

Estrutura, Diversidade e Discriminação de Comunidades Vegetais
em Inselbergs do Espírito Santo, Brasil

Herval Vieira Pinto Junior

Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Tropical

Mestrado em Biodiversidade Tropical

Universidade Federal do Espírito Santo

São Mateus, Fevereiro de 2017

HERVAL VIEIRA PINTO JUNIOR

**ESTRUTURA, DIVERSIDADE E DISCRIMINAÇÃO DE
COMUNIDADES VEGETAIS EM INSELBERGS DO ESPÍRITO
SANTO, BRASIL**

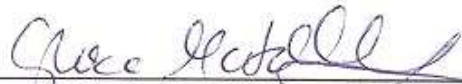
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade Tropical.

Aprovada em 21 de fevereiro de 2017.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Luis Fernando Tavares de
Menezes
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof(a). Dr(a). Gloria Matallana Tobón
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Felipe Zamborlini Saiter
Instituto Federal do Espírito Santo

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Divisão de Biblioteca Setorial do CEUNES - BC, ES, Brasil)

P659e Pinto Junior, Herval Vieira, 1987-
Estrutura, diversidade e discriminação de comunidades
vegetais em inselbergs do Espírito Santo, Brasil / Herval Vieira
Pinto Junior. – 2017.
62 f. : il.

Orientador: Luis Fernando Tavares de Menezes.
Coorientador: Miriam Cristina Alvarez Pereira.
Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Afloramento rochosos. 2. Microhabitat. 3. Biodiversidade. 4.
Conservação da natureza. I. Menezes, Luis Fernando Tavares
de. II. Pereira, Miriam Cristina Alvarez. III. Universidade Federal
do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo.
IV. Título.

CDU: 502

Para todos os amantes dos Inselbergs...

Agradecimentos

Aos Coordenadores, Professores e Funcionários do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical, à Universidade Federal do Espírito Santo por ceder toda a estrutura para realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de pós-graduação.

Ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) pela autorização de pesquisa nas Unidades de Conservação da APA Pedra do Elefante e Parque Estadual Forno Grande, aos funcionários das UC's pela atenção e gentileza em que éramos recebidos.

A todos os moradores que permitiram nossas coletas em suas propriedades, em especial Seu Tico e Seu Voito (Águia Branca) e Seu Elias (Pedra de Pontões) pela hospitalidade, alegria e pelo cafezinho no final do dia.

Ao meu orientador Luis Fernando Tavares de Menezes pela confiança e credibilidade depositado em mim, muitíssimo obrigado pelas cobranças e ensinamentos. À minha co-orientadora Miriam Cristina Alvarez Pereira por me acompanhar em mais uma jornada, agradeço pelas conversas, aprendizados e motivação em continuar estudando os Inselbergs Capixabas.

A todos os meus colegas de pós-graduação, obrigado pela amizade e conhecimentos compartilhados.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia de Restinga e Mata Atlântica (LERMA) Izabela Ribeiro, Cléber Covre, Bruno Fanticelle, Cláudio Filho, Rafael Coelho, Láiza Valfré, Alana Scheidegger, Crislaine Quiuqui, Pablo Vieira e Euler Mello, agradeço pela recepção e momentos de alegria proporcionados.

A todos que ajudaram nos exaustivos trabalhos de campo, principalmente a Cléber Covre, Izabela Ribeiro, Wenita Souza e Gabriel Ramallete que participaram intensamente das atividades, sem vocês esse trabalho não seria possível, obrigado!!

À Bruno Fanticelle e Alana Scheidegger pela ajuda e atenção no Herbário SAMES.

Aos colegas e Pós-Doc do LERMA Glória Matallana Tobón e Amilcar Walter Saporetti Junior pelas idéias, ajudas e sugestões.

Aos colegas de república, Lucas Barreto, Raphael Rabello, Karlo Martins, Lucas Gonçalves e Vinícius Fezer pelos momentos de alegria e descontração. Um

agradecimento em especial à Maisa Carvalho pelos diversos abrigos em sua república e aos eternos republicanos e amigos Vinicius Taquetti e Ítalo Câmara que sempre me acolhem nas idas a Alegre.

Aos Botânicos que auxiliaram nas identificações das espécies, Dra. Rafaela Campostrini Forzza, Dr. Claudio Nicoletti de Fraga, Dra. Inês Cordeiro e M.Sc. Ludovic Jean Charles Kollmann.

A todos os meus amigos e familiares que mesmo distantes torciam por mim.

Aos meus irmãos Saulo e Livia que me incentivaram a vencer mais esta etapa.

E principalmente ao meu pai Herval e minha mãe Dirley pelo apoio, conversas motivadoras e confortantes, e por sempre acreditarem no meu potencial.

A Deus pela saúde para poder realizar este trabalho.

E por fim, a todos que mesmo indiretamente ajudaram na realização deste trabalho. Deixo aqui o meu muito obrigado e minhas desculpas por ter esquecido alguém.

Sumário

Agradecimentos	iv
Sumário.....	vi
Lista de Tabelas	vii
Lista de Figuras	viii
Resumo	ix
Abstract.....	x
Introdução Geral.....	11
Capítulo 1 - Estrutura de quatro comunidades vegetais em Inselbergs do Estado do Espírito Santo, Brasil	
Introdução.....	16
Material e Métodos.....	17
Resultados.....	21
Discussão.....	33
Conclusões.....	37
Referências Bibliográficas.....	38
Capítulo 2 – Discriminação de quatro comunidades vegetais em Inselbergs do Estado do Espírito Santo, Brasil	
Introdução.....	45
Material e Métodos.....	47
Resultados.....	48
Discussão.....	54
Conclusões.....	58
Referências Bibliográficas.....	58
Referências Bibliográficas Introdução Geral.....	61

Lista de Tabelas

Capítulo 1 - Estrutura de quatro comunidades vegetais em Inselbergs do Estado do Espírito Santo, Brasil

Tabela 1.1 – Tabela contendo as descrições gerais de cada área de estudo no ES.....	18
Tabela 1.2 – Espécies amostradas na comunidade rupícola de Águia Branca e seus parâmetros fitossociológicos	23
Tabela 1.3 – Espécies amostradas na comunidade rupícola da Pedra do Elefante e seu parâmetros fitossociológicos	25
Tabela 1.4 – Espécies amostradas na comunidade rupícola de Forno Grande e seus parâmetros fitossociológicos	27
Tabela 1.5 – Espécies amostradas na comunidade rupícola da Pedra de Pontões e seus parâmetros fitossociológicos	30
Tabela 1.6 – Resumo de todos os resultados referentes às quatro comunidades estudadas	32

Capítulo 2 - Discriminação de quatro comunidades vegetais em Inselbergs do Estado do Espírito Santo, Brasil

Tabela 2.1 – Resultado obtido através do método Índice de Valor Indicador para a comunidade de Águia Branca.....	48
Tabela 2.2 – Resultado obtido através do método Índice de Valor Indicador para a comunidade de Pedra do Elefante	50
Tabela 2.3 – Resultado obtido através do método Índice de Valor Indicador para a comunidade de Forno Grande	51
Tabela 2.4 – Resultado obtido através do método Índice de Valor Indicador para a comunidade de Pedra de Pontões	53

Lista de Figuras

Capítulo 1 - Estrutura de quatro comunidades vegetais em Inselbergs do Estado do Espírito Santo, Brasil

Figura 1.1 – Localização dos quatro Inselbergs estudados no ES.....	18
Figura 1.2 – Aspectos dos Inselbergs estudados no ES: Águia Branca e APA Pedra do Elefante.....	19
Figura 1.3 – Aspectos dos Inselbergs estudados no ES: Parque Estadual Forno Grande e Pedra de Pontões.....	19
Figura 1.4 – Esquema ilustrativo do Método de Interseção de Linha	20
Figura 1.5 – Dendrograma de dissimilaridade	33

Capítulo 2 – Discriminação de quatro comunidades vegetais em Inselbergs do Estado do Espírito Santo, Brasil

Figura 2.1 – Gráfico representativo da análise de NMDS para o Inselberg Águia Branca	49
Figura 2.2 – Gráfico representativo da análise de NMDS para o Inselberg Pedra do Elefante.....	50
Figura 2.3 – Gráfico representativo da análise de NMDS para o Inselberg Forno Grande	52
Figura 2.4 – Gráfico representativo da análise de NMDS para o Inselberg Pedra de Pontões	54

Resumo

Inselbergs são afloramentos rochosos isolados que surgem abruptamente acima das planícies que os cercam e são caracterizados por condições edáficas e microclimáticas extremas. Estes ambientes abrigam uma vegetação com elevado grau de diversidade e endemismo, destacam-se mundialmente ao lado das vegetações rupícolas de Madagascar e do leste da Austrália. Este estudo tem como objetivo principal descrever e analisar a estrutura das comunidades vegetais rupícolas do Estado do Espírito Santo e discriminar estas comunidades através de associações de espécies com o microhabitat, preferência de algumas espécies por habitats específicos e suas espécies indicadoras. Quatro Inselbergs no Espírito Santo foram selecionados para amostragem de sua vegetação: Águia Branca (Região Noroeste), Pedra do Elefante (Região Norte), Forno Grande e Pedra de Pontões (Região Sul). Para a amostragem da vegetação foi utilizado o Método de Interseção de Linha. A similaridade florística entre as áreas de estudo foi testada através de uma Análise de Agrupamento, utilizando a distância de Jaccard e UPGMA. Os dados da estrutura da vegetação e uma categorização das unidades amostrais foram utilizados para realizar uma Análise de Escalonamento Multidimensional (NMDS) visando discriminar estas comunidades através de associações de espécies com o microhabitat, preferência por habitats específicos e espécies indicadoras. O método do Índice de Valor Indicador (IndVal) foi utilizado para verificar a ocorrência de espécies indicadoras de microhabitat. As quatro comunidades apresentam composição florística comparável à outros estudos sobre afloramentos rochosos, onde as famílias com maior riqueza foram Asteraceae, Bromeliaceae, Cyperaceae, Melastomataceae, Orchidaceae, Poaceae e Velloziaceae. As quatro comunidades apresentaram estrutura oligárquica e Índice de Shannon entre 0,89 e 2,65. O dendrograma de similaridade revelou elevada dissimilaridade entre as comunidades estudadas e Coeficiente de Correlação Cofenético = 0,96. Os resultados das análises de NMDS indicam a discriminação de grupos dentro de cada Inselberg influenciados pela microtopografia e a abundância das espécies. Estes grupos indicam a presença de microhabitats semelhantes, como Tapetes de Monocotiledôneas, Depressões e Plantas Epilíticas baseados no tipo de microtopografia (convexo, plano ou côncavo), porém com composição florística, fisionomia e estrutura específicas para cada Inselberg. A estrutura dividida em grupos confirma a existência de uma organização em formato de mosaico, este mosaico é baseado na microtopografia côncava e convexa, onde a disponibilidade de recursos é variável. A presença de espécies exóticas, como *Melinis minutiflora* indica a necessidade de ações de manejo e conservação para evitar a perda do resto de biodiversidade existente, principalmente nas unidades de conservação que fazem parte deste estudo.

Abstract

Inselbergs are isolated rock outcrops that arise abruptly above the surrounding plains and are characterized by edaphic conditions and extreme climatic conditions. These surroundings are home to a high vegetation diversity and endemism, stand out worldwide next to the rupicolous vegetation of Madagascar and Eastern Australia. This study aims to describe and analyze the main structure of rupicolous plant communities of the State of Espírito Santo and discriminate these communities through species associations with the microhabitat preference of some species for specific habitats and its indicator species. Four Inselbergs in Espírito Santo were selected for your sampling vegetation: Águia Branca (Northwest Region), Pedra do Elefante (Northern Region), Forno Grande and Pedra de Pontões (Southern Region). For the sampling of vegetation was used the method of Intersection Line. The floristic similarity between the fields of study was tested through a Cluster Analysis, using the Jaccard distance and UPGMA. The data of the structure of vegetation and a categorization of sampling units were used to carry out an Analysis of Multidimensional Scaling (NMDS) in order to discriminate these communities through species associations with the microhabitat, habitat preference and specific indicator species. The Index Indicator Value (IndVal) was used to verify the occurrence of indicator species of microhabitat. The four communities present floristic composition comparable to other studies on rocky outcrops, where families with greater wealth were Asteraceae, Bromeliaceae, Cyperaceae, Melastomataceae, Orchidaceae, Poaceae and Velloziaceae. The four communities presented oligarchic structure and Shannon Index between 0.89 and 2.65. The dendrogram showed high similarity dissimilarity between the communities studied and Cofenetic Correlation Coefficient = 0.96. The results of analysis of NMDS indicate discrimination against groups within each Inselberg influenced by the microtopography results and the abundance of the species. These groups indicate the presence of similar microhabitats, as Monocotyledonous Mats, Depressions and Epilithic Vascular Plants based on the type of microtopography results (convex, concave or flat), but with floristic composition, physiognomy and structure specific to each Inselberg. The structure divided into groups confirms the existence of an organization in the form of mosaic this mosaic is based on concave and convex microtopography results, where resource availability is variable. The presence of exotic species such as *Melinis minutiflora* indicates the need for the management and conservation of holdings to avoid losing the rest of existing biodiversity, especially in the conservation units that are part of this study.

INTRODUÇÃO GERAL

No século XIX, a aparência incomum dos inselbergs atraiu a atenção de naturalistas famosos, que forneceram os primeiros relatos descritivos de sua vegetação, Alexander von Humboldt (1819) e Carl Friedrich Philipp von Martius (1842) estavam entre eles (von HUMBOLDT, 1819; von MARTIUS, 1842, *apud* POREMBSKI *et al.*, 2000). Quando vistos à distância, estes inselbergs parecem formar uma paisagem homogênea, que consiste principalmente de grandes extensões de rocha exposta. No entanto, uma observação mais detalhada revela um ecossistema que compreende uma quantidade inesperada de tipos de habitats claramente distinguidos em "ilhas sobre ilhas" (ORNDUFF, 1987).

Segundo Safford & Martinelli (2000) inselbergs *sensu lato* são encontrados em todo o leste do Brasil, desde o semiárido Nordeste até os altiplanos frios e nebulosos do Rio Grande do Sul. Embora esses afloramentos graníticos sejam parte familiar da paisagem de talvez 75% da população brasileira, são pouco estudados e as características florísticas, biogeográficas e ecológicas de sua flora são amplamente desconhecidas.

Na região sudeste do Brasil, principalmente nos Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo, sudeste de Minas Gerais e algumas regiões de São Paulo, os inselbergs são indicados como as regiões de melhor expressão da variabilidade da vegetação. Nessa região podemos encontrar toda a vegetação característica do leste brasileiro, de Floresta Tropical Montana a Cerrados, de Manguezais costeiros e Restingas até Campos de Altitude. Este mosaico variado de vegetação é uma herança biológica rica, de um clima dinâmico, onde a união entre fatores bióticos e físicos resultou nos inselbergs mais diversos e heterogêneos (SAFFORD & MARTINELLI, 2000). Martinelli (2007) ainda indica áreas no sul do Espírito Santo como extremamente importantes para a conservação ambiental, onde faltam parcialmente ou totalmente informações biológicas, e por isso é indicada como ação prioritária, a realização de inventários florísticos.

Ab'Saber (1966) chamou a região do litoral sudeste brasileiro de "marés de morros", destacando a quase completa ausência de extensas planícies fora do litoral, e pela importância de formações do tipo inselberg para a paisagem regional. Três principais compartimentos geomorfológicos definem o litoral sudeste: do sul para o norte, são: (1) a Serra do Mar, (2) o Vale do Rio Paraíba do Sul, e (3) a Serra da Mantiqueira. Inselbergs e formações do tipo inselberg encontram-se em todos os três compartimentos geomorfológicos, bem como ao longo do litoral.

As condições ambientais nos inselbergs, como o clima, umidade ou disponibilidade de nutrientes, conduzem processos ecológicos importantes do ecossistema e modificam a estrutura e a composição da flora (PHILLIPS, 1982). Especialmente as microcondições climáticas que diferem muito do clima regional, e gradientes íngremes que podem ocorrer em distâncias muito curtas (POREMBSKI *et al.*, 1996). Em geral, as condições ambientais nos inselbergs são extremas para a vegetação: a cobertura do solo é restrita aos trechos com inclinações suaves, incluindo depressões rasas ou superfícies planas com pequenas manchas de florestas, a precipitação é largamente perdida pelo escoamento e a retenção e armazenamento de água é limitado (SZARZYNSKI, 2000).

Szarzynski (2000) ainda discute as características edáficas restritas dos inselbergs, principalmente pela quantidade de água disponível para as plantas. Além disso, a disponibilidade de água é influenciada pela forte absorção de radiação solar na superfície da rocha, causando altas temperaturas e taxas elevadas de evapotranspiração. Como consequência destas circunstâncias ambientais extremas, os inselbergs fornecem habitats para uma flora altamente adaptada, diferindo quase completamente da vegetação circundante.

Os inselbergs representam ecossistemas não uniformes, mostram uma clara fragmentação em microhabitats (POREMBSKI *et al.*, 2000, POREMBSKI, 2007). Estes microhabitats apresentam, em pequena escala, uma estrutura de mosaico, dividida entre zonas com camada de sedimentos com maior profundidade, onde o fluxo de água e sedimentos é convergente (“biostasis”) e zonas com fluxo divergente, onde a quebra e erosão são predominantes (“rhexistasis”) (MENGHI *et al.*, 1993). Esta organização em mosaico pode causar uma variação na composição de espécies, cobertura vegetal e produtividade (MENGHI, 1987).

Dessa forma podemos identificar algumas comunidades formadas a partir do microhabitat, composição florística e fisionomia, características dos afloramentos rochosos: 1 - Crosta de criptógamas – áreas de rocha exposta coberta por líquens e cianobactérias; 2 - Vegetação epilítica – compreende espécimes que crescem isoladamente na rocha exposta, Bromeliaceae e Cactaceae são as famílias mais representativas; 3 - Tapetes de monocotiledôneas – espécies que ocorrem associadas a uma microtopografia plana ou inclinada (“rhexistasis”), formando tapetes fortemente aderidos a rocha exposta. As famílias mais comuns nessas comunidades são Velloziaceae e Bromeliaceae, mas geralmente espécies de Orchidaceae ocorrem

associadas aos tapetes; 4 - Piscinas de pedra – regiões onde ocorre o acúmulo de água durante a estação chuvosa e 5 - Depressões rasas – essas podem ter diferentes tamanhos, forma e profundidade preenchidas por solo húmico (“biostasis”), frequentemente são encontrados arbustos de Melastomataceae e Asteraceae (POREMBSKI, 2007).

De acordo com Kluge & Brulfert (2000) estes tipos de habitat diferem em grande parte na gama de fatores edáficos e microclimáticos e, portanto, nas exigências ecofisiológicas que as plantas colonizadoras dessas comunidades necessitam. Como consequência, os inselbergs mostram uma elevada diversidade beta de sua flora. Por esta razão, os inselbergs fornecem modelos promissores para estudos comparativos sobre a efetividade e os mecanismos de adaptação ecológica destas espécies; entretanto os estudos envolvendo a ecofisiologia da vegetação dos inselberg ainda são considerados iniciais (KLUGE & BRULFERT, 2000).

Sobre a composição florística nos inselbergs, as Samambaias, Licófitas e as Gimnospermas representam apenas uma pequena porcentagem de espécies adaptadas aos inselbergs. Os gêneros mais proeminentes em relação ao número de espécies de Samambaias são: *Anemia*, *Asplenium*, *Cheilanthes* e *Pellaea*, cada um incluindo mais de 20 espécies. Os pequenos esporos das samambaias são dispersos pelo vento e, portanto, são altamente adequados para a colonização de habitats isolados. As Angiospermas são responsáveis pela grande maioria das espécies dos inselbergs. Poaceae (cerca de 390 sp.), Cyperaceae (cerca de 340 sp.) e Fabaceae (aproximadamente 330 sp.) são as famílias as mais abundantes (BARTHLOTT & POREMBSKI, 2000).

Dentre as angiospermas, as famílias que apresentam porcentagens elevadas de espécies adaptadas aos inselbergs são: Velloziaceae (24,3% de todas as espécies), Lentibulariaceae (16,3%), Xyridaceae (11,5%), Cyperaceae (7,7%) e Eriocaulaceae (7,3%). Ao todo, 57 famílias e 3.500 espécies de angiospermas podem ser classificadas como adaptadas aos inselbergs (BARTHLOTT & POREMBSKI, 2000). As famílias Bromeliaceae e Orchidaceae chamam a atenção pelas características epifíticas bem adaptadas aos inselbergs. Os gêneros mais representativos dos inselbergs estão relacionados a características derivadas de alguns gêneros terrestres, como o gênero *Pitcairnia* ou derivam de espécies epifitas, como gênero *Aechmea* (BARTHLOTT & POREMBSKI, 2000).

Os gêneros mais representantes nos inselberg são: *Vellozia* (cerca de 30 sp.), *Rhynchospora* (30 sp.), *Utricularia* (30 sp.), *Cyperus* (25 sp.), *Chamaecrista* (20 sp.),

Indigofera (20 sp.), *Polygala* (20 sp.) e *Xyris* (20 sp.). Para as Bromeliaceae, os gêneros *Orthophytum* (25%), *Aechmea* (23,5%) e *Dyckia* (18,7%) são bem representados nos inselbergs. Outros gêneros como, *Lindernia* (24%, Scrophulariaceae), *Dissotis* (20%, Melastomataceae) e *Utricularia* (14%, Lentibulariaceae) também são gêneros representativos (BARTHLOTT & POREMBSKI, 2000).

Várias adaptações morfológicas, anatômicas e reprodutivas são presumidamente vantajosas para a sobrevivência nos inselbergs. Servem de uma forma ou de outra para superar as limitações ecológicas do meio ambiente (BIEDINGER *et al.*, 2000). As formas de vida dos organismos são um testemunho das condições de crescimento dentro das comunidades. Um amplo espectro de hábitos e formas de vida diferentes pode ser encontrado entre as espécies que crescem nos inselbergs, terófitos são mais predominantes em inselbergs na África tropical, enquanto que nos neotrópicos os hemicriptófitos, caméfitos e fanerófitos são muito mais importantes. As adaptações morfológicas comuns em ambientes de elevado stress, como os inselbergs, incluem: presença de raízes adventícias e velame radicular; paquicaules e caules em forma de roseta; folhas esclerófilas e suculentas e espécies poiquilohídricas e caducifólias (BIEDINGER *et al.*, 2000).

Em relação à ecologia reprodutiva, Wyatt (1997) e Biedinger *et al.* (2000) observam que a maioria dos estudos realizados inselberg são para as regiões temperadas. Para Wyatt (1997) que estudou os inselbergs graníticos no sudeste dos EUA, muitas espécies possuem auto-incompatibilidade em cruzamentos distantes ou possuem mais frequentemente a autofecundação. Hopper (1981) observou em afloramentos rochosos no oeste da Austrália, a relação entre aves polinizadoras e espécies de Myrtaceae e Proteaceae que serviam de alimento no inverno, nas quais são dependentes da ornitofilia. Pequenas moscas, abelhas e formigas também são reportadas por Wyatt (1986) como os primeiros polinizadores em inselbergs no sudeste dos EUA.

O espectro de síndromes de polinização observadas em inselbergs tropicais é amplo, variando de entomofilia e anemofilia a ornitofilia e quiropterofilia. As duas últimas síndromes são relatadas, principalmente, no neotrópico. A presença de espécies herbáceas polinizadas por morcegos em inselbergs sul-americanos, como *Alcantarea* (Bromeliaceae), *Coleocephalocereus* (Cactaceae) e *Sinningia* (Gesneriaceae) é, portanto, um testemunho do caráter aberto deste ecossistema. Quanto ao número de espécies, na maioria dos casos a entomofilia é dominante em inselbergs, seguida de

anemofilia, quiropterofilia e ornitofilia. Árvores com polinização por anemofilia são consideradas raras (BIEDINGER *et al.*, 2000).

Em grande parte dos inselbergs não existe informações sobre os processos de dispersão de sementes, Wyatt (1997) propõe que as plantas de afloramentos rochosos no sudeste dos EUA possuem adaptações contra a dispersão de longa distância, a fim de evitar locais inóspitos nos arredores. Para a África tropical, a mesmo autor indica que em inselbergs a porcentagem de espécies endozoocóricas (incluindo ornitocóricas) é maior, seguida por espécies anemocóricas e epizoóticas. Porembski *et al.* (1998) indica para os inselbergs brasileiros um amplo espectro de mecanismos de dispersão de frutos ou diásporos, sendo anemocoria a dominante em Velloziaceae e Bromeliaceae, endozoocoria em Cactaceae (*Coleocephalocereus*) e para epizoocoria não existe informações.

Quanto a conservação, Porembski *et al.* (2000) e Seine (2000) afirmam que a maior ameaça a vegetação dos inselbergs é a fragmentação, esta pode levar a sérias conseqüências para a diversidade e composição de espécies deste ecossistema, principalmente pelas atividades humanas, como extração de rocha, coleta de espécies ornamentais, atividades turísticas e abertura de pontes de entrada para espécies invasoras, como a retirada da vegetação circundante para monoculturas e estradas. Sem dúvida, os inselbergs merecem pelo menos alguma proteção por causa do papel de último refúgio de espécies criticamente ameaçadas de extinção, pela sua beleza natural e pelo fascínio que exercem sobre o homem. Sua contribuição para a flora regional e sua riqueza de espécies endêmicas, são outras boas razões para a conservação de sua vegetação.

A partir desta introdução geral, onde procurou reunir as principais informações sobre os Inselbergs, temos como objetivo principal deste trabalho descrever e analisar a estrutura das comunidades vegetais rupícolas do Estado do Espírito Santo. O primeiro capítulo trata da descrição da estrutura e diversidade das comunidades que compõem aos Inselbergs Capixabas e o segundo capítulo que procura discriminar estas comunidades através de associações de espécies com o microhabitat, preferência de algumas espécies por habitats específicos e suas espécies indicadoras.

CAPÍTULO 1

ESTRUTURA DE QUATRO COMUNIDADES VEGETAIS EM INSELBERGS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

INTRODUÇÃO

Inselbergs ou pães de açúcar são afloramentos rochosos isolados que surgem abruptamente acima das planícies que os cercam e são caracterizados por condições edáficas e microclimáticas extremas, tais como a escassez de água e nutrientes no solo, poucas alternativas para fixação de raízes, sementes e propágulos, além de excessiva exposição a ventos, luminosidade e brusca variação térmica diária (RIBEIRO & MEDINA, 2002; de PAULA *et al.*, 2016). Estes ambientes abrigam uma vegetação com elevado grau de diversidade e endemismo no leste brasileiro e se destacam mundialmente ao lado das vegetações rupícolas de Madagascar e do leste da Austrália (POREMBSKI, 2007).

No Brasil, os inselbergs são encontrados desde as Caatingas interioranas do semi-árido até os planaltos frios subtropicais do Rio Grande do Sul (de PAULA *et al.*, 2016). Na paisagem do sudeste brasileiro os inselbergs são muito frequentes e onde se encontra a maior expressão da variabilidade dos inselbergs brasileiros (SAFFORD & MARTINELLI, 2000; MOURA *et al.*, 2011).

Estabelecer-se sobre inselbergs exige adaptações e características específicas da flora, como folhas capazes de reidratar (espécies poiquiloídricas) (LÜTTGE, *et al.*, 2007), organização das folhas em forma de tanques, caules suculentos, bulbos e raízes atmosféricas. Estas características são comuns a espécies pioneiras de famílias frequentes nos afloramentos rochosos, como Bromeliaceae, Cactaceae e Orchidaceae. Algumas espécies formam populações densas sobre a rocha onde outras plantas podem crescer, caracterizando um mecanismo de facilitação (POREMBSKI *et al.*, 1998; SCARANO, 2002; MEDINA *et al.*, 2006; RIBEIRO *et al.*, 2007).

A distribuição da vegetação nas superfícies rochosas ocorre de forma esparsa, em aglomerados ou indivíduos isolados, caracterizando uma forma peculiar de organização. Dessa forma, Seine *et al.* (1998) propõem um sistema de classificação da vegetação em função dos locais onde crescem e de sua composição: 1 - piscinas (*pools*), 2 - depressões rasas (*shallow depressions*) e 3 - fendas, fissuras e canais de drenagem onde se observa vegetação efêmera 4 - (*flush vegetation*) e superfície convexas. Porembski (2007) em outra classificação, também usa os microhabitats e a composição

florística para identificar associações entre espécies: 5 - crostas de criptógamas (*cryptogamic crusts*), 6 - vegetação epilítica (*epilithic vascular plants*) e 7 - tapetes de monocotiledôneas (*monocotyledonous mats*) à classificação da vegetação rupícola.

Os inselbergs do Espírito Santo são descritos como relictos vegetacionais e refúgios ecológicos (DAVIS, 1951; IBGE, 2012) e foram indicados como áreas prioritárias para a conservação (MARTINELLI, 2007), por encontrarem-se ameaçados, principalmente, devido à exploração e comércio de rochas ornamentais (CAMPELLO, 2000). Por outro lado, a escassez de estudos nessa região dificulta análises comparativas para a compreensão dos processos ecológicos e conservação desse tipo de vegetação (CAIAFA & SILVA, 2005).

Considerando a necessidade de ampliar os estudos ecológicos sobre a vegetação rupícola no Espírito Santo, o presente trabalho tem por objetivo descrever e analisar a composição florística, a estrutura, a similaridade florística e o status de conservação das espécies em quatro comunidades vegetais rupícolas no Espírito Santo. Através destes objetivos procura-se compreender melhor a forma de estruturação destas comunidades e os fatores que levam a sua organização estrutural.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

Foram escolhidos quatro inselbergs (Fig. 1.1) no Estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil: Inselberg Águia Branca (Fig. 1.2) (S 18.973 e W 40.707 UTM), localizado no município de Águia Branca, região noroeste; Inselberg Pedra do Elefante (Fig. 1.2) (S 18.768 e W 40.456 UTM), localizado na Área de Proteção Ambiental Pedra do Elefante, município de Nova Venécia, região norte; Mirante do Parque Estadual Forno Grande (Fig. 1.3) (S 20.511 e W 41.090 UTM), localizado no município de Castelo, região sul e Inselberg Pedra de Pontões (Fig. 1.3) (S 20.938 e W 41.543 UTM), localizado no município de Mimoso do Sul, região sul. Considerou-se para a escolha destas comunidades a integridade da área, a conformação e o perfil topográfico do afloramento e um eixo norte-sul em relação ao Estado do Espírito Santo.

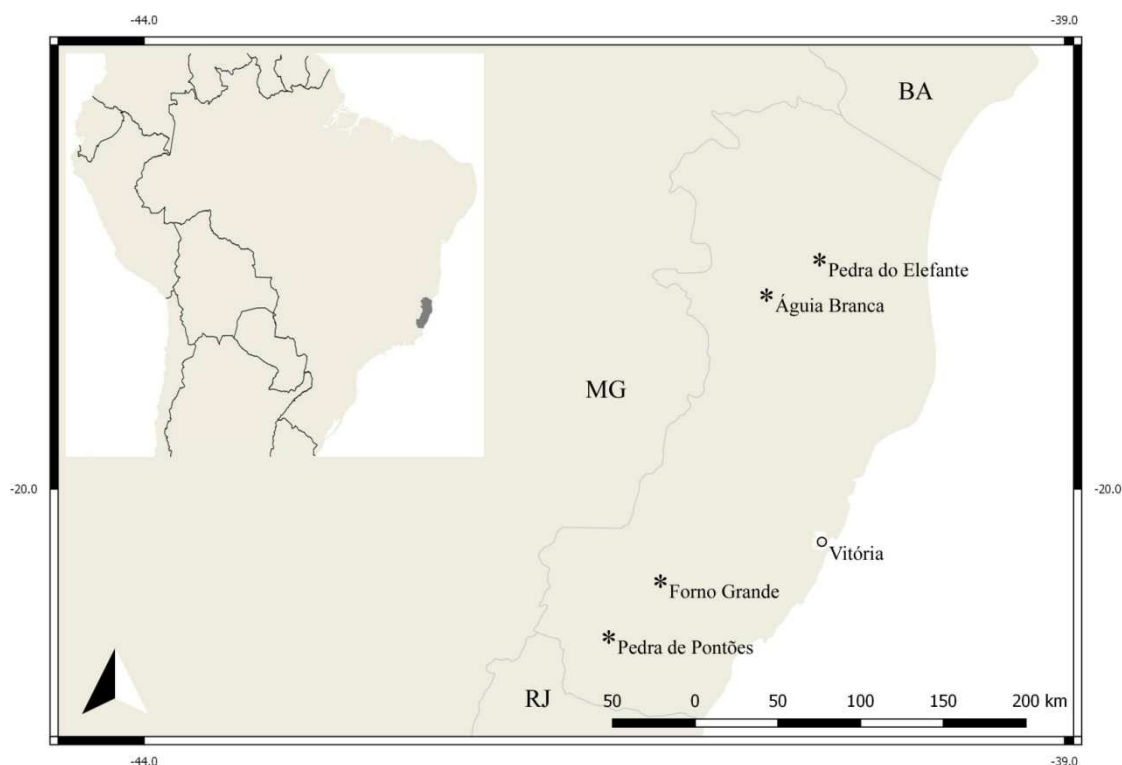


Figura 1.1 – Localização dos quatro Inselbergs estudados no ES.

Tabela 1.1 – Tabela contendo as descrições gerais referentes a cada área de estudo no ES.

	Águia Branca	Pedra do Elefante	Forno Grande	Pedra de Pontões
Geologia	Charnockito e enderbito porfiríticos, metaluminosos, cálcio-alcálicos de alto K (Pedrosa-Soares <i>et al.</i> , 2007)	Biotita granito do tipo I e charnockítica do tipo I (Queiroga <i>et al.</i> , 2012)	Granito, allanita granito, titanita granito, granodiorito e diorito de granulação média e fina (Silva, 1993)	Granitos, granodioritos, gabros, tonalitos e dioritos (Tupinambá <i>et al.</i> , 2007)
Clima (Köppen, 1948)	Am - Tropical úmido ou subúmido	Am - Tropical úmido ou subúmido	Cwb – Subtropical de altitude	Cwb – Subtropical de altitude
Temperatura média (Incaper, 2016)	23°C	24°C	15°C	19,5°C
Pluviosidade anual (Incaper, 2016)	1.151 e 1.200 mm	1.100 e 1.150 mm	1.300 e 1.350 mm	1.350 e 1.400 mm
Matriz Florestal (Ururahy, 1983)	Floresta Estacional Semidecidual	Floresta Estacional Semidecidual	Floresta Ombrófila Densa Montana	Floresta Estacional Semidecidual
Altitude	260 m	675 m	1.480 m	980 m

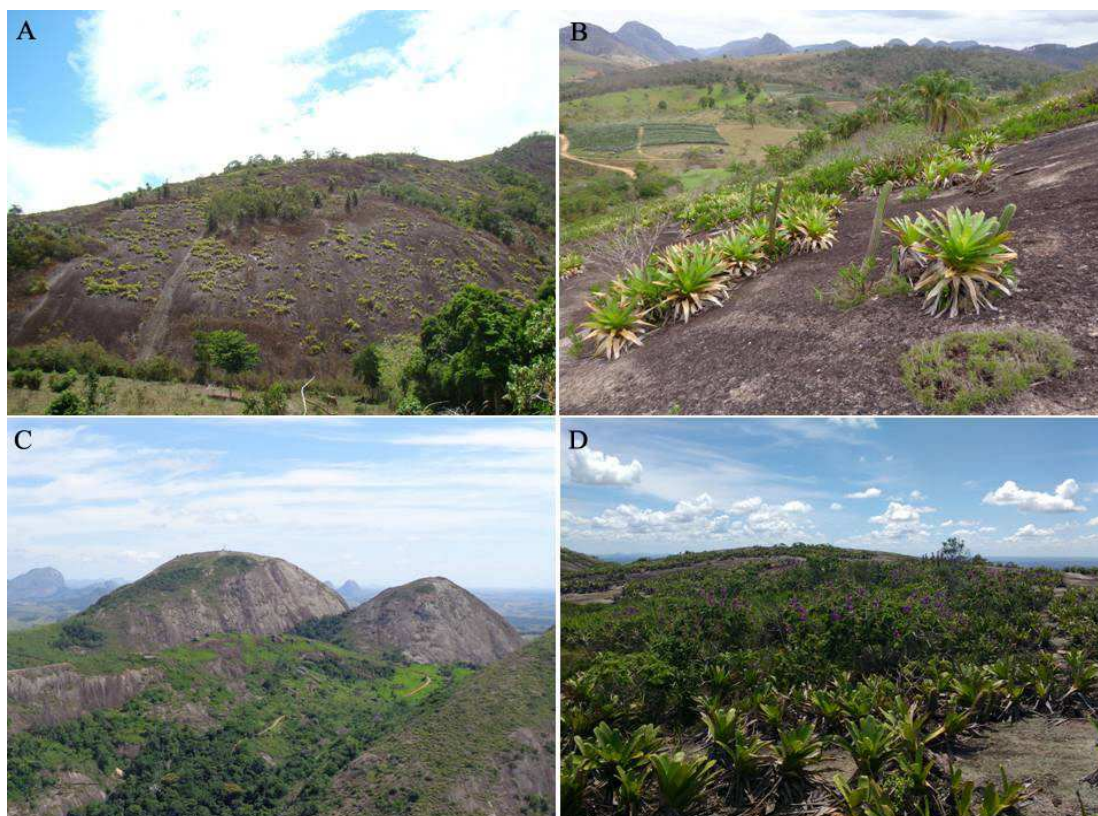


Figura 1.2 – Aspectos dos Inselbergs estudados no ES: Águia Branca (A e B) e APA Pedra do Elefante (C e D). Fotos: H.V. Pinto Junior.

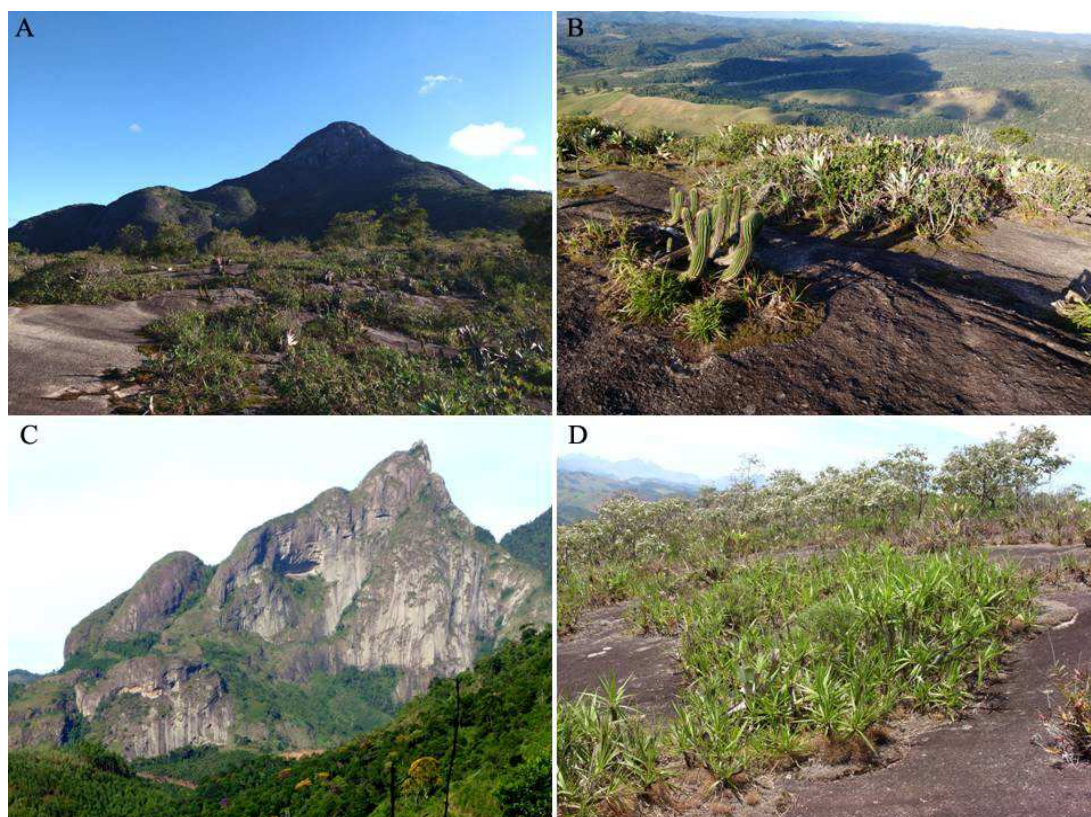


Figura 1.3 – Aspectos dos Inselbergs estudados no ES: Parque Estadual Forno Grande (A e B) e Pedra de Pontões (C e D). Fotos: H.V. Pinto Junior (exceção Fig. 1.3 C – M.C.A. Pereira).

Amostragem da vegetação

Para o levantamento estrutural da vegetação foi utilizado o método de interseção de linha (MUELLER-DOMBIES & ELLENBERG, 2002) (Fig. 1.4). Em uma área de 1 hectare, foram estabelecidas 10 transecções de 100 m de comprimento cada, distantes entre si em 10 m ou 20 transecções de 50 m cada distantes entre si 10 m, de acordo com o formato do afloramento estudado. Todos os indivíduos herbáceos e arbustivos cuja porção vegetativa foi interceptada pela linha, tiveram seu intervalo interceptado anotado, o que permitiu o cálculo dos parâmetros descritores da vegetação (BROWER *et al.*, 1998). Cada transecção foi dividida em intervalos de 10 m para obtenção da frequência das espécies.

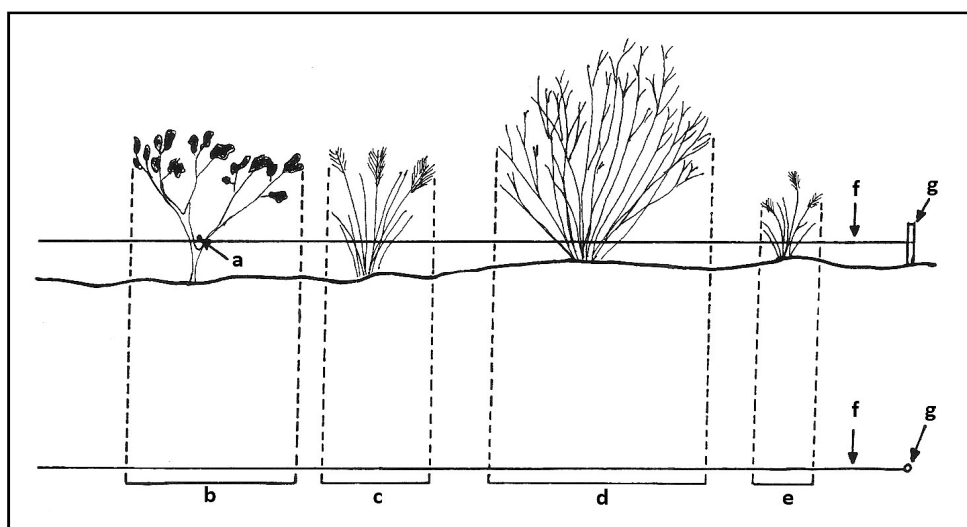


Figura 1.4 – Esquema ilustrativo do Método de Interseção de Linha (modificado de BROWER *et al.*, 1998); a – ponto de fixação da planta; b, c, d, e – cobertura do espécime; f – trena e g – estaca.

Similaridade Florística

Para testar a similaridade florística entre as quatro áreas amostradas foi realizada uma Análise de Agrupamento através de uma matriz de dados de presença e ausência, utilizando como coeficiente a Distância de Jaccard e UPGMA. O critério de inclusão dos indivíduos na matriz foi à identificação ao nível de espécie. A análise de agrupamento foi representada através de um dendrograma de similaridade e o Coeficiente de Correlação Cofenético (CCC). A Análise de Agrupamento foi realizada através do programa estatístico R (R Core team, 2016) utilizando os pacotes “ade4” (DRAY & DUFOUR, 2007), “permute” (SIMPSON, 2016), “vegan” (OKSANEN *et al.*, 2016), “gclus” (HURLEY, 2012) e “cluster” (MAECHLER *et al.*, 2016).

Identificação Botânica

A identificação do material botânico foi realizada por meio de comparação com material de herbário e, quando necessário, o envio de excisas para especialista de cada grupo taxonômico. Os táxons seguiram as grafias e autores dos nomes científicos das espécies relacionadas na Lista da Flora do Brasil (FLORA DO BRASIL 2020 em construção). Todo material botânico foi herborizado segundo os procedimentos descritos em Mori (1989) e depositado nas coleções dos herbários da Universidade Federal do Espírito Santo (VIES), Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (MBML), Herbário São Mateus (SAMES) e Jardim Botânico do Rio de Janeiro (R).

RESULTADOS

Inselberg Águia Branca

Foram amostradas 27 espécies, 24 gêneros e 17 famílias; as famílias mais ricas são Bromeliaceae (3 espécies), Velloziaceae (3), Apocynaceae (2), Cyperaceae (2), Fabaceae (2), Malvaceae (2), Melastomataceae (2) e Polypodiaceae (2). Dentre o total de famílias e gêneros, 53% e 91,6%, respectivamente, possuem apenas uma espécie amostrada. O resultado obtido para toda a vegetação amostrada foi de 337,5 m lineares e 662,5 m de rocha exposta em um total de 1.000 m lineares amostrados.

As espécies com maior Valor de Importância (VI) foram *Vellozia plicata*, *Trilepis lhotzkiana*, *Alcantarea simplicisticha* e *Coleocephalocereus pluricostatus* (Tabela 1.1). O VI destas espécies representa 80% do total, indicando uma estrutura oligárquica para esta comunidade. Estas mesmas espécies representam 85% do total da Cobertura Relativa (CR) e 75% de toda Frequência Relativa (FR) amostrada.

A espécie *Vellozia plicata* é a espécie de maior VI, Frequência e Cobertura Relativa. Para *Alcantarea simplicisticha* a cobertura relativa foi o parâmetro que mais contribui para suas posições de elevado VI. Para *Trilepis lhotzkiana* e *Coleocephalocereus pluricostatus* a frequência relativa foi o parâmetro que mais contribui para suas posições de elevado VI. Podemos observar um grupo de espécies intermediárias, formado por *Pseudobombax* sp., *Pleroma marinana*, *Lantana* sp., *Cnidoscolus* aff. *hamosus*, *Selaginela convoluta*, *Kielmeyera* sp., *Mandevilla fistulosa*, *Syagrus ruschiana* e *Platydictyon* sp. onde o valor VI varia entre 2 e 1. O VI destas espécies quando somado representa 14% do total deste índice.

Para *Pseudobombax* sp., *Pleroma marinana*, *Selaginela convoluta*, *Mandevilla fistulosa* e *Platypodium* sp. a frequência foi o parâmetro que mais contribuiu para suas posições de VI intermediário. Já para *Kielmeyera* sp. e *Syagrus ruschiana* a cobertura foi o parâmetro que mais contribuiu para suas posições de VI intermediário. Tanto a cobertura e frequência relativa contribuíram de forma igualitária para *Lantana* sp. e *Cnidocolus* aff. *hamosus*. As espécies com VI menor que 1 representam 5,6% desse parâmetro e 51% das espécies amostradas. A diversidade calculada pelo índice de Shannon-Wiener (H') foi de 0,95 nats/m e a Equabilidade (J) foi de 0,27.

Tabela 1.2 - Espécies amostradas na comunidade rupícola de Águia Branca e seus parâmetros fitossociológicos organizados em ordem decrescente de VI. Co – somatório da cobertura, K – número de intervalos onde foi encontrado a presença da espécie, FA – frequência absoluta, FR – frequência relativa, CoA – cobertura absoluta, CoR – cobertura relativa, VI – valor de importância.

Espécie	Família	Co(m)	K	FA	FR	CoA	CoR	VI
<i>Vellozia plicata</i> Mart.	Velloziaceae	139.66	83	0.83	28.42	0.140	41.38	34.90
<i>Trilepis lhotzkiana</i> Nees ex Arn.	Cyperaceae	61.40	68	0.68	23.29	0.061	18.19	20.74
<i>Alcantarea simplicisticha</i> Leme & A.P.Fontana	Bromeliaceae	83.75	43	0.43	14.73	0.084	24.82	19.77
<i>Coleocephalocereus pluricostatus</i> Buining & Brederoo	Cactaceae	2.84	25	0.25	8.56	0.003	0.84	4.70
<i>Pseudobombax</i> sp.	Malvaceae	2.93	9	0.09	3.08	0.003	0.87	1.98
<i>Pleroma marinana</i> P.J.F. Guim. & Fraga	Melastomataceae	5.10	7	0.07	2.40	0.005	1.51	1.95
<i>Lantana</i> sp.	Verbenaceae	6.70	5	0.05	1.71	0.007	1.99	1.85
<i>Cnidocolus</i> aff. <i>hamosus</i>	Euphorbiaceae	6.21	5	0.05	1.71	0.006	1.84	1.78
<i>Selaginela convoluta</i> (Arn.) Spring	Selaginellaceae	3.45	7	0.07	2.40	0.003	1.02	1.71
<i>Kielmeyera</i> sp.	Callophylaceae	6.33	3	0.03	1.03	0.006	1.88	1.45
<i>Mandevilla fistulosa</i> M.F.Sales et al.	Apocynaceae	1.10	7	0.07	2.40	0.001	0.33	1.36
<i>Syagrus ruschiana</i> (Bondar) Glassman	Arecaceae	5.06	2	0.02	0.68	0.005	1.50	1.09
<i>Platypodium</i> sp.	Fabaceae	2.66	4	0.04	1.37	0.003	0.79	1.08
<i>Vellozia candida</i> J.C.Mikan	Velloziaceae	1.66	4	0.04	1.37	0.002	0.49	0.93
<i>Pitcairnia barbatostigma</i> Leme & A.P.Fontana	Bromeliaceae	1.23	3	0.03	1.03	0.001	0.36	0.70
<i>Scleria</i> sp.	Cyperaceae	2.92	1	0.01	0.34	0.003	0.87	0.60
<i>Barbacenia</i> aff. <i>purpurea</i>	Velloziaceae	0.26	3	0.03	1.03	0.000	0.08	0.55
<i>Anemia retroflexa</i> Brade	Anemiaceae	0.70	2	0.02	0.68	0.001	0.21	0.45
<i>Philodendron edmundoi</i> G.M.Barroso	Araceae	0.48	2	0.02	0.68	0.000	0.14	0.41
Asteraceae	Asteraceae	1.50	1	0.01	0.34	0.002	0.44	0.39
<i>Cheilanthes geraniifolia</i> (Weath.) R.M.Tryon & A.F.Tryon	Pteridaceae	0.07	2	0.02	0.68	0.000	0.02	0.35
<i>Encholirium horridum</i> L.B.Sm.	Bromeliaceae	0.40	1	0.01	0.34	0.000	0.12	0.23
<i>Merianthera burlemarxii</i> Wurdack	Melastomataceae	0.38	1	0.01	0.34	0.000	0.11	0.23
<i>Aeschynomene</i> sp.	Fabaceae	0.37	1	0.01	0.34	0.000	0.11	0.23
<i>Aristolochia gracilipedunculata</i> F.González	Aristolochiaceae	0.21	1	0.01	0.34	0.000	0.06	0.20
<i>Pseudolaelia vellozicola</i> (Hoehne) Porto & Brade	Orchidaceae	0.09	1	0.01	0.34	0.000	0.03	0.18
<i>Mandevilla grazielae</i> M.F.Sales et al.	Apocynaceae	0.03	1	0.01	0.34	0.000	0.01	0.18
Valores Totais		337.49		2.92	100	0.337	100	100

Inselberg Pedra do Elefante

Foram amostradas 27 espécies, 23 gêneros e 19 famílias; destas famílias, Cyperaceae (3 espécies), Bromeliaceae (2), Melastomataceae (2), Poaceae (2) e Velloziaceae (2) são as mais ricas. Dentre o total de famílias e gêneros, 68,5% e 91%, respectivamente, possuem apenas uma espécie amostrada. O resultado obtido para toda a vegetação amostrada foi de 183,5 m lineares, 816,5 m de rocha exposta em um total de 1.000 m lineares amostrados.

As espécies com maior Valor de Importância (VI) foram *Alcantarea simplicisticha* e *Pleroma marinana*, estas quando somadas representam 67,5% do VI total. Podemos observar um grupo de espécies com VI intermediário, entre 5,7 a 1,1%, representados por *Coleocephalocereus pluricostatus*, *Philodendron edmundoi*, *Cyperus pohlii*, *Olyra latifolia*, Indeterminada 1, *Vellozia variegata*, *Scleria* sp., *Encholirium horridum*, *Vellozia candida*, *Sida spinosa* e *Pleroma* sp. nov. (Tabela 1.2), estas quando somadas representam 27% do VI total.

Somado o VI das espécies dominantes e das intermediárias obtemos um total de 94,5%, esse valor indica uma estrutura oligárquica para esta comunidade. Estas mesmas espécies representam 98% do total da Cobertura Relativa (CR) e 91,5% de toda Frequência Relativa (FR) amostrada. *Alcantarea simplicisticha* é a espécie de maior VI, Frequência e Cobertura Relativa. Para *Pleroma marinana* a frequência relativa foi o parâmetro que mais contribui para sua posição de elevado VI.

Para *Coleocephalocereus pluricostatus*, *Philodendron edmundoi*, *Cyperus pohlii*, *Vellozia candida* e *Pleroma* sp. nov. a frequência relativa foi o parâmetro que mais contribui para suas posições de VI intermediário. Já para Indeterminada 1 e *Vellozia variegata* a cobertura relativa foi o parâmetro que mais contribui para suas posições de VI intermediário. Os dois parâmetros contribuíram de forma igualitária para *Olyra latifolia*, *Scleria* sp. e *Encholirium horridum*. As espécies com VI menor que 1 representam 5,5% desse parâmetro e 52% das espécies amostradas. A diversidade calculada pelo índice de Shannon-Wiener (H') foi de 0,89 nats/m e a Equabilidade (J) foi de 0,26.

Tabela 1.3 - Espécies amostradas na comunidade rupícola de Pedra do Elefante e seus parâmetros fitossociológicos organizados em ordem decrescente de VI. Co – somatório da cobertura, K – número de intervalos onde foi encontrado a presença da espécie, FA – frequência absoluta, FR – frequência relativa, CoA – cobertura absoluta, CoR – cobertura relativa, VI – valor de importância.

Espécie	Família	Co(m)	K	FA	FR	CoA	CoR	VI
<i>Alcantarea simplicisticha</i> Leme & A.P.Fontana	Bromeliaceae	111.04	71	0.71	35.86	0.111	60.51	48.19
<i>Pleroma marinana</i> P.J.F. Guim. & Fraga	Melastomataceae	31.75	42	0.42	21.21	0.032	17.30	19.26
<i>Coleocephalocereus pluricostatus</i> Buining & Brederoo	Cactaceae	3.32	19	0.19	9.60	0.003	1.81	5.70
<i>Philodendron edmundoi</i> G.M.Barroso	Araceae	6.28	13	0.13	6.57	0.006	3.42	4.99
<i>Cyperus pohlii</i> (Nees) Steud.	Cyperaceae	4.07	9	0.09	4.55	0.004	2.22	3.38
<i>Olyra latifolia</i> L.	Poaceae	4.25	4	0.04	2.02	0.004	2.32	2.17
Indeterminada 1	Indeterminada	5.12	3	0.03	1.52	0.005	2.79	2.15
<i>Vellozia variegata</i> Goethart & Henrard	Velloziaceae	4.98	2	0.02	1.01	0.005	2.71	1.86
<i>Scleria</i> sp.	Cyperaceae	3.75	3	0.03	1.52	0.004	2.04	1.78
<i>Encholirium horridum</i> L.B.Sm.	Bromeliaceae	2.21	4	0.04	2.02	0.002	1.20	1.61
<i>Vellozia candida</i> J.C.Mikan	Velloziaceae	0.96	4	0.04	2.02	0.001	0.52	1.27
<i>Sida spinosa</i> L.	Malvaceae	1.52	3	0.03	1.52	0.002	0.83	1.17
<i>Pleroma</i> sp. nov.	Melastomataceae	0.49	4	0.04	2.02	0.000	0.27	1.14
<i>Clusia nemorosa</i> G.Mey.	Clusiaceae	1.30	1	0.01	0.51	0.001	0.71	0.60
<i>Lepidaploa cotoneaster</i> (Willd. ex Spreng.) H.Rob.	Asteraceae	0.30	2	0.02	1.01	0.000	0.16	0.58
<i>Evolvulus ericifolius</i> Mart. ex Schrank	Convolvulaceae	0.29	2	0.02	1.01	0.000	0.16	0.58
<i>Cheilanthes geraniifolia</i> (Weath.) R.M.Tryon & A.F.Tryon	Pteridaceae	0.19	2	0.02	1.01	0.000	0.10	0.55
<i>Centrosema coriaceum</i> Benth.	Fabaceae	0.50	1	0.01	0.51	0.001	0.27	0.38
<i>Bulbostylis</i> sp.	Cyperaceae	0.35	1	0.01	0.51	0.000	0.19	0.34
<i>Baccharis</i> sp.	Asteraceae	0.18	1	0.01	0.51	0.000	0.10	0.30
<i>Aosa parviflora</i> (Schrud. ex DC.) Weigend	Loasaceae	0.18	1	0.01	0.51	0.000	0.10	0.30
<i>Cnidioscolus urens</i> (L.) Arthur	Euphorbiaceae	0.14	1	0.01	0.51	0.000	0.08	0.29
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	Poaceae	0.12	1	0.01	0.51	0.000	0.07	0.28
<i>Peperomia incana</i> (Haw.) Hook.	Piperaceae	0.08	1	0.01	0.51	0.000	0.04	0.27
<i>Begonia lossiae</i> L. Kollmann	Begoniaceae	0.06	1	0.01	0.51	0.000	0.03	0.26
<i>Sinningia brasiliensis</i> (Regel & Schmidt) Wiehler & Chautems	Gesneriaceae	0.05	1	0.01	0.51	0.000	0.03	0.26
Iridaceae	Iridaceae	0.02	1	0.01	0.51	0.000	0.01	0.25
Valores Totais		183.5		1.98	100	0.183	100	100

Inselberg Forno Grande

Foram amostradas 47 espécies, 39 gêneros e 24 famílias, as famílias mais ricas são Asteraceae (6 espécies), Cyperaceae (4), Melastomataceae (4), Orchidaceae (3), Poaceae (3), Velloziaceae (3), Araceae (2) e Fabaceae (2). Dentre o total de famílias e gêneros, 66% e 95%, respectivamente, possuem apenas uma espécie amostrada. O resultado obtido para toda vegetação amostrada foi de 995,78 m lineares, 213,19 m de rocha exposta e 41 m de detritos em um total de 1.000 m lineares amostrados.

As espécies com maior Valor de Importância (VI) foram *Melinis minutiflora*, *Cyperus pohlii*, *Selaginella selowii*, *Tibouchina heteromalla*, *Alcantarea mucilaginoso*, *Clusia organensis*, *Olyra latifolia*, *Bidens* cf. *segetum*, *Cyrtocymura scorpioides* e *Tibouchina castellensis* (Tabela 1.3). O VI destas espécies representa 74,63% do total, indicando uma estrutura oligárquica para esta comunidade. Estas mesmas espécies representam 84% do total da Cobertura Relativa (CR) e 65,5% de toda Frequência Relativa (FR) amostrada.

A espécie com maior VI e Cobertura Relativa foi *Melinis minutiflora*. A maior Frequência Relativa foi observada para *Cyperus pohlii*. Para *M. minutiflora*, *C. pohlii*, *Selaginella selowii*, *Clusia organensis*, *Olyra latifolia* e *Tibouchina castellensis* a Cobertura Relativa foi o parâmetro que mais contribui para suas posições de elevado VI. Para *Tibouchina heteromalla*, *Bidens* cf. *segetum*, *Cyrtocymura scorpioides*, *Epidendrum secundum*, *Barbacenia pasbtiana* e *Lantana fucata* a frequência relativa foi o parâmetro que mais contribui para seu posicionamento entre as 14 espécies de maior VI. Já para *Alcantarea mucilaginoso* os dois parâmetros contribuiram praticamente de forma igualitária para eu posicionamento entre as espécies de maior VI.

Os dois parâmetros contribuiram de forma igualitária tanto para *Pteridium arachnoideum* e *Myrsine umbellata* estarem num posicionamento intermediário na tabela fitossociológica, porém para *Hebeclinium macrophyllum*, *Coleocephalocereus pluricostatus*, *Eremanthus* sp., *Sinningia sceptrum* e *Baccharis serrulata* a Frequência Relativa foi o parâmetro que mais contribui para a colocação numa posição intermediária de VI (Tabela 1.3). As espécies com VI menor que 1 representam 8,83% desse parâmetro e 57,5% das espécies amostradas. A diversidade calculada pelo índice de Shannon-Wiener (H') foi de 2,65 nats/m e a Equabilidade (J) foi de 0,69.

Tabela 1.4 - Espécies amostradas na comunidade rupícola de Forno Grande e seus parâmetros fitossociológicos organizados em ordem decrescente de VI. Co – somatório da cobertura, K – número de intervalos onde foi encontrado a presença da espécie, FA – frequência absoluta, FR – frequência relativa, CoA – cobertura absoluta, CoR – cobertura relativa, VI – valor de importância.

Espécie	Família	Co(m)	K	FA	FR	CoA	CoR	VI
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	Poaceae	243.66	49	0.49	8.83	0.244	24.47	16.65
<i>Cyperus pohlii</i> (Nees) Steud.	Cyperaceae	115.10	59	0.59	10.63	0.115	11.56	11.09
<i>Selaginella selowii</i> (Arn.) Spring	Selaginellaceae	100.07	45	0.45	8.11	0.100	10.05	9.08
<i>Tibouchina heteromalla</i> (D. Don) Cogn.	Melastomataceae	80.71	52	0.52	9.37	0.081	8.11	8.74
<i>Alcantarea mucilaginoso</i> Leme	Bromeliaceae	85.75	46	0.46	8.29	0.086	8.61	8.45
<i>Clusia organensis</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	60.07	19	0.19	3.42	0.060	6.03	4.73
<i>Olyra latifolia</i> L.	Poaceae	64.44	15	0.15	2.70	0.064	6.47	4.59
<i>Bidens</i> cf. <i>segetum</i>	Asteraceae	24.92	33	0.33	5.95	0.025	2.50	4.22
<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.	Asteraceae	19.57	30	0.30	5.41	0.020	1.97	3.69
<i>Tibouchina castellensis</i> Brade	Melastomataceae	40.63	15	0.15	2.70	0.041	4.08	3.39
<i>Epidendrum secundum</i> Jacq.	Orchidaceae	14.30	19	0.19	3.42	0.014	1.44	2.43
<i>Barbacenia pasbtiana</i> L.B.Sm. & Ayensu	Velloziaceae	14.32	17	0.17	3.06	0.014	1.44	2.25
<i>Lantana fucata</i> Lindl.	Verbenaceae	15.69	16	0.16	2.88	0.016	1.58	2.23
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	Dennstaedtiaceae	20.05	12	0.12	2.16	0.020	2.01	2.09
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Myrsinaceae	17.74	9	0.09	1.62	0.018	1.78	1.70
<i>Hebeclinium macrophyllum</i> (L.) DC.	Asteraceae	8.24	12	0.12	2.16	0.008	0.83	1.49
<i>Coleocephalocereus pluricostatus</i> Buining & Brederoo	Cactaceae	1.76	14	0.14	2.52	0.002	0.18	1.35
<i>Eremanthus</i> sp.	Asteraceae	6.94	11	0.11	1.98	0.007	0.70	1.34
<i>Sinningia sceptrum</i> (Mart.) Wiehler	Gesneriaceae	2.73	10	0.10	1.80	0.003	0.27	1.04
<i>Baccharis serrulata</i> DC.	Asteraceae	5.85	8	0.08	1.44	0.006	0.59	1.01
Myrtaceae	Myrtaceae	7.97	6	0.06	1.08	0.008	0.80	0.94
<i>Sapium</i> sp.	Euphorbiaceae	12.11	3	0.03	0.54	0.012	1.22	0.88
<i>Asplenium</i> sp.	Aspleniaceae	2.22	6	0.06	1.08	0.002	0.22	0.65

continua...

Espécie	Família	Co(m)	K	FA	FR	CoA	CoR	VI
Indeterminada 1	Indeterminada	2.85	5	0.05	0.90	0.003	0.29	0.59
<i>Doryopteris collina</i> (Raddi) J.Sm.	Pteridaceae	0.97	5	0.05	0.90	0.001	0.10	0.50
<i>Vernonanthura</i> sp.	Asteraceae	2.72	4	0.04	0.72	0.003	0.27	0.50
<i>Smilax</i> cf. <i>rufescens</i>	Smilacaceae	2.07	4	0.04	0.72	0.002	0.21	0.46
<i>Scleria</i> sp.	Cyperaceae	0.92	4	0.04	0.72	0.001	0.09	0.41
<i>Zygopetalum maculatum</i> (Kunth) Garay	Orchidaceae	3.52	2	0.02	0.36	0.004	0.35	0.36
<i>Panicum</i> sp.	Poaceae	3.22	2	0.02	0.36	0.003	0.32	0.34
<i>Miconia</i> cf. <i>tristis</i>	Melastomataceae	3.09	2	0.02	0.36	0.003	0.31	0.34
<i>Collaea speciosa</i> (Loisel.) DC.	Fabaceae	2.36	2	0.02	0.36	0.002	0.24	0.30
<i>Vellozia variegata</i> Goethart & Henrard	Velloziaceae	0.51	3	0.03	0.54	0.001	0.05	0.30
<i>Tibouchina</i> cf. <i>cerastifolia</i>	Melastomataceae	2.24	2	0.02	0.36	0.002	0.22	0.29
<i>Philodendron edmundoi</i> G.M.Barroso	Araceae	0.43	2	0.02	0.36	0.000	0.04	0.20
<i>Trilepis lhotzkiana</i> Nees ex Arn.	Cyperaceae	0.36	1	0.01	0.18	0.000	0.04	0.11
Indeterminada 2	Indeterminada	1.30	1	0.01	0.18	0.001	0.13	0.16
<i>Gaylussacia pallida</i> Cham.	Ericaceae	1.00	1	0.01	0.18	0.001	0.10	0.14
Indeterminada 3	Indeterminada	0.63	1	0.01	0.18	0.001	0.06	0.12
<i>Vellozia candida</i> J.C.Mikan	Velloziaceae	0.60	1	0.01	0.18	0.001	0.06	0.12
<i>Anthurium</i> sp.	Araceae	0.50	1	0.01	0.18	0.001	0.05	0.12
<i>Begonia valdensium</i> A.DC.	Begoniaceae	0.46	1	0.01	0.18	0.000	0.05	0.11
<i>Bulbostylis</i> sp.	Cyperaceae	0.38	1	0.01	0.18	0.000	0.04	0.11
Indeterminada 4	Indeterminada	0.30	1	0.01	0.18	0.000	0.03	0.11
<i>Senna</i> sp.	Fabaceae	0.25	1	0.01	0.18	0.000	0.03	0.10
<i>Mollinedia glabra</i> (Spreng.) Perkins	Monimiaceae	0.21	1	0.01	0.18	0.000	0.02	0.10
<i>Cyrtopodium glutiniferum</i> Raddi	Orchidaceae	0.05	1	0.01	0.18	0.000	0.01	0.09
Valores Totais		995.78		5.55	100	0.995	100	100

Inselberg Pedra de Pontões

Foram amostradas 50 espécies, 38 gêneros e 25 famílias, as famílias mais ricas são Asteraceae (8 espécies), Melastomataceae (5), Orchidaceae (5), Poaceae (4), Cyperaceae (3) e Velloziaceae (3). Dentre o total de famílias e gêneros, 75% e 60%, respectivamente, possuem apenas uma espécie amostrada. O resultado obtido para toda vegetação amostrada foi de 883,62 m lineares, 381,45 m de rocha exposta e 3,4 m de detritos em um total de 1.000 m lineares amostrados.

As espécies com maior Valor de Importância (VI) foram *Vellozia plicata*, *Melinis minutiflora*, *Pteridium arachnoideum*, *Eremanthus crotonoides*, *Selaginella sellowii*, *Epidendrum secundum*, *Serpocaulon* sp., *Tibouchina castellensis* e *Tibouchina heteromalla* (Tabela 1.4). O VI destas espécies representa 72,5% do total, indicando uma estrutura oligárquica para esta comunidade. Estas mesmas espécies representam 81% do total da Cobertura Relativa (CR) e 64% de toda Frequência Relativa (FR) amostrada.

Vellozia plicata é a espécie de maior VI, Frequência e Cobertura Relativa. Para *M. minutiflora*, *P. arachnoideum*, e *Serpocaulon* sp. a cobertura relativa foi o parâmetro que mais contribuiu para suas posições de elevado VI. Para *Selaginella selowii*, *E. secundum*, *T. heteromalla*, assim como para *Alcantarea patriae* e *Trilepis lhotzkiana* a frequência relativa foi o parâmetro que mais contribuiu para seu posicionamento entre as 12 espécies de maior VI. Já para *E. crotonoides*, *Tibouchina castellensis* e *Lepidaploa cotoneaster* os dois parâmetros contribuíram praticamente de forma igualitária para seu posicionamento entre as espécies de maior VI (Tabela 1.4). As espécies com VI menor que 1 representam 10,6% desse parâmetro e 62% das espécies amostradas. A diversidade calculada pelo índice de Shannon-Wiener (H') foi de 2,5 nats/m e a Equabilidade (J) foi de 0,63.

Tabela 1.5 - Espécies amostradas na comunidade rupícola de Pedra de Pontões e seus parâmetros fitossociológicos organizados em ordem decrescente de VI. Co – somatório da cobertura, K – número de intervalos onde foi encontrado a presença da espécie, FA – frequência absoluta, FR – frequência relativa, CoA – cobertura absoluta, CoR – cobertura relativa, VI – valor de importância.

Espécie	Família	Co(m)	K	FA	FR	CoA	CoR	VI
<i>Vellozia plicata</i> Mart.	Velloziaceae	212.82	82	0.82	17.30	0.213	24.09	20.69
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	Poaceae	123.72	37	0.37	7.81	0.124	14.00	10.90
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	Dennstaedtiaceae	121.50	22	0.22	4.64	0.122	13.75	9.20
<i>Eremanthus crotonoides</i> (DC.) Sch.Bip.	Asteraceae	64.75	27	0.27	5.70	0.065	7.33	6.51
<i>Selaginella selowii</i> (Arn.) Spring	Selaginellaceae	32.46	31	0.31	6.54	0.032	3.67	5.11
<i>Epidendrum secundum</i> Jacq.	Orchidaceae	29.01	40	0.40	8.44	0.029	3.28	5.86
<i>Serpocaulon</i> sp.	Polypodiaceae	57.27	16	0.16	3.38	0.057	6.48	4.93
<i>Tibouchina castellensis</i> Brade	Melastomataceae	45.87	22	0.22	4.64	0.046	5.19	4.92
<i>Tibouchina heteromalla</i> (D. Don) Cogn.	Melastomataceae	27.80	27	0.27	5.70	0.028	3.15	4.42
<i>Lepidaploa cotoneaster</i> (Willd. ex Spreng.) H.Rob.	Asteraceae	20.07	17	0.17	3.59	0.020	2.27	2.93
<i>Alcantarea patriae</i> Versieux & Wand.	Bromeliaceae	16.03	19	0.19	4.01	0.016	1.81	2.91
<i>Trilepis lhotzkiana</i> Nees ex Arn.	Cyperaceae	6.61	18	0.18	3.80	0.007	0.75	2.27
<i>Cyperus odoratus</i> L.	Cyperaceae	11.89	8	0.08	1.69	0.012	1.35	1.52
<i>Imperata</i> cf. <i>brasiliensis</i>	Poaceae	12.00	6	0.06	1.27	0.012	1.36	1.31
<i>Vellozia variegata</i> Goethart & Henrard	Velloziaceae	7.65	8	0.08	1.69	0.008	0.87	1.28
<i>Zygopetalum maculatum</i> (Kunth) Garay	Orchidaceae	9.33	7	0.07	1.48	0.009	1.06	1.27
<i>Smilax rufescens</i> Griseb.	Smilacaceae	8.93	6	0.06	1.27	0.009	1.01	1.14
<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	8.80	6	0.06	1.27	0.009	1.00	1.13
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Primulaceae	7.25	6	0.06	1.27	0.007	0.82	1.04
Cyperaceae 1	Cyperaceae	5.35	6	0.06	1.27	0.005	0.61	0.94
<i>Asplenium</i> sp.	Aspleniaceae	4.90	6	0.06	1.27	0.005	0.55	0.91
<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.	Asteraceae	2.58	7	0.07	1.48	0.003	0.29	0.88
<i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.) C.Presl	Lomariopsidaceae	4.25	6	0.06	1.27	0.004	0.48	0.87
<i>Pseudobombax campestre</i> (Mart. & Zucc.)	Malvaceae	5.62	3	0.03	0.63	0.006	0.64	0.63
<i>Baccharis platypoda</i> DC.	Asteraceae	2.10	4	0.04	0.84	0.002	0.24	0.54

continua...

Espécie	Família	Co(m)	K	FA	FR	CoA	CoR	VI
Ulmaceae 1	Ulmaceae	3.25	3	0.03	0.63	0.003	0.37	0.50
Fabaceae 1	Fabaceae	3.80	2	0.02	0.42	0.004	0.43	0.43
<i>Clusia organensis</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	3.20	2	0.02	0.42	0.003	0.36	0.39
<i>Anemia cf. retroflexa</i>	Anemiaceae	3.13	2	0.02	0.42	0.003	0.35	0.39
<i>Cololobus rupestris</i> (Gardner) H.Rob.	Asteraceae	1.20	3	0.03	0.63	0.001	0.14	0.38
Poaceae 1	Poaceae	1.20	3	0.03	0.63	0.001	0.14	0.38
<i>Coleocephalocereus pluricostatus</i> Buining & Brederoo	Cactaceae	2.05	2	0.02	0.42	0.002	0.23	0.33
Lauraceae 1	Lauraceae	3.20	1	0.01	0.21	0.003	0.36	0.29
Bignoniaceae 1	Bignoniaceae	1.28	2	0.02	0.42	0.001	0.14	0.28
<i>Andropogon cf. bicornis</i>	Poaceae	0.80	2	0.02	0.42	0.001	0.09	0.26
Asteraceae 3	Asteraceae	2.60	1	0.01	0.21	0.003	0.29	0.25
Solanaceae 1	Solanaceae	2.40	1	0.01	0.21	0.002	0.27	0.24
Asteraceae 2	Asteraceae	1.25	1	0.01	0.21	0.001	0.14	0.18
<i>Miconia polyandra</i> Gardner	Melastomataceae	1.20	1	0.01	0.21	0.001	0.14	0.17
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Euphorbiaceae	1.10	1	0.01	0.21	0.001	0.12	0.17
<i>Marcetia taxifolia</i> (A. St.-Hil.) DC.	Melastomataceae	0.91	1	0.01	0.21	0.001	0.10	0.16
<i>Barbacenia cf. tomentosa</i>	Velloziaceae	0.55	1	0.01	0.21	0.001	0.06	0.14
Myrtaceae 1	Myrtaceae	0.50	1	0.01	0.21	0.001	0.06	0.13
Rubiaceae 1	Rubiaceae	0.40	1	0.01	0.21	0.000	0.05	0.13
<i>Habenaria parviflora</i> Lindl.	Orchidaceae	0.32	1	0.01	0.21	0.000	0.04	0.12
<i>Pitcairnia decúdua</i> L. B. Sm.	Bromeliaceae	0.30	1	0.01	0.21	0.000	0.03	0.12
<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	Asteraceae	0.15	1	0.01	0.21	0.000	0.02	0.11
<i>Bifrenaria tyrianthina</i> (Lodd) Rchb. f.	Orchidaceae	0.10	1	0.01	0.21	0.000	0.01	0.11
<i>Doryopteris collina</i> (Raddi) J.Sm.	Pteridaceae	0.10	1	0.01	0.21	0.000	0.01	0.11
<i>Prescottia plantaginifolia</i> Lindl. Ex Hook.	Orchidaceae	0.07	1	0.01	0.21	0.000	0.01	0.11
Valores Totais		883.62		4.74	100	0.883	100	100

Tabela 1.6 – Resumo de todos os resultados referentes às quatro comunidades estudadas.

	Águia Branca	Pedra do Elefante	Forno Grande	Pedra de Pontões
Total de espécies	27	27	47	50
Total de gêneros	24	23	39	38
Total de famílias	17	19	24	25
Famílias mais ricas	Bromeliaceae Velloziaceae Apocynaceae Cyperaceae Melastomataceae -	Cyperaceae Bromeliaceae Melastomataceae Poaceae Velloziaceae -	Asteraceae Cyperaceae Melastomataceae Orchidaceae Poaceae Velloziaceae	Asteraceae Melastomataceae Orchidaceae Poaceae Cyperaceae Velloziaceae
Gêneros com uma espécie	91,6%	91%	95%	60%
Famílias com uma espécie	53%	68,5%	66%	75%
Total de Vegetação (m)	337,5	183,5	995,78	883,62
Total de Rocha Exposta (m)	662,5	816,5	213,19	381,45
Total de Detritos (m)	-	-	41	3,4
Shannon (H')	0,95	0,89	2,65	2,5
Equabilidade (J)	0,27	0,26	0,69	0,63

Similaridade Florística

A análise de similaridade florística revelou a existência de uma elevada dissimilaridade entre as comunidades analisadas. A maior similaridade encontrada foi entre Pedra de Pontões e Forno Grande (29% de similaridade), seguida de Águia Branca e Pedra do Elefante (19% de similaridade) e Forno Grande e Pedra do Elefante (14% de similaridade); a menor similaridade foi observada entre Águia Branca e Pedra de Pontões (7%). O dendrograma de dissimilaridade é representado na Figura 1.5. O Coeficiente de Correlação Cofenético foi de 0,96.

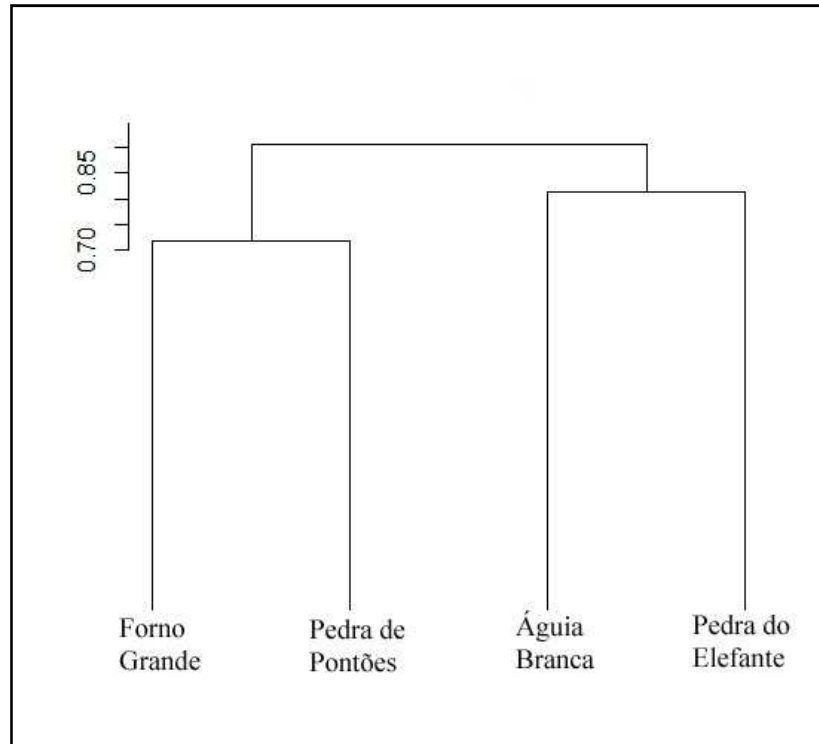


Figura 1.5 – Dendrograma de similaridade comparando as quatro áreas de estudo, utilizando 94 espécies e o Índice de Similaridade de Jaccard.

DISCUSSÃO

As quatro comunidades em estudo apresentam composição florística comparável à observada em outros estudos sobre afloramentos rochosos, onde as famílias com maior riqueza de espécies são as mesmas (Asteraceae, Bromeliaceae, Cyperaceae, Melastomataceae, Orchidaceae, Poaceae, Velloziaceae) (PEREIRA, 1994; CONCEIÇÃO & GIULIETTI, 2002; CONCEIÇÃO & PIRANI, 2005; CONCEIÇÃO *et al.*, 2005; FRANÇA *et al.*, 2005; ALVES *et al.*, 2007; CAIAFA & SILVA, 2007; CONCEIÇÃO *et al.*, 2007b; POREMBSKI, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2007; ESGARIO *et al.*, 2009). Para a área de Águia Branca, destacam-se ainda a família Apocynaceae, Fabaceae, Malvaceae e Polypodiaceae.

Da mesma forma, alguns gêneros são apontados como típicos deste tipo de vegetação para as quatro comunidades analisadas, como *Alcantarea*, *Baccharis*, *Barbacenia*, *Begonia*, *Coleocephalocereus*, *Cnidocolus*, *Clusia*, *Croton*, *Doriopteris*, *Encholirium*, *Epidendrum*, *Evolvulus*, *Eremanthus*, *Habenaria*, *Mandevilla*, *Marcetia*, *Peperomia*, *Pitcairnia*, *Prescottia*, *Selaginella*, *Sinningia*, *Tibouchina*, *Trilepis*, *Vellozia*, *Vernonia* e *Zygopetalum* (CONCEIÇÃO & GIULIETTI, 2002; CAIAFA & SILVA, 2007; CONCEIÇÃO *et al.*, 2007a; ESGARIO *et al.*, 2009; POREMBSKI, 2007 e RIBEIRO *et al.*, 2007). Quando comparamos

as quatro comunidades entre si, apenas os gêneros *Alcantarea*, *Coleocephalocereus* e *Vellozia* têm ocorrência nas quatro comunidades.

A presença destas famílias e gêneros, comuns entre regiões distintas e locais distintos, está ligada às características severas deste habitat (BURROWS, 1990), cujo conjunto funciona como um filtro ecológico que limita a ocorrência de outros táxons. Além disso, um elevado número de famílias com somente uma espécie, indica um padrão característico de locais de alta riqueza florística, caso comum nos Inselbergs (RATTER *et al.*, 2003). Neste estudo foram observados valores superiores de famílias com uma única espécie em algumas comunidades (Pedra do Elefante – 68,5%, Forno Grande – 66% e Pedra de Pontões – 75%) e valores inferiores (Águia Branca – 52%) ao encontrado em outros estudos, como Porembski *et al.* (1998) que encontrou 61%, Caiafa (2002) 54% e Meirelles (1999) 53%, sendo todos estudos realizados no sudeste brasileiro. Já Conceição & Pirani (2007) e França *et al.* (1997) encontram um valor de 60% em trabalhos realizados no nordeste; valores próximos a Águia Branca e inferiores para as demais áreas, o que pode indicar uma alta riqueza para as comunidades rupícolas do Espírito Santo.

Quanto à estrutura e fisionomia observou-se elevada importância de algumas famílias: Velloziaceae para Águia Branca e Pedra de Pontões, Bromeliaceae para Pedra do Elefante e Poaceae para Forno Grande. A importância destas famílias está baseada na frequência e cobertura vegetal de apenas uma espécie de cada família, no caso *Vellozia plicata* para Velloziaceae, *Alcantarea simplicisticha* para Bromeliaceae e *Melinis minutiflora* para Poaceae. Esta característica em comum, também é encontrada para os afloramentos rochosos localizados no domínio do Cerrado (PEREIRA, 1994; CONCEIÇÃO & GIULIETTI, 2002). Tal característica também pode ser observada nos afloramentos dos campos de altitude inseridos na Floresta Atlântica, Ribeiro & Medina (2002) evidenciam a dominância das famílias Velloziaceae e Bromeliaceae, pioneiras no processo de formação dos tapetes de monocotiledôneas. Conceição & Pirani (2007) e Conceição (2003) destacam ainda que a elevada abundância da família Velloziaceae para os afloramentos rochosos está relacionada com o ajuste de suas espécies a irregularidade do clima, onde nos períodos secos os indivíduos tendem a se desidratarem, tornando ao estado hidratado com as chuvas; além de possuírem florações sincronizadas com o período chuvoso (CONCEIÇÃO, 2003).

Outras características estruturais podem ser destacadas como similares aquelas observadas em áreas rupícolas com bom estado de conservação, Scarano (2002) argumenta que muitos dos afloramentos rochosos, habitats periféricos da Floresta Atlântica, possuem estruturas oligárquicas, ou seja, possuem um pequeno número de espécies dominantes e

número elevado de espécies localmente raras. Neste estudo é observada uma estrutura oligárquica para todas as comunidades, onde se observa uma clara dominância da espécie de maior VI (*Vellozia plicada* – Águia Branca e Pedra de Pontões, *Alcantarea simplicisticha* – Pedra do Elefante e *Melinis minutiflora* – Forno Grande). Destaca-se ainda, o VI de *Vellozia plicada* (Pedra de Pontões) e *Alcantarea simplicisticha* (Pedra do Elefante) cujo valor é o dobro do valor observado para a segunda espécie de maior VI.

O elevado valor da cobertura relativa representado por poucas espécies corrobora os resultados observados em outros estudos realizados em afloramentos rochosos (MEIRELLES, 1996; CONCEIÇÃO, 2003; CAIAFA & SILVA, 2007). Além disso, observa-se uma grande porcentagem de espécies com valor de VI menor que 1 (51% Águia Branca, 52% Pedra do Elefante, 57,5% Forno Grande e 62% Pedra de Pontões), ou seja, espécies aqui consideradas como raras.

O valor do índice de diversidade de Shannon encontrado para as áreas de Águia Branca e Pedra do Elefante ($H' = 0,95$ e $0,89$, respectivamente) foi inferior ao encontrado nas áreas do sul do Espírito Santo. Para as áreas de Forno Grande e Pedra de Pontões ($H' = 2,65$ e $2,5$, respectivamente) o índice foi superior ao registrado por França *et al.* (2006) ($H' = 2,07$) no semiárido da Bahia e Santos *et al.* (2010) ($H' = 1,34$) em Inselberg Granítico na ilha de Vitória. O índice de Shannon obtido foi semelhante ao observado por Neves & Conceição (2007) na Chapada Diamantina e Pereira (1994) na Serra do Cipó (1.400 m.s.m.) ($H' = 2,48$). Já em outros estudos o valor encontrado foi superior, com variação entre ($H' = 2,92$ e $3,65$), Conceição & Giulietti (2002) na Chapada Diamantina; Moura *et al.* (2010) afloramentos rochosos do Cerrado de Goiás; Messias *et al.* (2012) Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais; Pereira (1994) Serra do Cipó (1.100 m.s.m.), Minas Gerais. Acredita-se que a diferença no índice de diversidade entre as áreas estudadas pode estar correlacionada com diferenças climáticas entre as regiões, como altitude (temperatura, precipitação horizontal ou neblina) e longitude (precipitação e temperatura).

Para as comunidades de Forno Grande e Pedra de Pontões, o Índice de Shannon foi menor que o esperado; pois havia uma expectativa para que seus valores fossem elevados devido à grande porcentagem de famílias com apenas uma espécie (elevada riqueza) e um valor intermediário observado para a equabilidade ($0,69$ e $0,63$, respectivamente). No entanto, não se pode descartar a hipótese de que este valor esteja abaixo do esperado, devido à forma de cálculo deste índice de diversidade, onde foi utilizado a cobertura absoluta como proporção de abundância (MAGURRAN, 2002), o que segundo Pereira *et al.* (2004) pode levar a

obtenção de um índice de diversidade com valor inferior ao calculado a partir do número de indivíduos.

O dendrograma de similaridade revelou elevada dissimilaridade entre as comunidades analisadas. Com uma total de 29%, Pedra de Pontões e Forno Grande são as áreas de maior similaridade devido à proximidade geográfica e maior semelhança ambiental. O dendrograma revela ainda, o agrupamento entre áreas que ocorrem no norte e noroeste e as áreas que ocorrem no sul do Espírito Santo. Este fato se deve a menor distância geográfica entre essas áreas, o que possibilita o compartilhamento de algumas espécies, devido a uma maior facilidade de dispersão entre regiões mais próximas e o compartilhamento de características edafo-climáticas. O dendrograma de similaridade demonstra a grande variação na composição de espécies entre as áreas estudadas, este fato pode estar relacionado à elevada diversidade de espécies (WHITTAKER, 1977), particularmente importante em sistemas insulares, como pode ser aplicado aos inselbergs, que aliam isolamento, fatores históricos e estocásticos e particularidades ambientais (WHITTAKER *et al.*, 2001).

Os inselbergs, também são considerados relictos de vegetações que ocorriam no passado (DAVIS, 1951; RIBEIRO & MEDINA, 2002), porque as condições ambientais adversas indicam a existência de uma longa e difícil história de estabelecimento da vegetação rupícola, além de uma fragilidade (baixa resiliência) destas comunidades vegetais, frente à ação antrópica (ALVES, 1994; KELLY & LARSON, 1997). Quanto a este aspecto os Inselbergs são considerados como centros de diversidade de certos tipos de grupos funcionais. A escassez de água e a baixa disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente, são responsáveis por um profundo impacto na composição florística e estrutural de sua vegetação promovendo a ocorrência predominante de espécies adaptadas à seca (suculentas) e plantas vasculares tolerantes à dessecação (POREMBSKI, 2007). Nas comunidades rupícolas estudadas pode-se observar a ocorrência destes grupos funcionais, representados principalmente, por espécies de Cactaceae e Orchidaceae dentre as suculentas e Vellociaceae e Cyperaceae representando a estratégia de ressurreição (poiquiloídricas), isso acrescenta ainda mais valor a necessidade de conservação desta área.

O endemismo é uma característica peculiar aos Inselbergs devido ao isolamento geográfico desses ambientes (GIULIETTI & PIRANI, 1988; SAFFORD & MARTINELLI, 2000; CONCEIÇÃO *et al.*, 2007b). Em relação ao endemismo observado para as quatro áreas deste estudo, são indicadas pela Flora do Brasil como espécies endêmicas do Espírito Santo: *Pleroma marinana*, *Alcantarea simplicisticha*, *Pitcairnia barbatotisigma* e *Merianthera burlemarxii* (Águia Branca), *Pleroma marinana* e *Alcantarea simplicisticha* (Pedra do

Elefante), *Tibouchina castellensis* e *Alcantarea patriae* (Pedra de Pontões) e *Barbacenia pabstiana* e *Tibouchina castellensis* (Forno Grande) (FLORA DO BRASIL 2020 em construção).

Quanto à avaliação de risco de extinção (CNCFlora, 2016) observamos como Criticamente Em Perigo: *Tibouchina castellensis* (Forno Grande e Pedra de Pontões); Em Perigo: *Encholirium horridum* (Águia Branca e Pedra do Elefante), *Merianthera burlemarxii* (Águia Branca), *Cololobus rupestris* e *Pitcairnia decídua* (Pedra de Pontões); Vulnerável: *Syagrus ruschiana* (Águia Branca) e ainda como Pouco Preocupante: *Lepidaploa cotoneaster*, *Evolvulus ericifolius*, *Aosa parviflora* e *Sinningia brasiliensis* (Pedra do Elefante), *Pseudolaelia vellozicola* (Águia Branca), *Eremanthus crotonoides*, *Epidendrum secundum*, *Zygopetalum maculatum*, *Clusia organensis* e *Bifrenaria tyrianthina* (Pedra de Pontões) e *Clusia organensis*, *Epidendrum secundum*, *Sinningia sceptrum* e *Zygopetalum maculatum* (Forno Grande).

Observar elevada cobertura de espécies exóticas e/ou invasoras como *Melinis minutiflora* e *Pteridium arachnoideum* não é comum em áreas preservadas de Inselbergs. Apesar disto em duas comunidades (Forno Grande e Pedra de Pontões) estas espécies apresentaram elevados valores de VI. Para a área de Forno Grande, é ainda mais preocupante, pois *Melinis minutiflora* foi à espécie com maior Cobertura Relativa e Valor de Importância, revelando a necessidade de uma maior atenção desta espécie na comunidade e do seu papel de competição com as espécies nativas. Já para a Pedra de Pontões, o baixo valor de frequência de *Melinis minutiflora* e *Pteridium arachnoideum* indica estágios iniciais de invasão, mesmo assim, em termos de conservação, este é um fator preocupante porque está relacionado com a ação antrópica a que foi submetida esta comunidade.

CONCLUSÕES

O conjunto de resultados aqui discutidos indica que as comunidades em estudo possuem flora e estrutura característica de Inselbergs, porém possuem uma composição florística específica de cada área, dando um caráter insular para cada comunidade.

A existência de padrões similares de diversidade, como riqueza florística, estrutura e fisionomia compartilhados em locais distintos de vegetação rupícola, sugere que os fatores vinculados a este tipo de vegetação são determinados por processos similares, mesmo que em áreas distintas.

A presença de espécie exóticas nas comunidades deve ser considerada como preocupante, o que pode vir a excluir as espécies nativas, perdendo assim a sua função como refúgio ambiental e relicto vegetacional se estratégias de conservação e manejo não forem executadas em futuro próximo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. J. V. Morphological age determination and longevity in some *Vellozia* population in Brazil. **Folia Geobotanica Phytotaxa Praha**, v.29, p.55-59, 1994.
- ALVES, R. J. V.; CARDIN, L. & KROPF, M. S. Angiosperm disjunction “campos rupestres – restingas”: a re-evaluation. **Acta Bot. Bras.**, v.21, p.675-685, 2007.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H. & von ENDE, C. N. **Field & Laboratory Methods for General Ecology**. 4^a ed. WCB/McGraw-Hill Companies Inc., p.273, 1998.
- BURROWS, C. J. **Processes of vegetation change**. London: Urwin Hyman. 1990.
- CAIAFA, A. N. **Composição florística e estrutura da vegetação sobre um afloramento rochoso no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro**, MG. 2002. 66 f. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2002.
- CAIAFA, A. N. & SILVA, A. F. Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais – Brasil. **Rodriguésia** v.56, n.87, p.163-173, 2005.
- CAIAFA, A. N. & SILVA, A. F. Structural analysis of the vegetation on a highland granitic rock outcrop in Southeast Brazil. **Revista Brasil. Bot.**, v.30, n.4, p.657-664, 2007.
- CAMPELLO, M. S. **Caracterização tecnológica de granitos ornamentais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, 2000.
- CNCFlora. *Aosa parviflora* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aosa parviflora](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aosa%20parviflora)>. Acesso em 17 dezembro 2016.
- _____ *Bifrenaria tyrianthina* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Bifrenaria tyrianthina](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Bifrenaria%20tyrianthina)>. Acesso em 17 dezembro 2016.
- _____ *Clusia organensis* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Clusia organensis](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Clusia%20organensis)>. Acesso em 17 dezembro 2016.
- _____ *Cololobus rupestris* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cololobus rupestris](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cololobus%20rupestris)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Encholirium horridum* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Encholirium horridum](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Encholirium%20horridum)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Epidendrum secundum* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Epidendrum secundum](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Epidendrum%20secundum)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Eremanthus crotonoides* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Eremanthus crotonoides](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Eremanthus%20crotonoides)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Evolvulus ericifolius* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Evolvulus ericifolius](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Evolvulus%20ericifolius)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Lepidaploa cotoneaster* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Lepidaploa cotoneaster](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Lepidaploa%20cotoneaster)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Merianthera burlemarxii* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Merianthera burlemarxii](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Merianthera%20burlemarxii)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Pitcairnia decídua* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Pitcairnia decídua](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Pitcairnia%20decidua)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Pseudolaelia vellozicola* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Pseudolaelia vellozicola](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Pseudolaelia%20vellozicola)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Sinningia brasiliensis* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Sinningia brasiliensis](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Sinningia%20brasiliensis)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Sinningia sceptrum* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Sinningia sceptrum](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Sinningia%20sceptrum)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Syagrus ruschiana* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Syagrus ruschiana](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Syagrus%20ruschiana)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Tibouchina castellensis* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Tibouchina castellensis](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Tibouchina%20castellensis)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

_____ *Zygopetalum maculatum* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Zygopetalum maculatum](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Zygopetalum%20maculatum)>. Acesso em 17 dezembro 2016.

CONCEIÇÃO, A. A. & GIULIETTI, A. M. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea**, v.29(1), p. 37-48, 2002.

CONCEIÇÃO, A. A. **Ecologia da vegetação em afloramentos rochosos na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas (Botânica)). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CONCEIÇÃO, A. A. & PIRANI, J. R. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: substratos, composição florística e aspectos estruturais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** v.23, p.85-111, 2005.

CONCEIÇÃO, A. A.; RAPINI, A.; PIRANI, J. R. *et al.* Campos Rupestres. p.153-180. *In*: JUNCÁ, F. A.; FUNCH, L. & ROCHA, W. (eds.). **Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2005.

CONCEIÇÃO, A. A. & PIRANI, J. R. Diversidade em quatro áreas de campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: espécies distintas, mas riqueza similares. **Rodriguésia**, v.58, n.1, p.193-206, 2007.

CONCEIÇÃO, A. A.; GIULIETTI, A. M. & MEIRELLES, S. T. Ilhas de vegetação em afloramentos de quartzito-arenito no Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Acta Bot. Bras.** v.21(2): p.335-347, 2007a.

CONCEIÇÃO, A. A.; PIRANI, J. R. & MEIRELLES, S. T. Floristic, structure and soil insular vegetation in four quartzite-sandstone outcrops of “Chapada Diamantina”, Northeast Brazil. **Revista Brasil. Bot.**, v.30, p.641-656, 2007b.

DAVIS, P. H. Cliff vegetation in east Mediterranean. **Journal of Ecology**, v.39, p.63-93, 1951.

de PAULA, L. F. A.; FORZZA, R. C.; NERI, A. V.; BUENO, M. L.; POREMBSKI, S. Sugar Loaf Land in south-eastern Brazil: a centre of diversity for mat-forming bromeliads on Inselbergs. **Botanical Journal of the Linnean Society**, p.1-18, 2016.

DRAY, S. & DUFOUR, A. B. The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. **Journal of Statistical Software**, 22(4): 1-20, 2007.

ESGARIO, C. P.; FONTANA, A. P. & SILVA, A. G. A flora vascular sobre rocha no Alto Misterioso, uma área prioritária para a conservação da Mata Atlântica no Espírito Santo, Sudeste do Brasil. **Natureza online** v.7, n.2, p.80-91, 2009.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 17 Dez. 2016.

FRANÇA, F.; MELO, E. & SANTOS, C. C. Flora de *Inselberg* da região de Milagres, Bahia, Brasil: I. Caracterização da vegetação e lista de espécies de dois *Inselbergs*. **Sitientibus**, Feira de Santana, n.17, p.163-184, 1997.

FRANÇA, F.; MELO, E.; SANTOS, A. K. A.; MELO, J. G. A. N.; MARQUES, M.; SILVA-FILHO, M. F. B.; MORAES, L.; MACHADO, C. Estudos ecológicos e florísticos em ilhas de vegetação de um *inselberg* no semi-árido da Bahia, Brasil. **Hoehnea**, v.32, n.1, p.93-101, 2005.

FRANÇA, F.; MELO, E. & GONÇALVES, J. M. Aspectos da diversidade da vegetação no topo de um inselbergue no semi-árido da Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v.6 (1), p.30-35, 2006.

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

HURLEY, C. **gclus: Clustering Graphics**. R package version 1.3.1. 2012. <https://CRAN.R-project.org/package=gclus>

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**1. 2ª ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012.

INCAPER. **Boletim Climatológico Trimestral do Espírito Santo**. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Vitória – ES, v.2, nº6, Abril-Junho, 2016.

KELLY, P. E. & LARSON, D. W. Dendroecological analysis of the population dynamics of an old-growth forest on cliff-faces of the Nicaragua Escarpment, Canada. **Journal of Ecology**, v.85, p.467-478, 1997.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica, México, 1948.

LÜTGE, U.; MEIRELLES, S. T., MATTOS, E. A. Strong quenching of chlorophyll florescence in the desiccated state in three poikilohydric and homoiochlorophyllous moss species indicates photo-oxidative protection on highly light exposed rocks of a tropical inselberg. **Journal of Plant Physiology**, 165: 172-181, 2007.

MAECHLER, M.; ROUSSEEUW, P.; STRUYF, A.; HUBERT, M. & HORNIK, K. **cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions**. R package version 2.0.5, 2016.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press, New Jersey. 2002.

MARTINELLI, G. Mountain biodiversity in Brazil. **Revista Brasil. Bot.**, v.30, n.4, p.587-597, 2007.

MEDINA, B. M. O.; RIBEIRO, K. T. & SCARANO, F. R. Plant–Plant and Plant–Topography Interactions on a Rock Outcrop at High Altitude in Southeastern Brazil. **Biotropica**, v.38, n.1, p.27–34, 2006.

MEIRELLES, S. T. **Estrutura da comunidade e características funcionais dos componentes da vegetação de um afloramento rochoso**. 1996. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1996.

MEIRELLES, S. T.; PIVELLO, V. R. & JOLY, C. A. The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, Brazil, and the need for its protection. **Environmental Conservation**, v.26(1), p.10–20, 1999.

MENESES, P. R. & PARADELLA, W. R. **Síntese geológica preliminar da parte sul do estado do Espírito Santo**. Instituto de Pesquisa Espaciais. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. São José dos Campos, SP, 1978.

MENGHI, M. **Tipificación ecológica integrada de pastizales naturales del subpiso inferior de las Sierras de Córdoba**. Tesis doctoral. Univ. Nac. de Córdoba, Argentina, p.308, 1987.

MENGHI, M.; PECO, B. & PINEDA, F. D. Spatial organization of gneissic grasslands related to relief and soil variability. **Ber. Geobot.** Institut ETH, Stiftung Rubel, Zurich 59, 106-123, 1993.

MESSIAS, M. C. T. B.; LEITE, M. G. P.; NETO, J. A. A. M. & KOZOVITS, A. R. Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, v.26(1), p.230-242, 2012.

MORI, S. A.; SILVA, L. A. M.; LISBOA, G. & CORADIN, L. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. CEPLAC, Ilhéus, BA. 1989.

MOURA, I. O.; GOMES-KLEIN, V. L.; FELFILLI, J. M. & FERREIRA, H. D. Diversidade e estrutura comunitária de cerrado *sensu stricto* em afloramentos rochosos no Parque Estadual dos Pireneus, Goiás. **Revista Brasil. Bot.**, v.33, n.3, p.455-467, 2010.

MOURA, I. O.; RIBEIRO, K. T. & TAKAHASI, A. Amostragem da vegetação em ambientes rochosos. *In*: FELFILLI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A. & NETO, J. A. A. M. (eds.) **Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos**, v.1, p.255-294, 2011.

MULLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. New Jersey, The Blackburn Press, p.547, 2002.

NEVES, S. P. S. & CONCEIÇÃO, A. A. Vegetação em afloramentos rochosos na Serra do Sincorá, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v.7, n.1, p.36-45, 2007.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOEC, E. & WAGNER, H. **vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.3-5, 2016. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

PEDROSA-SOARES, A. C.; QUEIROGA, G. N.; GRADIM, C. T.; RONCATO, J. G.; NOVO, T. A., JACOBSON, T. & SILVA, K. L. **Programa Geologia do Brasil**,

Levantamentos Geológicos Básicos. Geologia da Folha Mantena SE.24-Y-A-VI. Escala 1:100.000: nota explicativa, Minas Gerais/Espírito Santo: UFMG/CPRM, 2007.

PEREIRA, M. C. A. 1994. **Estrutura das comunidades vegetais de afloramentos rochosos dos campos rupestres do Parque Nacional da Serra do Cipó, MG.** Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 1994.

PEREIRA, M. C. A.; CORDEIRO, S. Z. & ARAUJO, D. S. D. Estrutura do estrato herbáceo na formação aberta de *Clusia* do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. **Acta bot. bras.** v.18, n.3, p.677-687, 2004.

POREMBSKI, S.; MARTINELLI, G.; ONLEMÜLLER, R.; BARTHLOT, W. Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in Brazilian Atlantic forest. **Diversity and Distributions**, v.4, p.107-119, 1998.

POREMBSKI, S. Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. **Revista Brasil. Bot.**, v.30, n.4, p.579-586, 2007.

QUEIROGA, G. N.; PEDROSA-SOARES, A. C.; RONCATO JÚNIOR, J. G.; DIAS, P. H. A.; GUIMARÃES, H. A.; COUTINHO, M. O. G.; FREITAS, N. C.; GRADIM, C. T.; BRAGA, F. C. S. & NOVO, T. A. **Programa Geologia do Brasil. Geologia e recursos minerais da folha Nova Venécia SE.24-Y-B-IV, Estado do Espírito Santo.** Escala 1:100.000. Belo Horizonte: CPRM, 2012.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. <https://www.R-project.org/>

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S. & RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburg Journal of Botany**, v.60, n.1, p.57-109, 2003.

RIBEIRO, K. T. & MEDINA, B. M. O. Estrutura, dinâmica e biogeografia das ilhas de vegetação sobre rocha do Planalto do Itatiaia, RJ. **Boletim do Parque Nacional do Itatiaia**, RJ, v.10, p.18-21, 2002.

RIBEIRO, K. T.; MEDINA, B. M. O.; SCARANO, F. R. Species composition and biogeographic relations of the outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. **Revista Brasil. Bot.**, v.30, p.623-639, 2007.

SAFFORD, H. D. & MARTINELLI, G. Variations on One Theme: Regional Floristics of Inselberg Vegetation: Southeast Brazil. *In*: POREMBSKI, S. & BARTHLOTT, W. (eds.). **Inselbergs - biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions.** Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin, v.146, p.339, 2000.

SANTOS, L. G. R., GRIFFO, C. L. S. & SILVA, A. G. Estrutura da vegetação arbustivo-herbácea de um afloramento rochoso da ilha de Vitória, Espírito Santo, sudeste do Brasil. **Natureza online** 8(1):14-23, 2010.

SCARANO, F. R. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals of Botany**, v.90, p.517-524, 2002.

SCARANO, F. R. Rock outcrop vegetation in Brazil: a brief overview. **Revista Brasil. Bot.**, v.30, p.561-568, 2007.

SEINE, R.; BECKER, V.; POREMBSKI, S.; FOLLMAN, G. & BARTHLOTT, W. Vegetation of inselbergs in Zimbabwe. **Edinburgh Journal of Botany**, 55: 267-293, 1998.

SILVA, J. N. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Cachoeiro de Itapemirim. Folha SF. 24-V-A-V. Estado do Espírito Santo.** Escala 1:100.000. Brasília, DNPM/CPRM, 1993.

SIMPSON, G. L. **permute: Functions for Generating Restricted Permutations of Data.** R package version 0.9-0, 2016. <https://CRAN.R-project.org/package=permute>

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; DUARTE, B. P.; NOGUEIRA, J. R.; VALLADARES, C.; ALMEIDA, J.; SILVA, L. G. E.; MEDEIROS, S. R.; ALMEIDA, C. G.; MIRANDA, A.; RAGATKY, C. D.; MENDES, J. & LUDKA, I. Geologia da faixa ribeira setentrional: estado da arte e conexões com a faixa Araçuaí. **Geonomos**, v.15, n.1, p.67-79, 2007.

URURAHY, J. C. C.; COLLARES J. E. R.; SANTOS, M. M. & BARRETOS, R. A. A. Folhas 23/24 Rio de Janeiro/Vitória; geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. **Projeto Radam Brasil** 4, p.780, 1983.

WHITTAKER, R. H. Evolution of species diversity in land communities. *In*: HECHT, M. K.; STEERE, W. C. & WALLACE, B. **Evolutionary biology**. Vol.10. Plenum Press, New York. p.1-67. 1977.

WHITTAKER, R. J.; WILLIS, K. J. & FIELD, R. Scale and species richness: towards a general hierarchical theory of species diversity. **Journal of Biogeography** 28:453-470. 2001.

CAPÍTULO 2

DISCRIMINAÇÃO DE QUATRO COMUNIDADES VEGETAIS EM INSELBERGS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

INTRODUÇÃO

Os inselbergs ocorrem de forma dispersa sobre ampla porção do globo terrestre. No Brasil, os inselbergs apresentam uma elevada gama de habitats, devido à diversidade geológica, geomorfológica e, principalmente climática e vegetacional (MOURA *et al.*, 2011). De acordo com Porembski (2007) essas superfícies rochosas abrigam vegetação com elevado grau de diversidade e endemismo, e se destacam mundialmente ao lado das vegetações rupícolas de Madagascar e leste da Austrália. Apesar de serem locais de dimensões restritas, muitas vezes de difícil acesso, esses ambientes vêm sendo pesquisados em todo o mundo e sob diferentes abordagens, em função de suas especificidades ambientais e relevância para pesquisas em áreas diversas, como ecofisiologia, evolução, biogeografia e ecologia (SCARANO, 2007).

Muitos estudos em ecologia vegetal têm usado a análise espacial para detectar padrões em comunidades vegetais e entender a distribuição dos indivíduos e sua relação, com os fatores que influenciam a estrutura populacional (FORTIN *et al.*, 2002). Estes fatores vão influenciar no surgimento e desenvolvimento do processo de colonização ou sucessão ecológica, quando forem propícios para o estabelecimento e coexistência de uma população (BRAAK & PRENTICE, 1988). O conhecimento dos padrões e das causas da variabilidade na distribuição especial das espécies, incluindo preferência por determinados habitats, pode contribuir para a resolução de importantes questões que envolvem populações, comunidades e ecossistemas (CLARK *et al.*, 1995).

Dessa forma, quando se analisa a fitossociologia de determinada área, está-se investigando uma comunidade composta de populações em diferentes estágios da sua distribuição geográfica (FELFILI & REZENDE, 2003). Algumas espécies são abundantes por estarem no seu ótimo, outras são raras por estarem no final ou no início do seu espectro de distribuição e, ainda, as endêmicas, circunscritas àquele espaço geográfico (FELFILI & REZENDE, 2003).

Observar a relação vegetação-ambiente, tendo como base parâmetros quantitativos de abundância, como a densidade, permite detectar a influência das condições do meio na estrutura da comunidade e suas populações (FELFILI *et al.*, 2007). Em um sistema ecológico

natural, os padrões encontrados são determinados por processos interatuantes, que variam no espaço e no tempo (McGARIGAL *et al.*, 2000).

Os fatores climáticos e biogeográficos podem ser determinantes na composição florística regional. Por outro lado, dentro de cada microrregião climática, fatores como a altitude e topografia criam diferentes microsítios, ocasionando associações entre espécies que subdividem estruturalmente a comunidade (WHITMORE, 1984). A variação nas características estruturais das comunidades, tais como riqueza e diversidade, são frequentemente associadas ao nível de heterogeneidade ambiental (GENTRY, 1988).

Esta heterogeneidade muitas vezes está relacionada com condições edáficas (TILMAN & PACALA, 1993). As mudanças de temperatura, precipitação, umidade do ar, velocidade do vento, luminosidade, além de mudanças nas características químicas e físicas do solo, na topografia e drenagem produzem um ambiente heterogêneo espacialmente e influenciam na distribuição das espécies, o que contribui para formação de comunidades específicas (TILMAN, 1994). Menghi *et al.* (1993) e Menghi (1983) identificam comunidades específicas ou microhabitats que apresentam em pequena escala uma estrutura de mosaico, dividida entre zonas com solo profundo, onde o fluxo de água e sedimentos é convergente (“biostasis”) e zonas com fluxo divergente, onde a quebra e erosão são predominantes (“rhexistasis”); esta organização em mosaico pode causar uma variação na composição de espécies, cobertura vegetal e produtividade.

De acordo com Legendre & Fortin (1989), os seres vivos, em geral, tendem a se distribuir de forma agrupada devido ao ambiente ser estruturado espacialmente por várias formas de produção de energia, gerando assim processos irregulares de disponibilização de recursos. Dessa forma, os processos demográficos (e.g. natalidade, mortalidade e migração) são influenciados pela heterogeneidade ambiental, gerando padrões espaciais que se distanciam da aleatoriedade e/ou uniformidade (THOMAS & KUNIN, 1999). A identificação do padrão de distribuição espacial de uma espécie ou de populações é importante para conhecer os processos sucessionais e ecológicos, que são fundamentais para a compreensão e, se necessário, adotar medidas de manejo para preservação ou conservação destas comunidades (RODE *et al.*, 2010).

A partir da necessidade de melhor compreensão das comunidades vegetais rupícolas do Espírito Santo, pretende-se com este estudo: 1 – descrever e caracterizar o agrupamento das espécies buscando reconhecer padrões ambientais, influenciados pela microtopografia e que determinem diferenças estruturais em quatro comunidades vegetais rupícolas do Espírito Santo, 2 – verificar a preferência de algumas espécies por habitats específicos e 3 – analisar se

as diferenças estruturais observadas determinam a ocorrência de comunidades distintas ou associações entre espécies que representem heterogeneidade fisionômica e estrutural em uma única comunidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

Os mesmos Inselbergs utilizados para caracterização da estrutura das comunidades vegetais (Capítulo 1) foram utilizados para a amostragem dos dados referentes a distribuição espacial, sendo eles: Água Branca, Pedra do Elefante (incluso na APA Pedra do Elefante), Forno Grande (Parque Estadual Forno Grande) e Pedra de Pontões.

Discriminação de comunidades

Utilizando os dados de amostragem da estrutura da vegetação (Capítulo 1), uma Análise de Escalonamento Multidimensional (NMDS) foi realizada para cada área amostrada, com a finalidade de ordenar as unidades amostrais segundo a sua composição florística e o tipo de microtopografia buscando evidenciar a formação de grupos de espécies que teriam preferência por habitat específico. Os mesmos intervalos utilizados para cálculo da frequência também foram usados para a montagem das matrizes de dados. As variáveis utilizadas na matriz foram à abundância de cada espécie e uma categorização microtopográfica de cada unidade amostral. A definição das categorias teve como base a conformação da rocha: 1 – convexo: unidade amostral onde o fluxo de sedimentos e água são divergentes; 2 – plano: unidade amostral predominantemente plana, coberta por pouco ou nenhum detrito e o fluxo é divergente e 3 – côncavo: unidade amostral onde ocorre o acúmulo de sedimentos e água e o fluxo é convergente. A criação destas categorias visou correlacionar as espécies com suas condições de microhabitat.

As análises de Escalonamento Multidimensional foram realizadas no programa estatístico PC-ORD 5.15 (McCUNE & MEFFORD, 2006) utilizando a distância de Bray-Curtis e nível de significância do Stress a 0,2. A significância foi testada utilizando o teste de Monte Carlo ($p = 0,05$) e 250 randomizações.

O método do Índice de Valor Indicador (IndVal) (de CACERES & LEGENDRE, 2009) foi utilizado para identificar a ocorrência de espécies indicadoras de microhabitat. Toda as análises do IndVal foram realizadas no programa estatístico R (R CORE TEAM, 2016)

utilizando os pacotes estatísticos “stats” (R CORE TEAM, 2016) e “indicspecies” (de CACERES & LEGENDRE, 2009).

RESULTADOS

Inselberg Águia Branca

De um total de 100 unidades amostrais, 95 foram classificadas com convexo e cinco como côncavos. A análise de NMDS demonstrou uma solução bidimensional (Fig. 2.1) com um valor de stress final de 14,77. O Eixo 1 explica 67,2% da variação, o Eixo 2 não apresentou variação detectável pela análise. O teste de Monte Carlo para o Eixo 1 foi significativo, $p = 0,004$; para o Eixo 2 o teste não apresentou significância, $p = 0,124$.

O Eixo 1 representa um gradiente baseado na microtopografia, conforme representado na figura 2.1. É possível identificar no gráfico, áreas com influência da abundância das espécies de maior valor de importância e seus microhabitats específicos. As áreas identificadas como Tapetes de monocotiledôneas possuem a influência de *Vellozia plicata* e *Trilepis lhotzkiana*. A área identificada como Plantas epilíticas possui influência de *Alcantarea simplicisticha*. Tanto *V. plicata*, *T. lhotzkiana* e *A. simplicisticha* são espécies associadas à microhabitats convexos.

A área identificada como Depressões possuem influência de *Syagrus ruschiana*, *Kielmeyera* sp. e *Psedobombax* sp., espécies arbustivas associadas à microhabitats côncavos. A região central do gráfico é formada por unidades amostrais com uma maior presença de *Alcantarea simplicisticha*, *Vellozia plicata* e *Trilepis lhotzkiana* e unidades amostrais sem cobertura vegetal. Estes dois tipos de unidades amostrais formam um núcleo (*core*) que representa a base da estrutura do Inselberg Águia Branca.

Os resultados do método IndVal estão representados na Tabela 2.1, onde somente *Syagrus ruschiana* foi espécie considerada indicadora de microhabitat côncavo.

Tabela 2.1 – Resultado obtido através do método Índice de Valor Indicador (IndVal) representando as espécies indicadoras de microtopografia

Espécies	IndVal	p (0,05)	Microtopografia
<i>Syagrus ruschiana</i>	0,442	0,05	Côncavo

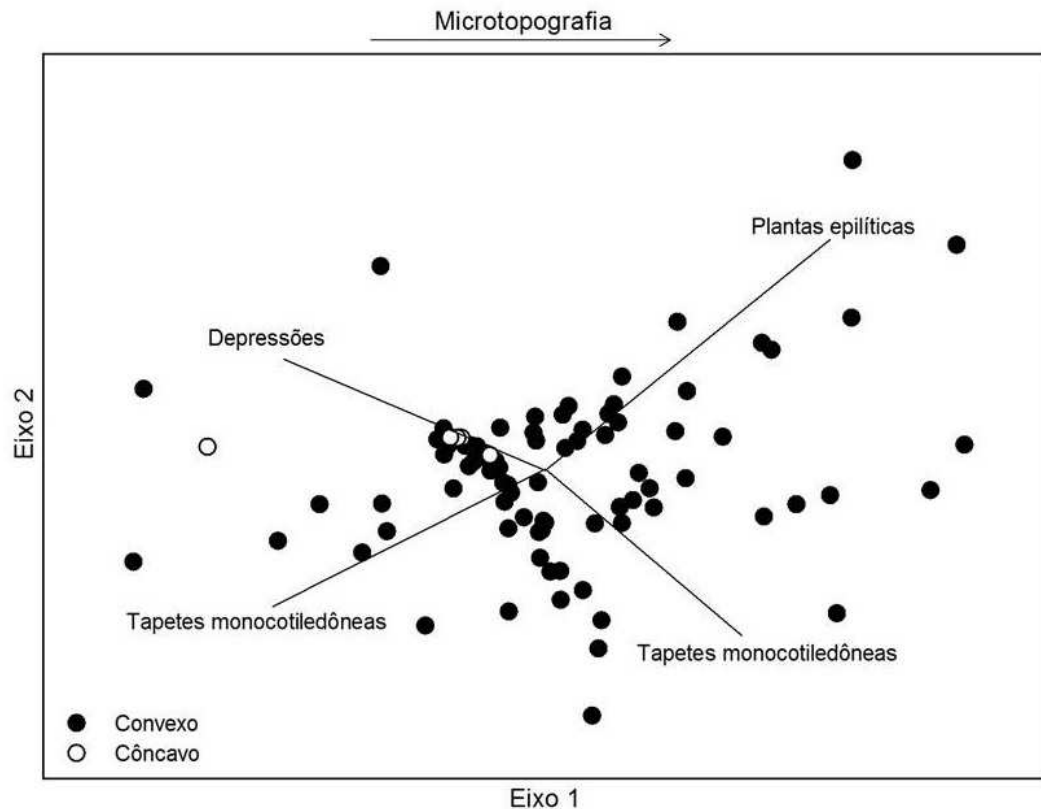


Figura 2.1 – Gráfico representativo da análise de NMDS para o Inselberg Água Branca. O Eixo 1 representa 67,2% de variação explicada pela microtopografia. A análise não detectou variação associada ao Eixo 2.

Inselberg Pedra do Elefante

De um total de 100 unidades amostrais, 70 foram classificadas como convexas, 24 como planas e seis como côncavas. A análise de NMDS demonstrou uma solução bidimensional (Fig. 2.2) com um valor de stress final de 15,14. A variação explicada pelo Eixo 1 e 2 totaliza 95,4%. O Eixo 1 representa 53,5% e o Eixo 2 representa 41,9% da variação. O teste de Monte Carlo foi significativo para ambos Eixos, sendo Eixo 1 com $p = 0,008$ e Eixo 2 com $p = 0,004$.

O Eixo 1 representa um gradiente baseado na microtopografia, já o Eixo 2 representa a abundância das espécies. É possível identificar no gráfico, áreas com influência da abundância das espécies de maior valor de importância e seus microhabitats específicos. As áreas identificadas como Tapetes de monocotiledôneas possuem a influência de *Alcantarea simplicisticha*, *Philodendron edmundoi*, *Cyperus pohlii* e *Coleocephalocereus pluricostatus*. A área identificada como Plantas epilíticas possui influência de *Alcantarea simplicisticha* e *Encholirium horridum*. Também podem ser espécies associadas à microhabitats convexas.

As áreas identificadas como Depressões possuem influência de *Vellozia variegata*, *Pleroma marinana*, *Evolvulus ericifolius*, *Scleria* sp., *Olyra latifolia* e *Sida spinosa*; espécies arbustivas associadas à microhabitats côncavos. A região central do gráfico é formada por unidades amostrais com uma maior presença de *Alcantarea simplicisticha*, *Pleroma marinana*, *Vellozia variegata* e *Philodendron edmundoi* e unidades amostrais sem cobertura vegetal. Estes dois tipos de unidades amostrais formam um núcleo (*core*) que representa a base da estrutura do Inselberg Pedra do Elefante.

Os resultados do método IndVal estão representados na Tabela 2.2, onde podemos destacar as espécies *Pleroma marinana*, *Sida spinosa*, *Olyra latifolia* e *Vellozia variegata* como indicadoras de microhabitat côncavo.

Tabela 2.2 – Resultado obtido através do método Índice de Valor Indicador (IndVal) representando as espécies indicadoras de microtopografia

Espécies	IndVal	p (0,05)	Microtopografia
<i>Pleroma marinana</i>	0,879	0,005	Côncavo
<i>Sida spinosa</i>	0,707	0,005	Côncavo
<i>Olyra latifolia</i>	0,704	0,005	Côncavo
<i>Vellozia variegata</i>	0,577	0,005	Côncavo

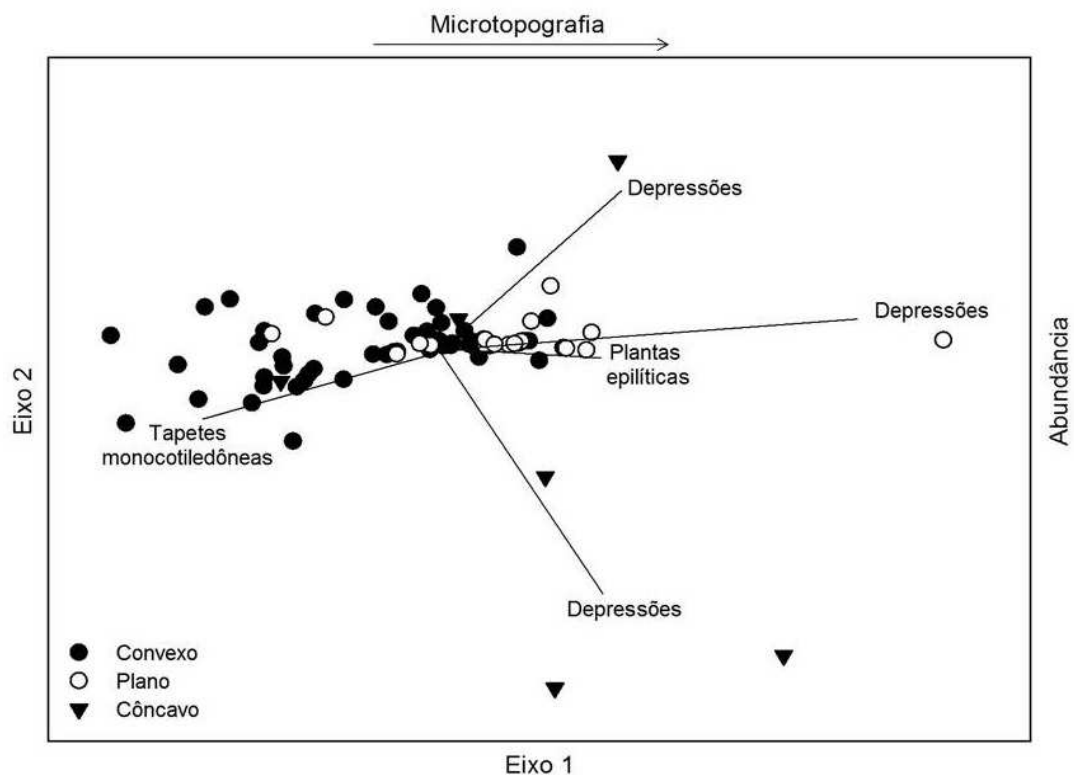


Figura 2.2 – Gráfico representativo da análise de NMDS para o Inselberg Pedra do Elefante. O Eixo 1 representa 53,5% de variação explicada pela microtopografia. Eixo 2 representa 41,9% de variação explicada pela abundância das espécies.

Inselberg Forno Grande

De um total de 100 unidades amostrais, 61 unidades amostrais foram classificadas como planas, 35 como convexas e quatro como côncavas. A análise de NMDS demonstrou uma solução bidimensional (Fig. 2.3) com um valor de stress final de 19,27. A variação explicada pelo Eixo 1 e 2 totaliza 84,1%. O Eixo 1 representa 47% e o Eixo 2 representa 37,2% da variação. O teste de Monte Carlo foi significativo para ambos os Eixos 1 e 2, $p = 0,004$.

O Eixo 1 representa um gradiente baseado na microtopografia, já o Eixo 2 representa a abundância das espécies. É possível identificar no gráfico, áreas com influência da abundância das espécies de maior valor de importância e seus microhabitats específicos. As áreas identificadas como Tapetes de monocotiledôneas possuem a influência de *Selaginella sellowii*, *Cyperus pohlii*, *Tibouchina heteromalla*, *Tibouchina castellensis* e *Clusia organensis*. A área identificada como Plantas epilíticas possui influência de *Alcantarea mucilaginoso*. Todas as espécies citadas acima são associadas à microhabitats convexas.

As áreas identificadas como Depressões possuem influência de *Melinis minutiflora*, *Olyra latifolia*, *Tibouchina heteromalla*, *Lantana fucata*, *Pteridium arachnoideum* e *Myrsine umbellata*; espécies arbustivas associadas à microhabitats côncavos. A região central do gráfico é formada por unidades amostrais com uma maior presença de *M. minutiflora*, *C. pohlii*, *S. sellowii* e *T. heteromalla*. Estas unidades amostrais formam um núcleo (*core*) que representa a base da estrutura do Inselberg Forno Grande.

Os resultados do método IndVal estão representados na Tabela 2.3, onde podemos destacar como espécies indicadoras de microhabitat, *Alcantarea mucilaginoso* (microhabitat convexo); *Smilax cf. rufescens*, *Lantana fucata* e *Doryopteres collina* (microhabitat côncavo) e *Melinis minutiflora* (microhabitats plano e côncavo).

Tabela 2.3 – Resultado obtido através do método Índice de Valor Indicador (IndVal) representando as espécies indicadoras de microtopografia

Espécies	IndVal	p (0,05)	Microtopografia
<i>Alcantarea mucilaginoso</i>	0,811	0,015	Convexo
<i>Smilax cf. rufescens</i>	0,679	0,010	Côncavo
<i>Lantana fucata</i>	0,630	0,015	Côncavo
<i>Doryopteres collina</i>	0,477	0,050	Côncavo
<i>Melinis minutiflora</i>	0,769	0,025	Plano+Côncavo

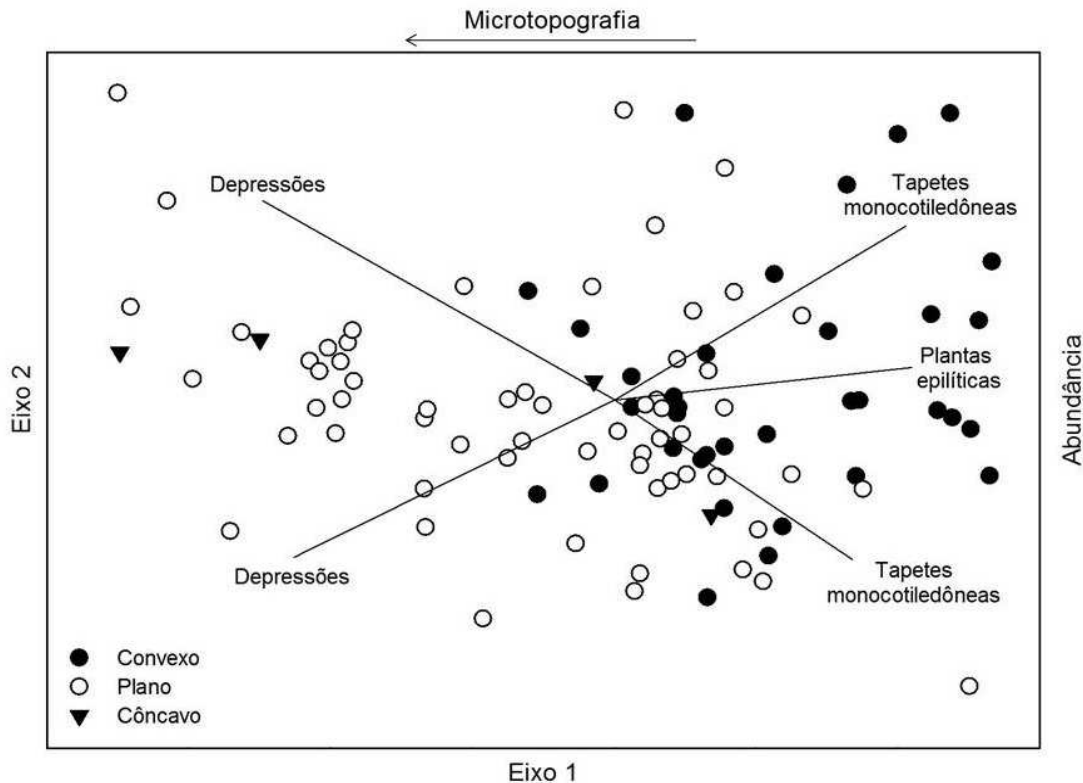


Figura 2.3 – Gráfico representativo da análise de NMDS para o Inselberg Forno Grande. O Eixo 1 representa 47% de variação explicada pela microtopografia. Eixo 2 representa 37,2% de variação explicada pela abundância das espécies.

Inselberg Pedra de Pontões

De um total de 100 unidades amostrais, 41 foram classificadas como convexas, 40 como côncavas, 15 como planas e quatro unidades amostrais foram retiradas das análises por não ter sido possível classificá-las em uma única categoria. A análise de NMDS demonstrou uma solução bidimensional (Fig. 2.4) com um valor de stress final de 19,56. A variação explicada pelo Eixo 1 e 2 totaliza 86,2%. O Eixo 1 representa 59,5% e o Eixo 2 representa 26,7% da variação. O teste de Monte Carlo foi significativo para ambos os Eixos 1 e 2, $p = 0,004$.

O Eixo 1 representa um gradiente baseado na microtopografia, já o Eixo 2 representa a abundância das espécies. É possível identificar no gráfico, áreas com influência da abundância das espécies de maior valor de importância e seus microhabitats específicos. As áreas identificadas como Tapetes de monocotiledôneas possuem a influência de *Vellozia plicata*, *Trilepis lhotzkiana*, *Epidendrum secundum*, *Selaginella sellowii*, *Tibouchina heteromalla*, *Tibouchina castellensis* e *Vellozia variegata*. A área identificada como Plantas epilíticas possui influência de *Alcantarea patriae* e *Coleocephalocereus pluricostatus*. Todas as espécies destacadas são associadas à microhabitats convexas.

As áreas identificadas como Depressões possuem influência de *Melinis minutiflora*, *Pteridium arachnoideum*, *Eremanthus crotonoides*, *Serpocaulon* sp., *Lepidaploa cotoneaster* e *Myrsine umbellata*; espécies arbustivas associadas à microhabitats côncavos. A região central do gráfico é formada por unidades amostrais com uma maior presença de *V. plicata*, *A. patriae*, *T. lhotzkiana*, *E. crotonoides*, *E. secundum*, *S. sellowii*, *M. minutiflora* e *T. castellensis*. Estas unidades amostrais formam um núcleo (*core*) que representa a base da estrutura do Inselberg Pedra de Pontões.

Os resultados do método IndVal estão representados na Tabela 2.4, destacamos a ocorrência de espécies indicadoras de microhabitats, como *Eremanthus crotonoides* e *Pteridium arachnoideum* (microhabitat côncavo), *Melinis minutiflora* e *Lepidaploa cotoneaster* (microhabitat plano e côncavo) e *Trilepis lhotzkiana* (microhabitat plano e convexo).

Tabela 2.4 – Resultado obtido através do método Índice de Valor Indicador (IndVal) representando as espécies indicadoras de microtopografia

Espécies	IndVal	p (0,05)	Microtopografia
<i>Eremanthus crotonoides</i>	0,758	0,005	Côncavo
<i>Pteridium arachnoideum</i>	0,681	0,005	Côncavo
<i>Trilepis lhotzkiana</i>	0,516	0,02	Plano+Convexo
<i>Melinis minutiflora</i>	0,764	0,005	Plano+Côncavo
<i>Lepidaploa cotoneaster</i>	0,524	0,03	Plano+Côncavo

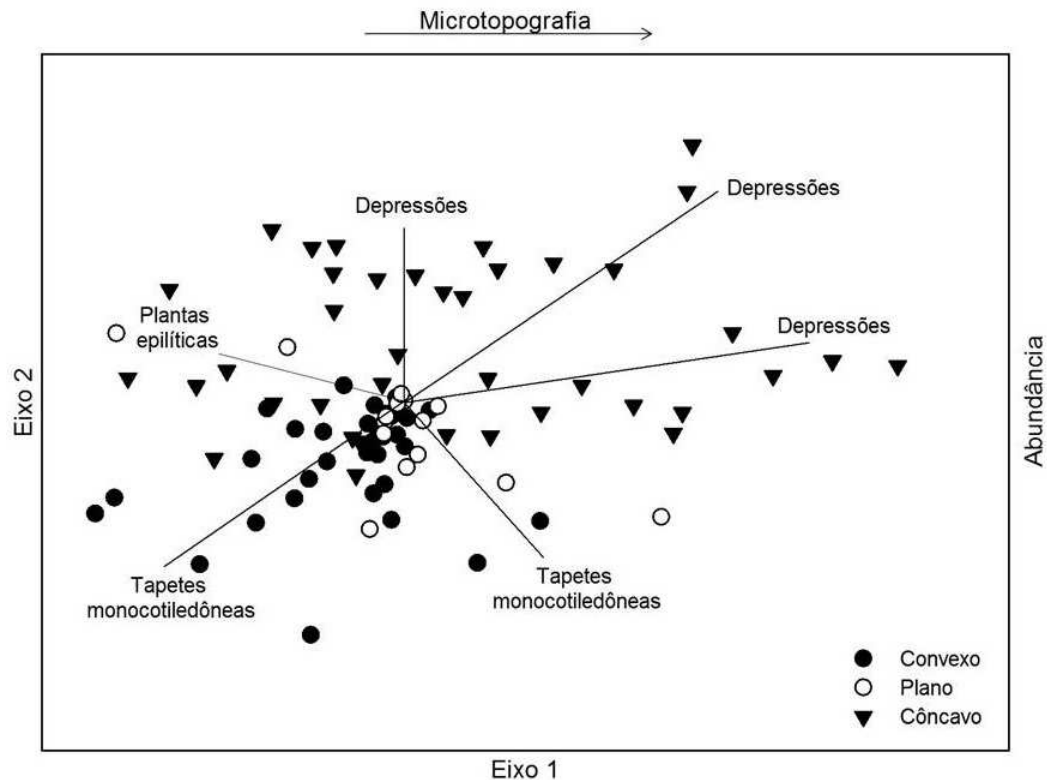


Figura 2.4 – Gráfico representativo da análise de NMDS para o Inselberg Pedra de Pontões. O Eixo 1 representa 59,5% de variação explicada pela microtopografia. Eixo 2 representa 26,7% de variação explicada pela abundância das espécies.

DISCUSSÃO

Os resultados das análises de NMDS indicam a discriminação de grupos dentro de cada Inselberg influenciados pela microtopografia e a abundância das espécies. Estes grupos indicam a presença de microhabitats semelhantes, como Tapetes de monocotiledôneas, Depressões e Plantas epilíticas baseados no tipo de microtopografia (convexo, plano ou côncavo), porém com composição florística, fisionomia e estrutura específicas para cada Inselberg. Numa visão geral temos como principal característica para as comunidades vegetais rupícolas a singularidade de cada comunidade.

Todas as análises de NMDS foram consideradas bem representativas, pois apresentaram o valor de stress dentro do intervalo de confiança (0,2). Os valores totais apresentados pelos eixos em cada análise também são considerados satisfatórios, entorno de 70% da variação explicada utilizando somente duas variáveis (microtopografia e abundância das espécies). Somente o Inselberg Águia Branca não apresentou o valor do Eixo 2, acredita-se que este fato tenha ocorrido devido a homogeneidade do Inselberg (95% classificado como convexo) e pela elevada dominância de *Vellozia plicata*, *Trilepis lhotzkiana* e *Alcantarea*

simplicisticha, espécies que representam 75,4% de todo o valor de importância da comunidade.

A estrutura dividida em grupos, apresentados nas análises de NMDS confirmam a existência de uma organização em formato de mosaico, exceto para a comunidade de Águia Branca, que apresentou uma estrutura mais homogênea. Este mosaico é baseado na microtopografia côncava e convexa, onde existem depressões variando de profundidade e com fluxo convergente de recursos. E regiões convexas com fluxo divergente de recursos, onde podemos observar tapetes de monocotiledôneas e indivíduos epilíticos isolados. Tais microhabitats vão abrigar uma composição florística e estrutura específica de cada sítio, esta composição e estrutura levam a uma diversidade de comunidades ou associações dentro do Inselberg em resposta a sua quantidade de recurso disponível.

Além das características adaptativas apresentadas pelas espécies que habitam as comunidades rupícolas descritas no Capítulo 1, os microhabitat convexos possuem como outra característica a formação de tapetes de monocotiledôneas. Estes tapetes agem alterando as condições ambientais pelo aumento do aporte de sedimentos e umidade, facilitando a ocorrência de outras espécies que não possuem as condições necessárias para iniciar a colonização da rocha; em sua maioria são espécies das famílias Orchidaceae, Bromeliaceae, Cyperaceae e Velloziaceae. Em observações de campo, podemos destacar as espécies beneficiadas por essa característica: *Anemia retroflexa*, *Barbacenia* cf. *tomentosa*, *Barbacenia pabstiana*, *Barbacenia* aff. *purpurea*, *Begonia lossiae*, *Begonia valdensium*, *Bifrenaria tyrianthina*, *Cyrtopodium glutiniferum*, *Doryopteris collina*, *Epidendrum secundum*, *Peperomia incana*, *Philodendron edmundoi*, *Pitcairnia decida*, *Pitcairnia barbatotisma*, *Prescottia plantaginifolia*, *Pseudolaelia vellozicola*, *Sinningia brasiliensis* e *Sinningia sceptrum*.

As características dos microhabitats convexos levaram a determinadas denominações por alguns autores, Menghi *et al.* (1993) destaca o papel da geomorfologia deste microhabitat, caracterizando-o como áreas convexas com fluxo divergente de sedimentos e cobertura vegetal baixa e esparsa de “rhexistasis”. Já Porembski (2007) enfatiza a vegetação associada a este tipo de microhabitat, classificando-os como tapetes de monocotiledôneas ou espécies epilíticas. Todas as denominações refletem para a associação de espécies com a microtopografia e conseqüentemente uma preferência de algumas espécies por determinados microhabitats, indicando a existência de um complexo planta-relevo-microhabitat.

Os grupos formados por unidades amostrais com microtopografia côncava também são indicados em alguns trabalhos (MENGHI *et al.*, 1993; POREMBSKI, 2007 e RIBEIRO *et al.*,

2007) porém, com diferentes denominações, mas baseado na preferência de espécies por determinados habitats. Menghi *et al.* (1993) classificam as áreas côncavas com fluxo convergente de materiais e água com densa cobertura vegetal como “biostasis”, Ribeiro *et al.* (2007) utiliza um termo mais abrangente, classificando tais locais como painelas e Porembski (2007) inseriu o termo depressões rasas. Neste microhabitat podemos identificar espécies com características que indicam a preferência por este habitat (maior disponibilidade de recursos), são espécies de porte maior (arbustos), com folhas largas e flexíveis, boas competidoras e pouco stress-tolerantes.

As unidades amostrais classificadas como microhabitat plano foram mais representadas em Forno Grande e Pedra do Elefante devido às características do afloramento. Este microhabitat pode ser classificado como um ambiente de transição entre o convexo e o côncavo devido às características de conformação da rocha, onde em um curto intervalo de espaço podemos ter um microhabitat convexo e côncavo lado a lado. Esta conformação reflete na composição florística e estrutura da comunidade, onde dependendo da composição florística da comunidade, este microhabitat pode abrigar espécies stress-tolerantes, características de microhabitat convexo, bem como espécies competitivas, característica de microhabitat côncavos. Isto é visível quando analisamos as duas comunidades onde as unidades amostrais planas são mais características, Forno Grande possui em seu microhabitat plano uma maior abundância de espécies característica de microhabitat convexo, como *Selaginella sellowii* e *Cyperus pohlii*, já na Pedra do Elefante, os microhabitats planos possuem uma maior abundância de espécies características de microhabitat côncavo, como *Pleroma marinana* e *Vellozia variegata*.

A utilização de análises de ordenação como NMDS para a descrição e caracterização de comunidades vegetais rupícolas através da microtopografia mostrou ser eficiente em confirmar a ocorrência e a associação de espécies de acordo com o tipo de microtopografia. Além das características severas deste habitat, podemos também considerar a microtopografia como fator fundamental para a estruturação das comunidades dentro do Inselberg, o que pode ser indicado como mais um filtro ambiental relevante para este tipo peculiar de habitat. Apesar da existência destes filtros ambientais, devemos ressaltar que outros fatores aleatórios podem estar influenciando a ocorrência e organização das associações de espécies por tipo de microhabitat nestas comunidades, como por exemplo, a dispersão e estabelecimento de propágulos que pode se dar ao acaso.

A utilização do método IndVal demonstra a ocorrência de espécies indicadoras para determinados microhabitats quando estes valores são considerados robustos (quanto mais

próximo de 1) o suficiente para garantir a correlação entre a espécie e microhabitat. Para algumas comunidades a utilização desta técnica mostrou ser satisfatória, como para a Pedra do Elefante (*Pleroma marinana*, *Sida spinosa* e *Olyra latifolia*), para Forno Grande (*Alcantarea mucilaginoso* e *Melinis minutiflora*) e Pedra de Pontões (*Eremanthus crotonoides*, *Pteridium arachnoideum* e *Melinis minutiflora*). Somente para a comunidade de Água Branca o método de IndVal não apresentou um valor no qual podemos considerar como indicadora de um microhabitat devido a dominância do microhabitat convexo.

No presente estudo, tal correlação só pode ser garantida para *Pleroma marinana*, *Sida spinosa* e *Olyra latifolia* (Tabela 2.2) (0,879; 0,707; e 0,704, respectivamente); *Alcantarea mucilaginoso* e *Melinis minutiflora* (Tabela 2.3) (0,811 e 0,769, respectivamente) e *Eremanthus crotonoides*, *Pteridium arachnoideum* e *Melinis minutiflora* (Tabela 2.4) (0,758; 0,681 e 0,764, respectivamente) pois apresentaram o intervalo de confiança do método e também apresentaram os maiores valores do IndVal. Para *Trilepis lhotzkiana* e *Lepidaploa cotoneaster* os valores apresentados do IndVal (Tabela 2.4) (0,516 e 0,524, respectivamente) não são considerados como bons indicadores de microtopografias devido ao baixo valor de IndVal apresentado, mesmo estando dentro do intervalo de confiança do método.

A presença de espécies invasoras como *Melinis minutiflora* nas comunidades em estudo é preocupante, em três (Pedra do Elefante, Forno Grande e Pedra de Pontões) das quatro áreas analisadas foi constatado a presença de *M. minutiflora*, sendo em duas áreas (Forno Grande e Pedra de Pontões) uma das espécies de maior VI. A elevada abundância de *M. minutiflora* está sempre associada ao microhabitat côncavo, onde a presença de recursos disponíveis é maior do que no microhabitat convexo. Estas características são observadas em outros estudos sobre inselbergs, de Paula *et al.* (2015) também registrou a presença de espécie do gênero *Melinis* em habitats côncavos (depressões rasas) com elevada abundância. Outro fator que acarreta a entrada de espécies invasoras é a coleta de espécies nativas com características ornamentais, neste caso, as espécies invasoras vão alterar profundamente as características do meio, o que pode resultar em drásticas mudanças nos processos do ecossistema, como dinâmica de nutrientes e cadeia trófica (CHAPIN *et al.*, 2000).

Os resultados destas análises podem ser comparados com de Paula *et al.* (2015), onde os autores sugerem que os resultados obtidos refletem a economia vegetal (WRIGHT *et al.*, 2004; REICH, 2014) e as especializações da flora, onde espécies stress-tolerantes mostram características de conservação e espécies competidoras mostram características de consumidoras (REICH, 2014).

CONCLUSÕES

A utilização de análises multivariadas como a Análise de Escalonamento Multidimensional (NMDS) mostrou ser eficiente para verificar a formação de grupos em comunidades vegetais rupícolas, o mesmo pode ser aplicado para a análise de Índice de Valor Indicador (IndVal). A estrutura dividida em grupos, apresentados nas análises de NMDS confirmam a existência de uma organização em formato de mosaico para as comunidades amostradas, refletindo o caráter singular de cada Inselberg. Esta organização é baseada em microhabitats convexos e côncavos, onde a composição e estrutura específica de cada microhabitat levam a uma diversidade de microhabitats dentro do Inselberg em resposta a sua quantidade de recurso disponível.

Apesar dos resultados apresentados, ainda são necessárias mais análises e estudos que contribuam para um melhor entendimento deste tipo de vegetação. Ainda não se pode excluir a possibilidade de que o delineamento amostral adotado não foi suficientemente sensível para descrever diferenças entre porções planas, depressões rasas e bordas de depressões mais profundas ou que para as plantas observadas nesse grupo essa variação do substrato não seja importante.

Ações de manejo e conservação devem ser tomadas para evitar a perda do resto de biodiversidade existente, principalmente nas unidades de conservação que fazem parte deste estudo. Assim como uma maior divulgação das informações biológicas geradas, traduzidas em uma linguagem simples e de fácil entendimento pela população, onde o objetivo seja a conscientização da conservação destes monumentos naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOUR, M. G.; BURK, J. H. & PITTS, W. D. **Terrestrial Plant Ecology**. 2ªed. Benjamim/Cummings, Menlo-Park. 1987.

BERNASOL, W. P. & LIMA-RIBEIRO, M. S. Estrutura espacial e diamétrica de espécies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de cerrado sentido restrito no sudoeste goiano. **Hoehnea** 37(2): 181-198, 2010.

CHAPIN III, F. S.; ZAVALETA, E. S.; EVINER, V. T.; NAYLOR, R. L.; VITOUSEK, P. M.; REYNOLDS, H. L.; HOOPER, D. U.; LAVOREL, S.; SALA, O. E.; HOBBIE, S. E.; MACK, M. C. & DÍAZ, S. Consequences of changing biodiversity. **Nature**, 405:234–242, 2000.

CLARK, D. A.; CLARK, D. B.; ROSA SANDOVAL, M. & CASTRO, M. V. Edaphic and human effects on landscape-scale distributions of tropical rain Forest palms. **Ecology**, 76(8): 2581-2594, 1995.

de CACERES, M. & LEGENDRE, P. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. **Ecology**, 90(12): 3566-3574, 2009.

de PAULA, L. F. A.; NEGREIROS, D.; AZEVEDO, L. O.; FERNANDES, R. L.; STEHMANN, J.R. & SILVEIRA, F. A. O. Functional ecology as a missing link for conservation of a resource-limited flora in the Atlantic forest. **Biodivers Conserv**, 24:2239–2253, 2015.

FELFILI, J. M. & REZENDE, R. P. Conceitos e métodos em fitossociologia. **Comunicações Técnicas Florestais**, 5(2), Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2003.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; LIBANO, A. M.; VENTUROLI, F. & PEREIRA, B. A. S. Análise multivariada em estudos de vegetação. **Comunicações Técnicas Florestais**, 9(1), Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2007.

FORTIN, M. J.; DALE, M. R. T. & HOEF, J. Spatial analysis in ecology. *In*: EL-SHAARAWI, A. H. & PIEGORSCH, W. W. (eds.). **Encyclopedia of Environmetrics**. John Wiley & Sons, Chichester, p. 2051-2058, 2002.

GENTRY, A. H. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. **Annals of Missouri Botanical Garden**, 75:1-34, 1988.

KREBS, C. J. **Ecological Methodology**. 2ª ed. Benjamim/Cummings, Menlo-Park. 1999.

LEGENDRE, P. & FORTIN, M. J. Spatial pattern and ecological analysis. **Vegetatio** 80: 107-138, 1989.

McCUNE, B. & MEFFORD, M. J. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data**. Version 5.15. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA, 2006.

McGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. & STAFFORD, S. **Multivariate statistic for wildlife and ecology research**. New York: Springer Science and Business Media, 2000.

MENGHI, M.; PECO, B. & PINEDA, F. D. Spatial organization of gneissic grasslands related to relief and soil variability. **Ber. Geobot**. Institut ETH, Stiftung Rubel, Zurich 59, 106-123, 1993.

MOURA, I. O.; RIBEIRO, K. T. & TAKAHASI, A. Amostragem da vegetação em ambientes rochosos. *In*: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A. & NETO, J. A. A. M. (eds.) **Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos**, v.1, p.255-294, 2011.

MULLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. New Jersey, The Blackburn Press, p.547, 2002.

POREMBSKI, S. Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. **Revista Brasil. Bot.**, v.30, n.4, p.579-586, 2007.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. <https://www.R-project.org/>

REICH, P.B. The world-wide ‘fast-slow’ plant economics spectrum: a traits manifesto. **J Ecol** 102:275–301, 2014.

RIBEIRO, K. T.; MEDINA, B. M. O. & SCARANO, F. R. Species composition and biogeographic relations of the outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. **Revista Brasil. Bot.**, v.30, p.623-639, 2007a.

RODE, R.; FILHO, F. A.; MACHADO, S. A. & GALVÃO, F. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* em uma Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Paraná. **Floresta**, 40(2): 255-268, 2010.

SCARANO, F. R. Rock outcrop vegetation in Brazil: a brief overview. **Revista Brasil. Bot.**, v.30, p.561-568, 2007.

THOMAS, C. D. & KUNIN, W. E. The spatial structure of populations. **Journal of Animal Ecology** 68: 647-657, 1999.

TILMAN, D. Plant dominance along an experimental nutrient gradient. **Ecology**, 65(5): 1445-1453, 1984.

TILMAN, D. & PACALA, S. The maintenance of species richness in plant communities. *In*: RICKLEFS, R. E. & SCHLUTER, D. (eds.). **Species diversity in ecological communities**. University of Chicago Press, Chicago, p. 13-25, 1993.

WHITMORE, T. C. **Tropical rain Forest of the Far East**, 2^a ed, Oxford, Clarendon Press, 1984.

WRIGHT, I. J.; REICH, P. B.; WESTOBY, M. *et al.* The worldwide leaf economics spectrum. **Nature** 428:821–827, 2004.

ter BRAAK, C. J. F. & PRENTICE, I. C. A theory of gradient analysis. **Advances in Ecological Research**, 18:271-313, 1988.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS INTRODUÇÃO GERAL

AB'SABER, A. N. O domínio morfoclimático dos mares de morros no Brasil. **Geomorfologia**, USP 2:1-9, 1966.

BARTHLOTT, W. & POREMBSKI, S. Vascular Plants on Inselbergs: Systematic Overview. *In: Inselbergs - biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions*. POREMBSKI, S. & BARTHLOTT, W. (eds.). Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin, v.146, p.103, 2000.

BIEDINGER, N.; POREMBSKI, S. & BARTHLOTT, W. Vascular Plants on Inselbergs: Vegetative and Reproductive Strategies. *In: Inselbergs - biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions*. POREMBSKI, S. & BARTHLOTT, W. (eds.). Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin, v.146, p.103, 2000.

HOPPER, S. D. Honeyeaters and their winter food plants on granite rocks in the central wheatbelt of Western Australia. **Aust Wildl Res** 8:187-197, 1981.

KLUGE, M. & BRULFERT, J. Ecophysiology of Vascular Plants on Inselbergs. *In: Inselbergs - biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions*. POREMBSKI, S. & BARTHLOTT, W. (eds.). Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin, v.146, p.143, 2000.

MENGHI, M. **Tipificación ecológica integrada de pastizales naturales Del subpiso inferior de las Sierras de Córdoba**. Tesis doctoral. Univ. Nac. de Córdoba, Argentina, p.308, 1987.

MENGHI, M.; PECO, B. & PINEDA, F. D. Spatial organization of gneissic grasslands related to relief and soil variability. **Ber.Geobot.**Institut ETH, Stiftung Rubel, Zurich 59, 106-123, 1993.

ORNDUFF, R. **Islands on islands: plant life on the granite outcrops of Western Australia**. University of Hawaii, H.L. Lyon Arboretum Lecture, nº 15. University Press of Hawaii, Honolulu, 1987.

PHILLIPS, D. L. Life-forms of granite outcrop plants. **Am Midl Nat**, 107:206-208, 1982.

POREMBSKI, S., MUND, J-P.; SZARZYNSKI J. & BARTHLOTT, W. Ecological conditions and floristic diversity of an inselberg in the savanna zone of the Ivory Coast - Mt. Niangbo. *In: GUILLAUMET, J-L.; BELIN, M. & PUIG, H. (eds.) Actes du colloque international de Phytogéographie tropicale*, ORSTOM, Paris, pp 251-261, 1996.

POREMBSKI, S.; MARTINELLI, G.; OHLEMIILLER, R. & BARTHLOTT, W. Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest. **Divers Distrib** 4:107-119, 1998.

POREMBSKI, S.; BECKER, U. & SEINE, R. Islands on Islands: Habitats on Inselbergs. *In: Inselbergs - biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions*. POREMBSKI, S. & BARTHLOTT, W. (eds.). Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin, v.146, p.49, 2000.

POREMBSKI, S. Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. *Revista Brasil. Bot.*, v.30, n.4, p.579-586, 2007.

SAFFORD, H. D. & MARTINELLI, G. Southeast Brazil. *In: Inselbergs - biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions*. POREMBSKI, S. & BARTHLOTT, W. (eds.). Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin, v.146, p.339, 2000.

SEINE, R. Human Dimensions and Conservation. *In: Inselbergs - biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions*. POREMBSKI, S. & BARTHLOTT, W. (eds.). Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin, v.146, p.493, 2000.

SZARZYNSKI, J. Xeric Islands: Environmental Conditions on Inselbergs. *In: Inselbergs - biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions*. POREMBSKI, S. & BARTHLOTT, W. (eds.). Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin, v.146, p.37, 2000.

WYATT, R. Ecology and evolution of self-pollination in *Arenaria uniflora* (Caryophyllaceae). *J Ecol* 74:403-418, 1986.

WYATT, R. Reproductive ecology of granite outcrop plants from the southeastern United States. *In: WITHERS, P. C. & HOPPER, S. D. (eds.) Granite outcrops symposium. J R Soc West Aust* 80:123-129, 1997.

von HUMBOLDT, A. **Relation historique du voyage aux regions équinoxiales du Nouveau Continent, fait en 1799-1804** par A. de Humboldt et A. Bonpland, vol II. Maze, Paris, 1819.

von MARTIUS, C. F. P. **Tabulae physiognomicae**. Flora Brasiliensis I-IX. Fleischer, München, 1842.