

JAQUELINA ALVES NUNES

**FLORÍSTICA, ESTRUTURA E RELAÇÕES SOLO-VEGETAÇÃO EM
GRADIENTE FITOFISIONÔMICO SOBRE CANGA, NA SERRA SUL, FLONA
DE CARAJÁS - PARÁ**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

JAQUELINA ALVES NUNES

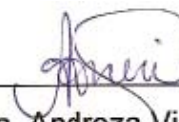
FLORÍSTICA, ESTRUTURA E RELAÇÕES SOLO-VEGETAÇÃO EM
GRADIENTE FITOFISIONÔMICO SOBRE CANGA, NA SERRA SUL, FLONA
DE CARAJÁS - PARÁ

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

APROVADA: 09 de fevereiro de 2009



DSc. Temilze Gomes Duarte




Profa. Andreza Viana Neri
(Co-orientadora)



Prof. Agostinho Lopes de Souza



DSc. Felipe Nogueira Bello Simas



Prof. Carlos Ernesto G. Reynaud Schaefer
(Orientador)

*Aos meus pais Lúcia e Antônio e a minha querida vózinha Filomena,
Dedico*

AGRADECIMENTOS

À Deus pela presença constante em minha vida e oportunidade que me concedeu e vem me concedendo.

A Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Programa de Pós-graduação em Botânica, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À FAPEMIG pela bolsa de estudos concedida.

Aos meus pais Lúcia e Antônio que investiram em minha educação e com muito amor dedicaram apoio incondicional às minhas escolhas.

Aos meus irmãos Lessandra e Lucas pelo amor, amizade, incentivo nas horas difíceis e principalmente pela paciência infinita.

Aos meus avós pelo amor incondicional e pelo exemplo de vida que representam para mim.

Ao Michel, pelo apoio constante, amizade e cumplicidade de todos os momentos.

À família de Lajinha, pela torcida, incentivo e pelos inúmeros momentos de descontração.

Ao Professor Carlos Ernesto Schaefer, exemplo de dedicação e amor pela ciência dos solos, por seus ensinamentos, orientação, amizade e pela confiança depositada em mim durante todo esse tempo.

Aos Professores João Augusto Alves Meira Neto e Andreza Viana Neri, pela amizade, auxílios e valorosos aconselhamentos.

Ao Professor Wagner Otoni, coordenador do curso, pelo carinho, atenção, disponibilidade e empenho em resolver qualquer problema.

Ao Walnir, meu fiel companheiro no trabalho de campo, presente durante toda execução do trabalho, pela amizade, ensinamentos e disponibilidade. Aos amigos e companheiros de campo, Acauã, Guilherme, Bruno, Lucas, pois vocês tornaram possível a realização desse trabalho.

Às amigas e companheiras de república, Rúbia, Bruna e Valquíria pela amizade, apoio e bons momentos vividos.

Aos funcionários do Museu Goeldi pelo auxílio nas identificações das plantas.

Aos especialistas, Marcos Sobral, Renato Goldenberg, Pedro Carauta, Lúcio Leoni, Paulo Apóstolo e aos amigos Valquíria Dutra, Márcio Batista,

Thiago Coser, Pedro Paulo e Tarcísio Magevski pelo auxílio nas identificações botânicas.

Aos colegas do curso Luiz Fernando, Pedro Paulo, Alice, Advânio, Vítor, Patrícia, Claudinéia, Izabela, Lívia e Sileimar agradeço o convívio, companheirismo e amizade compartilhada nos ótimos momentos vividos.

Aos professores da Pós-Graduação pelos ensinamentos, disponibilidade e incentivo.

Aos funcionários do Departamento de Botânica pela atenção, amizade e convivência em especial ao Ângelo e Celso pela agradável convivência.

Aos amigos do setor de Ecologia, Amilcar Saporetti, Priscila, Michellia, Flávia, pelo apoio, auxílios nas análises de dados e amizade.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para concretização desse sonho.

BIOGRAFIA

JAQUELINA ALVES NUNES, filha de Antônio Salvador Nunes e Maria Lúcia Alves Moreira, nasceu em Manhuaçu, Minas Gerais, em 22 de setembro de 1981.

Em 1999 concluiu a Educação Básica e Ensino Médio no Colégio Tiradentes da Polícia Militar de Minas Gerais, em Manhuaçu, Minas Gerais.

Em 2001 iniciou o curso de graduação em Ciências Biológicas, na Universidade do Estado de Minas Gerais *campus* Carangola, graduando-se em 16 de dezembro de 2004.

Em 2007 ingressou na Pós-Graduação em Botânica, em nível mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, junto ao departamento de Biologia Vegetal, concluindo-o em 09 de fevereiro de 2009.

Em março de 2009, ingressou na Pós-Graduação em Botânica, em nível de doutorado, na Universidade Federal de Viçosa, departamento de Biologia Vegetal.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
I. Introdução Geral	1
II. Referências Bibliográficas	4
III. CAPÍTULO 1	8
VEGETAÇÃO RUPESTRE EM CANGA FERRÍFERA NA SERRA SUL EM CARAJÁS (PARÁ): FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA E ANÁLISE DE DIVERSIDADE	8
1.0 Introdução	10
2.0 Objetivos	12
3.0 Material e Métodos	12
□ Campo Rupestre Aberto	15
□ Campo Rupestre Arbustivo	16
□ Capão Florestal sobre canga e Mata de Encosta	17
4.0 Resultados	20
4.1 Florística e Fitossociologia	20
4.1.1 Campo Rupestre Aberto	24
4.1.2 Campo Rupestre Arbustivo	26
4.1.3 Capão Florestal	29
4.1.4 Mata de Encosta	32
5.0 Discussão	34
6.0 Considerações Finais	39
7.0 Referências Bibliográficas	40
IV. Capítulo 2	47
RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO EM VEGETAÇÃO RUPESTRE SOBRE CANGA FERRÍFERA NA SERRA SUL EM CARAJÁS (PARÁ)	47
1.0 Introdução	49
2. Material e Métodos	50
2.1. Área de Estudo	50
2.2 Metodologia	53
2.2.1 Caracterização da vegetação	53
2.2.2 Amostragem da vegetação	58
2.2.3 Coleta de Solos e Serapilheira	58
2.2.4 Análise de Dados	59
3.0 Resultados	61
3.1 Caracterização química do solo	61
3.2 Caracterização química da serapilheira	62
3.3 Correlação de Pearson	63
3.3.1 Solos	63
3.3.2 Serapilheira	64
3.4 Análise de Variância (ANOVA)	67
3.5 Variáveis ambientais e Distribuição de Espécies	76
3.5.1 Análise de Correspondência Canônica (CCA)	76
4.0 Discussão	81
5.0 Conclusões e Considerações Finais	86
6.0 Referências Bibliográficas	87
Anexo 1	94
Anexo 2	97
V. Conclusões Gerais	100

RESUMO

NUNES, Jaquelina Alves, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2009. **Florística, Estrutura e Relações Solo-Vegetação em gradiente fitofisionômico sobre canga, na Serra Sul, FLONA de Carajás - Pará.** Orientador: Carlos Ernesto G. Reynaud Schaefer. Co-orientadores: João Augusto Alves Meira-Neto e Andreza Viana Neri.

A vegetação associada a afloramentos de rocha ferruginosa, comum na região da Serra dos Carajás no Pará e no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, inclui-se no conceito de Campos Rupestres, e são comumente denominados “Campos Ferruginosos”. Estes, por sua vez, apresentam diversas fácies distintas, influenciadas por atributos ambientais tais como: a natureza dos solos, a disponibilidade hídrica, a distribuição na paisagem, a conexão com os ambientes florestais vizinhos, dentre outros. Poucos estudos trazem esclarecimentos dos fatores abióticos determinantes da diversidade dessa vegetação. Os objetivos desse estudo foram: (1) determinar a composição florística e a estrutura fitossociológica de um trecho em gradiente desde vegetação rupestre até Capão Florestal sobre canga e Mata de Encosta, todos desenvolvidos de substratos ferríferos; (2) analisar a vegetação e sua relação direta com o solo a fim de caracterizar o tipo de vegetação e avaliar a estreita relação entre meio físico e biótico da região. Para a análise fitossociológica das espécies foram demarcadas 96 parcelas de modo a contemplar as unidades fitofisionômicas: Campo Rupestre Aberto, com 40 parcelas aleatórias de 1m² determinando a composição de espécies, as formas de vida e o grau de cobertura de indivíduos; Campo Rupestre Arbustivo, com 40 parcelas de 25 m², amostrando os indivíduos com CAS \geq 3 cm. No Capão Florestal e na Mata de Encosta foram amostradas 8 parcelas de 100 m² cada, sendo amostrados todos os indivíduos com circunferência a 1,30m do solo com CAP \geq 10cm e estimada a altura. Nas áreas campestres as coletas de amostras de solo (0-10cm) e serapilheira foram feitas de forma representativa nas proximidades das parcelas, para evitar perturbações, enquanto nas áreas florestais foram feitas dentro das parcelas. Foram calculados os coeficientes de correlação linear (Pearson) entre as variáveis químicas dos solos e da serapilheira e aplicados testes estatísticos de análise de variância (ANOVA) e teste de média de Tukey a 5%. Também foi realizada uma análise de

correspondência canônica (CCA). Obteve-se o total de 166 espécies amostradas, distribuídas em 104 gêneros e 56 famílias. As famílias de maior riqueza foram: Fabaceae (19), Euphorbiaceae (10), Melastomataceae e Sapindaceae (9), Myrtaceae (8), Rubiaceae (6), Annonaceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae, Malpighiaceae, Nyctaginaceae, Poaceae e Salicaceae com 4 espécies cada. Fanerófita foi a forma de vida predominante. As formações apresentaram diferenças significativas com relação à riqueza de espécies. A partir das análises químicas pôde-se constatar que os solos das fitofisionomias estudadas apresentaram acidez elevada com baixos teores de fósforo e nutrientes. O teor de matéria orgânica e a profundidade dos solos são variáveis chave para explicar a ocorrência das fitofisionomias estudadas. A formação de três grupos distintos pela CCA evidencia o caráter singular das fitofisionomias dos afloramentos ferruginosos em Carajás, já que cada fitofisionomia exibiu espécies características, sendo estas pouco compartilhadas, em função de certas características do solo. A disponibilidade de água, governada pela profundidade do solo, deve representar um fator importante para a distribuição da maioria das espécies desse estudo, mas somente trabalhos posteriores poderão avaliar sua influência de forma quantitativa.

ABSTRACT

NUNES, Jaquelina Alves, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, february 2009. Floristics, **Structure and soil-vegetation relationship along a phytophysiognomic gradient on Canga at Serra Sul, National Forest of Carajás - Pará**. Adviver: Carlos Ernesto G. Reynaud Schaefer. Co-advivers: João Augusto Alves Meira-Neto e Andreza Viana Neri.

The vegetation associated with Ferruginous rock outcrops, commonly observed in the Carajás mountains and Quadrilátero Ferrífero, can be included within the concept of Rocky Fields, being called Ferruginous Fields (“Campos Ferruginosos”). These are, in turn, formed by a number of types (facies), influenced by environmental attributes such as: soils, water availability, landscape position and connectivity with neighbour environments, amongst others. Little studies have been made to clarify the importance of abiotic factors to this vegetation and its diversity. The aims of this work were: (1) determine the floristic composition and phytosociologic structure of a sector along a gradient from Forest to Ferruginous Rock outcrops, all developed from high grade iron-rich canga; (2) to analyse the vegetation in relation to soil properties. For the analysis of species (phytosociology) 96 plots were demarcated to address all environmental units: Open Rocky Field, with 40 plots randomly distributed of 1m² area, determining life forms, species composition and species cover; Scrubby Rocky Field, with 40 plots of 25 m², sampling the individuals with CAS ≥ 3 cm. In the Forest both internal and external, 8 plots of 100 m² were sampled, encompassing all individuals of CAP ≥ 10 cm at 1.3 m above ground, estimating their heights. In the open rocky vegetation, soils sampling was undertaken from the nearby área at the surface (0-10cm) and litter, to avoid disturbance in the plot. In the forested areas, sampling was carried out within the plots. Linear Correlation coefficients were calculated between soil chemical properties and litter, and statistics tests were performed (variance analyses-ANOVA) and Tukey test at 5% probability. A canonical correspondence analysis was also undertaken. A total of 166 species was obtained, distributed for 104 genera and 56 families. These families had the following decreasing order of richness: Fabaceae (19), Euphorbiaceae (10), Melastomataceae e Sapindaceae (9), Myrtaceae (8), Rubiaceae (6), Annonaceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae, Malpighiaceae, Nyctaginaceae,

Poaceae and Salicaceae with 4 species each. Phanerophytes were the dominant life-forms. The formations displayed significant differences in relation to species richness. based on soil chemical analysis, all phytophysiognomies showed very acid soils, with low levels of P and nutrients. The organic matter content and soil depth were key variables for explaining the occurrence of these phytophysiognomies. The CCA analysis enabled to distinguish three different groups, corroborating the prominent contrast between the different physiognomies developing on Canga at Carajás, since each one exhibit characteristic species with low share, in function of soil properties. Water availability and soil depth should represent the most important factor to explain the gradient, but further studies will clarify its quantitative influence.

I. Introdução Geral

Os Campos Rupestres são formações herbáceo-arbustivas associadas a afloramentos rochosos ou solos rasos, formados pela decomposição de rochas resistentes, como quartzitos. No Brasil, localizam-se nas serras do sul da Bahia, Goiás e Minas Gerais, em altitudes de 1000 a 1800m (Eiten 1983). Segundo Rizzini (1979), a vegetação associada a afloramentos de rocha ferruginosa, comum na região da Serra dos Carajás no Pará e no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, também se inclui no conceito de campos rupestres, e são denominados “Campos Ferruginosos”, termo geralmente utilizado por Vincent *et al.* (2002), Vincent (2004), Viana & Lombardi (2007), Mourão & Stehmann (2007), Jacobi *et al* (2007) e (2008). Essa vegetação é também referida como vegetação de canga (Morelato & Rosa 1991; Secco & Mesquita 1983, Silva 1991, Silva 1992).

Segundo Giulietti *et al.* (2000), a vegetação rupestre é constituída basicamente por um estrato herbáceo mais ou menos contínuo, entremeado por pequenos arbustos perenifólios e esclerófilos. Apesar dessa caracterização, que confere uma aparência semelhante às diversas áreas de campos rupestres, estes não constituem um tipo de vegetação homogêneo, mas um mosaico de comunidades relacionadas e controladas pela topografia, declividade, microclima e natureza do substrato.

A Serra dos Carajás abriga uma imensa província mineral, situada no interior da Amazônia brasileira, coberta quase em sua totalidade por vegetação nativa. Por volta de 1967 foram descobertas as primeiras jazidas de minério em Carajás e poucas eram as informações sobre a vegetação daquela região.

Em 1998, através do Decreto de Lei 2.486, foi estabelecida a FLONA de Carajás, com objetivo de proteger o vasto núcleo florestal que envolve a Serra de Carajás. Segundo Ab`Saber (1986), a FLONA de Carajás abriga dois ambientes fitogeográficos distintos: Florestas Ombrófilas em suas diferentes fâcies, representando mais de 95% da área e outra representada por clareiras naturais de vegetação rupestre, denominada de “Savana Metalófila” em substrato de canga hematítica. Esta vegetação, por sua vez, também apresenta diversas fâcies distintas, influenciadas por atributos ambientais tais

como a natureza dos solos, a disponibilidade hídrica, sua distribuição na paisagem, sua conexão com os ambientes florestais vizinhos, entre outros.

O corpo de minério de ferro é recoberto por uma camada de “canga hematítica”, que representa um grau de intemperização do minério. A canga é uma rocha ferruginosa cenozóica composta de fragmentos de jaspilite coluvial ou residual, hematita compacta e, em menor escala, outros materiais, cimentada por goethita (óxido de ferro hidratado), precipitada na superfície (Pomerene 1964; Simmons 1960, 1968). Para Rizzini (1997), nas áreas compostas de hematita, a canga é um conglomerado constituído de fragmentos de hematita (negra e brilhante) cimentados por goethita (cor de ferrugem), e hematita, forma uma carapaça que, para a exploração da hematita subjacente como minério, precisa ser quebrada e removida. A hematita chega a possuir 70% de ferro.

Embora normalmente porosa, a canga é relativamente impermeável e resistente à erosão, sendo importante na conservação das superfícies de erosão, pois possui resistência superior à das rochas subjacentes (Simmons 1968; Moreira & Camelier 1977). A espessura da camada de canga pode variar de 2 a 10 m (Pomerene 1964). A quebra dessa camada propicia a erosão da rocha de base, formando vales íngremes em suas margens (Simmons 1968).

Sobre a canga de Carajás cresce uma vegetação baixa, com poucos indivíduos de porte arbóreo, apresentando um aspecto savânico, bem destacada da floresta tropical circunvizinha. Estas clareiras configuram-se como um tipo especial de vegetação, com um estrato gramíneo bem evidente e a presença marcante de diversas espécies herbáceas. O aspecto aberto desta vegetação foi importante desde o início das pesquisas geológicas, pois serviu como indicador para as descobertas de minério da região (Silva *et al.* 1996).

Uma vez que este tipo de vegetação cresce diretamente sobre as jazidas minerais de ferro, supõe-se que haja influência de altas concentrações de metais sobre a mesma, representando talvez, o fator seletivo mais crítico, juntamente com a pobreza de nutrientes e a baixa capacidade de retenção de água. Em função dos altos teores de certos metais no solo, as plantas podem apresentar ecótipos com nanismo ou gigantismo (Porto & Silva 1989). Estes fatores parecem exercer pressão ambiental, provocando uma seleção natural muito rigorosa.

Muitas espécies, presentes em ambientes com condições limitantes, apresentam adaptações morfológicas e/ou fisiológicas a ambientes xerofíticos, tais como folhas coriáceas ou suculentas, modificações de órgãos em estruturas de reserva, presença de pilosidade densa nas folhas e ramos, e até anatomia Kranz, presente em espécies com metabolismo CAM (Larcher 1995).

Neste sentido as formações abertas denominadas de “Savanas Metalófilas” devem ser compreendidas dentro do contexto de paisagem, como uma estrutura tridimensional, que incorpora em sua composição todo o conjunto de características do meio sobre o qual se assenta. A paisagem de Savana Metalófila é coincidente com as áreas de canga aflorante.

Segundo Drummond *et al.* (2005), o Quadrilátero Ferrífero é uma área prioritária para a conservação da biodiversidade no Estado de Minas Gerais, de importância biológica extrema. Cabe ressaltar o alarmante grau de ameaça a que estão submetidos os campos rupestres sobre canga no Quadrilátero Ferrífero. A região, juntamente com a Serra dos Carajás, no Pará, compreende aproximadamente 98% das jazidas de minério de ferro no Brasil, sendo que a maior parte é explorada no Quadrilátero Ferrífero (Brasil 1978). Grandes extensões deste ambiente já foram eliminadas por atividades mineradoras e quase a totalidade dos remanescentes pertence a empresas de mineração.

No entanto, poucos são os estudos nos campos ferruginosos de Minas Gerais podendo-se destacar os realizados por Teixeira & Lemos Filho (1998) e (2002), Viana (2002), Vincent *et al.* (2002), Vincent (2004), Dutra *et al.* (2005), Viana & Lombardi (2007), Mourão e Stehmann (2007), Silva (2007), Jacobi *et al.* (2007) e (2008) e mais escassos ainda são os estudos realizados nos campos ferruginosos de Carajás podendo-se destacar Secco & Mesquita (1983), Silva & Rosa (1989), Porto & Silva (1989), Morelato & Rosa (1991), Silva (1991) e (1992), Cleef & Silva (1994) e Silva *et al.* (1996) e Rayol (2006).

Dada a relevância deste ecossistema no contexto da Floresta Nacional de Carajás e da Amazônia e o grau de ameaça em que se encontra; a investigação proposta procura analisar essa vegetação peculiar e sua relação direta com o solo a partir da análise da vegetação; bem como de amostras de solo e serapilheira a fim de caracterizar o tipo de vegetação e investigar a relação entre meio físico e biótico da região.

Para melhor compreensão e atendimento dos objetivos propostos, a presente dissertação foi dividida em dois capítulos, a saber:

- (1) Vegetação Rupestre em Canga Ferrífera na Serra Sul, em Carajás (Pará): Florística, Fitosociologia e Análise de Diversidade;
- (2) Relação Solo-Vegetação em Vegetação Rupestre sobre canga Ferrífera na Serra Sul, em Carajás (Pará).

II. Referências Bibliográficas

- AB`SABER, A.N. 1986. *Geomorfologia da Região*. In: ALMEIDA JR. (Org). CARAJÁS: desafio político, ecologia e desenvolvimento. São Paulo: Brasiliense; Brasília: CNPq, 88-124.
- BRASIL, 1978. *Balanço mineral brasileiro: bens minerais selecionados*. Ministério das Minas e Energia, 212p.
- CLEEF, A. & SILVA, M.F.F. 1994. *Plant communities of Serra dos Carajás (Pará), Brasil*. Bol. Mus. Emílio Goeldi, sér. Botânica 10; 269-281.
- DRUMMOND, G.M.; MARTINS, C.S.; MACHADO, A.V.M.; SEBAIO, F.A. & ANTONINI, Y. 2005. *Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação*. 2º ed. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, 222p.
- DUTRA, V. F.; MESSIAS, C.T.B. & GARCIA, F.C.P. 2005. *Papilionoideae (Leguminosae) nos campos ferruginosos do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil: florística e fenologia*. Revista Brasil. Bot., V.28, n.3, p.493-504, jul.-set.
- EITEN, G. 1983. *Classificação da vegetação do Brasil*. CNPq, Brasília, 305p.
- GIULIETTI, A.M.; HARLEU, R.M.; QUEIROZ, L.P.; WANDERLEY, M.G.L. & PIRANI, J.R. 2000. *Caracterização e endemismos nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço* In: CAVALCANTI, T.B, & WALTER, B.M.T. Tópicos atuais em botânica. EMBRAPA Recursos genéticos e Biotecnologia, Sociedade Botânica do Brasil, Brasília. Pp. 311-318.

- JACOBI, C.M.; CARMO, F.F. & VINCENT, R.C., STEHMANN, J.R. 2007. *Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem*. *Biodiversity and Conservation* 16: 2185-2200.
- JACOBI, C.M.; CARMO, F.F. & VINCENT, R.C. 2008. *Estudo Fitossociológico de uma comunidade vegetal sobre canga com subsídio para a reabilitação de áreas mineradas no Quadrilátero Ferrífero, MG*. *Rev. Árvore*, v.32, n.2, 345-353.
- LARCHER, W. 1995. *Physiological Plant ecology*. Springer Verlag, Berlin, 506 p.
- MOREIRA, A.A.N. & CAMELIER, C. 1977. *Relevo*. In: IBGE, Brasil. *Geografia do Brasil*. Região Sudeste. IBGE, Rio de Janeiro. v.3, 1-50.
- 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.
- MOURÃO, A. & STEHMANN, J.R. 2007. *Levantamento da Flora do Campo Rupestre sobre Canga Hematítica Couraçada remanescentes na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil*. *Rodriguésia* 58 (4): 775-786.
- POMERENE, J.B. 1964. *Geology and ore deposits of the Belo Horizonte, Ibirité, and Macacos quadrangles, Minas Gerais, Brasil*. Geological Survey Professional Paper 341 (D): 1-84.
- PORTO, M.L. & SILVA, M.F.F. 1989. *Tipos de Vegetação Metalófila em Áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais, Brasil*. *Acta Botanica Brasilica* 3(2).
- RAYOL, B. P. 2006. *Análise Florística e Estrutural da Vegetação Xerofítica das Savanas Metalófilas na Floresta Nacional de Carajás: Subsídios à Conservação*. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural da Amazônia, Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém, Pará. 87p.

- RIZZINI, C.T. 1979. *Tratado de Fitogeografia do Brasil. Aspectos sociológicos e florísticos*. HUCITEC/EDUSP, São Paulo, 374p.
- RIZZINI, C.T. 1997. *Tratado de Fitogeografia do Brasil. Aspectos sociológicos e florísticos*. Âmbito Cultural Edições Ltda, 2º Ed. Rio de Janeiro, 747p.
- SECCO, R. S. & A. L. MESQUITA. 1983. *Nota Sobre a Vegetação de Canga da Serra Norte I*. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Nova Sér. Bot., 59: 1-13.
- SILVA, F.R. 2007. *A Paisagem do Quadrilátero Ferrífero, MG: Potencial para o uso turístico da sua Geologia e Geomorfologia*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 144p.
- SILVA, M.F.F. & ROSA, N.A. 1989. *Análise do estrato arbóreo da vegetação sobre jazidas de cobre na Serra dos Carajás - PA*. Bolm. Mus. Para. Emílio Goeldi, ser. Botânica 5: 175-206.
- SILVA, M.F.F. 1991. *Análise florística da vegetação que cresce sobre canga hematítica em Carajás. Brasil, Pará*. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica 7: 79-105.
- SILVA, M.F.F. 1992. *Distribuição de metais pesados na vegetação metalófila de Carajás*. Acta Botânica Brasília. 6: 107-22.
- SILVA, M.F.F.; R. S. SECCO & M. G. A. LOBO. 1996. *Aspectos Ecológicos da Vegetação Rupestre da Serra dos Carajás (PA)*. Acta Amazônica 26(1/2): 17-44.
- SIMMONS, G.C. 1960. *Origin of certain cangas of the "Quadrilátero Ferrífero" of Minas Gerais, Brazil*. Bol. Soc. Brasil. Geol. 9: 37-59.
- SIMMONS, G.C. 1968. *Geology and iron deposits of the Western Serra do Curral, Minas Gerais, Brazil*. Geological Survey Professional Paper 341 (G): 1-57.

- TEIXEIRA, W.A. & LEMOS-FILHO, J.P. 1998. *Metais pesados em folhas de espécies lenhosas colonizadoras de uma área de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais*. Revista Árvore 22: 381-388.
- TEIXEIRA, W.A. & LEMOS-FILHO, J.P. 2002. *Fatores edáficos e a colonização de espécies lenhosas em uma cava de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais*. Revista Árvore 26: 25-33.
- VIANA, P.L. 2002. *Levantamento das Plantas Vasculares em uma Área de Formações Campestres na Serra da Moeda, MG*. Monografia de bacharelado. Belo Horizonte, Instituto de Ciências Biológicas, UFMG. 23p.
- VIANA, P.L. & LOMBARDI, J.A. 2007. *Florística e Caracterização dos Campos Rupestres sobre Canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil*. Rodriguésia 58 (1): 159-177.
- VINCENT, R.C.; JACOBI, C.M.; ANTONINI, Y. 2002. *Diversidade na adversidade*. Ciência Hoje 31 (185): 64-67.
- VINCENT, R.C. 2004. *Florística, fitossociologia e relações entre a vegetação e o solo em área de campos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 145p.

III. CAPÍTULO 1

VEGETAÇÃO RUPESTRE EM CANGA FERRÍFERA NA SERRA SUL EM CARAJÁS (PARÁ): FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA E ANÁLISE DE DIVERSIDADE

RESUMO – Este estudo teve como objetivo determinar a composição florística e a estrutura fitossociológica de um trecho em gradiente desde vegetação rupestre até Capão Florestal sobre canga e uma Mata de Encosta. O estudo foi conduzido em um Platô sobre canga ferrífera da Floresta Nacional de Carajás, conhecido como Serra Sul, localizado no sudoeste do Estado do Pará. A amostragem foi realizada no Campo Rupestre Aberto através de 40 parcelas de 1 x 1m, distribuídas aleatoriamente determinando a composição de espécies, as formas de vida e o grau de cobertura dos indivíduos. No Campo Rupestre Arbustivo a amostragem foi através de 8 transectos com 80m de comprimento e cinco de largura; subdivididos em 40 parcelas de 5 x 5m, distantes 15 m, e amostrados indivíduos com a circunferência a altura do solo (CAS) ≥ 3 cm. No Capão Florestal e Mata de Encosta foram alocadas 8 parcelas de 10 x 10m, incluindo indivíduos com a circunferência a altura do peito (CAP) ≥ 10 cm. Obteve-se 166 espécies, distribuídas em 104 gêneros e 56 famílias. As famílias de maior riqueza foram: Fabaceae (19), Euphorbiaceae (10), Melastomataceae e Sapindaceae (9), Myrtaceae (8), Rubiaceae (6), Annonaceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae, Malpighiaceae, Nyctaginaceae, Poaceae e Salicaceae com 4 espécies cada. Fanerófita foi a forma de vida predominante. As formações apresentaram diferenças significativas na riqueza de espécies.

Palavras-chave: Florística, fitossociologia, análise de diversidade, canga, Carajás, Domínio Amazônico.

IRONSTONE OUTCROPS ON VEGETATION IN SERRA SUL IN CARAJÁS - PARÁ (To): FLORISTIC, PHYTOSOCIOLOGY AND ANALYSIS OF DIVERSITY

ABSTRACT - This study aims to determine the floristic composition and phytosociological structure of the vegetation gradient from forest to ferruginous rock outcrops. The study was conducted in a plateau on ironstone outcrops in the Carajás National Forest, known as Serra Sul, located in the southwestern state of Pará. The sampling was performed at open rock field through 40 plots of 1 x 1m, randomly where was determined the species composition, the life forms and the cover abundance scale of the species. Shrub rock field was sampling by 8 transects of 80m in length and five in wide, divided into 40 plots of 5 x 5m, distant 15 m, here were sampled individuals with the circumference at the level of soil (CAS) ≥ 3 cm. In the “capão de mata” and forest slope were allocated of 8 plots of 10 x 10m, including individuals with circumference at breast height ≥ 10 cm. In total it was found 166 species, distributed in 104 genera and 56 families. The families of greater wealth were: Fabaceae (19), Euphorbiaceae (10), Melastomataceae and Sapindaceae (9), Myrtaceae (8), Rubiaceae (6), Annonaceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae, Malpighiaceae, Nyctaginaceae, Poaceae and Salicaceae with 4 species each. Fanerófitas was the predominant life form. The physiognomies showed significant differences in species richness.

Keywords: Floristic, phytosociology analysis of diversity, ironstone outcrops, Carajás, Amazon area.

1.0 Introdução

A Floresta Nacional de Carajás (FLONA de Carajás) abriga dois ambientes fitogeográficos distintos: um tipicamente arbóreo, representado pela Floresta Ombrófila Amazônica que representa cerca de 95% da área da FLONA de Carajás; e outro representado por uma formação herbáceo-arbustiva, formada por vegetação rupestre em substrato de canga hematítica (Ab' Saber 1986) ou campos ferruginosos (Rizzini 1979, Vincent *et al.* 2002 e Vincent 2004; Viana & Lombardi 2007; Jacobi *et al.* 2007 e 2008) abrangendo cerca de 3% da FLONA. Esta última, por sua vez, também apresenta fácies distintas, influenciadas por atributos ambientais tais como: natureza dos solos, disponibilidade hídrica, sua distribuição na paisagem, sua conexão com os ambientes florestais vizinhos, entre outros.

Sobre a canga ferrífera cresce uma vegetação baixa, com poucos indivíduos de porte arbóreo, conferindo uma fisionomia geral savânica, que se destaca da floresta tropical circunvizinha. A presença de savanas na Amazônia, como é o caso de Carajás, constitui “clareiras” dominadas por vegetação não florestal sobre cangas (Secco & Mesquita 1983). Estas “clareiras” configuram-se como uma vegetação com um estrato graminóide bem evidente e a presença marcante de diversas espécies herbáceas. O aspecto aberto desta vegetação foi importante desde o início das pesquisas geológicas, pois serviu como indicador para as descobertas de minério da região (Silva *et al.* 1996).

A cobertura vegetal dos campos ferruginosos foi classificada por Rizzini (1979) em dois tipos básicos de campos, conforme o grau de agregação do substrato. O Campo Rupestre de Canga Couraçada forma uma couraça ou um lajeiro contínuo, com desenvolvimento de raízes restrito às fendas e bolsões. O Campo Rupestre de Canga Nodular se caracteriza pela couraça fragmentada, no qual o substrato torna-se mais colonizável pelas raízes, com cobertura total do substrato.

O Campo Rupestre ferruginoso, conhecido como vegetação de canga (Morellato & Rosa 1991; Secco & Mesquita 1983; Silva 1991; Silva 1992) distribue-se em áreas restritas associadas a importantes depósitos de minério de ferro no Brasil e é um dos ecossistemas ameaçados e pouco estudados, tanto em Minas Gerais (Jacobi *et al.* 2008) como na região de Carajás. Esses

campos juntos representam 97% das reservas de ferro do país (Porto & Silva 1989; Vincent *et al.* 2002 e Vincent 2004). A exploração do minério de ferro tem sido responsável pela eliminação de campos ferruginosos de forma indireta, por sua degradação, uma vez que ocorrem em áreas coincidentes.

Os afloramentos rochosos do topo de montanha são reconhecidos como centros mundiais de diversidade e endemismo (Smith e Cleef 1988; Barthlott *et al.* 1993; Alves e Kolbek 1994; Porembski *et al.* 1994; Giulletti *et al.* 1997). O estudo da diversidade de espécies tem sido o foco principal da ecologia de comunidades nas últimas duas décadas por causa da perda de habitats e conseqüente extinção das espécies causada pela ação humana. A diversidade pode ser decomposta em dois componentes principais: riqueza de espécies e eqüabilidade (Newton 2007). A riqueza de espécies é o número de espécies em uma localidade ou região, enquanto a eqüabilidade informa sobre a divisão dos espécimes entre as diferentes unidades taxonômicas (Magurran 1988).

As vegetações abertas de Carajás representam importante ambiente de enclave relictual, dentro do domínio da floresta tropical e, portanto, considerados raros. Sobre este aspecto é evidente a incompatibilidade entre interesses conservacionistas e minerários. 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, significativamente, após a passagem do Pleistoceno para o Holoceno, em especial, quando do término da última glaciação, a partir de 10.000 anos atrás, em processo ainda hoje operante.

A necessidade de estudos nesses ambientes torna-se cada vez mais urgente, em função da velocidade com que se avança o processo de mineração. Estudos de diversidade florística são fundamentais para o entendimento das relações entre a densidade de espécies e os fatores ambientais, para estimativas quanto à riqueza de espécies ocorrentes em uma região (Condit *et al.* 1996), e para elaboração de estratégias de utilização racional dos recursos naturais disponíveis (Peters *et al.* 1989) e de conservação de áreas potencialmente ameaçadas pelo avanço das fronteiras econômicas.

Dada a relevância do ecossistema de canga ferrífera no contexto da FLONA de Carajás e na Amazônia como um todo, além do grau de ameaça em

que se encontra, a investigação proposta procurou estudar essa vegetação peculiar com ênfase na análise florística, fitossociológica, bem como na análise de diversidade.

2.0 Objetivos

- Ampliar o nível de conhecimento sobre os campos ferruginosos, a fim de acrescentar informações botânicas e ecológicas às iniciativas de conservação;
- Determinar a composição florística e a estrutura fitossociológica de um trecho em gradiente desde vegetação rupestre até Capão Florestal sobre canga e uma Mata de Encosta, na FLONA de Carajás;

3.0 Material e Métodos

3.1 Área de Estudo

A área estudada está inserida na região Sudeste do Estado do Pará, dentro da FLONA de Carajás com área total de 395.826,70 ha, nos municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás. A vegetação de campo rupestre estende-se por cerca de 9.031,54 (2,28%) da área total da Unidade.

Na região de Carajás, o clima é tropical, quente e úmido, enquadrado na classificação de Köppen como tipo “Aw” (Ab’ Saber 1986). Possui temperaturas médias mensais entre 19 e 31 °C, caracterizado por duas estações distintas, uma seca de maio a outubro e outra úmida de novembro a abril, com períodos de chuvas torrenciais.

Do ponto de vista climático, a Serra de Carajás está localizada na faixa conhecida como corredor seco da Amazônia Oriental, representando uma faixa climática transicional entre a Bacia Amazônica e o Planalto Brasileiro, e apresenta grande variedade de fácies locais de pequena expressão geográfica (VANZOLINI & BRANDÃO 1986). É uma zona de tensão ecológica em escala regional, que o relevo e o conjunto de condições climáticas característicos de Carajás tornaram possível a coexistência de paisagens diferentes, com solos

tropicais profundos cobertos por Floresta Ombrófila, lado a lado com vegetações estacionais, ora fechadas, ora abertas, nas vertentes escarpadas e em alguns relevos mais altos, com coberturas pedológicas pouco desenvolvidas (Schaefer *et al.* 2008).

Este estudo foi conduzido em um Platô sobre canga ferrífera da FLONA de Carajás, conhecido como Serra Sul, localizado no sudoeste do Estado do Pará (Figura 1). Foram consideradas quatro fisionomias distintas da vegetação como parte do complexo campo rupestre sobre canga, para a análise da vegetação: Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Capão Florestal (Floresta Estacional Semi-Decidual Montana) e uma Mata de Encosta localizada na área de transição entre os Campos de Canga e Floresta Ombrófila Pluvial seguindo a classificação da área realizada por Schaefer *et al.* 2008.

As campanhas de campo foram realizadas na estação seca (julho de 2007) e na estação chuvosa (janeiro de 2008), visto que a fisionomia da Vegetação de Canga varia bastante em função da estação climática (Silva *et al.* 1986). Durante os meses chuvosos (de novembro a abril), os platôs ficam cobertos por uma vegetação verde de aspecto bem atraente, com muitas espécies floridas. Na época seca, cujo período crítico é de julho a outubro, o cenário é bem diferente; a maioria das espécies herbáceas perde as partes aéreas, e muitas árvores baixas e arbustos perdem as folhas.

O Complexo de Campos Rupestres sobre canga apresenta variações na cobertura vegetal que dependem diretamente do nível de aprofundamento do solo e de fragmentação da rocha sobre a qual a vegetação se desenvolve (Schaefer *et al.* 2008). No estudo foram selecionados os padrões de Campo Rupestre sobre canga, que na FLONA de Carajás, pode ser separado em duas fácies, correspondendo as duas fitofisionomias que mais se destacam na área de estudo: (1) O Campo Rupestre mais aberto e baixo, com predomínio de *Vellozia*, constituído por abundante concentração de concreções ferríferas, formando uma verdadeira laje sobre o substrato e repleta de cavidades. (2) Campo Rupestre Arbustivo possui couraça fragmentada permitindo o aprofundamento de raízes. Além destas fitofisionomias foram incluídas: (3) Capão de Vegetação Florestal isolado em meio ao Campo Rupestre sobre

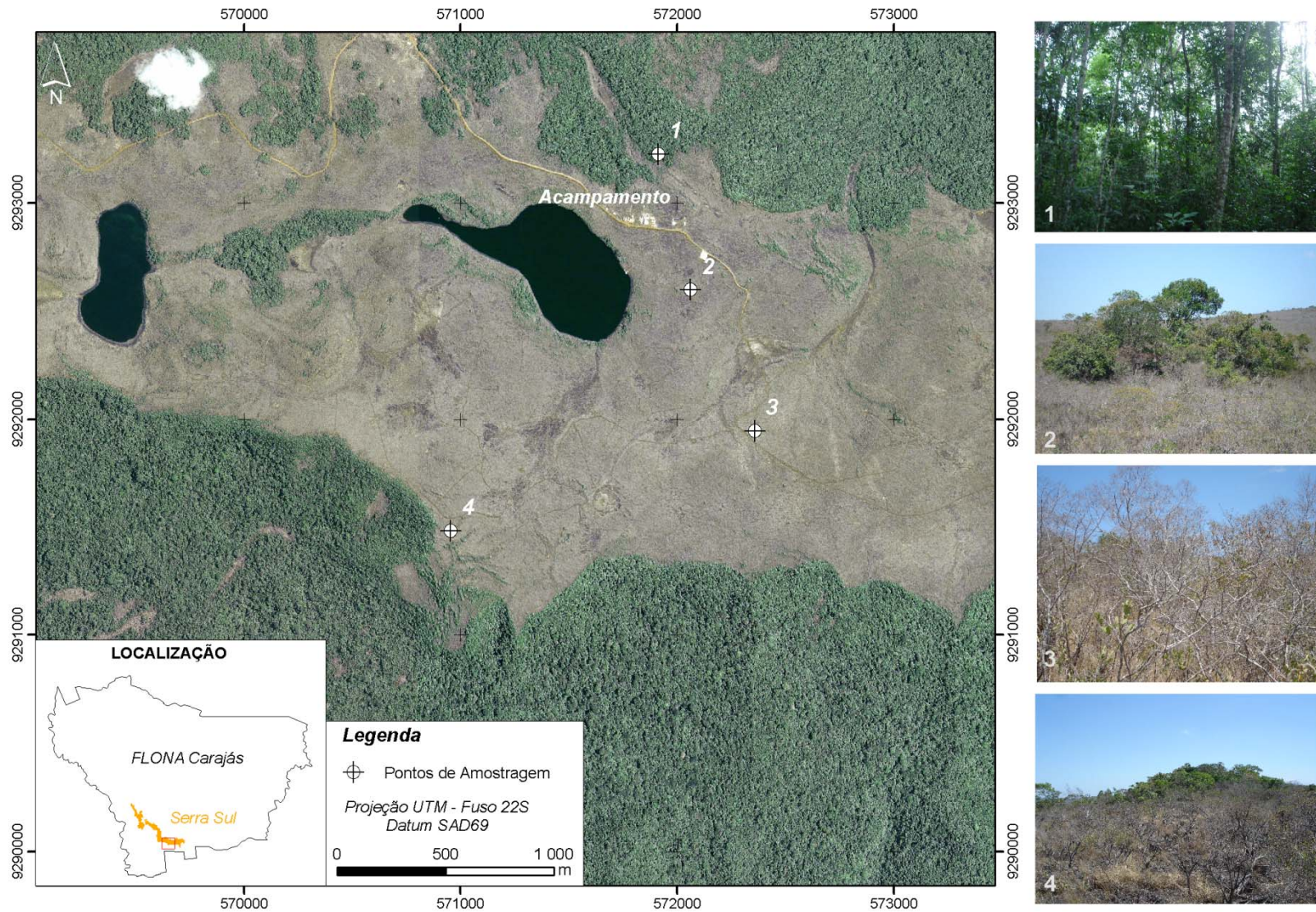


Figura 1 – Localização da FLONA de Carajás, Serra Sul, em destaque as fitofisionomias estudadas: 1- Mata de Encosta; 2 - Capão Florestal (Floresta Estacional Semidecidual Montana); 3 - Campo Rupestre Arbustivo e 4 – Campo Rupestre Aberto. S 06 24' 36,4" e W 50 21' 29,4".

canga; (4) Mata de Encosta localizada na borda do platô, localizada no setor de transição às Matas Ombrófilas adjacentes na Serra de Carajás.

- *Campo Rupestre Aberto*

Para a descrição da vegetação foram implantadas 40 parcelas de 1 x 1m distribuídas aleatoriamente por toda área, e determinada a composição de espécies, as formas de vida (Raunkiaer 1934) e o grau de cobertura de indivíduos conforme Braun-Blanquet (1979).

O grau de cobertura das espécies em cada parcela foi determinado mediante a estimativa da projeção vertical dos indivíduos de cada espécie sobre o solo e transformado em porcentagem de cobertura (Tabela 1)

Tabela 1 – Grau de cobertura das espécies em cada parcela estudada segundo Braun-Blanquet (1979) *apud* Rebellato & Nunes da Cunha (2005).

	Grau de Cobertura	Grau Médio de Cobertura
1.	Muito pequeno, cobrindo entre 1 e 10% da superfície do solo	5%
2.	Entre 10 e 25% de cobertura da superfície do solo	17,5%
3.	Entre 25 e 50% da cobertura da superfície do solo	37,5%
4.	Entre 50 e 75% de cobertura da superfície do solo	62,5%
5.	Entre 75 e 100% de cobertura da superfície do solo	87,5%



Figura 02 – Aspecto da vegetação do Campo Rupestre Aberto, Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará, Brasil.

Os parâmetros fitossociológicos para as espécies foram calculados de acordo com as fórmulas descritas em Rebellato & Nunes da Cunha (2005):

Frequência Absoluta = $100.p/PT$;

Frequência Relativa = $100.FA/SFA$;

Área de Cobertura = $S (gck.apk/100)$;

Valor de Cobertura = $100.AC/AT$, sendo $AT = S.p_k$

Valor de Cobertura Relativa (%) = $100.AC/SAC$

Onde:

FA = frequência absoluta (%); FR = frequência relativa (%); AC = Área de cobertura (m^2); VC = Valor de cobertura (%) (Braun-Blanquet 1979); CR= Valor de Cobertura relativa (%) na área total coberta pelo estrato baixo (Barbour *et al.* 1980); p= número de parcelas, S = somatório, PT= número total de parcelas (n=40), gck=grau médio de cobertura (%), ap= área da parcela k (m^2), AT= área total amostrada (m^2).

O Valor de Importância foi Calculado segundo Mantovani, (1987):

Valor de Importância Modificado: (VI) = DR + FR + CR, sendo:

DR = Densidade relativa; FR = Frequencia relativa e CR= Valor de Cobertura Relativa.

O Campo Rupestre Aberto apresenta fisionomia campestre com componentes lenhosos subarbustivos ao lado de espécies herbáceas (Figura 2).

- *Campo Rupestre Arbustivo*

O levantamento florístico-fitossociológico para descrição desta vegetação foi realizado ao longo de 8 transectos com 80m de comprimento e 5 metros de largura equidistantes 15 m. Os transectos foram subdivididos em 40 parcelas de 5 x 5m. A área amostral totalizou 1000 m^2 .

Foram amostrados indivíduos vivos e mortos em pé com a circunferência a altura do solo (CAS) ≥ 3 cm, sendo a altura estimada.

Os parâmetros fitossociológicos abordados foram os usuais em fitossociologia: densidade, dominância e frequência, absolutos e relativos, valor

de cobertura e o valor de importância, descritos e propostos por Mueller-Dombois & Ellenberg (1974).



Figura 3 – Aspecto da Vegetação do Campo Rupestre Arbustivo, Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará, Brasil

Quanto à análise de heterogeneidade existem vários índices de quantificação da diversidade de uma comunidade ou ecossistema, os quais possibilitam comparar diferentes tipos de vegetação. Neste trabalho, utilizou-se o Índice de Shannon (H') e equabilidade de Pielou (Magurran 2004).

O Campo Rupestre Arbustivo representa a fisionomia de maior destaque dentre as áreas estudadas com estrato arbustivo bastante homogêneo do ponto de vista florístico (Figura 3).

- *Capão Florestal sobre canga e Mata de Encosta*

À medida que se desce a encosta, a flora vai se tornando mais rica em número de indivíduos de maior porte nos trechos de relevo mais suave onde houve possibilidade de acúmulo de solo e/ou material orgânico. Aparecem

espécies de porte mais desenvolvido; trata-se de Floresta Estacional Semidecidual Montana.

Os Capões Florestais podem ocorrer nas bordas mais escarpadas e sombreadas dos lagos de topo do platô; em pequenas depressões circulares ou “amebóides” dentro do Platô, em geral associados a cavernas de dissolução; ao longo de grotas e cânions, tanto no centro quanto nas bordas dos Platôs (Figura 04). Já as Matas de Encosta possuem estrutura e fisionomia comparável aos Capões do interior do Platô, porém possuem conexão com as Matas do Entorno, com as quais se interpenetram, coalescendo (Figura 05).



Figura 4 – Aspecto da Vegetação do Capão Florestal sobre Canga Degradada, Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará, Brasil.

O estudo florístico e estrutural da vegetação do Capão Florestal isolado no platô e da Mata de Encosta foi realizado utilizando dois transectos com 10m de largura por 40m de comprimento. Os transectos foram subdivididos em 8 sub-parcelas de 10 x 10m. Foram amostrados indivíduos com a circunferência a altura do peito (CAP), ou seja, a 1,3m do solo igual ou maior que 10 cm e

estimada a altura dos mesmos. Nessas áreas, além dos indivíduos vivos, também foram amostrados os indivíduos mortos em pé.



Figura 5 – Aspecto da Vegetação da Mata de Encosta em conexão com as matas Ombrófilas amazônicas, Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará, Brasil.

Para a compreensão da estrutura horizontal da comunidade, exceto o Campo Rupestre Aberto, foram utilizados os parâmetros fitossociológicos de densidade, dominância, e frequência, absolutos e relativos, bem como o valor de importância, calculados pelo programa Mata Nativa 2 (CIENTEC 2006), segundo as interpretações de Mueller-Domboius e ElleMBERG (1974) e Pielou (1975), a partir das seguintes fórmulas:

$$\text{Densidade absoluta (DA)} = \frac{n_i}{A}$$

$$\text{Densidade relativa (DR)} = 100 \frac{n_i}{A}$$

$$\text{Dominância absoluta (DoA)} = \frac{AB_i}{A}$$

$$\text{Dominância relativa (DoR)} = 100 \frac{AB_i}{ABT}$$

$$\text{Frequência absoluta (FA)} = 100 \frac{U_i}{UT}$$

$$\text{Frequência relativa (FR)} = 100 \frac{FA}{\sum Fai}$$

$$\text{Valor de importância (VI)} = DR + FR + DoR$$

Para avaliar a diversidade alfa nas comunidades das áreas estudadas foi utilizado o índice de Shannon-Wiener (H').

A lista florística foi determinada a partir da amostragem fitossociológica incluindo coletas aleatórias no entorno imediato das parcelas, durante as campanhas a campo.

A identificação do material botânico foi feita por meio de literatura especializada e por comparação no Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi e, envio de espécimes a especialistas. Para atualização dos binômios específicos foram utilizados o índice de espécies do Royal Botanic Gardens of Kew (1993) e as informações disponíveis no *site* do Missouri Botanical Garden (disponível em: <http://www.mobot.org/W3T/search/vast.html>), no mês de junho de 2007. A classificação adotada foi APG II (Souza & Lorenzi 2008). As espécies férteis foram herborizadas e depositadas na coleção do Herbário VIC da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

4.0 Resultados

4.1 Florística e Fitossociologia

Foi amostrado na Serra Sul, FLONA de Carajás, um total de 1.542 indivíduos distribuídos nos quatro ambientes distintos (1.484 vivos e 59 mortos). Obteve-se o total de 166 espécies amostradas na análise fitossociológica e nas coletas aleatórias, que, estão distribuídas em 104 gêneros e 56 famílias.

No âmbito geral, as famílias com mais espécies foram: Fabaceae (19), Euphorbiaceae (10), Melastomataceae e Sapindaceae (9), Myrtaceae (8), Rubiaceae (6), Annonaceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae, Malpighiaceae, Nyctaginaceae, Poaceae e Salicaceae com 4 espécies cada (Tabela 2).

A maioria das famílias (41) apresentou número menor que três espécies, representando 75,9% das famílias registradas.

Tabela 2 - Espécies ocorrentes em quatro fisionomias na Serra Sul – Floresta Nacional de Carajás- Pará: Campo Rupestre Aberto (CRAb), Campo Rupestre Arbustivo (CRA), Capão Florestal (CA) e Mata de Encosta (ME). Formas de vida de Raunkiaer (FV): fanerófitas (FAN), caméfitas (CAM), criptófitos (CR), terófitos (TER), epífitos (EPI) e hemicriptófitos (HEM). (*) Espécies coletadas fora da amostragem fitossociológica.

Família	Espécie	CRAb	CRA	CA	ME	FV
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.			x	x	FAN
Annonaceae	<i>Ephedranthus pycocarpus</i> R.E.Fr.				x	FAN
	<i>Guatteria foliosa</i> Benth.				x	FAN
	<i>Guatteria schomburgkiana</i> Mart.				x	FAN
	<i>Rollinia insignis</i> R.E.Fr.				x	FAN
Apocynaceae	<i>Mandevilla hirsuta</i> (Rich.) K. Schum.*	x				HEM
	Apocynaceae 1 *	x				TER
	Apocynaceae 2 *	x				TER
Araceae	<i>Philodendron</i> sp. *	x				FAN
Asteraceae	<i>Ichthyothere terminalis</i> (Spreng.) S.F. Blake*	x				FAN
	<i>Vernonia muricata</i> DC.	x	x			FAN
Bignoniaceae	<i>Anemopaegma scabriusculum</i> Mart.	x	x			FAN
	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don				x	FAN
	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson				x	FAN
	<i>Macfadyena uncatata</i> (Andrews) Sprague & Sandwith	x				TER
Bromeliaceae	<i>Dickia duckei</i> L. B. Smith	x				HEM
	<i>Ananas ananassoides</i> (Baker) L.B. Smith	x				FAN
	<i>Tillandsia streptocarpa</i> Baker *			x		EPI
	<i>Aechmea bromeliifolia</i> (Rudge) Baker *			x		HEM
Burseraceae	<i>Protium pilosum</i> (Cuatrec.) D.C. Daly				x	FAN
Cactaceae	<i>Pilosocereus</i> sp.			x		FAN
Caryocaraceae	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.				x	FAN
Chrysobalanaceae	<i>Licania canescens</i> Benoist				x	FAN
	<i>Licania impressa</i> Prance			x		FAN
	<i>Hirtella hispidula</i> Miq.				x	FAN
Clusiaceae	<i>Clusia panapanari</i> (Aubl.) Choisy *			x		FAN
	<i>Caraipa densifolia</i> Mart.				x	FAN
	<i>Vismia latifolia</i> Kunth				x	FAN
Connaraceae	<i>Connarus perrottetii</i> (DC.) Planch.			x		FAN
Convolvulaceae	<i>Ipomoea carajasensis</i> D. Austin	x				FAN
	<i>Ipomoea marabaensis</i> D. Austin. & Secco	x				FAN
Cyperaceae	<i>Bulbostylis truncata</i> (Nees) M.T. Strong	x				HEM
	<i>Fimbristylis capillaris</i> (L.) A. Gray *	x				HEM
	<i>Rhynchospora barbata</i> (Vahl) Kunth *	x				HEM
Ebenaceae	<i>Diospyrus</i> sp.		x			FAN
	<i>Diospyros praetermissa</i> Sandwith				x	FAN
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> cf. <i>citrifolium</i> A. St.-Hil.		x			FAN
	<i>Erythroxylum nelson-rosae</i> Plowman	x	x	x		FAN
	<i>Erythroxylum</i> sp.		x			FAN
Euphorbiaceae	<i>Alchornea discolor</i> Poepp.		x	x		FAN
	<i>Alchornea fluviatilis</i> Secco			x		FAN
	<i>Aparisthium cordatum</i> Baill.				x	FAN
	<i>Croton lobatus</i> L. *	x				FAN
	<i>Croton tomentosus</i> Link	x	x			FAN
	<i>Croton</i> sp.	x				FAN

Continuação da tabela 2

Família	Espécie	CRAb	CRA	CA	ME	FV
	<i>Nealchornea yapurensis</i> Huber				x	FAN
	<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	x			x	FAN
	<i>Sapium marginatum</i> Muell. Arg.	x				FAN
	Euphorbiaceae				x	FAN
Fabaceae	<i>Bauhinia pulchella</i> Benth.	x	x			FAN
	<i>Bauhinia</i> sp.			x		FAN
	<i>Chamaecrista desvauxii</i> var. <i>mollessima</i> (Benth.) H. S. Irwin & Barneby		x			CAM
	<i>Desmodium barbatum</i> (L.) Benth.	x				CAM
	<i>Dioclea virgata</i> (Rich.) Amshoff *	x				CAM
	<i>Dipterix odorata</i> (Aubl.) Willd.				x	FAN
	<i>Galactia fussieana</i> H. B. K. *	x				HEM
	<i>Indigofera anil</i> L.	x				HEM
	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.				x	FAN
	<i>Inga falcistipula</i> Ducke				x	FAN
	<i>Inga</i> cf. <i>stipulacea</i> G. Don				x	FAN
	<i>Inga thibaudiana</i> DC.				x	FAN
	<i>Mimosa acutistipula</i> var. <i>ferrea</i> Barneby	x	x	x		FAN
	<i>Mimosa skinneri</i> Benth. var. <i>carajaram</i> *	x				FAN
	<i>Mimosa</i> sp.	x				FAN
	Mimosoidea	x	x			FAN
	<i>Parkia platycephala</i> Benth.			x		FAN
	<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	x	x			FAN
	<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel			x	x	FAN
Humiriaceae	<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.			x	x	FAN
	<i>Sacoglottis mattogrossensis</i> Malme			x	x	FAN
Icacinaceae	<i>Emmotum fagifolium</i> Desv. ex Ham.			x		FAN
	<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers			x		FAN
Iridaceae	Iridaceae	x				CRI
Lacistemataceae	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby				x	FAN
Lauraceae	<i>Cassytha americana</i> Nees	x				FAN
	<i>Licaria</i> sp.				x	FAN
	<i>Ocotea tomentella</i> Sandwith			x		FAN
Loranthaceae	<i>Phoradendron</i> sp. *		x			CAM
	<i>Phthirusa paniculata</i> (Kunth) J.F. Macbr. *	x				FAN
Lythraceae	<i>Cuphea annulata</i> Koehne	x	x			TER
	<i>Cuphea tenella</i> Hook. & Arn.	x				TER
Malpighiaceae	<i>Banisteriops</i> sp.		x			FAN
	<i>Byrsonima coriacea</i> (Sw.) DC.	x	x			FAN
	<i>Byrsonima</i> cf. <i>spicata</i> (Cav.) DC.			x	x	FAN
	<i>Byrsonima stipulacea</i> A. Juss.				x	FAN
Malvaceae	<i>Melochia villosa</i> (Mill.) Fawc. & Rendle	x				FAN
Marcgraviaceae	<i>Norantea goyazensis</i> Cambess		x	x		CAM
Melastomataceae	<i>Comolia lythrioides</i> Naudin	x				FAN
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana		x			FAN
	<i>Miconia holosericea</i> (L.) DC.			x		FAN
	<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.			x		FAN
	<i>Miconia</i> sp.			x		FAN
	<i>Mouriri angulicosta</i> Morley			x	x	FAN
	<i>Mouriri huberi</i> Cogn.			x	x	FAN
	<i>Tibouchina aspera</i> Aubl.	x	x			FAN
	<i>Tibouchina</i> sp.	x	x			FAN
	Melastomataceae	x				FAN

Continuação da tabela 2

Família	Espécie	CRAb	CRA	CA	ME	FV
Meliaceae	<i>Guarea silvatica</i> C. DC.				x	FAN
Menispermaceae	<i>Abuta grandifolia</i> (Mart.) Sandwith			x		FAN
Molluginaceae	<i>Mollugo verticillata</i> L.	x				CAM
Moraceae	<i>Ficus enormis</i> (Mart. ex Miq.) Mart. *			x		FAN
	<i>Ficus guianensis</i> Desv. ex Ham.			x		FAN
	<i>Ficus</i> sp.			x		FAN
Myristicaceae	<i>Virola calophylla</i> (Spruce) Warb.			x		FAN
Myrtaceae	<i>Eugenia brachypoda</i> DC.				x	FAN
	<i>Eugenia flavescens</i> DC.				x	FAN
	<i>Eugenia patrisii</i> Vahl				x	FAN
	<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.		x			FAN
	<i>Myrcia cuprea</i> (O. Berg) Kiaersk.		x	x		FAN
	<i>Myrcia paivae</i> O. Berg				x	FAN
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.			x	x	FAN
	Myrtaceae 1		x			FAN
Nyctaginaceae	<i>Guapira</i> cf. <i>ferruginea</i> (Klotzsch ex Choisy) Lundell		x			FAN
	<i>Guapira venosa</i> (Choisy) Lundell		x			FAN
	<i>Neea ovalifolia</i> Spruce ex J.A. Schmidt				x	FAN
	<i>Neea</i> sp.		x			FAN
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	x	x	x		FAN
Orquidaceae	<i>Catasetum discolor</i> (Lindl.) Lindl.	x				CAM
	<i>Epidendrum nocturnum</i> Jacq.	x				CAM
	<i>Sobralia liliastrum</i> Lindl.	x				HEM
Poaceae	<i>Andropogon bicornis</i> L.	x				HEM
	<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunth	x				HEM
	<i>Axonopus</i> cf. <i>leptostachyus</i> (Flüggé) Hitchc.	x				HEM
	<i>Imperata brasiliensis</i> Trin.	x				HEM
Polygalaceae	<i>Polygala</i> sp.	x				TER
Rubiaceae	<i>Alibertia</i> cf. <i>longiflora</i> K. Schum.		x	x		FAN
	<i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K. Schum.	x				TER
	<i>Palicourea guianensis</i> Aubl.				x	FAN
	<i>Psychotria barbiflora</i> DC.		x			FAN
	<i>Psychotria colorata</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) Müll. Arg. *				x	FAN
	<i>Psychotria</i> sp.		x			FAN
Rutaceae	<i>Pilocarpus carajaensis</i> Skorupa				x	FAN
Salicaceae	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.			x	x	FAN
	<i>Casearia commersoniana</i> Cambess.	x				FAN
	<i>Casearia decandra</i> Jacq.				x	FAN
	<i>Casearia javitensis</i> Kunth				x	FAN
Sapindaceae	<i>Allophylus floribundus</i> (Poepp.) Radlk.				x	FAN
	<i>Cupania hispida</i> Radlk.				x	FAN
	<i>Cupania</i> sp.			x		FAN
	<i>Cupania rubiginosa</i> (Poir.) Radlk.			x		FAN
	<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.			x	x	FAN
	<i>Matayba arborescens</i> (Aubl.) Radlk.			x	x	FAN
	<i>Matayba</i> cf. <i>purgans</i> (Poepp.) Radlk.			x		FAN
	<i>Sapindus saponaria</i> L.				x	FAN
	<i>Talisia</i> cf. <i>allenii</i> Croat				x	FAN
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.		x	x		FAN
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	x		x		FAN
Siparunaceae	<i>Siparuna amazonica</i> Mart. ex A. DC.				x	FAN

Continuação da tabela 2

Família	Espécie	CRAb	CRA	CA	ME	FV
Smilacaceae	<i>Smilax campestris</i> Griseb. *		x			CRI
Solanaceae	<i>Solanum asperum</i> Rich. *	x	x			FAN
	<i>Solanum crinitum</i> Lam. *	x				FAN
Turneraceae	<i>Turnera glaziovii</i> Urb.	x	x			TER
Velloziaceae	<i>Vellozia glochidea</i> Pohl	x	x			CAM
Verbenaceae	<i>Lippia alba</i> (Mill.) N.E. Br.	x	x			HEM
	<i>Lippia grandis</i> Schau	x	x			HEM
Vitaceae	<i>Cissus erosa</i> Rich. *	x				CAM
Vochysiaceae	<i>Callisthene minor</i> Mart.		x	x		FAN
Xyridaceae	<i>Xyris</i> sp.	x				TER
Morfoespécie 1	Morfoespécie 1		x			FAN
Morfoespécie 2	Morfoespécie 2		x			FAN
Morfoespécie 3	Morfoespécie 3		x			FAN
Morfoespécie 4	Morfoespécie 4		x			FAN
Morfoespécie 5	Morfoespécie 5				x	FAN
Morfoespécie 6	Morfoespécie 6				x	FAN
Morfoespécie 7	Morfoespécie 7	x				CAM
Morfoespécie 8	Morfoespécie 8	x				HEM
TOTAL		65	43	44	54	

4.1.1 Campo Rupestre Aberto

No Campo Rupestre Aberto foram registrados 313 indivíduos, pertencentes a 65 espécies distribuídas em 38 gêneros e 26 famílias. Dessas espécies, duas não foram identificadas e 15 foram coletadas fora da amostragem fitossociológica, mas no entorno imediato das parcelas (Quadro 1). O Campo Rupestre Aberto é composto por espécies do estrato subarbustivo- herbáceo, que apresenta uma alta riqueza florística, porém pouco estudado.

De todas as espécies amostradas 39 (60%) foram exclusivas desse ambiente. Esse trecho apresentou a maior riqueza florística dentre as áreas estudadas. O Índice Diversidade de Shannon (H') foi de 3,03 e equabilidade 0,77. Os gêneros melhor representados em número de espécies foram *Croton* e *Mimosa* com três espécies cada e *Ipomoea*, *Sapium*, *Cuphea*, *Tibouchina*, *Andropogon*, *Solanum* e *Lippia* representados por duas espécies cada um. As famílias mais ricas foram Fabaceae (Leguminosae) com 10 espécies, seguida por Euphorbiaceae (5), Melastomataceae (4), Apocynaceae, Cyperaceae e Orquidaceae com três espécies cada, além de Asteraceae, Bromeliaceae, Convolvulaceae, Lauraceae, Lythraceae, Solanaceae e Verbenaceae com duas espécies.

As espécies que apresentaram os maiores valores de importância e que caracterizam a fitofisionomia da vegetação foram *Axonopus cf. leptostachyus*, *Vellozia glochidea*, *Sobralia liliastrum* e *Andropogon leucostachyus*. Estas apresentaram também maior densidade e freqüência relativas, e juntas representam 50,28% dos indivíduos amostrados. A espécie *Axonopus cf. leptostachyus* obteve valor de importância modificado de 16,95%. A densidade total de indivíduos foi de 2.248 ind/ha (Quadro 1).

A classificação das espécies quanto à forma de vida permitiu distinguir a presença das cinco formas de vida dentre as propostas por Raunkiaer (1934) no Campo Rupestre Aberto. No espectro biológico, as fanerófitas foram a forma de vida predominante, seguida das hemicriptófitas, terófitas, caméfitas e criptófitas. Não foi registrada a presença de epífitas nessa fitofisionomia (Figura 6).

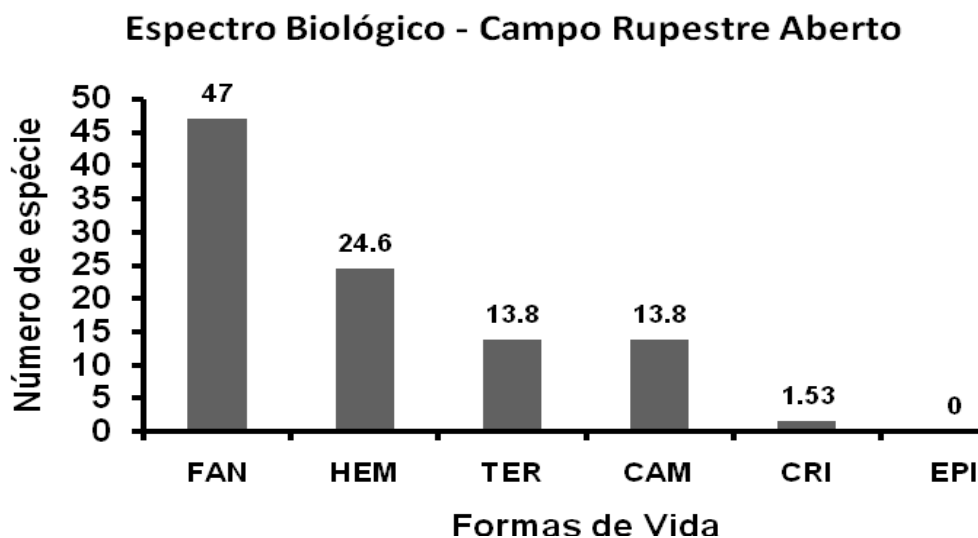


Figura 6 – Espectro Biológico do Campo Rupestre Aberto, na Serra Sul, Floresta Nacional de Carajás- Pará. Formas de vida (FV): fanerófitas (FA), caméfitas (CAM), criptófitos (CR), terófitos (TR), Epífitos (EPI) e hemicriptófitos (HEM).

Quadro 1 - Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas em um Campo Rupestre Aberto, FLONA de Carajás, Pará. As espécies estão ordenadas de forma decrescente pelo valor de importância, em que DA = densidade absoluta (número de indivíduos/ha); DR = densidade relativa (%); FA = freqüência absoluta; FR = freqüência relativa (%); VC = Valor de Cobertura relativa(%) e VI = valor de importância modificado.

Espécie	DA	DR	FA	FR	CR	VI
<i>Axonopus cf. leptostachyus</i>	470,00	20,91	100,00	12,94	16,99	50,85
<i>Vellozia glochidea</i>	237,50	10,57	67,50	8,74	15,73	35,04
<i>Sobralia liliastrum</i>	215,00	9,57	40,00	5,18	5,60	20,34
<i>Andropogon leucostachyus</i>	207,50	9,23	40,00	5,18	5,24	19,66
<i>Cuphea tenella</i>	117,50	5,23	30,00	3,88	2,37	11,48

Continuação do Quadro 1

Espécie	DA	DR	FA	FR	CR	VI
<i>Croton tomentosus</i>	72,50	3,23	32,50	4,21	2,32	9,75
<i>Periandra mediterranea</i>	60,00	2,67	27,50	3,56	2,92	9,15
<i>Dickia duckei</i>	65,00	2,89	37,50	4,85	1,82	9,56
<i>Byrsonima coriacea</i>	22,50	1,00	20,00	2,59	5,45	9,04
<i>Tibouchina</i> sp.	57,50	2,56	12,50	1,62	3,98	8,16
<i>Cuphea annulata</i>	62,50	2,78	27,50	3,56	1,61	7,95
<i>Simarouba amara</i>	62,50	2,78	30,00	3,88	1,21	7,87
<i>Ananas ananassoides</i>	47,50	2,11	27,50	3,56	2,27	7,94
<i>Andropogon bicornis</i>	47,50	2,11	12,50	1,62	3,83	7,56
<i>Ipomoea marabaensis</i>	60,00	2,67	25,00	3,24	1,51	7,42
<i>Lippia grandis</i>	20,00	0,89	15,00	1,94	2,42	5,25
<i>Norantea goyazensis</i>	22,50	1,00	15,00	1,94	1,51	4,46
<i>Catasetum discolor</i>	40,00	1,78	12,50	1,62	1,01	4,41
<i>Bauhinia pulchella</i>	20,00	0,89	17,50	2,27	0,96	4,11
<i>Croton</i> sp.	25,00	1,11	17,50	2,27	0,71	4,08
<i>Anemopaegma scabriusculum</i>	20,00	0,89	12,50	1,62	1,41	3,92
Melastomataceae	27,50	1,22	15,00	1,94	0,61	3,77
<i>Lippia alba</i>	10,00	0,44	7,50	0,97	2,22	3,63
<i>Cassythia americana</i>	20,00	0,89	15,00	1,94	0,61	3,44
<i>Mimosa</i> sp.	32,50	1,45	10,00	1,29	0,66	3,40
<i>Imperata brasiliensis</i>	27,50	1,22	5,00	0,65	1,51	3,38
<i>Ipomoea carajasensis</i>	15,00	0,67	7,50	0,97	1,46	3,10
<i>Erythroxylum nelson-rosae</i>	17,50	0,78	7,50	0,97	1,21	2,96
<i>Sapium marginatum</i>	5,00	0,22	5,00	0,65	1,61	2,48
Mimosoidea	10,00	0,44	7,50	0,97	0,96	2,37
<i>Vernonia muricata</i>	15,00	0,67	10,00	1,29	0,40	2,37
<i>Bulbostylis truncata</i>	2,50	0,11	2,50	0,32	1,77	2,20
<i>Mimosa acutistipula</i> var <i>ferrea</i>	2,50	0,11	2,50	0,32	1,77	2,20
<i>Desmodium barbatum</i>	7,50	0,33	7,50	0,97	0,55	1,86
<i>Xyris</i> sp.	22,50	1,00	2,50	0,32	0,35	1,68
<i>Polygala</i> sp.	12,50	0,56	2,50	0,32	0,76	1,64
<i>Turnera glaziovii</i>	12,50	0,56	5,00	0,65	0,20	1,41
<i>Comolia lythrarioides</i>	12,50	0,56	2,50	0,32	0,35	1,23
<i>Alibertia</i> cf. <i>longiflora</i>	2,50	0,11	2,50	0,32	0,76	1,19
<i>Borreria</i> cf. <i>latifolia</i>	5,00	0,22	2,00	0,65	0,20	1,07
<i>Indigofera anil</i>	5,00	0,22	5,00	0,65	0,20	1,07
<i>Macfadyena uncata</i>	5,00	0,22	5,00	0,65	0,20	1,07
<i>Ouratea castaneifolia</i>	2,50	0,11	2,50	0,32	0,35	0,79
<i>Epidendrum nocturnum</i>	5,00	0,22	2,50	0,32	0,10	0,65
<i>Mollugo verticillata</i>	5,00	0,22	2,50	0,32	0,10	0,65
Apocynaceae	2,50	0,11	2,50	0,32	0,10	0,54
<i>Cissus erosa</i>	2,50	0,11	2,50	0,32	0,10	0,54
Iridaceae	2,50	0,11	2,50	0,32	0,10	0,54
Morfoespécie 7	2,50	0,11	2,50	0,32	0,10	0,54
Morfoespécie 8	2,50	0,11	2,50	0,32	0,10	0,54
TOTAL	2,248	100	770	100	100	300

4.1.2 Campo Rupestre Arbustivo

O Campo Rupestre Arbustivo apresentou alto número de indivíduos (796), sendo 767 vivos e 29 mortos; distribuídos em 43 espécies, 31 gêneros,

22 famílias botânicas. Quatro espécies não foram identificadas (Quadro 2). De todas as espécies amostradas 18 (41,86%) ocorreram exclusivamente nesse ambiente. O Índice de Diversidade de Shannon (H') foi de 2,37 representando o menor valor entre as áreas estudadas, e a equabilidade (J') foi 0,78.

O Campo Rupestre Arbustivo tem estrutura bem diferente da apresentada pelo Campo Rupestre Aberto. As espécies que apresentaram maior valor de importância e que caracterizaram a fisionomia da vegetação foram *Callisthene minor*, *Byrsonima coriacea*, *Bauhinia pulchella*, *Alibertia* cf. *longiflora* e *Mimosa acutistipula* var. *ferrea* respectivamente.

A densidade relativa mede a participação das espécies dentro da associação vegetal. A estrutura dessa vegetação é caracterizada principalmente pela espécie *Callisthene minor* por possuir maiores densidade, frequência e dominância. Em função da predominância dessa espécie nesse ambiente pode-se denominá-lo de Mata Baixa de *Callisthene*, uma vez que, esta espécie representa 22,11% de todos os indivíduos amostrados.

Os gêneros melhor representados em número de espécies foram *Erythroxylum* com três espécies, *Tibouchina*, *Guapira*, *Psychotria* e *Lippia* com duas espécies. Vinte e seis gêneros foram representados por apenas uma espécie cada. As famílias com maior riqueza foram: Fabaceae com 5 espécies, Erythroxylaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Nyctaginaceae e Rubiaceae com três espécies e Euphorbiaceae e Verbenaceae com duas espécies.

Pode-se observar que as famílias citadas acima, apesar de possuir maior número de espécies não estão bem representadas em termos de abundância de indivíduos. As mais abundantes foram, em ordem decrescente de abundância, foram: Vochysiaceae (176), Fabaceae (173) e Rubiaceae (98). Juntas elas correspondem a mais da metade (56,15%) dos indivíduos amostrados. A densidade total de indivíduos encontrada foi de 7960 ind/ha.

A classificação das espécies quanto à forma de vida permitiu distinguir a presença de cinco formas de vida dentre as propostas por Raunkiaer (1934). No espectro biológico, a fanerófita foi a forma de vida predominante, seguida das caméfitas, terófitas, hemicriptófitas e criptófitas. Não houve nenhuma epífita (Figura 7).

Quadro 2 - Parâmetros fitossociológicos das espécies e do grupo das árvores mortas amostradas em um Campo Rupestre Arbustivo, Floresta Nacional de Carajás, Pará. As espécies estão ordenadas de forma decrescente pelo valor de importância - N = número de indivíduos; DA = densidade absoluta (número de indivíduos/ha); DR = densidade relativa (%); FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa (%); DoA = dominância absoluta (m²/ha); DoR = dominância relativa (%); VC = Valor de Cobertura (%) e VI% = valor de importância (%).

Nome Científico	N	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Callisthene minor</i>	176	1760	22,11	85	10,4	10,86	45,62	33,86	26,04
<i>Byrsonima coriacea</i>	46	460	5,78	62,5	7,65	2,218	9,32	7,55	7,58
<i>Bauhinia pulchella</i>	89	890	11,18	67,5	8,26	0,522	2,19	6,69	7,21
<i>Alibertia cf. longiflora</i>	81	810	10,18	62,5	7,65	0,8	3,36	6,77	7,06
<i>Mimosa acutistipula</i> var. <i>ferrea</i>	52	520	6,53	70	8,56	0,847	3,56	5,05	6,22
Morta	29	290	3,64	57,5	7,03	0,824	3,46	3,55	4,71
<i>Erythroxylum nelson-rosae</i>	44	440	5,53	40	4,89	0,764	3,21	4,37	4,54
<i>Eugenia puniceifolia</i>	51	510	6,41	37,5	4,59	0,542	2,28	4,34	4,42
<i>Periandra mediterranea</i>	17	170	2,14	27,5	3,36	1,181	4,96	3,55	3,49
<i>Diospyrus</i> sp.	22	220	2,76	22,5	2,75	1,073	4,51	3,64	3,34
Morfoespécie 4	10	100	1,26	20	2,45	1,353	5,68	3,47	3,13
<i>Ouratea castaneifolia</i>	22	220	2,76	22,5	2,75	0,192	0,81	1,79	2,11
<i>Myrcia cuprea</i>	20	200	2,51	25	3,06	0,167	0,7	1,61	2,09
<i>Anemopaegma scabriusculum</i>	16	160	2,01	25	3,06	0,066	0,28	1,14	1,78
Mimosoidea	13	130	1,63	17,5	2,14	0,239	1,01	1,32	1,59
<i>Psychotria</i> sp.	14	140	1,76	15	1,83	0,23	0,96	1,36	1,52
<i>Guapira cf. ferruginea</i>	14	140	1,76	12,5	1,53	0,223	0,94	1,35	1,41
<i>Croton tomentosus</i>	11	110	1,38	20	2,45	0,093	0,39	0,89	1,41
<i>Pouteria ramiflora</i>	5	50	0,63	10	1,22	0,514	2,16	1,39	1,34
<i>Alchornea discolor</i>	7	70	0,88	10	1,22	0,444	1,87	1,37	1,32
<i>Norantea goyazensis</i>	8	80	1,01	15	1,83	0,18	0,76	0,88	1,2
<i>Turnera glaziovii</i>	8	80	1,01	15	1,83	0,095	0,4	0,7	1,08
<i>Lippia alba</i>	7	70	0,88	12,5	1,53	0,064	0,27	0,57	0,89
<i>Lippia grandis</i>	8	80	1,01	10	1,22	0,05	0,21	0,61	0,81
<i>Erythroxylum</i> sp.	4	40	0,5	7,5	0,92	0,043	0,18	0,34	0,53
<i>Psychotria barbiflora</i>	3	30	0,38	7,5	0,92	0,007	0,03	0,2	0,44
<i>Vellozia glochidea</i>	2	20	0,25	5	0,61	0,076	0,32	0,28	0,39
<i>Banisteriops</i> sp.	3	30	0,38	5	0,61	0,045	0,19	0,28	0,39
Myrtaceae 1	3	30	0,38	5	0,61	0,007	0,03	0,2	0,34
<i>Chamaecrista desvauxii</i> var. <i>mollessima</i>	2	20	0,25	2,5	0,31	0,004	0,02	0,14	0,19
<i>Guapira venosa</i>	1	10	0,13	2,5	0,31	0,025	0,11	0,12	0,18
Morfoespécie 1	1	10	0,13	2,5	0,31	0,009	0,04	0,08	0,16
<i>Neea</i> sp.	1	10	0,13	2,5	0,31	0,01	0,04	0,08	0,16
<i>Tibouchina</i> sp.	1	10	0,13	2,5	0,31	0,014	0,06	0,09	0,16
Morfoespécie 2	1	10	0,13	2,5	0,31	0,008	0,03	0,08	0,15
Morfoespécie 3	1	10	0,13	2,5	0,31	0,004	0,02	0,07	0,15
<i>Erythroxylum cf. citrifolium</i>	1	10	0,13	2,5	0,31	0,005	0,02	0,07	0,15
<i>Cuphea annulata</i>	1	10	0,13	2,5	0,31	0,003	0,01	0,07	0,15
<i>Tibouchina aspera</i>	1	10	0,13	2,5	0,31	0,003	0,01	0,07	0,15
TOTAL	796	7960	100	817,5	100	23,81	100	100	100

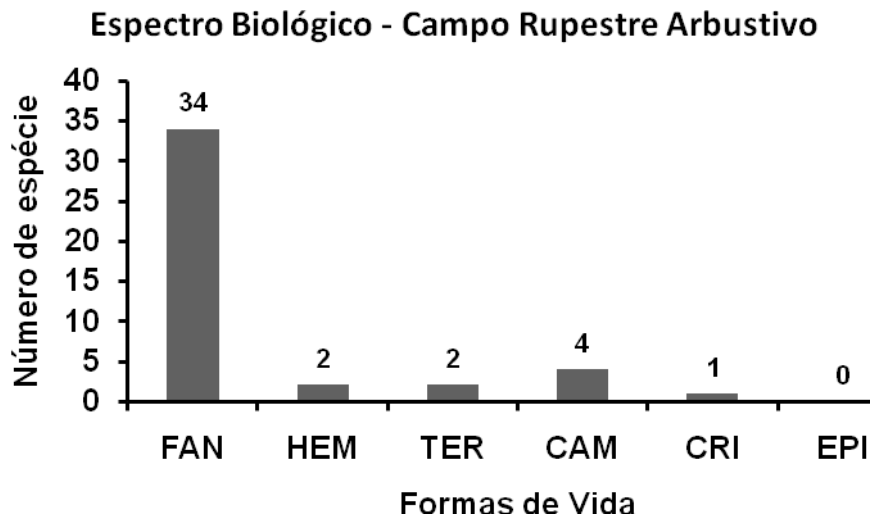


Figura 7 – Espectro Biológico do Campo Rupestre Arbustivo, na Serra Sul, Floresta Nacional de Carajás- Pará. Formas de vida: fanerófitas (FA), caméfitas (CAM), criptófitos (CR), terófitos (TR), Epífitos (EPI) e hemicriptófitos (HEM).

4.1.3 Capão Florestal

No Capão Florestal foram amostrados 296 indivíduos arbóreos (277 vivos e 19 mortos) distribuídos em 44 espécies, 32 gêneros e 25 famílias botânicas (Quadro 3). Dentre as espécies amostradas 23 (52,27%) foram exclusivas desta fisionomia. O Índice de diversidade de Shannon foi de 3,13 e a equabilidade foi 0,84. A equabilidade calculada mostra que não há dominância marcante de nenhuma espécie.

Os gêneros de maior riqueza foram *Miconia*, *Ficus* e *Cupania* representados por três espécies cada um, seguidos por *Alchornea*, *Sacoglottis*, *Emmotum*, *Mouriri*, *Myrcia* e *Matayba* com duas espécies cada um. Os 23 gêneros restantes apresentaram uma única espécie cada.

As famílias mais ricas foram Melastomataceae e Sapindaceae apresentando 5 espécies cada, seguida por Fabaceae (4), Moraceae (3) e Bromeliaceae, Euphorbiaceae, Humiriaceae, Icacinaceae e Myrtaceae apresentando duas espécies.

A classificação das espécies quanto à forma de vida permitiu distinguir a presença de quatro formas de vida dentre as propostas por Raunkiaer (1934) no Capão Florestal. No espectro biológico, fanerófita foi a forma de vida predominante, seguida das hemicriptófitas, epífita e caméfitas, as quais foram

representadas por somente uma espécie cada. Não houve a presença de terófitas e criptófitas (Figura 8).

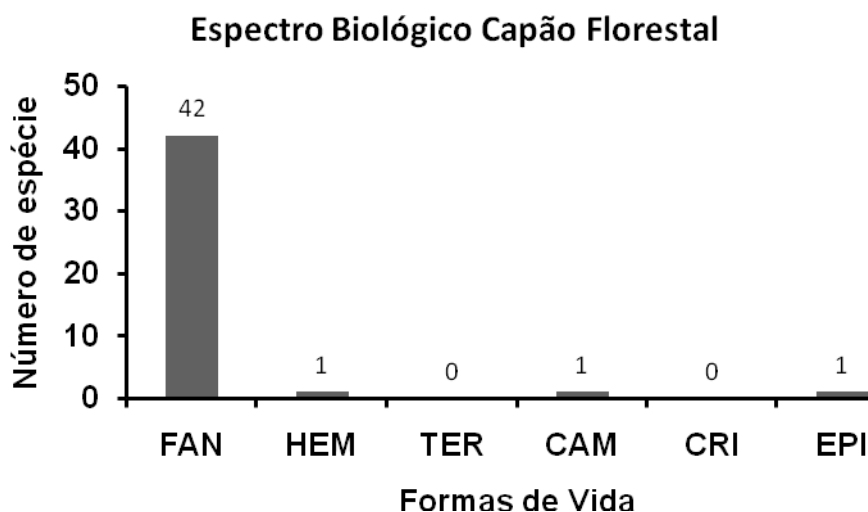


Figura 8 – Espectro Biológico do Capão Florestal, na Serra Sul, Floresta Nacional de Carajás-Pará. Formas de vida (FV): fanerófitas (FA), caméfitas (CAM), criptófitos (CR), terófitos (TR), Epífitos (EPI) e hemicriptófitos (HEM).

A densidade total de indivíduos foi de 3.700 ind/ha.

Esta fitofisionomia apresentou 15 espécies com apenas um indivíduo o que representa 34,09% das espécies amostradas.

As espécies mais importantes geralmente são as que caracterizam a fisionomia da comunidade. No capão Florestal, *Pouteria ramiflora* está entre as espécies mais importantes, e apresenta altos valores para densidade, frequência e dominância ocorrendo em todas as parcelas amostradas, embora menor que *Sacoglottis mattogrossensis* e *Myrcia splendens* (Quadro 3).

Foram coletadas, de forma aleatória, duas espécies da família Bromeliaceae: *Tillandsia streptocarpa* (epífita) e *Aechmea bromeliifolia* (Hemicriptófito).

A espécie que obteve maior densidade foi *Sacoglottis mattogrossensis*, apesar de um baixo valor de dominância em função de sua área basal menor.

Quadro 3 - Parâmetros fitossociológicos das espécies e do grupo das árvores mortas amostradas em um Capão Florestal, Floresta Nacional de Carajás, Pará. As espécies estão ordenadas de forma decrescente pelo valor de importância - N = número de indivíduos; DA = densidade absoluta (número de indivíduos/ha); DR = densidade relativa (%); FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa (%); DoA = dominância absoluta (m²/ha); DoR = dominância relativa (%); VC = Valor de Cobertura (%) e VI% = valor de importância (%).

Nome Científico	N	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Pouteria ramiflora</i>	27	337,5	9,12	87,50	6,25	6,94	15,10	12,11	10,16
Morta	19	237,5	6,42	75,00	5,36	7,41	16,13	11,28	9,30
<i>Sacoglottis mattogrossensis</i>	37	462,5	12,50	75,00	5,36	2,32	5,05	8,77	7,64
<i>Myrcia splendens</i>	32	400,0	10,81	75,00	5,36	2,67	5,82	8,32	7,33
<i>Callisthene minor</i>	20	250,0	6,76	50,00	3,57	3,50	7,62	7,19	5,98
<i>Tapirira guianensis</i>	9	112,5	3,04	75,00	5,36	3,59	7,81	5,42	5,40
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	19	237,5	6,42	75,00	5,36	0,91	1,99	4,21	4,59
<i>Simarouba amara</i>	5	62,5	1,69	50,00	3,57	2,86	6,23	3,96	3,83
<i>Pilosocereus</i> sp.	16	200,0	5,41	50,00	3,57	0,81	1,77	3,59	3,58
<i>Eugenia punicifolia</i>	10	125,0	3,38	75,00	5,36	0,77	1,69	2,53	3,48
<i>Alchornea discolor</i>	6	75,0	2,03	50,00	3,57	1,45	3,16	2,59	2,92
<i>Mimosa acutistipula</i> var. <i>ferrea</i>	9	112,5	3,04	37,50	2,68	0,97	2,13	2,58	2,62
<i>Matayba arborescens</i>	11	137,5	3,72	37,50	2,68	0,39	0,85	2,28	2,41
<i>Conarus perrottetii</i>	11	137,5	3,72	25,00	1,79	0,76	1,67	2,69	2,39
<i>Miconia minutiflora</i>	6	75,0	2,03	25,00	1,79	1,47	3,21	2,62	2,34
<i>Alchornea fluviatilis</i>	7	87,5	2,36	37,50	2,68	0,57	1,26	1,81	2,10
<i>Licania impressa</i>	3	37,5	1,01	37,50	2,68	1,11	2,43	1,72	2,04
<i>Alibertia</i> sp.	6	75,0	2,03	50,00	3,57	0,19	0,43	1,23	2,01
<i>Cupania scrobiculata</i>	7	87,5	2,36	37,50	2,68	0,41	0,90	1,63	1,98
<i>Emmotum nitens</i>	2	25,0	0,68	25,00	1,79	1,42	3,10	1,89	1,85
<i>Clusia panapanari</i>	3	37,5	1,01	25,00	1,79	0,90	1,97	1,49	1,59
<i>Erythroxylum nelson-rosae</i>	4	50,0	1,35	25,00	1,79	0,32	0,71	1,03	1,28
<i>Miconia holosericea</i>	3	37,5	1,01	12,50	0,89	0,85	1,87	1,44	1,26
<i>Mouriri angulicosta</i>	3	37,5	1,01	25,00	1,79	0,34	0,75	0,88	1,18
<i>Parkia platycephala</i>	2	25,0	0,68	25,00	1,79	0,46	1,01	0,84	1,16
<i>Ouratea castaneifolia</i>	2	25,0	0,68	25,00	1,79	0,23	0,50	0,59	0,99
<i>Virola calophylla</i>	2	25,0	0,68	25,00	1,79	0,23	0,51	0,59	0,99
<i>Byrsonima</i> cf. <i>spicata</i>	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,61	1,34	0,84	0,86
<i>Mouriri huberi</i>	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,44	0,97	0,66	0,73
<i>Cupania macrolepsis</i>	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,22	0,50	0,42	0,58
<i>Ocotea tomentella</i>	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,18	0,40	0,37	0,54
<i>Ficus guianensis</i>	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,17	0,38	0,36	0,54
<i>Sacoglottis guianensis</i>	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,07	0,17	0,25	0,47
<i>Emmotum fagifolium</i>	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,05	0,11	0,23	0,45
<i>Norantea goyasensis</i>	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,03	0,08	0,21	0,44
<i>Myrcia cuprea</i>	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,03	0,07	0,20	0,43
<i>Casearia arborea</i>	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,02	0,05	0,19	0,43
<i>Abuta guianensis</i>	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,03	0,07	0,20	0,43
<i>Miconia</i> sp.	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,03	0,07	0,20	0,43
<i>Bauhinia</i> sp.	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,02	0,06	0,20	0,43
<i>Toulicia</i> sp.	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,01	0,03	0,19	0,42
<i>Ficus</i> sp.	1	12,5	0,34	12,50	0,89	0,01	0,04	0,19	0,42
TOTAL	296	3700	100	1400	100	45,99	100	100	100

4.1.4 Mata de Encosta

A Mata de Encosta foi a área estudada que apresentou o menor número de indivíduos (138), sendo 127 vivos e 11 mortos. Foram amostradas 54 espécies distribuídas em 38 gêneros e 24 famílias botânicas, das quais duas espécies não foram identificadas (Quadro 4). Quarenta e duas espécies (77%) tiveram ocorrência exclusiva nesse ambiente. O Índice de Diversidade de Shannon (H') foi de 3,47 e a equabilidade (J') foi 0,87; foram os maiores valores encontrados entre as áreas estudadas. O valor de equabilidade mostra que esta área apresenta uma distribuição mais equitativa dos indivíduos entre as espécies presentes. A densidade total de indivíduos foi de 1.725 ind/ha.

A estrutura dessa vegetação é caracterizada principalmente pela espécie *Mouriri huberi*, segundo maior valor de importância, porém com maiores valores de densidade e frequência absolutas e relativas. A espécie *Caryocar villosum* apesar de possuir o maior valor de importância em função de sua área basal, apresenta um único indivíduo. O valor do DoR de *Caryocar villosum* é dez vezes maior que o valor encontrado para *Mouriri huberi* (Quadro 4).

As espécies *Mouriri huberi* e *Nealchornea japurensis* obtiveram maiores densidades relativas em função do alto número de indivíduos que ambas apresentaram. Enquanto que a espécie *Licaria* sp., embora não esteja entre as espécies de maior valor de importância, apresentou a terceira maior dominância em função de sua área basal, mesmo apresentando um único indivíduo (Quadro 4).

Os gêneros de maior riqueza foram *Inga* com quatro espécies, seguido por *Eugenia* e *Casearia* com três espécies cada, *Guatteria*, *Sacoglottis*, *Byrsonima*, *Mouriri*, *Myrcia* e *Cupania* foram representados por duas espécies cada. Dentre os gêneros, vinte e nove foram representados por uma única espécie cada. As famílias de maior riqueza foram Fabaceae e Sapindaceae com seis espécies cada uma, seguidas por Myrtaceae (5), Annonaceae e Euphorbiaceae com quatro espécies, Salicaceae (3), Chrysobalanaceae, Clusiaceae, Humiriaceae, Malpighiaceae, Melastomataceae e Rubiaceae com duas espécies.

A Mata de Encosta apresentou 27 espécies amostradas com apenas um indivíduo o que equivale a 44,4% das espécies.

Quadro 4 - Parâmetros fitossociológicos das espécies e do grupo das árvores mortas amostradas em uma Mata de Encosta, Floresta Nacional de Carajás, Pará. As espécies foram ordenadas de forma decrescente pelo valor de importância - N = número de indivíduos; DA = densidade absoluta (número de indivíduos/ha); DR = densidade relativa (%); FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa (%); DoA = dominância absoluta (m²/ha); DoR = dominância relativa (%); VC = Valor de Cobertura (%) e VI% = valor de importância (%).

Nome Científico	N	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Caryocar villosum</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	18,979	50,12	25,42	17,30
<i>Mouriri huberi</i>	20	250,0	14,49	75,00	6,38	1,885	4,98	9,74	8,62
<i>Nealchornea japurensis</i>	18	225,0	13,04	75,00	6,38	1,364	3,60	8,32	7,68
Morta	11	137,5	7,97	62,50	5,32	1,351	3,57	5,77	5,62
<i>Caraipa densifolia</i>	5	62,5	3,62	37,50	3,19	1,271	3,36	3,49	3,39
<i>Byrsonima cf. spicata</i>	3	37,5	2,17	37,50	3,19	1,313	3,47	2,82	2,94
<i>Guatteria schomburgkiana</i>	4	50,0	2,90	50,00	4,26	0,403	1,06	1,98	2,74
<i>Talisia cf. allenii</i>	4	50,0	2,90	37,50	3,19	0,726	1,92	2,41	2,67
<i>Jacaranda copaia</i>	2	25,0	1,45	25,00	2,13	1,506	3,98	2,71	2,52
<i>Myrcia splendens</i>	4	50,0	2,90	37,50	3,19	0,144	0,38	1,64	2,16
<i>Rollinia insignis</i>	4	50,0	2,90	37,50	3,19	0,130	0,34	1,62	2,14
<i>Licaria sp.</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	1,701	4,49	2,61	2,09
<i>Tapirira guianensis</i>	2	25,0	1,45	25,00	2,13	0,801	2,11	1,78	1,90
<i>Hirtella hispidula</i>	3	37,5	2,17	25,00	2,13	0,320	0,84	1,51	1,72
<i>Dipterix odorata</i>	2	25,0	1,45	12,50	1,06	0,963	2,54	2,00	1,69
<i>Guarea silvatica</i>	2	25,0	1,45	25,00	2,13	0,540	1,43	1,44	1,67
<i>Casearia arborea</i>	3	37,5	2,17	25,00	2,13	0,212	0,56	1,37	1,62
<i>Inga cf. stipulacea</i>	3	37,5	2,17	25,00	2,13	0,214	0,56	1,37	1,62
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	3	37,5	2,17	25,00	2,13	0,161	0,43	1,30	1,58
<i>Vismia latifolia</i>	2	25,0	1,45	25,00	2,13	0,333	0,88	1,16	1,49
<i>Saccoglotis guianensis</i>	3	37,5	2,17	25,00	2,13	0,067	0,18	1,17	1,49
<i>Casearia decandra</i>	2	25,0	1,45	25,00	2,13	0,204	0,54	0,99	1,37
<i>Aparisthium cordatum</i>	2	25,0	1,45	25,00	2,13	0,097	0,26	0,85	1,28
<i>Myrcia paivea</i>	2	25,0	1,45	25,00	2,13	0,038	0,10	0,77	1,23
<i>Matayba arborescens</i>	2	25,0	1,45	25,00	2,13	0,038	0,10	0,77	1,23
<i>Aparisthium cordatum</i>	2	25,0	1,45	25,00	2,13	0,039	0,10	0,78	1,23
Morfoespécie 5	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,504	1,33	1,03	1,04
<i>Inga falcistipula</i>	2	25,0	1,45	12,50	1,06	0,149	0,39	0,92	0,97
<i>Saccoglotis mattogrosensis</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,381	1,01	0,87	0,93
<i>Sapindus saponaria</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,259	0,68	0,70	0,82
Morfoespécie 6	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,194	0,51	0,62	0,77
<i>Licania canescens</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,193	0,51	0,62	0,77
<i>Guatteria foliosa</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,182	0,48	0,60	0,76
<i>Inga thibaudiana</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,182	0,48	0,60	0,76
<i>Palicourea guianensis</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,133	0,35	0,54	0,71
<i>Eugenia patrisii</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,125	0,33	0,53	0,71
<i>Neea ovalifolia</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,103	0,27	0,50	0,69
<i>Diospyros praetermissa</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,090	0,24	0,48	0,67
<i>Siparuna amazonica</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,083	0,22	0,47	0,67
<i>Byrsonima stipulacea</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,067	0,18	0,45	0,66
<i>Protium pilosum</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,067	0,18	0,45	0,66
<i>Mouriri angulicosta</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,056	0,15	0,44	0,65
<i>Ephedranthys pysocarpus</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,060	0,16	0,44	0,65
<i>Tabebuia serratifolia</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,048	0,13	0,43	0,64
<i>Lacistema aggregatum</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,040	0,11	0,41	0,63

Continuação do Quadro 4

Nome Científico	N	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Eugenia brachypoda</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,022	0,06	0,39	0,62
Euphorbiaceae 1	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,023	0,06	0,39	0,62
<i>Eugenia flavescens</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,028	0,08	0,40	0,62
<i>Cupania scrobiculata</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,022	0,06	0,39	0,62
<i>Allophylus floribundus</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,014	0,04	0,38	0,61
<i>Inga alba</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,014	0,04	0,38	0,61
<i>Cupania hispida</i>	1	12,5	0,72	12,50	1,06	0,012	0,03	0,38	0,61
TOTAL	138	1725	100	1175	100	37,87	100	100	100

Apenas três espécies ocorreram em três das quatro fisionomias estudadas: *Erythroxylum nelson-rosae*, *Mimosa acutistipula* var. *ferrea* e *Ouratea castaneifolia*, encontradas no Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo e no Capão. Nenhuma espécie ocorreu simultaneamente nas quatro fisionomias estudadas (Tabela 2).

A riqueza de espécies entre as fitofisionomias estudadas variou de 43 no Campo Rupestre Arbustivo a 65 espécies no Campo Rupestre Aberto. O número de gêneros não diferiu muito entre as áreas, variando de 31 no Campo Rupestre Arbustivo a 38 no Campo Rupestre Aberto e na Mata de Encosta. Porém, as fitofisionomias não compartilham os mesmos gêneros sendo *Tibouchina* o único gênero coincidente no Campo Rupestre Aberto e no Campo Rupestre Arbustivo; comum em vegetação savânica. Já o Capão Florestal e a Mata de Encosta compartilham *Cupania*, *Sacoglottis*, *Mouriri* e *Myrcia*.

Entre as famílias que se destacaram em todas as fitofisionomias estudadas encontra-se Fabaceae, Euphorbiaceae e Melastomataceae.

As espécies *Ipomoea carajaensis* e *Erythroxylum nelson-rosae* encontram-se na lista de espécies ameaçadas de extinção da flora brasileira (Fundação Biodiversitas 2008). Ambas estão inseridas na categoria “em perigo”; táxon que não está criticamente em perigo, mas corre um risco muito alto de extinção na natureza em um futuro próximo.

5.0 Discussão

Considerando outras áreas de complexos rupestres sobre canga estudadas em Carajás (Rayol 2006; Silva *et al.* 1986 e 1996, Morellato *et al.* 1991 o presente resultado revela padrões florísticos e estruturais comparáveis. Em relação às áreas do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais estudadas por

Vincent (2004), Viana & Lombardi (2007), Mourão & Stehmann (2007), Jacobi *et al.* (2007 e 2008) apresentaram maior riqueza de espécies e flora bem distinta, apesar das fitofisionomias serem semelhantes. Segundo Mourão & Stehmann (2007), a localização de Carajás em região quente e úmida, próxima do Equador, torna-a bem diferenciada do clima tropical de altitude reinante no Quadrilátero Ferrífero. Em Carajás o clima é do tipo Aw (sazonal, com duas estações bem definidas, uma seca e quente e outra chuvosa, com temperaturas mais amenas) (Falesi 1986), enquanto no Quadrilátero Ferrífero é do tipo Cwb (tropical de altitude com verões frescos e estações secas bem definidas). Outro fator determinante na diferenciação entre as duas regiões é a matriz vegetacional dominante que circunda as duas áreas de canga, que certamente influencia em sua composição florística. Em Carajás, a vegetação de canga constitui enclave dentro de um domínio florestal amazônico, enquanto no Quadrilátero Ferrífero a canga situa-se na zona de transição entre o domínio Cerrado e Mata Atlântica, representam paisagens de exceção dentro de dois Hotspots brasileiros.

Burke (2003) atribui a diversidade dos afloramentos em geral ao isolamento entre unidades. As serras constituem-se em sistemas isolados dos terrenos mais baixos por escarpas íngremes que atuam como barreiras geográficas, interferindo nas formações de floras autóctones (Giulietti & Pirani 1988).

Fabaceae foi a família de maior riqueza em três das quatro fisionomias estudadas. Silva *et al.* (1996) e Rayol (2006) em outras áreas da FLONA de Carajás encontraram Fabaceae como a família de maior número de espécies. Consistentemente, Silva & Rosa (1989), Morellato & Rosa (1991), Silva *et al.* (1987), destacaram Fabaceae como família mais rica em vegetação arbórea e de canga em Carajás. Outros estudos em campos rupestres quartzíticos do Espinhaço como Conceição *et al.* (2007); Conceição & Giulietti (2002), e Conceição & Pirani, (2005) apresentaram Fabaceae dentre as famílias mais ricas. Há trabalhos realizados em Campos de Canga em Minas Gerais (Viana & Lombardi 2007; Brandão & Silva Filho, 1993; Mourão & Stehmann 2007; Jacobi *et al.* 2007) em que Fabaceae está entre as famílias mais ricas, evidenciando a importância dessa família nos complexos rupestres de canga em todo o Brasil. A segunda família mais rica foi Euphorbiaceae. Segundo Silva *et al.* (1996), é uma família representada por espécies características do

tipo de vegetação estudada. Rayol (2006), Silva *et al.* (1996), Vincent (2004), Mourão & Stehmann (2007) apresentaram Euphorbiaceae dentre as famílias de maior riqueza em trabalhos realizados em vegetação ferrífera. Carim *et al.* (2007), ao estudar floresta secundária no leste da Amazônia registrou a família Euphorbiaceae dentre as famílias mais ricas. Melastomataceae também é uma das famílias melhor representadas nos trabalhos de Lombardi & Viana (2007), Jacobi *et al.* (2007), Conceição & Giulietti (2002), Silva (1991), Silva *et al.* (1996), Vincent (2004) e Medina & Fernandes (2007).

Um número expressivo de famílias apresentou número reduzido de espécies, as quais geralmente representam elementos arbóreos, registrados esporadicamente no Capão Florestal ou em área transicional com a floresta como a Mata de Encosta estudada.

Segundo Silva *et al.* (1996), a família Convolvulaceae, do ponto de vista conservacionista é uma das mais importantes em Carajás, pois apesar de não apresentar um alto número de indivíduos, destaca-se por possuir três espécies endêmicas: *Ipomoea carajasensis*, *Ipomoea cavalcantei* e *Ipomoea marabaensis*. No presente trabalho apenas *I. cavalcantei* não foi amostrada. Além dessas espécies endêmicas há *Mimosa skinneri* var. *carajarum* e *Mimosa acutistipula* var. *ferrea*, variedades endêmicas da região.

No levantamento da flora dos Platôs de Carajás, Silva (1991) encontrou seis representantes da família Orquidaceae, enquanto que no presente estudo só foram encontradas três (*Catasetum discolor*, *Epidendrum nocturnum* e *Sobralia liliastrum*) também citadas por Rayol (2006).

A variação do número de espécie entre as fitofisionomias estudadas é corroborada por Rayol (2006), que encontrou uma variação de 44 a 78 espécies nas fitofisionomias de canga em Carajás. Jacobi *et al.* (2008) encontrou 32 espécies numa área de canga no Quadrilátero Ferrífero e 138 e 160 espécies, no Quadrilátero Ferrífero (Jacobi *et al.* 2007). Viana & Lombardi (2007) destacam uma variação de 47 a 153 espécies no Quadrilátero Ferrífero.

Segundo Cain (1950) a distribuição das formas de vida na vegetação está condicionada ao clima. No entanto, para Ribeiro *et al.* (2007), as condições edáficas, diferenças físicas do substrato, topografia e drenagem podem mudar completamente a dominância do contraste das formas de vida. A forma de vida predominante em todas as fisionomias estudadas foi fanerófita. Segundo Jacobi *et al.* (2007), os campos rupestres são dominados por

fanerófitas, bem representados entre as eudicotiledôneas e grupos basais. Tais formas de vida predominantes indicam uma vegetação próxima ao nível do solo, o que restringe a exposição da planta ao impacto do vento. A pequena profundidade do solo limita a quantidade de nutrientes e de água, além da área disponível ao estabelecimento e perpetuação das espécies (Conceição & Pirani 2005), sendo a profundidade do solo o fator crítico na definição da vegetação em canga (Schaefer *et al.* 2008). A dominância de fanerófitas deve-se às famílias Fabaceae, Euphorbiaceae e Melastomataceae, que também são as famílias de maior riqueza.

Houve um número considerável de espécies hemicriptófitas no Campo Rupestre Aberto, pela dominância secundária de gramíneas. Nesta fisionomia, fanerófitas e hemicriptófitas representam juntas 71.61 % das espécies amostradas. A dominância dessas formas de vida foi também observada em outros estudos na vegetação rupestre de montanhas tais como Meireles (1996); Meirelles *et al.* (1999); Ribeiro & Medina (2002); Conceição & Giulietti (2002); Conceição & Pirani (2005); Conceição *et al.* 2007; Ribeiro *et al.* (2007) e Jacobi *et al.* (2007).

A flora nas diferentes fitofisionomias é pouco similar entre si (Tabela 2). O Campo Rupestre Aberto apresentou uma riqueza de espécies evidente, com 60% de suas espécies ocorrentes de forma exclusiva, enquanto que Campo Arbustivo apresentou 41%, além de obter índice de diversidade e equabilidade relativamente inferior ao Campo Rupestre Aberto. Já o Capão Florestal apresentou 44 espécies (27%) de ocorrência exclusiva nesta fitofisionomia. Viana & Lombardi (2007), no Quadrilátero Ferrífero, obtiveram 56 (36,6%) espécies exclusivas ao Campo Rupestre Aberto. Ainda segundo Viana & Lombardi (2007), os campos rupestres abertos, suportam uma vegetação peculiar, com arbustos que aproveitam o escasso solo orgânico acumulado em fendas e bolsões de rochas, onde também se estabelecem poucas espécies de gramíneas. Nos pequenos capões florestais associados aos campos rupestres sobre canga no Quadrilátero Ferrífero, Viana & Lombardi (2007) encontraram 57 (61,3%) espécies exclusivas desse ambiente em comparação aos campos rupestres amostrados na mesma região, indicando uma alta diversidade beta para as comunidades citadas. Segundo Jacobi (2007), isso é esperado para afloramentos rochosos tropicais em geral, pelo isolamento, e variações microambientais ditadas pela variação geomorfológica. Condit *et al.* (2002)

relatam que o baixo número de espécies compartilhadas entre as diferentes formações locais, evidencia a alta diversidade beta.

O baixo valor do índice de diversidade Shannon (H') e equabilidade (J') do Campo Rupestre Arbustivo pode ser explicado pela alta densidade de *Callisthene minor*, que obteve um número quase cinco vezes maior que *Byrsonima coriacea*, a segunda maior abundância nesse ambiente. Além dessas duas, outras espécies se destacam nessa vegetação: *Bauhinia pulchella*, *Alibertia* cf. *longiflora* e *Mimosa acutistipula* var. *ferrea*. Esta última, segundo Silva *et. al* (1996) é endêmica à região e típica da vegetação aberta de Carajás, sendo muito próxima de *M. acutistipula* var. *nigra* citada anteriormente por Veloso (1974) como vicariante das caatingas do Piauí. Segundo Pires (1973), *C. minor* está taxonomicamente próxima de *C. microphyllus*, que é um elemento característico das caatingas do Piauí, revelando uma forte afinidade aos ecossistemas semi-áridos a leste de Carajás.

O Índice de diversidade Shannon-Wiener (H') variou muito entre as fisionomias. Para Rayol (2006), os valores obtidos na diversidade florística em estudo realizado em Carajás, a princípio, parecem indicar uma baixa heterogeneidade da vegetação, porém, esses resultados demonstram que esta fitofisionomia é influenciada por fatores limitantes bastante severos, o que a torna uma vegetação altamente especializada. O autor encontrou valores parecidos no índice de Shannon-Wiener: 2,86 para o estrato superior que corresponde ao Campo Arbustivo e 3,01 para estrato inferior; Campo Rupestre Aberto. Morellato & Rosa (1991) em estudo no Campo de Canga Arbustivo dentre outras formações presente em Carajás, observou H' de 2,12, valor relativamente próximo ao apresentado no presente estudo.

Os indivíduos mortos representaram uma parcela considerável da densidade em cada faixa, variando de 0% no Campo Rupestre Aberto a 7,97% no Campo Rupestre arbustivo.

A vegetação de canga em Carajás apresenta uma mescla de espécies de ocorrências em variados tipos de vegetação circundante. Observam-se exemplos de espécies de ocorrência no Cerrado como: *Chamaecrista desvauxi*, *Norantea goyazensis*, *Guapira ferruginea*, *Pouteria ramiflora*, *Callisthene minor*, e outras de ocorrência na Caatinga tais como: *Pilosocereus* sp., *Mimosa acutistipula*, *Periandra mediterranea*, *Eugenia puniceifolia*, *Polygala*

sp. Tal caráter misto, típicos de ambientes de transição, pode estar relacionado ao alto índice de diversidade beta, uma vez que, indiretamente indicam uma diversidade maior de habitats (Conceição & Giullietti 2002; Whittaker 1977), e à história paleoclimática regional (Schaefer *et al.* 2008).

6.0 Considerações Finais

A flora dos campos de canga da região de Carajás é muito distinta daquela encontrada nos campos rupestres de canga da região do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, apresentando características transicionais com elementos de vegetação semi-árida da Caatinga, e elementos do Cerrado.

De maneira geral, houve uma frequência maior de espécies da família Fabaceae na vegetação rupestre de canga em Carajás, embora individualmente Vochysiaceae, representada por uma única espécie, *Callisthene minor* seja mais abundante no campo rupestre arbustivo.

Com relação ao índice de diversidade Shannon (H') encontrado, os valores de diversidade florística obtidos nos Platôs de Carajás indicam uma baixa heterogeneidade da vegetação. Como esta se encontra fortemente influenciada por fatores ambientais limitantes, como deficiência nutricional e hídrica (solos rasos e pobres), tal resultado é esperado para a flora dos campos rupestre sobre canga, embora tal estimativa sobre a diversidade florística neste ambiente seja ainda preliminar.

Apesar desse estudo apresentar duas espécies ameaçadas de extinção e quatro espécies endêmicas, ainda é muito prematuro apontar a real porcentagem de endemismos ou espécies ameaçadas, contribuindo para isto a falta de estudos mais abrangentes dos Platôs de Carajás, submetidos à pressões de exploração econômica maiores que aqueles de quartzito ou granito. Tais estudos continuados, mais abrangentes, tornam-se absolutamente imprescindíveis.

Por se tratar de um ecossistema ameaçado e de um complexo vegetacional singular é importante ressaltar a presença de espécies ameaçadas de extinções, uma vez que importantes jazidas de minério de ferro estão sob as comunidades bióticas com reduzida extensão geográfica.

7.0 Referências Bibliográficas

- AB`SABER, A.N. 1986. *Geomorfologia da Região*. In: ALMEIDA JR. (Org). CARAJÁS: desafio político, ecologia e desenvolvimento. São Paulo: Brasiliense; Brasília: CNPq, 88-124.
- ALVES, R.J.V. & KOLBEK, J. 1994. *Plants species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brazil*. *Vegetatio* 113:125-139.
- BARBOUR, M.G.; BURK, J.H. & PITTS, W.D. 1980. *Terrestrial plant ecology*. Pp. 156-182. California. The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc.
- BARTHLOTT, W.; GROGER, A. & POREMBSK, S. 1993. *Some remarks on the vegetation of tropical inselbergs: diversity and ecological differentiation*. *Biogeographica*. 69: 105-124.
- BRANDÃO, M. & SILVA FILHO, P.V. 1993. *Os Campos Rupestres no Município de Barão de Cocais - MG*. *Daphne* v.3.n.2.p.11-20
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. *Fitosociologia. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. H. Blume Ediciones, 17.
- BURKE, A. 2003. *Inselbergs in a changing world – global trends*. *Divers Distrib* 9: 475-383.
- CAIN, S.A. 1950. *Life-forms and phytoclimates*. *The botanical Review* 16: 1-32.
- CARIM, S.; SCHWARTZ, G. & SILVA, M.F.F. 2007. *Riqueza de espécies, estrutura e composição florística de uma floresta secundária de 40 anos no leste da Amazônia*. *Acta Botânica Brasílica*. 21(2): 293-308.

- CIENTEC 2 .2006. *Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas. Mata Nativa 2 – Manual do usuário*. Viçosa: Cientec. 295p.
- CONCEIÇÃO, A.A. & PIRANI, J.R. 2005. *Demilitação de habitats em Campos Rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: Substratos, Composição Florística e Aspectos Estruturais*. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo. 23(1): 85-111.
- CONCEIÇÃO, A.A. & GIULIETTI, A.M. 2002. *Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil*. Hoehnea. 29(1): 37-48.
- CONCEIÇÃO, A.A.; PIRANI, J.R. & MEIRELLES, S. T. 2007. *Floristics, structure and soil of insular vegetation in four quartzite-sandstone outcrops of “Chapada Diamantina”, Northeast Brazil*. Revista Brasileira de Botânica. V. 30, n. 4. P. 641-656.
- CONDIT, R., PITMAN, NIGEL.; LEIGH JR, E.G.; JÉRÔME, C.; TERBORGH, J.; FOSTER, R.B.; NÚÑEZ, P., AGUILAR, S.; VALENCIA, R.; VILLA, G.; MULLER-LANDAU, H.C.; LOSOS, E. & HUBBELLS, S.P. 2002. *Beta-Diversity in Tropical Forest Trees*. Science. V. 295, 666-668.
- DNPM – *Departamento Nacional de Produção Mineral*. (2005) Ferro. Ministério de Minas e Energia, Brasília.
- FALESI, I. C. 1986. *O ambiente edáfico*. In: ALMEIDA, J.G.M. (org). Carajás: Desafio político, ecologia e desenvolvimento. Editora Brasiliensis/ CNPq, São Paulo. 125-155.
- FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. 2008. *Lista vermelha da flora ameaçada de extinção*. http://www.biodiversitas.org.br/florabr/lista_florabr.pdf.
- GIULIETTI, A.M.; PIRANI, J.R. & HARLEY, R.M. 1997. *Espinhaço Range region – Eastern Brazil*. In: Davis SD, Heywood VH, Herrera-MacBryde, O.; Villa-Lobos, J.Hamilton, A.C. (eds.) *Centres of plant diversity: a guide and strategy for their*

conservation, vol.3. The Americas. WWF/IUCN Publications Unit., Cambridge, 397-404.

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: VANZOLINI, P.E. & HEYER, W.R. Proceedings of a Workshop on neotropical distribution patterns. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. Pp, 39-69.

JACOBI, C.M.; CARMO, F.F. & VINCENT, R.C. 2008. *Estudo Fitossociológico de uma comunidade vegetal sobre canga com subsídio para a reabilitação de áreas mineradas no Quadrilátero Ferrífero, MG*. Revista Árvore, v.32, n.2, 345-353.

JACOBI, C.M.; CARMO, F.F. & VINCENT, R.C., STEHMANN, J.R. 2007. *Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem*. Biodiversity and Conservation 16: 2185-2200.

KOEPPEL, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México.

MAGURRAN, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey, Princeton University Press, 179p

MAGURRAN, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Oxford, Blackwell Science Ltda., 256 p.

MANTOVANI, W. 1987. *Análise florística do estrato herbáceo-subarbustivo do cerrado na Reserva Biológica de Moji-Guaçu e em Itirapina*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

MEDINA, B.M.O. & FERNANDES, G.W. 2007. *The potential of natural regeneration of rocky outcrop vegetation on rupestrian Field soils in Serra do Cipó, Brazil*. Revista Brasileira de Botânica. 30: 665-678.

- MEIRELES, S.T. 1996. *Estrutura da comunidade e características funcionais dos componentes da vegetação de um afloramento rochoso*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas.
- MEIRELES, S.T.; PIVELLO, V.R. & JOLY, C.A. 1999. *The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, Brazil, and the need for its protection*. Environmental Conservation 26: 10-20.
- 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.
- 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.
- MUELLER-DOMBOIS, D.Y.; ELLENBERG, M. 1974. *Aims and methods in vegetation ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1974, 547p.
- NEWTON, A.C. 2007. *Forest Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques (Techniques in Ecology & Conservation)*, Oxford University Press, USA; 1 edition, 480p.
- PIELOU, E.C. 1975. *Ecological diversity*. John Wiley & Sons, New York, 165p.
- PIRES, J.M. 1973. *Tipos de Vegetação da Amazônia*. Publ. Avulsa Mus. Par. Emílio Goeldi. Belém 20:179-202.
- POREMBSKI, S.; MARTINELLI, R.; OHLEMULLER, R. & BARTHLOTT, W. 1994. *Vegetation of rock outcrops in Guinea: granite inselbergs, sandstone table mountains, and ferricretes – remarks on species numbers and endemism*. Flora 189: 315-326.

- PORTO, M.L. & SILVA, M.F.F. 1989. *Tipos de Vegetação Metalófila em Áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais, Brasil*. Acta Botanica Brasilica 3(2): 1989.
- RAYOL, B.P. 2006. *Análise Florística e Estrutural da Vegetação Xerofítica das Savanas Metalófilas na Floresta Nacional de Carajás: Subsídios à Conservação*. Tese de dissertação. Univ. Rural da Amazônia. 74p.
- RAUNKIER, C. 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford, Clarendon Press.
- REBELLATO, L. & NUNES DA CUNHA, C. 2005. *Efeito do fluxo sazonal mínimo da inundação sobre a composição e estrutura de um campo inundável no Pantanal de Poconé, MT, Brasil*. Acta Botanica Brasilica 19(4): 789-799.
- RIBEIRO, K.T. & MEDINA, B.M.O. 2002. *Estrutura, dinâmica e biogeografia das ilhas de vegetação sobre rocha do Planalto do Itatiaia. RJ*. Boletim do Parque Nacional do Itatiaia 10: 11-82.
- RIBEIRO, K.T.; MEDINA, B.M.O. & SCARANO, F.R. 2007. *Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil*. Revista Brasileira de Botânica. V.30, n.4, 623- 639.
- RIZZINI, C.T. 1979. *Tratado de Fitogeografia do Brasil. Aspectos sociológicos e florísticos*. HUCITEC/EDUSP, São Paulo, 374p.
- SCHAEFER, C.E.G.R., SIMAS, F.N.B., MENDONÇA, B.A.F., SABOYA, A.S., FERREIRA JÚNIOR, W. G., NUNES, J.A. & CORREA, G.R. 2008. *Geodiversidade dos Ambientes de Canga na Região de Carajás – Pará*. Relatório técnico Vale do Rio Doce, 75p.
- SECCO, R. S. & A. L. MESQUITA. 1983. *Nota Sobre a Vegetação de Canga da Serra Norte*. I. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Nova Sér. Bot., 59: 1-13.

- SILVA, M.F.F. & ROSA, N.A. 1989. *Análise do Estrato Arbóreo da Vegetação sobre Jazidas de Cobre na Serra dos Carajás-Pará*. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica 5 (2): 175-206.
- SILVA, M.F.F. 1991. *Análise florística da vegetação que cresce sobre canga hematítica em Carajás. Brasil, Pará*. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica 7: 79-105.
- SILVA, M.F.F. 1992. *Distribuição de metais pesados na vegetação metalófila de Carajás*. Acta Botânica Brasílica. 6: 107-22.
- SILVA, M.F.F., MENEZES, N.L., CAVALCANTE, P.B. & JOLY, C.A. 1986. *Estudos Botânicos: histórico, atualidade e perspectivas*. In: Carajás – Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento. CNPq, Ed. Brasiliense. Brasília.
- SILVA, M.F.F.; R. S. SECCO & M. G. A. Lobo. 1996. *Aspectos Ecológicos da Vegetação Rupestre da Serra dos Carajás (PA)*. Acta Amazônica 26(1/2): 17-44.
- SILVA, M.F.F.; ROSA, N.A. & OLIVEIRA, J. 1987. *Estudos Botânicos na área do Projeto Ferro Carajás. 5. Aspectos florísticos da mata do Rio Gelado, Pará*. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. V. (1).
- SMITH, J.M.B. & CLEEF, A.M. 1988. *Composition and origins of the world's tropical alpine floras*. J. Biogeography. 15: 631-645.
- SOUZA, V.C. & LORENZI, H. 2008. *Botânica Sistemática guia ilustrado para identificação das Famílias de Angiospermas da flora Brasileira, baseado em APG II*. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 704 p.
- VANZOLINI, P. & BRANDÃO, C.R.F. 1986. *Diretrizes gerais para um levantamento faunístico*. In: Carajás – Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento. CNPq, Ed. Brasiliense. Brasília.

- VELOSO, H.P. 1974. *Vegetação*. Projeto Radam. Folha SC.22. Tocantins. Rio de Janeiro. 4, 26-29.
- VIANA, P.L. & LOMBARDI, J.A. 2007. *Florística e Caracterização dos Campos Rupestres sobre Canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil*. *Rodriguésia* 58 (1): 159-177.
- VINCENT, R.C.; JACOBI, C.M.; ANTONINI, Y. 2002. *Diversidade na adversidade*. *Ciência Hoje* 31 (185): 64-67.
- VINCENT, R.C. 2004. *Florística, fitossociologia e relações entre a vegetação e o solo em área de campos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 145p.
- WHITTAKER, R.H. 1977. *Evolution of species diversity in land communities*. In: M.K. Hecht, W.C. Steere & B. Wallace (eds.) *Evolutionary biology*, vol. 10. Plenum Press, New York, pp. 1-67.

IV. Capítulo 2

RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO EM VEGETAÇÃO RUPESTRE SOBRE CANGA FERRÍFERA NA SERRA SUL EM CARAJÁS (PARÁ)

RESUMO – O objetivo deste estudo foi analisar a vegetação peculiar e sua relação direta com o solo a partir da análise da vegetação bem como amostras de solo e serapilheira a fim de caracterizar o tipo de vegetação e estudar a estreita relação entre o meio físico e biótico da região. O estudo foi conduzido em um Platô sobre canga ferrífera da Floresta Nacional de Carajás, conhecida como Serra Sul, localizada no sudoeste do Estado do Pará. Foram demarcadas 96 parcelas de modo a contemplar as unidades fitofisionômicas: Campo Rupestre Aberto com 40 parcelas aleatórias de 1 m²; Campo Rupestre Arbustivo com 40 parcelas de 25 m², CAS ≥ 3 cm; no Capão Florestal e na Mata de Encosta foram amostradas 8 parcelas de 100 m² cada, sendo considerados todos os indivíduos com circunferência a 1,30m do solo com CAP ≥ 10cm. Nas áreas campestres as coletas de amostras de solo (0-10cm) e serapilheira foram feitas de forma representativa nas proximidades das parcelas, para evitar perturbações, enquanto nas áreas florestais foram feitas dentro das parcelas. Foram calculados os coeficientes de correlação linear (Pearson) entre as variáveis químicas dos solos e da serapilheira e aplicados testes estatísticos de análise de variância (ANOVA) e teste de média de Tukey a 5%. A partir das análises químicas pôde-se constatar que os solos das fitofisionomias estudadas apresentaram acidez elevada com baixos teores de fósforo e nutrientes. A matéria orgânica e a profundidade dos solos são variáveis chave para explicar a ocorrência das fitofisionomias estudadas. A formação de três grupos distintos pela Análise de Correspondência Canônica evidencia o caráter singular das fitofisionomias dos afloramentos ferruginosos em Carajás, já que cada fitofisionomia exibiu espécies características, sendo estas pouco compartilhadas, em função de certas características do solo. A disponibilidade de água, governada pela profundidade do solo, deve representar um fator muito importante para a distribuição da maioria das espécies desse estudo, mas somente trabalhos posteriores poderão avaliar sua influência de forma mais quantitativa.

Palavras-chave: Campo Rupestre, Canga, solo-vegetação, FLONA de Carajás.

SOIL - VEGETATION RELATIONSHIP IN ROCKY VEGETATION IRONSTONE OUTCROPS OF THE SOUTH IN SERRA CARAJÁS (PARÁ)

ABSTRACT - The aim of this study was to analyze the vegetation and its relationship with the soil. The study was conducted on a plateau of ironstone outcrops known as Serra Sul, in Carajás National Forest in the southwest of the state of Pará. 96 plots were demarcated in order to sample the vegetation: open rock field with 40 random plots of 1 m²; shrub rock field with 40 plots of 25 m², including individuals with circumference \geq 3 cm at soil level; in the “capão de mata” and forest slope 8 plots of 100 m² were sampled, including individuals with circumference \geq 10 cm at chest height. In the grassland areas, the soil (0-10cm) and litter samples were taken from nearby parcels, to avoid disturbances, while in the forest areas the samples were taken within the plots. We calculated the linear correlation coefficients (Pearson) between the chemical variables of the soil and litter, together with analysis of variance (ANOVA) and Tukey’s test at 5%. From the chemical analysis we found that the soil of phytophysognomys showed high acidity with low levels of phosphorus and nutrients. Organic matter and soil depth are important variables to explain the phytophysognomys studied. The formation of three distinct groups by Canonical Correspondence Analysis demonstrates the unique characteristics of the phytophysognomys of the ironstone outcrops in Carajás, since each phytophysognomy exhibited distinct species due to varying soil characteristics. The availability of water, due to depth of soil, could represent a very important factor for the distribution of most species of this study, but further studies will be required to evaluate this influence.

Key words: Campo rupestre, ironstones outcrops, soil, vegetation, FLONA of Carajás.

1.0 Introdução

“Campo Rupestre” é uma expressão que define a vegetação que cresce em substratos de quartzito – arenito (Harley & Simmons, 1986), porém essa terminologia é usada para se referir a outros tipos de vegetações brasileiras, sobre substratos de rochas diversas, tais como granito-gnaiss (Queiroz *et al.* 1996) ou itabiritos (minério de ferro) (Viana & Lombardi 2007; Vincent *et al.* 2002, Vincent 2004, Jacobi *et al.* 2007 e 2008).

As características da rocha onde a vegetação cresce, tais como composição química e física, padrões de erosão e padrão de fraturação, que por sua vez estão relacionados com a natureza da rocha (rochas ultramáficas, quartzitos, granitos, arenitos, calcários), condições ambientais locais, variações microclimáticas e topográficas além do contexto florístico regional, paleoclimático e histórico influenciam diretamente na composição florística da vegetação nos afloramentos rochosos (Porembski *et al.* 1994; Escudero 1996, Larson *et al.* 2000; Seine *et al.* 2000; Burke 2002 a,b; Fernandes 1998 e 2003).

Segundo Benites *et al.* (2007), nas partes mais altas das montanhas ocorre os complexos rupestres de altitude, com solo e vegetação peculiares. Apesar de aparentemente homogêneos, pode ser observada uma considerável diversidade de pedoambientes e mosaico de vegetação associados, determinados pela topografia local e aspectos microambientais. Nestes ambientes montanhosos, os afloramentos rochosos são comuns em qualquer litologia.

Quando a vegetação cresce sobre uma camada de rocha fortemente ferruginosa, formada por óxidos de ferro (hematita goethita), recebe o nome de campo ferruginoso (Rizzini 1979; Vincent *et al.* 2002). Esses campos ocorrem principalmente na Serra dos Carajás (PA) e no Quadrilátero Ferrífero (MG), e juntos representam 97% das reservas de ferro do país (Porto & Silva 1989, Vincent *et al.* 2002). Nesses ambientes, o substrato de canga apresenta uma série de restrições ao estabelecimento das espécies vegetais, tais como solo escasso, causando baixa retenção de água e baixa disponibilidade de nutrientes, alta insolação, elevadas temperaturas, além da possível presença de metais pesados (Silva & Rosa 1990; Meirelles *et al.* 1997).

O Complexo de Campos Rupestres sobre canga apresenta variações na cobertura vegetal que dependem diretamente do nível de aprofundamento do solo e de fragmentação da rocha sobre a qual a vegetação se desenvolve

(Schaefer *et al.* 2008). Rizzini (1979) distinguiu dois tipos de canga, denominadas canga couraçada e canga nodular ou graminóide.

Para Conceição *et al.* (2007), os solos rasos de rochas quartzíticas variam de acordo com a rocha associada, embora se possa afirmar que são caracteristicamente pobres em nutrientes. Nesses ambientes, pequenas diferenças na composição química, nutrientes e acidez, além de características físicas, podem ser suficientes para indicar diferenças florísticas.

Assim, há uma seleção de espécies tolerantes a diversos fatores de estresse, as quais podem apresentar mecanismos fisiológicos adaptativos e/ou alterações de morfologia externa ou interna (Porto & Silva 1989).

Diferenças de fitofisionomias no contexto de Complexos Rupestres sobre substratos ferríferos da Serra de Carajás mostraram-se aparentemente relacionados aos solos, com base nos estudos preliminares de Schaefer *et al.* (2008). Tais observações preliminares carecem, contudo, de estudos florísticos mais aprofundados que permitam elucidar as relações solo-vegetação na Serra de Carajás.

Dada a relevância do ecossistema de campo rupestre de Canga no contexto da Floresta Nacional de Carajás e na Amazônia e o grau de ameaça em que se encontra, a investigação ora proposta objetiva analisar essa vegetação peculiar e sua relação direta com o solo em questão, a partir da análise da vegetação, bem como amostras de solo e serapilheira a fim de caracterizar o tipo de vegetação e analisar a estreita relação entre meio físico e biótico da região.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

A área estudada está localizada na região Sudeste do Estado do Pará, dentro da Floresta Nacional de Carajás com área total de 395.826,70 ha, nos municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás. A vegetação de campo rupestre estende-se por cerca de 9.031,54 (2,28%) da área total da FLONA.

Na região de Carajás, o clima é tropical, quente e úmido, enquadrado na classificação de Köppen como tipo “Aw” (Ab’Saber 1986), que é caracterizado

por duas estações distintas, uma seca de maio a outubro outra úmida de novembro a abril, com períodos de chuvas torrenciais. Possui temperaturas médias mensais entre 19 e 31 °C.

Este estudo foi conduzido em um Platô sobre canga ferrífera da Floresta Nacional de Carajás, conhecida como Serra Sul, localizada no sudoeste do Estado do Pará (Figura 01). Foram consideradas quatro fisionomias distintas da vegetação como parte do complexo campo rupestre sobre canga, para a análise da vegetação e do solo: Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Capão Florestal e uma Mata de Encosta localizada na área de transição entre os Campos de Canga e Floresta Ombrófila Pluvial seguindo a classificação detalhada da área realizada por Schaefer *et al.* (2008).

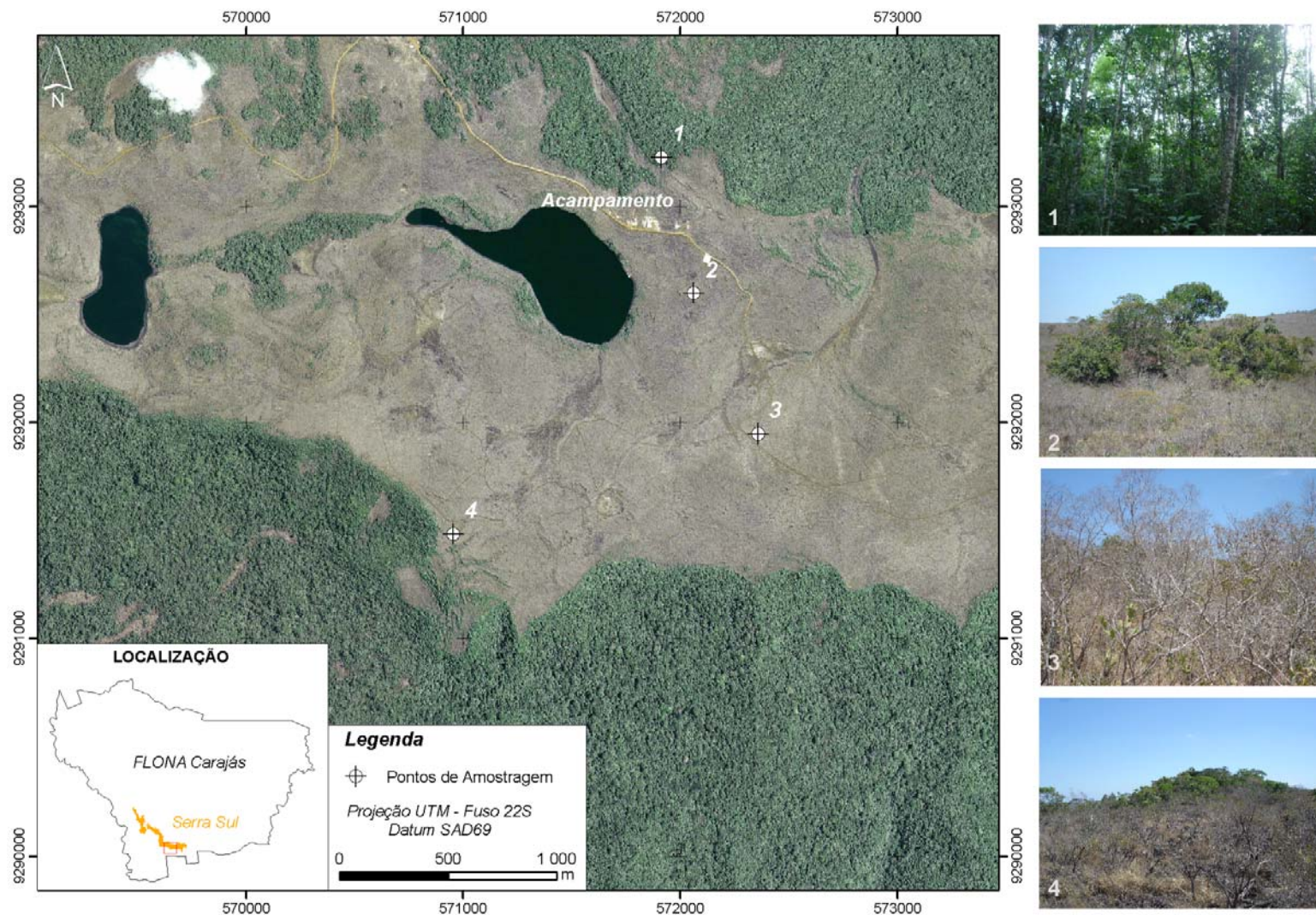


Figura 1 – Localização da FLONA de Carajás, Serra Sul, em destaque as fitofisionomias estudadas: 1- Mata de Encosta; 2 - Capão Florestal (Floresta Estacional Semidecidual Montana); 3 – Campo Rupestre Arbustivo e 4 – Campo Rupestre Aberto. S 06 24' 36,4" e W 50 21' 29,4".

2.2 Metodologia

2.2.1 Caracterização da vegetação

No estudo foram selecionados os padrões de Campo Rupestre sobre canga, que na FLONA de Carajás, pode ser separado em duas fácies, correspondendo as duas fitofisionomias que mais se destacam na área de estudo: (1) O Campo Rupestre mais aberto e baixo, com predomínio de *Vellozia*, constituído por abundante concentração de concreções ferríferas, formando uma verdadeira laje sobre o substrato e repleta de cavidades. (2) Campo Rupestre Arbustivo possui couraça fragmentada permitindo o aprofundamento de raízes. Além destas fitofisionomias foram incluídas: (3) Capão de Vegetação Florestal isolado em meio ao Campo Rupestre sobre canga; (4) Mata de Encosta localizada na borda do platô, localizada no setor de transição às Matas Ombrófilas adjacentes na Serra de Carajás (Figura 2).

A flora das fitofisionomias estudadas é bem distinta, apresentando número alto de espécies exclusivas em cada área (ver capítulo 1).

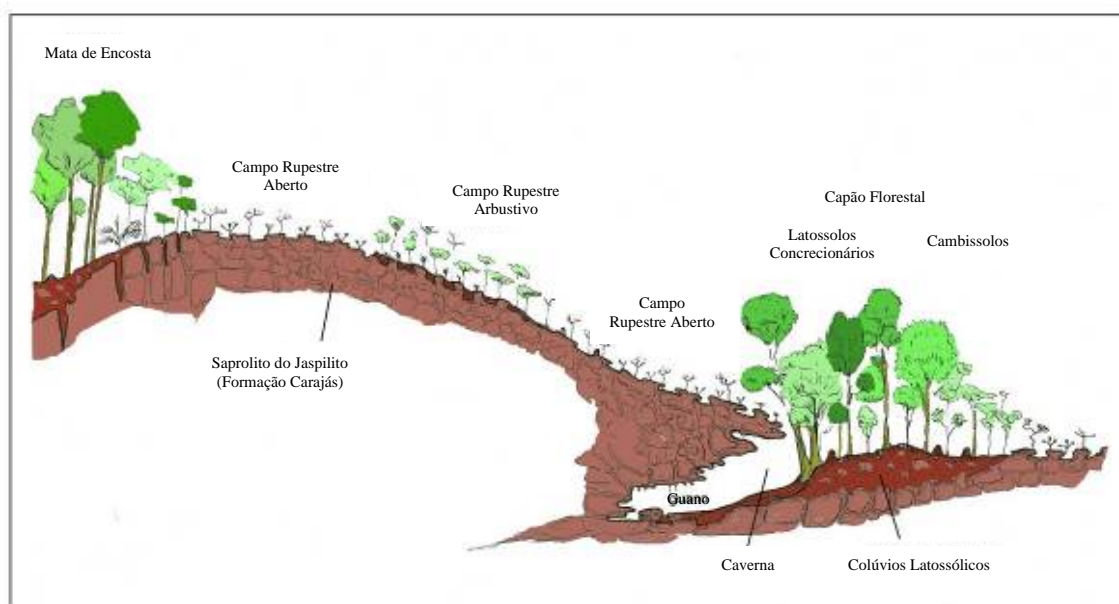


Figura 2 – Corte esquemático da paisagem interna das Serras de Carajás, ilustrando as formações de cavernas e solos associados às fitofisionomias: Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Capão Florestal e Mata de Encosta – Schaefer *et al.* (2008)

Campo Rupestre Aberto

O Campo Rupestre Aberto compreende áreas de afloramento rochoso de minério de ferro, onde o solo friável raramente ultrapassa 5 cm de horizonte



Figura 3 - Campo Rupestre Aberto, Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará, Brasil.

A, rico em matéria orgânica. O solo é formado a partir antigos termiteiros abandonados, formando micro-bolsões de solo orgânico que preenchem fraturas e depressões de dissolução na canga, onde se enraízam *Vellozia glochidea* e tufos herbáceos de *Sobralia liliastrum*, espécies dominantes nessa formação. Nas vertentes mais declivosas e úmidas, essas espécies mostram maior porte e revelam menor efeito do déficit hídrico severo a que estão submetidas. São áreas onde o fogo natural ou antrópico tem dificuldade de propagação pela existência de barreiras naturais de afloramentos de canga em lajedões (Figura 3). Na área predomina a fisionomia campestre com componentes lenhosos subarbustivos ao lado de espécies herbáceas tais como *Ipomoea carajaensis*, *Norantea goyasensis*, *Ipomoea marabaensis*, *Sobralia liliastrum*. Segundo Schaefer *et al.* (2008), esta unidade corresponde às áreas de Plintossolos Pétricos Litoplínticos mais rasos de toda a Serra Sul.

Campo Rupestre Arbustivo

Esta unidade representa a principal fitofisionomia das áreas estudadas, e seu estrato arbustivo mostra notável homogeneidade de composição florística, mas com variações importantes de abundância e dominância (ver capítulo 1). Em geral, os solos mostram-se um pouco mais profundos que



Figura 4 – Campo Rupestre Arbustivo, Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará, Brasil.

aqueles encontrados nos Campos Rupestres Abertos, apresentando couraça mais fragmentada, permitindo o aprofundamento de raízes. Em alguns casos, forma-se um verdadeiro complexo de solos, com alternância de faixas ora mais rasas, ora mais profundas, indicando a atual morfogênese ativa no Platô, com dificuldade de manter a delgada cobertura pedológica aí desenvolvida. A atividade de térmitas de solos mostra-se comparativamente semelhante ao Campo Rupestre Aberto e há termiteiros formados por material mineral, hematítico (Figura 4). Os elementos arbóreos são principalmente *Callistene minor*, *Byrsonima coriacea*, *Bauhinia pulchella*, *Eugenia puniceifolia*, *Alibertia cf. longiflora* e *Mimosa acutistipula* var. *ferrea*.

Em geral, os Plintossolos Pétricos, líticos ou concrecionários, de ocorrência geral nesta fisionomia, mostram-se pouco mais profundos que aqueles encontrados nos Campos Rupestres Abertos (Schaefer *et al* 2008).

Capão Florestal

À medida que se desce as encostas, a flora vai se tornando mais rica em número e porte dos indivíduos e nos trechos de relevo mais suave, onde houve possibilidade de acúmulo de solo e/ou material orgânico, aparecem espécies de porte mais desenvolvido. O Capão Florestal estudado encontra-se



Figura 5 – Capão Florestal, Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará, Brasil.

totalmente ilhado em meio ao Complexo Rupestre, ocorrendo em numa pequena depressão circular dentro do Platô, associado a uma caverna de dissolução (Figura 5). Segundo Schaefer *et al.* (2008), nesse ambiente houve o colapso sub-superficial do saprolito, sotoposto à canga ferrífera, formando áreas de acumulação coluviais, com solo com profundidade de horizonte Bw variando de 20 cm a 1 metro ou pouco mais, onde a retenção hídrica e de nutrientes foram favorecidas. Apresenta Plintossolos Pétricos concrecionários

latossólicos, Latossolos e Cambissolos, todos ricos em concreções lateríticas e dominados por estrutura microgranular muito pequena. São solos onde se observa intensa atividade de térmitas construtores de montículos de terra vermelha, que contrastam muito com os termiteiros negros dos campos rupestres adjacentes. Apresenta as seguintes espécies principais: *Pouteria ramiflora*, *Sacoglottis mattogrossensis* e *Myrcia splendens*.

Mata de encosta

Possui estrutura e fisionomia comparável ao Capão do interior do Platô, mas encontra-se em conexão com as matas do entorno, com as quais se interpenetram, coalescendo. Possui uma composição florística semelhante aos Capões interiores, mas com dominâncias bem diferentes em virtude da maior conectividade com as matas do entorno (Figura 6). Predominam as seguintes espécies: *Mouriri huberi*, *Nealchornea japurensis* e *Caraipa densifolia*.

O solo predominante é o Plintossolo pétrico concrecionário Cambissolicos.



Figura 6 – Interior da Mata de Encosta, Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará, Brasil.

2.2.2 Amostragem da vegetação

Utilizou-se o método de parcelas (Mueller-Dombois & Elleberg 1974). Foram demarcadas 96 parcelas de modo a contemplar as unidades fitofisionômicas: Campo Rupestre Aberto com 40 parcelas aleatórias de 1 m²; Campo Rupestre Arbustivo com 40 parcelas de 25 m² e onde foram amostrados os indivíduos com circunferência a altura do solo (CAS) maior ou igual a 3 cm. No Capão Florestal e na Mata de Encosta foram amostradas 8 parcelas de 100 m² cada, sendo considerados todos os indivíduos com circunferência a 1,30m do solo (CAP) maior ou igual a 10 cm. A identificação do material botânico foi feita por meio de literatura especializada e por comparação no Herbário do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa (VIC). Para atualização dos binômios específicos foram utilizados o índice de espécies do Royal Botanic Gardens of Kew (1993) e as informações disponíveis no *site* do Missouri Botanical Garden (disponível em: <http://www.mobot.org/W3T/search/vast.html>), no mês de junho de 2007. A classificação adotada foi APG II (Souza & Lorenzi 2008).

2.2.3 Coleta de Solos e Serapilheira

As coletas de solo nas fitofisionomias foram realizadas em julho de 2007 com exceção da Mata de Encosta em que as coletas foram feitas em janeiro de 2008. Nas áreas campestres as coletas foram feitas de forma representativa nas proximidades das parcelas, para evitar perturbações, enquanto nas áreas florestais foram feitas dentro das parcelas.

No Campo Rupestre Aberto e Campo Rupestre Arbustivo foram coletadas quatro amostras simples de cerca de 0,5 L da camada superficial (0-10cm) numa linha central, e outras quatro amostras em cada uma das duas linhas laterais paralelas sendo que, para cada amostra de solo foi coletada uma amostra de serapilheira no mesmo ponto. A linha central foi a mesma utilizada para a amostragem florístico-fitosociológica.

No Capão Florestal sobre canga e na Encosta Florestada foram coletadas 3 amostras simples de cerca de 0,5 L da camada superficial (0-10cm) nas parcelas do levantamento florístico-fitosociológico, para

determinação dos atributos químicos e físicos. Para cada amostra de solo foi coletada uma amostra de serapilheira a fim de verificar a ciclagem de nutrientes na área estudada. Posteriormente, a partir do resultado das 3 (três) amostras simples por parcela, foram geradas as médias e desvio padrão das variáveis químicas analisadas e aplicados testes estatísticos de análise de variância (ANOVA) e teste de média de Tukey a 5%.

Em campo as amostras de solo e serapilheira foram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados. Em laboratório as amostras de solo foram secas ao ar livre e passadas por uma peneira com malha de 2 mm. A fração inferior a 2 mm foram para se determinar propriedades químicas do solo e foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Rotina de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

As amostras de serapilheira após a secagem ao ar livre foram moídas em moinhos de facas de aço inox; para homogeneização da amostra. As amostras após moagem foram acondicionadas em frascos de vidro e enviadas ao Laboratório de Solos Florestais do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

As variáveis do solo determinadas foram: acidez ativa (pH); teores de P, K, Ca, Na, Mg, Zn, Fe, Mn e Cu; acidez trocável (Al) e potencial (Al+H); soma de bases (SB) e saturação por bases (V); capacidade de troca catiônica total - CTC- (T) e efetiva (t); saturação por alumínio (m), além dos teores de matéria orgânica (MO) e fósforo remanescente (P-rem). Também foi realizada análise de teores de fósforo (P) na fração terra fina, para quantificação do P total, que, pode estar sendo utilizado pelas plantas.

2.2.4 Análise de Dados

Foram calculados os coeficientes de correlação linear (Pearson) entre as variáveis químicas dos solos nas áreas de estudo, sendo consideradas significativas as correlações com $p < 0,05$ (Zar 1996). O mesmo foi realizado para a serapilheira. Para essas análises utilizou-se o programa Statistica 6 (StatSoft Inc 2003).

O coeficiente de correlação de Pearson, também chamado de “r” de Pearson, mede o grau de correlação (e a direção dessa correlação – positiva

ou negativa) entre duas variáveis de escala métrica. Este coeficiente, normalmente representado pela letra “r” assume apenas valores entre -1 e 1; em que $r = 1$ significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis, $r = -1$ significa uma correlação perfeita negativa entre as duas variáveis e $r = 0$ significa que as duas variáveis independem uma da outra linearmente (Valentim 2000).

Para verificar a existência de diferenças entre as características químicas dos solos e da serapilheira das quatro fitofisionomias estudadas, realizou-se uma análise de variância (ANOVA) com o teste Tuckey (Zar 1996) para diferenças significativas ($p < 0.05$) para tal utilizou-se o programa Statistica 6 (StatSoft, Inc 2003).

Para analisar as correlações entre variáveis ambientais e abundância de espécies foi empregada a análise de correspondência canônica (CCA) (ter Braak 1987). A CCA possibilita uma análise de ordenação direta de gradientes, explicando a distribuição das espécies em relação a variáveis ambientais (ter Braak 1987; ter Braak 1995).

Para essa análise foram elaboradas duas matrizes: uma matriz de vegetação contendo os valores de densidade das espécies nas parcelas, e uma matriz ambiental contendo os dados de solos. A análise foi realizada através do Programa PC-ORD (MC Cune & Mefford 1999). Foram consideradas apenas as espécies com cinco ou mais indivíduos no levantamento total, uma vez que, em técnicas de ordenação, espécies raras interferem muito pouco nos resultados (Gauch 1982), e dificultam a interpretação da CCA. Dessa forma, a matriz de vegetação foi composta de 35 espécies e a matriz ambiental das seguintes variáveis: pH em H₂O, Fósforo (P), Cálcio (Ca), Alumínio (Al), Sódio (Na), Ferro (Fe), Magnésio (Mg), Potássio (K), Fósforo remanescente (P-rem) e Matéria Orgânica (MO).

Para verificar o nível de significância dos resultados apresentados pelo eixo principal da ordenação canônica, permitindo avaliar a probabilidade de acertos nas relações encontradas entre as variáveis da comunidade e as variáveis ambientais foi empregado o teste de permutação de Monte Carlo (ter Braak 1988; 1994).

3.0 Resultados

3.1 Caracterização química do solo

A partir das análises químicas pôde-se constatar que os solos das fitofisionomias estudadas apresentaram acidez elevada, todos com valores considerados baixos e média entre 3,76 e 4,43 de pH. Os teores de fósforo (P) disponível, em todas as fisionomias, foram baixos com exceção do Capão florestal que apresentou 2,5 vezes o valor das demais áreas estudadas. A acidez elevada dos solos está diretamente relacionada com a deficiência de nutrientes, indicando solos de baixa fertilidade (Tabela 1, Anexo 1).

Detectou-se a presença do Al trocável, com valores médios em todas as fisionomias, e valor um pouco maior no Capão Florestal. Os solos sob o Capão Florestal exibem os maiores teores de P, Zn e Al dentre todas as fitofisionomias estudadas, e menores valores de pH, K, Ca, Mg, Mn, Cu, (H + Al), SB, t, T, V, MO e P-rem.

Os valores de sódio Na, embora baixos, foram maiores nos campos rupestres que nas fitofisionomias florestais, o que ocorreu também com o potássio K. Quanto aos teores de Ferro disponível Fe há uma situação similar, os maiores valores ocorreram nos campos rupestres, já que estão inseridos em área de canga hematítica, sendo o maior teor apresentado pelo Campo Rupestre Arbustivo, comparado também com as áreas florestadas.

Já o cálcio (Ca) apresentou valor médio no Campo Rupestre Aberto e baixo nas demais fitofisionomias. A capacidade de troca catiônica (CTC) apresentou-se baixa em todas as fitofisionomias estudadas, corroborando o extremo grau de intemperismo dos solos.

Tabela 1 – Variáveis químicas superficiais do solo (0-10) em quatro fisionomias na Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará. Os dados estão representados pelas médias entre as parcelas, com seus respectivos desvios padrão. CRAb = Campo Rupestre Aberto; CRA = Campo Rupestre Arbustivo ; CA = Capão; ME = Mata de Encosta. H + Al = Acidez Potencial; SB = Soma de Bases Trocáveis; V = Índice de Saturação de Bases; t = Capacidade de troca Catiônica Efetiva; T = Capacidade de Troca Catiônica a pH 7.0; m = Índice de Saturação de alumínio; ISNa = Índice de Saturação de Sódio; MO = Matéria Orgânica; P-rem = Fósforo remanescente.

Variáveis do Solo	CRAb	CRA	CA	ME
pH (H ₂ O)	4.37 ± 0,34	4.26 ± 0,20	3.76 ± 0,24	4.43 ± 0,14
pH (KCl)	3.05 ± 0,26	3.16 ± 0,21	3.3 ± 0,23	3.82 ± 0,10
P (mg/dm ³)	2.29 ± 0,62	1.58 ± 0,64	9.11v ± 7,23	3.75 ± 1,47
k (mg/dm ³)	68.5 ± 15,68	88.42 ± 26,78	27.25 ± 7,07	57.58 ± 10,89
Ca (cmolc/dm ³)	1.43 ± 1.05	0.69 ± 0,55	0.001 ± 0,01	0.11 ± 0,14
Mg (cmolc/dm ³)	0.44 ± 0,29	0.46 ± 0,16	0.05 ± 0,02	0.34 ± 0,31
Zn (mg/dm ³)	1.99 ± 1,06	1.41 ± 0,33	2.09 ± 6,64	0.86 ± 0,24
Fe (mg/dm ³)	866.93 ± 186,80	980.36 ± 152,36	427.84 ± 250,09	153.54 ± 37,69
Mn (mg/dm ³)	11.91 ± 8,27	6.29 ± 2,93	1.28 ± 0,30	7.60 ± 2,48
Cu (mg/dm ³)	0.48 ± 0,14	0.56 ± 0,26	0.41 ± 0,22	0.58 ± 0,16
Al ³⁺ (cmolc/dm ³)	1.04 ± 0,42	1.63 ± 0,34	2.20 ± 0,40	1.94 ± 0,38
H+Al (cmolc/dm ³)	22.39 ± 7,45	20.49 ± 2,87	19.70 ± 2,73	21.29 ± 2,68
SB (cmolc/dm ³)	2.11 ± 1,29	1.44 ± 0,67	0.16 ± 0,06	0.62 ± 0,43
t (cmolc/dm ³)	3.14 ± 1,15	3.03 ± 0,62	2.36 ± 0,43	2.56 ± 0,57
T (cmolc/dm ³)	24.50 ± 8,01	21.93 ± 3,11	19.78 ± 2,60	21.91 ± 2,88
V %	8.68 ± 4,40	6.52 ± 2,76	0.74 ± 0,39	2.74 ± 1,77
m %	37.39 ± 18,65	54.21 ± 14,67	93.01 ± 2,09	77.28 ± 12,29
ISNa %	2.23 ± 1,33	2.14 ± 1,10	1.45 ± 0,96	0.91 ± 0,33
MO (dag/Kg-1)	40.24 ± 12,81	28.80 ± 12,29	6.87 ± 1,63	8.06 ± 2,57
P-rem (mg/L)	28.45 ± 3,89	20.58 ± 9,44	11.85 ± 1,99	11.93 ± 2,25
Na(mg/dm ³)	14.25 ± 6,98	14.38 ± 7,38	7.65 ± 4,79	5.26 ± 2,01

3.2 Caracterização química da serapilheira

Com relação a análise química total da serapilheira, o fósforo (P) apresentou um teor menor no Capão Florestal. Esta condição indica a ocorrência de formas de (P) com (Fe)/(Al) na superfície do solo, uma vez que o solo apresentou seu maior valor de (P) disponível nesta mesma fisionomia (Tabela 2, Anexo 2), indicando sua lenta incorporação na fitomassa.

Os teores de cálcio (Ca) e potássio (K) apresentaram maiores valores na Mata de Encosta.

Por apresentar teores relativamente altos de Zinco (Zn) na análise foliar, e baixos valores na análise química dos solos pode-se afirmar a ocorrência de ciclagem na superfície do solo em todas as fitofisionomias estudadas.

Os valores de Ferro (Fe) foram bastante elevados nas fitofisionomias, sendo, pela presença de partículas minerais na serapilheira, sendo que a Mata de Encosta seguida pelo Campo Rupestre Aberto apresentaram os maiores teores, com a primeira apresentando um valor três vezes maior que a segunda. Os maiores valores de manganês (Mn) também foram encontrados nessas fisionomias. A Mata de Encosta obteve o maior valor de cobre (Cu), nitrogênio (N) e enxofre (S). O Capão Florestal obteve o maior valor de boro seguido da Mata de Encosta.

Quanto ao nitrogênio, não foi encontrado um padrão claro de variação dentre as fisionomias estudadas, porém as fisionomias florestais (Capão Florestal e Mata de Encosta) mostraram valores maiores que os campos.

Tabela 2 – Variáveis químicas da análise total da serapilheira em quatro fisionomias na Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará. Os dados estão representados pelas médias entre as parcelas, com seus respectivos desvios padrão. CRAb = Campo Rupestre Aberto; CRA = Campo Rupestre Arbustivo; CA = Capão; ME = Mata de Encosta.

Variáveis Serapilheira	CRAb	CRA	CA	ME
P (dag/Kg) %	0,03 ± 0,03	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,01
K (dag/Kg) %	0,05 ± 0,05	0,10 ± 0,07	0,08 ± 0,04	0,13 ± 0,02
Ca (dag/Kg)	0,73 ± 0,38	0,65 ± 0,35	0,57 ± 0,15	0,80 ± 0,16
Mg (dag/Kg)	0,12 ± 0,06	0,15 ± 0,05	0,15 ± 0,04	0,11 ± 0,02
Zn (mg/Kg)	19,36 ± 4,17	16,87 ± 2,25	17,92 ± 4,52	18,6 ± 2,74
Fe (mg/Kg)	13.989,38 ± 41.428,14	2.93,59 ± 4.55,45	601,13 ± 796,21	47.116,25 ± 44.966,31
Mn (mg/Kg)	222,76 ± 110,64	148,05 ± 36,31	177,77 ± 44,78	289,23 ± 62,25
Cu (mg/Kg)	4,08 ± 2,93	7,97 ± 12,50	5,375 ± 2,25	11,69 ± 2,66
N (dag/Kg) %	0,97 ± 0,19	1,01 ± 0,19	1,22 ± 0,15	2,08 ± 0,32
S (dag/Kg)	0,08 ± 0,08	0,06 ± 0,02	0,11 ± 0,11	0,18 ± 0,06
B (mg/Kg)	19,99 ± 4,37	19,15 ± 4,70	33,28 ± 6,83	23,24 ± 4,26

3.3 Correlação de Pearson

3.3.1 Solos

Na correlação de Pearson nos solos estudados verifica-se que boa parte dos nutrientes correlaciona-se positivamente com a Matéria Orgânica, com

destaque para Cálcio (Ca) ($r = 0,71$), Ferro (Fe) ($r = 0,69$) e potássio (K) ($r = 0,55$), enquanto o fósforo disponível (P) não apresentou correlação positiva nem significativa. CTC e a soma de bases (SB) foram, portanto, fortemente dependentes da Matéria Orgânica (MO) ($r = 0,70$), evidenciando a baixíssima capacidade de troca de fração mineral dos solos. O fósforo remanescente (P-rem) do solo, por outro lado, aumentou com o aumento da matéria orgânica ($r = 0,63$) visto que a (MO) retarda a fixação de (P) nestes solos extremamente oxidicos, aumentando sua disponibilidade. O ferro disponível pelo método de Melich também se mostrou correlacionado à Matéria Orgânica, evidenciando o seu papel na dissolução dos compostos férricos precipitados (oxi-hidróxidos), tão abundantes nestes solos (Quadro 5).

3.3.2 Serapilheira

Na serrapilheira, os nutrientes que mostraram correlações positivas de forma mais destacada foi Fósforo (P) e Ferro (Fe) com $r = 0,73$; Enxofre (S) e Ferro (Fe) com $r = 0,63$; o Ferro (Fe) mostrou baixa correlação positiva com Manganês (Mn) ($r = 0,26$) e Cobre (Cu) ($r = 0,30$). Entre Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) ($r = 0,48$) aparece tendência semelhante, porém com baixa correlação. O Fósforo (P), Nitrogênio e Enxofre (S) mostraram correlação positiva e significativa (Quadro 6) evidenciando que as formas de fósforo orgânico predominam na serapilheira.

Quadro 6 - Coeficientes de correlação linear entre as características químicas da serapilheira analisadas em quatro fisionomias “Campo Rupestre Aberto (CRAb), Campo Rupestre Arbustivo (CRA), Capão Florestal (CA) e Mata de Encosta (ME)” . Todas as variáveis em cinza foram significativas na Serra Sul, Serra dos Carajás - Pará. ($p < 0,05$).

	P	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Mn	Cu	N	S	B
P	1,00	0,42	0,07	-0,20	0,11	0,73	0,46	0,34	0,63	0,66	0,07
K	0,42	1,00	0,04	0,03	0,25	0,13	0,22	0,26	0,44	0,15	-0,07
Ca	0,07	0,04	1,00	0,48	0,20	-0,02	0,40	0,36	0,29	-0,02	0,12
Mg	-0,20	0,03	0,48	1,00	0,14	-0,37	-0,09	0,09	-0,17	-0,24	0,44
Zn	0,11	0,25	0,20	0,14	1,00	0,07	0,23	0,14	0,08	-0,06	-0,14
Fe	0,73	0,13	-0,02	-0,37	0,07	1,00	0,26	0,30	0,23	0,63	-0,29
Mn	0,46	0,22	0,40	-0,09	0,23	0,26	1,00	0,32	0,57	0,28	-0,04
Cu	0,34	0,26	0,36	0,09	0,14	0,30	0,32	1,00	0,36	0,22	-0,24
N	0,63	0,44	0,29	-0,17	0,08	0,23	0,57	0,36	1,00	0,32	0,05
S	0,66	0,15	-0,02	-0,24	-0,06	0,63	0,28	0,22	0,32	1,00	-0,05
B	0,07	-0,07	0,12	0,44	-0,14	-0,29	-0,04	-0,24	0,05	-0,05	1,00

Quadro 5 - Coeficientes de correlação linear entre as características químicas do solo analisadas em quatro fisionomias “Campo Rupestre Aberto (CRAb), Campo Rupestre Arbustivo (CRA), Capão Florestal (CA) e Mata de Encosta (ME)” nas profundidades 0-10 cm (Horizonte A) todas as variáveis em cinza foram significativas na Serra Sul, Serra dos Carajás - Pará. ($p < 0,05$).

	P	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Mn	Cu	Al3+	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-rem	pH H2O	pH KCL	Na
P	1,00	-0,51	-0,31	-0,38	-0,04	-0,31	-0,38	-0,08	0,27	-0,24	-0,39	-0,30	-0,30	-0,43	0,46	-0,23	-0,35	-0,32	-0,40	0,12	-0,32
K	-0,51	1,00	0,33	0,60	-0,05	0,50	0,42	0,46	-0,35	0,12	0,51	0,39	0,22	0,59	-0,63	0,34	0,55	0,50	0,48	-0,14	0,49
Ca	-0,31	0,33	1,00	0,60	0,03	0,48	0,75	-0,05	-0,65	0,36	0,96	0,76	0,54	0,87	-0,86	0,08	0,71	0,69	0,35	-0,37	0,37
Mg	-0,38	0,60	0,60	1,00	0,01	0,21	0,70	0,31	-0,43	0,25	0,79	0,71	0,40	0,79	-0,79	0,03	0,40	0,40	0,53	0,04	0,31
Zn	-0,04	-0,05	0,03	0,01	1,00	0,13	-0,01	-0,01	0,03	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	-0,02	0,11	0,04	0,03	-0,09	-0,13	0,13
Fe	-0,31	0,50	0,48	0,21	0,13	1,00	0,14	0,01	-0,31	0,21	0,48	0,39	0,28	0,49	-0,52	0,47	0,69	0,57	-0,12	-0,76	0,59
Mn	-0,38	0,42	0,75	0,70	-0,01	0,14	1,00	0,19	-0,58	0,38	0,80	0,60	0,52	0,71	-0,75	-0,02	0,51	0,43	0,66	0,11	0,19
Cu	-0,08	0,46	-0,05	0,31	-0,01	0,01	0,19	1,00	0,03	0,07	0,10	0,14	0,09	0,09	-0,12	0,27	0,20	-0,09	0,30	0,32	0,33
Al3+	0,27	-0,35	-0,65	-0,43	0,03	-0,31	-0,58	0,03	1,00	0,20	-0,65	-0,07	0,04	-0,71	0,76	-0,37	-0,54	-0,62	-0,55	0,12	-0,37
H+Al	-0,24	0,12	0,36	0,25	0,02	0,21	0,38	0,07	0,20	1,00	0,35	0,61	0,98	0,09	-0,20	-0,31	0,28	0,03	0,04	-0,15	-0,09
SB	-0,39	0,51	0,96	0,79	0,02	0,48	0,80	0,10	-0,65	0,35	1,00	0,81	0,54	0,94	-0,94	0,12	0,70	0,68	0,46	-0,28	0,43
t	-0,30	0,39	0,76	0,71	0,05	0,39	0,60	0,14	-0,07	0,61	0,81	1,00	0,73	0,68	-0,64	-0,13	0,50	0,42	0,18	-0,28	0,28
T	-0,30	0,22	0,54	0,40	0,03	0,28	0,52	0,09	0,04	0,98	0,54	0,73	1,00	0,29	-0,39	-0,25	0,41	0,17	0,15	-0,19	0,01
V	-0,43	0,59	0,87	0,79	0,02	0,49	0,71	0,09	-0,71	0,09	0,94	0,68	0,29	1,00	-0,96	0,24	0,67	0,77	0,46	-0,31	0,51
m	0,46	-0,63	-0,86	-0,79	-0,02	-0,52	-0,75	-0,12	0,76	-0,20	-0,94	-0,64	-0,39	-0,96	1,00	-0,25	-0,71	-0,78	-0,50	0,32	-0,48
ISNa	-0,23	0,34	0,08	0,03	0,11	0,47	-0,02	0,27	-0,37	-0,31	0,12	-0,13	-0,25	0,24	-0,25	1,00	0,40	0,27	0,07	-0,25	0,88
MO	-0,35	0,55	0,71	0,40	0,04	0,69	0,51	0,20	-0,54	0,28	0,70	0,50	0,41	0,67	-0,71	0,40	1,00	0,63	0,32	-0,45	0,58
P-rem	-0,32	0,50	0,69	0,40	0,03	0,57	0,43	-0,09	-0,62	0,03	0,68	0,42	0,17	0,77	-0,78	0,27	0,63	1,00	0,17	-0,63	0,43
pH H2O	-0,40	0,48	0,35	0,53	-0,09	-0,12	0,66	0,30	-0,55	0,04	0,46	0,18	0,15	0,46	-0,50	0,07	0,32	0,17	1,00	0,50	0,16
pH KCL	0,12	-0,14	-0,37	0,04	-0,13	-0,76	0,11	0,32	0,12	-0,15	-0,28	-0,28	-0,19	-0,31	0,32	-0,25	-0,45	-0,63	0,50	1,00	-0,34
Na	-0,32	0,49	0,37	0,31	0,13	0,59	0,19	0,33	-0,37	-0,09	0,43	0,28	0,01	0,51	-0,48	0,88	0,58	0,43	0,16	-0,34	1,00

3.4 Análise de Variância (ANOVA)

Análise de Variância (ANOVA) verificou a existência de diferenças entre as características químicas dos solos e da serapilheira nas quatro fitofisionomias estudadas, as que se mostraram significativas estão ilustradas nas Figuras 7 (A e B), 8 (C e D), 9 (E e F), 10 (G e H), 11 (I e J), 12 (L e M) e 13 (N e O).

As Figuras 7 a 13 comparam os teores dos nutrientes analisados no solo e na serapilheira entre as fisionomias estudadas. Na Figura 7A, o fósforo da serapilheira aumentou com o incremento do porte da vegetação, sendo máximo na borda, ou seja, na mata de Encosta, pouco menor no Capão interior e com os menores valores nos Campos Rupestres. Já no solo (Figura 7B), o teor de fósforo foi maior no Capão Florestal que na Mata de Encosta e menores nos campos rupestres. O Cálcio (Ca) é sistematicamente concentrado nos solos e na serapilheira no Campo rupestre Aberto, com tendência oposta ao do Fósforo (Figura 8 - C e D).

O potássio (K) na serapilheira aumentou com o incremento do porte da vegetação, enquanto nos solos ocorreu o inverso, ou seja, o teor de (K) diminuiu com o porte da vegetação, indicando ciclagem intensa nas formações florestais provavelmente devido à eficiência das raízes das plantas das Matas em absorver o K ciclado (Figura 9 - E e F). O manganês (Mn) na serrapilheira e no solo foi maior no Campo Rupestre Aberto da formação Carajás, evidenciando a influência da canga ferrífera (Figura 10 - G e H).

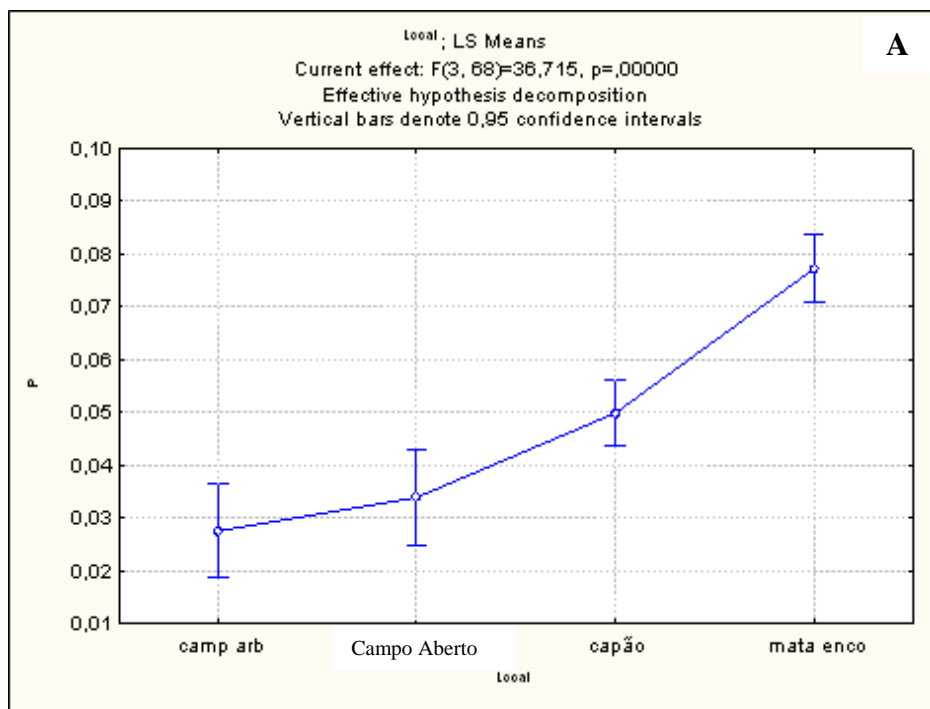
O teor do Ferro (Fe) nos solos é maior nos campos rupestres sendo maior no Campo Rupestre Arbustivo e decresce para as áreas florestadas. Na serrapilheira ocorre processo similar (Figura 11 - I e J).

O Enxofre (S) e Nitrogênio (N) (Figura 12 - L e M) analisados na serapilheira aumentaram com o aumento do porte da fitomassa. Os teores de Alumínio trocável (Al) nos solos seguiram a mesma tendência (Figura 13 - N). O teor de sódio nos solos foi muito baixo em todas as fitofisionomias, ainda assim o maior valor foi encontrado nos ambientes rupestres (Figura 13 - O).

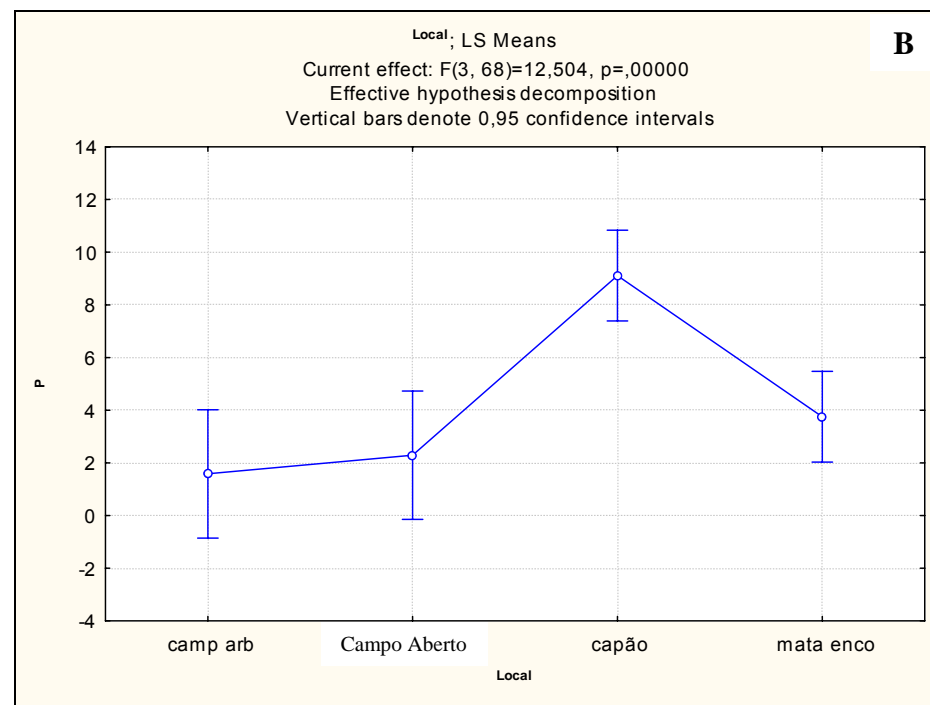
Não há, portanto, nenhuma indicação de que o Al trocável ou teores de Fe disponível estejam, de alguma forma, controlando a diminuição ou aumento

da fitomassa na Serra de Carajás, ao contrário do que postulam alguns trabalhos precusores (Porto & Silva, 1989; Silva 1992 e 1991).

Figura 7 – Análise de Variância do Fósforo (P) na serapilheira (A) e no solo (B) na profundidade 0-10 cm (Horizonte A) entre as fitofisionomias analisadas: “Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Capão Florestal e Mata de Encosta (ME)” na Serra Sul, FLONA dos Carajás - Pará. ($p < 0,05$).

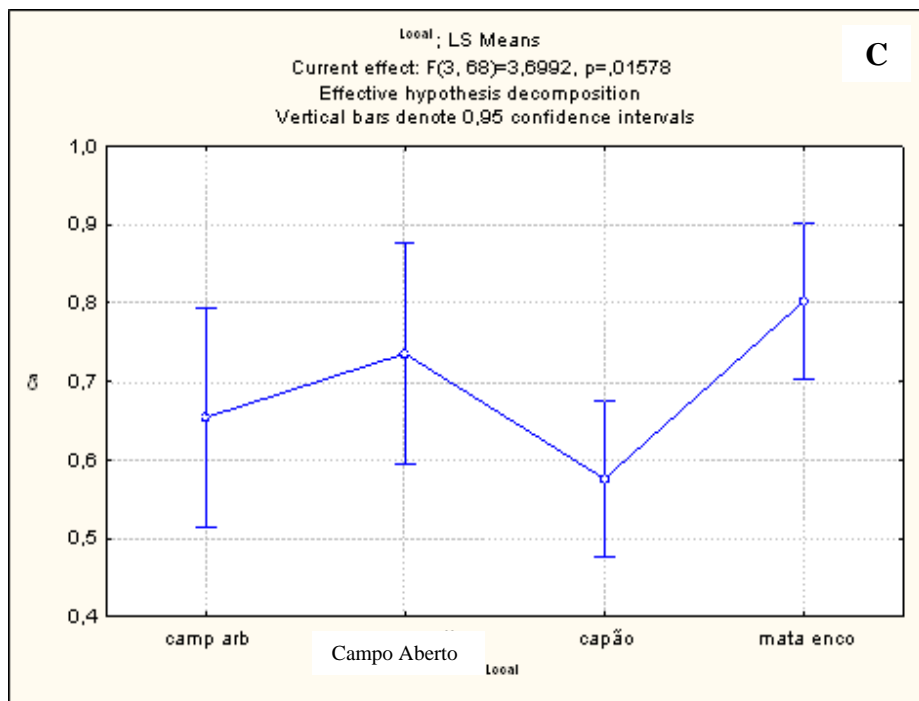


Serapilheira

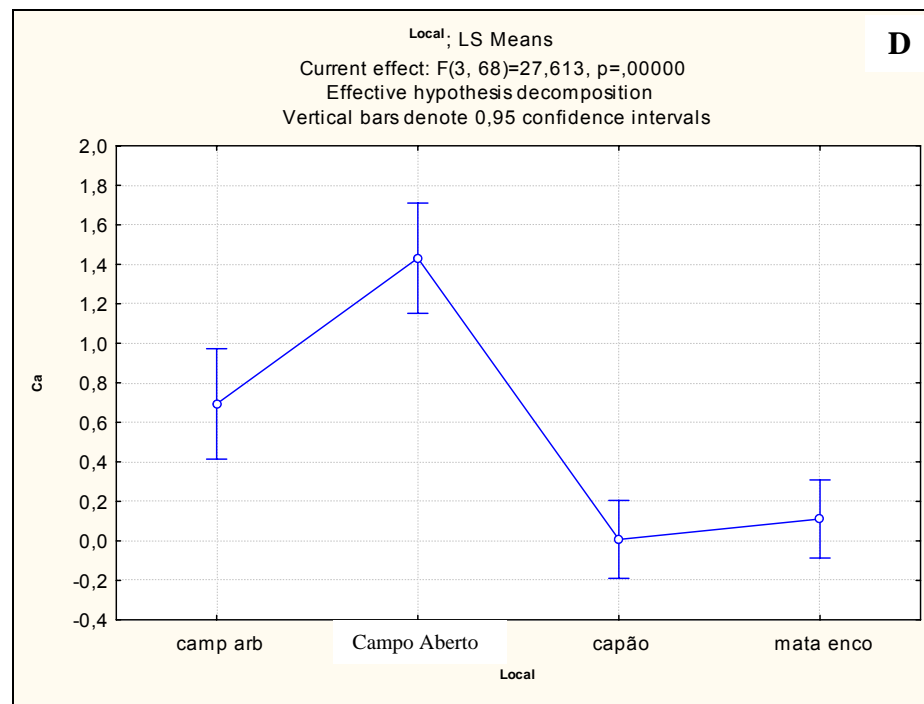


Solo

Figura 8 – Análise de Variância do Cálcio (Ca) na serapilheira (C) e no solo (D) na profundidade 0-10 cm (Horizonte A) entre as fitofisionomias analisadas: “Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Capão Florestal e Mata de Encosta (ME)” na Serra Sul, FLONA dos Carajás - Pará. ($p < 0,05$).

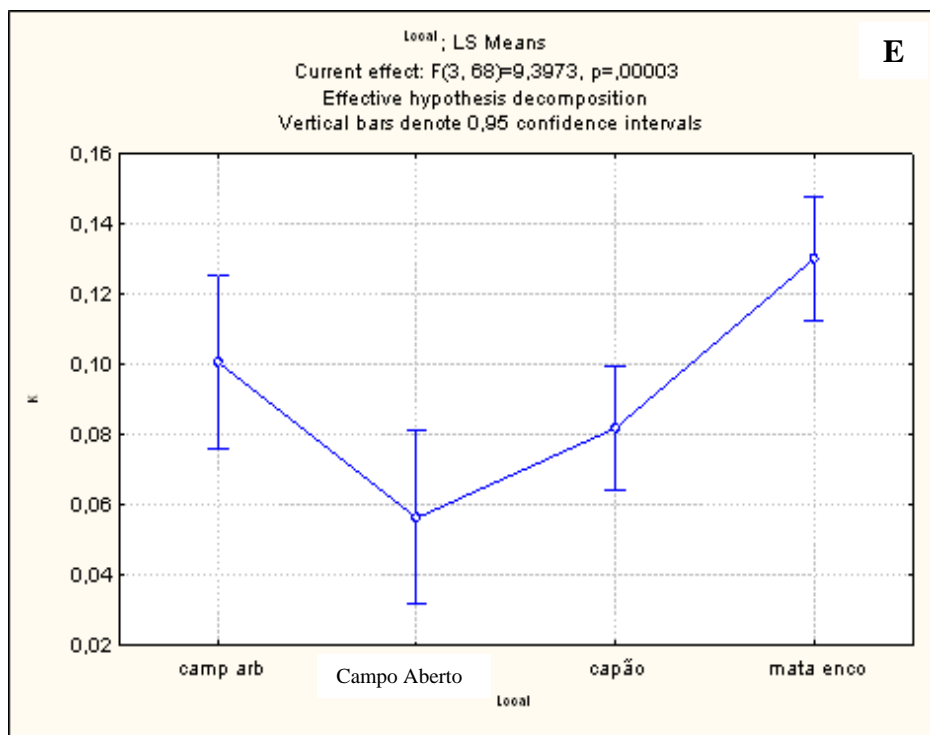


Serapilheira

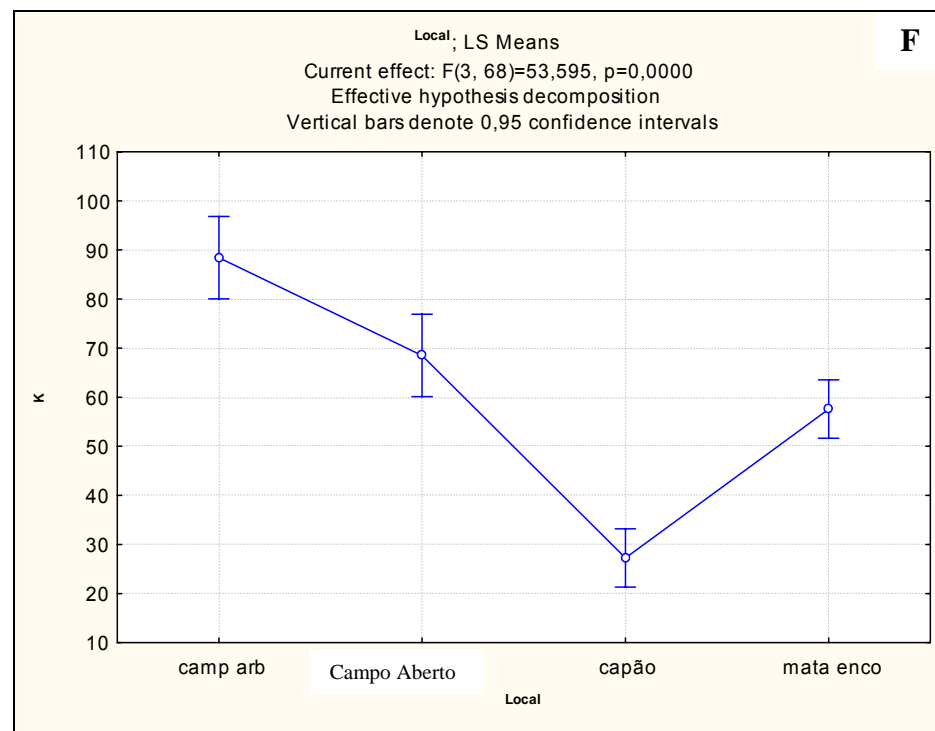


Solo

Figura 9 – Análise de Variância do Potássio (K) na serapilheira (E) e no solo (F) na profundidade 0-10 cm (Horizonte A) entre as fitofisionomias analisadas “Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Capão Florestal e Mata de Encosta (ME)” na Serra Sul, FLONA dos Carajás - Pará. ($p < 0,05$).

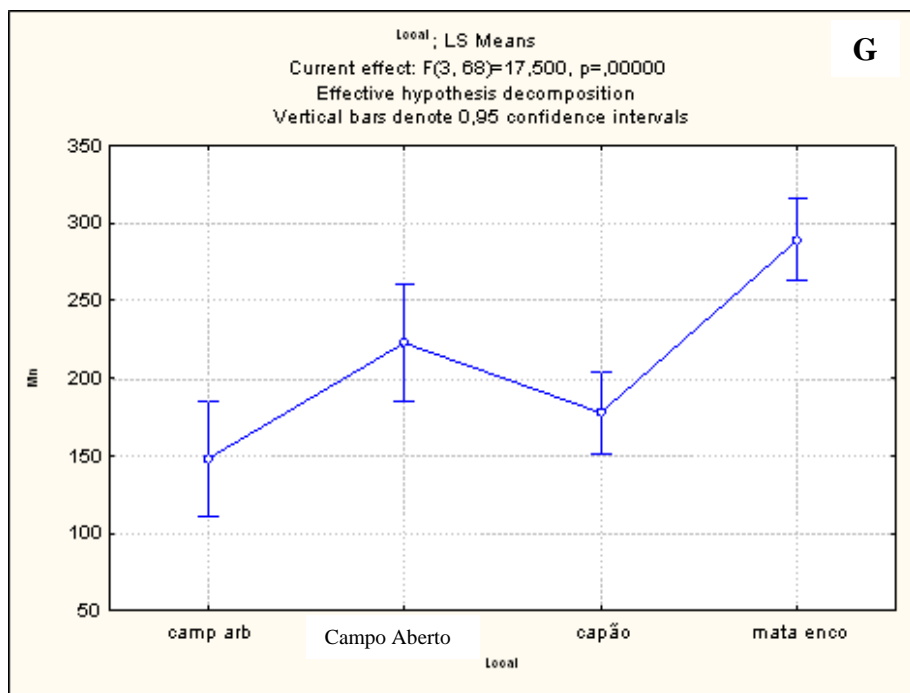


Serapilheira

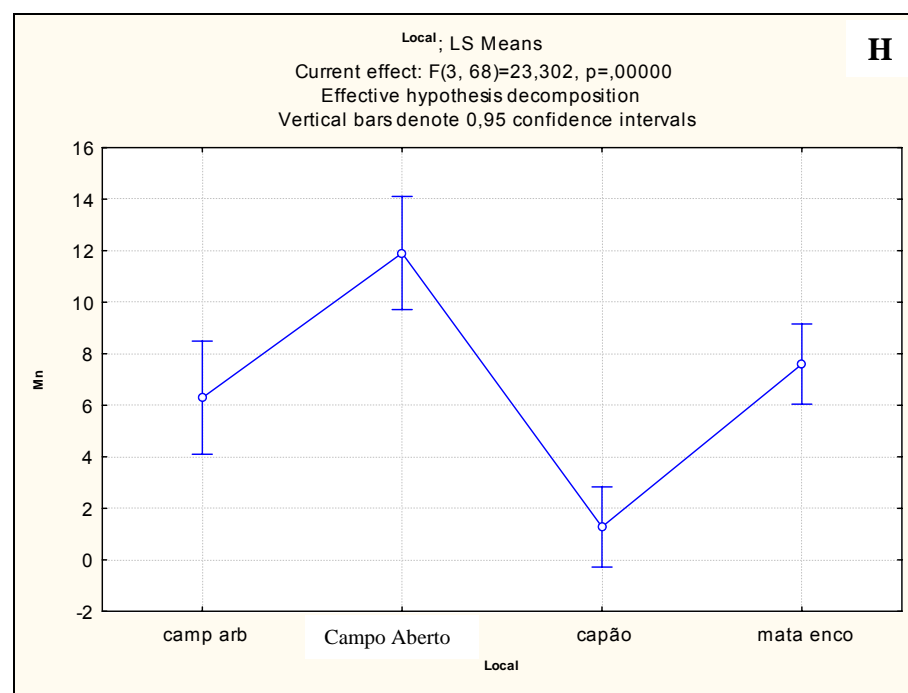


Solo

Figura 10 – Análise de Variância do Manganês (Mn) na serapilheira (G) e do solo (H) na profundidade 0-10 cm (Horizonte A) entre as fitofisionomias analisadas: “Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Capão Florestal e Mata de Encosta (ME)” na Serra Sul, FLONA dos Carajás - Pará. ($p < 0,05$).

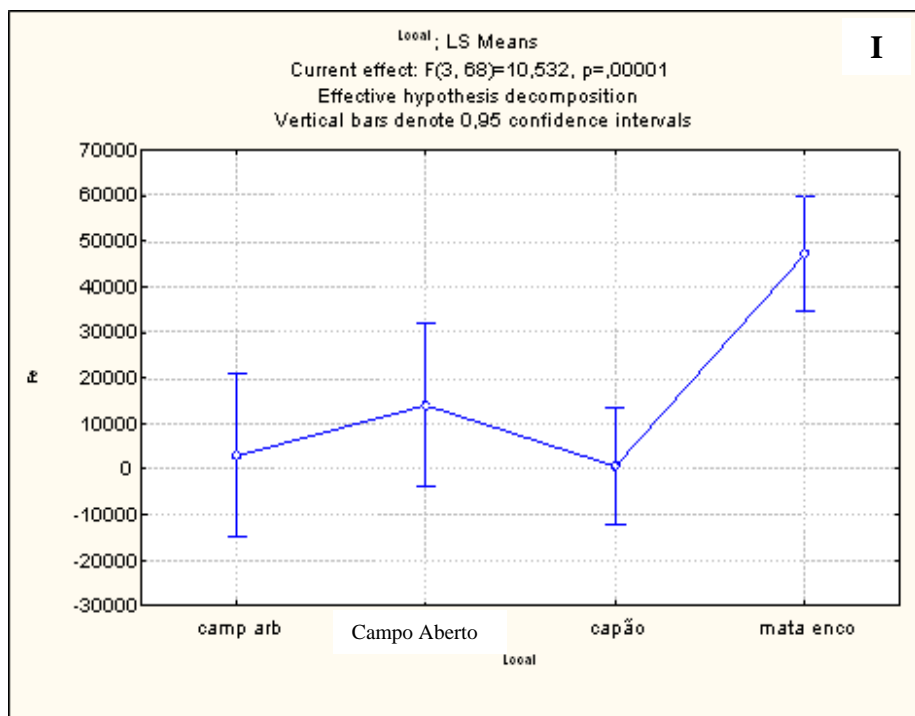


Serapilheira

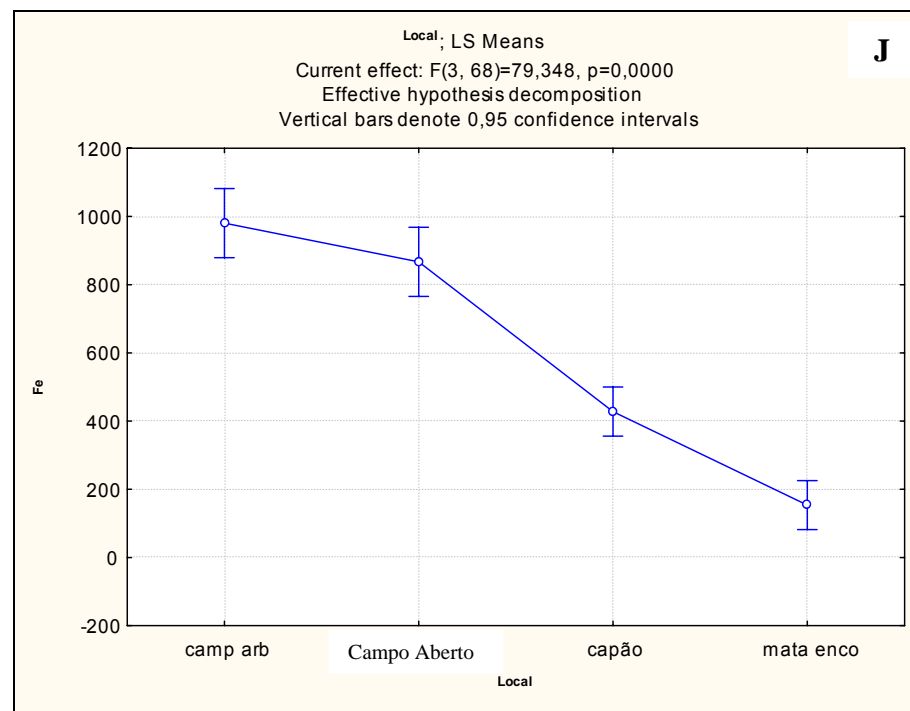


Solo

Figura 11 – Análise de Variância do Ferro (Fe) na serapilheira (I) e no solo (J) na profundidade 0-10 cm (Horizonte A) entre as fitofisionomias analisadas: “Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Capão Florestal e Mata de Encosta (ME)” na Serra Sul, FLONA dos Carajás - Pará. ($p < 0,05$).

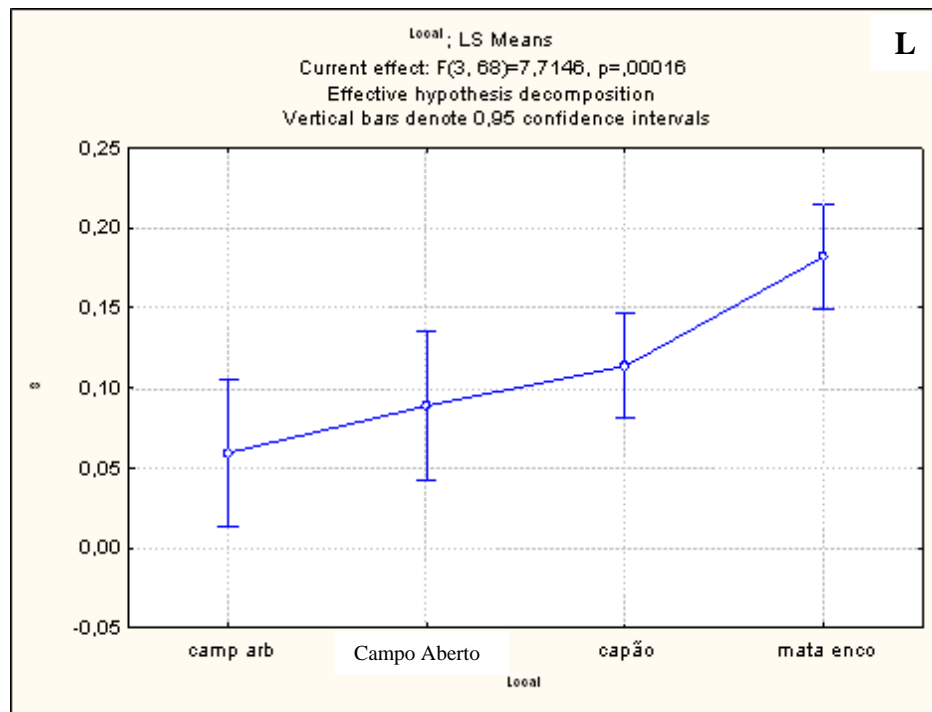


Serapilheira

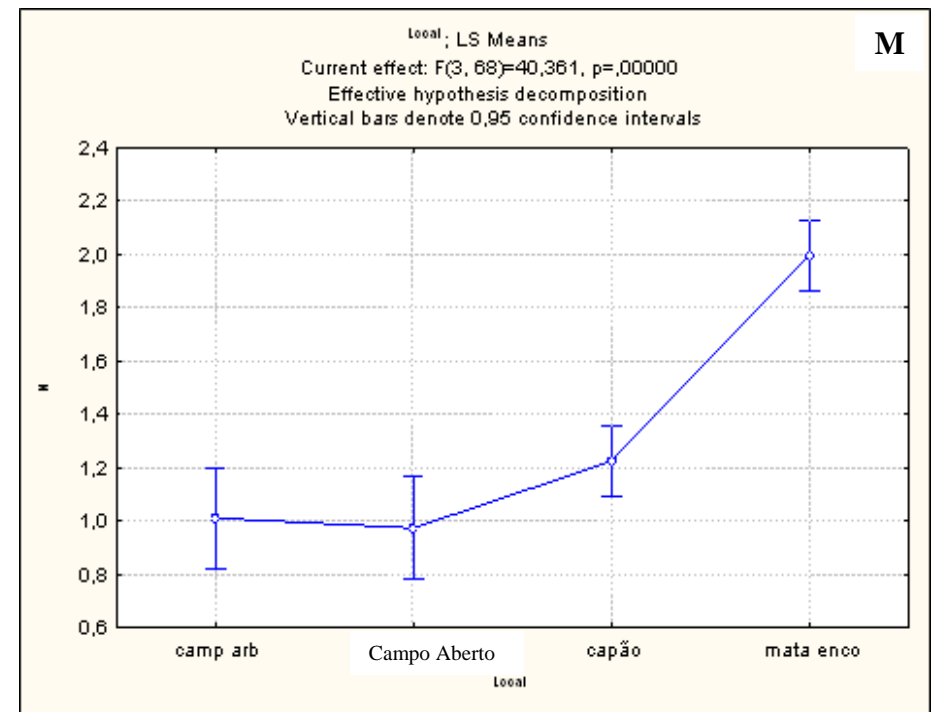


Solo

Figura 12 – Análise de Variância do Enxofre (S) e do Nitrogênio (N) na serapilheira (L) e (M) respectivamente, entre as fitofisionomias analisadas: “Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Capão Florestal e Mata de Encosta (ME)” na Serra Sul, FLONA dos Carajás - Pará. ($p < 0,05$).

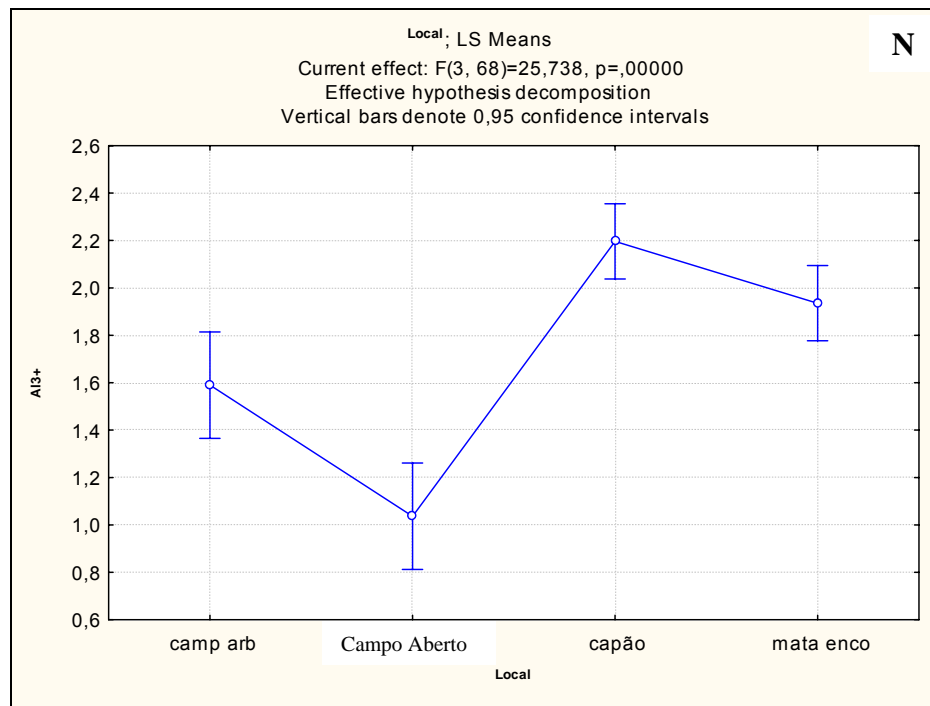


Serapilheira

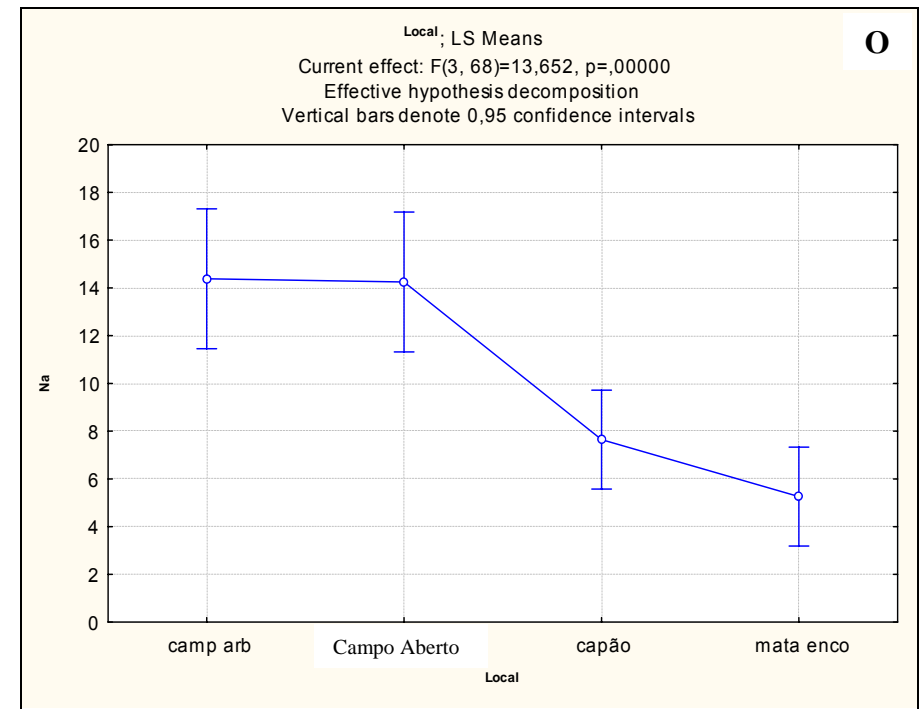


Serapilheira

Figura 13 – Análise de Variância do Alumínio (Al^{3+}) e do Sódio (Na) no solo na profundidades 0-10 cm (Horizonte A); (N) e (O) respectivamente entre as fitofisnomias analisadas: “Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Capão Florestal e Mata de Encosta (ME)” na Serra Sul, FLONA dos Carajás - Pará. ($p < 0,05$).



Solo



Solo

3.5 Variáveis ambientais e Distribuição de Espécies

3.5.1 Análise de Correspondência Canônica (CCA)

Para análise de ordenação (CCA) foram avaliadas 35 espécies mais abundantes dentre as 166 listadas. Os resultados da análise de correspondência canônica estão apresentados nas Figuras 14 e 15 e na tabela 4. Na tabela 3 são apresentadas as espécies com respectivos nomes abreviados e abundância.

Tabela 3 – Espécies analisadas no cálculo de correlação canônica (CCA), estando representadas por cinco ou mais indivíduos na amostragem na Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará. Rupestre Aberto (CRAb), Campo Rupestre Arbustivo (CRA), Capão Florestal (CA). O número entre parênteses depois da espécie representa a espécie no gráfico.

Espécies	Abreviações	CRAb	CRA	CA
<i>Alchornea discolor</i> (21)	Alc dis	0	6	0
<i>Alchornea fluviatilis</i> (28)	Alc flu	0	0	5
<i>Alibertia longiflora</i> (19)	Ali lon	0	147	0
<i>Ananas ananassoides</i> (12)	Ana ana	6	0	0
<i>Andropogon bicornis</i> (13)	Andr bic	7	0	0
<i>Andropogon leucostachyus</i> (6)	Andr leu	60	0	0
<i>Axonopus cf. leptostachyus</i> (1)	Axo lep	107	0	0
<i>Bauhinia pulchella</i> (17)	Bau pul	0	89	0
<i>Byrsonima coriacea</i> (24)	Byr cor	0	33	0
<i>Callisthene minor</i> (20)	Cal min	0	177	0
<i>Catasetum discolor</i> (7)	Cat dis	6	0	0
<i>Conarus perrottetii</i> (35)	Con per	0	0	9
<i>Cuphea annulata</i> (8)	Cup anu	8	0	0
<i>Cuphea tenella</i> (5)	Cup ten	23	0	0
<i>Erythroxylum nelson-rosae</i> (23)	Ery nel	0	33	0
<i>Eugenia puniceifolia</i> (15)	Eug pun	0	37	0
<i>Guapira ferruginea</i> (16)	Guap fer	0	13	0
<i>Guatteria schomburgkiana</i> (26)	Alc sck	0	5	0
<i>Imperata brasiliensis</i> (4)	Imp bra	10	0	0
<i>Ipomoea marabaensis</i> (9)	Ipo mar	6	0	0
<i>Matayba arborescens</i> (34)	Mat arb	0	0	7
<i>Miconia minutiflora</i> (33)	Mic min	0	0	5
<i>Mimosa acutistipula</i> var. <i>ferrea</i> (27)	Mim acu	0	45	0
<i>Mimosa skinneri</i> var. <i>carajarum</i> .(2)	Mim. sp	6	0	0
<i>Myrcia cuprea</i> (22)	Myr cup	0	13	0
<i>Myrcia splendens</i> (32)	Myr spl	0	0	21
<i>Ouratea castaneifolia</i> (18)	Our cast	0	17	0
<i>Periandra mediterranea</i> (14)	Per med	0	8	0
<i>Pouteria ramiflora</i> (29)	Pou ram	0	0	31

Continuação da Tabela 3

Espécies	Abreviações	CRAb	CRA	CA
<i>Sacoglottis mattogrossensis</i> (30)	Scle pan	0	0	31
<i>Sclerolobium paniculatum</i> (32)	Sac mat	0	0	13
<i>Simarouba amara</i> (10)	Sim ama	2	0	0
<i>Sobralia liliastrum</i> (11)	Sob lili.	63	0	0
<i>Turnera glaziovii</i> (25)	Tur glaz	0	5	0
<i>Vellozia glochidea</i> (3)	Vel glo	44	0	0

A fitofisionomia Mata de Encosta não foi contemplada na CCA uma vez que apresentou uma única espécie com mais de cinco indivíduos em sua amostragem fitossociológica, o que não representaria bem o ambiente.

Os autovalores encontrados na análise de ordenação de variáveis químicas do solo para os três eixos foram de 0,919, 0,822 e 0,584, para os eixos 1, 2 e 3 respectivamente (Tabela 4). Os três eixos explicaram apenas 12,9% (eixo 1), 11,6% (eixo 2), e 8,2% (eixo 3) da variação explicada, onde o total acumulado foi de 32,7. Apesar de o valor acumulado ser baixo, as relações espécie-ambiente não foram prejudicadas, pois a CCA produziu valores de correlações elevadas das espécies com as variáveis ambientais (Tabela 4). A correlação de Pearson foi elevada para os três eixos da CCA (Tabela 4). Apesar deste resultado, o teste de permutação de Monte Carlo revelou que a abundância das espécies variou significativamente em função das variáveis ambientais nos eixos 1 e 3, com uma correlação significativamente baixa no eixo 2.

Os autovalores dos três eixos para a CCA são considerados elevados, (superiores a 0,5) (ter Braak 1995). Há, portanto, a existência de um gradiente nesta direção com muitas substituições de espécies entre os três extremos.

Tabela 4 – Resultados da análise de correspondência canônica (CCA) e do teste de permutação de Monte Carlo realizados entre variáveis químicas do solo e as densidades absolutas de espécies do Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo e Capão Florestal, na Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Autovalores	0,919	0,822	0,584
Porcentagem de variância explicada	12,9	11,6	8,2
Porcentagem cumulativa de variância	12,9	24,5	32,7
Correlação (Pearson) entre espécies e solo	0,973	0,933	0,993

Continuação da Tabela 4

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Significância da correlação (teste de Monte Carlo)	0,01	0,10	0,01
Correlações das Variáveis Internas			
pH	0,475	-0,573	0,268
p	-0,183	0,161	-0,959
K	0,214	-0,711	0,455
Na	0,343	-0,214	0,342
Ca 2+	0,525	-0,024	0,237
Mg 2+	0,205	-0,637	0,410
Al 3+	-0,850	-0,011	-0,233
MO	0,815	-0,034	0,202
P-rem	0,686	-0,078	0,217
Fe	0,338	-0,603	0,565

As variáveis que apresentaram valores mais elevados de correlação no primeiro eixo da CCA foram matéria orgânica (positivamente) e o alumínio (negativamente). Já o valor de fósforo remanescente apresentou correlação positiva pouco mais baixa, porém com valor considerável. No eixo três, houve uma forte correlação negativa com o fósforo e uma correlação positiva, em menor extensão, com o Ferro (Figura 2, 3 e Tabela 4).

A variância global dos dados encontrada indica que as variáveis florísticas utilizadas contêm muito ruído, ou seja, alta proporção de variância não explicada, o que é muito comum em dados de vegetação, não comprometendo a significância das correlações encontradas (ter Braak, 1987 e 1988).

A ordenação das parcelas no primeiro eixo (Figura 2) denota uma nítida separação de três grupos distintos, correlacionando-se positivamente com Matéria Orgânica, fósforo remanescente e em menor extensão, aos teores de cálcio separando o Campo Rupestre Aberto do Campo Rupestre Arbustivo. O eixo três teve forte correlação negativa com os teores de fósforo e menor correlação positiva com o Ferro, além de baixa correlação negativa com o Alumínio e separou o Campo Rupestre Arbustivo de Capão Florestal. Assim, o Capão Florestal encontra-se mais distante das outras fisionomias, com parcelas mais dispersas; apresenta condições edáficas diferenciadas das demais além de maiores valores de fósforo disponível, o que denota aumento na fertilidade, relacionado com a presença de uma caverna em seu interior, onde se desenvolve espessa camada de guano, rico em minerais fosfatados que podem ser em parte aproveitados pelas raízes de árvores de maior porte,

que penetram nas entradas das cavernas e nas fraturas da canga, buscando água e nutrientes. Os solos nas proximidades das cavernas são sempre mais profundos e ricos em matéria orgânica e serapilheira, além de serem sistematicamente mais ricos em fósforo que os solos de Campo Rupestre do entorno (Schaefer *et al.* 2008). A parcela oito do Capão ficou isolada das demais parcelas desse ambiente. As espécies ocorrentes nessa parcela; *Conarus perrotetii* e *Matayba arborescens* provavelmente apresentam alguma relação com o maior teor de fósforo, já que houve correlação negativa entre eles. O eixo 3 tem alta correlação com o P. A parcela oito está diretamente relacionada com o eixo 3 corroborando a relação negativa com o P. A localização da parcela oito é exatamente na borda do Capão florestal, tendo conexão com os campos de canga podendo compartilhar assim algumas espécies, além de estar em contato direto com a caverna, rica em fósforo.

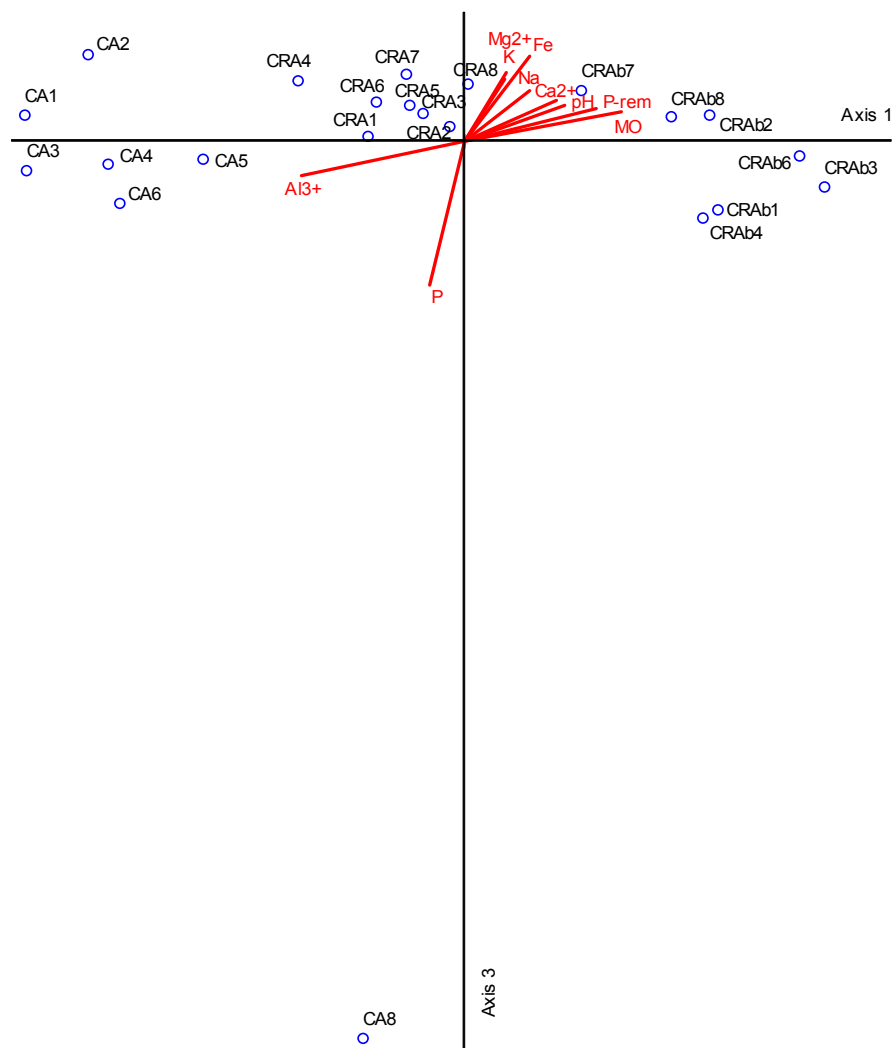


Figura 14 - Diagrama de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA) a partir de características químicas do solo e das densidades absolutas das parcelas do Campo Rupestre

Aberto (CRAb), Campo Rupestre Arbustivo (CRA) e Capão Florestal (CA), na Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará.

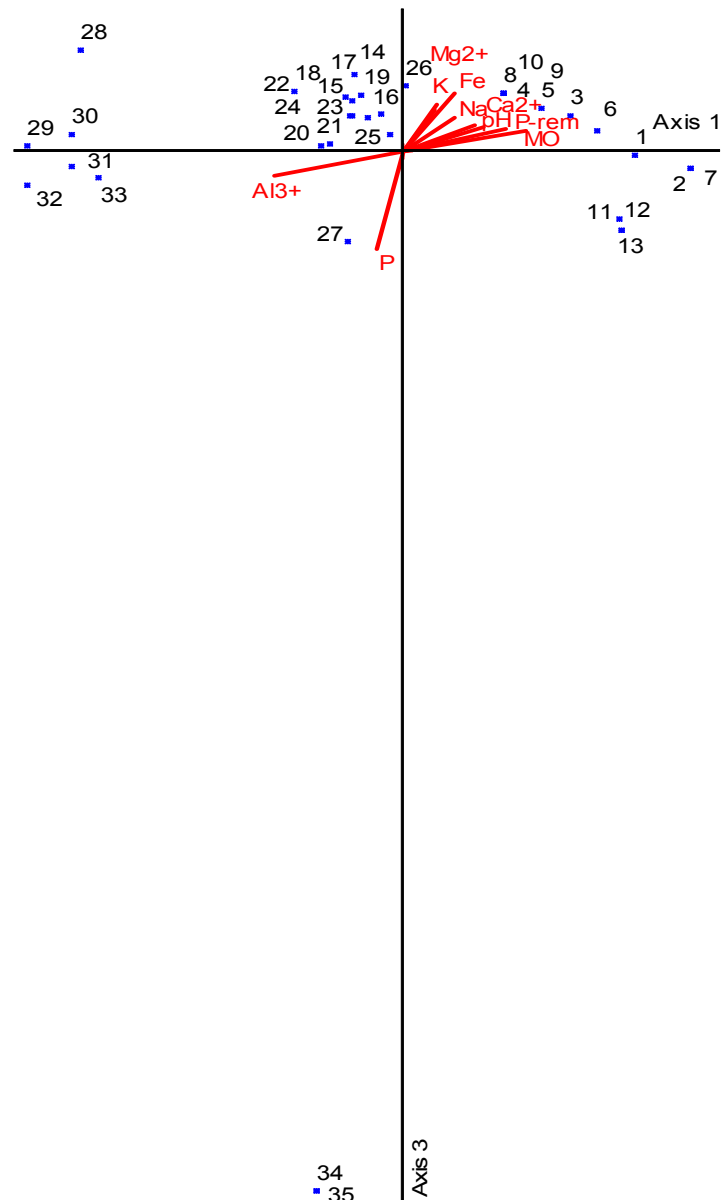


Figura 15 - Diagrama de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA) a partir de características químicas do solo e das espécies instaladas no Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo e Capão Florestal, na Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará.

No diagrama de ordenação da CCA (Figura 14 e 15), observou-se um grupo mais coeso de parcelas associado às espécies características do Campo rupestre Arbustivo, como *Eugenia puniceifolia*, *Alibertia* cf. *longiflora*, *Callisthene minor*, *Erytroxylum nelson-rosae*, *Bauhinia pulchella* e as demais espécies que se agruparam nessa fitofisionomia, apresentaram baixa correlação negativa com o alumínio. As espécies *Guatteria schomburgkiana* e *Guapira ferruginea* tiveram baixa correlação positiva com potássio, magnésio e ferro, sem evidenciar uma relação clara. A espécie *Mimosa acutistipula* var. *ferrea*,

característica do campo Rupestre Arbustivo teve maior correlação com o fósforo e separou-se do grupo de espécies dessa fitofisionomia (Figuras 14 e 15).

As espécies *Mimosa skinneri* var. *carajaram* e *Catasetum discolor* apresentaram maior correlação positiva com o eixo 1 e tiveram correlação positiva com matéria orgânica e fósforo remanescente e, em menor extensão com o pH. Já *Sobralia liliatrum*, *Ananas ananassoides* e *Andropogon bicornis* se afastaram das demais espécies do Campo Rupestre Aberto por apresentar correlação bem menor com nutrientes correlacionados com as demais espécies do ambiente; MO, P-rem, pH, Ca, Na, Fe, K e Mg. As espécies *Vellozia glochidea*, *Andropogon leucostachyus* e *Axonopus leptostachyus* apresentaram correlação positiva com MO, P-rem, Fe, e em menor extensão com Mg, K, Na, pH e Ca com relação as demais fitofisionomias. Portanto, o estrato herbáceo mostra relação com os óxidos de ferro e a MO, ou seja, com o solo organo-mineral propriamente dito.

Todas as fitofisionomias submetidas à CCA apresentaram solos pobres em nutrientes com baixa correlação entre os nutrientes e as parcelas e também entre as espécies.

4.0 Discussão

Apesar das diferenças encontradas na maioria das variáveis dos solos entre as áreas de estudo, em geral estes são ácidos e com baixos teores de fósforo. A acidez elevada dos solos está diretamente relacionada com a deficiência de fósforo, indicando solos de baixa fertilidade. Teixeira & Lemos-Filho (2002) estudaram solo sobre canga ferrífera na região do Quadrilátero ferrífero: encontrou solos ácidos e com baixos teores de fósforo. Segundo Resende *et al.* (1988) 65,1% dos solos tropicais são fortemente deficientes em P e outros 26,6% apresentam deficiência mediana deste nutriente. Botrel *et al.* (2002) relatam que nos solos com menor disponibilidade de água e de fertilidade química mais baixa ocorrem dominância ecológica forte. Segundo esses mesmos autores é comum em florestas tropicais dominância ecológica mais pronunciada nos extremos de alta e baixa disponibilidade de recursos do

solo, resultando em diversidade de espécies mais elevada em condições intermediárias.

Há uma tendência, esperada, de ocorrerem maiores teores de acidez total (H + Al) em solos mais ricos em matéria orgânica, principalmente se estes apresentarem pH baixo (Camargos *et al* 2008). Esse fato foi comprovado analisando os teores de (H + Al) no Campo Rupestre Aberto, onde os altos teores de MO são mais evidentes.

De acordo com Resende *et al.*, (1988) e Raven *et al.*, (2001), o requerimento de (P) pelas plantas é bem menor do que por nitrogênio (N) e potássio (K). Segundo Benites *et al.* (2007), o estado de fertilidade extremamente baixo de solos dos campos rupestres condiciona o desenvolvimento de estratégias de sobrevivência pela vegetação, envolvendo adaptações morfológicas e fisiológicas. Alguns nutrientes, particularmente fósforo, que é extremamente limitante para o desenvolvimento vegetal, mostram quantidades insignificantes em alguns solos. Nos afloramentos de rochas ígneas, apesar da deficiência de P disponível no solo, ainda mantêm-se certa reserva deste elemento no mineral primário apatita. Algumas plantas e suas associações micorrízicas liberam ácidos orgânicos capazes de solubilizar o P diretamente da rocha (Van Breemen *et al.* 2000). Tal fenômeno não deve ocorrer em Carajás.

O baixo nível de fertilidade do solo está relacionado a perdas por lixiviação dos nutrientes, reforçado pela alta drenagem, e baixo teor de nutrientes do material, especialmente em áreas de quartzito (Benites *et al.* 2007).

Se os valores de CTC, SB e V fossem assumidos como indicadores do status nutricional dos solos, obter-se-ia um certo gradiente de fertilidade sutil e crescente a partir do Capão Florestal → Mata de Encosta e Campo Rupestre Arbustivo → Campo Rupestre Aberto.

A razão principal é que o pouco solo acumulado no Campo Rupestre Aberto apresentou maiores teores de matéria orgânica, que aumenta a CTC; em função da acumulação de termiteiros. Russel (1976) *apud* Resende *et al.* (2002) salienta que as gramíneas incorporam mais material orgânico ao solo do que as florestas. Benites *et al* (2007), em estudo com solos associados a afloramentos rochosos na serra da Mantiqueira e Espinhaço, encontraram solos invariavelmente com baixo teor de nutrientes, níveis elevados de alumínio trocável e horizontes superficiais escuros devido ao acúmulo de matéria orgânica. A matéria orgânica se acumula nos solos

associados a afloramentos rochosos devido às condições desfavoráveis para a decomposição microbiana. No caso de Carajás, a pobreza nutricional e a atividade de termiteiros, associada à origem pirogênica, devem ser os fatores preponderantes para sua acumulação.

Os valores de sódio e potássio foram maiores nos campos rupestres que nas fitofisionomias florestais estudadas. Coser *et al* (1990), em um estudo realizado em Viçosa-MG, observaram maior teor de K no solo sob vegetação de gramíneas.

O Capão Florestal exibe os maiores teores de P, Zn e Al no solo dentre todas as fitofisionomias estudadas. Segundo Schaefer *et al.* (2008), nos Capões Florestais em área de canga em Carajás, com a degradação da canga, formam-se áreas de acumulação coluvial, com solos com maior profundidade, onde a retenção hídrica e de nutrientes são favorecidas, onde desenvolvem-se verdadeiras matas, bem estruturadas e ricas em espécies.

Seja qual for o tipo de floresta, a produção de serapilheira representa o primeiro estágio de transferência de nutrientes e energia da vegetação para o solo, pois a maior parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas retorna ao piso florestal através da queda de serapilheira ou lavagem foliar (Caldeira *et al* 2008). O fósforo (P) na serapilheira apresentou o menor teor no Capão Florestal, como os teores de P disponível são mais altos no Capão Florestal, deve ocorrer forte retenção de P tanto no solo, quanto na fitomassa, uma vez que o solo é oxidico e rico em Fe. Nesse caso, formas pouco disponíveis de P podem ser solubilizadas pelas plantas. Com o Zn acontece o processo inverso indicando a ocorrência de ciclagem de nutrientes na superfície do solo em todas as fitofisionomias.

Quanto ao nitrogênio, não foi encontrado um padrão claro de variação dentre as fisionomias estudadas, o que pode ser reflexo da contribuição mais ou menos homogênea da vegetação na ciclagem desse nutriente, uma vez que, o mesmo é encontrado em grande quantidade nas folhas que compõem a serapilheira (Martins *et al* 2003).

O potássio (K) apresentou maior valor na Mata de Encosta assim como Cálcio (Ca). Apesar de apresentar os maiores valores entre as fisionomias estudadas estes são relativamente baixos. Jordan, (1985), salienta que a ciclagem do K na relação solo-planta é mais rápida do que a de outros nutrientes, por se tratar de um cátion monovalente.

Os teores de Ferro (Fe) na serrapilheira foram bastante elevados nas fitofisionomias. As áreas florestadas (Capão Florestal e Mata de Encosta) apresentaram maiores teores de ferro na serapilheira que as áreas de campo rupestre estudada justificada pela presença de impurezas minerais (partículas de minério) que aumentam muito os teores de Fe. Caldeira *et al* (2008), em estudos de serapilheira em Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina justifica os maiores teores e conteúdo de ferro na serapilheira acumulada pela sua mobilidade. Dechen & Nachitgall (2006) e Malavolta (2006), salientam que com relação ao metabolismo do ferro na planta, este possui baixa mobilidade nos tecidos vegetais. Já no solo as maiores concentrações de ferro foram registradas no Campo Rupestre Arbustivo seguido do Campo Rupestre Aberto, sendo esses valores bem maiores do que o teor de ferro encontrado por Silva (1992), na porção central de canga hematítica, na Serra Norte, em Carajás e Vincent *et al.* (2004) no Quadrilátero Ferrífero.

A Mata de Encosta obteve os maiores valores de cobre (Cu), Manganês (Mn), nitrogênio (N) e enxofre (S). É importante salientar que a Mata de Encosta encontra-se na borda da formação Carajás, com solos melhor desenvolvidos e apresentando, portanto, maior disponibilidade de nutrientes.

Na correlação de Pearson dos solos verifica-se que boa parte dos nutrientes correlaciona-se positivamente com a Matéria Orgânica, enquanto o fósforo disponível (P) não apresentou correlação positiva nem significativa. A CTC e a soma de bases (SB) foram, portanto, fortemente dependentes da matéria orgânica (MO) evidenciando a baixíssima capacidade de troca de fração mineral dos solos. O fósforo remanescente (P-rem) do solo, por outro lado, aumentou com o aumento da matéria orgânica, denotando o papel de redução da retenção de fósforo pela (MO) em solos extremamente oxidicos (Ker 1987). O ferro disponível pelo método de Melich também se mostrou correlacionado à matéria orgânica, evidenciando o seu papel na dissolução dos compostos férricos precipitados (oxi-hidróxidos) tão abundantes nestes solos. Na serapilheira, o P, N e S, ciclados intensamente pela biomassa, mostram correlação positiva e significativa, o que demonstra que o P é fortemente ciclado pela vegetação, e que se associa ao Fe na fração mineral.

O fósforo ciclado é consistentemente associado às sinúcias florestais em Carajás. O Cálcio está sistematicamente concentrado nos solos, e na serapilheira dos Campos Rupestres abertos, uma vez que há o aporte de (Ca)

com queima de material vegetal com tendência oposta ao fósforo. Há eficiência das raízes das árvores das matas em absorver potássio ciclado, além de forte limitação nutricional de Nitrogênio e Enxofre nos campos rupestres de Carajás. Dados publicados sobre a disponibilidade de nutrientes em “inselbergs” indicam que, por exemplo, P e N são severamente limitados (Dorrstock *et al.* 1996).

Os solos mais oxídicos nos campos rupestres possuem menor teor de alumínio, e em consequência, menor fitotoxidez. Barros (1979) destaca a MO como um reservatório de nutrientes do solo e acrescenta que ela pode reduzir o efeito negativo de altas concentrações de (Al). A matéria orgânica reduz também a adsorção de fósforo, como já foi reportado.

Os valores da porcentagem de variância não explicada na CCA podem ser considerados intermediários quando comparados com estudos semelhantes realizados em Floresta Estacional Semidecidual do Sul de Minas Gerais (Botrel *et al.* 2002), Zona da Mata Mineira (Martins *et al.* 2003) e outras áreas de Minas Gerais (Oliveira-Filho *et al.* 1997) e um estudo feito em remanescente de Cerrado e Mata Nativa (Ferreira *et al.* 2007) indicam a existência de um gradiente ambiental com algumas espécies restritas a determinadas parcelas ao longo do mesmo. Esses estudos indicam que estas variáveis foram suficientes para explicar apenas parcialmente as variações florísticas. A considerável variância remanescente deve vincular-se a fatores abióticos não mensurados, como a profundidade do solo, por exemplo, (Oliveira-Filho *et al.* 1994; Carvalho *et al.* 2005). Segundo ter Braak (1988), o baixo percentual de variância das espécies é normal nos dados da vegetação, e não prejudicam o significado das relações espécies – ambiente. Como citado por Schaefer *et al.* (2008), a profundidade do solo parece exercer o papel fundamental na definição das fitofisionomias da Serra Sul.

A formação de três grupos distintos pela CCA evidencia o caráter singular das fitofisionomias dos afloramentos ferruginosos em Carajás, já que cada fitofisionomia exibiu espécies características, sendo estas pouco compartilhadas, em função de certas características do solo. Vincent *et al.* (2004) também encontraram nítida separação em grupos fisionômicos em estudo similar no Quadrilátero Ferrífero a partir das variáveis do solo e densidades absolutas das espécies.

A escassez de estudos de campo rupestre nos quais incluam análises químicas do solo limita a possibilidade de comparação ou a apresentação de padrões da distribuição das espécies com relação aos atributos físicos do ambiente.

5.0 Conclusões e Considerações Finais

As áreas estudadas foram distintas quanto às características químicas do solo, acompanhando as diferenças florísticas encontradas entre elas.

A distribuição das espécies nas fitofisionomias é associada não somente às variações da fertilidade química e acidez do solo, mas às variáveis não mensuradas nesse estudo, como a profundidade do solo e disponibilidade de água. Contudo, as variações de profundidade observadas nas diferentes fitofisionomias são bem evidentes, permitindo inferir na sua importância no processo sucessional.

A Matéria Orgânica do solo é uma variável chave para explicar as fitofisionomias de ocorrência, sobretudo no Campo Rupestre Aberto, onde boa parte dos nutrientes correlaciona-se a ela. A ciclagem de nutrientes assume um papel importante para a manutenção e estabilidade desses ambientes, uma vez que trata-se de áreas com *status* nutricional extremamente baixo.

Os elevados teores totais de ferro na serapilheira foram bastante elevados pela presença de impurezas minerais, ele por si só não limita o estabelecimento das espécies nas fisionomias, já que se encontra em níveis elevados em toda área estudada, e seus teores trocáveis são bem mais baixos e pouco diferenciados. Assim, o uso do termo “Savana Metalófila” não parece apropriado para definir a vegetação de canga em Carajás. Sugere-se o uso de Campo Rupestre de Canga para as formações abertas sobre canga ferrífera.

A disponibilidade de água, governada pela profundidade do solo, deve representar um fator muito importante para a distribuição da maioria das espécies desse estudo e estudos posteriores poderão avaliar sua influência.

A formação de três grupos distintos pela CCA evidencia o caráter distinto das fitofisionomias dos afloramentos ferruginosos em Carajás em estreita associação com os solos subjacentes.

6.0 Referências Bibliográficas

- AB`SABER, A.N. 1986. *Geomorfologia da Região. In: ALMEIDA JR. (Org). CARAJÁS: desafio político, ecologia e desenvolvimento.* São Paulo: Brasiliense; Brasília: CNPq, 88-124.
- BARROS, N.F. 1979. *Growth and foliar nutrient concentrations of Eucalyptus grandis in relation to spodosol properties in South Flórida.* Ph. D. Thesis, University of Florida, Gainesville. 174p.
- BARROS, J.S. & CASTRO, A.A.J.F. 2006. *Compartimentação geoambiental no complexo do Campo Maior, PI: uma área de tensão ecológica.* Revista Internacional de Desenvolvimento Local. v. 8: (13) 119-130.
- BENITES, V.M., SCHAEFER, C.E.G.R., SIMAS, F.N.B. & SANTOS, H.G. 2007. *Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço.* Revista Brasileira de Botânica. Vol. 30, n. 4, p, 569-577.
- BOTREL, R.T.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RODRIGUES, L.A. & CURI, N. 2002. *Influencia do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, Mg.* Revista Brasileira de Botânica. V.25, n.2, p. 195-213.
- BURKE, A. 2002a. *Island-matrix relationships in mana Karoo inselberg landscapes Part I: Do inselbergs provide a refuge for matrix species?* Plant Ecology 160: 79-90.
- BURKE, A. 2002b. *Island-matrix relationships in mana Karoo inselberg landscapes Part II: Are some inselbergs better sources than others?* Plant Ecology 158: 41-48.
- CALDEIRA, M.V.W., VITORINO, M.D., SCHAADT, S.S.; MORAES, E. & BALBINOT, R. 2008. *Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma*

Floresta Ombrófila Densa. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.29, n.1, p. 53-68.

CAMARGOS, V.L.; SILVA, A.F.; MEIRA-NETO, J.A.A. & MARTINS, S.V. 2008. *Influência de fatores edáficos sobre variações florísticas na Floresta Estacional Semidecídua no entorno da Lagoa Carioca, Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil*. Acta Botânica Brasílica. 22(1): 75-84.

CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CURI, N.; VAN DEN BERG, E.; FONTES, M. A. & BOTEZELLI, L. 2005. *Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil*. Revista Brasileira de Botânica 28(2): 329-345.

CONCEIÇÃO, A. A. & PIRANI, J. R. 2005. *Demilitação de habitats em Campos Rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: Substratos, Composição Florística e Aspectos Estruturais*. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo. 23(1): 85-111.

CONCEIÇÃO, A.A., PIRANI, J.R. & MEIRELLES, S.T. 2007. *Floristics, structure and soil of insular vegetation in four quartzite-sandstone outcrops of chapada Diamantina, Northeast Brazil*. Revista Brasileira de Botânica. 30: 641-655.

COSER, et al. 1990. *Efeito de diferentes coberturas vegetais sobre as características físicas e químicas de um latossolo Vermelho Amarelo Álico*. Revista Ceres, 37, n.210, p. 167-176.

DECHEN, A.R. & NECHITGALL, G.R. 2006. *Micronutrientes*. 2006. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa: Sociedades Brasileiras de Ciência do Solo. 327-374.

DORRSTOCK, S., POREMBSKI, S. & BARTHLOTT, W. 1996. *Ephemeral flush vegetation on inselbergs in the Ivory Coast (West Africa)*. Candollea 51: 407-419. *ecological research: classic papers*. 18: 271-317.

- ESCUADERO, A. 1996. *Community patterns on exposed cliffs in a Mediterranean calcareous mountain*. *Vegetatio* 125: 99-110.
- FERNANDES, A. 1998. *Fitogeografia brasileira*. Fortaleza: Multigrafic, 340p.
- FERNANDES, A. 2003. *Conexões florísticas do Brasil*. Fortaleza: Banco do Nordeste. 127p.
- FERREIRA, I.C.M.; COELHO, R.M.; TORRES, R.B. & BERNACCI, L.C. 2007. *Solos e vegetação nativa remanescente no Município de Campinas*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 42, n. 9, p.1319-1327.
- GAUCH, H.G.J. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- HARLEY, R.M. & SIMMONS, N.A. 1986. *Florula of Mucugê, Chapada Diamantina – Bahia, Brazil* (B.L. Stannard, ed.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.1-42.
- JACOBI, C.M.; CARMO, F.F. & VINCENT, R.C. 2008. *Estudo Fitossociológico de uma comunidade vegetal sobre canga com subsídio para a reabilitação de áreas mineradas no Quadrilátero Ferrífero, MG*. *Revista Árvore*, v.32, n.2,345-353.
- JACOBI, C.M.; CARMO, F.F. & VINCENT, R.C., STEHMANN, J.R. 2007. *Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem*. *Biodiversity and Conservation* 16: 2185-2200.
- JORDAN, C.F. 1985. *Nutrient cycling in tropical Forest ecosystems*. New York: John Wiley.
- KER, J.C. 1997. *Latossolos do Brasil: uma revisão*. *Geonomos*. 5(1): 17:40.
- LARSON, D.W., MATTHES, U. & KELLY, P.E. 2000. *Cliff ecology: pattern and process in cliff ecosystems*. Cambridge studies in Ecology. Cambridge University Press, Cambridge. *linear methods*. *Écoscience* 1(2): 127-140.

- MALAVOLTA, E. 2006. *Manual de Nutrição de Plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres.
- MARTINS, S.V.; SILVA, N.R.S.; SOUZA, A.L.; MEIRA NETO, J.A. 2003. *Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG*. Scientia Florestalis, Piracicaba, SP, v.64, p.172-181.
- McCUNE, B.; MEFFORD, M.J. 1999. *Multivariate analysis of ecological data*, MjM Software, Gleneden Beach.
- MEIRELLES, S.T., MATTOS, E.A. & SILVA, A.C. 1997. *Potential desiccation tolerant vascular plants from southeastern Brazil*. Polish Journal of Environmental Studies. 6: 17-21.
- MUELLER-DOMBOIS, D.Y.; ELLENBERG, M. 1974. *Aims and methods in vegetation ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1974, 547p.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; ALMEIDA, R.J.; MELLO, J.M. & GAVILANES, M.L. 1994. *Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho da mata ciliar do córrego dos Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG)*. Revista Brasileira de Botânica. 17(1): 67-85.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CURI, N; VILELA, E.A. & CARVALHO, D.A. 1997. *Tree species distribution along soil catenas in a riverside semideciduous Forest in southeastern Brazil*. Flora. 192: 47-64.
- POREMBSKI, S., BARTHLOTT, W., DORRSTOCK, S. & BIEDINGER, N. 1994. *Vegetation of rock outcrops in Guinea: granite inselbergs, sandstone table mountains and ferricretes – remarks on species numbers and endemism*. Flora 189: 315-326.
- PORTO, M.L. & SILVA, M.F.F. 1989. *Tipos de Vegetação Metalófila em Áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais, Brasil*. Acta Botanica Brasilica 3(2): 1989.

- QUEIROZ, L.P., SENA, T.S.N. & COSTA, M.J.S.L. 1996. *Flora vascular da Serra da Jibóia, Santa Terezinha - Bahia*. I: o campo rupestre, *Sitientibus* 15: 27-40.
- RAVEN, P.H., EVERT, R.F., EICHHORN, S.E. 2001. *Biologia Vegetal*. 6.ed. Rio de Janeiro, RJ. Editora Guanabara Koogan S.A..
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. 2002. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 4. ed. Viçosa, NEPUT.
- RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D.P. 1988. *Pedologia e fertilidade do solo: interações e interpretações*. Brasília, Ministério da Agricultura. Lavras, UFLA/FAEPE.
- RIZZINI, C.T. 1979. *Tratado de Fitogeografia do Brasil. Aspectos sociológicos e florísticos*. HUCITEC/EDUSP, São Paulo, 374p.
- SCHAEFER, C.E.G.R., SIMAS, F.N.B., MENDONÇA, B.A.F., SABOYA, A.S., FERREIRA JÚNIOR, W. G., NUNES, J.A. & CORREA, G.R. 2008. *Geodiversidade dos Ambientes de Canga na Região de Carajás – Pará*. Relatório técnico Vale do Rio Doce. 75p.
- SEINE, R., POREMBSKI, S. & BECKER, U. 2000. *Phytogeography*. In *Ecological Studies* v.146. Springer-Verlag, Berlin, p.535-449.
- SILVA, M.F.F. & ROSA, N. 1990. Estudos Botânicos na Área do Projeto Ferro de Carajás, Serra Norte. I – *Aspectos ecológicos e vegetacionais dos campos rupestres*. In: Congresso Nacional de Botânica, 35, Manaus. 1990. Sociedade Brasileira de Botânica, p. 367-379.
- 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. 1992. *Distribuição de metais pesados na vegetação metalófila de Carajás*. Acta Botânica Brasílica. 6: 107-22
- SILVA, M.F.F.; R. S. SECCO & M. G. A. Lobo. 1996. *Aspectos Ecológicos da Vegetação Rupestre da Serra dos Carajás (PA)*. Acta Amazônica 26(1/2): 17-44.
- SOUZA, V. C. & LORENZI, H. 2008. *Botânica Sistemática guia ilustrado para identificação das Famílias de Angiospermas da flora Brasileira, baseado em APG II*. Nova Odessa, Instituto Plantarum.. 704 p.
- STATSOFT, Inc. 2003. *Statistica (Data analysis software system)*, versão 6.
- TEIXEIRA, W.A. & LEMOS-FILHO, J.P. 2002. *Fatores edáficos e a colonização de espécies lenhosas em uma cava de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais*. Revista Árvore. 26: 25-33.
- ter Braak, C. J. F. & Prentice, C. 1988. *A theory of gradient analysis*. Adv. Ecol. Rcs. 18: 271-317.
- ter BRAAK, C.J.F. 1987. *The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis*. Vegetatio, v.69, n.1, p.69-77.
- ter Braak, C.J.F. 1994. *Canonical community ordination. Part I: basic theory and* ter BRAAK, C.J.F. *Ordination*. 1995. In: JONGMAN, R.H.G.; TER BRAAK, C.J.F.; VAN TONGEREN, O.F.R. *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 91-173.
- VALENTIN, J.L. 2000. *Ecologia Numérica – Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro. Interciência. 117p.
- VAN BREEMEN N.; FINLAY, R.; LUNSTROM, U., JONGMANS, A., GIESLER, R. & OLSSON, M. 2000. *Mycorrhizal weathering: A true case of mineral plant nutrition?* Biogeochemistry 49: 53-67.

- VIANA, P.L. & LOMBARDI, J.A. 2007. *Florística e Caracterização dos Campos Rupestres sobre Canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil*. *Rodriguésia* 58 (1): 159-177.
- VINCENT, R.C. 2004. *Florística, fitossociologia e relações entre a vegetação e o solo em área de campos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 145p.
- VINCENT, R.C.; JACOBI, C.M.; ANTONINI, Y. 2002. *Diversidade na adversidade*. *Ciência Hoje* 31 (185): 64-67.
- ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. New Jersey, Prentice Hall. 662p.

Anexo 1 - Variáveis do solo coletadas em 72 unidades amostrais, em quatro fitofisionomias: “Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Capão Florestal e Mata de Encosta”, Serra Sul, Serra dos Carajás-Pará

Unidades Amostrais		pH	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu
		H2O	KCl	-mg/dm ³ -	-----cmol/ dm ³ -----							----%-----			Dag/ KG	Mg/ L	mg/dm ³					
Campo Rupestre Aberto	1	4,47	3,31	1,5	98	19,3	0,16	0,28	0,96	15,3	0,77	1,73	16,07	4,8	55,5	4,85	48,07	25,2	3,65	668	6,9	0,77
	2	4,98	3,52	1,7	49	10,4	2,63	0,98	0,58	26,6	3,79	4,37	30,39	12,5	13,3	1,03	52,68	25,6	2,32	629,6	32,8	0,53
	3	4,2	2,92	2,7	79	23,7	0,98	0,4	0,58	14,6	1,68	2,26	16,28	10,3	25,7	4,556	17,61	34	2,02	1047,5	14,6	0,46
	4	4,29	2,9	2,1	46	5,6	3,09	0,49	1,35	35,3	3,72	5,07	39,02	9,5	26,6	0,48	51,52	24,8	2,12	987	19,4	0,38
	5	4,23	2,94	2,6	62	11,6	0,39	0,11	1,35	22,1	0,71	2,06	22,81	3,1	65,5	2,445	22,82	22,9	1,09	942,8	5	0,25
	6	4,43	3,13	3,1	90	8,6	0,6	0,27	0,96	15,1	1,14	2,1	16,24	7	45,7	1,78	42,39	26,9	1,37	1018,5	6,7	0,57
	7	4,05	2,82	3	62	8,6	0,9	0,19	1,64	27,4	1,29	2,93	28,69	4,5	56	1,28	45	28,2	1,16	957,5	8,1	0,48
	8	5,1	3,51	1,9	68	27,7	3,36	0,99	0,39	24,6	4,64	5,03	29,24	15,9	7,8	2,39	46,95	29,3	1,84	978,5	19,2	0,53
	9	4,38	3,07	1,9	53	14,6	1,47	0,41	0,58	15,3	2,08	2,66	17,38	12	21,8	2,39	22,17	34	1,18	527,8	5,3	0,27
	10	4,12	2,84	3,3	75	15,6	0,96	0,23	1,54	33,2	1,45	2,99	34,65	4,2	51,5	2,27	41,74	26,5	4,46	1081	7,9	0,62
	11	4,22	2,87	1,7	71	6,6	1,01	0,26	1,35	24,6	1,48	2,83	26,08	5,7	47,7	1,01	36,52	29,8	1,15	873,2	7,7	0,43
	12	4,07	2,83	2	69	18,7	1,62	0,63	1,16	14,6	2,51	3,67	17,11	14,7	31,6	2,22	55,43	34,2	1,55	691,8	9,3	0,45
Campo Rupestre Arbustivo	1	4,34	3,4	1,9	55	13,6	0,13	0,15	1,83	21,5	0,48	2,31	21,98	2,2	79,2	2,56	33,26	12	0,91	1000	3,3	0,59
	2	4,09	3,14	3	113	22,7	0,43	0,6	1,93	22,6	1,42	3,35	24,02	5,9	57,6	2,95	37,82	18,8	2,26	1000	6,7	1,07
	3	4,56	3,49	1,9	75	22,7	0,46	0,49	1,93	20,7	1,24	3,17	21,94	5,7	60,9	3,11	50,87	9,2	1,28	1010	3,9	0,78
	4	4,38	3,42	2,1	81	18,7	0,19	0,26	1,73	20,2	0,74	2,47	20,94	3,5	70	3,29	30	8,8	1,34	1319,5	3,1	0,62
	5	4,38	3,23	2,1	133	27,7	0,49	0,51	1,73	19,6	1,46	3,19	21,06	6,9	54,2	3,78	45,65	25,3	1,5	1001	7,9	0,94
	6	4,37	3,3	1,1	83	12,6	0,19	0,32	1,16	18,8	0,77	1,93	19,57	3,9	60,1	2,84	20,87	9,2	1,16	1012,5	4,8	0,37
	7	4	3,01	0,8	69	5,6	1,13	0,62	1,83	25,4	1,95	3,78	27,35	7,1	48,4	0,64	28,69	18,2	1,23	1000	7,8	0,38
	8	4,38	3,02	1,6	119	8,6	0,46	0,53	1,83	21	1,33	3,16	22,33	6	57,9	1,18	20,22	25	1,57	1002,5	4,9	0,62
	9	4,4	3,07	1,4	85	11,6	0,4	0,38	1,64	13,4	1,05	2,69	14,45	7,3	61	1,87	6,85	36,8	1,23	883,9	4,1	0,35
	10	4,04	3,02	1,1	45	2,6	1,33	0,46	0,87	20,4	1,92	2,79	22,32	8,6	31,2	0,41	16,96	28	1,51	696,5	9,9	0,2
	11	4,27	3,1	1	115	13,6	1,8	0,7	1,25	19,4	2,85	4,1	22,25	12,8	30,5	1,44	24,13	23,7	1,57	1060	12,8	0,41
	12	3,94	2,75	1	88	12,6	1,31	0,48	1,35	22,9	2,07	3,42	24,97	8,3	39,5	1,6	31,3	32	1,31	778,4	6,3	0,35

Parcelas	pH	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-		Fe	Mn	Cu	
	H2O	KCl	-mg/dm ³ -	-----cmol/ dm ³ -----							----%-----			Dag/ KG	Mg/ L	mg/dm ³						
Capão Florestal	1	4,32	3,1	3,1	20	6,6	0	0,04	2,22	19,9	0,12	2,34	20,02	0,6	94,9	1,23	6,52	12	0,73	161,8	1,1	0,07
	1	4,05	3,31	2,4	23	7,6	0	0,04	1,83	18	0,13	1,96	18,13	0,7	93,4	1,69	5,87	10,5	0,55	130	1,1	0,8
	1	4,25	3,88	18	14	5,6	0	0,03	1,06	14,9	0,09	1,15	14,99	0,6	92,2	2,12	5,22	7,4	0,45	69,4	1,4	0,2
	2	3,55	3,09	3,3	27	6,6	0,01	0,05	2,31	21,6	0,16	2,47	21,76	0,7	93,5	1,16	6,39	13,5	0,59	505,2	1	0,08
	2	3,54	3,06	3,7	27	4,6	0	0,05	2,6	22,4	0,14	2,74	22,54	0,6	94,9	0,73	6,26	13	0,76	678,1	1,1	0,13
	2	3,44	3,03	3,8	36	4,6	0,02	0,06	1,64	18,1	0,19	1,83	18,29	1	89,6	1,09	4,04	14,7	0,63	746,8	1,8	0,23
	3	3,78	3,41	5,6	27	7,6	0	0,05	2,41	19,9	0,15	2,56	20,05	0,7	94,1	1,29	7,96	10,5	0,36	350,3	1	0,38
	3	3,91	3,51	4,7	32	8,6	0	0,05	2,22	20,4	0,17	2,39	20,57	0,8	92,9	1,56	6,65	9,2	0,45	422,6	1,6	0,47
	3	3,76	3,28	4,9	26	7,6	0,01	0,06	2,6	21,2	0,17	2,77	21,37	0,8	93,9	1,19	6,39	9,3	0,4	268,4	1,1	0,33
	4	4	3,42	8	30	8,6	0	0,05	2,12	19,2	0,17	2,29	19,37	0,9	92,6	1,63	6,39	13	0,55	398,1	1,4	0,52
	4	3,9	3,55	5,2	17	8,6	0	0,03	1,83	18,6	0,11	1,94	18,71	0,6	94,3	1,93	5,09	10,5	0,33	132,4	0,8	0,18
	4	3,52	3,11	5,2	31	8,6	0	0,07	2,6	23,1	0,19	2,79	23,29	0,8	93,2	1,34	6,26	13,3	0,8	461,8	1,1	0,26
	5	3,43	2,84	5,2	35	9,6	0,02	0,06	2,31	25,1	0,21	2,52	23,31	0,8	91,7	1,66	9,52	14,1	0,99	968,2	1,4	0,36
	5	3,56	2,97	4,9	39	11,6	0,03	0,09	2,41	23,1	0,27	2,68	23,37	1,2	89,9	1,88	10,11	13,6	2,05	732,3	1,2	0,44
	5	3,77	3,21	5	23	11,6	0,03	0,14	2,31	19,6	0,28	2,59	19,88	1,4	89,2	1,95	6,39	11,2	33,2	606,7	1,9	0,4
	6	3,88	3,59	5,4	32	22,7	0	0,05	1,83	17,3	0,23	2,06	17,53	1,3	88,8	4,79	5,61	9,7	0,43	419,9	1,6	0,88
	6	3,72	3,34	6,1	28	15,6	0	0,05	2,22	19,1	0,19	2,41	19,29	1	92,1	2,81	6,85	14,2	0,54	467,3	1,3	0,53
	6	3,54	3,29	13,1	33	11,6	0,06	0,06	2,6	15,1	0,25	2,85	15,35	1,6	91,2	1,77	8,15	10,3	0,68	496,3	1,5	0,58
	7	3,64	3,22	10,1	25	0,6	0	0,04	2,41	19,7	0,1	2,51	19,8	0,5	96	0,1	6,26	11,2	0,82	518	1,6	0,6
	7	3,43	3,33	13,2	43	2,6	0	0,05	2,89	25,1	0,17	3,06	25,27	0,07	94,4	0,37	11,48	10	1,02	890,5	1,3	0,74
7	3,84	3,45	30,5	19	2,6	0	0,03	1,93	16,4	0,09	2,02	16,49	0,5	95,5	0,56	6,52	14,1	0,93	163,6	0,9	0,42	
8	3,8	3,5	21,1	23	3,6	0	0,04	1,64	17,2	0,12	1,76	17,32	0,07	93,2	0,89	7,5	11,7	0,93	160,6	1,5	0,56	
8	3,71	3,23	18,8	24	3,6	0	0,05	2,31	19,6	0,13	2,44	19,73	0,07	94,7	0,64	6,2	14,1	1,07	351,3	0,9	0,4	
8	3,86	3,43	17,4	20	2,6	0	0,04	2,41	18,3	0,1	2,51	18,4	0,5	96	0,45	7,17	13,2	0,9	168,6	1	0,36	

Continuação do Anexo 1

Continuação do anexo 1

Parcelas	pH	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-		Zn	Fe	Mn	Cu
	H2O	KCl	-mg/dm ³ -	-----cmol/ dm ³ -----							----%-----		Dag/ KG	Mg/ L	mg/dm ³							
Mata de Encosta	1	4,47	3,89	3	40	5,6	0	0,07	1,54	16,1	0,19	1,73	16,29	1,2	89	1,41	7,1	13,8	0,51	153,6	4,3	0,52
	1	4,55	3,72	3,7	49	5,6	0,21	0,2	1,93	21,9	0,56	2,49	22,46	2,5	77,5	0,98	9,17	15,7	0,7	196,8	6,1	0,42
	1	4,49	3,83	3,6	49	5,6	0,07	0,13	1,64	18,1	0,35	1,99	18,45	1,9	82,4	1,22	8,27	14	1,02	161,9	8,3	0,56
	2	4,52	3,85	4	53	3,6	0,19	0,15	2,02	21,8	0,5	2,52	22,3	2,2	80,2	0,62	10,98	10,8	0,87	128,2	8	0,55
	2	4,37	3,84	3,4	58	1,1	0	0,15	2,12	20,5	0,3	2,42	20,8	1,4	87,6	0,2	11,24	13,4	1,14	155,8	7,1	0,66
	2	4,33	3,76	3,7	69	8,7	0,28	0,2	2,31	24,6	0,7	3,01	25,3	2,8	76,7	1,26	11,88	12,4	1,17	205,3	7,5	0,97
	3	4,47	3,97	4,3	46	4,6	0,05	0,1	1,64	20,2	0,29	1,93	20,49	1,4	85	1,04	10,85	7	0,68	89,3	10,2	0,49
	3	4,47	3,79	3,9	51	2,5	0,06	0,1	2,12	22,3	0,3	2,42	22,6	1,3	87,6	0,45	11,5	8	0,74	110,9	6,6	0,54
	3	4,21	3,84	3,7	39	3,6	0	0,12	1,45	16,4	0,24	1,69	16,64	1,4	85,8	0,93	7,62	10,3	0,56	102,7	3,5	0,43
	4	4,63	3,87	3,7	53	5,6	0	0,11	1,64	18,3	0,27	1,91	18,57	1,5	85,9	1,27	7,62	11,1	0,79	148,1	5,4	0,55
	4	4,44	3,92	3,3	74	5,6	0,25	1,06	1,64	21,2	1,52	3,16	22,72	6,7	51,9	0,77	4,91	12,5	0,97	145,9	8,2	0,87
	4	4,14	3,6	4,1	74	5,6	0,13	0,51	2,51	24,2	0,85	3,36	25,05	3,4	74,7	0,72	4,65	13,4	0,93	220,4	7	0,46
	5	4,62	3,82	4,6	65	8,7	0,03	0,73	1,93	22,1	0,97	2,9	23,07	4,2	66,6	1,3	5,94	11	1,1	154,1	12,5	0,52
	5	4,38	3,73	4	73	7,7	0,19	0,64	2,12	24,3	1,05	3,17	25,35	4,1	66,9	1,06	5,55	13,3	0,93	175,3	8,6	0,78
	5	4,12	3,57	3,1	66	5,6	0,02	0,57	2,99	26,1	0,78	3,77	26,88	2,9	79,3	0,65	6,07	13,5	0,58	219,5	5,5	0,56
	6	4,56	3,96	4	49	2,5	0	0,06	1,73	20,7	0,2	1,93	20,9	1	89,6	0,56	10,2	10,1	0,71	86,2	6,9	0,46
	6	4,35	3,68	3,4	67	5,6	0,01	0,12	2,6	25,3	0,32	2,92	25,62	1,2	89	0,83	11,11	12,4	0,97	166,2	5	0,34
	6	4,56	3,89	3,9	49	3,6	0,11	0,61	1,64	19,2	0,87	2,51	20,07	4,3	65,3	0,62	5,04	10,2	0,7	110	6,8	0,34
	7	4,46	3,81	3,4	64	5,6	0,58	0,94	1,54	21,5	1,7	3,24	23,2	7,3	47,5	0,75	5,04	13,6	1,04	179,5	8,4	0,79
	7	4,38	3,76	3,2	55	4,6	0	0,09	1,93	18,4	0,25	2,18	18,65	1,3	88,5	0,92	8,4	12,8	0,62	182,1	5	0,57
7	4,48	3,89	3,9	62	7,7	0,12	0,15	1,73	20,2	0,46	2,19	20,66	2,2	79	1,53	9,3	15,7	0,87	128,7	10,5	0,68	
8	4,44	3,89	4	48	4,6	0,05	0,08	2,02	22,7	0,27	2,29	22,97	1,2	88,2	0,87	11,24	8,1	0,67	136,8	9,4	0,53	
8	4,38	3,8	3,2	55	3,6	0,03	0,5	1,93	21	0,69	2,62	21,69	3,2	73,7	0,6	4,39	12	0,77	176,2	7,6	0,58	
8	4,61	3,88	4,9	74	8,7	0,28	0,81	1,73	23,9	1,32	3,05	25,22	5,2	56,7	1,24	6,33	11,1	1,55	151,4	14	0,76	

Anexo 2 - Variáveis da serapilheira coletadas em 72 unidades amostrais, em quatro fitofisionomias: “Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Capão Florestal e Mata de Encosta”, Serra Sul, Serra dos Carajás-Pará

Unidades Amostrais		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
		-dag/Kg (%)					-----mg/Kg-----					
Campo Rupestre Aberto	1	0,726	0,0329	0,212	0,24	0,077	0,058	25	6715,5	130	8,7	14,3
	2	0,943	0,0497	0,035	0,784	0,165	0,182	18,2	445,7	220,6	2,3	19,8
	3	1,036	0,0224	0,01	0,056	0	0,053	17,9	897,3	171,5	8,6	16,4
	4	1,097	0,0231	0,035	1,071	0,183	0,072	21,8	2676,8	176	5,4	23,3
	5	0,804	0,0358	0,061	0,832	0,086	0,082	16,2	808,3	155,7	4,4	18,7
	6	0,726	0,0224	0,061	1,089	0,242	0,039	23,4	485,3	293,5	1,4	26,9
	7	1,175	0,0231	0,061	0,853	0,11	0,058	20,1	123,3	148,7	0,1	22,1
	8	1,036	0,021	0,035	1,154	0,148	0,062	14,6	5292,8	220,9	2,9	25,7
	9	0,927	0,0203	0,035	0,964	0,12	0,044	26,7	1571,2	138,3	1	16,4
	10	1,329	0,1113	0,035	0,307	0,061	0,306	13,4	145380	205,5	4	15,4
	11	1,082	0,0224	0,061	1,051	0,148	0,062	19	2629,5	531,7	7,5	24,5
	12	0,819	0,0231	0,035	0,425	0,1	0,048	16	846,8	280,8	2,7	16,4
Campo Rupestre Arbustivo	1	1,036	0,0338	0,136	0,264	0,136	0,058	16,7	957,1	158,4	4	14,3
	2	1,036	0,0348	0,061	0,409	0,101	0,092	17,7	14625,7	96,2	4,3	19,8
	3	0,927	0,0196	0,061	0,633	0,113	0,048	14,2	642,8	100,9	4	18,7
	4	0,819	0,0261	0,186	0,253	0,108	0,044	18,1	485,8	110,8	1,8	13,2
	5	1,19	0,0348	0,262	0,337	0,15	0,058	16,6	873	134,2	4	17,6
	6	0,881	0,0217	0,061	0,871	0,163	0,053	15,6	446,3	183,4	3,6	26,9
	7	1,036	0,0311	0,035	0,551	0,155	0,087	11,9	9840,8	198,9	6,2	26,9
	8	0,927	0,0277	0,061	0,494	0,14	0,053	20,2	3708,8	182,8	7	16,4
	9	1,515	0,0286	0,061	1,002	0,229	0,058	18,6	1647	118,4	6,2	19,8
	10	0,958	0,019	0,086	1,396	0,252	0,039	18,7	915,5	179,1	47,4	13,2
	11	0,958	0,0277	0,136	0,955	0,199	0,053	18,2	439,3	177,6	3,8	23,3
	12	0,866	0,0261	0,061	0,685	0,113	0,072	16	560,9	135,9	3,4	19,8

Continuação do Anexo 2

Parcelas	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	
	-dag/Kg (%)-						-----mg/Kg-----					
Capão Florestal	1	1,113	0,047	0,086	0,344	0,1	0,097	19,9	3618	200,1	7,8	20,9
	1	1,175	0,041	0,061	0,448	0,147	0,082	25,3	349,7	243,2	5,1	24,5
	1	1,561	0,0784	0,086	0,358	0,159	0,202	12,7	2141,3	301,3	7,7	23,3
	2	1,036	0,0607	0,136	0,482	0,157	0,072	20,6	284,5	183,8	3,2	42,8
	2	1,175	0,0511	0,086	0,502	0,145	0,102	24,3	346,4	204,7	4,8	31,9
	2	1,19	0,0497	0,086	0,584	0,146	0,62	14,6	326,3	177,5	6,2	31,9
	3	1,345	0,0399	0,086	0,469	0,112	0,113	13,3	220,9	143,5	1,9	35,9
	3	1,252	0,0329	0,086	0,504	0,157	0,067	16,3	200,6	238	2,8	35,9
	3	1,267	0,047	0,061	0,542	0,153	0,087	14,8	339,6	178,6	5,7	31,9
	4	1,267	0,0458	0,061	0,464	0,115	0,067	20,4	382,9	159,8	7	26,9
	4	1,236	0,0348	0,061	0,483	0,123	0,107	12,6	353,1	184	3	33,2
	4	1,36	0,041	0,061	0,578	0,142	0,077	17	332	227,7	6,2	33,2
	5	1,113	0,0757	0,086	0,852	0,235	0,087	18	308	186,3	5,5	38,6
	5	1,252	0,0458	0,061	0,522	0,164	0,077	25,9	1714,5	182,4	5,9	29,4
	5	1,654	0,0757	0,212	0,715	0,282	0,118	24,5	398,8	132,8	11	35,9
	6	1,19	0,0433	0,061	0,63	0,144	0,082	13,2	243,5	122	4,6	30,6
	6	1,051	0,0399	0,035	0,71	0,175	0,067	20,9	396,2	142,9	4,2	30,6
	6	1,113	0,0458	0,061	0,767	0,183	0,092	12,4	557,7	130	3,6	37,2
	7	1,19	0,0526	0,061	0,781	0,166	0,092	12,6	233,3	178,5	10,4	42,8
	7	1,236	0,0686	0,161	0,682	0,157	0,077	17,3	326,7	152,6	4,8	30,6
7	1,267	0,0458	0,061	0,524	0,119	0,077	13,6	216,3	133,3	3,3	38,6	
8	1,221	0,0511	0,061	0,872	0,183	0,072	15	151,3	173	4	48,8	
8	0,958	0,032	0,061	0,371	0,123	0,092	11,5	743,3	99,5	6,3	23,3	
8	1,19	0,0526	0,086	0,636	0,173	0,102	17,1	242,3	191	4	40	

Continuação do anexo 2

Parcelas	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	
	-dag/Kg (%)-						-----mg/Kg-----					
Mata de Encosta	1	0,0584	0,0708	0,118	0,588	0,112	0,222	16,3	79575	253	12,7	18,5
	1	2,396	0,076	0,148	0,751	0,141	0,142	17,3	13000	347,3	16,8	22,4
	1	1,731	0,0584	0,103	0,647	0,102	0,159	13,5	45240	219,5	7,7	19,5
	2	2,102	0,0608	0,133	0,902	0,128	0,131	15,6	15905	220,3	9,9	23,5
	2	1,592	0,0957	0,103	0,582	0,093	0,297	19,3	130725	217,5	17,7	17,5
	2	2,473	0,0682	0,148	1,077	0,174	0,131	20,3	9490	345,1	12,4	37
	3	1,731	0,0842	0,118	0,819	0,116	0,236	20,3	72800	299,1	10,5	16,6
	3	1,762	0,087	0,148	0,936	0,131	0,216	23	66450	363,7	10,9	26,6
	3	2,04	0,0734	0,163	1,147	0,136	0,142	17,7	20975	293,6	7,6	24,5
	4	1,901	0,1049	0,118	0,733	0,11	0,289	19,5	127500	249,9	13,7	21,4
	4	1,886	0,076	0,118	0,746	0,108	0,183	16,5	57975	305,7	10,6	20,4
	4	1,747	0,0842	0,148	0,914	0,123	0,216	23	63825	302,6	9,9	25,6
	5	1,53	0,1113	0,088	0,561	0,082	0,322	19,3	175500	216,2	14,8	20,4
	5	2,164	0,0708	0,118	0,81	0,106	0,131	19,6	10700	305,6	13,6	24,5
	5	2,643	0,0814	0,148	1,03	0,14	0,171	19,7	21485	397,4	13,6	26,6
	6	1,808	0,0898	0,148	0,836	0,11	0,216	21,8	72450	307,6	10,7	26,6
	6	2,241	0,076	0,133	0,761	0,102	0,159	17,5	28535	271,8	9,9	25,6
	6	2,303	0,0734	0,182	0,85	0,11	0,142	18,3	24102,5	282,8	10	27,7
	7	2,504	0,087	0,148	0,828	0,116	0,165	19,5	26412,5	397,8	13,8	24,5
	7	2,365	0,0537	0,088	0,49	0,07	0,125	13,4	21375	221,7	8,1	19,5
7	2,427	0,0787	0,118	0,865	0,099	0,171	23,6	24422,5	414,3	13,7	20,4	
8	2,195	0,0584	0,118	0,706	0,089	0,136	15,3	11067,5	246,7	9,4	23,5	
8	2,272	0,0708	0,133	0,779	0,102	0,165	18,7	5632,5	217,5	12	23,5	
8	2,04	0,0633	0,133	0,894	0,127	0,099	17,4	5647,5	244,8	10,4	21,4	

V. Conclusões Gerais

A partir dos resultados obtidos nos dois capítulos pôde-se concluir que:

(1) A Flora dos campos de canga da região de Carajás é claramente distinta da flora encontrada nos campos rupestres de canga da região do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, apresentando características transicionais com elementos de vegetação semi-árida da Caatinga, e elementos do Cerrado.

(2) O índice de diversidade Shannon (H') encontrado, os valores de diversidade florística obtidos nos Platôs de Carajás, a princípio, parecem indicar uma baixa heterogeneidade da vegetação. Porém, esta se encontra fortemente influenciada por fatores ambientais limitantes, como deficiência nutricional e hídrica (solos rasos e pobres). Há, contudo, poucos trabalhos específicos sobre a flora dos campos rupestre sobre canga disponíveis na literatura, o que torna ainda preliminar uma estimativa sobre a diversidade florística neste ambiente.

(3) As áreas estudadas foram distintas quanto às características químicas do solo, acompanhando as diferenças florísticas encontradas entre elas.

(4) A distribuição das espécies nas fitofisionomias está associada não apenas às variações da fertilidade química e acidez do solo, mas às variáveis não mensuradas nesse estudo, como a profundidade do solo e disponibilidade de água. Contudo, as variações de profundidade observadas nas diferentes fitofisionomias são bem evidentes, permitindo inferir na sua importância no processo sucessional.

(5) Matéria Orgânica do solo é uma variável chave para explicar as fitofisionomias de ocorrência, sobretudo no Campo Rupestre Aberto, onde boa parte dos nutrientes correlaciona-se a ela. A ciclagem de nutrientes assume um papel importante para a manutenção e estabilidade desses ambientes, uma vez que trata-se de áreas com *status* nutricional extremamente baixo.

(6) Embora os teores totais de ferro (Fe) na serapilheira sejam bastante elevados pela presença de impurezas minerais, ele por si só não limita o estabelecimento das espécies nas fisionomias, já que se encontra em níveis elevados em toda área estudada, e seus teores trocáveis são bem mais baixos e pouco diferenciados. Assim, o uso do termo "Savana Metalófila" não parece

apropriado para definir a vegetação de canga em Carajás. Sugere-se o uso de Campo Rupestre de Canga para as formações abertas sobre canga ferrífera.