico	DR	Nome Científico	DR
<i>Rhynchospora cyperoides</i> Mart.	14.29	<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) Roem. & Schult.	26.45
<i>Cyperus laetis</i> Juss.	14.22	<i>Mayaca fluviatilis</i> Aubl.	26.38
<i>Rhynchospora filiformis</i> Vahl	12.2	<i>Borreria laevis</i> (Lam.) Griseb. <i>Axonopus purpusii</i> (Mez) Chase	5.04 4.92
<i>Sida cordifolia</i> L.	10.67	<i>Paspalum pilosum</i> Lam.	3.95
<i>Fimbristylis cymosa</i> R. Br.	8.08	<i>Panicum parvifolium</i> Lam.	3.93
<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult.	6.94	<i>Rhynchospora</i> <i>holoschoenoides</i> (Rich.) Herter	3.83
<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) Roem. & Schult.	6.8	<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	3.56
<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	5.37	<i>Rhynchospora graminea</i> Uittien	3.1
<i>Pontederia tenella</i> Kunth	2.71	<i>Hyptis parkeri</i> Benth.	2.8
<i>Melochia villosa</i> (Mill.) Fawc. & Rendle	2.61	Total	83.96
Total	83.89	Demais espécies (N=31)	16.04
Demais espécies (N=20)	16.11		

O número de espécies comuns a ambos os períodos de coleta foi de somente 10 espécies (16% do total), com grande variação da densidade relativa entre os períodos de seca e chuva (Tabela 4).

Seis espécies tiveram um aumento na densidade relativa entre a estação seca em relação à de chuva, variando de 289% (*Eleocharis geniculata* L.) a 11,7 mil por cento (*Borreria verticillata* (L.) G. Mey.) (Tabela 4).

Quatro espécies tiveram diminuição na densidade relativa entre o período de seca em relação ao de chuva, variando de 14,3% (*Xyris stenostachya* Steyermark.) a 99,5% (*Nymphoides indica* (L.) Kuntze) (Tabela 4).

Tabela 4 – Densidade relativa e variação da densidade relativa das 10 espécies comuns aos períodos de seca e de chuva da comunidade de plantas herbáceas das lagoas temporárias da Serra Norte de Carajás, Pará

Nome científico	Período de seca (DR)	Período de chuva (DR)	% de diferença
<i>Aeschynomene sensitiva</i> var. <i>sensitiva</i>	0.18	0.12	-33
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	0.03	3.56	11.766
<i>Eleocharis geniculata</i> (L.)	6.80	26.45	289
<i>Nymphoides indica</i> (L.) Kuntze	2.04	0.01	-99
<i>Panicum parvifolium</i> Lam.	0.08	3.93	4.812
<i>Paspalum pilosum</i> Lam.	0.81	3.95	387
<i>Scleria microcarpa</i> Ness ex Kunth	1.89	0.47	-75
<i>Sida cordifolia</i> L.	10.67	0.36	-96
<i>Tonina fluviatilis</i> Aubl.	0.03	1.98	6.500
<i>Xyris stenostachya</i> Steyermark.	0.35	0.30	-14

2.4. Discussão

Houve grande diferença na composição da comunidade de espécies de plantas herbáceas nos campos rupestres e das lagoas temporárias nas áreas amostradas na Serra Norte de Carajás, entre as estações de seca e de chuva.

A substituição de comunidade de espécies de plantas em relação a fatores abióticos, tais como, tipos de solo, altitude, inundação e topografia edáficos e topográficos tem sido descritos em diversos estudos realizados em regiões tropicais (Tuomisto & Ruokolainen 1994, Tuomisto 2003b, Ferreira 2000; Ferreira *et al.* 2010) e temperadas (Itoh *et al.* 2003, Okuda *et al.* 2004). Contudo, estudos que relatam à substituição da comunidade de plantas em relação à sazonalidade climática, principalmente em regiões tropicais e particularmente na Amazônia, ainda são pouco conhecidos.

A distribuição de espécies de plantas em qualquer habitat depende de dois fatores: a capacidade de dispersão dos propágulos e a disponibilidade de nichos ecológicos favoráveis ao estabelecimento e crescimento das espécies (Svenning & Skov 2002).

Silva (1991), que trabalhou na mesma área desse estudo, relata que a comunidade de espécies herbáceas nos campos rupestres parece ser adaptada a condições ambientais locais, tais como, baixa fertilidade do solo, baixa capacidade de retenção de água, alta incidência de radiação solar e alta sazonalidade da precipitação ao

longo do ano. A autora relata que as espécies da comunidade podem ser divididas em relação aos períodos de baixa e alta precipitação mensal.

Bastos (1996) estudou a dinâmica de sucessão de comunidades de plantas herbáceas em restingas da costa amazônica paraense, demonstrando uma clara relação da composição de espécies em relação à sazonalidade da precipitação e outros fatores abióticos.

Bastos (1986) não encontrou diferença significativa na riqueza de espécies entre os períodos de seca e de chuva nas restingas da costa amazônica paraense, o mesmo ocorrido nos campos rupestres terrestres e lagoas temporárias da Serra Norte de Carajás analisadas nesse estudo.

Esses resultados são interessantes, pois apesar dos campos rupestres e lagoas temporárias analisadas nesse estudo e as restingas litorâneas analisadas por Bastos (1996) serem vegetações bastante distintas, em relação à riqueza e composição de espécies, essas vegetações são submetidas a algumas condições abióticas semelhantes, tais como solos extremamente pobres em nutrientes, baixa capacidade de retenção hídrica, alto nível de radiação solar e grande variação na distribuição da precipitação ao longo do ano.

Isto é demonstrado em ecologia e denominado convergência evolutiva, onde habitats com condições abióticas equivalentes têm espécies que ocupam nichos equivalentes, apesar das composições de espécies serem totalmente distintas em nível de comunidades e populações (ODUM, 1965).

Bastos (1996), em um estudo sobre a dinâmica de sucessão de comunidades de plantas herbáceas em restingas da costa amazônica, relata a ocorrência de seis espécies, um número inferior ao encontrado nesse estudo. Esse padrão pode estar associado à maior dificuldade de colonização da comunidade de plantas herbáceas nas restingas litorâneas em comparação aos campos rupestres em lagoas temporárias, tais como, solos halófitos e velocidade dos ventos que faz com que as dunas arenosas mudem constantemente.

A dominância de poucas espécies em relação ao total de espécies da comunidade de plantas herbáceas nos campos rupestres e nas lagoas temporárias analisadas nesse estudo, também foi demonstrada por Bastos (1996) para a comunidade de plantas herbáceas das restingas costeiras do estado do Pará.

A substituição de espécies nos campos rupestres e nas lagoas sazonais analisados nesse estudo foi também demonstrada por Bastos (1996) e Silva (1991), onde as autoras

relatam que existem dois grupos de comunidade de espécies, o primeiro grupo representado pelas espécies que restringem seu período de vida vegetativo e reprodutivo a um período climático (de seca ou chuva) e o segundo grupo representado pelas espécies que ocorrem em ambos os períodos climáticos, mas com densidades relativas bem distintas.

Bastos (1996) relata o mesmo padrão para as restingas costeiras paraenses, mostrando a substituição das comunidades de plantas herbáceas em relação a sazonalidade de precipitação e uma grande variação na densidade relativa das espécies que ocorrem em ambos os períodos climáticos.

Bastos (1996) relatou para a restinga que algumas espécies são comuns a ambos os períodos, mas também que tem espécies que se restringe a um só período, corroborando com esse estudo.

Os resultados desse estudo demonstram que as estratégias de conservação das espécies herbáceas nos campos rupestres e lagoas temporárias analisados nesse estudo e as restingas litorâneas estudadas por Bastos (1996) e outros tipos de vegetações sujeitas a sazonalidades do meio físico na Amazônia não devem ser limitados a coletas pontuais, mas sim, distribuídas ao longo do tempo.

Essa estratégia será a única maneira eficiente de determinar o conjunto total de espécies, um parâmetro fundamental para traçar estratégias para a conservação da biodiversidade da comunidade das espécies dos campos rupestres da Serra dos Carajás no estado do Pará.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. 1986. "Geomorfologia da Região" In: ALMEIDA JR. (org.), Carajás, Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento. São Paulo: CNPq/Brasiliense. Cap.5, p.88-124.

APG III.2009 An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants:APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 161, p. 105-121.

BASTOS, M.N.C. 1996. Caracterização das formações vegetais da restinga da Princesa, ilha de Algodoal, Pará. Tese de doutorado, UFPA. 290 p

CIENTEC- 2006. Consultoria e Desenvolvimento de Sistema. Mata Nativa 2: Manual do usuário. Viçosa: Cientec,.295p.

COLWELL, R.K. & CODDINGTON, J.A. 1994 Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. In: Biodiversity: Measurement and evaluation. London: D.L. Hawksworth, p.101-118.

COLWELL, R.K. 1997. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shred Species from Samples. Version 5. User's Guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> .

GENTRY, A.H. 1982. Noetropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the andean orogeny? *Ann. Missouri. Bot. Gard.* 69:557-593.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). 2003. Plano de Manejo para Uso Múltiplo da Floresta Nacional de Carajás. Brasília, DF, Brasil.

ITOH, A., YAMAKURA, T., OHKUBO, T., KANZAKI, M., PALMIOTTO, P.A., LAFRANKIE, J.V. & ASHTON P.S., LEE, H.S. 2003. Importance of Importance and soil texture in the spatial distribution of two sympatric dipterocarp trees in a Bornean rainforest. *Ecological Research* 18(3): 307-320.

OKUDA, T., ADACHI, A., SUZUKI, M., HUSSEIN, N.A., MANOKARAN, N., SAW, L.G., SHARIFF, A.H.M. & ASHTON, P.S. 2004. *In: LOSOS, E.C. & LEIGH, E. Jr. (eds). Tropical Forest Diversity of Chicago Press, Chicago and London*, pp. 221-240

RAYOL, B.P. 2006. Análise florística e estrutural da vegetação xerofítica das savanas metalófilas na floresta nacional de carajás: subsídios à conservação. Dissertação de Mestrado, UFRA/MPEG. 76 p

SCHAEFER, C.E.G.R., SIMAS, F.N.B., MENDONÇA, B. A. F. de, RIBEIRO, A. S. de S., CORREA, G. R. & JÚNIOR, W. F. 2007; Estudos de “Similaridade” das paisagens de campos rupestres sobre canga (“Savana Metalófila”) da região de Carajás – PA.

SECCO, R. & MESQUITA, A.L. 1983. Notas sobre a vegetação de canga da Serra Norte. Bol. do MPEG, Nova Série Botânica. Belém, 59;1-13

SECCO, R.S.; LOBO, M.G.A. 1988. Considerações taxonômicas e ecológicas sobre a flora dos “campos rupestres” da Serra dos Carajás. Bol. FBCN, Rio de Janeiro. 3(23): 30-44.

SILVA & ROSA, N. A. 1990. Estudos botânicos na área do projeto-ferro Carajás/Serra Norte. I. Aspectos fito-ecológicos dos campos rupestres. In: Sociedade Botânica do Brasil, Anais do XXXV Congresso Nacional de Botânica, Manaus, 1984. pp. 367-379.

SILVA, M.F.F da. 1989. Aspectos Ecológicos da Vegetação que Cresce sobre Canga Hematítica em Carajás – PA. INPA/FUA. Tese de doutorado.

SILVA, M.F.F. 1991. Análise florística da vegetação que cresce sobre canga hematítica em Carajás – Pará (Brasil). Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, série botânica 7(1).

SILVA, M.F.F.; SECCO, R. de S. & LOBO, M. da G. 1996. Aspectos ecológicos da vegetação rupestre da Serra dos Carajás, Estado do Pará, Brasil. Acta Amazonica 26 (1/2): 17-44.

SVENNING, J.-C. & SKOV, F. 2002. Mesoscale distribution of understorey plants in temperate forest (Kolo, Denmark) : The importance of Environment and dispersal. Plant Ecology 160: 169-185.

TUOMISTO, H. & RUOKOLAINEN, K. 1994. Distribution of Pteridophyta an Melastomataceae along an edaphicgradient in an Amazonian rain forest. Journal of Vegetation Science 5(1): 25-34.

TUOMISTO, H. 2003b. Floristic patterns along a 43-km long transect in Amazonian rain forest. Journal of Ecology 91: 743-756.

VASCONCELOS, M.F. 2011. O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanhas do leste do Brasil? Revista Brasil. Bot. 2: 241-246.

VELOSO, H. P., RANGEL FILHO, A. L. & LIMA, J. C. A.1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.

ZAR, J.H. 2010. Biostastical Analysis. 5.ed. New Jersey: Prentice-Hall, Englewwod Cliffs.p.484-500.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Densidade relativa das espécies da comunidade de plantas herbáceas amostradas nos campos rupestres da Serra Norte de Carajás, Pará em relação aos períodos de seca e de chuva.

	Nome Científico	Famílias	Estação de seca	Estação de chuva
1	<i>Aechmea</i> sp.	Bromeliaceae		0.11
2	<i>Aeschynomene sensitiva</i> var. <i>sensitiva</i>	Fabaceae	0.22	
3	<i>Alibertia myrciifolia</i> K. Schum.	Rubiaceae	0.32	
4	<i>Anemopaegma scabriusculum</i> Mart. ex DC.	Bignoniaceae	0.16	
5	<i>Anthurium lindmanianum</i> Engl.	Araceae	9.03	9.42
6	<i>Axonopus purpusii</i> (Mez) Chase	Poaceae	54.59	28.6
7	<i>Banisteriopsis malifolia</i> var. <i>appressa</i> B. Gates	Malpighiaceae	0.43	
8	<i>Bauhinia puchella</i>	Fabaceae	0.43	
9	<i>Bidens bipinnata</i> L.	Asteraceae		1.15
10	<i>Borreria semiamplexicaule</i> E.L. Cabral	Rubiaceae		0.93
11	<i>Borreria tenella</i> (Kunth) Cham. & Schltdl.	Rubiaceae	0.05	0.71
12	<i>Borreria tenuis</i> DC.	Rubiaceae		2.36
13	<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) Kunth ex C.B. Clarke	Cyperaceae	1.73	
14	<i>Byrsonima eugeniiifolia</i> Sandwith Sandwith	Malpighiaceae	0.16	
15	<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	Vochysiaceae	0.05	
16	<i>Cassitha filiformis</i>	Lauraceae	0.05	0.05
17	<i>Catasetum</i> sp.	Orchidaceae		0.55
18	<i>Cereus</i> sp.	Cactaceae	0.11	
19	<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene	Fabaceae	0.16	0.22
20	<i>Cissus apendiculata</i> Lombardi	Vitaceae	0.05	
21	<i>Cladonia</i> sp.	Cladoniaceae	0.59	5.04
22	<i>Crotalaria maypurensis</i> Kunth	Fabaceae		0.27
23	<i>Croton glandularis</i>	Euphorbiaceae	4.92	
24	<i>Croton tomentosum</i>	Euphorbiaceae	0.27	
25	<i>Cuphea anagalloidea</i>	Lythraceae		6.03
26	<i>Cuphea annulata</i> Koehne	Lythraceae	1.24	0.11
27	<i>Cuphea antisyphilitica</i> Kunth	Lythraceae	3.84	
28	<i>Desmodium canum</i> Schinz & Thell.	Leguminosae	0.16	
29	<i>Dioclea crenata</i>	Leguminosae	0.92	
30	<i>Dioclea virgata</i> (Rich.) Amshoff	Leguminosae	0.22	
31	<i>Dyckia duckei</i> L.B. Sm.	Bromeliaceae	2.59	11.95
32	<i>Epidendrum nocturnum</i> Jacq.	Orchidaceae	0.43	0.49
33	<i>Erythroxylum ligustrinum</i> var. <i>carajasense</i> Plowman	Erythroxylaceae	0.22	
34	<i>Erythroxylum nelson-rosae</i> Plowman	Erythroxylaceae	0.32	
36	<i>Habenaria</i> sp.	Orchidaceae		0.05
37	<i>Ipomoea carajasensis</i> D.F. Austin	Convolvulaceae	0.38	

Apêndice 1 – Continuação

	Nome Científico	Famílias	Estação de seca	Estação de chuva
38				
39	<i>Lippia grandis</i> Schau	Verbanaceae	0.11	
40	<i>Mandevilla hirsuta</i> (Rich.) K. Schum.	Apocynaceae	0.05	
41	<i>Mandevilla angustifolia</i> (Malme) Woodson	Apocynaceae	0.22	
42	<i>Memora allamandiflora</i> Bureau ex K. Schum.	Bignoniaceae	0.49	
43	<i>Mesosetum loliiforme</i>	Poaceae		2.58
44	<i>Mimosa acutistipula</i> (Mart.) Benth.	Fabaceae	4.65	
45	<i>Mimosa pigra</i> L.	Fabaceae		0.49
35	Morfotipo 1	Gentianaceae		8.49
46	<i>Norantea guianensis</i> Aubl. Aubl.	Marcgraviaceae	0.38	
47	<i>Panicum nervosum</i> Lam.	Poaceae	0.27	
48	<i>Panicum parvifolium</i> Lam.	Poaceae		0.22
49	<i>Paspalum carinatum</i> Humb. & Bonpl. ex Flüggé	Poaceae		0.44
50	<i>Paspalum minimum</i> Meyen	Poaceae		2.52
51	<i>Peperomia macrostachya</i> var. <i>macrostachya</i>	Piperaceae	0.43	
52	<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	Fabaceae	0.86	
53	<i>Philodendron acutatum</i> Schott	Araceae	0.16	
54	<i>Pilocarpus microphyllus</i> Stapf ex Wardleworth	Rutaceae	0.16	
55	<i>Psychotria barbiflora</i> DC.	Rubiaceae		0.16
56	<i>Rhynchospora barbata</i> (Vahl) Kunth	Cyperaceae		0.93
57	<i>Riencourtia glomerata</i> Cass.	Asteraceae		1.04
58	<i>Sapium marginatum</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae	0.05	
59	<i>Sauvagesia erecta</i> L.	Ochnaceae		0.33
60	<i>Siphonthera</i> sp.	Melastomataceae		7.23
61	<i>Sobralia liliastrum</i> Lindl.	Orchidaceae	6.16	6.14
62	<i>Syngonanthus fertilis</i> (Körn.) Ruhland	Eriocaulaceae		0.33
63	<i>Tillandsia bulbosa</i> Hook.	Bromeliaceae	0.05	
64	<i>Turnera breviflora</i> Moura	Passifloraceae	0.22	0.66
65	<i>Turnera glaziovii</i> Urb.	Passifloraceae		0.16
66	<i>Vellozia glochidea</i> Pohl.	Velloziaceae	1.41	
67	<i>Vernonia muricata</i> DC.	Asteraceae		0.22

APÊNDICE 2 – Densidade relativa das espécies da comunidade de plantas herbáceas amostradas nas lagoas temporárias da Serra Norte de Carajás, Pará.

	Nome Científico	Famílias	Estação de seca	Estação de chuva
1	<i>Aeschynomene evenia</i> C. Wright	Leguminosae		0.3
2	<i>Aeschynomene paniculata</i> Willd. ex Vogel	Leguminosae	0.47	
3	<i>Aeschynomene sensitiva</i> var. <i>sensitiva</i>	Leguminosae	0.18	0.12
4	<i>Andropogon leucophaeus</i>	Poaceae		0.37
5	<i>Axonopus purpusii</i> (Mez) Chase	Poaceae		4.92
6	<i>Borreria laevis</i> (Lam.) Griseb.	Rubiaceae		5.04
7	<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	Rubiaceae	0.03	3.56
8	<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) Kunth ex C.B. Clarke	Cyperaceae	2.13	
9	<i>Cassitha filiformis</i>	Lauraceae		0.04
10	<i>Cuphea antisyphilitica</i>	Lythraceae		0.42
11	<i>Cyperus globosus</i> Forssk.	Cyperaceae	0.14	
12	<i>Cyperus haspan</i> L.	Cyperaceae		2.77
13	<i>Cyperus laetis</i>	Cyperaceae	14.22	
14	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Poaceae	0.72	
15	<i>Echinodorus tenellus</i> (Mart. ex Schult. & Schult. f.) Buchenauz	Alismataceae	0.38	
16	<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) Roem. & Schult.	Cyperaceae	6.8	26.45
17	<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult.	Cyperaceae	6.94	
18	<i>Fimbristylis cymosa</i> R. Br.	Cyperaceae	8.08	
19	<i>Fimbristylis</i> sp.	Cyperaceae		0.5
20	<i>Hemidiodia</i> sp.	Rubiaceae		0.09
21	<i>Hyptis parkeri</i> Benth.	Lamiaceae		2.8
22	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	Lamiaceae	5.37	
23	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> (G. Don) Exell	Onagraceae		0.17
24	<i>Ludwigia nervosa</i> (Poir.) H. Hara	Onagraceae		0.02
25	<i>Mayaca fluviatilis</i> Aubl.	Mayacaceae		26.38
26	<i>Melochia hirsuta</i> Cav.	Malvaceae		0.16
27	<i>Melochia villosa</i> (Mill.) Fawc. & Rendle	Malvaceae	2.61	
28	<i>Mesosetum loliiforme</i> (Hochst. ex Steud.) Chase	Poaceae		2.48
29	<i>Mimosa pigra</i> L.	Fabaceae		1.35
30	<i>Mimosa pudica</i> L.	Fabaceae		0.06
31	<i>Mimosa sensitiva</i> L.	Fabaceae		0.06
32	<i>Mimosa skinneri</i> var. <i>carajarum</i> Barneby	Fabaceae		0.02
33	<i>Mimosa somnians</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Fabaceae		0.02
34	<i>Nymphoides indica</i> (L.) Kuntze	Fabaceae	2.04	0.01
35	<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	Rubiaceae		0.02
36	<i>Paepalanthus</i> sp.	Eriocaulaceae	1.52	
37	<i>Paepalanthus tenuis</i> (Kunth) Kunth	Eriocaulaceae	0.18	

Apêndice 2 – Continuação

	Nome Científico	Famílias	Estação de seca	Estação de chuva
38	<i>Panicum parvifolium</i> Lam.	Poaceae	0.08	3.93
39	<i>Paspalum parvifolium</i>	Poaceae		2.69
40	<i>Paspalum pilosum</i> Lam.	Poaceae	0.81	3.95
41	<i>Paspalum</i> sp.	Poaceae	2.13	
42	<i>Paspalum tenuis</i> M.E. Jones	Poaceae	1.37	
43	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Phyllanthaceae		0.09
44	<i>Polygala adenophora</i> DC.	Polygalaceae		0.32
45	<i>Pontederia tenella</i>	Pontederiaceae	2.71	
46	<i>Pontederia tenuis</i>	Pontederiaceae	0.32	
47	<i>Rhynchospora barbata</i> (Vahl) Kunth	Cyperaceae		0.07
48	<i>Rhynchospora ciliata</i> (G. Mey.) Kük.	Cyperaceae	1.3	
49	<i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britton	Cyperaceae		0.5
50	<i>Rhynchospora cyperoides</i> Mart.	Cyperaceae	14.29	
51	<i>Rhynchospora filiformis</i> Vahl	Cyperaceae	12.2	
52	<i>Rhynchospora graminea</i> Uittien	Cyperaceae		3.1
53	<i>Rhynchospora holoschoenoides</i> (Rich.) Herter	Cyperaceae		3.83
54	<i>Rhynchospora</i> sp.	Cyperaceae		0.19
55	<i>Scleria bracteata</i> Cav.	Cyperaceae	0.03	
56	<i>Scleria microcarpa</i> Nees ex Kunth	Cyperaceae	1.89	0.47
57	<i>Sida cordifolia</i> L.	Malvaceae	10.67	0.36
58	<i>Stylosanthes angustifolia</i> Vogel	Fabaceae		0.02
59	<i>Tonina fluviatilis</i> Aubl.	Eriocaulaceae	0.03	1.98
60	<i>Turnera breviflora</i> Moura	Passifloraceae		0.06
61	<i>Xyris stenostachya</i> Steyermark	Xyridaceae	0.35	0.3

3. Florística e estrutura da comunidade da vegetação arbustiva dos campos rupestres da serra norte de Carajás como subsídio a conservação¹
PRISCILLA PRESTES CHAVES² & LEANDRO VALLE FRREIRA³

RESUMO: Os campos rupestres são formações vegetais associadas a afloramentos rochosos localizados em altitudes elevadas. Essa vegetação tem uma distribuição disjunta e ocupa uma pequena área na Amazônia, sendo comum a ocorrência de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. Dos campos rupestres da Amazônia, os localizados em afloramentos de minério de ferro estão entre os mais ameaçados devido à atividades mineradoras. O objetivo desse capítulo é caracterizar a florística, estrutura e composição de espécies dos campos rupestres da Serras dos Carajás no estado do Pará, como um subsídio para o planejamento de estratégias de conservação desse importante tipo de vegetação. Este estudo foi realizado em cinco enclaves de campos rupestres da serra norte de Carajás, denominados de N2, N4, N5, N6 e N8. Os levantamentos botânicos foram realizados pelo método de parcelas de 5 x 20m, através do qual todos indivíduos com diâmetro ≥ 1 cm medido a 30 cm do solo foram identificado. Foram identificadas 35 espécies em cinco enclaves de campos rupestres da Serra norte. O índice de diversidade de Shannon-Weaver foi de 2,35, variando de 1,86 a 2,51 entre os encraves. Cinco espécies tiveram as maiores densidades relativas, variando de 64% a 84% do total de indivíduos. Somente *Callisthene microphylla* Warm. e *Byrsonima eugeniifolia* Sandwith ocorreram em todos os enclaves. Não houve diferença significativa da riqueza de espécies entre os enclaves. Contudo, a diversidade de espécies foi maior no N2, quando comparado com enclaves N4 e N6. Não houve relação entre a similaridade de espécies em relação à distância dos encraves. No caso dos campos rupestres o atributo mais importante para a complementaridade é a presença de espécies raras. Dessa forma, sugerimos que parte de cada enclave de vegetação de campos rupestres devam ser preservados, a fim de termos uma amostragem significativa da riqueza e diversidade de espécies nesse tipo de vegetação

Palavra-chave: Campo rupestre, conservação, diversidade

¹. Este capítulo segue as normas da Revista Brasileira de Botânica.

². Universidade Federal Rural da Amazônia/ Museu Paraense Emílio Goeldi, Coordenação de Botânica, Curso de Mestrado em Botânica Tropical.

³. Museu Paraense Emílio Goeldi, Coordenação de Botânica, C.P. 399, 66040-170, Belém, Pará, Brasil
 (lvferreira@museu-goeldi.br)

ABSTRACT – Rupestrian fields are linked to high altitude rocky outcrops. This vegetation has a disrupted distribution located on a small Amazonia area with endemic and threatened species. Rupestrian fields located on ironstone outcrops are the most threatened vegetation due to human extraction activities. This chapter aims to characterize rupestrian fields flora, structure and species composition from Carajás Mountain Range, Para state, as a support for planning conservation strategies. The study was performed in five Carajás North Range locations (N2, N4, N5, N6 and N8). Botanical inventories were performed based on 5x20m plots where every individual with > 1 cm diameter and 30 cm height from the ground were identified. Thirty five species from five North Range rupestrian fields locations were identified. Shannon-Weaver diversity index was 2,35 ranging from 1,86 to 2,51 among the locations. Five species have the greatest relative densities ranging from 64% to 84%. Only *Callisthenemicrophylla* Warm. and *Byrsonimaeugeniifolia* Sandwith occurred in all locations. No significant species richness difference among the five locations was observed. However, N2 have the greatest species diversity compared to N4 and N6 locations. Species similarity and local distance demonstrated no correlation. The most important issue related to rupestrian fields was the presence of rare species. Thus, we suggest that part of rupestrian fields localities must be preserved to reach a significant sample of richness and diversity of this peculiar vegetation.

Key-words: Rupestrian fields, conservation, diversity.

3.1. Introdução

Os campos rupestres são formações vegetais associadas a afloramentos rochosos ou a solos geralmente rasos formados pela decomposição de rochas (Nunes 2009). Esse tipo de vegetação normalmente está associado a substratos com elevado teor de metais, carência de nutriente e escassa capacidade de retenção de água, além de apresentarem temperaturas elevadas e alta reflexão luminosa (Porto & Silva, 1989, Silva & Rosa 1990; Teixeira & Lemos-Filho 2002, Vincent *et al.* 2002).

Os campos rupestres associados a afloramentos rochosos ferruginosos são conhecidos por diversos nomes, entre os quais, vegetação de canga (Morelato & Rosa 1991, Secco & Mesquita 1983, Silva 1991, Silva 1996), campos ferruginosos ou savanas metalófilas (Rizzini 1979 Vincent *et al.* 2004, Vincent 2002).

As espécies de plantas desse tipo de vegetação são adaptadas às condições edáficas específicas (Teixeira & Lemos Filho 2002) e apresentam adaptações fisiológicas, morfológicas e reprodutivas de afloramentos rochosos, tais como, esclerofilia, capacidade de resistir a ciclos de dessecação e hidratação (Gaff 1987, Giulietti *et al.* 1987). Possuem ainda adaptações morfológicas e fisiológicas para suportar os altos níveis de metais presentes no solo, que resultam em nanismo ou gigantismo (Porto & Silva 1989, Silva & Rosa 1990).

Em virtude das características abióticas extremas, os campos rupestres são um tipo de vegetação adverso ao estabelecimento de plantas não adaptadas a essas condições, portanto, normalmente tem baixa riqueza de espécies, mas associado a um alto grau de endemismo (Silva & Rosa 1990)

Os campos rupestres associados a afloramentos rochosos ferruginosos ocorrem em somente duas regiões do Brasil, sendo associados a grandes depósitos de minério de ferro. A primeira região é conhecida como Quadrilátero Ferrífero, situa-se no bioma Mata Atlântica, em Minas Gerais, e segunda região é conhecida como Serra dos Carajás e situa-se no bioma Amazônia no Pará.

Silva (1991) relata que os campos rupestres da Serra de Carajás são representados por diversas fisionomias, tais como capão florestal, vegetação xerofítica ou canga e as lagoas temporárias ou campos naturais.

Os “capões florestais” se caracterizam por formar ilhas florestais isoladas de vegetação arbórea, onde as características do relevo permitem o acúmulo de matéria orgânica (Silva *et al.* 1996).

Os campos naturais, formados basicamente por uma comunidade de plantas herbáceas, onde o relevo permite o acúmulo de água na estação chuvosa, favorecendo o desenvolvimento de várias espécies de ciclo curto (Silva *et al.* 1996).

A vegetação “xerofítica” é caracterizada por formação arbustiva, com espécies apresentando casca espessa e fissurada, caules tortuosos, folhas coriáceas e decíduas, modificações de órgãos em estruturas de reserva e presença de pilosidade densa nas folhas e ramos (Larcher 1995, Silva *et al.* 1996), sendo conhecida localmente por canga.

A maior parte dos campos rupestres associados a afloramentos rochosos ferruginosos no estado do Pará localizam-se na Floresta Nacional de Carajás, uma unidade de conservação de uso sustentável (SNUC 2000), ocupando cerca de 3% do total da unidade, sendo encontrados nos topos quase planos em serras isoladas de diferentes tamanhos e altitudes variando de 620 a 660 metros (Secco & Mesquita 1983).

Segundo a Lei nº 9.985 de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), a exploração mineral é permitida dentro de algumas categorias de unidades de conservação de uso sustentável, dentre elas a categoria de Floresta Nacional.

Na Floresta Nacional de Carajás a exploração de minério de ferro ocorre há diversas décadas, sendo realizada pela empresa privada Vale, antiga estatal Companhia Vale do Rio Doce.

O processo de mineração começa com a remoção total da vegetação primária, composta principalmente pelos campos rupestres, formando imensas cavas com profundidades que podem chegar a 100 metros.

Atualmente, alguns enclaves de campos rupestres na Floresta Nacional de Carajás, localizados na Serra Norte de Carajás já foram removidos para a exploração de minério de ferro. Contudo, ainda existem diversos enclaves de campos rupestres na Serra Norte em excelente estado de conservação e ainda outros localizados na Serra Sul também em excelente estado.

Essa forte pressão antropogênica nos campos rupestres da Serra dos Carajás decorre do alto valor econômico das jazidas de minério de ferro nos mercados nacionais e internacionais que aumenta a importância e a necessidade de estudos detalhados do

meio biótico e físico desse importante e raro tipo de vegetação, a fim de traçar estratégias de conservação baseadas em informações técnicas de qualidade.

Os campos rupestres da Serra dos Carajás já foram objeto de diversos estudos com o objetivo de caracterizar sua florística e estrutura (Secco & Mesquita 1983, Silva *et al.* 1986, Porto & Silva 1989, Cleef & Silva 1994, Silva *et al.* 1996, Santos *et al.* 1999). Contudo, com exceção de Rayol (2006) que comparou a riqueza, diversidade e composição de espécies nos campos rupestres entre as serras norte e sul de Carajás, não há registro de outro estudo que compare a florística e estrutura dos enclaves de campos rupestres dentro de uma mesma serra (norte ou sul).

O objetivo desse capítulo é comparar a florística e estrutura de cinco campos rupestres da serra norte de Carajás, para definir áreas prioritárias para a preservação desse tipo de vegetação, mitigando os impactos da mineração.

3.2. Material e métodos

Área de estudo

A Floresta Nacional de Carajás está localizada no sudeste do Estado do Pará, Brasil, entre as coordenadas geográficas de 05°52' e 06°33' S; 49°53' e 50°45' W, ocupando 395 mil hectares, nos municípios de Parauapebas, Canaã dos Carajás e Água Azul do Norte (Figura 1).

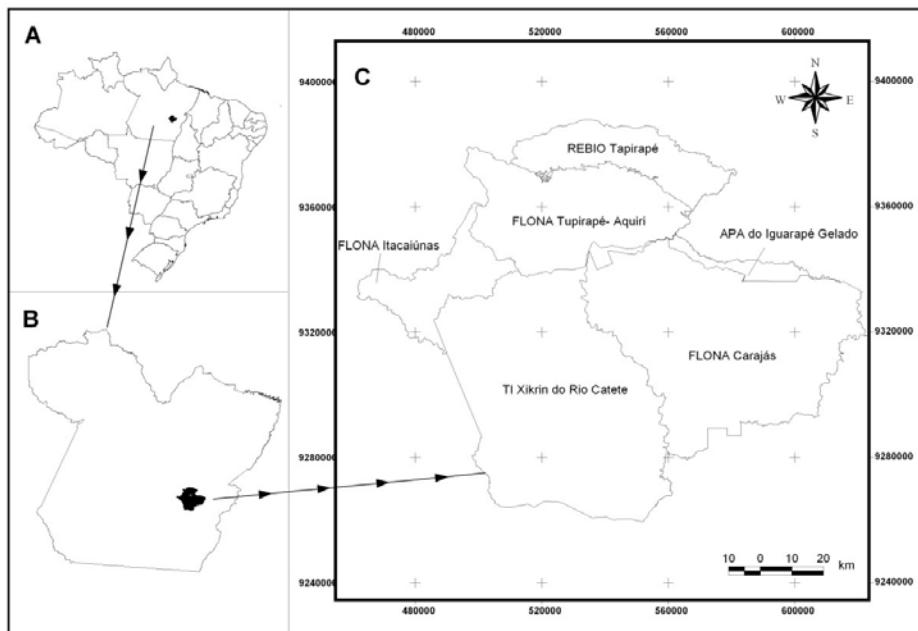


Figura 1 – Mapa do Brasil mostrando o estado do Pará (A), a localização do mosaico de áreas protegidas em relação ao estado do Pará (B) e os tipos de áreas protegidas do mosaico (C) (REBIO= Reserva Biológica; APA=Área de Proteção Ambiental; FLONA= Floresta Nacional e TI= Terra Indígena)..

Na Serra de Carajás são classificados dois grandes grupos de vegetação decorrentes das variações do substrato, teor de umidade e topografia: floresta ombrófila densa, aberta e aluvial e por um tipo de vegetação aberta denominada de campos rupestres que crescem sob substrato de minério de ferro chamados localmente de canga (Secco & Mesquita 1983, Silva 1986, Porto & Silva 1989,; Cleef & Silva 1994; Silva *et al.* 1996) (Figura 2).

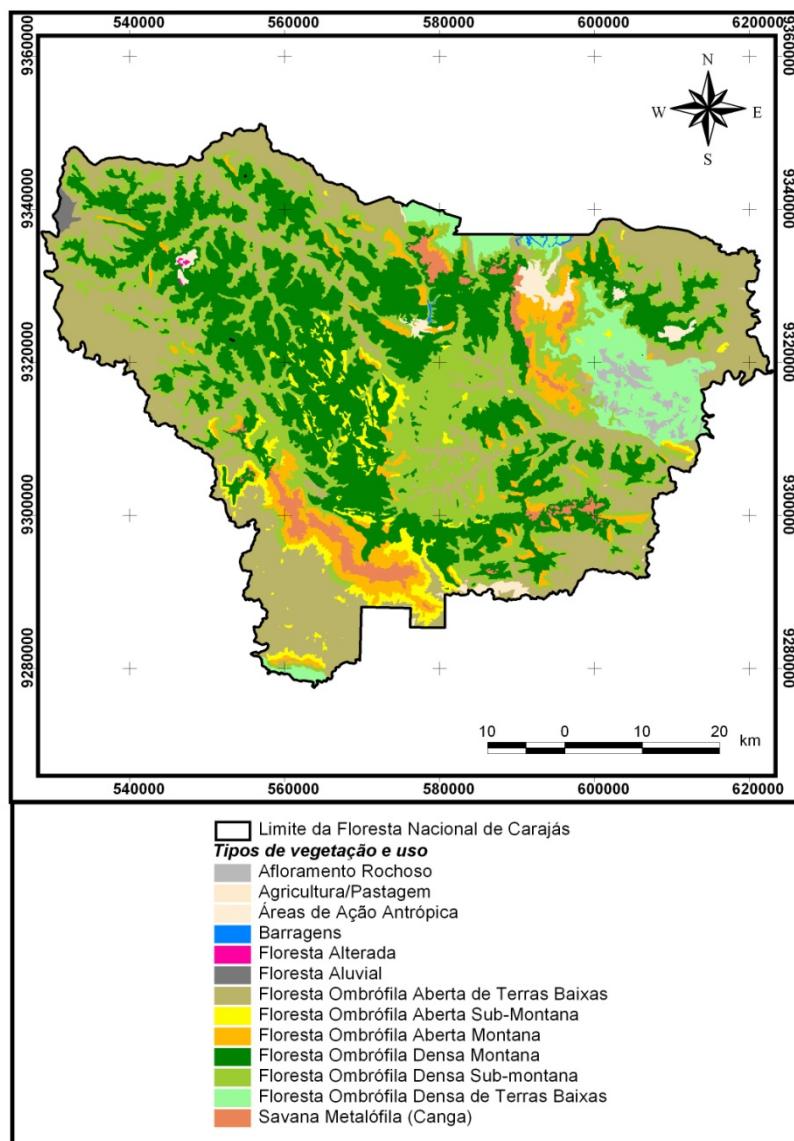


Figura 2 – Tipos de vegetação e de uso do solo na Floresta Nacional de Carajás, Pará.

A distribuição dos campos rupestres ao longo da Serra dos Carajás não é contínua. Eles são representados por pequenos maciços entre os vales do Xingu e Araguaia com estrutura geológica complexa e altitudes que variam de 600 a 800 metros (Ab'Saber 1986).

Em Carajás, as principais serras são denominadas de Serra Norte, dividida em manchas de campos rupestres isoladas chamadas de N1 a N8, e Serra Sul dividida nas serras A, B, C e D e Serra do Tarzan. Cada uma das serras apresenta características ambientais peculiares, como altitude média, distância de remanescentes florestais, formações hidrográficas, dentre outras (Figura 3).

Para o presente estudo, foram sorteados 5 enclaves de campos rupestres na Serra norte da Floresta Nacional de Carajás denominados de enclaves N2, N4, N5, N6 e N8 (Figura 3).

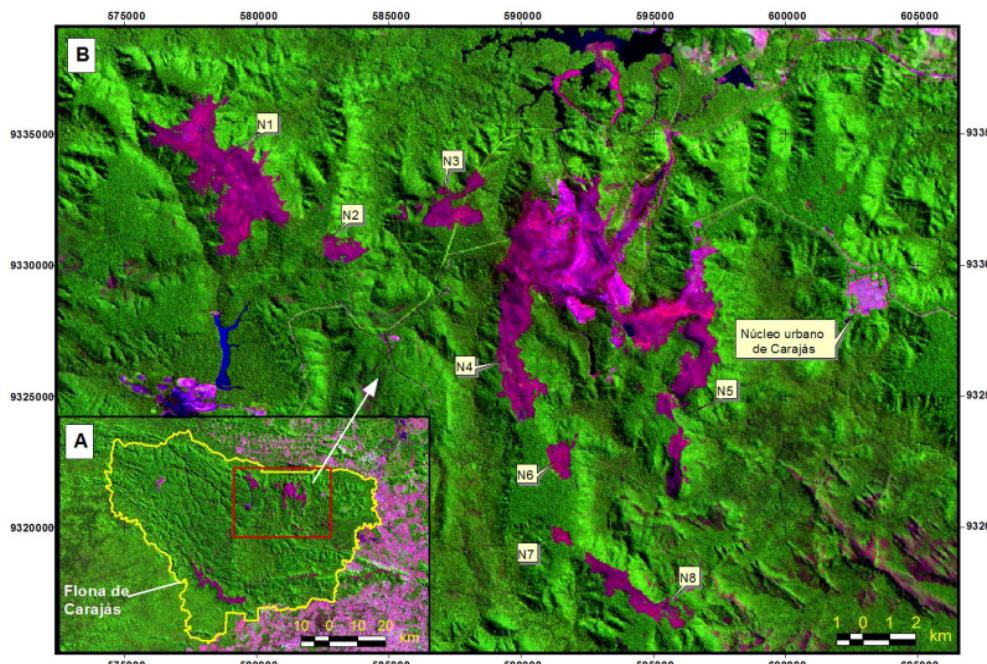


Figura 3 – Distribuição espacial dos enclaves de campos rupestres N2, N4, N5, N6 e N8 usados nesse estudo na Serra Norte da Floresta Nacional de Carajás, Pará.

Coletas de dados

Para o levantamento dos campos rupestres, também definidos como vegetação “xerofítica” (Larcher 1995, Silva *et al.* 1996), foram estabelecidas 108 parcelas de 5 x 20 metros, conforme protocolo definido por Silva (1991) para esse tipo de vegetação.

Foram utilizadas 108 parcelas, variando de 15 no enclave N8 a 24 parcelas nos enclaves N2 e N4.

As parcelas foram distribuídas aleatoriamente, usando uma imagem de satélite de alta resolução da área de estudo. Dentro de cada parcela todos os indivíduos com diâmetro ≥ 3 cm foram medidos a 30 cm do solo e identificados ao nível mais específico possível.

O sistema de classificação botânico adotado foi o APG III (2009). Todo material botânico fértil coletado está sendo incorporado ao acervo do Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi.

Análises de dados

Os dados florísticos e fitossociológicos foram analisados no programa Mata Nativa 2 (Cientec 2006).

As diferenças de número e diversidade de espécies e densidade de indivíduos nas parcelas (variáveis dependentes) entre os cinco enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte, denominados de N2 a N8 (fatores) foram testadas usando análise de variância simples, sendo usado também o teste de Tukey para determinar a ocorrência de diferenças entre as variáveis dependentes em relação aos fatores (Zar 2010).

A similaridade de espécies entre os cinco enclaves de campos rupestres analisados nesse estudo na Serra Norte de Carajás foi determinada pelo índice de similaridade de Sorensen (Krebs 1999).

A matriz de distância entre os 5 enclaves de campos rupestres da Serra Norte de Carajás determinada pelo programa Arcview 3.3, usando o programa “Distance Matrix of Point Features” (Esri 2006),

Foi utilizada uma adaptação da curva de Lorenz para a análise da distribuição de abundância dos cinco enclaves de campos rupestres da Serra Norte analisados nesse capítulo (Pinho & Vasconcelos 1997).

Conservação dos campos rupestres

Como estabelecido na Lei nº 9.985/2000 que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, uma unidade de conservação tem que possuir um Plano de Manejo, no qual são indicadas as atividades possíveis de serem realizadas dentro da unidade de conservação, sendo esse processo definido como zoneamento (SNUC, 2000).

O zoneamento de uma Unidade de Conservação é "*a definição de setores ou zonas em uma unidade de conservação com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz*

” (SNUC, 2000).

No atual plano de manejo da Floresta Nacional de Carajás, a distribuição dos enclaves de campos rupestres, classificados como “savanas metalófilas” ou “cangas” concentra-se em zonas de mineração (Figura 10).

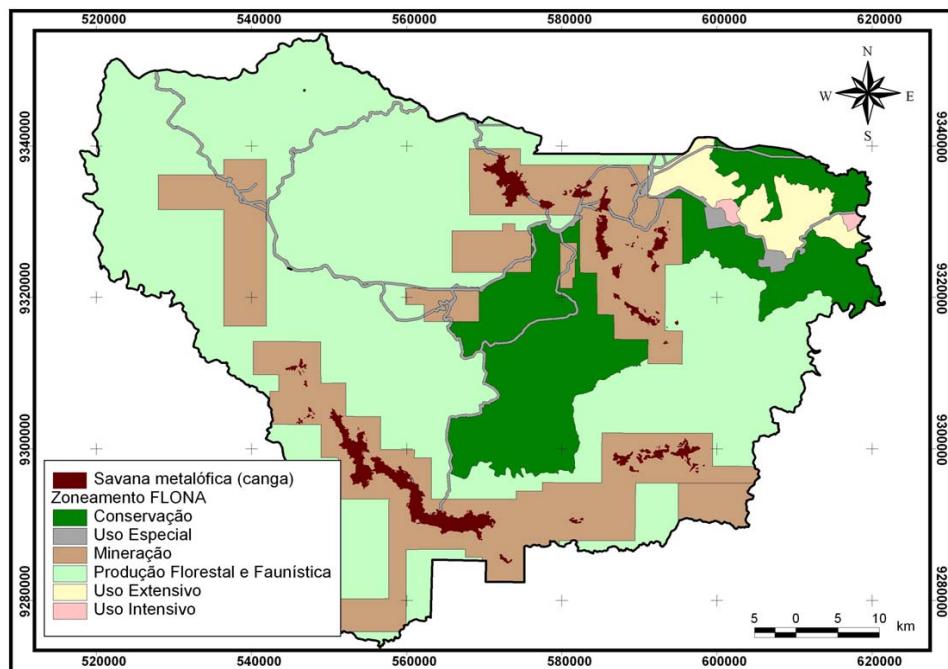


Figura 4 – Zonas de uso da Floresta Nacional de Carajás definidos no Plano de Manejo (modificado do original (STCP, 2003; produção Museu Goeldi).

A **Zona de Mineração** compreende as áreas com exploração assegurada por Decretos ou Portarias de Lavra e áreas de servidão mineral, emitidos pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) para o território da Floresta Nacional de Carajás (STCP, 2003).

Tem como objetivo básico a exploração mineral, englobando as áreas consideradas pelo DNPM e dadas como adequadas às condições técnico-econômicas dos trabalhos de extração e beneficiamento, bem como da infra-estrutura diretamente associada, tais como: estradas, acessos, depósitos de estéril, barragens de rejeitos, oficinas mecânicas e elétricas, escritórios administrativos e de planejamento, galpões industriais, pátios de estocagem de minério, silos de carregamento, pêra ferroviária, trechos de ferrovias, acampamentos, refeitórios e restaurantes, núcleos, vilas residenciais e outras estruturas cuja especificidade o projeto requeira (IBAMA, 2004).

Na Floresta Nacional de Carajás não há nenhuma área de campo rupestre dentro das **Zonas de conservação**, que é constituída por áreas representativas dos principais ambientes naturais identificados na UC, destinadas à conservação *in situ* de

espécies características da fauna e flora local, podendo ser disponibilizada para a pesquisa científica e mineral, desde que previamente autorizada pelo IBAMA (Figura 10).

A Zona de Conservação é constituída por três blocos, sendo o primeiro localizado nas margens do rio Parauapebas; o segundo nas margens do Igarapé Gelado; e o terceiro na porção central. Estes blocos abrigam porções representativas dos principais ambientes existentes na Floresta Nacional de Carajás. Nas Zonas de Mineração e de Produção florestal e Faunística também serão conservadas áreas com características especiais (Figura 10).

3.3. Resultados

No levantamento botânico realizado nos cinco enclaves amostrados de campos rupestres da Serra Norte de Carajás, foram identificadas 35 espécies, variando de 17 a 23 espécies entre os locais (Tabela 1 e Apêndice 1). O índice de Shannon-Weaver de diversidade de espécies total foi de 2,35, variando de 1,86 a 2,51 entre os locais e a densidade de indivíduos variou de 399 à 782 entre os locais (Tabela 1).

Tabela 1 - Densidade de indivíduos, número de espécies e diversidade de espécies nos campos rupestres da Serra Norte de Carajás, Pará.

Local	Densidade de indivíduos	Número de espécies	Diversidade de espécies
N2	563	23	2.51
N4	725	20	1.96
N5	782	22	2.23
N6	467	18	1.98
N8	399	17	1.86
Total	2.936	35	2.35

O estimador de riqueza *Jackknife* de 1^a ordem variou de 21,8 a 25,9 espécies entre os 5 enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte, e a relação entre o número de espécies observado e a riqueza de espécies estimativa variou de 75,2 no enclave N8 a 88,9% no encrave N2 do número de espécies observado (Tabela 2).

Esses valores relativos indicam que os levantamentos florísticos realizados em cada encrave e o valor total dos cinco enclaves foram adequados na determinação da riqueza de espécies local (cada encrave) e regional (todos os encraves).

Ferreira *et al.* (2011) em um levantamento florístico nos platôs da Floresta Nacional de Saracá-Taquera demonstraram que estimativas de riquezas acima de 70% são adequadas para a determinação da riqueza local de espécies.

Tabela 2 – Número total de espécies observadas (NEO), riqueza de espécies estimada (REE) e relação entre NEO e REE nos 5 enclaves de campos rupestres da Serra Norte de Carajás, Pará.

Campo rupestre	Número de espécies observado (NEO)	Riqueza de espécies estimada (REE)	Relação entre NEO/REE
N2	23	25.9	88.9
N4	20	25.8	77.7
N5	22	27.8	79.2
N6	18	21.8	82.6
N8	17	22.6	75.2
Média e desvio padrão	20 (2.3)	24. (2.2)	80.7 (4.7)

Os cinco locais de campos rupestres da Serra Norte apresentam uma curva de distribuição de diâmetros em forma exponencial em forma de J invertido (Figura 4).

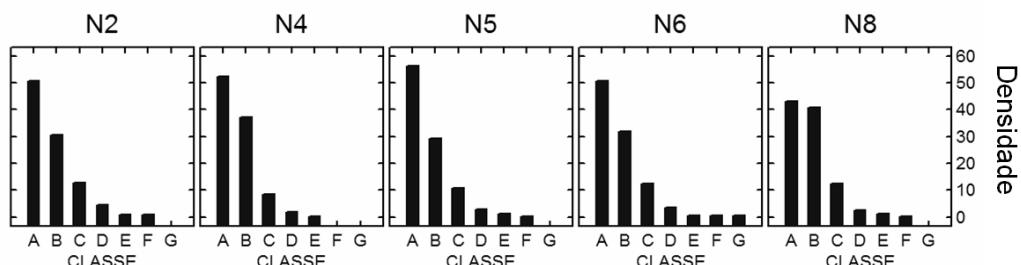


Figura 5 – Proporção da densidade de indivíduos em relação às classes de diâmetro entre os cinco enclaves de campos rupestres da Serra Norte de Carajás, Pará (A=5-7,5 cm; C=7,5-10,0 cm; D=10,0-12,5 cm; E=12,0-15,0 cm; F=15,0-17,5 cm e G=17,5-20,0 cm).

A correlação da altura dos indivíduos em relação ao diâmetro é muito baixa, variando de $r=0,01$ a $r=0,16$ entre cinco enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás (Figura 5).

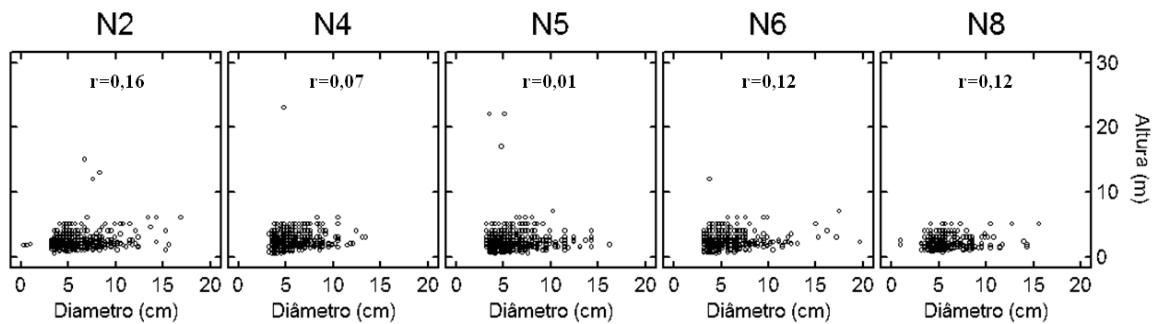


Figura 6 – Correlação entre a altura e diâmetro das plantas nos cinco enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás.

A comunidade de plantas arbustivas-lenhosas dos campos rupestres da Serra norte de Carajás é caracterizada pela dominância de poucas espécies com alta densidade relativa. Por outro lado, de 70% a 80% das espécies tem somente cerca de 10% a 40 %, respectivamente, do total de indivíduos amostrados, indicando uma grande desigualdade na distribuição de abundância das espécies (Figura 6).

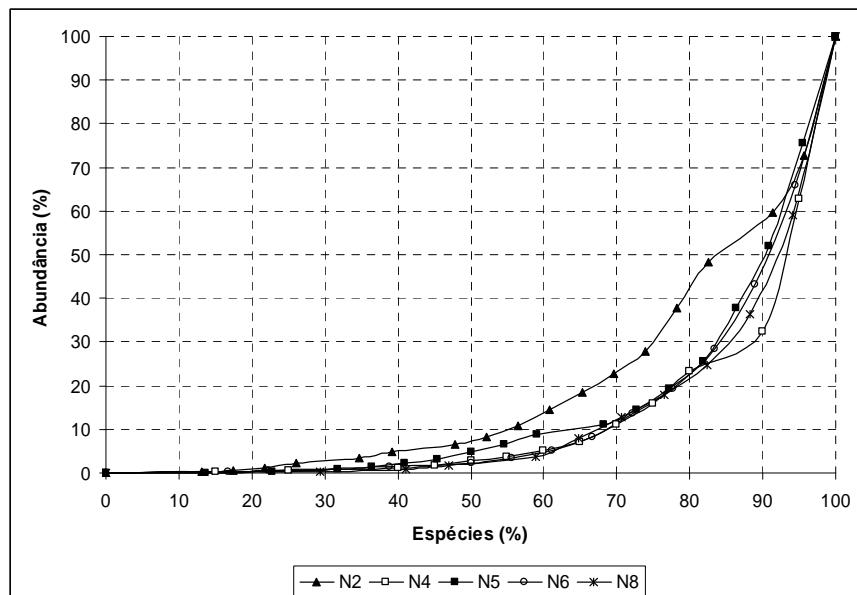


Figura 7 - Curva de Lorenz para a distribuição de abundância nos campos rupestres amostrados na serra norte de Carajás, Pará.

Das 35 espécies identificadas, 14 espécies (40% do total) foram comuns aos cinco enclaves de campos rupestres, representando somente 5,4% dos indivíduos amostrados, enquanto as espécies comuns aos cinco locais representam 91% do total de indivíduos (Apêndice 1).

Os enclaves N2 e N5 apresentaram maior proporção de espécies restritas, ambos com 35,7%, seguidos pelos enclaves N4 com 14,3%, e os enclaves N6 e N8, cada um com 7,1% (Figura 8).

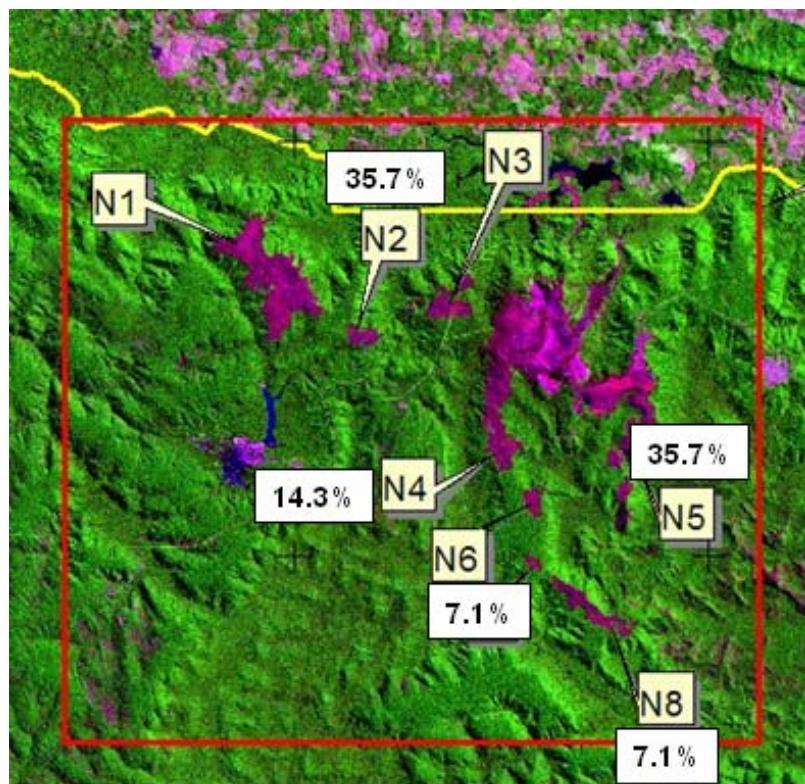


Figura 8 – Proporção de espécies restritas a somente um dos cinco enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás.

As cinco espécies com maiores densidades relativas representam 64% a 84% dos indivíduos amostrados nos cinco enclaves de campos rupestres, e destas, somente *Callisthene microphylla* Warm. e *Byrsonima eugeniiifolia* Sandwith ocorreram em todos os enclaves amostrados (Tabela 3).

Tabela 3 – Listas das espécies com as maiores Densidades Relativas (DR) entre os 5 enclaves de campos rupestres amostrados na serra norte de Carajás, Pará.

Enclave N2		Enclave N4	
Nome Científico	DR	Nome Científico	DR
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	23.8	<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	33.52
<i>Mimosa acutistipula</i> (Mart.) Benth.	11.19	<i>Mimosa acutistipula</i> (Mart.) Benth.	27.17
<i>Byrsonima eugeniifolia</i> Sandwith	10.12	<i>Norantea guianensis</i> Aubl.	8.41
<i>Vellozia glochidea</i> Pohl	10.12	<i>Byrsonima eugeniifolia</i> Sandwith	8.41
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	9.06	<i>Tibouchina áspera</i> Aubl.	6.62
Total	64.29	Total	84.13
Demais espécies (N=18)	35.71	Demais espécies (N=15)	15.87

Enclave N5		Enclave N6	
Nome Científico	DR	Nome Científico	DR
<i>Vellozia glochidea</i> Pohl	23.79	<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	33.19
<i>Mimosa acutistipula</i> (Mart.) Benth.	22.76	<i>Mimosa acutistipula</i> (Mart.) Benth.	22.06
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	13.81	<i>Byrsonima eugeniifolia</i> Sandwith	14.56
<i>Dalbergia subcymosa</i> Ducke	11.76	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	8.78
<i>Byrsonima eugeniifolia</i> Sandwith	6.14	<i>Vellozia glochidea</i> Pohl	5.57
Total	78.26	Total	84.16
Demais espécies (N=17)	21.74	Demais espécies (N=13)	15.84

Enclave N8	
Nome Científico	DR
<i>Vellozia glochidea</i> Pohl	39.6
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	22.06
<i>Norantea guianensis</i> Aubl.	11.28
<i>Byrsonima eugeniifolia</i> Sandwith	6.52
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	5.01
Total	84.47
Demais espécies (N=12)	15.53

Não houve correlação significativa entre similaridade de espécies e distância dos cinco enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás ($r=-0,66$; $p=0,070$) (Figura 9).

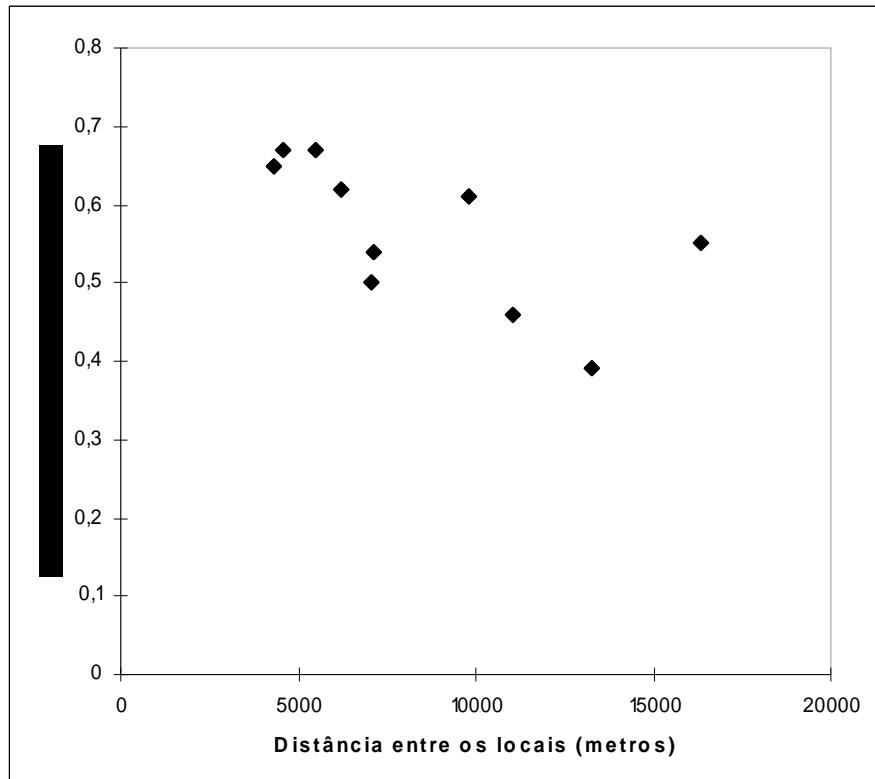


Figura 9 – Variação do índice de similaridade de Sorenson em relação à distância geográfica dos enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás..

Não houve diferença significativa na riqueza de espécies entre cinco enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás ($r^2=0,070$; $F_{[4,108]}= 1,939$; $p=0,110$) (Figura 9).

Houve diferença significativa na diversidade de espécies entre os três enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás ($r^2=0,101$; $F_{[4,108]}= 2,900$; $p=0,026$), sendo a diversidade de espécies do enclaves N2, significativamente maior quando comparada com aos enclaves N4 e N6. Os demais locais não apresentaram diferenças significativas entre si (Figura 9).

Houve diferença significativa na densidade de indivíduos entre os cinco enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás ($r^2=0,094$; $F_{[4,108]}= 2,661$; $p=0,037$), sendo a densidade indivíduos do encrave N2 significativamente menor

quando comparada com ao encrave N4. Os demais locais não apresentaram diferenças significativas entre si (Figura 10).

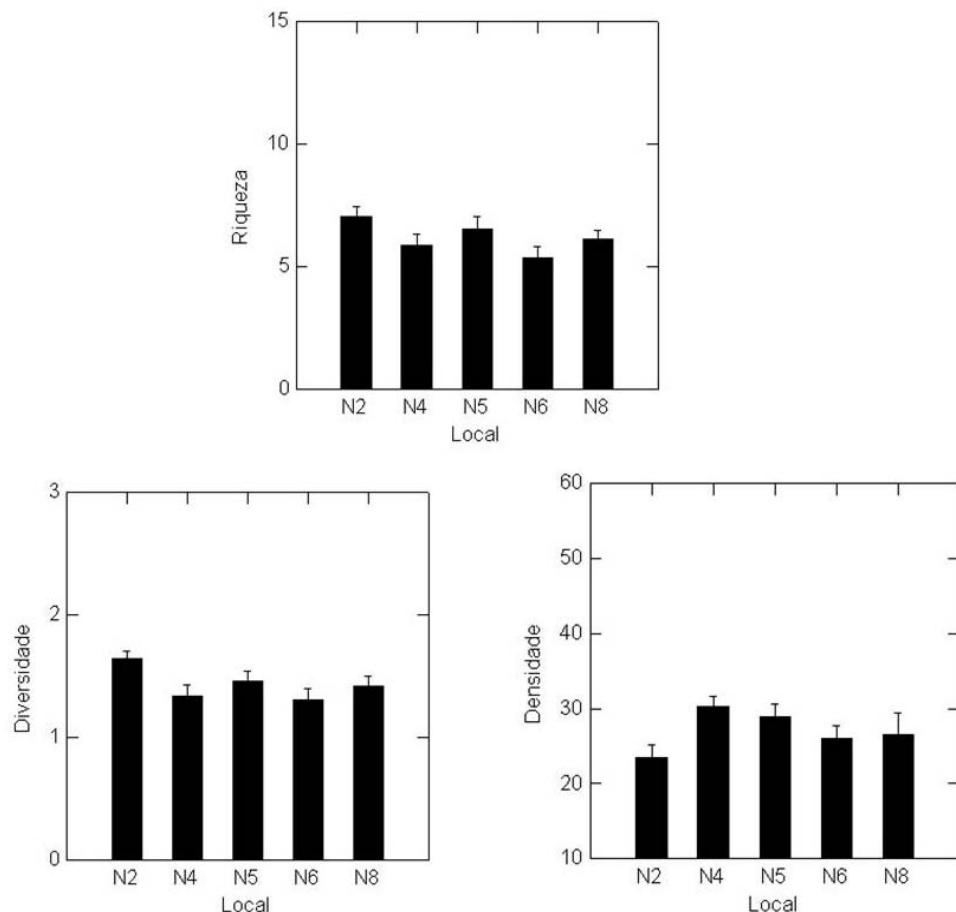


Figura 10- Média e erro padrão da riqueza de espécies, diversidade de espécies e densidade de indivíduos entre enclaves (locais) de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás, Pará.

Conservação dos campos rupestres

As áreas totais dos campos rupestres nas serras norte e sul na Floresta Nacional de Carajás variam de 5,8 a 7,4 mil hectares, respectivamente (Figura 11 e Tabela 4). Isto pode dar a impressão que esses campos ocupam uma grande área. Contudo, há uma grande pressão mineraria sobre os mesmos. Por exemplo, o maior remanescente de campo rupestre da Serra Norte de Carajás, denominado enclave N5 norte, com 2,6 mil hectares, que representa 45% do total dos campos rupestres da Serra Norte de Carajás, encontra-se alterado, pois é neste local que a companhia Vale tem retirado grande parte do minério de ferro (Tabela 4). Além dessa área, o enclave de campo rupestre N1 sofreu grande impacto humano, pois esse local foi o 1º núcleo urbano de Carajás.

Atualmente a exploração de minério de Ferro na Floresta Nacional de Carajás é concentrada em uma área denominada de enclave N5 norte. Contudo, essa exploração já está sendo ampliada para os encrave N5 sul e encrave N4 o que aumentará o impacto ambiental nos campos rupestres (Tabela 4).

Outra situação preocupante é que a Vale pretende ampliar a exploração de minério de ferro para os enclaves de campos rupestres da Serra Sul, da Floresta Nacional de Carajás. Esse conjunto de campos rupestres com 7,5 mil hectares, tem 21% de sua área já alterada, pois um dos enclaves da Serra Sul, denominado de Serra da Bocaina, está situado fora dos limites da Floresta Nacional de Carajás.

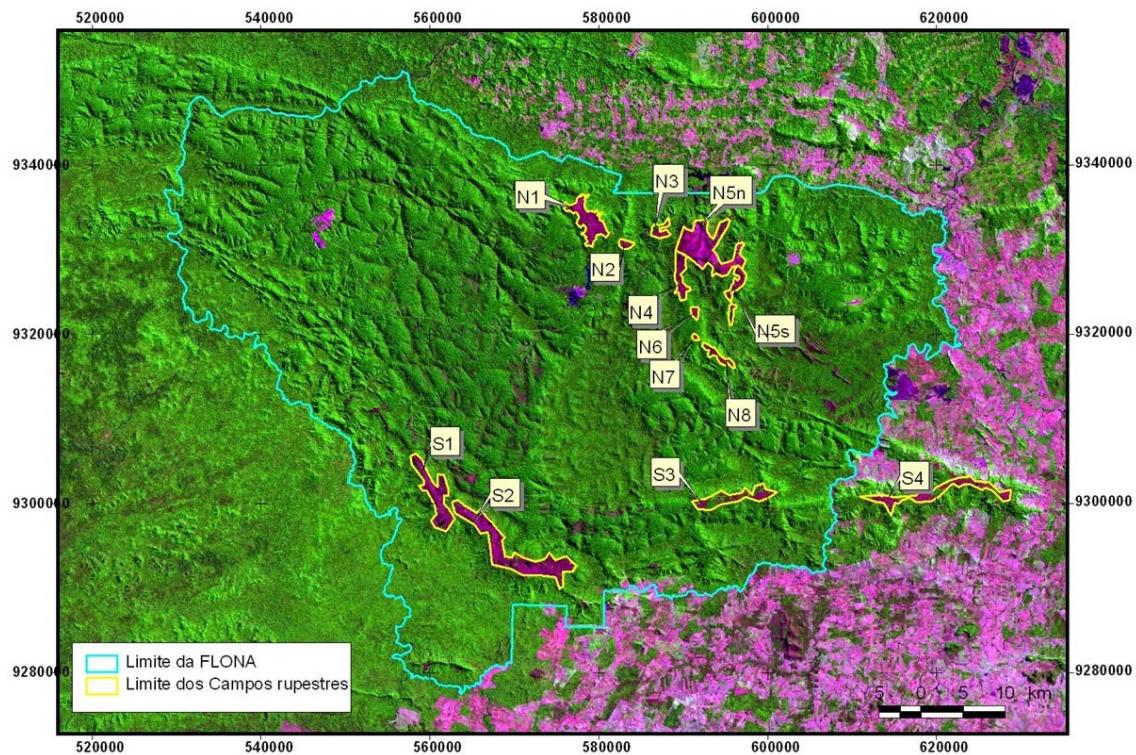


Figura 11– Imagem de satélite LANSAT TM 5 de 2010, mostrando a localização dos enclaves de campos rupestres das Serras Norte e Sul dentro e fora da Floresta Nacional de Carajás.

Nome	Seira	Área (ha)	% Área	Nível de preservação
N1	Norte	1,222	20.9	parcialmente alterada
N2	Norte	142	2.4	intacta
N3	Norte	272	4.7	intacta
N6	Norte	107	1.8	intacta
N7	Norte	45	0.8	intacta
N4	Norte	628	10.7	processo de mineração
N8	Norte	305	5.2	intacta
N5s	Norte	510	8.7	processo de mineração
N5n	Norte	2,617	44.7	em mineração
TOTAL		5,849	100.0	
S1	Sul	1,628	21.7	intacta
S2	Sul	3,150	42.1	intacta
S3	Sul	1,141	15.2	intacta
S4	Sul	1,571	21.0	alterada (flora da FLONA)
TOTAL		7,490	100.0	

Tabela 4 – Área total, representatividade de área e nível de preservação dos enclaves de campos rupestres da das Serras Norte e Sul dentro e fora da Floresta Nacional de Carajás.

Esse capítulo recomenda que alguns enclaves de vegetação de campos rupestres situados nas Serras Norte e Sul sejam colocados em zonas de conservação na revisão do Plano de Manejo da Floresta Nacional de Carajás, que ocorrerá em 2012.

3.4. Discussão

Mourão & Stehmann (2007), no levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada em remanescentes da mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, relataram uma maior riqueza e uma grande dissimilaridade florística em relação a este estudo. Isso está ligado ao fato que as duas regiões são muito distantes geograficamente e por possuírem matriz vegetacional que circunda os enclaves de campos rupestres distintas.

A curva de distribuição de frequência na forma de “J” invertido obtida nesse estudo nos campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás é citada como característica das comunidades de plantas tropicais (Santos & Jardim 2006, Costa & Mantovani 1995).

Phillips et al. (2003) relatam que esse padrão é consequência da dinâmica natural de mortalidade e recrutamento de novos indivíduos na comunidade em decorrência de quedas de árvores.

Mory & Jardim (2001) relatam que o padrão da curva em “J” invertido, no qual a grande maioria dos indivíduos está concentrada nas primeiras classes de diâmetro e a menor representação nas classes de diâmetros maiores, é resultado de um balanço positivo entre o recrutamento e a mortalidade, o que caracteriza a floresta como auto-regenerante, indicando um bom estado de conservação da comunidade estudada.

Poucas espécies apresentaram alta densidade de indivíduos nos cinco enclaves de campos rupestres da Serra Norte amostrados, o que pode ser explicado pela grande desigualdade na distribuição de abundância entre as espécies, em que poucas espécies têm grande abundância e a maioria tem baixa abundância.

Esse padrão de distribuição de abundância é típico de comunidades que ocorrem em ambientes com fatores abióticos restritivos (Fisher et al. 1943).

Nos campos rupestres da Serra dos Carajás, os fatores abióticos, tais como, solos pobres em nutrientes, baixa capacidade de retenção de água e alta insolação agem de maneira direta nos organismos, podendo levar à seleção e, consequentemente, a endemismos (Porto & Silva 1989).

Outro fator ambiental altamente restritivo para as comunidades da biota dos campos rupestres da Serra dos Carajás é a alta concentração de metais pesados no substrato que é um fator de forte pressão ambiental na seleção natural das espécies que colonizam esse tipo de vegetação (Silva 1992).

Esse processo também é citado para as vegetações de savanas da Amazônia e os cerrados do Brasil Central. Diversos estudos têm demonstrado que a comunidade de plantas tem diversas adaptações de resistência ao fogo, tais como, grossa cortiça protegendo os troncos, órgãos subterrâneos que resistem melhor às altas temperaturas da superfície sob a ação do fogo e também na acumulação de metais tóxicos, tais como, alumínio (HOFFMANN & MOREIRA, 2002; TAKEUCHI, 1960; BASTOS, 1984).

Apesar da pequena distância entre os enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás, somente 34% das espécies foram comuns aos 5 enclaves. Isso pode estar relacionado à eficiência do tipo de dispersão que as espécies apresentam para transpor a barreira geográfica representada pela floresta ombrófila que circunda os campos rupestres.

Silva *et al.* (1996) estudaram os aspectos ecológicos dos campos rupestres da Serra dos Carajás, relatando que os frutos e sementes das plantas apresentam adaptações que permitem a dispersão pelo vento. Os frutos de *Vellozia glochidea* Pohl, a terceira espécie com a maior densidade relativa na área de estudo (15,7%), têm sementes pequenas e leves, propícias a dispersão pelo vento.

Os frutos de *Mimosa acutistipula* (Mart.) Benth., a espécie com a segundo maior densidade relativa na área de estudo (19%), podem ser levados a grandes distâncias pelo vento.

A espécie de maior densidade relativa na área de estudo (24,8%), *Callisthene microphylla* Warm., possui frutos e sementes dispersos por pássaros, como *Poecilurus* sp. (Furnariidae) e *Zonotrichia* sp. (Emberizidae) comumente encontrados nos campos rupestres e com grande capacidade de vôo, e, portanto, capazes de alcançar os enclaves de campos rupestres da Serra Norte (Secco & Lobo, 1988)

A maior parte das espécies (40%) caracterizou-se por apresentar baixa abundância e distribuição restrita a um dos cinco enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás, sendo, por isso, consideradas espécies raras na área de estudo (SILVA 1992), algumas delas endêmicas e ameaçadas de extinção, tais como, *Ipomoea cavalcantei* D.Austin (Convolvulceae) e *Ipomoea carajaensis* D. Austin. (Convolvulceae) (Secco & Mesquita, 1983).

As espécies raras podem contribuir significativamente para o funcionamento do ecossistema, atuando como espécies-chave na dinâmica dos recursos do solo, através da retenção e ciclagem de nutrientes (Lyons & Schwartz 2001, Lyons *et al.* 2005).

Durrigan & Ratter (2006) comentavam que espécies florestais parecem se estabelecer em savanas na Amazônia após a formação de um substrato orgânico evitando que suas raízes tenham contato com o alumínio tóxico, comum nos solos.

Na África e na Austrália algumas espécies típicas de savanas podem atuar como facilitadoras para espécies florestais (Favier *et al.*, 2004; Russel-Smith *et al.*, 2004).

Cada um dos enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás tem um conjunto próprio de espécies raras, o que torna a conservação dos campos rupestres nessa Serra bastante delicada, pois para se conseguir preservar o maior número de espécies possível a melhor estratégia será conservar uma área representativa de campos rupestres na Serra Norte e não somente um ou dois enclaves isolados.

Os enclaves de campos rupestres N4 e N5 apresentam respectivamente 14,3% e 35,7% do total de espécies restritas. A exploração mineraria que já ocorre nestes locais, e isso pode resultar na extinção local dessas espécies nos campos rupestres da Serra dos Carajás.

Os enclaves de campos rupestres da Serra Norte de Carajás amostrados apresentam uma alta diversidade beta, também conhecida como diversidade de habitats.

Jacobi & Carmo (2008) também relataram uma alta diversidade beta nos campos rupestres em afloramentos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero no bioma Mata Atlântica em Minas Gerais.

Vilela *et al.* (2004) também relatam que os campos rupestres em afloramentos ferruginosos apresentam alta diversidade beta, decorrentes do isolamento, e provavelmente de variações climáticas e mineralógicas do substrato ferruginoso.

Rhodobryum subverticillatum Brotherus, *Fissidens diplodus* Mitt., *Sematophyllum lonchophyllum* (Mont.) J. Florsch. e *Entodontopsis leucostega* (Brid.) WR Buck & Ireland. são consideradas exclusivas dos campos rupestres, podendo ser consideradas espécies indicadoras da qualidade ambiental desse tipo de vegetação (Moraes & Lisboa 2006).

Muitas espécies da fauna dependem da vegetação dos campos rupestres para abrigo e forrageio, atuando como polinizadores de flores e dispersores de frutos e sementes (Silva *et al.* 1996).

A eliminação dos habitats dos campos rupestres da Serra dos Carajás pelo processo de mineração poderá resultar na diminuição das populações de diversas espécies da fauna associados a essa vegetação.

A ausência de diferença na riqueza local (diversidade alta) entre os enclaves de campos rupestres amostrados na Serra Norte de Carajás demonstra a importância para a conservação.

Silva (1996) relata a importância da preservação de parte desse tipo de vegetação. Contudo, a seleção de locais de campos rupestres para conservação da biota deve levar em consideração o princípio da complementaridade, que procura aumentar a conservação do máximo de espécies com o mínimo de redundância (Vane-Wright *et al.* 1991, Pressey *et al.* 1993).

Mourão & Stehmann (2007), em estudos feitos na região do quadrilátero ferrífero relatam a importância de se preservar o maior número de remanescentes desse tipo de vegetação.

O princípio de complementaridade preconiza que no processo de escolha de áreas para a conservação é melhor escolher áreas que complementem os atributos que se pretende conservar (espécies, habitats e paisagens entre outros), em vez de duplicar atributos desnecessários (Anacleto *et al.* 2005).

No caso dos campos rupestres da Serra dos Carajás, o atributo mais importante para a complementaridade é a presença de espécies raras. Dessa forma, sugerimos que parte de cada enclave de vegetação de campos rupestres devem ser preservados, a fim de termos uma amostragem significativa da riqueza e diversidade de espécies nesse tipo de vegetação.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. 1986. "Geomorfologia da Região" In: ALMEIDA JR. (org.), Carajás, Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento. São Paulo: CNPq/Brasiliense. Cap.5, p.88-124.

ANACLETO, T.S.C., FERREIRA, A.A., FILHO, J.A.F.D. 2005. Seleção de áreas de interesse ecológico através de sensoriamento remoto e de otimização matemática: um estudo de caso no município de Cocalinho, MT. *Acta Amazonica*. Col. 35.

APG III. 2009 An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants:APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 161: 105-121.

BASTOS, M. de N. do C. 1984. Levantamento florístico dos campos do estado do Pará – I – Campos de Joanes (Ilha do Marajó). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, série Botânica, v. 1(1/2): 67-86.

BRASIL. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza- SNUC. Lei Federal nº 9.985, de julho de 2000. Brasília: MMA/SBF.

CIENTEC- Consultoria e Desenvolvimento de Sistema. 2006. Mata Nativa 2: Manual do usuário. Viçosa: Cientec, 2006.295p.

CLEEF, A. & SILVA, M.F.F. 1994. Plant communities of the Serra dos Carajás (Pará), Brasil. *Bol. Mus. Emílio Goeldi, Série Botânica*, 10(2): 269-281.

COSTA, L. G. S. & MANTOVANI, W. 1995. Flora arbustivo-arbórea de trecho de mata mesófila semidecídua, no sítio ecológico de Ibicatu, Piracicaba (SP). *Hoehnea*, v.22, n.1/2,p.47-59.

DURIGAN, G.; RATER, J. A. 2006. Successional changes in cerrado and cerrado forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962 – 2000. Edinburgh Journal of Botany, 63(1):119-130.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. 2006. Arc View User's Guide. Redlands, California.

FAVIER, C.; NAMUR, C. de; DUBOIS, M. A. 2004. Forest Progression modes in littoral Congo, Central Atlantic Africa. Journal of Biogeography, 31, 1445-1461.

FISHER, R.A., CORBERT, A.S. & WILLIAMS, C.B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. Journal of Ecology 12:42-58.

GAFF, D.F. 1987. Desiccation tolerant plants in South America. Oecologia 74: 133-136.

GIULIETTI, A.M., MENEZES, N.L., PIRANI, M. J.R. & MEGURO, M.G.L.. 1987. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista de espécies. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 9: 1-151.

HOFFMANN, W. A.; MOREIRA, A. G. 2002. The role of fire on population dynamics of wood plants. In: MARQUIS, R. J.; OLIVEIRA, P. S. (eds.) 2002. The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York: Columbia University Press. 159-177p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). 2004. Plano de Manejo para Uso Múltiplo da Floresta Nacional de Carajás. Brasília, DF, Brasil.

JACOBI, C. M. & CARMO, F. F. 2008 Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. Megadiversidade, v.4, n. 1-2.

KREBS, C.J.1999. Ecological Methodology. Second Edition. Benjamin /Cummings.

LARCHER, W. 1995. *Physiological Plant ecology*. Springer Verlag, Berlin, 506p

LYONS, K. G., AND M. W. SCHWARTZ. 2001. Rare species loss alters ecosystem function—invader resistance. *Ecology Letters* 4:1–8

LYONS, L. A., D. L. IMES, H. C. RAH, AND R. A. GRAHN. 2005. Tyrosinase mutations associated with Siamese and Burmese patterns in the domestic cat (*Felis catus*). *Animal Genetics* 36:119.

MORAES, E. N. R. & LISBOA, R. C. L. 2006. Musgos (Bryophyta) da Serra dos Carajás, estado do Pará, Brasil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, Belém, v. 1, n. 1, p. 39-68, jan-abr.

MORELATO, P. C. & ROSA, N. A. 1991. Caracterização de alguns tipos de vegetação na região amazônica, Serra dos Carajás, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 14: 1-14.

MORY, J.C., JARDIM, D.C. 2001. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. *Journal of Forestry*, Washington, v. 50, p. 85-92

MOURÃO, A. & STEHMANN, J. R. 2007. Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*. 58 (4): 775-786.

NUNES, J.A. 2009. Florística, Estrutura e Relações Solo-vegetação em gradientes fitofisiológico sobre a canga, na Serra Sul, FLONA de Carajás- Pará. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa.

PHILLIPS, P.D., BRASH, T.E., YASMAN, I., SUBAGYO, S. & GARDINGEN, P.R. 2003. An individual-based spatially explicit tree growth model for forests in East Kalimantan (Indonesian Borneo). *Ecological Modelling*. 159, 1–26.

PINHO, D. V.; VASCONCELLOS, M. A. S. 1997. *Manual de Economia*. Saraiva, São Paulo, Brasil. 653p.

PORTO, M.L. & SILVA, M.M.F. 1989. Tipos de Vegetação metalófila em áreas da Serra de Carajás e Minas Gerais , Brasil. *Acta Botanica Basilica* 3: 13- 21.

PRESSEY, R.L., HUMPHRIES, C.J., MARGULES, C.R., VANE-WRIGHT, R.I. & WILLIAMS P.H. 1993. Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Tree* 8(4):124-128

RAYOL, B.P. 2006. Análise florística e estrutural da vegetação xerofítica das savanas metalófilas na floresta nacional de carajás: subsídios à conservação. Dissertação de Mestrado, UFRA/MPEG. 76 p

RIZZINI, C.T. 1997 Tratado de Fitogeografia do Brasil. 2.ed.São Paulo: HUCITEC/Universidade de São Paulo,. 374p.

RUSSEL-SMITH, J.; WHITEHEAD, P. J.; COOK, G. D.; HOARE, J. L. 2003. Renponse of *Eucalyptus*-dominated savanna to frequent fires: lessons from munmarlary, 1973 – 1996. *Ecological Monographs*, 73(3): 349 – 375.

SANTOS, A.R., PARADELA, W.R., VENEZIANI, P. & MORAIS, M.C.A 1999. Estereoscopia com imagens RADARSAT- 1: Uma avaliação na Província Mineral de Carajás. *Revista brasileira de Geociências* 29 (4): 627-632.

SANTOS, G.C. & JARDIM, M.A.G. 2006. Florística e estrutura do estrato arbóreo de uma floresta de várzea no município de Santa Bárbara do Pará, Estado do Pará, Brasil. *Acta Amazonica*, 36(4): 437-446.

SECCO, R. & MESQUITA, A.L. 1983. Notas sobre a vegetação de canga da Serra Norte. *Bol. do MPEG* nova série Botânica. Belém, 59; 1-13.

SILVA & ROSA , N.A. 1990. Estudos Botânicos na área do Projeto-ferro Carajás/Serra Norte. I. Aspectos fito-ecológicos dos campos rupestres. *In: Sociedade Botânica do Brasil, Anais do XXXV Congresso Nacional de Botânica*, Manaus 1984. Pg. 367-378.

SILVA, M.F.F. 1991. Análise florística da vegetação que cresce sobre canga hematítica em Carajás – Pará (Brasil). *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi*, série Botânica 7(1).

SILVA, M.F.F., SECCO, R. S. & LOBO, M. da G. 1996. Aspectos ecológicos da vegetação rupestre da Serra dos Carajás, Estado do Pará, Brasil. *Acta Amazonica* 26 (1/2): 17-44.

SILVA, M.M. F., MENEZES, M.L., CAVALCANTE, P.B., & JOLY, C.A. 1986. Estudos Botânicos: Historico, Atualidades e Perspectivas. In: ALMEIDA, J.M.G.(org). Carajás: Desafios político, Ecologia e Desenvolvimento. Brasiliense/Cnpq, São Paulo. Pb 184-207.

TAKEUCHI, M. 1960. A estrutura da vegetação na Amazônia II – As savanas do norte da Amazônia. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica*, v 7, p. 1-14.

TEIXEIRA, W.A. & LEMOS-FILHO, J.P. 2002. Fatores edáficos e Colonização de Espécie Lenhosa em uma cava de Mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. *Revista Árvore*. 26 :25-33.

VANE-WRIGHT, R.I., HUMPHRIES, C.J. & WILLIAMS, P.H. 1991. What to protect? systematics and the agony of choice. *Biological Conservation*, 55:235-54.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 124 p.

VILELA, R.A., R.J. MELO COSTA, T.A.V. LAGOEIRO L.E. & VARAJÃO C.A.C. 2004. Petrografia do minério hematitacompacta da Mina do Tamanduá (Quadrilátero Ferrífero, MG). *Revista da Escola de Minas de Ouro Preto* 57: 157-164.

VINCENT, R.C. 2002. Florística, fitossociologia e relações entre a vegetação e o solo em área de campos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Tese de doutorado, USP, São Paulo. Brasil. 145 pp.

VINCENT, R.C., JACOBI, C. & ANTONINI, Y. 2004. Diversidade na adversidade. *Ciência Hoje* 31: 64-67.

ZAR, J.H. 2010. Biostastical Analysis. 5.ed. New Jersey: Prentice-Hall, Englewwod Cliffs.p.484-500.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Densidade relativa (DR) total das espécies na área de estudo e de acordo com sua ocorrência nos locais N2, N4, N5, N6 e N8.

Espécie	N2	N4	N5	N6	N8	Total
<i>Alchornea discolor</i> Poepp.				0.21		0.03
<i>Alchornea schomburgkii</i> Klotzsch	1.42	0.14				0.31
<i>Alibertia myrciifolia</i> K. Schum.	1.07	0.55	1.53			0.75
<i>Anacardium occidentale</i> L.	1.24					0.24
<i>Anemopaegma scabriusculum</i> Mart. ex DC.	4.44	0.97	0.64	0.86	1.75	1.63
<i>Banisteriopsis malifolia</i> (Nees & Mart.) B. Gates	0.28	0.38	0.64	0.25		0.31
<i>Bauhinia puchella</i> Benth.	1.42	1.93	2.17	3	0.5	1.87
<i>Byrsonima chrysophylla</i> Kunth			0.9			0.24
<i>Byrsonima eugeniifolia</i> Sandwith	10.12	8.41	6.14	14.56	6.52	8.86
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	23.8	33.52	13.81	33.19	22.06	24.8
<i>Copaifera martii</i> Hayne		0.14	0.13	0.64		0.17
<i>Croton glandulosos</i> L.			0.13			0.03
<i>Dalbergia subcymosa</i> Ducke			11.76			3.13
<i>Eriotheca globosa</i> (Aubl.) A. Robyns			0.26			0.07
<i>Erythroxylum ligustrinum</i> var. <i>carajasense</i> Plowman	1.6	0.83	2.17	1.07	4.51	1.87
<i>Erythroxylum nelson-rosae</i> Plowman	0.36	1.1	1.79	0.21	0.5	0.92
<i>Eugenia flavesrens</i> DC.	1.07				1	0.34
<i>Eugenia punicifolia</i> (Kunth) DC.			0.77	0.86		0.34
<i>Ficus guianensis</i> Desv. ex Ham.	0.18					0.03
<i>Guapira ovalifolia</i>	3.2					0.61
<i>Heisteria ovata</i> Benth.	3.73			0.43	0.25	0.82
<i>Lippia grandis</i> Schau	0.18	0.28	0.26	0.21		0.2
<i>Mimosa acutistipula</i> (Mart.) Benth.	11.19	27.17	22.76	22.06	4.26	19.01
<i>Myrcia cuprea</i> (O. Berg) Kiaersk.					1.75	0.24
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.		0.55				0.14
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.			0.38			0.1
<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O. Berg		0.69				0.17
<i>Norantea guianensis</i> Aubl.	8.53	8.41	4.6	5.35	11.28	7.32

Apêndice 1 – Continuação