

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



Alexandre Uhlmann

**ANÁLISE ESTRUTURAL DE DUAS ÁREAS DE VEGETAÇÃO SAVÂNICA
(CERRADO) SOB INFLUÊNCIA DE GRADIENTES AMBIENTAIS
COMPLEXOS**

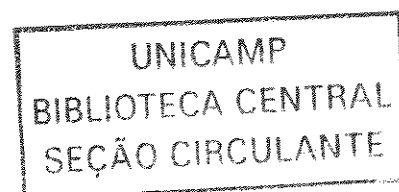
Este exemplar corresponde à redação final
da tese defendida pelo(a) candidato (a)
Reinaldo Monteiro
Alexandre Uhlmann
e aprovada pela Comissão Julgadora.

Tese apresentada ao Instituto de Biologia da
Universidade Estadual de Campinas para a
obtenção do título de Doutor em Biologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Monteiro

Campinas

2003



UNIDADE	RO
Nº CHAMADA	TUNICAMP Uh6a
V	EX
TOMBO BC	54498
PROC.	124103
C	<input type="checkbox"/>
P	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	26/04/03
Nº CPD	

CM001B6568-2

BIB ID 295260

FICHA CATALOGRÁFICA

Uh6a

Uhlmann, Alexandre

Análise estrutural de duas áreas de vegetação savânica (cerrado) sob influência de gradientes ambientais complexos/Alexandre Uhlmann.-- Campinas, SP: [s.n.], 2003.

Orientador: Reinaldo Monteiro

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia.

1. Cerrado. 2. Solos. I. Monteiro, Reinaldo . II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Reinaldo Monteiro (Orientador) Reinaldo Monteiro .
Prof. Dr. Waldir Mantovani Waldir Mantovani .
Prof. Dr. Marco Antônio de Assis Marco Antônio de Assis .
Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Rodrigues Ricardo Ribeiro Rodrigues .
Profª Drª Luiza Sumiko Kinoshita Luiza Sumiko Kinoshita .

Não por desídia, mas talvez por medo de que esta dedicatória não expresse de modo adequado o que representaram estas pessoas para mim, tenho receio de escrevê-la. Mesmo assim, gosto de pensar que esta homenagem possa ser lida por todos e ampliada de forma a intensificá-la e, quiçá, ser ouvida em dimensões desconhecidas. Seus atos, quando em vida, ecoarão ainda por muitos anos na mente de quem os amou verdadeiramente. A eles devo parte do que sou e, sinceramente, espero que esta singela lembrança consiga exprimir minha gratidão e alçar meu profundo amor por essas duas admiráveis pessoas que se foram. Descansem em paz.

Mãe - Aurea Uhlmann
09/05/1951 – 11/09/1985;
Pai - Lindolfo Uhlmann
03/10/1943 – 10/09/2002.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de externar meus sinceros agradecimentos às seguintes instituições:

- CAPES e CNPq, pela concessão de bolsa;
- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS que, em momentos diversos, respondeu pela viabilização das condições necessárias para a concretização deste trabalho;
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ e UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU pelo apoio institucional;
- FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA, pelo financiamento integral do projeto;
- INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, pelo apoio logístico.

Além das instituições, várias pessoas contribuíram para que o trabalho fosse iniciado, conduzido e finalizado. Assim, gostaria de fazer uma extensa lista, porém, naturalmente esqueceria de muitas delas, o que me levou a optar por um agradecimento simples e despojado. Quero assim, dizer muito obrigado aos meus amigos e familiares pela sua amizade, apoio, amor e compreensão.

SUMÁRIO

FICHA CATALOGRÁFICA	II
BANCA EXAMINADORA.....	III
AGRADECIMENTOS	V
SUMÁRIO.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
 INTRODUÇÃO.....	 1
A ORGANIZAÇÃO DAS COMUNIDADES.....	1
A VEGETAÇÃO DA SAVANA BRASILEIRA.....	8
 MATERIAIS E MÉTODOS	 18
ÁREA DE ESTUDO	18
<i>Caracterização geral do Parque Estadual do Cerrado</i>	18
<i>Clima</i>	18
<i>Geologia</i>	22
<i>Vegetação</i>	29
DESCRIÇÃO METODOLÓGICA	36
<i>Nomenclatura adotada</i>	36
<i>Hipótese de trabalho</i>	36
<i>Levantamento dos dados em campo</i>	36
 RESULTADOS E DISCUSSÃO	 43
FLORA	43
ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO	44
REGIME HÍDRICO DOS SOLOS, PADRÕES DE GEOMORFIA E A VARIAÇÃO DA VEGETAÇÃO SAVÂNICA.	53
VARIAÇÕES NA DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS AO LONGO DAS DUAS TOPOSSEQUÊNCIAS.	66
ANÁLISE INDIRETA DE GRADIENTE APLICADA SOBRE OS DADOS DA ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO.	78
 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	 91
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	 94
 ANEXO – DESCRIÇÃO DOS PERFIS DE SOLOS.....	 105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre as descrições dadas às formas fisionômicas de savana por Goodland & Pollard (1973), Eiten (1983, 1994) e as formas correspondentes da classificação de Veloso <i>et al.</i> (1991).....	10
Tabela 2 – Temperaturas médias, máximas e mínimas (° C) em Jaguariaíva/PR.	20
Tabela 3 – Média pluviométrica mensal e anual (em mm) e frequência esperada de geadas noturnas ao longo do ano (dias) para a região de Jaguariaíva/PR.	21
Tabela 4 – Umidade relativa do ar média, máxima e mínima (%) e evaporação média, máxima e mínima (mm) em Jaguariaíva/PR (período de 1961 a 1981)	22
Tabela 5 – Lista das espécies amostradas através do levantamento da estrutura da vegetação ao longo das duas toposseqüências no Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva, PR.....	43
Tabela 6 – Variações verificadas no índices estruturais da vegetação ao longo da toposseqüência 1 (DT= Densidade Absoluta Total; AB = Área Basal; S = n° de espécies; H' = índice de diversidade de Shannon; J = eqüidade).	45
Tabela 7 – Variações verificadas no índices estruturais da vegetação ao longo da toposseqüência 2 (DT= Densidade Absoluta Total; AB = Área Basal; S = n° de espécies; H' = índice de diversidade de Shannon; J = eqüidade).	45
Tabela 8 – Variação da densidade das espécies amostradas na toposseqüência 1 ao longo das faixas de amostragem.	49
Tabela 9 – Variação da dominância das espécies amostradas na toposseqüência 1 ao longo das faixas de amostragem.....	50
Tabela 10 – Variação da densidade das espécies amostradas na toposseqüência 2 ao longo das faixas de amostragem.	51
Tabela 11 – Variação da dominância das espécies amostradas na toposseqüência 2 ao longo das faixas de amostragem.	52
Tabela 12 – Valores médios (de três repetições) dos parâmetros T, S, V e m e granulometria nos terços superior, médio e inferior da toposseqüência 1.	53
Tabela 13 – Valores médios (de três repetições) dos parâmetros T,S, V e m nas profundidades de 3, 6 e 10 cm no terço superior, médio e inferior da toposseqüência 1.....	54
Tabela 14 – Variação dos valores médios (de três repetições) dos parâmetros físico-hídrico dos solos na toposseqüência 1.....	54
Tabela 15 – Valores médios (de três repetições) dos parâmetros T, S, V e m e granulometria nos terços superior, médio e inferior da Toposseqüência 2.	57
Tabela 16 – Valores médios (de três repetições) dos parâmetros T,S, V e m nas profundidades de 3, 6 e 10 cm nos terços superior, médio e inferior da toposseqüência 2.....	57
Tabela 17 – Variação dos valores médios (de três repetições) dos parâmetros físico-hídrico dos solos na toposseqüência 2.	58
Tabela 18 – Formas fisionômicas e variação dos parâmetros estruturais da vegetação ao longo da toposseqüências 1.	61
Tabela 19 – Variação dos parâmetros estruturais da vegetação ao longo da toposseqüência 2.....	62

Tabela 20 – Formas fisionômicas e variação dos parâmetros estruturais da vegetação ao longo da topossequência 1.....	66
Tabela 21 – Resultados da aplicação do teste de medianas (Kruskal-Wallis) sobre os dados de densidade absoluta total (esquerda) e dominância absoluta total (direita) da topossequência 1.....	67
Tabela 22 – Formas fisionômicas e variação dos parâmetros estruturais da vegetação ao longo da topossequência 2.....	68
Tabela 23 – Resultados da aplicação do teste de medianas (Kruskal-Wallis) sobre os dados de densidade absoluta total (esquerda) e dominância absoluta total (direita) da topossequência 2.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização geográfica do Estado do Paraná, do Município de Jaguariaíva e do Parque Estadual do Cerrado.....	19
Figura 2 – Regiões fisiográficas naturais do estado do Paraná (Maack 1968; Bigarella 1994; imagem adaptada de Mineropar 2001).....	24
Figura 3 – Geologia do segundo planalto paranaense (extraído de Mineropar 2001).....	25
Figura 4 – Distribuição das principais unidades fitogeográficas no estado do Paraná (Maack 1958; modificado por C.V. Roderjan & F. Galvão 1989).....	30
Figura 5 – Distribuição das unidades fisionômicas de vegetação no Parque Estadual do Cerrado (adaptado de Uhlmann <i>et al.</i> 1998).....	35
Figura 6 – Blocos diagrama ilustrativos dos padrões geomórficos das toposseqüências 1(a) e 2 (b)..	37
Figura 7 – Localização das toposseqüências 1 e 2 no interior do perímetro do Parque Estadual do Cerrado e mapeamento das unidades fisionômicas da vegetação.....	38
Figura 8 – Esquema do delineamento amostral para o levantamento da vegetação: (A) representação de parte da toposseqüência 1(áreas escuras representam as parcelas amostradas em cada faixa); (B) representação das 4 primeiras faixas da toposseqüência 2.....	39
Figura 9 – Perfil esquemático demonstrativo das variações estruturais da vegetação e pedoambiente ao longo da toposseqüência 1.....	46
Figura 10 – Perfil esquemático demonstrativo das variações estruturais da vegetação e pedoambiente ao longo da toposseqüência 2.....	47
Figura 11 – Variação da Umidade volumétrica (cm^3/cm^3) sob diferentes tensões no horizonte A dos solos distribuídos ao longo do terço inferior (P4), terço médio (P5) e terço superior (P6) da toposseqüência 1.....	55
Figura 12 – Variação da Umidade volumétrica (cm^3/cm^3) sob diferentes tensões no horizonte B dos solos distribuídos ao longo do terço inferior (P4), terço médio (P5) e terço superior (P6) da toposseqüência 1.....	55
Figura 13 – Água disponível ao longo dos terços superior (P4), médio (P5) e inferior (P6) da toposseqüência 1 nos diferentes horizontes do solo.....	56
Figura 14 – Variação da Umidade volumétrica (cm^3/cm^3) sob diferentes tensões no horizonte A dos solos distribuídos ao longo do terço inferior (P3), terço médio (P2) e terço superior (P1) da toposseqüência 2.....	59
Figura 15 – Variação da Umidade volumétrica (cm^3/cm^3) sob diferentes tensões no horizonte B dos solos distribuídos ao longo do terço inferior (P3), terço médio (P2) e terço superior (P1) da toposseqüência 2.....	59
Figura 16 – Água disponível ao longo dos terços superior (P1), médio (P2) e inferior (P3) da toposseqüência 2 nos diferentes horizontes do solo.....	60
Figura 17 – Variação da densidade absoluta (ind/ha) das espécies de maior abundância ao longo das toposseqüências 1 (acima) e 2 (abaixo).....	71
Figura 18 – Variação da dominância absoluta (m^2/ha) das espécies de maior abundância ao longo das toposseqüências 1 (acima) e 2 (abaixo).....	72

Figura 19 – Regressão linear entre parâmetros estruturais (número de indivíduos e área basal) das populações de <i>Anadenanthera peregrina</i> , <i>Couepia grandiflora</i> e <i>Stryphnodendron adstringens</i> amostradas em parcelas distribuídas ao longo da topossequência 1.....	74
Figura 20 – Regressão linear entre parâmetros estruturais (número de indivíduos e área basal) das populações de <i>Anadenanthera peregrina</i> , <i>Couepia grandiflora</i> e <i>Stryphnodendron adstringens</i> amostradas em parcelas distribuídas ao longo da topossequência 2.....	75
Figura 21 – Ordenação dos dados feita a partir da aplicação da Análise de Correspondência em matrizes de dados de dominância (A) e densidade (B) do conjunto de espécies amostradas na topossequência 2 (excetuando-se as raras).....	79
Figura 22 – Ordenação dos dados feita a partir da aplicação da Análise de Correspondência em matrizes de dados de dominância (A) e densidade (B) do conjunto de espécies dominantes da topossequência 2.....	80
Figura 23 – Ordenação dos dados feita a partir da aplicação da Análise de Correspondência em matrizes de dados de dominância (A) e densidade (B) do conjunto de espécies subordinadas da topossequência 2.....	81
Figura 24 – Ordenação dos dados feita a partir da aplicação da Análise de Correspondência em matrizes de dados de dominância (A) e densidade (B) do conjunto de espécies amostradas na topossequência 1 (excetuando-se as raras).....	84
Figura 25 – Ordenação dos dados feita a partir da aplicação da Análise de Correspondência em matrizes de dados de dominância (A) e densidade (B) do conjunto de espécies dominantes da topossequência 1.....	85
Figura 26 – Ordenação dos dados feita a partir da aplicação da Análise de Correspondência em matrizes de dados de dominância (A) e densidade (B) do conjunto de espécies subordinadas da topossequência 1.....	87
Figura 27 – Variação da densidade absoluta (ind/ha) das espécies de maior abundância ao longo das topossequências 1 (acima) e 2 (abaixo).....	88
Figura 28 – Variação da Dominância Absoluta (m ² /ha) das espécies de maior abundância ao longo das topossequências 1 (acima) e 2 (abaixo).....	89

RESUMO

Fatores como o fogo, o clima, a fertilidade dos solos têm sido amplamente discutidos na literatura como influentes na origem, distribuição e variação fisionômica da savana (cerrado). Nesse trabalho, objetivou-se enfocar a influência dos padrões de geomorfia nos fluxos hídricos de subsuperfície e seu efeito na distribuição das unidades fisionômicas da savana, bem como na disposição das populações de espécies arbóreas ao longo de um suposto gradiente. Para tanto, duas toposseqüências, a primeira, de feição geomórfica retilínea, e a segunda, de feição geomórfica convexa/côncava, foram amostradas para avaliar a variação das propriedades pedológicas (químicas, granulométricas e físico-hídricas), bem como da estrutura da vegetação (parâmetros fitossociológicos). As amostras de solos foram coletadas a trado (horizontes A e B) e em trincheiras (horizontes A, AB, BA e B) nos terços inferior, médio e superior da encosta. Nas trincheiras foram também coletadas amostras indeformadas com o uso de anéis volumétricos nos horizontes A, AB, BA e B. Para analisar as mudanças estruturais da vegetação, faixas (10 ou 20 X 100m) perpendiculares ao eixo de inclinação das encostas foram instaladas, as quais foram segmentadas em parcelas de 10 X 10 m, elegendo-se aleatoriamente 10 destas para a amostragem. O critério de inclusão mínimo foi o de um perímetro basal ≥ 10 cm. Os resultados apontaram que a fertilidade dos solos e as propriedades físico-hídricas não variaram significativamente ao longo de ambas as toposseqüências. A feição geomórfica côncava do terço inferior da toposseqüência 2 provocou alçamento do nível da lâmina de água subsuperficial, enquanto na toposseqüência 1 o aporte hídrico foi difuso. Baseando-se na análise dos dados, a estrutura da vegetação, bem como a distribuição das espécies mais abundantes (*Stryphnodendron adstringens*, *Anadenanthera peregrina* e *Couepia grandiflora*), no terço inferior de ambas as toposseqüências, pareceu responder à essas modificações provocadas pelo fluxo hídrico subsuperficial. Entretanto, outros fatores como o fogo e as geadas também devem exercer alguma influência na determinação destes padrões, mas talvez, estes sejam mais importantes nas porções superiores de ambas as toposseqüências.

ABSTRACT

Factors like fire, climate, and soil fertility has been widely discussed in literature as influencing the origin, distribution and physiognomic variation of savanna (cerrado). The aim of this work was to focus on the influence of geomorphic patterns upon subsurface water flows and its effects on the distribution of savanna physiognomic units, as well on the distribution of woody species populations along a hypothetical gradient. In order to do that, two tosequences, the first one with a rectilinear geomorphic trait, and the second one with concavous/convexous geomorphic trait, were sampled to evaluate variation on soil properties (chemical, granulometric and physical-hydric) as well as vegetation structure (phytosociological parameters). Soil samples were collected with an auger (horizons A and B) and in trenches (horizons A, AB, BA and B) in the low, medium and high third of the slope. In the trenches were also collected non-destructive samples using volumetric rings in the horizons A, AB, BA and B. To analyse vegetation structural changes, stripes (10 or 20 x 100m) perpendicular to the axis of the slope orientation were installed. These stripes were partitioned in 10 x 10 m plots, and 10 of which were randomly elected for sampling. The inclusion criteria was of possessing a basal perimeter ≥ 10 cm. Soils fertility and physical-hydric properties showed no significantly variation along both toposequences. The water convergence caused by concavous geomorphic trait of the low third of the toposequence 2, allows an elevation of the subsurface water sheet, while in the toposequence 1, the water drainage is diffuse. Based on data analysis, vegetation structure, as well as species distribution of the most abundant species (*Stryphnodendron adstringens*, *Anadenanthera peregrina* and *Couepia grandiflora*), appeared to respond to changes caused by subsuperficial water flow in the low third of both toposequences. However, other factors, like fire and ground frosting, also must influence in the determination of these patterns, but they might be more important in the higher portions of both toposequences.

INTRODUÇÃO

A ORGANIZAÇÃO DAS COMUNIDADES

As populações interativas formam um conjunto denominado genericamente pelos ecólogos de comunidade. Embora os biólogos não duvidem da “existência de **comunidades** individuais socialmente integradas ... em um certo espaço, e um certo tempo” (Cain 1939), mesmo as tentativas mais bem elaboradas para sua definição são precárias frente à magnitude das inter-relações que qualquer ambiente natural apresenta com os seres que nele se inserem.

Há uma forte tendência de simplificação, fazendo com que autores tendam a definir uma comunidade vegetal com base na semelhança de formas - sua fisionomia (Whittaker 1967), mas para Watt (1947), ainda que as comunidades vegetais possam ser descritas com a finalidade de diagnose e classificação, também podem ser descritas como um mecanismo operante. Com o fortalecimento de uma perspectiva dinâmica, o interesse de vários estudiosos passou a ser a compreensão dos mecanismos operantes em uma comunidade, particularmente após a injeção das teorias ligadas ao estudo de populações (Ricklefs 1998).

Mas a perspectiva dinâmica das comunidades já fora veiculada há muito por Clements (1936). Frederick E. Clements, em 1916, expôs seu conceito holístico de organização das comunidades vegetais. O autor definiu as comunidades vegetais como “superorganismos” que, através de complexas inter-relações, mantinham uma unidade rígida e, portanto, previsível (Clements 1936). Essa unidade fundamentou os conceitos de sucessão e introduziu o termo *clímax* como sinônimo de maturidade e estabilidade de uma comunidade em seu estágio máximo de desenvolvimento. Tais conceitos constituíram-se na base da ecologia vegetal daquela época e influenciaram vários autores no passado e no presente.

Ficara destacada, nas postulações de Clements (1936), a idéia de que as comunidades são compostas por frações (as populações) fusionadas através de relações de interdependência, as quais são capazes de se regenerar dinamicamente após uma perturbação qualquer, como um organismo que responde a um ferimento através da cicatrização, resultando na reintegração de suas características anteriores.

O ponto de vista de Tansley (1935) demonstrava uma não consonância com as idéias organicistas, muito embora o autor tenha apresentado algumas que viessem a convergir com estas. Ainda assim, Tansley achava inadequado considerar as associações vegetais como um superorganismo, e considerara mais adequado o termo *quasi-organismo*. Porém, tendo em vista seus relatos, o autor acreditava na organização operacional de uma floresta madura e relativamente estável. Apesar disso, a unidirecionalidade sucessional de Clements - o monoclímax regional - encontrou contestações veementes no artigo de Tansley.

Gleason (1926)¹, por outro lado, destacou, em seu artigo intitulado "*The individualistic concept of plant association*", um ponto de vista reducionista. Para Gleason, a organização das comunidades resultaria simplesmente das interações decorrentes da coexistência de espécies em um mesmo espaço. Essa coexistência não seria determinada pela comunidade (o que refletiria uma série organizada de eventos que concordaria com a teoria organicista de Clements), mas sim o resultado da adequação das espécies ao espaço, cujas características ambientais lhes fossem mais adequadas. A estrutura e o funcionamento das comunidades seria, para esse autor, determinada pela associação fortuita de espécies vegetais (Gleason 1926; Ricklefs 1998), e não por alguma ordem determinística.

"Uma associação vegetal, usando o termo em sua concepção ordinariamente aceita, representa o resultado de um sorteio ambiental de populações..."

(Gleason 1926).

Além disso, Gleason (1926), apresentou uma crítica à incapacidade crônica dos ecólogos europeus e americanos na busca de uma definição para a natureza, estrutura e classificação das associações vegetais. Ao citar um manuscrito de W.S. Cooper, criticou a tendência humana de cristalizar e classificar o conhecimento.

Whittaker (1951), assumindo a perspectiva de Gleason, complementou citando que os conceitos de associação e clímax climático devem ser vistos como aproximações preliminares dos primeiros ecólogos na tentativa de descrever a realidade da vegetação. "Tratam-se de conceitos projetivos, aristotelianos em orientação, como têm sido muito do pensamento ecológico".

¹ Cabe ressaltar que, embora Gleason tenha tido mais destaque devido à divulgação de suas idéias em língua inglesa, foi Ramenski (1924 *apud* Whittaker 1967) o primeiro a expor as idéias geralmente atribuídas a Gleason, Lenoble, Ellenberg e outros, e que fundamentaram as bases para a análise de gradientes (Whittaker 1967).

Se o exposto por Gleason (1926) estivesse correto, uma das maneiras de testar suas idéias, seria verificar as respostas das espécies a gradientes de fatores e/ou recursos ambientais, uma abordagem proposta inicialmente por Whittaker (1967).

Essa perspectiva introduziu a técnica denominada análise de gradientes. A técnica preocupa-se com o estudo de padrões espaciais da vegetação, buscando a compreensão da estrutura e da variação da vegetação ao longo de gradientes. Possui três níveis principais de abordagem: fatores ambientais, populações e características da comunidade (Whittaker 1967).

A análise de gradientes é feita através de dois tipos de métodos: o primeiro deles busca analisar a variação da vegetação ao longo de um gradiente cujas características são conhecidas e, portanto, a análise é feita mediante leitura direta da influência do gradiente sobre as populações de plantas. Por tal característica, é denominada de *análise direta de gradientes*. A segunda, busca inferir o gradiente através da análise da distribuição das populações vegetais e, por isso, é denominada *análise indireta de gradientes* (Whittaker 1967).

Percebe-se facilmente, portanto, que a essência dos métodos está pautada na resposta das espécies aos gradientes de fatores ambientais e de recursos. Isso permite que se tenha a possibilidade de ordenar as espécies ao longo desse gradiente, de acordo com a similaridade ecológica dessas, e interpretar as variações ambientais e sua influência na distribuição das populações vegetais. A idéia está pautada na possibilidade de ao menos alguns conjuntos de espécies responderem à influência de um fator ambiental ou recurso, ou ainda à interação de ambos. Se houver alguma resposta, então alguns padrões de distribuição das espécies em questão podem ser detectados estatisticamente através da ordenação dos dados ou então através da análise gráfica dos resultados.

Os métodos de ordenação são descritos por Whittaker (1967), porém maiores detalhes podem ser encontrados em outras obras (Gauch Junior 1982; Johnson & Wichem 1988). Técnicas multivariadas, de fato, têm sido muito utilizadas para ordenar os dados de abundância da vegetação, permitindo uma interpretação indireta do gradiente, através das correlações com dados mensuráveis de fatores físicos e recursos.

Os métodos envolvidos na análise de gradientes ofereceram uma nova perspectiva aos ecólogos na busca da compreensão do funcionamento e da dinâmica das comunidades vegetais. Além disso, abriram um novo campo de trabalho que tem sido explorado até hoje. Muitos dos estudos buscam a elaboração de modelos teóricos baseados em regras gerais que permitiriam a tão desejada previsibilidade das propriedades comunitárias. O conceito de gradiente ambiental, enfim, é central para o desenvolvimento da teoria ecológica (Ökland 1992).

Entretanto, a ordenação dos dados busca tão somente gerar hipóteses ou reduzir os dados a um pequeno número de dimensões de fácil interpretação (Austin 1985) e raramente é utilizada como um mecanismo para se testar hipóteses (Gauch Junior 1982).

Porém, Whittaker (1967), valendo-se da análise de gradientes, usou a negativa de uma hipótese (a organicista de Clements) para suportar outra (a reducionista de Gleason) (Shipley & Keddy 1987), mesmo assim, deixando um vazio: nem a teoria do *continuum* (a abordagem dada às comunidades por Whittaker) e nem mesmo as idéias de Gleason (1926) ofereceram base experimental que pudesse evidenciar, em sua plenitude, os processos que levam à organização comunitária. Ambas são completamente desprovidas de uma abordagem mecanicista. Gleason (1926), por exemplo, ao contrário de Whittaker (1967), sequer citou explicitamente o papel da competição (Austin 1985).

De uma ótica simplista, aceitar a existência de gradientes ambientais implica em relacioná-los com variação ambiental, bem como de fatores e de disponibilidade de recursos. Para o caso particular dos vegetais, a variabilidade de um fator físico ao longo de um gradiente pode fazer com que a disponibilidade, ou a forma disponível de um recurso, seja modificada. Modificando-se a forma disponível dos recursos modifica-se também a habilidade da espécie em competir por este, logo, essa habilidade significa que cada espécie terá seu ótimo em posições diferentes ao longo do gradiente. Há que se considerar ainda a possibilidade das espécies simplesmente resistirem melhor ao estresse ambiental. De toda forma, a análise a de gradientes traz informações fundamentais para a compreensão de características comunitárias, como por exemplo, a diversidade.

A herbivoria (como a predação) pode desempenhar importante papel da manutenção da diversidade. Se um competidor eficiente não pode alocar recursos para defesa contra a herbivoria, porque lhe destitui a dominância competitiva, então a herbivoria, através da redução do tamanho da população, pode aumentar as chances de coexistência (Tilman & Pacala 1993).

Estas idéias, ainda parecem não ser claras para os ecólogos, mas são fundamentais para a compreensão das comunidades e, se há um sentido em se compreender a organização da comunidade e de seus processos, este nunca foi tão acentuado como é hoje. Diante de todos os desafios que o homem possui frente à intensa destruição do ambiente natural, nunca a necessidade de predições acuradas foi tão grande (Keddy 1992). A maior parte dos trabalhos, no entanto, aborda a comunidade sob uma perspectiva descritiva (Keddy 1989). Segundo essa abordagem, analisam-se os resultados e não os mecanismos que os geram.

Para que esse objetivo seja alcançado, a definição tradicional de comunidade parece não ser útil, na medida em que se observa que as variações da vegetação estão diretamente

correlacionadas com as mudanças do ambiente e, dependendo da amplitude espacial da pesquisa, nem toda a variação ambiental e, portanto, também a vegetacional, poderá ser engolfada por essa (Austin 1985). Enfim, “comunidades ou associações são uma função da paisagem observada” (Austin & Smith 1989).

Os estudos em gradientes podem ser instrumentos tanto para descrição, quanto para o estudo dos processos que geram padrões (Wisheu & Keddy (1992). O papel da análise da vegetação, enfim, não pode ser apenas explorativa, mas deve, sim, buscar previsões baseadas em teorias que possam ser testadas (Austin 1987). Porém, a busca de padrões e a dedução de mecanismos subjacentes a esses padrões deve ser cautelosa, pois a multiplicidade de fatores (fatores e recursos ambientais) que interferem na geração dos padrões é tão grande, que seria difícil comprovar hipóteses baseadas na observação de padrões que se repetem (Shipley & Keddy 1987; Austin & Austin 1980).

É necessário ainda considerar que, porque as variações estão atreladas às características particulares de cada paisagem, as extrapolações dos resultados obtidos para outras comunidades somente serão acuradas se as regiões possuírem padrões similares de paisagem (Austin & Smith 1989).

Além disso, como a maior parte das avaliações está pautada na observação da variação fisionômica da vegetação, Austin & Gaywood (1994) alertaram para o fato de que a maior parte dos autores aceita a produtividade como um importante gradiente. No entanto, há uma certa circularidade de raciocínio, pois as espécies não respondem de uma mesma forma aos gradientes ambientais. Com isso, corre-se o risco de se perder importantes informações que podem auxiliar na compreensão dos processos envolvidos com a organização das comunidades.

A complexidade da análise não para por aí. Um dos princípios da teoria do *continuum* está pautado na larga escala de sobreposição das curvas de distribuição das espécies. Essas curvas seriam aproximadamente normais e, sua distribuição, absolutamente aleatória ao longo de gradientes ambientais (Austin 1985). As curvas, entretanto, não parecem ser normais, e sim assimétricas (Austin 1987; Austin & Smith 1989; Austin & Gaywood 1994) e também não parecem estar aleatoriamente distribuídas (Gauch Junior & Whittaker 1972).

Se a questão central para o desenvolvimento de teorias a respeito da organização das comunidades está pautada na descoberta dos mecanismos operantes, então um primeiro ponto a ser levantado é o de que ecólogos vegetais usualmente ignoram as diferenças funcionais entre as espécies (árvores e arbustos, p. ex.) e freqüentemente adotam o conceito individualístico de Gleason (Austin 1985).

Mas para sua coexistência, espécies vegetais devem apresentar diferenças possibilitando uma sobreposição mínima de nicho (Bazzaz 1996) e os conceitos de formas de vida de Raunkiaer (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974) e os três eixos que perfazem o triângulo de Grime (1977) as ilustram com muita propriedade. Tilman (1988) considerou que os nutrientes dos solos e a luz formam gradientes naturais complexos que direcionam a especialização dos vegetais.

Denotam esta especialização, as diferentes características dos vegetais quanto às suas histórias de vida, habilidade competitiva ou ainda tolerância a uma grande amplitude de fatores ambientais (Grime 1977; Grubb 1977; Tilman 1988). Se todos os vegetais possuem basicamente as mesmas necessidades em se tratando de recursos (Crawley 1986a; Lehman & Tilman 1997) e, portanto, competem por esses, o que, segundo o princípio da exclusão competitiva, impossibilitaria sua coexistência (Aarsen 1983; Ricklefs 1998), a idéia do princípio gera um paradigma latente para todos os ecólogos, particularmente para os ecólogos vegetais (Aarsen 1983). Para corroborar tal afirmação, deve-se ter em mente que os recursos críticos para os vegetais estão disponíveis não em pacotes, como para os animais, mas sim de um modo contínuo (Crawley 1986a; Bazzaz 1996).

As idéias de Tilman (1988) postulam que mesmo os vegetais podem possuir variações que lhes determinam especialização na captura dos recursos. Os padrões de alocação em raízes, caules e folhas diferem entre os diversos vegetais, tornando-os diferentes em suas habilidades competitivas. Caso se acrescente a variação ambiental espacial e temporal (gradientes, em última análise), pode-se chegar a um grau de complexidade ainda maior, que poderia explicar a coexistência e a diversidade para o caso dos vegetais (Watt 1947; Connell 1975; Tilman & Pacala 1993; Schluter & Ricklefs 1993; Lehman & Tilman 1997).

A variabilidade de estratégias dos vegetais pode ser expressa por características da história de vida particular de cada espécie, ou então pela variação da habilidade competitiva de cada espécie vegetal (Bazzaz 1996).

A competição, para os vegetais, se dá como uma expressão da habilidade de cada espécie em adquirir os recursos necessários à sua sobrevivência, ou então, à sua história de vida. Então, a competição é o resultado de uma interação interespecífica por recursos. Essa característica, teoricamente, exerce então uma forte influência sobre características comunitárias, como a diversidade.

Segundo Tilman & Pacala (1993), a interação entre os recursos disponíveis e os fatores físicos do ambiente pode fazer com que várias espécies possam coexistir às custas da

modificação da habilidade competitiva de cada uma delas. Além disso, a heterogeneidade espacial e temporal também interfere no sentido de um aumento da diversidade local.

Para Watt (1947), parte desta heterogeneidade é providenciada por distúrbios, que proporcionam as condições necessárias ao aparecimento de novas espécies que, na absoluta homogeneidade de uma floresta não perturbada, seriam eliminadas. Trata-se do nicho regenerativo de que Grubb (1977) fala em sua publicação. Connel (1975) endossou essa discussão ao levantar a hipótese do distúrbio intermediário.

Esses comentários elucidam que a diversidade não é um fator dependente da produtividade de um sistema, pelo contrário, Tilman & Pacala (1993) relataram que em ambientes com alto suprimento de recursos, poucas espécies dominam o acesso aos recursos, fazendo com que aumente a probabilidade de extinção das espécies raras. O outro extremo, ou seja, o da baixa produtividade, faz com que a diversidade caia, como consequência do aumento do estresse a que estão sujeitas as espécies sob tais condições (Tilman 1988). Desta feita, além da maior diversidade ser encontrada nos ambientes em estádios intermediários de perturbação (Watt 1947; Connel 1975), também os ambientes moderados em termos de produtividade serão os mais diversos (Tilman 1988), novamente uma concepção relacionada com o conceito de gradientes.

A competição, quando intensa, tem provado ser um fator importante para a redução da diversidade (Tilman 1988; Ricklefs 1998; Begon *et al.* 1996). Porém, a partição de recursos mediante processos de especialização, evitaria a sobreposição de nichos e a consequente exclusão competitiva. Esse princípio implica em dizer que a diversidade é o resultado da multiplicidade de recursos disponíveis no ambiente (Tilman & Pacala 1993). Então, por essa lógica, ambientes mais complexos estruturalmente apresentarão maior diversidade (Giller 1984).

Embora essa assertiva não revele uma visão perfeita da complexidade de mecanismos envolvidos no controle da diversidade, pois eventos históricos e regionais também contribuem para o aumento desta, a diversidade de recursos e fatores seguramente contribui fortemente para que se possa compreender como a diversidade é controlada em uma comunidade.

Enfim, na opinião de Schluter & Ricklefs (1993) a teoria da diversidade local, em sua mais simples manifestação, estabelece que a diversidade é o resultado da competição e predação entre os membros da comunidade. Esse resultado depende das condições físicas do ambiente, da produtividade, dos distúrbios e da complexidade estrutural dos habitats.

A questão elementar parece ser a identificação do papel relativo que as interações biológicas (competição, predação e herbivoria) têm na determinação organizacional da

comunidade em comparação com as limitações impostas pelo ambiente físico (condições abióticas como os solos, tempo e exposição) (Crawley 1986a).

Esta tarefa parece, necessariamente, ter que considerar a análise em gradientes ambientais. No Brasil, as pesquisas que têm por finalidade a análise da vegetação, têm sido feitas através do emprego de métodos fitossociológicos, mas poucos são aqueles que os utilizam para analisar gradientes ambientais. Particularmente, no caso da vegetação da savana, poucas são as investigação feitas através da análise de gradientes, ainda que este represente um tipo de vegetação com evidente variação de formas (Coutinho 1978; Eiten 1994; Ribeiro & Walter 1998), e que seguramente está relacionada com gradientes ambientais. Esta afirmação é endossada por publicações como as de Ribeiro *et al.* (1982a) e Silva *et al.* (1987), no que diz respeito aos gradientes de fertilidade dos solos; de Goodland & Pollard (1973) e Goodland (1979), particularizando o papel do alumínio nos solos; de Kauffman *et al.* (1994), Eiten (1994) e Durigan *et al.* (1994) no que diz respeito ao papel do fogo; de Oliveira Filho *et al.* (1989) quanto ao papel da topografia e flutuação da água em subsuperfície, dentre vários outros aqui não relacionados.

Como este estudo tende a agregar aspectos, tanto do uso da análise de gradientes para a discussão teórica que trata da organização comunitária, quanto do uso destas mesmas técnicas para avaliar a influência de gradientes ambientais sobre vegetação, então é necessário tratar-se nesta introdução também do conhecimento acumulado sobre a vegetação da savana brasileira.

A VEGETAÇÃO DA SAVANA BRASILEIRA

Foi Martius (1858, citado por Veloso *et al.* 1991) um dos primeiros botânicos a propor um sistema de classificação para os biomas do território brasileiro. A Savana², incluída por esse autor na província Oreades, é mais freqüentemente citada na literatura brasileira sob a denominação "Cerrado". A origem do termo diz respeito à presença de árvores e arbustos dispostos em densidade variável os quais "fecham", ou seja, recobrem o campo. Daí o nome "campo cerrado". Ainda que o termo tenha sua origem em uma denominação popular para esta característica, foi e continua sendo o termo mais empregado dentre os pesquisadores.

São válidas três acepções correntes para o termo cerrado. A primeira delas refere-se aquela utilizada para delimitar o bioma, e que, portanto, refere-se ao domínio dos Cerrados (sempre em maiúsculo e no singular). A segunda trata da denominação do "cerrado sentido amplo" (cerrado *sensu lato*), ou o tipo de vegetação determinado por fisionomia e flora peculiar.

O terceiro e último uso, é aquele que se refere ao “cerrado sentido estrito” (cerrado *sensu stricto*), forma fisionômica do “cerrado sentido amplo”, caracterizado por fisionomia, estrutura e flora particulares (Ribeiro & Walter 1998). Para Veloso *et al.* (1991), o termo savana tem significado equivalente ao cerrado sentido amplo, no qual a expressão fisionômica da vegetação se dá pela presença de xeromórfitos, nano e microfanerófitos, caméfitos, geófitos e hemicriptófitos. Modo geral, trata-se de uma formação dotada de um estrato graminoso contínuo, variável quanto à composição florística e à fisionomia (Cole 1986).

É marcante a variação fisionômica providenciada pela amplitude estrutural de formas que a savana apresenta. Esta pode ser vista como um *continuum* estrutural que vai de formas abertas e quase sem cobertura arbórea/arbustiva, como o campo limpo e o campo sujo, até formas em que há maior densidade e porte de árvores e arbustos, tais como o campo cerrado, o cerrado *sensu stricto* e o cerradão. A observação deste *continuum* descrito acima, levou Coutinho (1978) a interpretar a savana como um conjunto de biócoros, ou “zonas de vida”, compondo um conjunto “floresta-ecótono-campo” (do cerradão ao campo limpo), ou “complexo de formações oreádicas”, que aborda o conceito de cerrado sem as limitações dos conceitos fisionômicos ou dos conceitos florísticos. Alguns autores, entretanto, preferiram quantificar esta variação estabelecendo os limites estruturais para cada um dos biócoros de Coutinho (1978) (Tabela 1). Estes incluem Eiten (1983, 1994); Goodland & Pollard (1973), Ribeiro & Walter (1998), dentre muitos outros.

Ao lado dessa vegetação xeromórfica típica dos interflúvios, Eiten (1994) citou a associação de outros tipos de vegetação em situações específicas. Dentre essas, as florestas mesofíticas nos terrenos mais férteis, os campos rupestres em altitudes entre 1.000 e 1.800 m e os campos litossólicos sobre solos muito rasos. Além desses, associados aos cursos d’água, as florestas de galeria e as florestas de encosta ao longo de vales, os buritizais e as veredas, bem como os campos úmidos sobre solos hidromórficos e as áreas permanentes de brejo.

² A denominação savana empregada neste texto segue a proposta de Veloso *et al.* (1991).

Tabela 1 - Comparação entre as descrições dadas às formas fisionômicas de savana por Goodland & Pollard (1973), Eiten (1983, 1994) e as formas correspondentes da classificação de Veloso *et al.* (1991).

TIPO FISIONÔMICO	Goodland & Pollard (1973)	Coutinho (1978)	Eiten (1983, 1994)	Veloso <i>et al.</i> (1991) ³
Campo limpo	—	Biócoro de campo, formação campestre; dominância de gramíneas	Ausência de elementos lenhosos; estrato herbáceo dominado por gramíneas. Campo limpo de cerrado.	Savana gramineo-lenhosa. Gramados entremeados por plantas lenhosas raquíticas, que ocupam extensas áreas dominadas por hemiptófitos.
Campo sujo	Altura média das árvores mais altas em torno de 3 m; densidade menor que 1.000 árvores/ha; área basal de aproximadamente 3 m ² /ha	Biócoros de savana, formações savânicas ecotonais; gramíneas presentes no estrato herbáceo; elementos lenhosos presentes (inclusive pertencentes à espécies oriundas de florestas), cuja densidade varia de pequena, no campo sujo, até grande, no cerrado <i>sensu stricto</i> ; o aumento da densidade dos elementos arbóreos cria condições microclimáticas antagonônicas às espécies típicas do campo, e vice-versa.	Escrebe aberto, onde a cobertura arbórea/arbustiva é de até 1%, porém maior que zero. Forma savânica mais aberta e com árvores esparsas	Não há definição explícita do autor, porém, poder-se-ia enquadrar essa categoria no grupo da savana gramineo-lenhosa.
Campo cerrado	Altura média das árvores em torno de 4 m; densidade de aproximadamente 1.400 árvores/ha; área basal de aproximadamente 7,6 m ² /ha		Cobertura arbórea/arbustiva de até 10%. Forma savânica mais fechada que o campo sujo.	Savana arborizada. Fisionomia nanofanerofítica rala e hemiptófitica graminíde contínua, sujeita ao fogo anual.
Cerrado <i>sensu stricto</i>	Altura média das árvores em torno de 6 m; densidade de aproximadamente 2.000 árvores/ha; área basal de 16,8 m ² /ha		Conjunto arbóreo/arbustivo aberto, que proporciona cobertura de 10-60%. Quase todas as árvores são mais baixas que 12 m de altura e quando árvores de mais de 7 m estão presentes, estas oferecem cobertura abaixo de 30%.	Não há definição explícita do autor, porém, poder-se-ia enquadrar essa categoria no grupo da savana arborizada.
Cerradão	Cobertura arbórea de aprox. 50%; altura média das árvores em torno de 9 m; densidade de aproximadamente 3.000 árvores/ha; área basal de 30 m ² /ha	Biócoro de floresta, formação florestal; dominância de elementos arbóreos.	Dossel fechado, onde as árvores com mais de 7 m de altura somam uma cobertura de 30-60%. Altura média varia de 7-15 m com indivíduos chegando a 20 m.	Savana florestada. Sinúlias lenhosas de micro e nanofanerófitos tortuosos com ramificação irregular, providos de macrofanerófitos esclerófitos perenes ou semi-decíduos.

³ Aqui não foi considerada a definição de "savana-parque" utilizada pelo autor em sua obra.

Diante desta diversidade fitofisionômica, há muito a savana chamou a atenção de pesquisadores que viam neste tipo de vegetação um exemplo clássico de adaptação vegetal às condições ambientais extremas. Dentre os primeiros trabalhos publicados com savanas do Brasil, vale destacar o de Warming (1908), onde se encontra uma pormenorizada descrição da vegetação e sua flora, associando-se a sua ocorrência com áreas de clima tipicamente sazonal, fato este, posteriormente reafirmado por vários outros autores (Cole 1986; Golley & Medina 1975).

As adaptações dos vegetais aos efeitos das secas sazonais foram identificadas através de diversas abordagens. Os sistemas radical/caulinares subterrâneos das espécies da savana foram investigados por Rawitscher & Rachid (1946), os quais relacionaram esses órgãos à proteção contra a seca sazonal e aos efeitos das queimadas neste período.

Como a movimentação vertical da água ao longo do perfil do solo se processa lentamente, atingindo grandes profundidades no solo (Schubart 1959), o acesso a esta seria possível por estes sistemas subterrâneos.

Essas conclusões puderam sustentar as descobertas de Ferri & Laboriau (1952), Ferri (1953) e Coutinho & Ferri (1960) que, apoiados na observação da ineficácia da resposta dos estômatos ao corte do suprimento hídrico, manifestaram a opinião de que a vegetação da savana possui um suprimento de água adequado durante todo o ano, mesmo durante períodos de seca severa. Desta forma, não poderia ser considerada verdadeiramente xérica, apesar de sua evidente xeromorfia (Ferri 1963).

A origem do xeromorfismo, entretanto, permanecia obscura, até que Arens (1958a; 1958b; 1963) expôs sua hipótese de origem oligotrófica do xeromorfismo. A teoria de Arens relaciona a origem da escleromorfia das plantas da savana com as deficiências nutricionais dos indivíduos, e não ao déficit hídrico sazonal.

Para melhor compreender tal concepção, é necessário o conhecimento acerca da natureza dos solos existentes nas áreas onde se estabelece a vegetação da savana. Alvim & Araújo (1952), que publicaram um dos primeiros trabalhos relatando a influência do fator pedológico na diversidade fisionômica dos campos cerrados, descreveram os solos sobre o qual se assenta a vegetação da savana como oligotróficos, com baixo conteúdo de cálcio e, em menor escala, de magnésio. De fato, os solos característicos das áreas savânicas são distróficos e com alta concentração de alumínio e ferro, além de serem bem drenados, ferruginosos e ferralíticos, com avançado grau de intemperismo (Ranzani 1963; 1971; Cole 1986).

Alguns autores chegaram a associar a diferenciação fisionômica da savana com gradientes de fertilidade (Ribeiro *et al.* 1982a; Silva *et al.* 1987), e Goodland & Pollard (1973) e Goodland (1979) particularizaram essas questões informando que os gradientes de fertilidade poderiam ser uma consequência da presença de alumínio no solo.

Alguns dos efeitos tóxicos do alumínio (e também do manganês) sobre os vegetais foram descritos por Malavolta *et al.* (1977), porém, Haridasan *et al.* (1986) observaram que espécies savânicas de Melastomataceae, Rubiaceae e Vochysiaceae, acumuladoras de alumínio, apresentavam quantidades muito pequenas desse elemento nos tecidos foliares. Haridasan *et al.* (1987) concluíram que os altos níveis de alumínio em plantas acumuladoras, como as analisadas em seus estudos (*Vochysia thyrsoidea*, *Qualea multiflora* e *Palicourea rigida*), não interferem na absorção e no transporte interno desse elemento. Não se verificou também relação entre a maior disponibilidade de nutrientes (K^+ , Mg^{++} e Ca^{++}) e a menor absorção de alumínio.

A partir do momento em que a quantidade de informações acumuladas revelaram a importância dos fatores pedológicos na determinação da estrutura, fisionomia e flora da savana, o clima foi relegado a um segundo plano.

Ainda que a savana encontre-se distribuída em áreas de clima sazonal, a sua vegetação típica estende-se à regiões onde o padrão climático é diferente. Isso foi usado por alguns pesquisadores como argumento favorável à origem pedológica da savana, haja visto que não haveria uniformidade climática, mas, sim, pedológica em toda a região ocupada por vegetação savânica (Reis 1971).

Outros autores, como Tricart (1972) e Sarmiento (1984), preferiram argumentos pautados no conceito de intrazonalidade. Assim, a savana poderia ocorrer em discordância com o clima em áreas onde o tipo pedológico não permitisse a invasão de formações florestais.

A presença de savana na forma de ilhas na Amazônia, em meio às caatingas do Nordeste brasileiro e também no Paraná, poderia ser vista sob tal ótica, pois, embora o clima não corresponda ao padrão esperado, alguns fatores ambientais seguramente permitiriam a permanência da savana em detrimento de outros tipos vegetacionais.

Há evidências diversas que levam a crer que a distribuição periférica da savana na forma de encraves em meio à floresta no Paraná (Leite 1994) esteja associada a flutuações climáticas pretéritas, permanecendo a savana no norte do Paraná como relictos de um clima passado mais seco (Maack 1968). Essa hipótese foi corroborada pelos estudos paleopalinológicos executados por Absy & Van der Hammen (1976) e Behling (1995), que destacaram a retração atual das áreas de savana.

Há que se considerar que a frequência de distúrbios, como as queimadas, ou de fenômenos climáticos, como as geadas, são componentes importantes na análise da ecologia da savana, pois impõem restrições para a permanência de elementos da flora, ou mesmo, provocam modificações profundas na sua estrutura.

Trabalhos como o de Rawitscher & Rachid (1946), já evidenciavam que os órgãos subterrâneos, além de providenciarem acesso à água em subsuperfície, relacionavam-se com a proteção contra os efeitos das queimadas. De fato, apesar de as temperaturas acima do solo variarem entre 85 a 840° C, no solo, a elevação da temperatura a profundidades acima de 5 cm podem ser consideradas negligenciáveis. Além disso, a transmissão de calor para a subsuperfície dá-se de maneira muito lenta (Miranda *et al.* 1993). Com isto, pode-se concluir que os efeitos das queimadas se fazem sentir especialmente nas porções aéreas da planta, mas não nas suas porções subterrâneas.

O súber espesso é frequentemente citado como uma forma eficaz de proteção contra os efeitos lesivos do fogo nos órgãos vegetais (Cole 1986). Essas estruturas, que na verdade somadas às folhas esclerófilas e à tortuosidade dos troncos, emprestam o caráter xeromórfico típico e exclusivo, no Brasil, da vegetação da savana, foram, para Eiten (1963), originadas da pobreza dos solos e selecionadas em favor de uma proteção efetiva contra o fogo.

A passagem do fogo é capaz de reduzir a densidade da vegetação, contudo, anos sem fogo são suficientes para restaurar a vegetação até os limites de suporte do solo em detrimento da própria biomassa graminosa. Uma alteração de tal gênero é, portanto, suficiente para modificar a estrutura da vegetação (Eiten 1992).

Os efeitos do fogo, todavia, são capazes de favorecer a germinação de muitas espécies da savana (Heringer 1971). *Anemopaegma arvensis*, *Gomphrena macrocephala*, *Jacaranda decurrens* e *Nautonia nummularia* têm a dispersão de suas sementes facilitada pela passagem do fogo, aumentando, assim, as chances de germinação (Coutinho 1977).

Além disso, Coutinho (1980) afirmou que as queimadas provocam a exportação de nutrientes minerais e aceleram o processo de mineralização da matéria orgânica, provocando conseqüente aumento da produtividade primária. A própria tortuosidade característica dos indivíduos arbóreos, é atribuída, pelo autor, à morte dos meristemas apicais provocado pelo fogo, seguida de rebrota lateral.

Em alguns casos, o fogo é capaz de induzir os processos fisiológicos que estimulam o desencadeamento da floração como em *Lantana montevidensis* (Haddad & Valio 1993), ou restringir a ocupação por indivíduos de fases juvenis, mas não de indivíduos adultos, como ocorre com *Andropogon semiberbis* (Silva & Castro 1989).

Há concordância de que o fogo pode afetar a estrutura da vegetação e, portanto, cumprir um importante papel na determinação da variação fisionômica da savana (Eiten 1994). Isto se faz sentir, particularmente, nas formas mais abertas de vegetação savânica que, em virtude da presença de grande quantidade de massa combustível no estrato graminóide, devem sofrer com maior severidade os efeitos do fogo (Kauffman *et al.* 1994). Onde o fogo é mais intenso, várias espécies teriam dificuldade em se estabelecer (Eiten 1994; Durigan *et al.* 1994) e somente as espécies capazes de resistir ao estresse provocado pelo fogo (resistência denotada por uma série de estratégias ecológicas diferenciadas) poderiam se estabelecer.

Se verdadeiro este raciocínio, então a hipótese de Bilbao *et al.* (1996) pode ser validada. Esta traduz o raciocínio de que se a intensidade do fogo é maior e mais danosa ao estrato arbóreo/arbustivo em proporção direta à homogeneidade do estrato herbáceo que o circunda e, se esse estrato é assim mantido pelo pequeno grau de cobertura arbórea, então o fogo intenso auxilia na manutenção de áreas desprovidas de cobertura arbórea densa e cuida da manutenção de um estrato herbáceo homogêneo com excelentes propriedades pirogênicas.

Alguns autores deram grande importância ao fogo, alegando que a savana do estado de São Paulo e do Paraná não seria uma formação original, mas ter-se-ia instalado a partir da interferência antrópica, inclusive através do uso do fogo (Rawitscher & Rachid 1946; Ferri 1960).

Para Walter (1979), a idéia de origem pirogênica da savana é refutável, porém, o autor concordou que há um importante papel desempenhado pelo fogo na evolução da formação vegetal, no sentido de que somente as espécies resistentes poderiam sobreviver.

Conforme a opinião de Alvim (1996), "... o fator ambiental mais diretamente relacionado com a formação desses ecossistemas é, indubitavelmente, a carência de água para o crescimento das plantas durante determinado período do ano. Tal carência tanto pode ser uma consequência direta do regime pluviométrico da região ... ou indiretamente, uma resultante de limitação físicas ou mesmo químicas do solo que prejudicam o crescimento das raízes, conseqüentemente, reduzindo a capacidade de absorção de água das plantas". As queimadas, na opinião do autor, são responsáveis pela modificação das características fisionômicas da savana, mas nada têm a ver com os processos que lhe deram origem.

A despeito das opiniões individuais ou coletivas dos autores, e das diversas formas de abordagem dadas por esses ao problema da origem e da variabilidade fisionômica da savana, os estudos já realizados, raras vezes abordaram a vegetação da savana como consequência de aspectos fisiográficos e geológicos. Em geral, ocuparam-se em explorar o fator pedológico e o climático; esse último, muitas vezes através de uma descrição superficial.

Alguns trabalhos, contudo, destacaram o papel que a geomorfologia exerce sobre os padrões de movimentação hídrica em subsuperfície. Askew *et al.* (1971), por exemplo, configuraram um quadro onde o grau de hidromorfia e a fertilidade dos solos determinariam o estabelecimento da vegetação florestal (de galeria, seca ou estacional), campo e savana. Para Oliveira Filho *et al.* (1989), a distribuição da savana nos sítios mais elevados seria o reflexo de seu requisito por solos bem drenados. Estes consideraram racional que a variação de tipos fisionômicos estivessem relacionados ao espaço existente entre o nível máximo atingido pelo lençol freático e a camada do solo restante que permanece bem drenada. A profundidade desse espaço de enraizamento dependeria da posição topográfica assumida pela unidade de vegetação e influenciaria a distribuição das unidades fisionômicas no local estudado. De fato, segundo os dados de Thompson *et al.* (1992), a idéia de que a profundidade do lençol freático influencia a forma de vegetação sobrejacente parece ser correta.

A genérica associação da savana arbórea ou graminosa com superfície de aplainamento e da floresta com terrenos declivosos ou dissecados, sugere que a distribuição poderia ser influenciada por condições pedológicas e pelo comportamento do lençol freático. Como o modelado do relevo resulta da dinâmica das paisagens, estes padrões de distribuição estão atrelados a processos de ordem geomorfogenética (Cole 1986).

Ab'Saber (1963) definiu os capões florestais que se inserem no domínio dos cerrados, como “pequenos quadros morfo-climáticos, geopedológicos e hidrológicos, suficientemente capazes de comportar condições ecológicas para a implantação de *ilhas* florestais de invasão muito recente dentro dos quadros do Quaternário”, demonstrando sua opinião a respeito do envolvimento de um processo dinâmico de mudanças da vegetação conseqüente à evolução geomorfológica.

Diante da discussão apresentada, o que surge como conclusão imediata é que a savana, ou o cerrado *sensu lato*, é um tipo de vegetação que se caracteriza por sua distribuição em zonas climáticas de caráter essencialmente tropical, nas quais os solos, empobrecidos e muito profundos, variam, exercendo, assim, influência na geração das formas fisionômicas da vegetação savânica. Os efeitos do fogo e das geadas, quando estes fenômenos apresentam-se com elevada freqüência, impõem também condições por demais severas, restringindo o desenvolvimento estrutural da vegetação e, portanto, alterando sua fisionomia.

Diante de toda a discussão, resta a evidência de que a diversidade de formas verificada na savana e seus fatores causais, ainda será tema para longos debates, prometendo sustentar pesquisas sob diversas perspectivas metodológicas. Talvez isto se deva ao fato de esta variação ser muito evidente (o que não ocorre com florestas em estudos de mesma escala,

por exemplo), tornando tentador buscar razões lógicas nesta variação. Trata-se, no entanto, de uma árdua tarefa, pois aparentemente, a despeito de ser longa a história das pesquisas na savana brasileira, ainda não se chegou a cristalização de uma teoria a respeito dos fatores que originam tal modificação. Isto é evidente diante da observação de uma histórica mudança de opiniões nos extensos debates acadêmicos concernentes à origem da formação vegetacional, bem como à origem de sua variação fisionômica. Isto pode ser consequência de inúmeros fatores, dentre os quais: (1) falhas na abordagem metodológica, como por exemplo, o crônico problema de pesquisadores que observam as modificações estruturais sem considerar que estas são consequência da somatória das respostas individuais de cada espécie; (2) os fatores que determinam a variação fisionômica da savana são muitos e não há como considerá-los isoladamente, ou então, dar maior peso para um ou poucos, dentre todos que exercem algum tipo de influência; (3) para cada área de savana, os fatores que exercem controle sobre a variação fisionômica são específicos e diferentes, dadas as particularidades de cada área.

Ainda que não seja possível averiguar todas estas questões de uma vez só, devido a restrições metodológicas diversas, levantar dados da vegetação savânica ao longo de gradientes ambientais constitui-se em uma abordagem rica. Apesar de serem difíceis as interpretações, observar a vegetação sob tal ótica, possibilita a discussão norteadada pela influência de gradientes ambientais conhecidos (cuja gênese pode ser interpretada, caso seja feita a análise direta de gradientes), gera hipóteses necessárias para a compreensão dos mecanismos de controle da estrutura comunitária e, desprezando o reconhecimento da vegetação como um conjunto de unidades discreta, muda a perspectiva de interpretação dos resultados para uma ótica de mudanças contínuas influenciada por gradientes de recursos, fatores e interações bióticas.

O presente estudo não tem por objetivo esmiuçar os fatores que interferem na organização da estrutura comunitária, pois a base metodológica não permite que tal objetivo seja alcançado, mas possibilita que algumas hipóteses sejam lançadas.

No entanto, o estudo aqui apresentado teve um questionamento primário: as feições geomórficas verificadas em duas encostas interferem na disponibilidade de recursos de tal sorte que a estrutura da vegetação é alterada? Perguntas subseqüentes podem ser geradas: Seria a fertilidade dos solos ou a disponibilidade hídrica que mais fortemente afetaria a diferenciação das unidades fisionômicas vegetais? Também a distribuição das populações poderia ser afetada? Existem padrões florísticos determinados a partir de condicionantes ambientais similares? Enfim, na sua essência o método têm por objetivos principais:

- Verificar e comprovar a modificação estrutural da vegetação arbórea ao longo de duas toposseqüências com feições geomórficas diferentes;
- Analisar as diferenças químicas e granulométricas dos solos ao longo das duas toposseqüências;
- Associar as características geomórficas com a variação de características pedológicas
- Associar as variações pedológicas com os padrões vegetacionais;
- Averiguar os padrões de distribuição das populações vegetais ao longo das mesmas toposseqüências;
- Associar os padrões de distribuição das populações vegetais com as diferenças geomórficas e pedológicas;
- Comparar os métodos da análise indireta de gradientes com aqueles obtidos a partir da análise direta de gradientes e analisar criticamente seus resultados;
- Levantar hipóteses que possam futuramente ser investigadas a fim de melhor contribuir para a compreensão da organização da estrutura em comunidades vegetais savânicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Caracterização geral do Parque Estadual do Cerrado

O Parque Estadual do Cerrado constitui uma das últimas reservas da vegetação savânica no estado do Paraná e pode ser considerado um marco do limite de distribuição desse Bioma no Sul do Brasil. Situado sobre uma chapada arenítica a cerca de 7 Km a nordeste do núcleo urbano do município de Jaguariaíva (coordenadas geográficas aproximadas 24° 07' – 24° 10' S; 49° 37' – 49° 38' WG - Figura 1), com uma superfície de 426,62 ha (Uhlmann *et al.* 1997; 1998), o Parque foi criado pelo Governo do Estado do Paraná através do Decreto nº 1232 de 27 de março de 1992.

O relevo é pouco movimentado e, em sua maior parte, classificado como ondulado e suave ondulado, chegando a escarpado somente no cânion do rio Jaguariaíva, seu limite leste. A altitude na área do Parque varia de 900 a 800 m, chegando à cota 750 m s.n.m. no nível do rio Jaguariaíva. Os solos são de baixa fertilidade natural, sendo, na maior parte do Parque, representados por Latossolos profundos e bem drenados (Uhlmann *et al.* 1997).

Clima

O clima da região de Jaguariaíva pode ser classificado, de acordo com o proposto por Köppen, como Cfb (Maack 1968). Segundo essa classificação, a região insere-se em uma zona sempre úmida, de clima quente temperado, cujo mês mais quente registra temperaturas médias abaixo de 22° C e nos demais onze meses a temperatura média situa-se acima de 10° C. Segundo Maack (1968), os registros climáticos apontam para uma média de 5 dias/ano em que se verifica a ocorrência de geadas.

Por sua posição ao norte no estado, a região situa-se próxima ao limite estabelecido por Maack (1968) entre os tipos climáticos Cfa e Cfb e o clima de transição tratado por Nimer

(1989) como o corredor subseco do nordeste ao oeste do Paraná, o qual possui características intermediárias entre tipos climáticos mesotérmicos temperados do Sul do país e o clima tropical quente a subquente que domina a maior parte do Brasil.

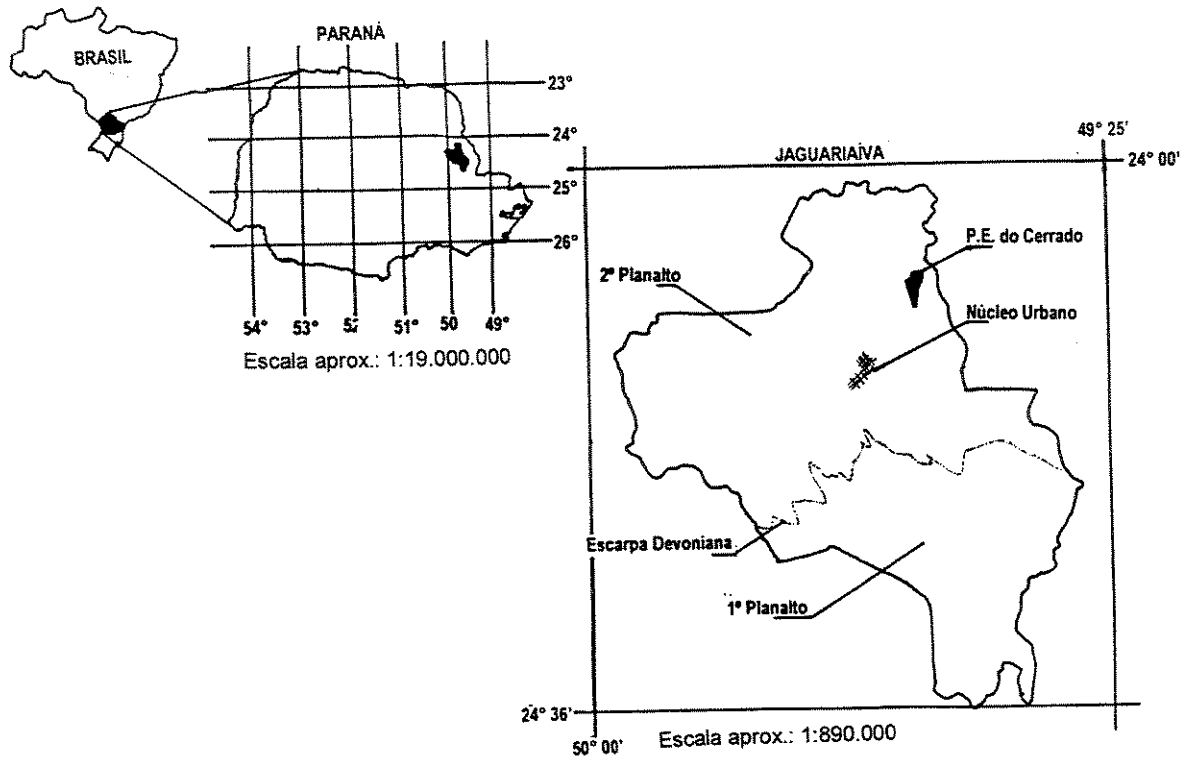


Figura 1 – Localização geográfica do estado do Paraná, do município de Jaguariá e do Parque Estadual do Cerrado.

Jaguariá situa-se em uma região transicional entre tipos bioclimáticos. A região 2, onde insere-se boa parte da região de distribuição da savana no Paraná, é caracterizada por temperaturas médias anuais entre 17,5 a 21° C e precipitações médias anuais entre 1.200 e 2.000 mm (EMBRAPA 1986).

O clima tropical do tipo Aw, verificado na maior parte da área de distribuição da savana tropical não é registrado no Paraná, porém Maack (1968) relatou que a zona Cwa, seca no inverno, infiltra-se periodicamente muito para o sul do rio Paranapanema, ocasionando extremos climáticos “desde que a floresta cedeu espaço às plantações de café.”

Segundo dados publicados por Nimer (1989), a temperatura média anual de Jaguariá é de 17,6 °C, concordando com os dados de Maack (1968), o qual situou a região entre as isotermas anuais de 17 e 18 °C. Os dados climáticos contidos na Tabela 2 foram extraídos da obra do último autor e destacam a variação da temperatura ao longo do ano. Os

dados do Sistema de Informações Meteorológicas do Paraná (Simepar) apontam uma temperatura média anual de 17,8 °C, concordando com aqueles de Maack (1968).

Os dados obtidos para Jaguariaíva através da PISA Florestal S.A. em duas estações meteorológicas revelaram médias anuais de temperatura maiores para os anos entre 1992 e 1994, situando-as entre 19,8 a 20,6 °C. Durante esse período de observações, o inverno de 1994 foi o período em que se registrou a menor mínima absoluta (-2 °C) e o mês de janeiro de 1993 registrou a mais elevada máxima absoluta. Vale ressaltar, ainda, que entre julho e setembro de 1994, os níveis pluviométricos estiveram sempre abaixo de 60 mm e que esse fenômeno esteve acompanhado do registro de baixas temperaturas.

Em Jaguariaíva predominam ventos dos quadrantes sulinos (38,1%) enquanto os ventos portadores de chuvas dos quadrantes setentrionais atingem apenas 29,2%. Em 43 anos de observações, há uma média anual de 129 dias chuvosos e de 236 secos (Maack 1968).

Tabela 2 - Temperaturas médias, máximas e mínimas (° C) em Jaguariaíva/PR.

Meses	Média		Média das Máximas		Médias das Mínimas		Máxima Absoluta	Mínima Absoluta	S/ registro
	1	2	1	2	1	2	2	2	2
Fonte	1	2	1	2	1	2	2	2	2
Jan	21,3	20,9	27,1	27,0	16,9	16,4	34,4	11,0	*1
Fev	21,1	21,7	26,7	28,0	16,3	16,9	37,0	11,8	*1
Mar	20,1	20,6	26,1	27,1	12,9	16,1	32,4	6,4	*1
Abr	17,5	17,8	23,7	24,6	10,3	13,0	29,3	4,2	*2
Mai	14,1	15,2	22,0	22,5	8,9	10,2	27,1	-1,6	*1
Jun	13,7	13,1	20,8	20,5	7,8	8,3	27,1	-2,2	*1
Jul	13,4	13,4	20,8	21,0	9,3	8,4	27,3	-5,2	*1
Ago	15,3	15,1	22,6	23,1	11,2	9,5	30,2	0,0	*1
Set	16,7	15,9	23,5	22,8	13,1	10,5	32,2	2,8	*3
Out	18,1	18,4	24,2	25,3	14,2	12,9	32,0	3,2	*2
Nov	19,7	19,3	25,0	26,0	15,6	13,9	32,0	5,4	*2
Dez	20,8	20,5	26,6	26,6	16,9	15,8	33,0	6,8	*2
Média	17,7	17,8	24,1	24,7	12,8	12,8	-	-	-

Fontes:

- 1 Maack (1968) - Período de 1918-44 (médias e média das máximas) e período de 1946-61 (média das mínimas).
- 2 SIMEPAR (Sistema de Informações Meteorológicas do Paraná) - Período de 1961-81 (ausente registro no período de: *1 = 1963-72; *2 = 1962-72; *3 = 1961-72)

Quanto aos índices pluviométricos, Maack (1968) citou dados referentes a 43 anos de observações, de 1918 a 1944 e de 1946 a 1961, bem como o número de geadas noturnas anuais (Tabela 3).

Depreende-se, a partir das informações da Tabela 3, que a frequência anual de geadas noturnas é significativo, logo, esse deve ser considerado como um dado importante na

análise dos fatores ecológicos atuantes na determinação da vegetação. Segundo IAPAR (1994), o número médio de horas de frio (temperatura abaixo de 7° C) entre os meses de maio a agosto para o município de Jaguariaíva, gira na casa de 140 a 200 horas. Porém, nos pontos mais elevados, essa média se situa entre 200 e 270 horas.

A média das precipitações mensais, por sua vez, revela uma distribuição razoavelmente equilibrada das chuvas, porém, cerca de 65% do total médio de precipitações anuais concentra-se entre outubro a março. Os números obtidos junto ao SIMEPAR e apresentados na Tabela 3, concordam com essa observação.

Tabela 3 - Média pluviométrica mensal e anual (em mm) e freqüência esperada de geadas noturnas ao longo do ano (dias) para a região de Jaguariaíva/PR.

Meses	Freqüência de geadas	Precipitação média		Precipitação máxima (ano)	S/ registro
Fonte	1	1	2	2	2
Jan	0	225,4	171,6	300,0 (1980)	*1
Fev	0	159,0	162,2	273,5 (1980)	*1
Mar	0	117,2	135,3	182,1 (1978)	*1
Abr	0	79,3	85,5	208,1 (1961)	*2
Mai	1,8	80,0	68,2	222,1 (1979)	*1
Jun	3,1	88,1	88,6	187,1 (1974)	*1
Jul	2,4	61,3	75,6	154,3 (1978)	*1
Ago	2,1	69,6	73,3	-	*1
Set	0,9	106,8	102,0	192,0 (1979)	*3
Out	0	129,6	142,0	230,0 (1975)	*2
Nov	0	127,8	138,4	220,6 (1975)	*2
Dez	0	139,1	202,0	303,6 (1975)	*2
Precipitações no semestre de verão		898,1	947,6		
Precipitações no semestre de inverno		485,1	493,2		
Total anual		1383,2	1440,8		

Fontes:

- 1 Maack (1968) - Período de 1918-44 e 1946-61.
- 2 SIMEPAR (Sistema de Informações Meteorológicas do Paraná) - Período de 1961-81 (ausente registro no período de: *1 = 1963-72; *2 = 1962-72; *3 = 1961-72)

A Tabela 4 complementa os dados apresentados até aqui, acrescentando informações que tratam da umidade relativa do ar e da evaporação obtidos junto ao SIMEPAR.

Os registros obtidos através da PISA Florestal S.A., para o ano de 1994, indicam quedas acentuadas nos níveis de precipitação nos meses de inverno. No trimestre de julho a setembro registrou-se tão somente 81 mm de chuva, não havendo inclusive registro de precipitações durante o mês de agosto desse mesmo ano. Durante esse ano, quando verificaram-se temperaturas extremamente baixas e seca excepcional durante os meses de inverno; o total de precipitações manteve-se próximo à média anual de 1.383 mm registrada

por Maack (1968). Em contraposição, o ano de 1992 demonstrou ser bem regado por chuvas, atingindo 1.843 mm, sendo que 44 % desse total foi registrado para o semestre de inverno. Isso indica que há, em determinados anos, picos extraordinários que extrapolam as observações normais ou médias da região.

Tabela 4 - Umidade relativa do ar média, máxima e mínima (%) e evaporação média, máxima e mínima (mm) em Jaguariaíva/PR (período de 1961 a 1981)

Meses	Umidade			Evaporação			S/ Registro
	média	Máx.	mín.	média	máx.	mín.	
Jan	83	91	75	70,1	102,0	41,6	1963-72
Fev	83	92	75	70,5	91,3	54,2	1963-72
Mar	85	91	80	70,3	93,5	37,1	1963-72
Abr	84	91	75	69,9	89,1	50,9	1962-72
Mai	84	92	74	65,9	81,7	53,9	1963-72
Jun	86	90	77	55,7	69,5	37,8	1963-72
Jul	83	89	75	63,7	77,5	54,3	1963-72
Ago	80	90	70	86,5	109,6	59,7	1963-72
Set	83	91	70	80,9	113,9	56,7	1961-72
Out	80	90	70	92,5	113,7	77,1	1962-72
Nov	80	90	70	86,4	133,5	65,7	1962-72
Dez	84	89	77	73,4	88,3	52,7	1962-72
Média/Total	82	87	76	885,8	-	-	-

Fonte: SIMEPAR

Tais verificações permitem resumir um quadro climático da região. O verão representa um período quente, com chuvas abundantes, porém, as temperaturas médias não apontam valores próximos àqueles verificados nos domínios do clima transicional do norte paranaense. O inverno, caracteristicamente dominado por baixas temperaturas, registra picos mínimos abaixo de 0 °C e freqüentes geadas noturnas. Há em determinados anos, durante essa estação, propensão à seca; no entanto, quando considerados os dados históricos, essa tendência revela-se pouco expressiva. Somente em determinadas situações essa se faz sentir de maneira mais contundente.

Geologia

Regiões fisiográficas do estado do Paraná

Segundo Maack (1968) e Bigarella *et al.* (1994), o estado do Paraná pode ser definido como uma seqüência de 5 regiões fisiográficas (Figura 2), de leste para oeste, cujas feições estão conectadas com suas origens geológicas:

- Planície litorânea;

- Serra do Mar;
- Primeiro planalto ou planalto de Curitiba;
- Segundo planalto ou planalto de Ponta Grossa;
- Terceiro planalto ou de planalto de Guarapuava.

Na planície litorânea predominam sedimentos de origem marinha e continental de deposição recente. Possui curta extensão, de cerca de 10 a 20 km, e é constituída por formações arenosas de restinga, paludais recentes (caxetais, cada vez mais raros pela exploração da madeira da caxeta – *Tabebuia cassinoides* – ou simples drenagem para ocupação imobiliária), manguezais ou aluviões nas proximidades da Serra do Mar. Sua altitude vai de 0 a 10 m s.n.m. (Bigarella *et al.* 1994; Roderjan & Kuniyoshi 1988).

A Serra do Mar constitui-se ora por escarpas, ora por serras verdadeiras formadas por batólitos graníticos cortados por intrusões magmáticas mais recentes, principalmente constituídas por diabásio, cujo processo de decomposição mais acelerado do que aquele verificado nos corpos graníticos, promove a formação de profundos vales. O antigo capeamento gnáissico dos batólitos foi removido por erosão, expondo os proeminentes batólitos das serras do Marumbi e dos órgãos (pico Paraná – 1.962 m s.n.m.). Trata-se de uma região de petrologia complexa e falhada por excelência (Maack 1968; Bigarella *et al.* 1994)

O primeiro planalto caracteriza-se por ser uma zona de eversão do complexo cristalino, de petrologia variada. Têm-se uma “peneplanície” de “meias laranjas” e colinas alongadas, suavemente onduladas, rebaixadas de seu nível pretérito. A Série Açungui, ao norte, caracteriza-se por serras interiores devido à resistência mecânica de seus componentes, como os quartzitos, as quais estão orientadas segundo a direção dos dobramentos. O rio Ribeira, em erosão regressiva retalha o norte desse planalto, transformando-o em uma região montanhosa (serra de Paranapiacaba). Ao sul, as nascentes do rio Iguaçu concorrem para o rebaixamento desse planalto e, a exemplo do que acontece com o rio Iapó, em sua região central, apresenta vastas áreas de depósitos (várzeas) em virtude do soerguimento da escarpa devoniana do segundo planalto (Bigarella *et al.* 1994).

O segundo planalto inicia-se por uma linha de escarpa ou “cuesta”, conhecida como escarpa devoniana. A formação dessa escarpa, em forma de meseta, deu-se pela posição aproximadamente horizontal dos arenitos originados através de transgressão marinha devoniana da formação Furnas, os quais assentam-se em discordância sobre rochas da série Açungui, peneplanizadas em época pré-devoniana. As camadas sedimentares paleozóicas do segundo planalto caracterizam-se pela heterogeneidade de composição e pela facilidade de

alteração, características que se atrelam fortemente às formas de relevo da região. É notável o enxameamento de diques de diabásio, todos com orientação SE-NW (Maack 1968; Bigarella *et al.* 1994).

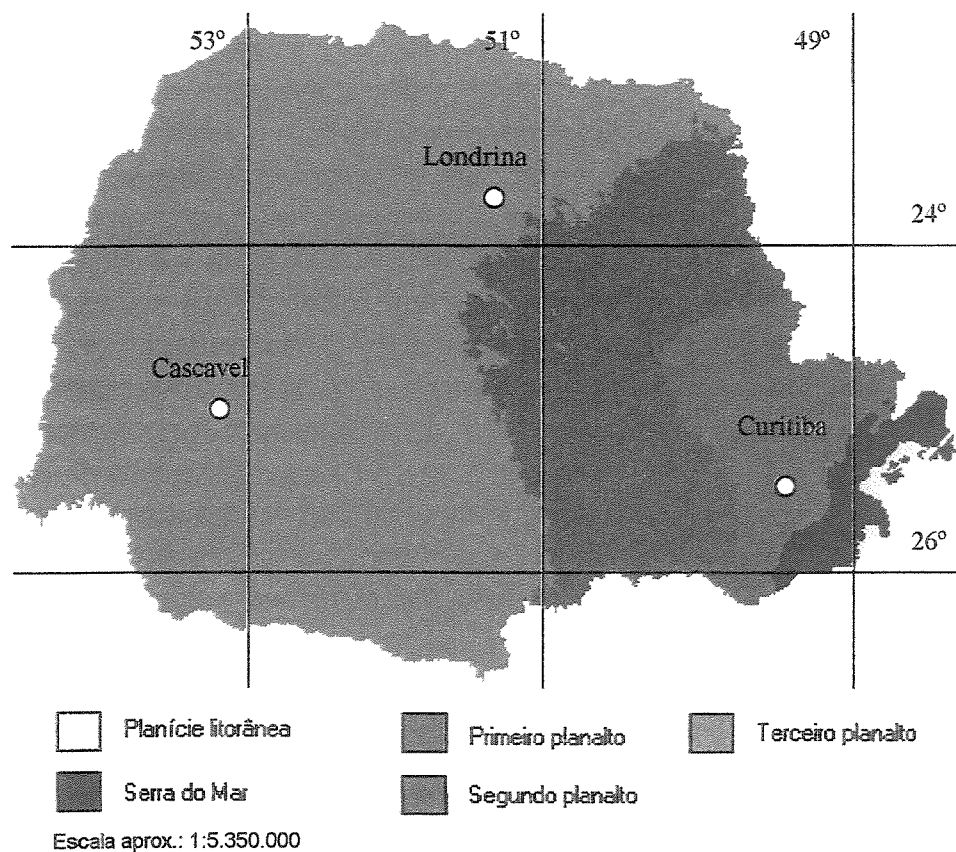


Figura 2 - Regiões fisiográficas naturais do estado do Paraná (Maack 1968; Bigarella *et al.* 1994; imagem adaptada de Mineropar 2001)

O terceiro planalto é formado pelos derrames mesozóico do "Trapp". Formado, portanto, por efusivas básicas que se inclinam suavemente em direção ao vale do rio Paraná. É a região mais simplificada em se tratando de estruturas e formas, e possui relevo, em geral, suave ondulado. Em sua porção nordeste, encontra-se capeado pelos arenitos eólicos da formação Caiuá (Maack 1968; Bigarella *et al.* 1994).

Segundo Planalto Paranaense – Região de Jaguariaíva

Jaguariaíva insere-se na região do segundo planalto paranaense (Maack 1968; Bigarella *et al.* 1994), onde o embasamento rochoso é dominado por rochas sedimentares de

idade paleozóica do grupo Paraná (formação Furnas e formação Ponta Grossa), e da formação Itararé (Figura 3) .

O segundo planalto representa, para Maack (1968), a região de domínio dos sedimentos paleozóicos não perturbados por movimentos orogênicos, suavemente inclinados para oeste, sudoeste e noroeste. Devido a essa inclinação, formam-se paisagens típicas de escarpas com as testas voltadas para leste. As altitudes que variam de 1090 a 1200 m na testa da escarpa, decrescem até 750 m em seu limite ocidental, na escarpa da Serra Geral (Salamuni 1969).

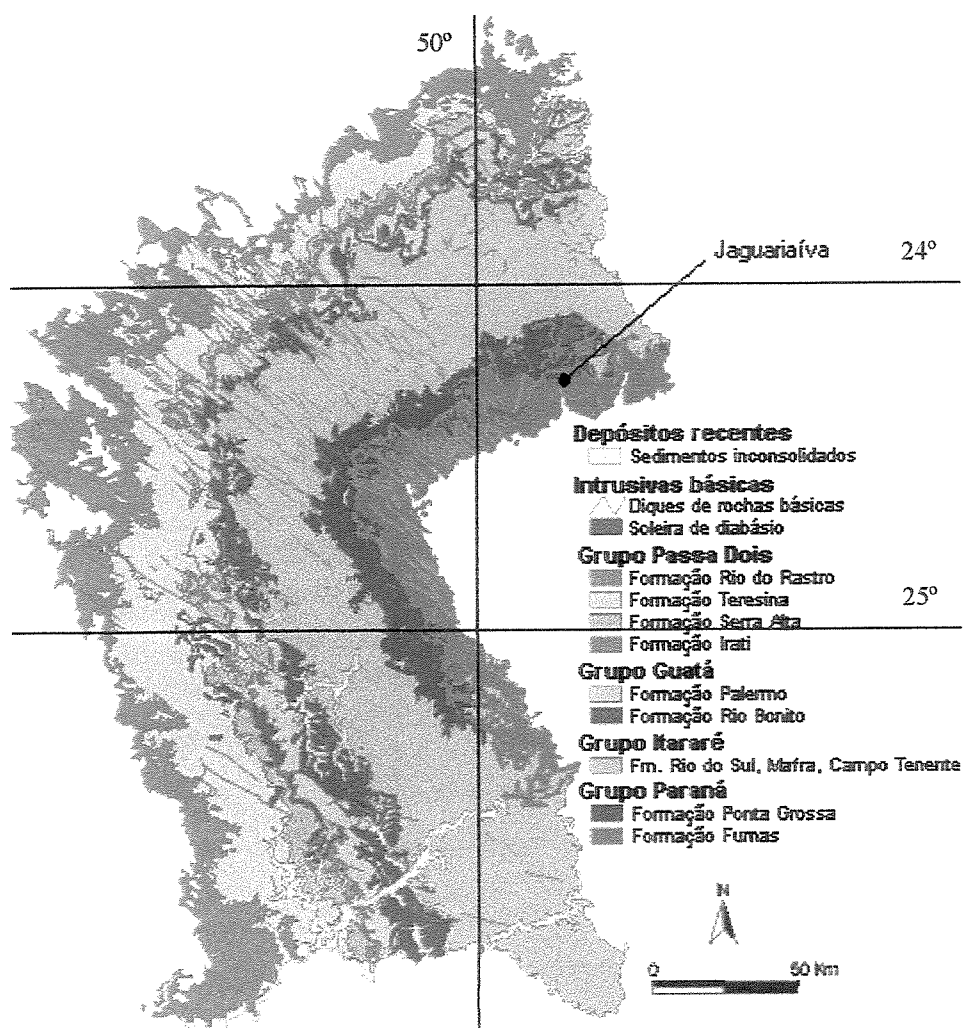


Figura 3 - Geologia do segundo planalto paranaense (extraído de Mineropar 2001).

A região é dotada de uma paisagem suavemente ondulada, constituída por sedimentos Paleozóicos do Devoniano, Carbonífero e Permiano (Maack 1968; Salamuni 1969). O limite oriental da bacia no estado é representado por uma *cuesta* de frente voltada para

leste, cuja *cornija* é mantida pelo arenito Furnas e a base por rochas metamórficas do grupo Açungui (Hermann & Rosa 1990).

O grupo Paraná, denominado por Bigarella *et al.* (1966) de série Campos Gerais ou série Paraná, corresponde às formações geológicas de idade devoniana, representadas no segundo planalto paranaense por uma seqüência arenosa basal sobreposta por uma camada argilosa, ou seja, a formação Furnas e a formação Ponta Grossa, respectivamente (Schneider *et al.* 1974).

Feições geomórficas peculiares são emprestadas pela notável quantidade de diques de diabásio no planalto de Ponta Grossa, os quais, em determinadas áreas, constituem verdadeiras concentrações de diques formando sistemas paralelos com orientação sudeste-noroeste (Salamuni 1969).

Hermann & Rosa (1990) citaram uma grande concentração de diques de diabásio no extremo norte do segundo planalto paranaense, com orientação geral sudeste-noroeste, acompanhados por soleiras de diabásio. Outra característica dessa região é o encaixamento da rede de drenagem segundo direções estruturais, gerando desníveis altimétricos superiores a 400 m. Na *cuesta* que forma o limite oriental do planalto, a rede de drenagem adaptada à inclinação geral das camadas sedimentares para oeste, fez surgir rios superimpostos, que abriram profundos boqueirões ou gargantas. Rios como o Iapó e o Jaguariaíva seguem alinhamentos estruturais, surgindo, em consequência disso, vales profundos e estreitos.

O arenito Furnas compõe o limite oriental e marginal do segundo planalto paranaense (Maack 1968) e, embora as características do ambiente de deposição não sejam completamente esclarecidas, considera-se que sua origem tenha se dado através de transgressão marinha, motivada pela subsidência de largo trato dos terrenos pré-devonianos, os quais já constituíam superfícies perfeitamente aplainadas e bastantes intemperizadas (Bigarella *et al.* 1966; Bigarella *et al.* 1994). Distribui-se desde Itapeva-SP, sua porção mais setentrional, até Engenheiro Bley, município de Porto Amazonas, sul do estado do Paraná, formando uma estreita faixa em forma de arco, cuja concavidade volta-se para sudeste, com uma largura de 20-30 km e extensão aproximada de 250 km (Lange & Petri 1967; Bigarella *et al.* 1966).

No estado do Mato Grosso, a formação Furnas estende-se da Chapada dos Guimarães para leste e para sul por cerca de 500 km. Em Goiás, a formação é representada por conjuntos descontínuos ocasionados por falhamentos e transgressões de formações mais jovens. Em subsuperfície, o arenito devoniano basal estende-se continuamente do norte de

Santa Catarina atravessando o Paraná e São Paulo chegando ao Mato Grosso e Goiás (Lange & Petri 1967)

O conjunto assenta-se discordantemente sobre rochas do embasamento cristalino, sendo recoberta na maior parte da bacia pela formação Ponta Grossa em contato considerado concordante por alguns autores e discordante por outros. Em alguns locais é discordantemente recoberta pelo grupo Itararé e, em pontos mais restritos, no centro-leste de Mato Grosso, pelas formações Botucatu, Bauru e Cachoeirinha (Schneider *et al.* 1974).

A formação Fumas é constituída predominantemente por arenitos grosseiros com horizontes conglomeráticos e, com menor freqüência, por siltitos, camadas folhelhóides e argilitos (Bigarella *et al.* 1966). Consiste de arenitos esbranquiçados, localmente arroxeados, médios a grosseiros, friáveis em superfície, angulares a sub-angulares, quartzosos e com matriz caulínica (Schneider *et al.* 1974). Os arenitos caracterizam-se especialmente por sua estrutura extensivamente constituída por estratos cruzados, característica que permite sua diferenciação em relação às outras formações sedimentares no Paraná (Bigarella *et al.* 1966).

Geomorfologicamente, a superfície quase sempre se constitui de formas suavemente arredondadas ou então "por mesetas estruturais desenvolvidas às expensas de camadas mais resistentes da formação Fumas". Os rios que drenam a área em questão são conseqüentes, entretanto, alguns apresentam vales subseqüentes em trechos por vezes consideráveis (Bigarella *et al.* 1966).

A formação Ponta Grossa sobrepõe-se concordantemente com a formação Fumas e é, ao contrário dessa última, abundantemente fossilífera. Dominam sedimentos de granulação fina, sobressaindo os folhelhos argilosos, siltico-argilosos e silticos. Camadas lenticulares de arenito siltico, relativamente extensas e espessas estão eventualmente intercaladas. As rochas são de um modo geral, notavelmente micáceas e ostentam mergulhos suaves para oeste, sudoeste e norte-noroeste (Salamuni 1969).

Compreende folhelhos e, secundariamente, folhelhos silticos e siltitos de coloração cinza-claro a preta, fossilíferos micáceos, com intercalações centimétricas de arenito amarelo fino, cujo ambiente de deposição é marinho de águas rasas (Kaul 1990).

A estrutura sedimentar predominante é de laminação plano-paralela, com estratificação cruzada em certos intervalos pequenos, localmente acanalada, laminação "flaser", marcas de ondas, bioperturbação e estruturas de escorregamento. Sua distribuição é semelhante à da formação Fumas (Schobbenhaus *et al.* 1984).

Bigarella (1969) considerou as porções médias e superiores da seqüência como partes dos membros Tibagi e São Domingos, respectivamente, e propôs a denominação de membro Jaguariaíva para a porção inferior. Na região que lhe empresta o nome, o membro Jaguariaíva é depositado concordantemente com o arenito Furnas, sendo o contato gradativo e a parte basal formada por uma seqüência de siltito intercalada por arenito grosseiro de aproximadamente 7 m de espessura. No topo dessa seção, o membro Jaguariaíva é capeado discordantemente pela formação Itararé. Na porção brasileira da bacia do Paraná, as exposições do folhelho Jaguariaíva são restritas ao Paraná, sobrepondo-se à formação Furnas.

O grupo Tubarão refere-se aos depósitos do Carbonífero no Paraná, cuja idade é estimada pela flora de *Glossopteris*. O sub-grupo Itararé (denominado por alguns autores como formação Itararé) jaz em discordância de erosão sobre rochas de diferentes idades. Ocorre tanto sobre as formações devonianas Furnas e Ponta Grossa, como sobre rochas metamórficas pré-cambrianas (Salamuni 1969).

Kaul (1990) citou as formações Maфра, Rio do Sul e Campo do Tenente, compreendidas no grupo Itararé, como sendo constituídas de arenitos e argilitos oriundos de um ambiente de deposição variável de continental até marinho com influência glacial.

Salamuni (1969) afirmou que a evidência mais conclusiva sobre a interferência do gelo no ambiente de deposição da formação Itararé, é a presença de tilitos. O autor diferenciou os depósitos periglaciais, que correspondem aos recuos das geleiras ou aqueles direta ou indiretamente derivados desse fenômeno, dos depósitos interglaciais, tais como os marinhos, por exemplo, os quais representam períodos de sedimentação em episódios interglaciais. Essas camadas marinhas inter e pós-glaciais são, para o autor, o testemunho do recuo do gelo pela amenização do clima, com conseqüentes transgressões marinhas.

Schobbenhaus *et al.* (1984) caracterizaram a formação Itararé no Paraná e Santa Catarina em sua seqüência inferior (membro Campo do Tenente) pela presença de argilitos castanho-avermelhados, apresentando laminação plano-paralela. Secundariamente apresentam ritmitos e diamictitos intercalados nos argilitos. Localmente, arenitos finos com estratificação plano-paralela e acanalada. A seqüência média (membro Maфра) caracteriza-se pela predominância de arenitos de granulação variada com estratificação cruzada, acanalada e estruturação de corte e preenchimento. Secundariamente encontram-se diamictitos com estruturas de convolução, conglomerados, ritmitos e argilitos. A seqüência superior (membro Rio do Sul) caracteriza-se por folhelhos e argilitos cinza-escuros com aspecto várvido. Esses sedimentos argilosos apresentam laminação plano-paralela, rítmica (várvida) e estrutura do tipo

“cone-in-cone”. Secundariamente, há o desenvolvimento de arenitos e diamictitos com estruturas de escorregamento.

Para Salamuni (1969), ainda que no Paraná ocorram os depósitos da formação Itararé representados por varvitos e folhelhos, esses sem ritmismo evidente, são os arenitos que representam os sedimentos peri-glaciais mais extensos e melhor expostos no segundo planalto.

O sub-grupo Itararé, enfim, inclui-se numa das mais importantes mostras de sedimentos glaciais na borda oriental da bacia do Paraná (Rocha-Campos 1967).

Vegetação

Cobertura vegetal do estado do Paraná

Caracteristicamente, o Paraná possui uma grande amplitude de formas de vegetação, as quais ocupam suas posições em concordância com os condicionantes climáticos, geológicos, geomorfológicos e pedológicos atuais e pretéritos de suas regiões de ocorrência (Figura 4).

Trata-se de um estado de planaltos (Nimer 1989; Figura 2), o qual se encontra em posição transicional entre os climas tropicais do Norte e os subtropicais do Sul. Em parte devido a isso, a vegetação do Paraná varia entre formas tipicamente tropicais como a savana, até subtropicais, como a Floresta Ombrófila Mista.

A região das planícies litorâneas, formada essencialmente por sedimentos marinhos recentes que se encontram, em grande extensão, cobertos pela Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, é caracterizada por ocupar terrenos de pequena variação altimétrica. Os solos, essencialmente Espodosolos, sob determinadas condições, apresentam hidromorfia acentuada, permitindo a instalação dos caxetais (Formações Pioneiras de Influência Fluvial), os quais, se situados nas proximidades da calha dos rios, podem receber influência do regime de flutuação das marés, a qual ocasiona ciclos diários de inundação. Nos sistemas estuarinos das baías de Paranaguá e de Guaratuba, mas também em outros sistemas fluviais litorâneos, formam-se solos indiscriminados de deposição muito recente, onde instala-se a vegetação dos mangues (Formações Pioneiras de Influência Flúvio-Marinha). Relacionados com os depósitos marinhos recentes, os quais formam sistemas de cordões e intercordões paralelos à linha de costa, encontram-se as restingas, as quais variam de herbáceas à arbustivas (Formações Pioneiras de Influência Marinha).

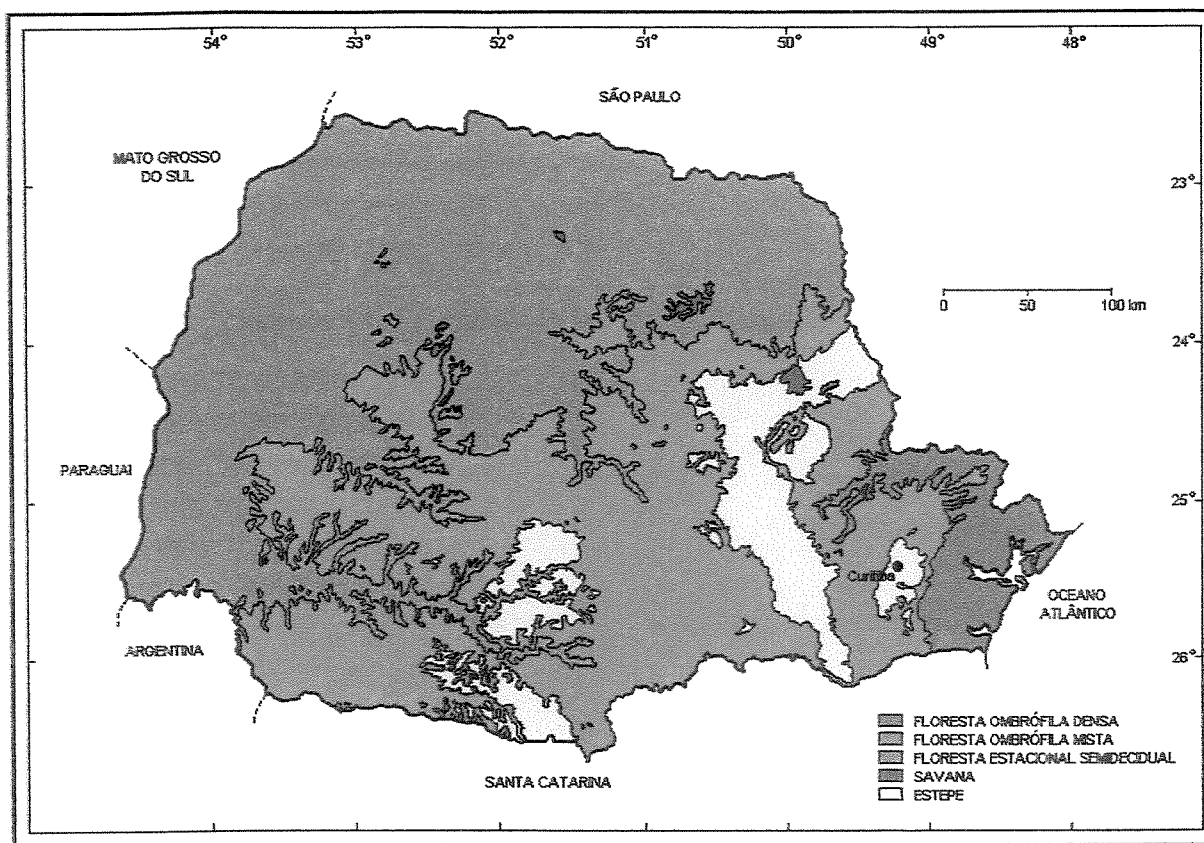


Figura 4 – Distribuição das principais unidades fitogeográficas no estado do Paraná (Maack 1968, modificado por Roderjan *et al.* 2002).

Na Serra do Mar, a Floresta Ombrófila Densa recobre praticamente toda a encosta oriental (Figuras 2 e 4), cedendo espaço nos níveis altimétricos mais elevados para a “matinha nebulosa” ou Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana (Roderjan 1994; Tramujas 2000). É também no alto das Serras mais elevadas que os refúgios ecológicos campestres são verificados (Tramujas 2000).

O primeiro planalto (Figura 2) é caracterizado pela ocorrência da Floresta Ombrófila Mista (Figura 4). O desenvolvimento desse tipo florestal relaciona-se intimamente com a altitude; no Paraná, o limite inferior normal para esse tipo vegetacional é próximo aos 500m s.n.m., estendendo-se por boa parte do estado, e ocupando espaço desde o planalto de Curitiba até o chamado terceiro planalto paranaense.

Na região dos campos gerais (segundo planalto paranaense – Figura 2), a Floresta Ombrófila Mista é caracterizada por formações florestais conhecidas regionalmente como “capões de mata”, essas situadas ao longo dos rios que drenam a região (Maack 1968). Neste

caso, a vegetação dos campos limita-se, de modo geral, às partes mais elevadas do terreno, ou a condições edáficas especiais, como as encontradas no “campos de inundação” existentes ao longo do rio Iguaçu (Klein 1963).

Apesar de *Araucaria angustifolia* ser a espécie dominante fisionomicamente da Floresta Ombrófila Mista, está acompanhada, em geral, por outros membros característicos da associação, como *Podocarpus lambertii*, *Drymis brasiliensis*, *Ocotea catharinensis*, *Schinus terebinthifolius*, *Ocotea pulchella* e *Ilex paraguariensis* (Veloso et al. 1991).

Característica das áreas do vale do rio Paraná e seus principais afluentes, encontra-se a Floresta Estacional Semidecídua (Figura 4). Essa tipologia florestal é caracterizada pela dupla estacionalidade climática (Veloso et al. 1991), tendo dentre os gêneros *Copaifera*, *Peltophorum*, *Balfouroudendron*, *Cedrela*, *Parapiptadenia*, *Tabebuia* e outros, suas espécies mais características.

Leite (1994) posiciona a Floresta Estacional Semidecídua na subzona estacional subxérica, a qual compreende a porção planáltina do Sul voltada para o interior do continente. Caracteriza-se pela ombrotermia e inverno acentuado, porém, trata-se de um clima menos frio e chuvoso que aquele da região da Floresta Ombrófila Mista. A flora da Floresta Estacional Semidecídua, acima dos patamares altimétricos de 500-600 m s.n.m., participa da formação do sub-bosque da Floresta Ombrófila Mista apontando a invasão daquele contingente florístico, o que se dá principalmente através dos vales dos rios (Leite 1994). O estrato emergente caracteriza-se pela presença de *Aspidosperma polyneuron*, *Tabebuia heptaphylla*, *Gallesia integrifolia*, *Balfouroudendron riedlianum*, *Peltophorum dubium*, *Cordia trichotoma*, *Apuleia leiocarpa*. Dentre as árvores e arbustos destacam-se *Sorocea bonplandii*, *Metrodorea nigra*, *Actinostemon concolor*, *Pilocarpus pennatifolius*, *Trichilia elegans*, entre outras.

Nas proximidades de Jaguariaíva, a Floresta Estacional Semidecídua é descrita por Klein (1979). A julgar pelos indicativos de Leite (1994), a maior parte das espécies descritas por aquele autor reporta-se à Floresta Estacional Semidecídua Subxérica, predominante no Norte do Paraná.

Na região do segundo planalto paranaense (Figura 2), a distribuição do campo (estepe) e cerrado (savana), esse últimos na forma de encraves, também encontrados na região de Campo Mourão (centro do Paraná) e Paranaíba (Nordeste do Paraná), ambas no terceiro planalto, é considerada como testemunho de uma condição climática pretérita mais seca, que possibilitou a expansão da savana e da estepe até áreas onde o clima atual indicaria a presença de formações florestais (Maack 1968; Leite & Klein 1990).

Para Maack (1968), os campos do segundo planalto paranaense (Estepe Ombrófila *sensu* Leite 1994), constituem as formações florísticas mais antigas no Paraná e estão relacionadas ao passado semi-árido do Pleistoceno. As florestas somente conquistaram espaço a partir das florestas de galeria, capões de nascentes e florestas de encosta, devido à predominância de um clima essencialmente mais úmido.

Contrariamente a isso, Ferri (1960) manifestou sua idéia de que o cerrado observado em Campo Mourão/PR representaria uma vegetação invasora, dado o grande número de indivíduos jovens em plena regeneração.

Leite (1994) relatou que a savana no Paraná ocorre em um ambiente florestal, sendo desta forma um relictos. O autor classifica a unidade mapeada como Savana Estacional Subxérica, distinguindo-se das demais formações de savana do planalto central brasileiro e relacionando-se com a Floresta Estacional do Norte do Paraná. No Norte paranaense essas formações substituíram o cerrado e invadiram o sub-bosque da Floresta Ombrófila Mista até níveis aproximados de 800 m (s.n.m.), onde as condições ambientais assim permitiram.

Vegetação do Parque Estadual do Cerrado

O Parque Estadual do Cerrado mantém um dos últimos remanescentes de savana no Paraná e, por sua posição no extremo sul de distribuição dessa vegetação no Brasil, está constituído por uma mescla de espécies comumente encontradas no Brasil meridional somadas às espécies mais características do Planalto Central brasileiro, área core da Savana no país (Uhlmann *et al.* 1998).

Por isto, não existe um padrão florístico para o Parque como um todo, sendo que a vegetação comporta-se como um mosaico de unidades fisionômicas diversas, que partem de formas essencialmente campestres até florestais. Como cada fisionomia corresponde à variação de padrões ambientais, é compreensível que os índices de riqueza florística sejam elevados. O trabalho de levantamento florístico do Parque, ainda em andamento, revelou a presença de um grande número de espécies, muitas das quais, herbáceas (Von Linsingen, L.⁴ e Hatschbach, G.G.⁵ com. pessoais).

Apesar da interferência antrópica ser marcante em praticamente toda área do Parque, esse se mantém em bom estado de conservação e representa efetivamente a vegetação

⁴ Leonardo Von Linsingen, Biólogo.

⁵ Gerdt Günther Hatschbach, Botânico – Museu Botânico Municipal, Curitiba-PR.

savânica que ocupou, antes da colonização do Paraná, áreas relativamente maiores no estado (Maack 1968).

Unidades de mapeamento da vegetação

Pode-se dividir a vegetação do Parque em dois conjuntos, quais sejam, o das formas campestres e o das formas florestais (Uhlmann *et al.* 1998). Essa divisão foi baseada exclusivamente na fisionomia da vegetação, de tal forma que se torna simples reconhecer cada um desses tipos.

As formas florestais são menos representativas em termos de ocupação de área. São essencialmente representadas por sinúcias arbóreas com estrutura vertical definida. As unidades de mapeamento são descritas a seguir (Figura 5):

- *Florestas de galeria* - Ocupam as margens dos canais de drenagem de menor porte que correm perpendicularmente ao vale do rio Jaguariaíva, além das margens do próprio rio Jaguariaíva e seu afluente, o rio Santo Antônio. As únicas referências à estrutura e flora dessas florestas que se tem até o momento são os trabalhos realizados por Losso (1998) e Von Linsingen (em andamento).
- *Floresta de ecótono* (Floresta Estacional Semidecídua/Savana) - Ocupa de maneira mais representativa as áreas ao norte do Parque, onde forma adensamentos contínuos. Nesses locais, foram mapeadas áreas intensamente degradadas desse tipo florestal. Essas áreas possivelmente são resultado da interferência antrópica, enquanto outras podem representar áreas de ocupação recente, antes dominadas pelo cerrado. Um argumento favorável a essa última hipótese é a presença de elementos lenhosos escleromórficos senis ou mortos em meio a essa vegetação.
- *Núcleos florestais em meio ao cerrado "sensu stricto"* - Esses núcleos apresentam-se, em geral, com composição florística similar àquela verificada nas áreas de floresta de ecótono, embora, em muitas áreas, sua estruturação ainda não seja bem desenvolvida. Ocupam diversas áreas centrais do Parque, sempre onde há maior densidade de vegetação de cerrado, ou seja, nunca foram verificados esses núcleos em meio ao campo sujo, ou campo cerrado.

As áreas de vegetação campestre podem ser divididas segundo sua preferência ecológica. Áreas campestres podem ocorrer sobre solos bem drenados ou sobre solos com alto grau de hidromorfia.

Fisionomias de vegetação campestre que ocupam solos profundos e bem drenados são aquelas que constituem a savana propriamente dita, ou seja, o cerrado *sensu lato*:

- *Campo limpo* - Caracteriza-se pela forma essencialmente campestre composta de estrato graminóide único que, em geral, raramente é encontrado na sua forma pura no Parque. Encontra-se geralmente muito degradado e associado a gramíneas invasoras. Ocupa uma porção pouco extensa da parte Oeste do Parque.
- *Campo sujo* - Caracteriza-se pela sua semelhança com o campo limpo, diferenciando-se desse pela presença de pequenos elementos arbóreos, arbustos e subarbustos que oferece à superfície do solo uma cobertura pouco expressiva. Mistura-se ao campo limpo na porção oeste do Parque, constituindo as formas savânicas puramente campestres.
- *Campo cerrado* - Nessa unidade fisionômica os elementos lenhosos escleromórficos da savana propriamente dita já são observados. Além do tapete graminoso denso e alto, entremeado por poucos subarbustos e ervas, há elementos lenhosos que chegam a oferecer ao solo uma cobertura arbórea de aproximadamente 30 %. Ocupa as áreas subseqüentes ao campo sujo no sentido da declividade do terreno, ou então áreas no terço final de encostas.
- *Cerrado “sensu stricto”* - Os elementos lenhosos xeromórficos aqui presentes, além de apresentarem porte arbóreo mais elevado, oferecem maior cobertura ao solo (a cobertura chega a somar mais de 60%). O estrato herbáceo/subarbusivo não mais se apresenta de maneira contínua e é heterogêneo, não havendo mais a dominância de gramíneas. As áreas de cerrado *sensu stricto* são bem representadas no Parque, principalmente em sua porção central. Possui uma tendência a ocupar áreas mais contínuas nos terços médios de encostas.
- *Áreas alteradas de campo cerrado/cerrado “sensu stricto”* - Essas áreas são encontradas especialmente na porção nordeste do Parque e são bastante representativas, em termos de área ocupada. São possivelmente resultado de ação antrópica e, de modo geral, caracterizam-se por apresentarem elementos xeromórficos da savana em associação com samambaiais densos de *Pteridium aquilinum*.

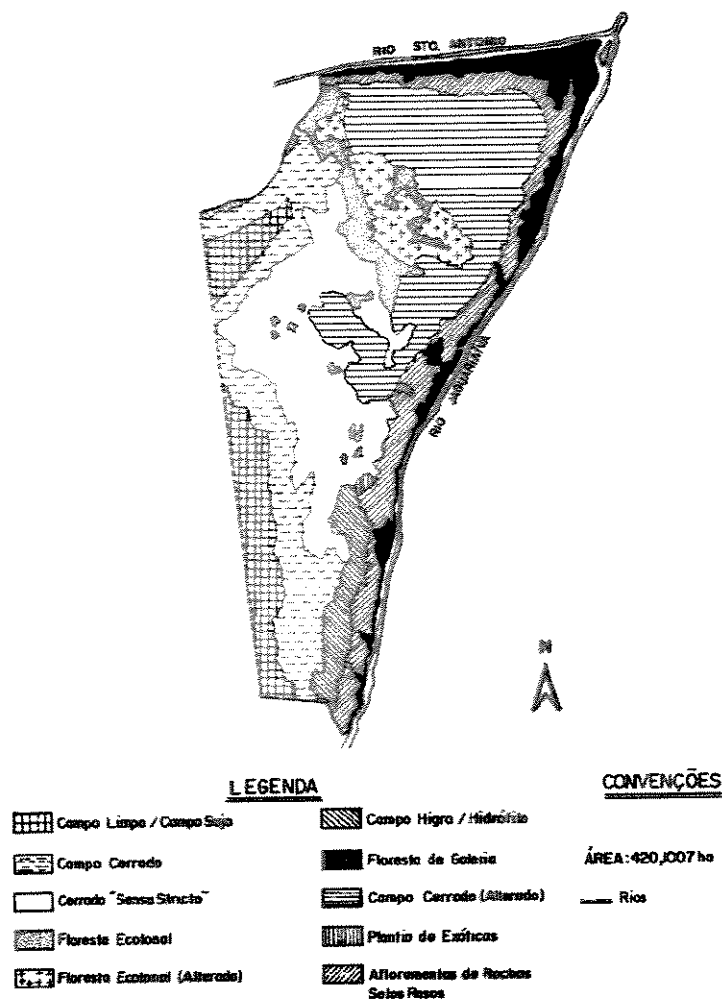


Figura 5 – Distribuição das unidades fisionômicas de vegetação no Parque Estadual do Cerrado (adaptado de Uhlmann *et al.* 1998).

As fisionomias denominadas campestres, que ocupam as bordas dos *canyons* dos rios Jaguariá e Santo Antônio, são representadas por um tipo especializado de vegetação, cuja composição florística difere completamente daquela encontrada nos campos savânicos típicos.

- *Campo higrófilo* - Compõe-se essencialmente de um estrato graminóide contínuo e cujo substrato apresenta um grau médio de hidromorfia. A denominação "higrófilo" é derivada desse grau de hidromorfia, que faz com que o horizonte B_t do solo apresente evidências de gleização. Distribui-se em uma longa, porém, estreita faixa que impõe um limite nítido ao estabelecimento de elementos do cerrado.

- *Campo hidrófilo* - Da mesma forma que o anterior, compõe-se essencialmente de um estrato graminóide homogêneo, que se assenta sobre um substrato acentuadamente hidromórfico. Os organossolos possuem grande espessura em algumas partes, e são essencialmente fibrosos, dada a característica da cobertura vegetal. Ocupam amplas faixas em terrenos declivosos e permanentemente encharcados nos terços inferiores das encostas.

DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

Nomenclatura adotada

Adotar-se-á preferencialmente a nomenclatura descrita por Veloso *et al.* (1991) para designar a unidade fitogeográfica em questão, por compreendê-la como uma proposta para uma nomenclatura universal. No entanto, para designar as categorias fisionômicas da savana, em razão da escala de trabalho que requer um maior detalhamento, será empregada a nomenclatura proposta por Coutinho (1978) e Eiten (1983, 1994).

Hipótese de trabalho

Assumindo que as espécies vegetais arbóreas decisivamente respondem às variações no conteúdo hídrico dos solos e, admitindo que estes são controlados por diferentes formas de encosta, pode-se esperar que ao longo dessas sejam observadas respostas diferenciadas das populações vegetais, influenciando, desta feita, as formas de vegetação presentes ao longo da encosta. Assim, deseja-se provar que é a feição geomórfica, e não a fertilidade dos solos ou outros fatores, que induz às modificações das formas de vegetação e faz com que as espécies vegetais arbóreas assumam diferentes posições relativas ao longo da encosta.

Levantamento dos dados em campo

Descrição das topossequências

Para confirmar a hipótese e verificar a ocorrência ou não de um padrão de distribuição das populações que ocupam o local, a vegetação foi levantada através do uso de parcelas distribuídas ao longo de duas topossequências.

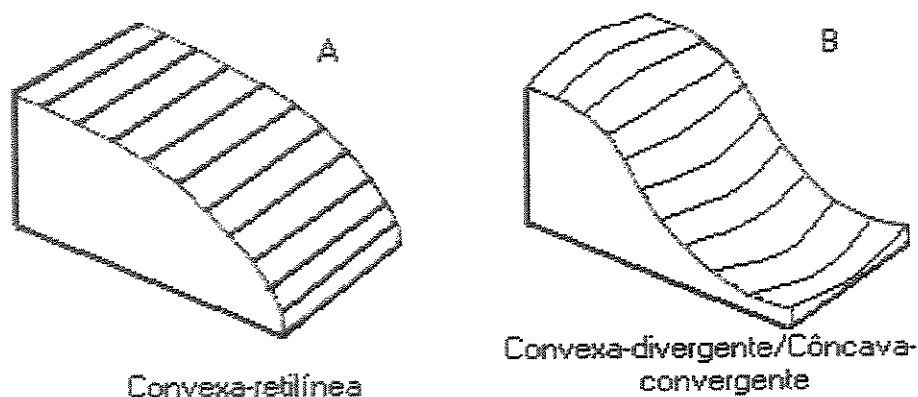


Figura 6 - Blocos diagrama ilustrativos dos padrões geomórficos das topossequências 1(A) e 2 (B).

A topossequência 1 (Figura 6A) possui um padrão geomórfico convexo-retilíneo e está localizada na porção sul do Parque (Figura 7). A vegetação passa do campo sujo/campo cerrado, nas porções superior até a média da encosta, para um cerrado *sensu stricto*, em seu terço inferior. Os solos possuem uma distribuição peculiar, sendo o Latossolo Vermelho predominante nos terços superior e médio da encosta, substituído no terço inferior pelo Latossolo Vermelho-Amarelo (Uhlmann *et al.* 1997).

A topossequência 2 (Figura 6b) possui um padrão geomórfico misto (convexo-divergente/côncavo-convergente) e está localizada na porção norte do Parque (Figura 7). A vegetação passa do cerrado *sensu stricto*, em seu terço superior, para o campo cerrado, no seu terço médio e inferior. O Latossolo Vermelho apresenta-se novamente no terço superior/médio da encosta e, desta vez, coincidente com a distribuição do cerrado *sensu stricto*. Da mesma forma, o Latossolo Vermelho-Amarelo e o Cambissolo Háplico, dos terços médio/inferior, distribuem-se coincidentemente com o campo cerrado (Uhlmann *et al.* 1997).

Para descrever a distribuição da vegetação ao longo das encostas, duas áreas retangulares sobre as duas topossequências foram demarcadas: sobre a topossequência 1, um bloco de 3,5 ha (350 X 100 m) disposto no sentido L/O e, na topossequência 2, um bloco de 4,0 ha (400 X 100 m), disposto no sentido N/S (Figura 7).

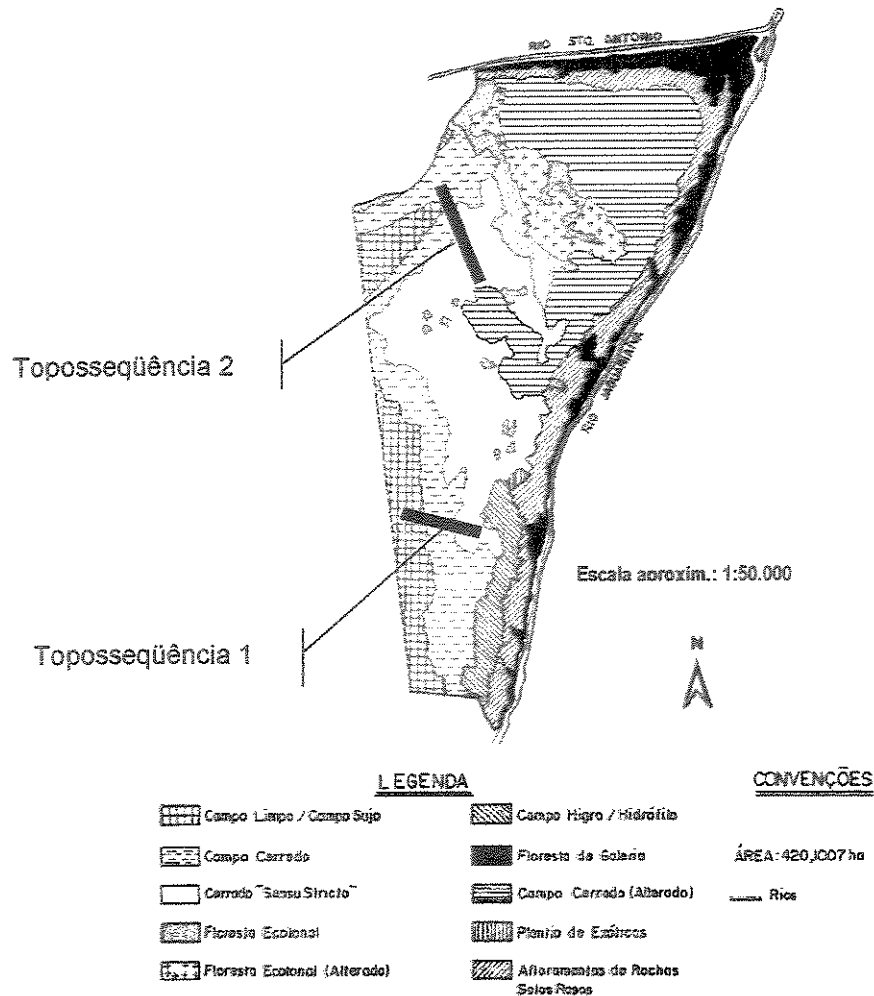


Figura 7 – Localização das topossequências 1 e 2 no interior do perímetro do Parque Estadual do Cerrado e mapeamento das unidades fisionômicas da vegetação.

Cada bloco foi fragmentado em faixas transversais de 20 X 100m. Obteve-se assim, por exemplo, 20 faixas ao longo da topossequência 2, porém nem todas foram amostradas, pois as faixas amostradas foram intercaladas por outras não amostradas. As unidades amostrais propriamente ditas (parcelas), foram distribuídas de maneira aleatória em cada faixa amostrada. Essas parcelas tiveram dimensões de 100 m² (10 x 10m) e em número de 10 em cada faixa.

A disposição das faixas transversalmente à declividade da encosta teve por objetivo alocar as unidades amostrais em unidades homogêneas. Cada faixa seria, supostamente, uma unidade ambientalmente homogênea, em face do pressuposto gradiente. Dentro de cada faixa,

as parcelas seriam repetições que permitiriam captar a variação interna não relacionada com o gradiente.

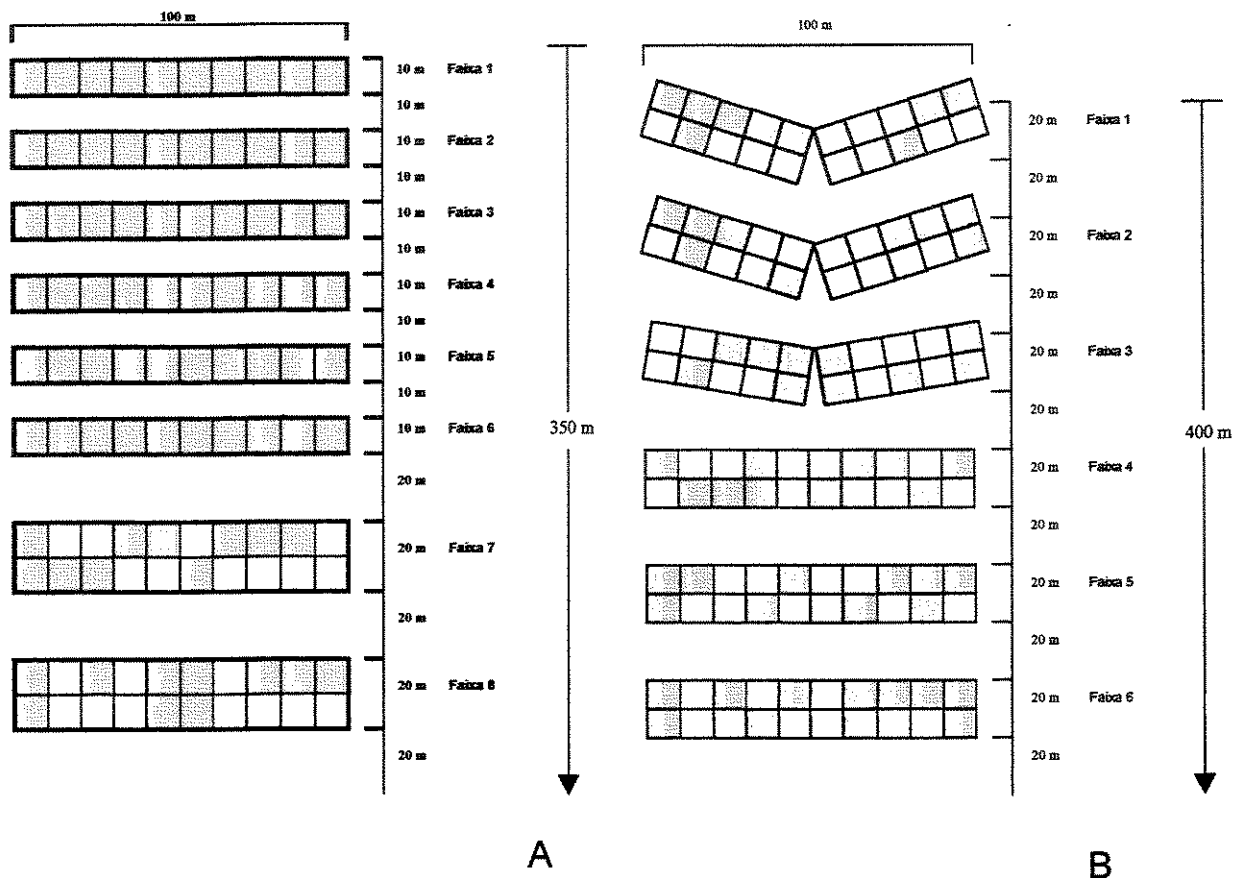


Figura 8 - Esquema do delineamento amostral para o levantamento da vegetação: (A) representação de parte da toposseqüência 1 (áreas escuras representam as parcelas amostradas em cada faixa); (B) representação das 4 primeiras faixas da toposseqüência 2.

Entretanto, como na toposseqüência 1 o gradiente de declividade mostrou-se mais abrupto, e isso deveria levar a uma resposta equivalente da vegetação, as faixas 1 a 6 tiveram dimensões de 10 x 100 m, separadas por faixas de 10 m. Nesse caso, como não há possibilidade de aleatorização na distribuição das 10 parcelas, efetuou-se o levantamento total do bloco. Nas porções mais elevadas e planas dessa, a configuração amostral volta a ser a de faixas com dimensões de 20 x 100 m separadas por faixas de 20 m (Figura 8A).

Na toposseqüência 2, devido a sua peculiaridade geomórfica, as faixas 1, 2 e 3 foram divididas em duas sub-faixas, cada qual com 50 m. Essas foram inclinadas em relação aos seus respectivos eixos. As faixas 1 e 2 sofreram inclinações de 20° e a faixa 3 foi inclinada em cerca de 10°. Na prática, a divisão e “dobramento” das faixas fez com que essas

acompanhassem a curvatura resultante da concavidade verificada no terço inferior dessa topossequência. Isso tornou possível a disposição da faixa, aproximadamente, em um mesmo plano altimétrico. Entretanto, para fins de análise e tratamento de dados, a divisão não foi considerada e os sub-blocos foram tratados como bloco único (Figura 8B).

As parcelas foram delimitadas em campo com o auxílio de trena e de bússola e foram demarcadas com estacas de madeira (pintadas com tinta a óleo para sua melhor preservação) e cordas. Nas parcelas, todos os indivíduos com perímetro basal (PB, isto é, medido ao nível do solo) maior ou igual a 10 cm, foram amostrados e tiveram medidos seus perímetros, alturas (com o auxílio de uma régua graduada) e feitas suas identificações preliminares. Sempre que necessário, material fértil ou estéril foi coletado para confirmação taxonômica posterior.

Para cada faixa, foi possível o cálculo dos parâmetros de abundância (densidade total, absoluta e relativa, área basal, dominância absoluta e relativa e valor de importância), além do índice de diversidade de Shannon e a equidade. Estes dados foram obtidos através do tratamento feito pelo FITOPAC v. 1.0 (Shepherd 1988).

Os dados de dominância e densidade foram utilizados como parâmetros indicadores das mudanças estruturais que foram comparados com a variação das características pedológicas. Com os dados de dominância e densidade absoluta, para cada topossequência, foram construídas matrizes (linhas = espécies; colunas = faixas) as quais foram utilizadas para a confecção dos gráficos para a análise direta de gradientes. Estas mesmas matrizes formaram a base necessária para aplicação de análise multivariada. Aos dados, aplicou-se a análise de correspondência e análise de componentes principais. Antes, entretanto, as espécies foram classificadas em subordinadas e dominantes, sendo as raras excluídas da matriz de dados. Foram consideradas raras todas as espécies que numericamente foram amostradas em número igual ou inferior a cinco indivíduos ao longo de toda a topossequência. As espécies dominantes foram representadas por aquelas cuja densidade fosse superior ou igual a 10 indivíduos, em ao menos 3 faixas na topossequência. Já as subordinadas foram representadas por espécies cuja densidade tenha se mostrado inferior a 10 indivíduos em 8 faixas ou mais. Estas matrizes foram tratadas através do uso do aplicativo JMP®, v. 3.2.2 (SAS 1995).

Através deste mesmo aplicativo, testou-se as diferenças de médias de dominância e densidade total entre as faixas de uma mesma topossequência. Para tanto, considerou-se cada faixa como sendo um tratamento e as 10 parcelas de cada faixa, suas repetições. Testou-se ainda as diferenças de médias de dominância para as espécies mais freqüentes nas duas topossequências, neste caso, *Stryphnodendron adstringens*, *Anadenanthera peregrina* e

Couepia grandiflora. Também aqui, considerou-se que as 10 parcelas de cada faixa representaram repetições de uma unidade geopedológica homogênea (faixa ou tratamento). As médias foram testadas através da aplicação de teste não-paramétrico (Wilcoxon).

Optou-se também, por efetuar regressões lineares com os dados de dominância e densidade das três espécies mais freqüentes já citadas acima. Os dados de densidade e dominância de cada parcela de uma mesma topossequência foram utilizados como base de dados. As parcelas a serem submetidas à regressão deveriam ter, no mínimo, um número igual ou superior a 5 indivíduos amostrados de ao menos uma das duas espécies submetidas à regressão.

Pedologia

Com o auxílio de um trado, prospecções em vários pontos ao longo das duas rampas foram feitas, de modo a diagnosticar as mudanças graduais que permitiriam delimitar as áreas para abertura dos perfis e coleta de amostras de solos. Com isso, as duas rampas foram divididas em três seções, a saber, terços superior, médio e inferior. Em cada terço, procedeu-se a determinação da classe de solo predominante e escolhido o ponto de maior representatividade do *pedon*. Em cada um desses 6 pontos, uma trincheira de aproximadamente 2 m de profundidade foi aberta. Nas trincheiras, procedeu-se a descrição dos perfis e a coleta de amostras de solos nos horizontes A, AB, BA, B e BC, esse último no terço inferior da topossequência 2 (Lemos & Santos 1984). Além destas, com a finalidade de certificar os resultados analíticos, duas amostras de apoio (somente dos horizontes A e B) foram coletadas a trado nas imediações de cada trincheira aberta.

Nos arredores da trincheira aberta, 3 mini-trincheiras de aproximadamente 10 cm de profundidade foram abertas, com a finalidade de determinar as características químicas e granulométricas do horizonte de superfície de um modo mais detalhado. Nessas, o solo foi coletado em profundidade distintas (0-3 cm, 3-6 cm e 6-10 cm).

Todas as amostras (49 amostras coletadas nos perfis e através de tradagens, somadas às 54 amostras das mini-trincheiras) foram encaminhadas ao laboratório da EMBRAPA/CNPq, situado no município de Colombo (Região Metropolitana de Curitiba/PR), onde procederam-se as análises químicas e granulométricas, segundo os procedimentos descritos em EMBRAPA (1979).

Obtiveram-se os teores de Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+} , H^{+} e Al^{+++} , através dos quais foi possível calcular os parâmetros de fertilidade (Valor T, S, V e m). Obteve-se ainda parâmetros químicos (pH) e granulométricos (Areia Grossa - 2-1 mm, Areia Média - 1-0,5 mm, Areia Fina - 0,225-0,125 mm, Areia Total, Silte e Argila). Os parâmetros de fertilidade (valor S, V e m) foram então submetidos à análise estatística (teste Tukey), com a finalidade de verificar variações significativas ao longo das encostas.

Com a finalidade de se verificar as propriedades físico-hídricas dos solos, amostras indeformadas em anéis volumétricos foram coletadas. As amostras foram retiradas nos quatro horizontes (A, AB, BA e B, excepcionalmente, no perfil 3 – topossequência 02, também no horizonte BC) em todas as seis trincheiras. Em cada horizonte, três amostras foram coletadas (totalizando 75 amostras), as quais foram devidamente vedadas e encaminhadas para análise nos laboratórios da EMBRAPA/CNPq.

A partir das amostras analisadas, a densidade do solo e das partículas, macroporosidade, microporosidade e porosidade total e água disponível nos horizontes A, AB, BA e Bw pode ser calculada.

Através desses dados e com o apoio das análises granulométricas, foi possível calcular também os valores de umidade volumétrica em diferentes tensões (0,003, 0,006, 0,01, 0,1 e 1,5 Mpa) o que possibilitou a elaboração de curvas de retenção hídrica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

FLORA

O levantamento conduzido em ambas as toposseqüências teve como resultado uma lista de 54 espécies arbóreas pertencentes a 32 famílias botânicas (Tabela 5). Deve-se ressaltar que o objetivo do levantamento não foi o de diagnosticar a estrutura da vegetação do Parque, mas sim utilizar a diagnose estrutural para interpretar o gradiente. Desta feita, a lista de espécies aqui apresentada nem de longe aponta a totalidade de espécies do Parque. No entanto, há um projeto, já em fase de conclusão, o qual oferecerá uma listagem de espécies de todo o Parque e não contemplará somente o componente arbóreo da savana, mas sim todas as espécies de fanerógamas ocorrentes em todas as formas de vegetação presentes no Parque.

Tabela 5 – Lista das espécies amostradas através do levantamento da estrutura da vegetação ao longo de duas toposseqüências no Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva, PR.

Família	Espécies
Annonaceae	<i>Annona crassiflora</i> Mart. <i>Guatteria australis</i> A.St-Hil.
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.
Araliaceae	<i>Didymopanax vinosum</i> Marchal
Arecaceae	<i>Allagoptera campestris</i> (Mart.) Kuntze <i>Syagrus hatschbachii</i> Glassman
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC. <i>Eupatorium laevigatum</i> Lam.
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart. <i>Jacaranda micrantha</i> Cham. <i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl
Caesalpiniaceae	<i>Bauhinia holophylla</i> (Bong.) Steud. <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.
Celastraceae	<i>Austroplenckia populnea</i> (Reiss.) Lund.
Chrysobalanaceae	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook. f.
Clusiaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart.
Ebenaceae	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum suberosum</i> St-Hil.
Euphorbiaceae	<i>Pera obovata</i> (Klotzsch) Baill.
Fabaceae	<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.) Yakolev <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.

Tabela 5 (Cont.)

Família	Espécies
Fabaceae	<i>Machaerium acutifolium</i> var. <i>enneandrum</i> (Hoehne) Rudd
Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.
Lauraceae	<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & C. Martius ex Nees) Kosterm. <i>Ocotea corymbosa</i> (Meis.) Mez <i>Persea venosa</i> Nees & Mart. ex Nees
Lythraceae	<i>Lafoensia densiflora</i> Pohl
Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana <i>Miconia sellowiana</i> Naudin
Mimosaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> Speg. <i>Mimosa microcarpa</i> Benth. <i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.
Myrsinaceae	<i>Rapanea guianensis</i> Aubl. <i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp. <i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC <i>Myrcia</i> sp. <i>Siphoneugenia widgreniana</i> Berg
Ochnaceae	<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engler
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.
Rhamnaceae	<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Sw.
Styracaceae	<i>Styrax ferrugineus</i> Nees et Mart.
Symplocaceae	<i>Symplocos lanceolata</i> (Mart.) A. DC. <i>Symplocos pubescens</i> Klotzsch ex Benth.
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis</i> sp.
Verbenaceae	<i>Aegiphila lhotzkiana</i> Cham. <i>Aegiphila paraguariensis</i> Briq. <i>Lippia obscura</i> Briq.
Vochysiaceae	<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Sprengel <i>Vochysia tucanorum</i> Mart.

ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO

A estrutura da vegetação mostrou-se variável de acordo com a topossequência analisada. Na topossequência 1, observando-a de seu terço inferior para o superior, a vegetação é densa no intervalo que vai da faixa 1 até a faixa 5/6, caracterizando-se o cerrado *sensu stricto* (Tabela 6 e Figura 9). Esta unidade fisionômica demonstrou elevada área basal no intervalo entre as faixas 3 a 5. Há uma tendência, encosta acima, de que a densidade e a área basal arbórea diminuam. No intervalo entre as faixas 6/7 a 9, a estrutura da vegetação modifica-se (Tabela 6), permitindo sua delimitação como campo cerrado. Da mesma forma, o intervalo subsequente situado entre as faixas 9 a 11, pôde ser classificado como campo sujo, tendo em vista as variações, principalmente, da densidade.

O número de espécies arbóreas tende a aumentar com a complexidade estrutural da vegetação, bem como a estimativa para o Índice de Diversidade de Shannon (H') (Tabela 6). A

eqüidade, entretanto, parece não obedecer a uma tendência observável, a exemplo do que ocorreu com os demais parâmetros estruturais

Tabela 6 – Variações verificadas nos índices estruturais da vegetação ao longo da topossequência 1 (DT= Densidade Absoluta Total; AB = Área Basal; S = n° de espécies; H'= índice de diversidade de Shannon; J = eqüidade).

Faixas	DT ind.ha ⁻¹	AB m ² .ha ⁻¹	S n°	H' (nats/ind.)	J
1	2630	11,60	20	2,62	0,87
2	2220	9,48	24	2,60	0,82
3	2320	15,71	31	2,80	0,81
4	2670	16,02	33	2,60	0,74
5	2600	17,45	34	2,91	0,83
6	2730	11,32	22	2,52	0,82
7	1940	7,48	19	2,38	0,81
8	1860	7,29	19	2,35	0,80
9	1340	5,98	18	2,20	0,76
10	1900	5,19	19	2,12	0,72
11	980	3,10	11	1,78	0,74

Diferentemente da topossequência 1, a segunda caracteriza-se por apresentar vegetação esparsa em seu terço inferior e vegetação densa em seu terço superior. A faixa 1 caracteriza-se por possuir uma densidade muito baixa (campo sujo), que se adensa encosta acima, permitindo sua definição como campo cerrado entre as faixas 2 até aproximadamente a faixa 6. Entre as faixas 7 e 10, têm-se um aumento da complexidade estrutural da vegetação, permitindo sua delimitação como cerrado *sensu stricto* (Tabela 7 e Figura 10).

Tabela 7 – Variações verificadas nos índices estruturais da vegetação ao longo da topossequência 2 (DT= Densidade Absoluta Total; AB = Área Basal; S = n° de espécies; H'= índice de diversidade de Shannon; J = eqüidade).

Faixa	DT ind.ha ⁻¹	AB m ² .ha ⁻¹	S n°	H' (nats/ind.)	J
1	371	1,46	7	1,56	0,80
2	700	2,51	9	1,50	0,68
3	640	4,67	7	1,24	0,63
4	1150	6,36	16	2,27	0,82
5	1430	6,64	18	1,93	0,67
6	1210	5,07	13	1,58	0,62
7	2670	10,05	21	1,90	0,63
8	2300	13,65	19	2,17	0,74
9	2490	13,60	24	2,27	0,71
10	2940	12,33	28	1,99	0,60

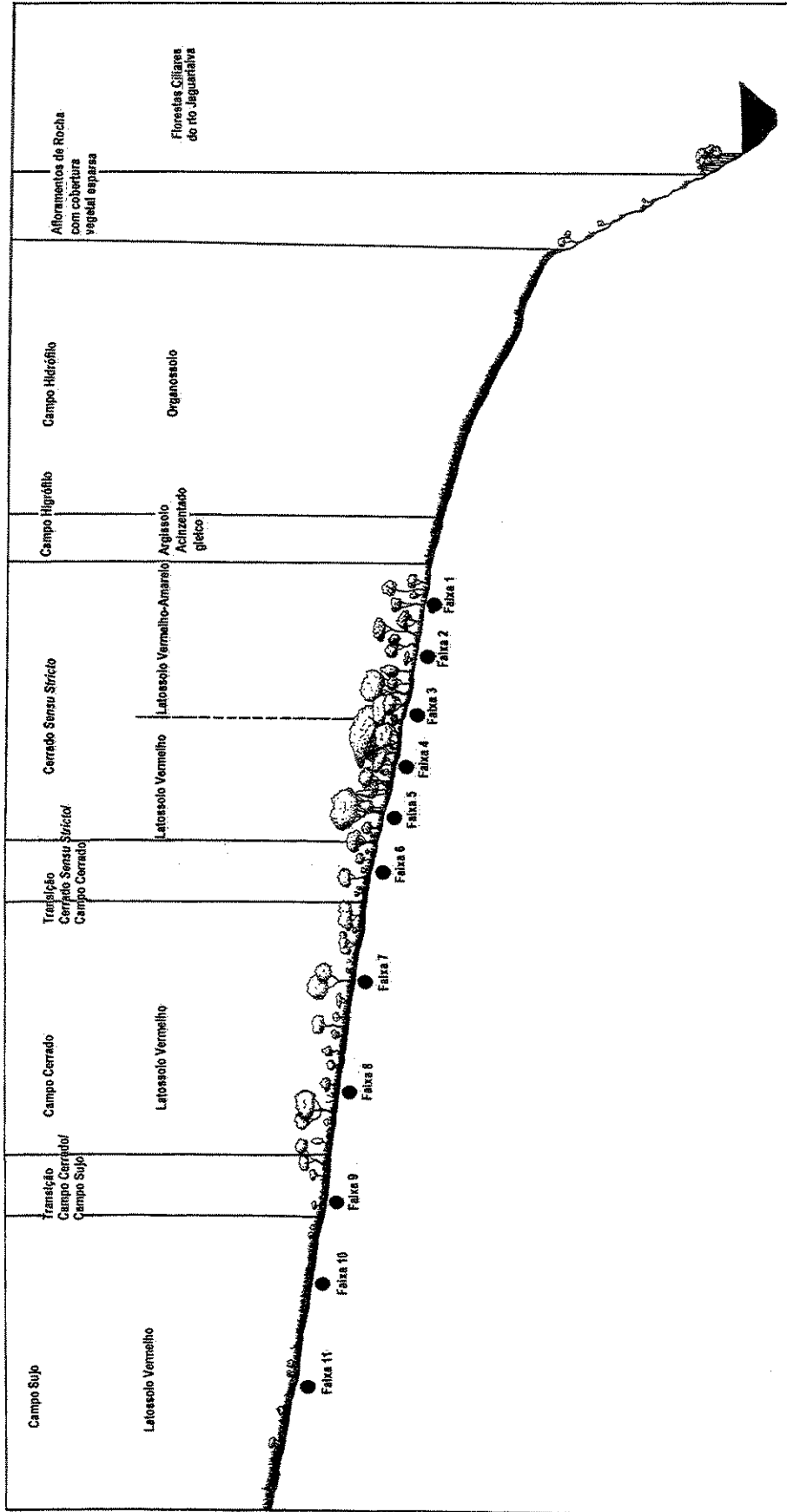


Figura 9 – Perfil esquemático demonstrativo das variações estruturais da vegetação e pedoambiente ao longo da topossequência 1.

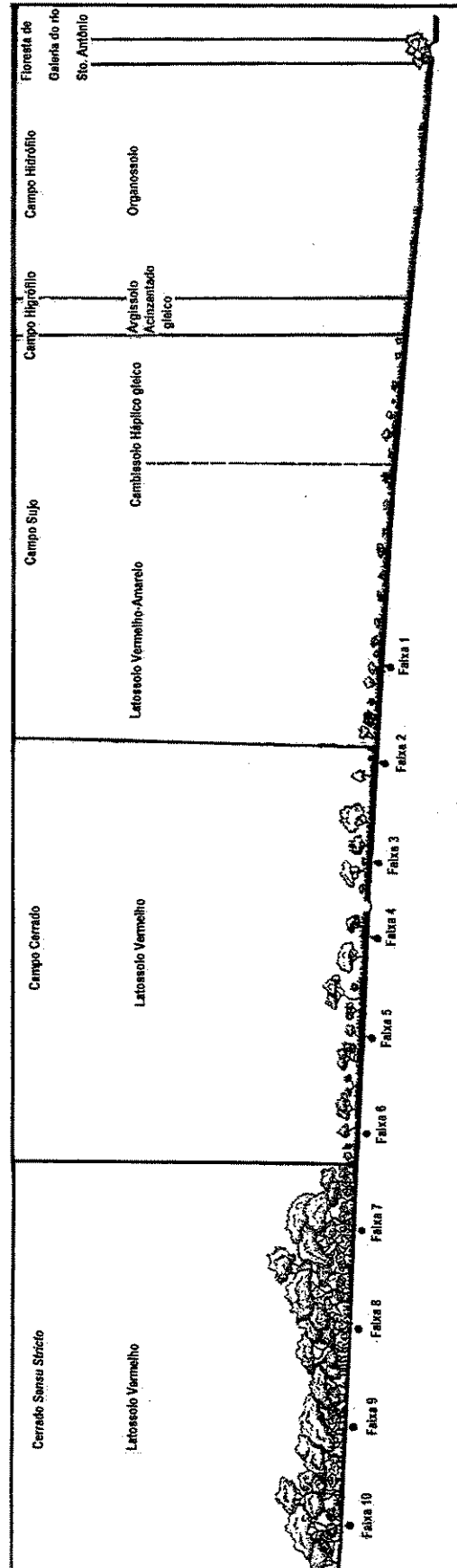


Figura 10 – Perfil esquemático demonstrativo das variações estruturais da vegetação e pedoambiente ao longo da topossequência 2.

O número de espécies tende a aumentar na medida em que esta complexidade estrutural aumenta, fazendo com que o índice de diversidade de Shannon apresente esta mesma tendência. Contudo, devido às flutuações verificadas na distribuição mais ou menos eqüitativa da importância, a qual pode ser denotada pela variação do índice de eqüidade (J da Tabela 7), o índice de diversidade também demonstra flutuações. Um fato a ser observado é o de que os cinco parâmetros relacionados na Tabela 7 apresentam queda exatamente na faixa 6, a qual representa o limite transicional entre o campo cerrado do terço inferior e médio, e o cerrado *sensu stricto*, do terço superior.

Ao observar os dados contidos nas Tabelas 8 e 9 denota-se que as espécies que ocorrem ao longo de toda a topossequência 1 com elevada abundância são poucas, mas cabe destacar três delas: *Stryphnodendron adstringens*, a qual ocorre com elevada abundância nas áreas de campo cerrado e, *Couepia grandiflora* e *Anadenanthera peregrina*, ambas muito abundantes nas áreas de cerrado *sensu stricto* (exceto pela elevada dominância de *C. grandiflora* na faixa 10).

Ressalta-se a presença de certas espécies exclusivamente nas áreas mais densas de cerrado *sensu stricto*, dentre estas *Vochysia tucanorum*, *Copaifera langsdorfii*, *Daphnopsis* sp., *Jacaranda micrantha*, *Pera obovata* e outras. Este conjunto de espécies não possui características xeromórficas como muitas das encontradas no contingente florístico da Savana.

Os mesmos dados para a topossequência 2 encontram-se dispostos nas Tabelas 10 e 11. Embora as características de cada topossequências sejam muito diferentes, novamente nas faixas de campo cerrado *Stryphnodendron adstringens* aparece como espécie de destacada importância e, *Couepia grandiflora* e *Anadenanthera peregrina* figuram como as mais abundantes no cerrado *sensu stricto*. Novamente algumas espécies com aparência não xeromórfica, como *Cinnamomum sellowianum*, *Symplocos pubescens* e *Vochysia tucanorum*, aparentemente têm preferência por ambientes onde a complexidade estrutural da vegetação é maior.

A maior parte das espécies, entretanto, não apresenta nenhum padrão de fácil compreensão. Possuem, em geral, variações de pequena amplitude ao longo da topossequência, tanto se observados os valores de dominância quanto de densidade.

Tabela 8 – Variação da densidade das espécies amostradas na topossequência 1 ao longo das faixas de amostragem.

ESPECIES	Densidade Absoluta (n° ind.ha ⁻¹)											
	Faixas											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Acosmium subelegans</i>	120	60	190	140	140	80	80	70	10	80	40	1010
<i>Aegiphila paraguayensis</i>	90	130	260	310	210	80	10	10	10	10	-	1120
<i>Aegiphila lhotzkiana</i>	60	-	-	-	40	-	-	-	20	-	-	20
<i>Allagoptera campestris</i>	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	30
<i>Anadenanthera peregrina</i>	580	410	290	740	500	610	120	310	190	300	130	4180
<i>Annona crassiflora</i>	40	30	-	20	20	40	10	10	60	40	100	300
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	-	-	10	-	40	-	-	-	-	-	-	40
<i>Austroplenckia populnea</i>	10	10	30	10	70	-	-	-	-	-	-	130
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	20
<i>Bauhinia holophylla</i>	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	230	330	210	170	120	450	370	190	150	110	10	2340
<i>Caryocar brasiliense</i>	180	100	90	20	20	80	10	20	-	-	-	520
<i>Casearia sylvestris</i>	30	10	-	-	-	-	-	-	10	10	40	60
<i>Cinnamomum sellowianum</i>	-	30	10	30	60	10	-	-	-	-	-	140
<i>Copaifera langsdorfii</i>	-	-	10	-	10	-	-	-	-	-	-	10
<i>Couepia grandiflora</i>	60	70	260	230	300	180	20	250	20	410	-	1800
<i>Cyrtanthus antisyphilitica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10
<i>Dalbergia miscolobium</i>	190	110	50	80	20	80	250	190	300	590	270	2130
<i>Daphnopsis</i> sp.	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	20
<i>Didymopanax vinosum</i>	-	10	20	10	20	-	-	-	-	-	-	60
<i>Diospyros hispida</i>	130	-	30	-	20	-	-	-	-	-	-	20
<i>Erythroxylum suberosum</i>	10	40	40	10	20	30	20	20	-	-	-	190
<i>Eugenia</i> sp.	-	10	20	10	-	20	20	30	10	20	-	100
<i>Eupatorium laevigatum</i>	-	10	-	10	-	-	-	-	-	10	-	10
<i>Ficus</i> sp.	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Jacaranda micrantha</i>	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Guatteria australis</i>	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Kielmeyera coriacea</i>	-	20	30	40	10	160	-	10	10	60	-	80
<i>Lafoensia densiflora</i>	270	310	90	30	110	50	120	-	-	-	-	980
<i>Lippia obscura</i>	-	-	10	10	10	-	-	-	-	-	-	30
<i>Machaerium acutifolium</i>	190	20	40	70	120	40	130	90	110	30	20	860
<i>Miconia albicans</i>	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	10
<i>Miconia sellowiana</i>	-	-	10	10	40	10	-	-	-	-	-	70
<i>Mimosa microcarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	10
<i>Myrcia multiflora</i>	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Myrcia</i> sp.	-	10	-	30	20	40	-	10	-	10	-	10
<i>Ouratea spectabilis</i>	70	80	90	170	100	30	40	50	20	80	20	750
<i>Pera obovata</i>	-	-	10	10	10	-	-	-	-	-	-	30
<i>Qualea cordata</i>	10	-	10	170	60	-	20	-	-	-	-	20
<i>Rapanea guianensis</i>	-	-	10	10	-	10	20	20	20	20	10	100
<i>Rapanea umbellata</i>	-	-	-	20	120	-	-	-	-	-	-	140
<i>Rhamnus sphaerosperma</i>	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	10
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	130	230	300	210	240	280	430	410	320	70	330	2950
<i>Syagrus hatschbachii</i>	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	10

Tabela 8 (cont.)

ESPECIES	Densidade Absoluta (n° ind.ha ⁻¹)											
	Faixas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Styrax ferrugineus</i>	-	20	10	20	20	120	40	-	-	20	-	20
<i>Symplocos lanceolata</i>	110	70	50	10	10	280	100	120	30	20	-	800
<i>Tabebuia ochracea</i>	120	100	110	30	40	50	130	40	40	10	-	670
<i>Vochysia tucanorum</i>	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	10
TOTAL	2630	2220	2320	2670	2600	2730	1940	1860	1340	1900	980	23190

Tabela 9 – Variação da dominância das espécies amostradas na topossequência 1 ao longo das faixas de amostragem.

ESPECIES	Dominância Absoluta (m ² .ha ⁻¹)											
	Faixas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
<i>Acosmium subelegans</i>	0,2550	0,1924	1,1282	0,8482	0,3831	0,1847	0,0691	0,0933	0,0159	0,0916	0,0337	3,2952
<i>Aegiphilla paraguariensis</i>	0,1229	0,1557	0,3883	0,4356	0,3230	0,1139	0,0159	0,0113	0,0283	0,0312	-	1,6261
<i>Aegiphilla lhotzkiana</i>	0,0859	-	-	-	0,0635	-	-	-	0,0318	-	-	0,0318
<i>Allagoptera campestris</i>	-	-	-	-	0,1127	-	-	-	-	-	-	0,1127
<i>Anadenanthera peregrina</i>	1,3878	0,9485	0,8045	2,3752	1,7472	1,5500	0,2899	0,4449	0,3927	0,5700	0,1968	10,708
<i>Annona crassiflora</i>	0,9746	0,2315	-	0,0707	0,1399	0,3309	0,0255	0,0916	0,5022	0,2001	0,5411	1,902
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	-	-	0,0080	-	0,0422	-	-	-	-	-	-	0,0422
<i>Austroplenkia populnea</i>	0,0080	0,2956	0,8195	0,3464	0,8952	-	-	-	-	-	-	2,3647
<i>Bauhinia holophylla</i>	-	-	0,0080	-	-	-	-	-	-	-	-	0,008
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	-	-	-	-	0,0192	-	-	-	-	-	-	0,0192
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	1,5224	1,3082	1,0160	0,9332	0,4833	2,0483	1,4049	0,6271	0,7075	0,6565	0,1039	10,811
<i>Caryocar brasiliense</i>	0,2040	0,1289	0,1533	0,0458	0,0599	0,2357	0,0882	0,0707	-	-	-	0,9865
<i>Casearia sylvestris</i>	0,0307	0,0113	-	-	-	-	-	-	0,0132	0,0096	0,0557	0,0785
<i>Cinnamomum sellowianum</i>	-	0,0407	0,0080	0,2599	0,7324	0,0246	-	-	-	-	-	1,0656
<i>Copaifera langsdorffii</i>	-	-	0,0132	-	0,6424	-	-	-	-	-	-	0,6424
<i>Couepia grandiflora</i>	1,0152	0,7079	3,9455	3,4076	4,2850	1,0576	0,1320	1,6587	0,2868	1,8057	-	18,302
<i>Cydistax antisiphilitica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0096	0,0096
<i>Dalbergia miscolobium</i>	1,7667	0,4244	0,0717	0,8291	0,4567	0,7223	0,8045	0,4528	0,7250	1,1229	0,5229	7,899
<i>Daphnopsis</i> sp.	-	-	-	-	0,0177	-	-	-	-	-	-	0,0177
<i>Didymopanax vinosum</i>	-	0,0145	0,0485	0,0342	0,1141	-	-	-	-	-	-	0,2113
<i>Diospyros hispida</i>	0,1922	-	0,0538	-	0,0192	-	-	-	-	-	-	0,0192
<i>Erythroxylum suberosum</i>	0,0113	0,2228	0,0922	0,0113	0,0291	0,0257	0,0811	0,0336	-	-	-	0,5071
<i>Eugenia</i> sp.	-	0,0665	0,1801	0,0322	-	0,1463	0,0239	0,0414	0,0322	0,0261	-	0,2699
<i>Eupatorium laevigatum</i>	-	0,0096	-	0,0080	-	-	-	-	-	0,0080	-	0,008
<i>Ficus</i> sp.	-	-	-	0,0096	-	-	-	-	-	-	-	0,0096
<i>Guatteria australis</i>	-	-	0,0419	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0419
<i>Jacaranda micrantha</i>	-	-	-	0,0283	-	-	-	-	-	-	-	0,0283
<i>Kielmeyera coriacea</i>	-	0,0161	0,0293	0,0519	0,1410	0,5538	-	0,0181	0,0342	0,0859	-	0,1382
<i>Lafoensia densiflora</i>	1,3569	1,6788	0,9666	0,1991	0,6508	0,3241	0,4592	-	-	-	-	5,6355
<i>Lippia obscura</i>	-	-	0,0113	0,0145	0,0132	-	-	-	-	-	-	0,039
<i>Machaerium acutifolium</i>	1,1434	0,0192	0,3337	0,1059	0,2565	0,0406	0,1768	0,1333	0,2209	0,0290	0,0475	2,5068
<i>Miconia albicans</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,0159	-	-	-	0,0159
<i>Miconia sellowiana</i>	-	-	0,6697	0,0080	0,3018	0,0264	-	-	-	-	-	1,0059

Tabela 10 – Variação da densidade das espécies amostradas na topossequência 2 ao longo das faixas de amostragem.

[illegible]

Tabela 10 (Cont.)

ESPECIES	Densidade Absoluta (n° ind.ha ⁻¹)										
	Faixas										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Qualea grandiflora</i>	-	-	-	-	40	-	-	30	-	10	10
<i>Rapanea guianensis</i>	-	-	110	50	140	-	10	30	30	30	100
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	100	290	380	150	530	380	550	210	180	120	2890
<i>Symplocos lanceolata</i>	-	-	10	-	10	-	20	20	40	90	170
<i>Symplocos pubescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	30	50	80
<i>Tabebuia ochracea</i>	14	190	90	130	40	20	90	130	100	-	804
<i>Vochysia tucanorum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	40
TOTAL	371	700	640	1150	1360	1210	2670	2300	2490	2940	15831

Tabela 11 – Variação da dominância das espécies amostradas na topossequência 2 ao longo das faixas de amostragem.

ESPECIES	Dominância Absoluta (m ² .ha ⁻¹)										
	Faixas										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Annona crassiflora</i>	0,0907	-	0,0801	0,815	0,3571	0,0132	0,4151	0,4743	0,6125	0,0962	2,8635
<i>Aegiphilla paraguariensis</i>	0,0189	0,0396	-	0,1111	0,0181	0,008	0,0096	0,0406	0,3246	0,4419	0,9539
<i>Anadenanthera peregrina</i>	0,115	0,1509	0,0459	0,1732	0,438	0,6489	2,9293	3,4189	3,081	2,9297	13,9308
<i>Austroplenckia populnea</i>	-	-	-	-	0,0113	0,0255	-	-	0,4656	-	0,4656
<i>Acosmium subelegans</i>	-	0,454	-	0,1443	0,201	0,0661	0,0995	0,4754	0,2522	0,1304	1,3689
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0177	-	0,0177
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	-	0,0108	0,2634	0,0817	-	0,1474	0,2101	0,5234	0,0581	0,0761	1,0151
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	-	-	-	0,2047	-	-	-	-	-	-	0,2047
<i>Caryocar brasiliense</i>	-	-	-	0,1846	0,062	-	0,1382	0,1339	0,3138	0,0728	0,6587
<i>Couepia grandiflora</i>	-	-	-	0,2478	1,5031	1,4797	2,2423	4,6457	5,5187	4,4338	20,0711
<i>Cinnamomum sellowianum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2965	0,2965
<i>Casearia sylvestris</i>	0,0475	0,3176	-	-	-	-	0,008	0,0132	0,0096	0,008	0,0388
<i>Diospyros hispida</i>	-	-	-	-	-	-	0,0239	0,164	0,0261	0,0946	0,3086
<i>Dalbergia miscolobium</i>	-	-	-	-	0,0625	0,008	0,3211	0,6197	0,2889	0,5791	1,8793
<i>Didymopanax vinosum</i>	-	-	-	0,0159	-	-	0,0166	-	0,2337	0,2425	0,4762
<i>Eupatorium laevigatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0177	-	0,0177
<i>Eugenia sp.</i>	-	0,008	-	0,0321	0,0096	0,0096	0,1588	-	-	-	0,2101
<i>Kielmeyera coriacea</i>	0,8438	-	-	-	0,0159	0,0277	0,152	-	0,1134	0,0948	0,2082
<i>Lafoensia densiflora</i>	-	-	-	-	-	-	0,0951	0,7166	0,1917	0,0196	1,023
<i>Machaerium acutifolium</i>	-	-	-	0,0113	-	0,0273	0,008	-	0,0181	0,0385	0,0566
<i>Myrcia sp.</i>	-	-	-	0,0177	0,0096	-	0,0181	0,0272	0,0113	0,0336	0,0902
<i>Ouratea spectabilis</i>	-	0,008	-	0,0119	0,2653	-	0,5375	0,2041	0,6082	0,7071	2,0569
<i>Persea venosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1133	0,1133
<i>Qualea grandiflora</i>	-	-	-	-	0,0961	-	-	0,5346	-	0,219	0,219
<i>Rapanea guianensis</i>	-	-	0,392	0,3973	0,254	-	0,0229	0,1372	0,0353	0,0423	0,2377
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	0,3247	1,5504	3,299	2,3119	3,1435	2,5514	2,2803	1,0598	0,4038	0,5664	17,4912
<i>Symplocos lanceolata</i>	-	-	0,0709	-	0,0385	-	0,0387	0,0272	0,178	0,2228	0,4667
<i>Symplocos pubescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0307	0,1224	0,1531
<i>Tabebuia ochracea</i>	0,0162	0,3818	0,5141	0,302	0,1219	0,0583	0,3226	0,2643	0,7867	-	2,7679
<i>Vochysia tucanorum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6891	0,6891
TOTAL	1,46	2,51	4,67	6,36	6,64	5,07	10,05	13,65	13,60	12,33	76,34

REGIME HÍDRICO DOS SOLOS, PADRÕES DE GEOMORFIA E A VARIAÇÃO DA VEGETAÇÃO SAVÂNICA.

Conforme já descrito, a topossequência 1 está situada sobre forma de rampa convexa-retilínea (Figura 6A, p. 37), possibilitando distribuição hídrica difusa (Hall & Olson 1991; Wysocki & Schoenenberger 1999). Sua pedossequência é composta por LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (LVd) nos terços superior, médio e parte do inferior. O LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico argissólico (LVAd) encontra-se exclusivamente na porção final do terço inferior. Entre estas duas classes foi verificada uma faixa transicional de aproximadamente 50 m.

Ambas as classes apresentam-se altamente dessaturadas por bases e com altos teores de alumínio trocável, sem variações significativas dos atributos químicos ao longo da encosta (Tabela 12). Estas características são comuns aos solos da região de Jaguariaíva (EMBRAPA/IAPAR 1984).

Tabela 12 – Valores médios (de três repetições) dos parâmetros T, S, V e m e granulometria nos terços superior, médio e inferior da topossequência 1.

Posição/perfil	Classe de solo	Horizonte	Areia g/Kg	Silte g/Kg	Argila g/Kg	T (cmol _c .Kg ⁻¹)	S (cmol _c .Kg ⁻¹)	V (%)	m (%)
Terço Superior (Perfil 04)	LVd	A	663,3	106,7	230,0	6,91	0,61a	9a	62a
		B _w	553,3	153,3	293,3	5,14	1,07a	21a	41a
Terço Médio (Perfil 05)	LVd	A	630,0	133,3	236,7	6,75	0,74a	11a	60a
		B _w	530,0	116,7	353,3	5,00	0,61a	12a	62a
Terço Inferior (Perfil 06)	LVAd	A	750,0	96,7	153,3	6,23	0,80a	13a	49a
		B _w	540,0	153,3	306,7	7,03	0,60a	10a	56a

Obs.: Teste Tukey (nível de significância p = 0,05); nenhuma diferença significativa.

Os parâmetros de fertilidade das subcamadas do horizonte superficial (até 10 cm de profundidade – Tabela 13) demonstram a inexistência de diferença nos atributos químicos V, S e m, tanto quando se comparou uma mesma subcamada entre os diferentes terços da encosta, como também quando se comparou diferentes subcamadas em um mesmo terço de rampa.

Tabela 13 – Valores médios (de três repetições) dos parâmetros T, S, V e m nas profundidades de 3, 6 e 10 cm no terço superior, médio e inferior da topossequência 1.

Posição/perfis	Classe de Solo	Profundidade (cm)	T (cmol _c .Kg ⁻¹)	S (cmol _c .Kg ⁻¹)	V (%)	m (%)
Terço superior (P 4)	LVd	0-3	8,93	1,27a	14,32a	50,94a
		3-6	8,06	1,03a	12,81a	51,98a
		6-10	7,74	1,01a	12,89a	49,47a
Terço médio (P 5)	LVd	0-3	9,12	1,13a	12,36a	54,83a
		3-6	8,07	1,30a	15,36a	54,96a
		6-10	7,66	1,13a	14,75a	50,66a
Terço inferior (P 6)	LVAd	0-3	9,02	1,02a	11,40a	50,56a
		3-6	7,99	1,22a	15,08a	51,56a
		6-10	7,49	1,11a	14,67a	51,99a

Obs.: Teste Tukey (nível de significância $p > 0,05$); nenhuma diferença significativa.

Quanto às características físico-hídricas (Tabela 14), os solos estão enquadrados dentro da classe dos latossolos, com valores elevados no volume total de poros (50 a 60 %), o que lhes dá boa permeabilidade. Oliveira & Paula (1988) e Giarola *et al.* (2000) comentam a elevada porosidade encontrada na ordem dos latossolos.

Tabela 14 – Variação dos valores médios (de três repetições) dos parâmetros físico-hídrico dos solos na topossequência 1.

Posição/ Perfis	Classes de solo	Horizontes	Densidade do solo (g/cm ³)	Densidade partículas (g/cm ³)	Porosidade (g/g)		
					Total	Macro	Micro
Terço superior (P 3)	LVd	A	1,37	2,61	0,47	0,23	0,24
		AB	1,22	2,63	0,54	0,32	0,22
		BA	1,23	2,63	0,53	0,32	0,21
		B _w	1,20	2,65	0,55	0,29	0,26
Terço médio (P 4)	LVd	A	1,22	2,59	0,53	0,25	0,28
		AB	1,20	2,66	0,55	0,35	0,20
		BA	1,12	2,68	0,58	0,36	0,22
		B _w	1,16	2,67	0,57	0,32	0,25
Terço inferior (P 5)	CXbd	A	1,34	2,66	0,50	0,29	0,21
		AB	1,30	2,65	0,51	0,33	0,18
		BA	1,16	2,64	0,56	0,37	0,19
		B _w	1,12	2,64	0,58	0,31	0,26

Através das Figuras 11 e 12 pode-se verificar que a umidade volumétrica tanto dos horizontes superficiais quanto dos sub-superficiais são muito semelhantes. Entretanto, a água disponível mostra-se crescente no horizonte A do terço inferior (P6) para o superior (P4) (Figura 13).

Os valores de água disponível, ainda que variáveis no horizonte A, são restritivos. De acordo com Ranzani (1971), valores abaixo de 10% são considerados baixos a muito baixos para culturas agrícolas. Sendo os solos desta topossequência caracterizados por valores de água disponível abaixo de 5% de seu volume, pode-se considerá-los como restritivos.

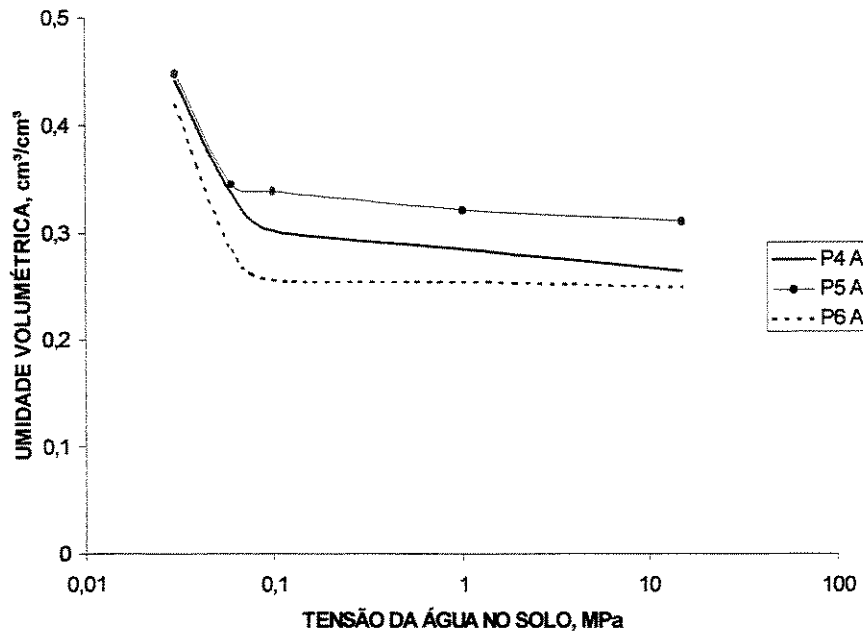


Figura 11 – Variação da Umidade volumétrica (cm^3/cm^3) sob diferentes tensões no horizonte A dos solos distribuídos ao longo do terço inferior (P4), terço médio (P5) e terço superior (P6) da topossequência 1.

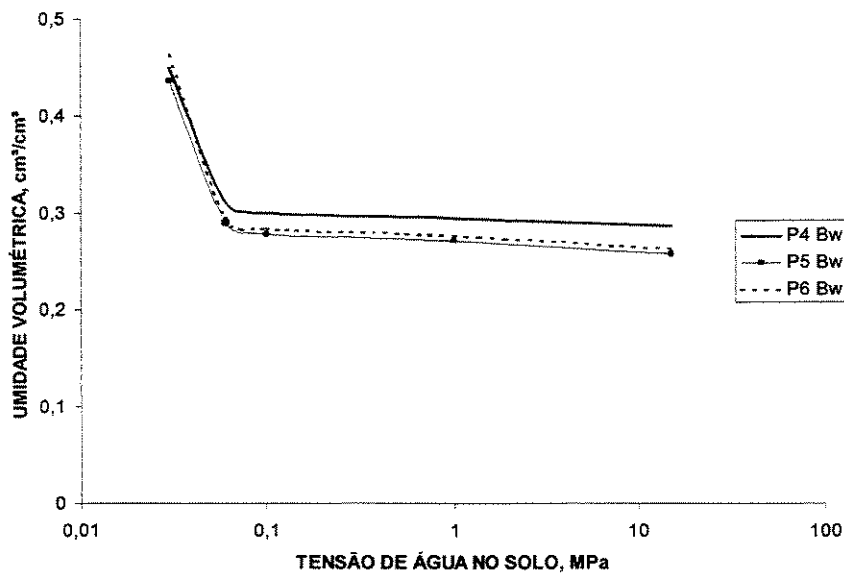


Figura 12 – Variação da Umidade volumétrica (cm^3/cm^3) sob diferentes tensões no horizonte B dos solos distribuídos ao longo do terço inferior (P4), terço médio (P5) e terço superior (P6) da topossequência 1.

Apesar dos baixos valores de água disponível, a feição geomórfica convexa-retilínea, a qual promove fluxos hídricos laterais de forma difusa, condiciona maior quantidade de água no terço inferior, no entanto, sem que ocorra saturação hídrica. Como resultado, foi verificada a presença do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, cuja coloração reflete uma maior razão de goetita/hematita decorrente da maior quantidade de água presente neste ambiente (Kämpf & Curi 2000; Curi & Franzmeier 1984)

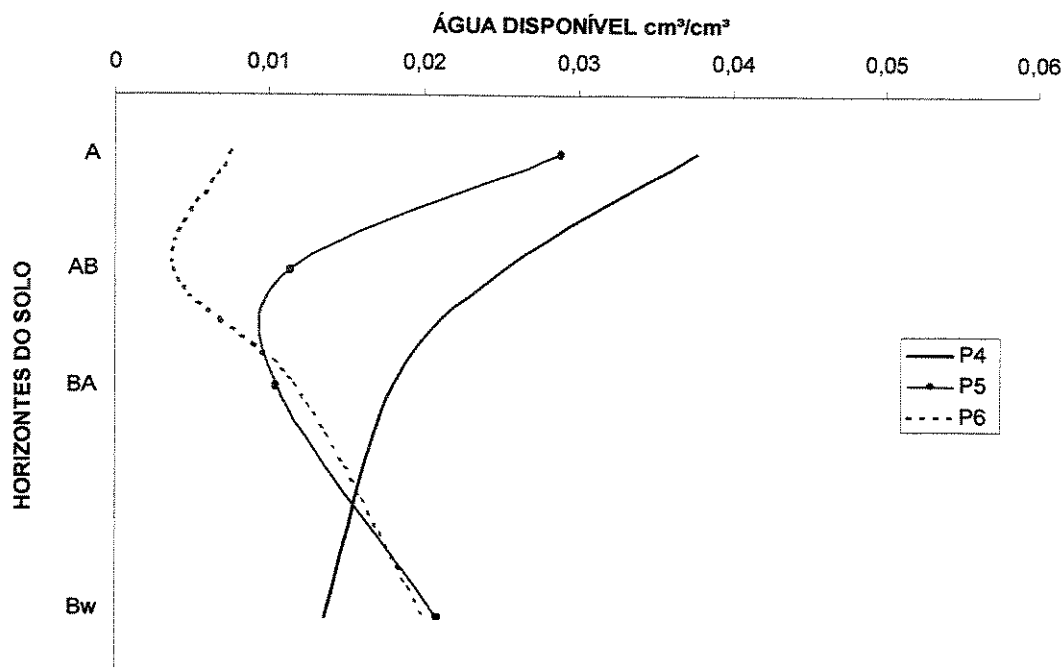


Figura 13 – Água disponível ao longo dos terços superior (P4), médio (P5) e inferior (P6) da topossequência 1 nos diferentes horizontes do solo.

Diferentemente da primeira, a topossequência 2 está situada sobre rampa mista, convexa-divergente/côncava-convergente (Figura 6B), que se caracteriza por possibilitar uma distribuição hídrica diferenciada do topo para a base. Na porção superior, a feição convexa implica em movimentação hídrica difusa e na porção inferior, movimentação hídrica convergente, coerente ao citado por Hall & Olson (1991) e Wysocki & Schoenenberger (2000).

Sua pedossequência é composta por LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (LVd), nos terços superior e médio e CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico gleico (CXbd), no terço inferior (Figura 10, p. 47). A exemplo do verificado na topossequência 1, ambas as classes são altamente dessaturadas por bases e com altos teores de alumínio trocável, não sendo verificada variação nos parâmetros químicos dos solos ao longo da encosta (Tabela 15).

Nesta topossequência as subcamadas de A apresentaram algumas diferenças. No terço inferior (P3) a subcamada de 6-10cm apresenta maior concentração de alumínio trocável (valor m%) e menor percentual de bases trocáveis (valor V%). Considerando somente a subcamada de 0-3cm, verificou-se uma redução do valor V e um aumento do valor m do terço superior para o inferior (Tabela 16). Acredita-se que estas diferenças não sejam relevantes, pois não há relação entre esta variação e aquela constatada na vegetação. Isto é reforçado pelo fato de não haver diferenças correspondentes nas demais subcamadas, horizontes ou até mesmo na topossequência 1.

Tabela 15 – Valores médios (de três repetições) dos parâmetros T, S, V e m e granulometria nos terços superior, médio e inferior da Topossequência 2.

Posição/perfil	Classe de solo	Horizonte	Areia g/Kg	Silte g/Kg	Argila g/Kg	T (cmol _c .Kg ⁻¹)	S (cmol _c .Kg ⁻¹)	V (%)	m (%)
Terço Superior (Perfil 01)	LVd	A	726,7	93,3	180,0	6,65	0,80a	12a	49 ^a
		B _w	593,3	136,7	270,0	4,54	0,66a	14a	56 ^a
Terço Médio (Perfil 02)	LVd	A	723,3	90,0	186,7	6,43	1,01a	16a	50 ^a
		B _w	590,0	103,3	300,0	5,02	0,68a	14a	59 ^a
Terço Inferior (Perfil 03)	CXbd	A	720,0	136,7	143,3	6,64	1,09a	16a	46 ^a
		B _w	676,7	113,3	210,0	5,37	0,79a	15a	52 ^a

Obs.: Teste Tukey (nível de significância p > 0,05); nenhuma diferença significativa.

Tabela 16 – Valores médios (de três repetições) dos parâmetros T, S, V e m nas profundidades de 3, 6 e 10 cm nos terços superior, médio e inferior da topossequência 2.

Posição/perfis	Classe de Solo	Profundidade (cm)	T (cmol _c .Kg ⁻¹)	S (cmol _c .Kg ⁻¹)	V (%)	m (%)
Terço superior (P 1)	LVd	0-3	9,27	0,88	9,57 ^{**a}	60,50 ^{**a}
		3-6	8,77	1,17	12,73	53,95
		6-10	8,68	0,92	10,47	59,98
Terço médio (P 2)	LVd	0-3	8,66	2,03	23,02 ^{**b}	30,58 ^{**b}
		3-6	8,38	1,26	14,79	53,87
		6-10	7,43	1,30	17,68	50,23
Terço inferior (P 3)	CXbd	0-3	7,90	1,90 ^{*a}	24,14 ^{*a**b}	31,49 ^{*a**b}
		3-6	7,90	1,51 ^{*a}	19,04 ^{*ab}	40,94 ^{*a}
		6-10	7,10	0,95 ^{*b}	13,39 ^{*b}	52,19 ^{*b}

Obs.: * diferença significativa (Tukey p < 0,05) entre as subcamadas do mesmo perfil.

** diferença significativa (Tukey p < 0,05) entre os terços da encosta na mesma subcamada (0-3cm).

Quanto às características físico-hídricas (Tabela 17), os solos novamente apresentaram valores elevados no volume total de poros (50 a 60 %) e ainda com certa equidade entre macro e microporosidade.

Na topossequência 2, considerando-se somente o horizonte A, observa-se que a umidade volumétrica nos pontos da capacidade de campo (0,01 MPa) e do ponto de murcha permanente (1,5 MPa) são mais elevados no terço médio e mais baixos no terço inferior (Figura 14), porém os dados da Figura 16 esclarecem que a quantidade de água disponível (entre as tensões de 0,01 e 1,5 MPa) é praticamente a mesma entre os mesmos horizontes dos diferentes terços da encosta, exceto em BA. Outra evidência apontada através dos dados contidos na Figura 16, é a maior disponibilidade hídrica em profundidade ao longo de todos os terços da topossequência 2. Mesmo assim, ressalta-se que os valores de água disponível são baixos, todos inferiores a 5% do volume total de solo.

Tabela 17 – Variação dos valores médios (de três repetições) dos parâmetros físico-hídrico dos solos na topossequência 2.

Posição/ Perfis	Classes de solo	Horizontes	Densidade do solo (g/cm ³)	Densidade partículas (g/cm ³)	Porosidade (g/g)		
					Total	Macro	Micro
Terço superior (P 1)	LVd	A	1,41	2,46	42,60	0,20	0,23
		AB	1,37	2,57	46,88	0,29	0,18
		BA	1,22	2,56	52,45	0,25	0,28
		B _w	1,26	2,61	51,56	0,25	0,26
Terço médio (P 2)	LVd	A	1,37	2,57	46,90	0,20	0,27
		AB	1,34	2,49	45,93	0,24	0,22
		BA	1,29	2,49	47,93	0,22	0,26
		B _w	1,28	2,61	51,03	0,22	0,29
Terço inferior (P 3)	CXbd	A	1,40	2,56	45,10	0,26	0,19
		AB	1,44	2,68	46,19	0,29	0,17
		BA	1,42	2,66	46,50	0,25	0,22
		B _i	1,37	2,64	48,22	0,18	0,31
		BC	1,37	2,65	48,48	0,13	0,35

A exemplo do que ocorre na topossequência 1, o terço inferior recebe o maior aporte de água através de fluxos superficiais e subsuperficiais, porém, de forma concentrada, devido à sua peculiar forma côncava-convergente. Tal condicionante explica os indícios de redução de ferro (mosqueados) na base do horizonte BA, os quais tomaram-se evidentes nos horizontes B_i e BC.

Mosqueados têm sua gênese relacionada a ciclos de umedecimento e secagem dos solos os quais favorecem a segregação e oxidação dos compostos de ferro (Thomas 1984). Bouma (1986) utilizou-se dos mosqueados para o enquadramento do regime hídrico dos solos. Deve ser ressaltado que a saturação hídrica encontrada em subsuperfície no Cambissolo é sazonal, sendo identificado um alçamento do lençol até a transição entre os horizontes BA e B_i. No restante do ano, o solo permanece isento de sua presença. Coelho (1998), em solos

derivados do arenito Bauru-SP, mencionou a presença de mosqueados desenvolvendo-se principalmente nos macroporos em função da intermitência dos ciclos de umedecimento e secagem dos solos.

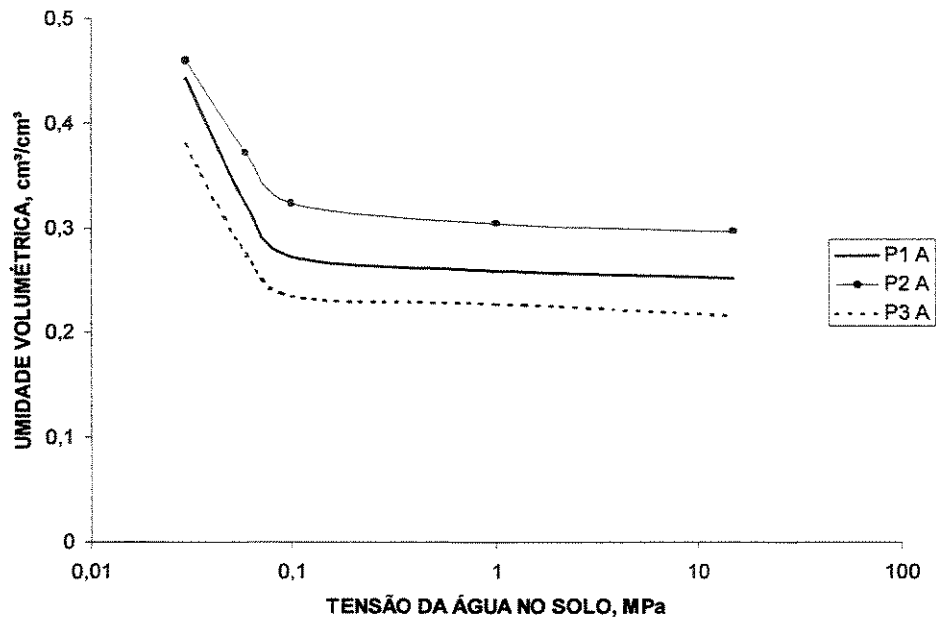


Figura 14 – Variação da Umidade volumétrica (cm^3/cm^3) sob diferentes tensões no horizonte A dos solos distribuídos ao longo do terço inferior (P3), terço médio (P2) e terço superior (P1) da topossequência 2

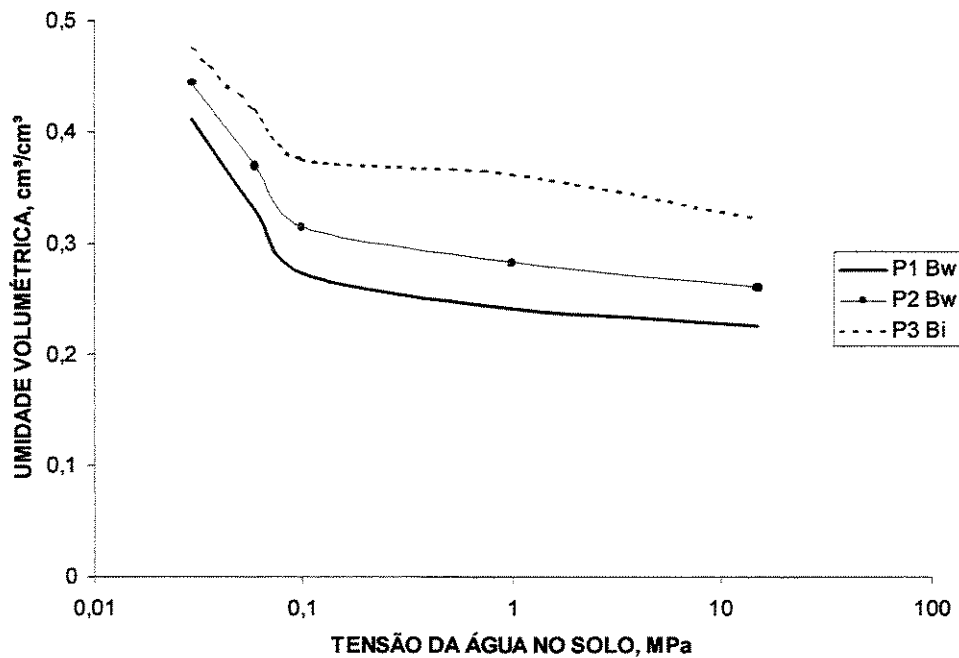


Figura 15 – Variação da Umidade volumétrica (cm^3/cm^3) sob diferentes tensões no horizonte B dos solos distribuídos ao longo do terço inferior (P3), terço médio (P2) e terço superior (P1) da topossequência 2.

Deve ser lembrado que as cores amareladas do CAMBISSOLO HÁPLICO traduzem uma elevada razão goetita/hematita, resultante do maior grau de saturação hídrica nesta porção da paisagem (Kämpf & Curi 2000).

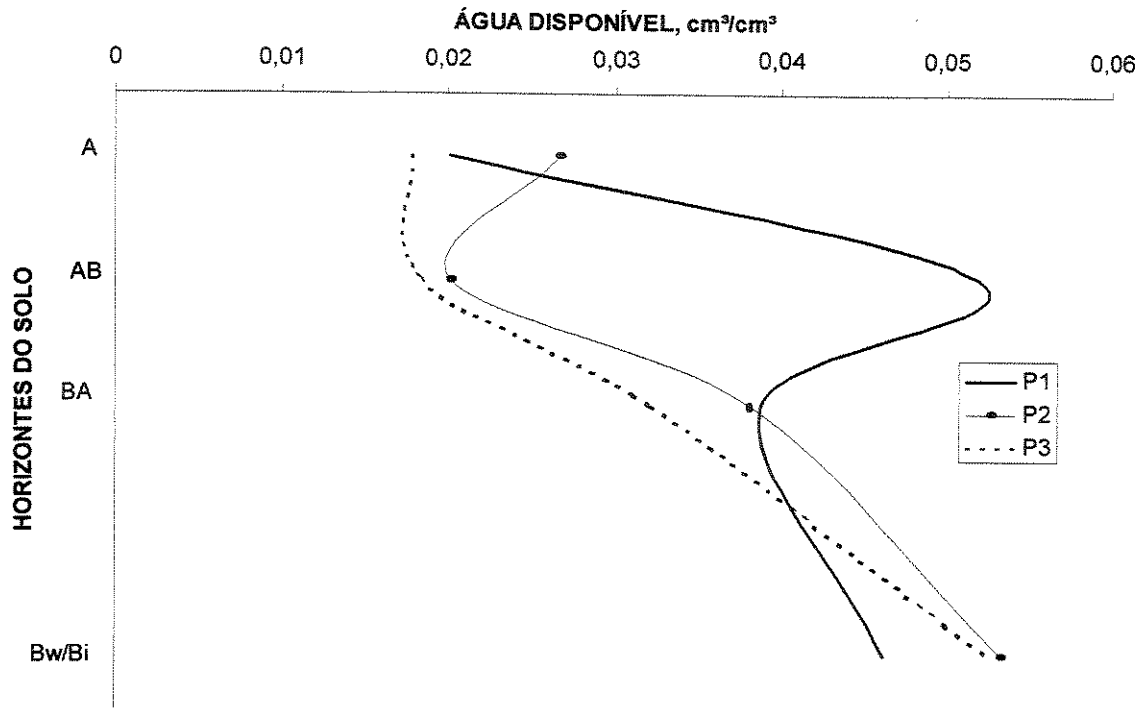


Figura 16 – Água disponível ao longo dos terços superior (P1), médio (P2) e inferior (P3) da topossequência 2 nos diferentes horizontes do solo.

A descrição da vegetação revelou um *continuum* de variação em ambas as topossequências (Tabelas 18 e 19). Na topossequência 1, o terço inferior é dominado por cerrado *sensu stricto*, que varia de denso (faixas 1-2) até muito denso (faixas 3 à 5, aproximadamente), seguido por uma transição (faixa 6) para o campo cerrado (faixas 7-8 – terço médio), que é substituído por campo sujo (faixas 10-11), novamente antecedido pela transição da faixa 9, no terço superior da encosta (Tabela 18).

Na topossequência 2 as formas mais abertas de vegetação dominam os terços inferior e médio (campo sujo, da faixa 1; campo cerrado, das faixas 2-6), sendo o terço superior dominado por vegetação mais densa (cerrado *sensu stricto*, das faixas 7-10) (Tabela 19). Ambas as descrições concordam com Uhlmann *et al.* (1997), depondo em favor de uma variação estrutural concordante com o eixo de declividade das encostas.

Os padrões de variação da vegetação na topossequência 1 não podem ser atribuídos às características de fertilidade dos solos, pois os parâmetros de fertilidade não variaram significativamente.

A disponibilidade hídrica dos solos também não aponta nenhuma diferença que possa explicar a acentuada variação vegetacional descrita, pois, em subsuperfície, a água disponível encontra-se ao redor de 2% do volume total do solo para todas as posições da topossequência, variando entre 1 e 4% somente no horizonte A.

Tabela 18 – Formas fisionômicas e variação dos parâmetros estruturais da vegetação ao longo da topossequências 1.

Faixas	Densidade absoluta (ind/ha)	Dominância absoluta (m ² /ha)	Forma fisionômica
Terço inferior			
01	2.630	11,60	Cerrado <i>sensu stricto</i> (denso)
02	2.220	9,48	
03	2.320	15,71	Cerrado <i>sensu stricto</i> (muito denso)
04	2.670	16,02	
05	2.600	17,45	
Terço médio			
06	2.730	11,32	Transição (Cerrado/Campo cerrado)
07	1.940	7,48	Campo cerrado
08	1.860	7,29	
Terço superior			
09	1.340	5,98	Transição (Campo cerrado/Campo sujo)
10	1.900	5,19	Campo sujo
11	980	3,10	

Para a vegetação arbórea, os sistemas radical-caulinares profundos (Rawitscher *et al.* 1943; Rawitscher & Rachid 1946; Ferri & Laboriau 1952; Ferri & Coutinho 1958), teoricamente, possibilitariam o acesso à água em profundidade, mas o total de água disponível além de baixo (algo em torno de 2% do volume total do solo) mostra-se virtualmente invariável em profundidade ao longo da topossequência (Figura 13). A única condição que se modifica é a declividade da encosta. Esta possibilita a drenagem difusa da água, tomando-a mais prontamente disponível no terço inferior da encosta. Isto pode explicar a ocorrência de formas mais densas de vegetação nesta parte da encosta. Denota-se que isto ocorre não como função de uma característica físico-hídrica dos solos, mas sim como uma derivação da feição geomórfica.

No horizonte A, entretanto, a disponibilidade hídrica mostrou-se maior no terço médio/superior desta, porém os valores (3 e 4% do volume total do solo), ainda assim, são baixos e não há contribuição hídrica das porções da encosta acima deste ponto, como ocorre no terço inferior. Salisbury & Roos (1992) comentaram que o ponto de murcha permanente

convencionado pelos pedólogos em 1,5 MPa, pode ser superado por alguns vegetais e, assim sendo, esta diferença pode ser significativa para as espécies de enraizamento superficial, como as gramíneas. Admitindo tal fato, poder-se-ia levantar a hipótese de que a dominância do denso tapete graminóide estabelecido no terço superior desta encosta poderia ser explicado pela maior quantidade de água disponível.

Na topossequência 2, a ocorrência de formas de vegetação aberta (campo sujo e campo cerrado) inverte o padrão da topossequência 1, entretanto, as razões da presença de formas de vegetação de baixa densidade no terço inferior da encosta, também pode ser atribuída aos padrões geomórficos.

Tabela 19 – Variação dos parâmetros estruturais da vegetação ao longo da topossequência 2.

Faixas	Densidade absoluta (ind/ha)	Dominância absoluta (m ² /ha)	Forma fisionômica
Terço inferior			
01	371	1,46	Campo sujo
02	700	2,51	
03	640	4,67	Campo cerrado
Terço médio			
04	1.150	6,36	Campo cerrado
05	1.430	6,64	
06	1.210	5,07	
Terço superior			
07	2.670	10,05	Cerrado <i>sensu stricto</i>
08	2.300	13,65	
09	2.490	13,60	
10	2.940	12,33	

Tendo em vista que os atributos químicos dos solos ao longo da topossequência não variaram significativamente (Tabela 15) e as características de disponibilidade hídrica mostraram-se também muito similares (respeitada a diferença verificada no horizonte BA dos solos de terço superior – Figura 16), não se pode atribuir a variação da vegetação a nenhuma destas características. Conclui-se que a geomorfia da encosta, responsável pela convergência hídrica no terço inferior da topossequência 2, é responsável pela presença de formações savânicas abertas.

Embora não se tenha encontrado muitos relatos em literatura que afirmem que gradientes de hidromorfia dos solos afetem, em correspondência, a estrutura da vegetação, exceto, talvez, pelas afirmações de Oliveira Filho *et al.* (1989) e de Thompson *et al.* (1992), é razoável pressupor que ao menos algumas espécies savânicas arbóreas tenham dificuldade em se estabelecer sob tais condições, tendo em vista as limitações de um solo tipicamente

hidromórfico, conforme relatos de diversos autores (Askew *et al.* 1971; Oliveira Filho *et al.* 1989; Thompson *et al.* 1992; Eiten 1994; Furley *et al.* 1978; Uhlmann *et al.* 1997;1998).

No entanto, para as gramíneas, a disponibilidade hídrica à pouca profundidade pode ser um fator favorável (Lütge 1997). Poder-se-ia imaginar um modelo no qual a quantidade de água fosse menor, o que facilitaria o estabelecimento das espécies arbóreas que, encobrendo parcialmente o solo, prejudicaria o desenvolvimento das gramíneas por dificultar seu acesso à luz.

A presença de vegetação savânica densa (*cerrado sensu stricto*) na porção superior da topossequência 2, entretanto, permanece não completamente esclarecida. Seria razoável supor-se que, onde há excedente hídrico, a vegetação savânica torna-se menos densa (pois suas espécies não toleram tal condições), então extremos mais secos poderiam abrigar vegetação savânica mais densa, devido à habilidade das espécies em extrair água do solo, mesmo onde outras não lograriam êxito em fazê-lo. Salisbury & Roos (1992) creditaram ao potencial osmótico das células vegetais e à estrutura do xilema, papel principal na determinação do potencial hídrico do vegetal. Este, por sua vez, determinaria o ponto de murcha permanente para cada espécie, dadas as suas variações adaptativas. Caso seja possível admitir isto como uma explicação convincente, então pode-se levantar a hipótese de que a os indivíduos arbóreos são mais hábeis em extrair água do solo e, mesmo sob condições em que a água disponível encontra-se em níveis muito baixos, a vegetação savânica torna-se muito densa. As gramíneas no terço superior desta encosta são substituídas por subarbustos xilopodíferos, os quais armazenam água e, talvez, tolerem melhor o sombreamento imposto pela elevada densidade de árvores.

Mas então como explicar a baixa densidade da vegetação nos terços médio e superior da topossequência 1 se o terço superior (e seco) da topossequência 2 é dominado por densa vegetação savânica? A observação das Figuras 13 e 16 demonstra que há uma pequena variação do total de água disponível, sendo pouco maior na topossequência 2. Mas esta diferença é muito pequena e não há como defender este ponto de vista sem que haja maior detalhamento em campo.

Deve-se considerar ainda o papel do fogo na manutenção do campo cerrado e do campo sujo. Em virtude da presença de grande quantidade de massa combustível no estrato graminóide, os efeitos do fogo seriam mais drásticos no campo cerrado, eliminando assim as espécies arbóreas (Kauffman *et al.* 1994; Bilbao *et al.* 1996). A permanência, neste caso, dependeria não só da capacidade de extrair água do solo ou resistir ao excesso, mas também da habilidade em resistir aos efeitos do fogo (Eiten 1994; Durigan *et al.* 1994).

Se o passado de queimadas no Parque afetou a estrutura da vegetação, então a dificuldade de regeneração deve ser maior onde a água disponível é menor, como no caso do terço superior da topossequência 1. Além disso, a alta densidade de gramíneas impõe restrições severas à germinação das sementes de espécies arbóreas, sendo possível admitir que estas tenham seu estabelecimento impedido.

Além disso, deve-se respeitar a observação de que as geadas freqüentes na região (ver Tabela 3, p. 21) poderiam provocar efeitos severos, particularmente nas porções mais elevadas do Parque, desde que considerado o efeito do fogo e da também da carência hídrica, como já mencionado acima. Os efeitos das geadas sobre os vegetais que habitam os páramos andinos e africanos foram descritos por Lütge (1997), bem como os mecanismos fisiológicos de defesa contra as lesões que este provocaria. Estes mesmos efeitos foram descritos por Salisbury & Ross (1992) admitindo, como Lütge (1997), que estes variariam de acordo com a espécie tratada. Na área total do território brasileiro ocupado por savana, poucas são as que sofrem com a freqüência de geadas (Cole 1986), mas Leitão Filho (1992) afirmou que a sua influência na distribuição das espécies é evidente quando comparadas as floras das porções norte e sul do estado de São Paulo.

As afirmações feitas com respeito ao papel da água em subsuperfície como fator determinante da variação da vegetação não chegam a ser novidade, nem para o caso das savanas neotropicais (Oliveira Filho *et al.* 1989; Thompson *et al.* 1992), nem para outras formas de vegetação (Johnston 1992; Umbanhowar Jr. 1992; Velázquez 1994; Menghi & Herrera 1995). Entretanto, a discussão pautada no condicionante geomórfico, parte central da discussão aqui apresentada, parece não encontrar paralelo em literatura.

Zampella *et al.* (1992) concluíram que a hidrologia dos solos determinou as variações observadas na vegetação em seu estudo. Os mesmos discutiram a importância da capacidade de retenção hídrica de solos de granulometria mais fina, relatando que a vegetação sobre tais solos é claramente mais mesófila. Basnet (1993) e Gerdol (1990) relacionaram a variação da vegetação a causas similares.

Para o caso das duas encostas estudadas, as afirmações de Goodland (1979), Silva *et al.* (1987) e Ribeiro *et al.* (1982a), que atribuíram a variação fisionômica da vegetação à fertilidade dos solos, são completamente refutadas, como já havia sido indicado por Uhlmann *et al.* (1997), apoiados em outros autores, como Haridasan *et al.* (1987), Silva *et al.* (1987) e Haridasan (1994).

Deve-se ressaltar que as questões observadas aqui não esclarecem com perfeição o gradiente vegetacional observado. Ökland (1992) refere-se à água como um fator (e recurso)

que fortemente influencia a distribuição das espécies e, portanto, a organização das comunidades. Neste particular, relata que a resposta a esta influência varia de acordo com o grupo taxonômico e posição ao longo do gradiente.

De fato, não há razões para se acreditar que toda uma assembléia de espécies responda de uma mesma forma a um gradiente qualquer, seja este de recursos ou de fatores ambientais (Austin & Gaywood 1994). Isto dificulta a análise fisionômica e torna improvável qualquer explicação do processo meramente alicerçado em aspectos estruturais da vegetação. Como Austin & Gaywood (1994) citaram, há algo de circular em utilizar a biomassa como um indicativo de mudanças ambientais, tendo em vista que esta pode se alterar como função de diversos fatores ambientais que, por vezes, não são devidamente contemplados em estudos de gradientes.

Contudo, este conjunto de fatores atuando lenta (no caso do fogo, de uma forma mais dramática), porém simultânea e sinergeticamente, pode oferecer uma explicação convincente para os padrões observados na estrutura da vegetação.

VARIAÇÕES NA DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS AO LONGO DAS DUAS TOPOSSEQÜÊNCIAS.

Conforme já discutido, os parâmetros de abundância permitiram definir a vegetação savânica analisada como um *continuum* de variação estrutural. A Tabela 20 apresenta os dados de dominância e densidade total absoluta para a toposseqüência 1 e aponta para uma tendência de diminuição dos valores obtidos para estes dois parâmetros estruturais da comunidade desde o terço inferior da encosta até o seu trecho superior. Vale notar que é entre as faixas 3 e 5 que a dominância eleva-se, registrando-se, neste intervalo, seus maiores valores ao longo desta toposseqüência. Entre as faixas 1 à 6, a densidade é também elevada, mas a dominância não varia em concordância com a estimativa de densidade. Entretanto, gradualmente, tanto a densidade quanto a dominância caem, atingindo no terço superior da encosta os menores índices registrados nesta toposseqüência.

Tabela 20 – Formas fisionômicas e variação dos parâmetros estruturais da vegetação ao longo da toposseqüência 1.

Faixas	Densidade absoluta (ind/ha)	Dominância absoluta (m ² /ha)	Forma fisionômica
Terço inferior			
01	2.630	11,60	Cerrado <i>sensu stricto</i> (denso)
02	2.220	9,48	
03	2.320	15,71	
04	2.670	16,02	Cerrado <i>sensu stricto</i> (muito denso)
05	2.600	17,45	
Terço médio			
06	2.730	11,32	Transição (Cerrado/Campo cerrado)
07	1.940	7,48	Campo cerrado
08	1.860	7,29	
Terço superior			
09	1.340	5,98	Transição (Campo cerrado/Campo sujo)
10	1.900	5,19	Campo sujo
11	980	3,10	

Os testes estatísticos não paramétricos aplicados aos dados de densidade total da toposseqüência 1 (Tabela 21) demonstraram uma tendência à segregação de alguns grupos. O primeiro deles está compreendido entre as faixas 1 e 6, com alguma extensão até a faixa 10, ao menos quando se comparou os valores de densidade das faixas 2 e 3. Esta extensão pode ser considerada como uma evidência de que estas duas faixas de fato possuam menor densidade em relação aquela verificada nas faixas 4 e 5. Este grupo, exceto pelas faixas 6 (que constitui uma transição entre o cerrado *sensu stricto* e o campo cerrado) e o intervalo entre as faixas 7 à 10, compreende a fisionomia de cerrado *sensu stricto*. Outro grupo constitui o que se

denominou de campo cerrado e, ao menos pelo indicado pelos valores de densidade, inclui as faixas 6, 7 e 8 (a primeira como uma faixa transicional), com uma tendência de situar a faixa 9 num ponto de transição entre este e o último grupo, constituído pelas faixas 10 e 11, ou seja, aquele que se denominou de campo sujo (Tabelas 20 e 21).

Quando se observam os resultados dos testes aplicados aos dados de dominância, revela-se uma configuração semelhante dos grupos já descritos. Porém, as distinções são mais claras e pode-se até mesmo perceber uma evidente distinção entre as fisionomias de maior densidade do terço inferior (faixas 1 a 5) e as de menor densidade (faixas 6 a 11), estas do terço superior (Tabela 21).

Tabela 21 – Resultados da aplicação do teste de medianas (Kruskal-Wallis) sobre os dados de densidade absoluta total (esquerda) e dominância absoluta total (direita) da topossequência 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	a										
2	a	a									
3	a	a	a								
4	a	a	a	a							
5	a	a	a	a	a						
6	a	a	a	a	a	a					
7	b ^x	a	a	b ^x	b ^x	b ^x	a				
8	b	a	a	b ^x	b ^x	b ^x	a	a			
9	b	b	b	b	b	b	b ^x	a	a		
10	b ^x	a	a	b ^x	b ^x	b ^x	a	a	a	a	
11	b	b	b	b	b	b	b	b	a	a	a

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	a										
2	a	a									
3	a	b ^x	a								
4	a	b ^x	a	a							
5	b ^x	b	a	a	a						
6	a	a	a	a	b ^x	a					
7	a	a	b ^x	b	b	a	a				
8	a	a	b ^x	b	b	a	a	a			
9	b ^x	b ^x	b	b	b	b ^x	b ^x	a	a		
10	b	b	b	b	b	b	b ^x	b ^x	a	a	
11	b	b	b	b	b	b	b	b	b ^x	b	a

a – diferença não significativa; b^{*} - diferença significativa ao nível de 5%; b – diferença significativa ao nível de 1%.

A Tabela 22 reúne os dados de densidade e de dominância absoluta relativos à topossequência 2. Novamente, vê-se a variação estrutural da vegetação, entretanto, os dados demonstram haver uma tendência de aumento da densidade e da dominância do terço inferior para o superior desta encosta. A vegetação estabelecida na faixa 1, de baixa densidade e dominância, foi caracterizada como um campo sujo. Entre as faixas 2 e 6 tem-se o campo cerrado e, no terço superior, a densidade e a dominância elevam-se, caracterizando a fisionomia de cerrado *sensu stricto*. Contrariamente ao cerrado *sensu stricto* verificado no terço inferior da topossequência 1, a mesma forma fisionômica presente na topossequência 2, além de estar situada no terço superior, tem por característica um estrato herbáceo mais baixo e menos denso (Figura 10, p. 47).

Tabela 22 – Formas fisionômicas e variação dos parâmetros estruturais da vegetação ao longo da topossequência 2.

Faixas	Densidade absoluta (ind/ha)	Dominância absoluta (m ² /ha)	Forma fisionômica
Terço inferior			
01	371	1,46	Campo sujo
02	700	2,51	
03	640	4,67	Campo cerrado
Terço médio			
04	1.150	6,36	Campo cerrado
05	1.430	6,64	
06	1.210	5,07	
Terço superior			
07	2.670	10,05	Cerrado <i>sensu stricto</i>
08	2.300	13,65	
09	2.490	13,60	
10	2.940	12,33	

Os dados contidos na Tabela 23 sustentam as informações relatadas acima e relacionadas na Tabela 22, ao evidenciar a existência de grupos estatisticamente distintos e segmentados mais ou menos nas imediações da faixa 6. Tanto quando se observam os dados de densidade quanto os de dominância, conclui-se em favor da divisão de um grupo de vegetação menos denso e de menor dominância absoluta entre as faixas 1 e 6. Este grupo foi segregado da faixa 1, evidentemente distinta de todas as demais e constituindo o campo sujo. O intervalo entre as faixas 2 à 6 foi caracterizado como campo cerrado. A partir da faixa 7 até a faixa 10 a vegetação forma outro grupamento, aqui denominado cerrado *sensu stricto*.

Tabela 23 – Resultados da aplicação do teste de medianas (Kruskal-Wallis) sobre os dados de densidade absoluta total (esquerda) e dominância absoluta total (direita) da topossequência 2.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	a									
2	b ^x	a								
3	b	a	a							
4	b	a	a	a						
5	b	a	b ^x	a	a					
6	b	a	a	a	a	a				
7	b	b	b	b	b	b	a			
8	b	b	b	b ^x	b ^x	b ^x	a	a		
9	b	b	b	b	b ^x	b	a	a	a	
10	b	b	b	b	b	b	a	a	a	a

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	a									
2	b ^x	a								
3	b ^x	a	a							
4	b	b ^x	a	a						
5	b	a	a	a	a					
6	b	a	a	a	a	a				
7	b	b	b ^x	a	a	b	a			
8	b	b	b	b ^x	b ^x	b	a	a		
9	b	b	b	b ^x	b ^x	b	a	a	a	
10	b	b	b ^x	b ^x	b	b	b ^x	a	a	a

a – diferença não significativa; b^x - diferença significativa ao nível de 5%; b – diferença significativa ao nível de 1%.

Ao lado do aspecto fisionômico, estes dados permitem denominar e segregar os grupos fisionômicos da vegetação savânica, porém deve-se ter claro que este é um artifício que tem por objetivo facilitar a seqüência de observações que se pretende fazer, pois a variação da

estrutura da vegetação é contínua, o que seguramente não permitiria esta delimitação. Neste particular, é importante trazer à tona a discussão proposta por Coutinho (1978), que ressaltou o caráter contínuo de variação da vegetação savânica. Os dados aqui apresentados informam ser artificial definir, através de critérios estruturais, as formas fisionômicas da savana, pois a vegetação comporta-se como um *continuum* que varia em sua forma ao sabor das variações ambientais, neste caso, impostas pelo gradiente.

É necessário ressaltar que esta variação estrutural da vegetação, conforme já discutido, é o resultado, ao menos em parte, da ação conjunta de padrões geomórficos, propriedades pedológicas e drenagem de água em subsuperfície. Embora a variação da estrutura seja compreensível sob esta perspectiva, a compreensão da distribuição das populações vegetais passa por uma análise um pouco mais complexa, embora ainda assim ligada aos padrões de drenagem em subsuperfície. Muito embora para a grande maioria das espécies vegetais registradas no levantamento não se consiga registrar um padrão de distribuição, para as espécies dominantes, algumas características podem ser ressaltadas.

A Figura 17 reúne, sinoticamente, as flutuações de densidade das espécies mais abundantes levantadas nas toposseqüências 1 e 2. Os dados nela contidos indicam que as mesmas espécies ocorrem em basicamente todo o trecho amostrado das duas encostas objeto do estudo. Por sua vez os dados contidos na Figura 18 apontam as flutuações da dominância das espécies mais abundantes.

Ao se observar a Figura 17, verifica-se uma tendência de aumento da densidade de *Stryphnodendron adstringens* nas áreas de campo cerrado. Já nas áreas de cerrado *sensu stricto*, existe uma tendência de decréscimo de *S. adstringens* e elevação da densidade de *Anadenanthera peregrina* e, na toposseqüência 2, também de *Couepia grandiflora*. Esta última espécie, na toposseqüência 1, exhibe uma discreta elevação da densidade no cerrado *sensu stricto*, porém varia muito com respeito a este parâmetro no terço superior da encosta, onde a fisionomia predominante é o campo cerrado.

Já os dados contidos na Figura 18 indicam que *Couepia grandiflora* possui destacada dominância absoluta nas áreas de cerrado *sensu stricto*. Os testes estatísticos aplicados sobre os dados de dominância de *Couepia grandiflora* indicaram que, no que diz respeito a este parâmetro, a espécie apresentou diferenças significativas no intervalo entre as faixas 3 e 5 (onde os valores de dominância para a espécie são elevados) em relação a quase todas as demais faixas da toposseqüência 1 (Willcoxon; $p > 0,05$). Quando os dados da toposseqüência 2 foram testados, estes apontaram diferenças estatisticamente significativas, genericamente falando, entre o grupo formado pelas faixas 1 à 4 (onde os valores de dominância são baixos

para a espécie) e o grupo compreendido entre as faixas 5 e 10 (Wilcoxon; $p > 0,05$), o que corrobora a afirmação acima.

A Figura 18 demonstra que *Anadenanthera peregrina* também possui maior incremento em dominância absoluta nas áreas de cerrado *sensu stricto*, mas esta diferença, quando submetida aos testes estatísticos (Wilcoxon; n.s. = 5%) não é tão evidente como aquela verificada para *Couepia grandiflora*. A dominância de *Anadenanthera peregrina* mostrou ser menor na faixa 7 em relação a quase todas as faixas do intervalo que vai da faixa 1 a 6, a exemplo do que ocorreu com a faixa 11. A faixa 5 mostrou-se diferente estatisticamente do grupo de faixas compreendido entre as faixas 7 à 11. Percebe-se, embora de modo não tão evidente, uma tendência de diferenciação de um grupo onde a espécie apresenta maior dominância (faixas 1 a 5) e de outro onde a dominância é menor (faixas 6 a 11). Já quando os dados de dominância de *Anadenanthera peregrina* na topossequência 2 foram submetidos aos testes estatísticos (Wilcoxon; n.s. = 5%), a exemplo do que ocorreu com *Couepia grandiflora*, houve a formação de dois segmentos, um representado pelo grupo que compreende as faixas 1 à 6 (grupo campo sujo/campo cerrado) e outro que vai da faixa 7 à 10 (grupo cerrado *sensu stricto*).

Os testes estatísticos aplicados sobre os dados de dominância de *S. adstringens*, na topossequência 1 (Wilcoxon; n.s. = 5%), demonstraram haver diferenças significativas entre as faixas 7 e 8 (onde este parâmetro de abundância para a espécie em questão é elevado) e o conjunto de faixas que vai da 1 à 4 (exceto pela faixa 3). Houve também diferenças significativas, quanto à dominância de *S. adstringens*, entre a faixa 10 e as faixas 3, 5, 7, 8 e 9. Logo, salvo pelas diferenças relatadas, a dominância da espécie ao longo da encosta foi praticamente a mesma, mas é necessário ressaltar que o intervalo das faixas 7 e 8 é onde se verificou elevação do parâmetro considerado. Quando os mesmos testes foram aplicados aos dados de dominância desta espécie na topossequência 2, estes apontaram pouca tendência de diferenciação e formação de agrupamentos. Praticamente, somente houve diferenças significativas entre o grupo das faixas 9 e 10 e o grupo das faixas 2 e 3. Logo, conclui-se que os valores para este parâmetro são praticamente idênticos estatisticamente ao longo de toda a topossequência, exceto pela diminuição do seu valor na parte superior da topossequência, entre as faixas 9 e 10.

Embora outras espécies também tenham sido encontradas em ambas as topossequências, cabe ressaltar que padrões similares a estes não foram verificados, ressaltando-se a elevada densidade de *Dalbergia miscolobium* no terço superior da topossequência 1, onde a fisionomia predominante é a de um campo sujo.

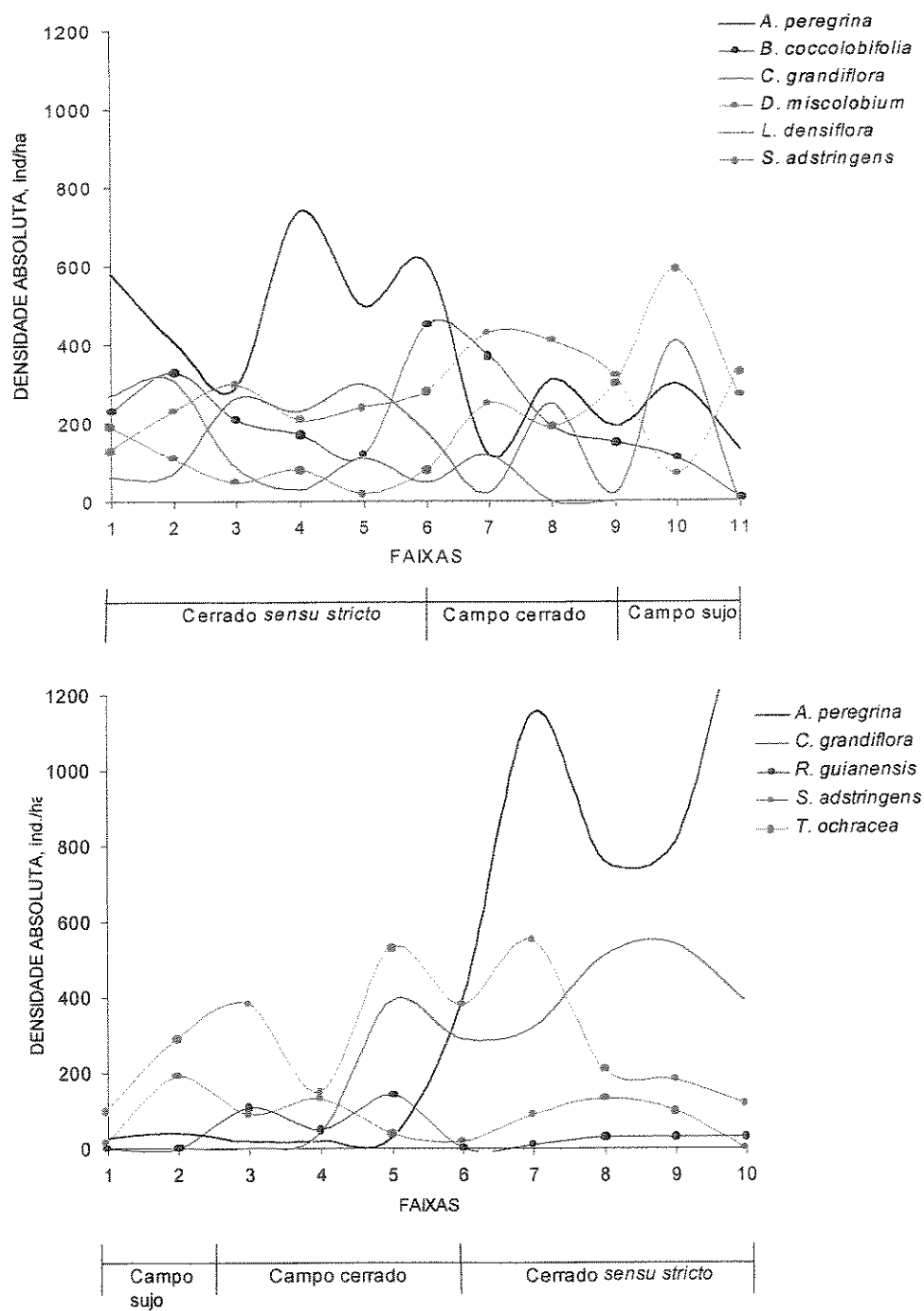


Figura 17 – Variação da densidade absoluta (ind/ha) das espécies de maior abundância ao longo das toposseqüências 1 (acima) e 2 (abaixo).

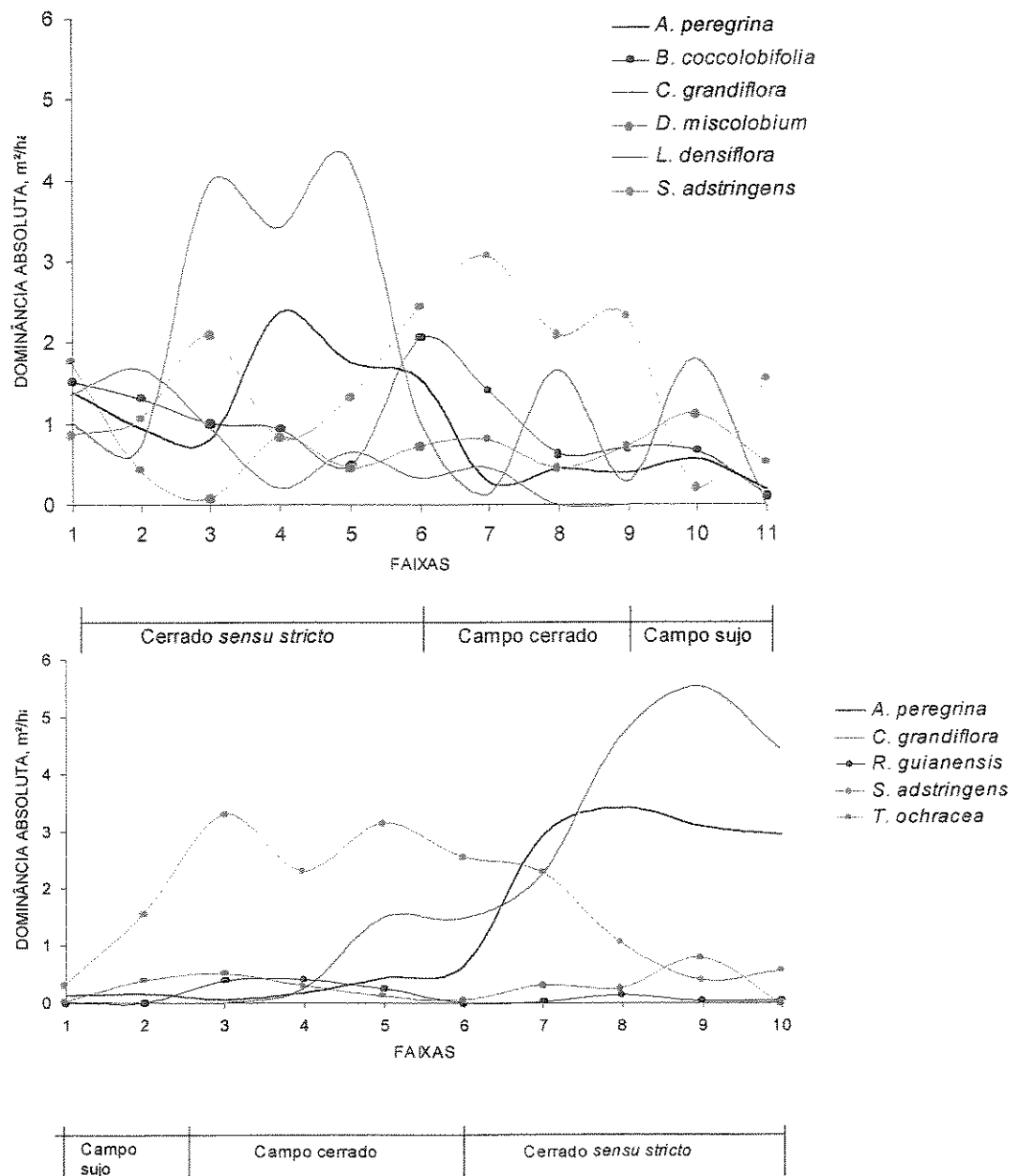


Figura 18 – Variação da dominância absoluta (m²/ha) das espécies de maior abundância ao longo das topossequências 1 (acima) e 2 (abaixo).

Portanto, pode-se concluir que, independentemente de onde ocorram as formas mais abertas de savana, particularmente o campo cerrado, seja no terço inferior, superior ou médio, haverá uma tendência de que a abundância de *S. adstringens* seja mais expressiva. No caso do cerrado *sensu stricto*, *A. peregrina* e *C. grandiflora* são as espécies de maior abundância.

Tendo-se em conta somente as espécies dominantes, têm-se então um padrão florístico particular para cada unidade fisionômica, ou seja, o campo cerrado é dominado por espécies diferentes daquelas que dominam o cerrado *sensu stricto*. Então tratam-se de comunidades discretas no sentido de Clements (1936)?

O primeiro ponto a ser levantado é o de que os padrões geomórficos de ambas as toposseqüências são diferentes e condicionam o escoamento de água em subsuperfície de formas diferentes (Hall & Olson 1991; Wysocki & Schoenenberger 2000).

A toposseqüência 1 possui um padrão convexo-retilíneo (Figura 6A, p. 37) que faz com que a água escoe segundo um padrão difuso, ou seja, o terço inferior da encosta (Faixas 1-5) recebe maior quantidade de água, pois esta escoar em subsuperfície de toda a encosta acima. Na toposseqüência 2 ocorre a mesma coisa, porém como o padrão geomórfico de seu terço inferior apresenta-se côncavo (Figura 6A, p.37), a movimentação hídrica de subsuperfície é convergente, provocando um excesso hídrico a poucos metros de profundidade .

O excesso hídrico seguramente representa um impedimento forte ao estabelecimento de muitas espécies da savana (Askew *et al.* 1971; Oliveira Filho *et al.* 1989; Eiten 1994; Furley *et al.* 1978; Uhlmann *et al.* 1997; Uhlmann *et al.* 1998), o que significa que estas respondem negativamente a um aumento na quantidade de água no perfil, sem que sejam completamente excluídas. Portanto, infere-se que o excesso hídrico represente um fator gerador de estresse para as espécies vegetais savânicas em análise.

A ocorrência do campo sujo e do campo cerrado no terço inferior da toposseqüência 2 possui relação com o excesso hídrico provocado pela convergência hídrica. No entanto, as duas fisionomias também ocorrem no terço superior da toposseqüência 1, onde não há excedente e, sim, deficiência hídrica, pois verificando-se os teores de água disponível em subsuperfície encontra-se quantidades abaixo de 5%, o que é considerado crítico (Ranzani 1971). No entanto, *Stryphnodendron adstringens* é a espécie dominante em ambas as situações.

Assim, talvez se possa considerar a hipótese de que o ambiente mais apropriado para esta espécie é aquele em que algum fator leve à exclusão de seus competidores. Se isto for verdade, então esta é uma espécie tolerante ao estresse no sentido exposto por Grubb (1985) e generalista (Grime 1977), mas uma competidora pouco eficiente quando a densidade e a diversidade de competidores aumenta (cerrado *sensu stricto*). Os dados apresentados através das Figuras 19 e 20, de fato, sugerem que na medida em que a densidade ou a dominância de *S. adstringens* eleva-se, em geral, tem-se a diminuição destes parâmetros estruturais nas populações de *Anadenanthera peregrina* e *Couepia grandiflora*, e vice-versa.

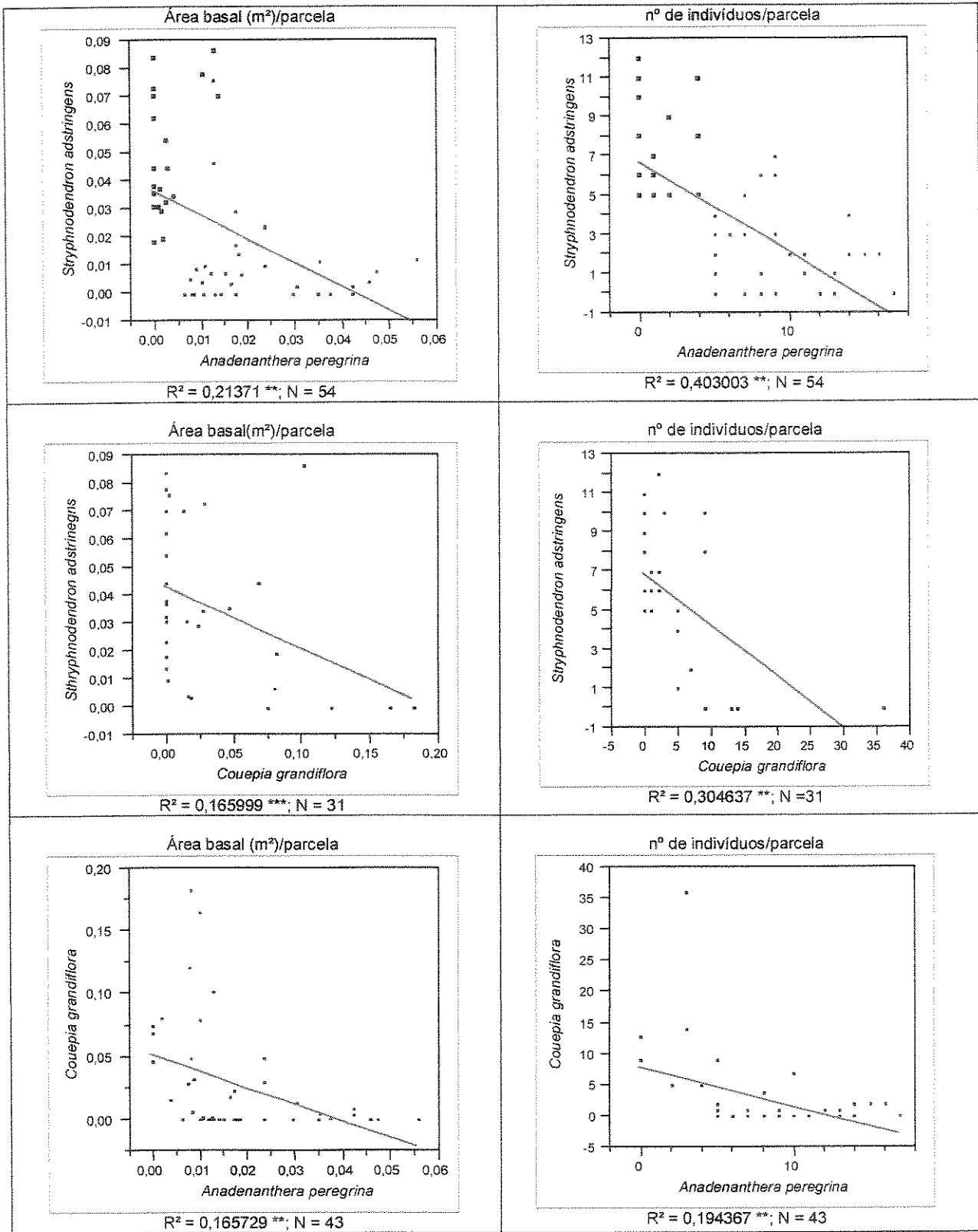


Figura 19 – Regressão linear entre parâmetros estruturais (número de indivíduos e área basal) das populações de *Anadenanthera peregrina*, *Couepia grandiflora* e *Stryphnodendron adstringens* amostradas em parcelas distribuídas ao longo da topossequência 1.
 (* não significativo; ** significativo ao nível de 1%; *** significativo ao nível de 5%)

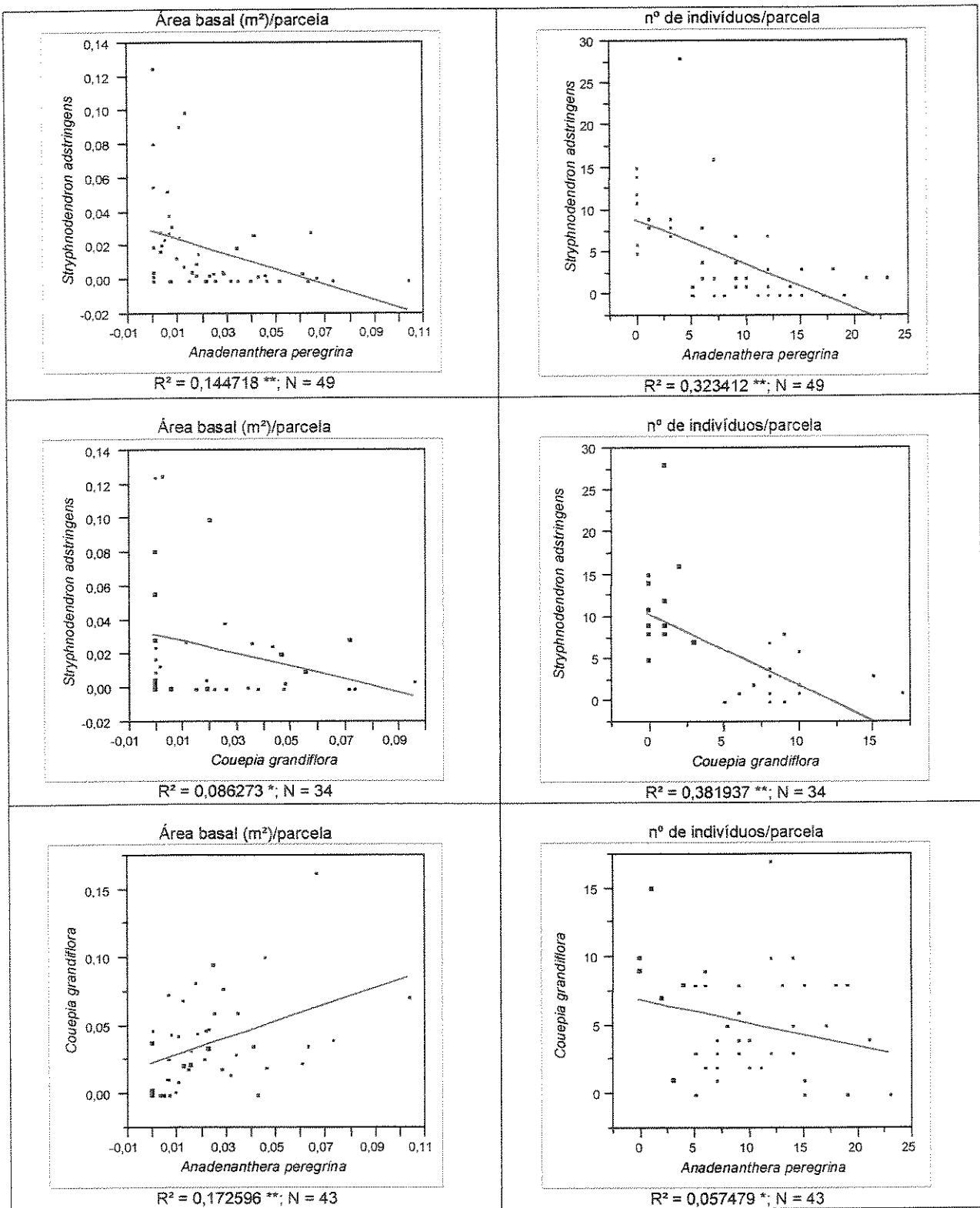


Figura 20 – Regressão linear entre parâmetros estruturais (número de indivíduos e área basal) das populações de *Anadenanthera peregrina*, *Couepia grandiflora* e *Stryphnodendron adstringens* amostradas em parcelas distribuídas ao longo da topossequência 2. (* não significativo; ** significativo ao nível de 1%; *** significativo ao nível de 5%)

Ainda que as Figuras 19 e 20 sugiram haver um certo antagonismo entre as espécies em questão (exceto naqueles casos onde não houve significância no teste estatístico ou então a relação mostrou-se positiva), não é possível, mediante tais procedimentos, provar os mecanismos que levariam a isto, mas algumas discussões, ainda que longe de se tornarem esclarecedoras, podem ser conduzidas.

Sendo um fator restritivo à ocupação das espécies savânicas o excesso hídrico do terço inferior da topossequência 2 poderia impedir a instalação de várias espécies mais hábeis que *Stryphnodendron adstringens* na competição por recursos. A proliferação facilitada das gramíneas sob tais condições poderia oferecer uma proteção extra para a espécie, impedindo o estabelecimento de outras propagadas através de sementes.

Encosta acima, não mais se verifica excedente hídrico à pouca profundidade, possibilitando a instalação de competidores e inviabilizando a permanência de *S. adstringens*. *Couepia grandiflora* e *Anadenanthera peregrina* passam a ser espécies dominantes, além de outras espécies que têm sua permanência viável na vegetação mais densa, parcialmente em virtude da ausência das restrições impostas encosta abaixo, bem como pela maior heterogeneidade ambiental gerada pela alta densidade de indivíduos. É possível que a maior densidade da vegetação possibilite uma maior diversificação de habitats que, por fim, viabilizaria o incremento da diversidade de espécies arbóreas por meio da maior complexidade estrutural da vegetação (Ricklefs 1988) e pela presença de grande número de espécies em nichos regenerativos (Grubb 1977).

Espécies como *Cinnamomum sellowianum*, *Copaifera langsdorfii*, *Daphnopsis* sp., *Jacaranda micrantha*, *Pera obovata*, *Symplocos pubescens* e *Vochysia tucanorum*, constituem um grupo que não possui características xeromórficas como muitas das encontradas no contingente florístico da Savana, além de terem sido encontradas exclusivamente nas áreas de cerrado *sensu stricto*.

É possível que a maior densidade da vegetação deva-se às propriedades físico-hídricas que possibilitam uma maior disponibilidade hídrica em subsuperfície nesta porção da encosta, tendo em vista que algumas destas espécies podem acessar a água através de sistemas radical-caulinares profundos (Rawitscher *et al.* 1943; Rawitscher & Rachid 1946; Ferri & Laboriau 1952; Ferri & Coutinho 1958), ou até mesmo porque, conforme já discutido, as espécies de savana podem ser dotadas de maior habilidade em capturar a água armazenada no solo a grandes tensões.

Já no terço inferior da topossequência 1, a água tende a drenar de modo difuso das porções de montante. Entretanto, ao contrário do que ocorre na topossequência 2, não há

convergência hídrica pois a feição geomórfica não possibilita isto. Além disso, as propriedades físico-hídricas dos solos não permitem o armazenamento hídrico à elevadas tensões, o que torna a água em trânsito subsuperficial disponível para os vegetais. Por estas razões, a vegetação deste terço torna-se densa oferecendo condições para que *Anadenanthera falcata* e *Couepia grandiflora* instalem-se, em aparente detrimento da ocupação por *Stryphnodendron adstringens*.

No terço médio/superior da topossequência 1, talvez pelo baixo suprimento hídrico, o estabelecimento da maior parte das espécies é dificultado, e novamente *S. adstringens* poderia ter a possibilidade de se estabelecer como espécie mais abundante. Porém no terço superior da topossequência 1, *Dalbergia miscolobium*, ao lado de *Couepia grandiflora*, passam a ser as espécies mais abundantes.

Há que se considerar, no caso da porção média/superior da topossequência 1, o papel do fogo na manutenção das formas abertas de vegetação savânica. A presença expressiva de *Couepia grandiflora* nesta porção da topossequência, demonstra que, talvez, a vegetação esteja em processo de recuperação após a passagem do fogo, tendo em vista que esta espécie foi comumente encontrada nas áreas de vegetação mais densa. Mas este pode ser um processo moroso, principalmente porque há restrições hídricas severas, além de haver densa cobertura de gramíneas, o que dificulta a ocupação de espaços e incrementa o potencial lesivo da ação do fogo (Kauffman *et al.* 1994), refletindo-se, então, na estrutura da vegetação (Eiten 1994, Durigan *et al.* 1994).

De um modo geral, tem-se evidências de que as formas fisionômicas são consequência principalmente (mas não exclusivamente) dos movimentos hídricos subsuperficiais controlados por padrões geomórficos. Aparentemente as espécies respondem bem a estes mesmos padrões, ao menos aquelas que se distribuem ao longo de toda a superfície das encostas analisadas. Porém, as interações estabelecidas entre as espécies, e que compõem parte importante do processo de geração dos padrões comunitários, são ainda completamente desconhecidos.

ANÁLISE INDIRETA DE GRADIENTE APLICADA SOBRE OS DADOS DA ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO.

A aplicação da Análise de Correspondência (AC) sobre a matriz de dados de dominância das espécies amostradas na toposseqüência 2, considerando-se somente o primeiro eixo, resultou em uma seqüência linear de ordenação das faixas (Figura 21A). Quando a matriz de densidade (Figura 21B) foi utilizada, embora a ordenação das faixas não tenha sido absolutamente linear em relação ao primeiro eixo extraído da AC, pode-se perceber a formação espacial de grupos. Os resultados obtidos através da ACP demonstraram que os dois primeiros eixos extraídos a partir da matriz de dominância respondem por 86% da variância total dos dados, ao passo que os dois primeiros eixos extraídos a partir da matriz de densidade respondem por 76% da variância total.

Em ambos os casos, observando-se a disposição das faixas ao longo do eixo 1, há polarização em dois grupos que representam a parte superior e a inferior da toposseqüência. Verificou-se a formação de grupos definidos pela ordenação: o grupo cerrado (faixas 7, 8, 9 e 10), o grupo campo cerrado (faixas 2, 3, 5 e 6) e dois pontos espacialmente distantes dos demais, correspondentes às faixas 1 e 4.

Estes resultados apontam uma resposta a um gradiente altitudinal, já que os parâmetros de fertilidade dos solos não variam. Estando este relacionado com a influência de um gradiente hídrico, tem-se um gradiente indireto (*sensu* Austin 1985).

Quando se utilizou a matriz de dominância e densidade das espécies dominantes (*Anadenanthera peregrina*, *Aegiphilla paraguariensis*, *Stryphnodendron adstringens*, *Tabebuia ochracea*, *Couepia grandiflora* e *Caryocar brasiliense*), esta resposta mostrou-se ainda mais acentuada (Figura 22A). Há uma forte polarização destacando a formação dos grupos em concordância com o já descrito. Embora não seja perceptível em duas dimensões, a separação espacial das faixas 1 e 4 ainda ocorre.

Além disso, a proporção da variação explicada pelos dois primeiros eixos extraídos através da ACP aplicada sobre a matriz de dominância chega a 96%. Os dados de densidade, quando submetidos ao mesmo procedimento de análise, alcançam 86% da variação total dos dados.

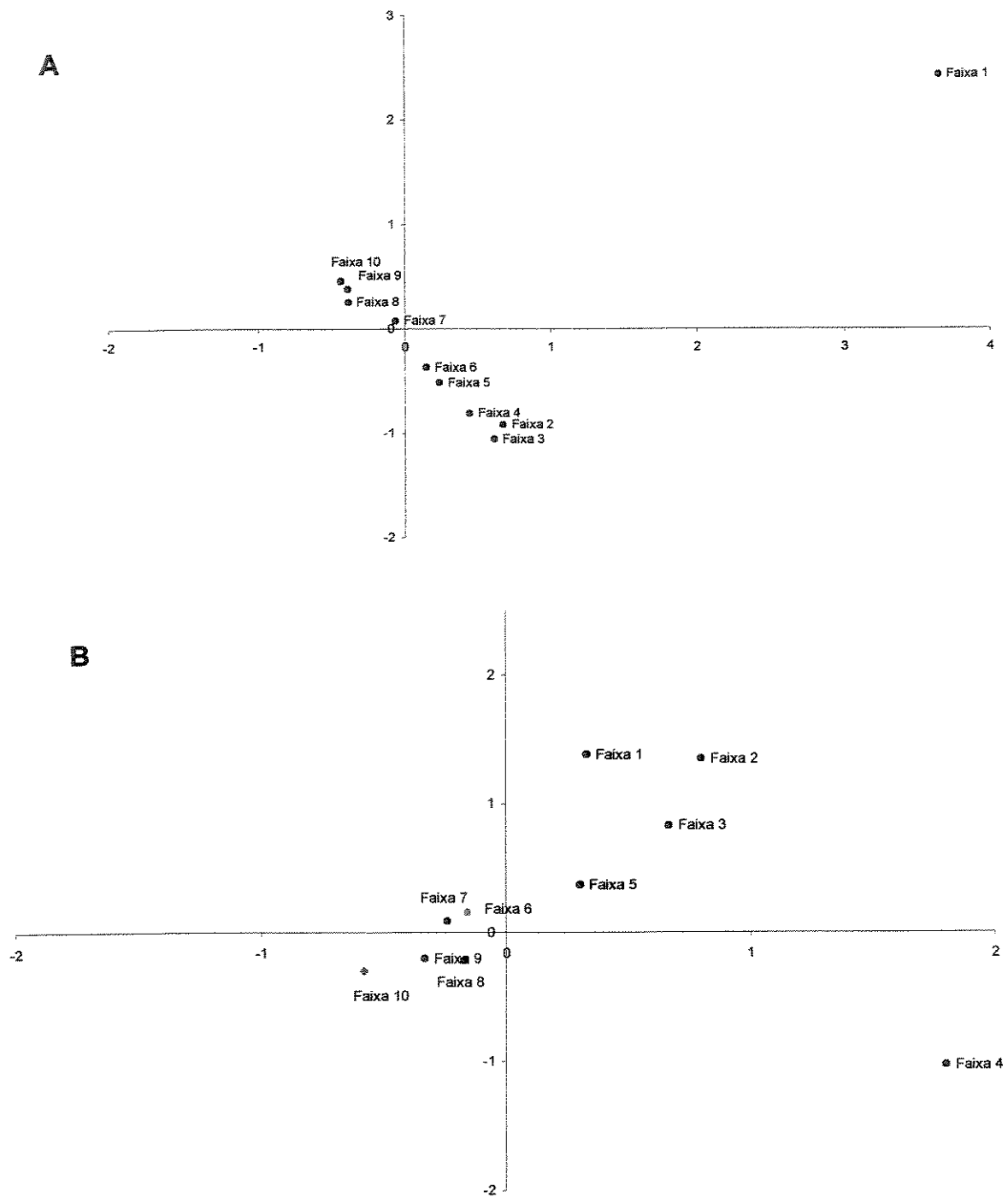


Figura 21 – Ordenação dos dados feita a partir da aplicação da Análise de Correspondência em matrizes de dados de dominância (A) e densidade (B) do conjunto de espécies amostradas na topossequência 2 (excetuando-se as raras).

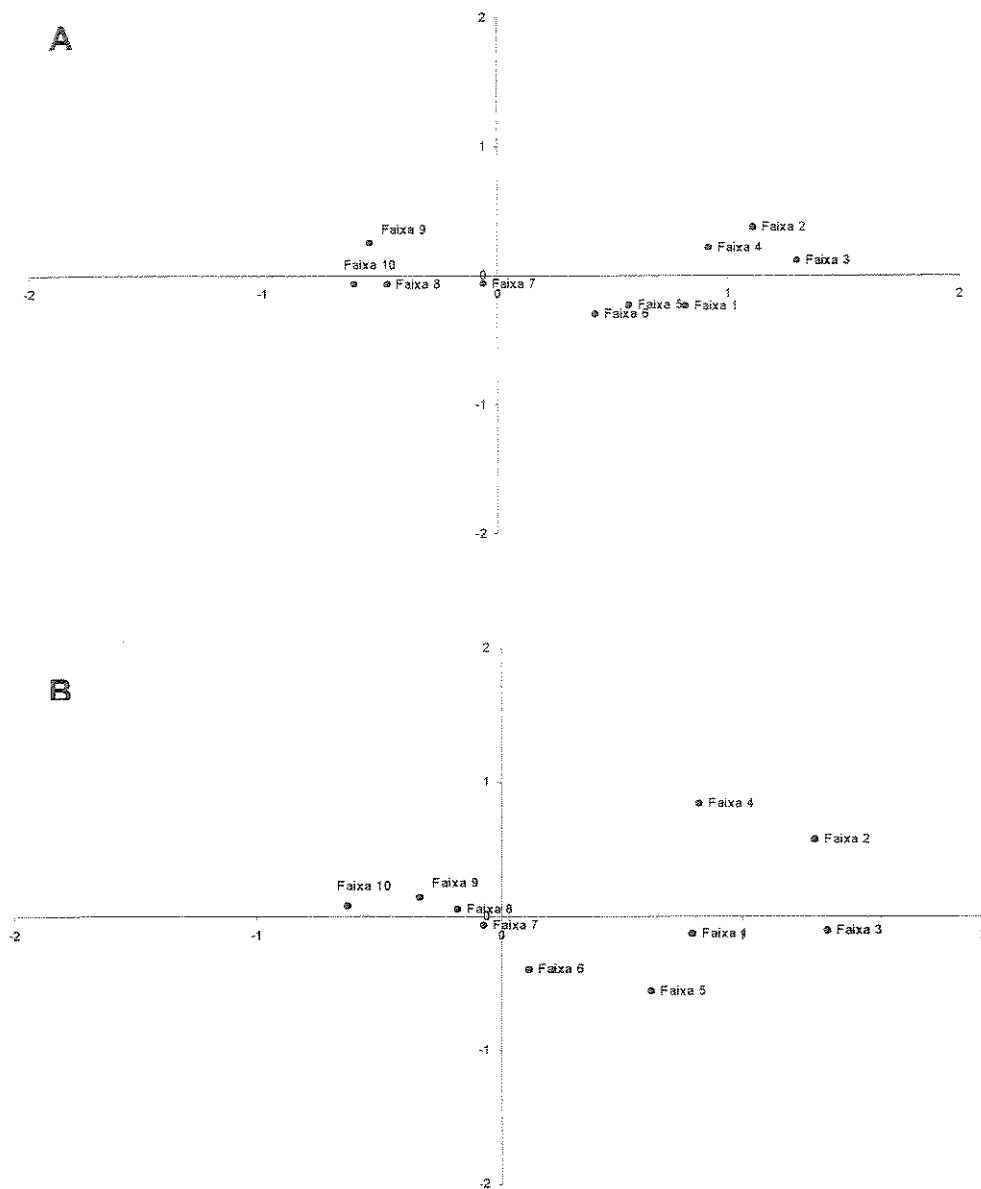


Figura 22 – Ordenação dos dados feita a partir da aplicação da Análise de Correspondência em matrizes de dados de dominância (A) e densidade (B) do conjunto de espécies dominantes da topossequência 2.

Quando a matriz de espécies subordinadas (Figura 23) foi tratada pela AC, os grupos espacialmente formados são os mesmos, mas a ordenação não aponta nenhuma correlação linear com o primeiro e o segundo eixo e a proporção da variação total explicada pelos eixos da ACP é baixa, tanto considerando a densidade (1º eixo – 25%; 2º eixo – 21%; acumulado – 46%) quanto a dominância (1º eixo – 28%; 2º eixo – 23%; acumulado 51%).

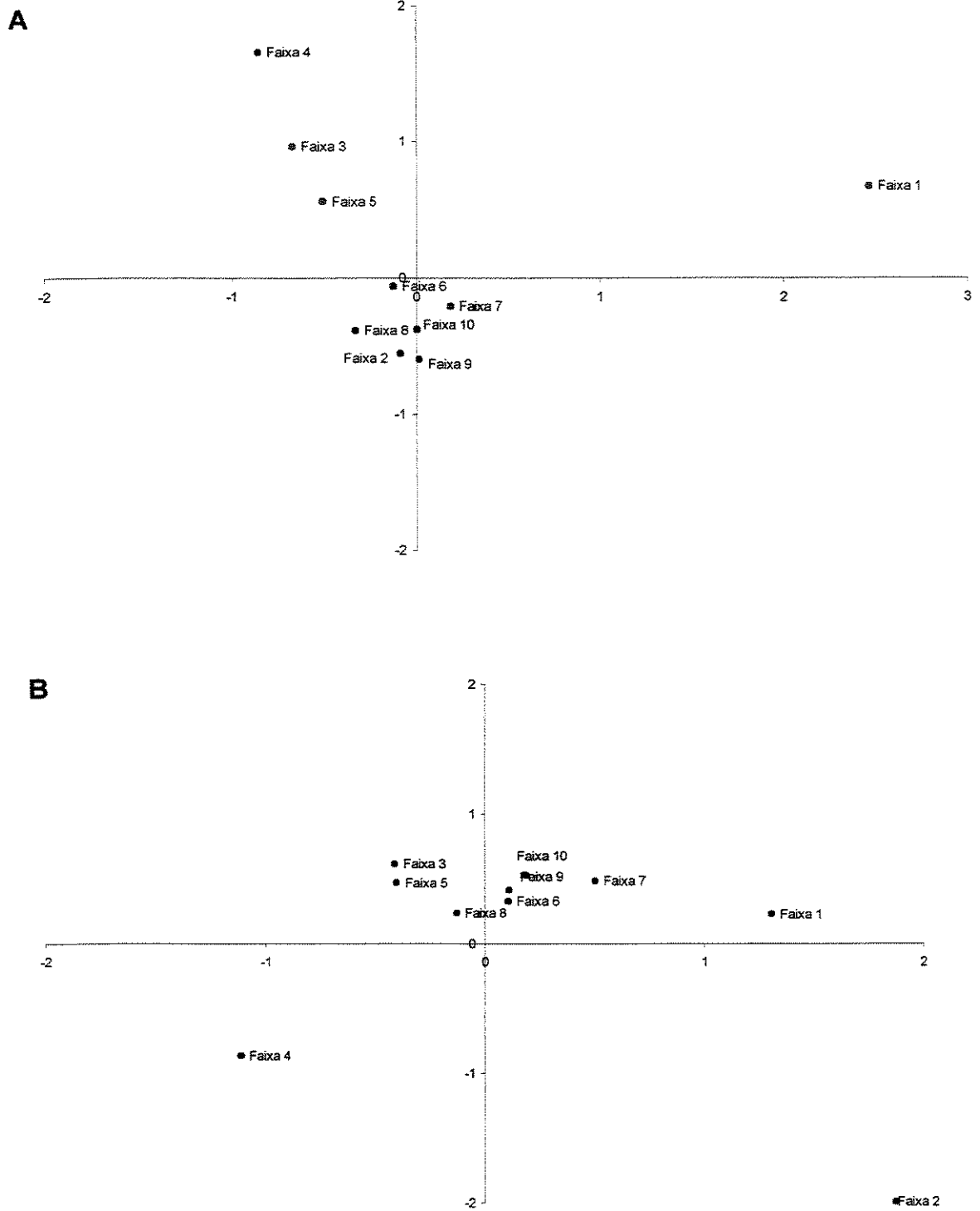


Figura 23 – Ordenação dos dados feita a partir da aplicação da Análise de Correspondência em matrizes de dados de dominância (A) e densidade (B) do conjunto de espécies subordinadas da topossequência 2.

Tendo em vista as observações acima, é possível dizer que a ordenação dos dados é fortemente influenciada pelas espécies dominantes, pois são elas que respondem fortemente ao gradiente. Já as espécies subordinadas, aparentemente, não são influenciadas tão fortemente pelo gradiente hídrico relacionado com a variação a encosta da toposseqüência 2, ou então, o conjunto não apresenta resposta homogênea a este. Gauch Junior & Whittaker (1972) relataram que as modas das curvas de distribuição das espécies mais importantes, aparentemente, seguem padrões unimodais. Isto influenciaria o resultado da análise sobremaneira, de tal sorte que a distribuição unimodal polariza os padrões e os segrega. É o que aparentemente ocorreu com o conjunto de dados aqui apresentado, explicando a melhor definição dos padrões quando a ordenação foi resultante da aplicação da AC e PCA sobre as matrizes das espécies dominantes.

Ainda Gauch Junior & Whittaker (1972) explicam que, quanto menor for a diversidade beta do conjunto de dados analisado, melhores são os resultados da ordenação. Como o conjunto de dados do presente estudo tem esta característica, também o resultado parece corresponder às afirmações feitas pelos autores. Tendo isto em conta, há que se considerar o papel de *Anadenanthera peregrina* e *Couepia grandiflora*, na determinação do grupo cerrado e de *Stryphnodendron adstringens* na determinação do grupo campo cerrado.

Mas o afastamento das faixas 1 e 4 merece ser discutido. A distância espacial da faixa 1 em relação às demais deve-se ao fato desta representar o extremo úmido da toposseqüência, onde esta condição impede o estabelecimento de várias espécies (devido à convergência de água). Domina este espaço *Kielmeyera coriacea* e, dada tal diferença, é de se esperar que o efeito de sua dominância seja sentido na análise multivariada.

Já com respeito a faixa 4, há dificuldade em explicar tal padrão. A faixa 4 caracteriza-se por apresentar uma fisionomia típica de campo cerrado, entretanto a espécie de maior densidade não é *Stryphnodendron adstringens*, como nas demais faixas ordenadas no grupo campo cerrado, e sim *Acosmium subelegans*. É possível que o corte da estrada que cruza o Parque seja responsável por uma mudança no padrão de drenagem local, de tal sorte que o grau de umidade deste sítio acabe sendo menor que o esperado. Porém, outros fatores podem estar envolvidos nesta alteração de padrão.

Com respeito ao tratamento dos dados da toposseqüência 1, pode-se dizer que a sua interpretação torna-se mais complexa do que aquela dada à toposseqüência 2. Tanto quando se utilizou a matriz de dados de dominância quanto de densidade, houve a segregação das faixas 3-5 em uma extremidade e, das faixas 7-11, em outra. É possível identificar o primeiro grupamento como o cerrado *sensu stricto*, e o segundo, campo cerrado/campo sujo. A faixa 6

pode ser considerada intermediária, no entanto, as faixas 10, 1 e 2 apresentam-se com tendência à aproximação, embora pertençam à duas extremidades do suposto gradiente (Figura 24). A aproximação das faixas 1 e 2 em relação ao grupo campo cerrado pode ser explicado pela predominância de *Stryphnodendron adstringens* nestas.

A variância total explicada pelos eixos extraídos através da ACP é elevada (os dois primeiros eixos explicam 78% para ambas as matrizes, de densidade e dominância). Entretanto, quando se utilizou a matriz de dados das espécies subordinadas, o resultado da ACP apontou que 81% da variação é extraída pelos dois primeiros eixos da ACP, ao se utilizar os dados de densidade e também os de dominância. Embora os eixos extraídos a partir dos dados das matrizes das espécies dominantes tenham apontado números relativamente elevados (74% para os dois primeiros eixos da ACP extraídos a partir das matrizes de densidade e dominância), estes resultados demonstram que as espécies subordinadas têm peso significativo na ordenação dos dados, ao contrário do verificado na topossequência 2. Mesmo assim, a interpretação dos resultados indicou não haver uma relação perfeita com o gradiente analisado, como ocorreu na topossequência 2, tendo em vista que a organização das faixas ao longo dos eixos de ordenação não segue um padrão de organização linear.

Este fato deve estar fundamentado na ocorrência irregular de duas espécies muito importantes na ordenação da topossequência 2: *Couepia grandiflora* e *Stryphnodendron adstringens*. Ainda que a maior abundância da primeira seja registrada entre as faixas 3 e 5, a espécie foi registrada com elevada abundância na faixa 10. Já a segunda, embora tenha sido mais abundante entre as faixas 6 a 9, ocorreu abundantemente também nas faixas 1 a 3. Isto pode ter alguma relação com a disponibilidade hídrica mais elevada do terço inferior da encosta, um padrão de ambiente onde *Stryphnodendron adstringens* mostrou-se muito abundante na topossequência 2.

Adicione-se a estes fatos a inclusão de algumas espécies, como *Miconia sellowiana*, *Rapanea umbellata* e *Cinnamomum sellowianum*, as quais ocorreram com maior expressividade, ou quase exclusivamente, no intervalo que vai das faixas 3 a 5, permitindo assim uma melhor segregação e contribuindo para que a matriz de espécies subordinadas obtivesse relativo peso na determinação dos padrões observados. Cabe ressaltar que este grupo de espécies, em geral destituídas de características xeromórficas, foi encontrado quase sempre em meio às formações mais densas de vegetação do Parque.

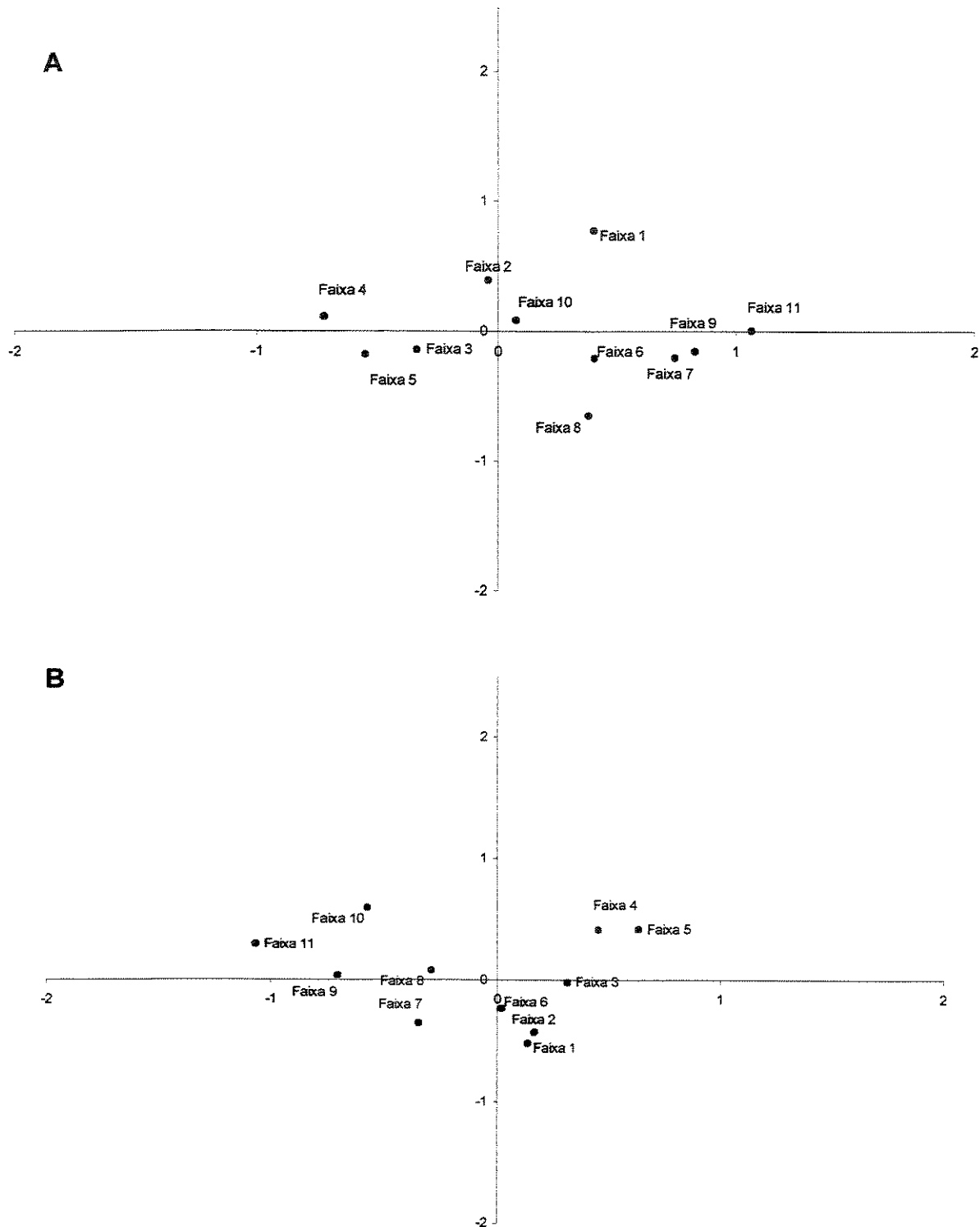


Figura 24 – Ordenação dos dados feita a partir da aplicação da Análise de Correspondência em matrizes de dados de dominância (A) e densidade (B) do conjunto de espécies amostradas na topossequência 1 (excetuando-se as raras).

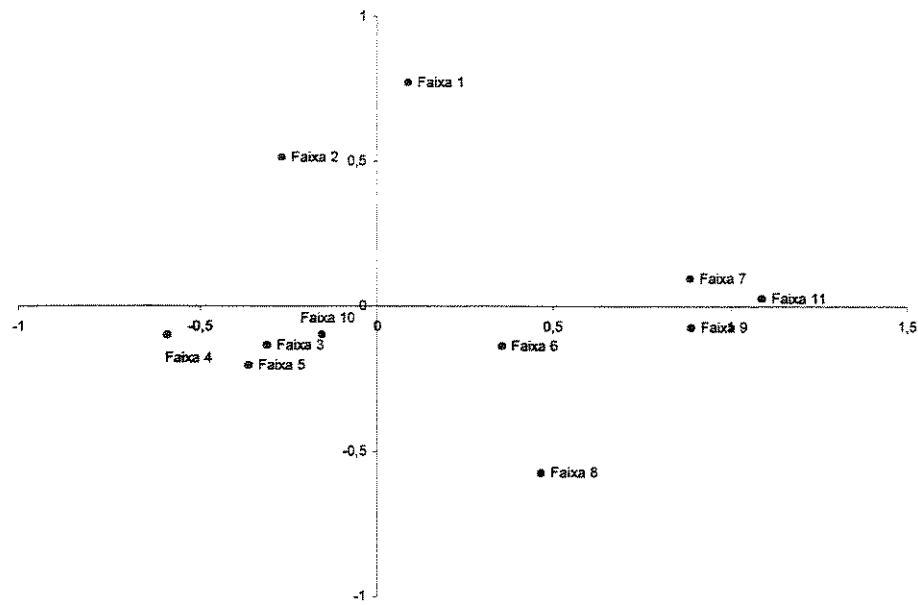
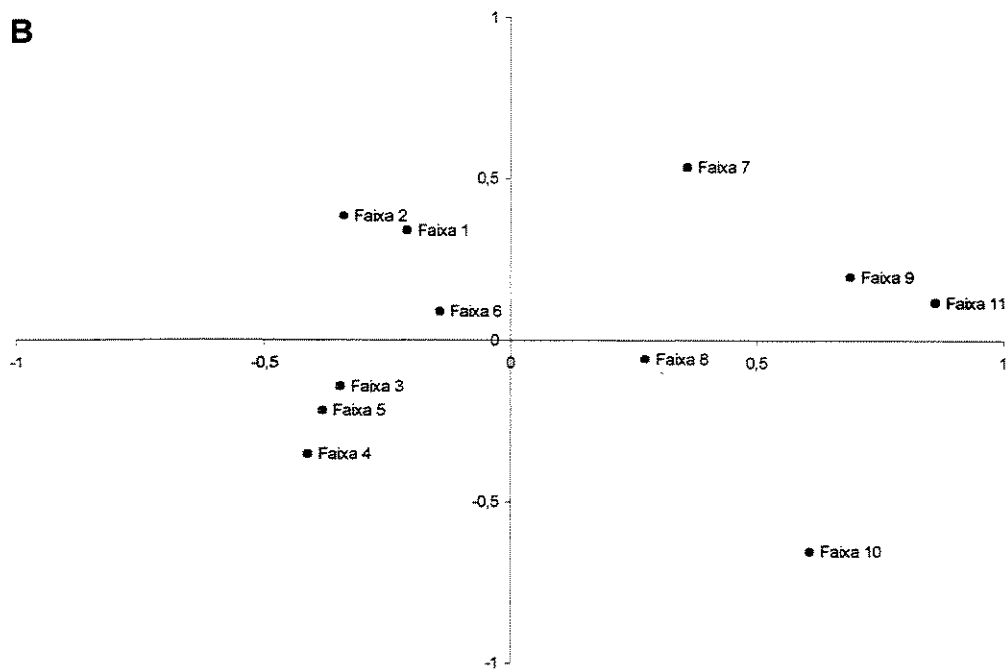
A**B**

Figura 25 – Ordenação dos dados feita a partir da aplicação da Análise de Correspondência em matrizes de dados de dominância (A) e densidade (B) do conjunto de espécies dominantes da topossequência 1.

Enquanto na toposseqüência 2 o gradiente hídrico pode ser deduzido pela distribuição quase linear das faixas quando ordenadas pela AC, particularmente quando se observa a distribuição das dominantes, esta observação não é possível na toposseqüência 1. Nesta, há uma tendência de que o grupo formado pelas faixas 3, 4 e 5 permaneça agregado quando tomados os dados de dominância ou densidade, seja do conjunto total de espécies (excluídas as raras), seja quando os grupos de dominantes e subordinadas encontram-se segregados. Isto talvez se deva, como já citado, à presença de um certo número de espécies não xeromórficas, as quais se incorporam à vegetação mais densa do cerrado *sensu stricto*. Talvez estas espécies possam representar aquelas que ocupam o que Grubb (1977) denominou de nichos regenerativos. Há também forte tendência à aproximação das faixas 1 e 2 (o extremo úmido do gradiente) em relação às faixas 6-8, o que deve ser considerado criticamente.

É necessário lembrar que os intervalos inferiores e superiores das toposseqüências analisadas são absolutamente diferentes, em se tratando de disponibilidade hídrica, pois o comportamento da água em subsuperfície tende a ser regulado pela declividade e pelos padrões geomórficos.

Conforme já relatado, na toposseqüência 1 o terço inferior possui maior quantidade de água sem que se verifique acúmulo. Ao contrário, a toposseqüência 2 possui aporte hídrico maior e o alçamento sazonal do lençol. A toposseqüência 1 encontra-se coberta por vegetação de cerrado *sensu stricto*, onde predominam *Stryphnodendron adstringens* (faixas 1 e 2, estas com lençol próximo à superfície), *Anadenanthera peregrina* e *Couepia grandiflora* (faixas 3-5). Já na toposseqüência 2, verifica-se que o terço inferior é recoberto por campo sujo (faixa 1, onde predomina *Kielmeyra coriacea*) e campo cerrado (faixas 2-5, onde, exceto pela faixa 4, predomina *Stryphnodendron adstringens*).

Estes mesmos condicionantes afetam a distribuição das espécies e as Figuras 25 e 26 ilustram a distribuição das espécies mais abundantes em ambas toposseqüências. Nota-se, grosso modo, que *Anadenanthera peregrina* e *Couepia grandiflora* estão associadas com a distribuição do cerrado *sensu stricto*, assim como a abundância de *Stryphnodendron adstringens* está associada com a distribuição do campo cerrado.

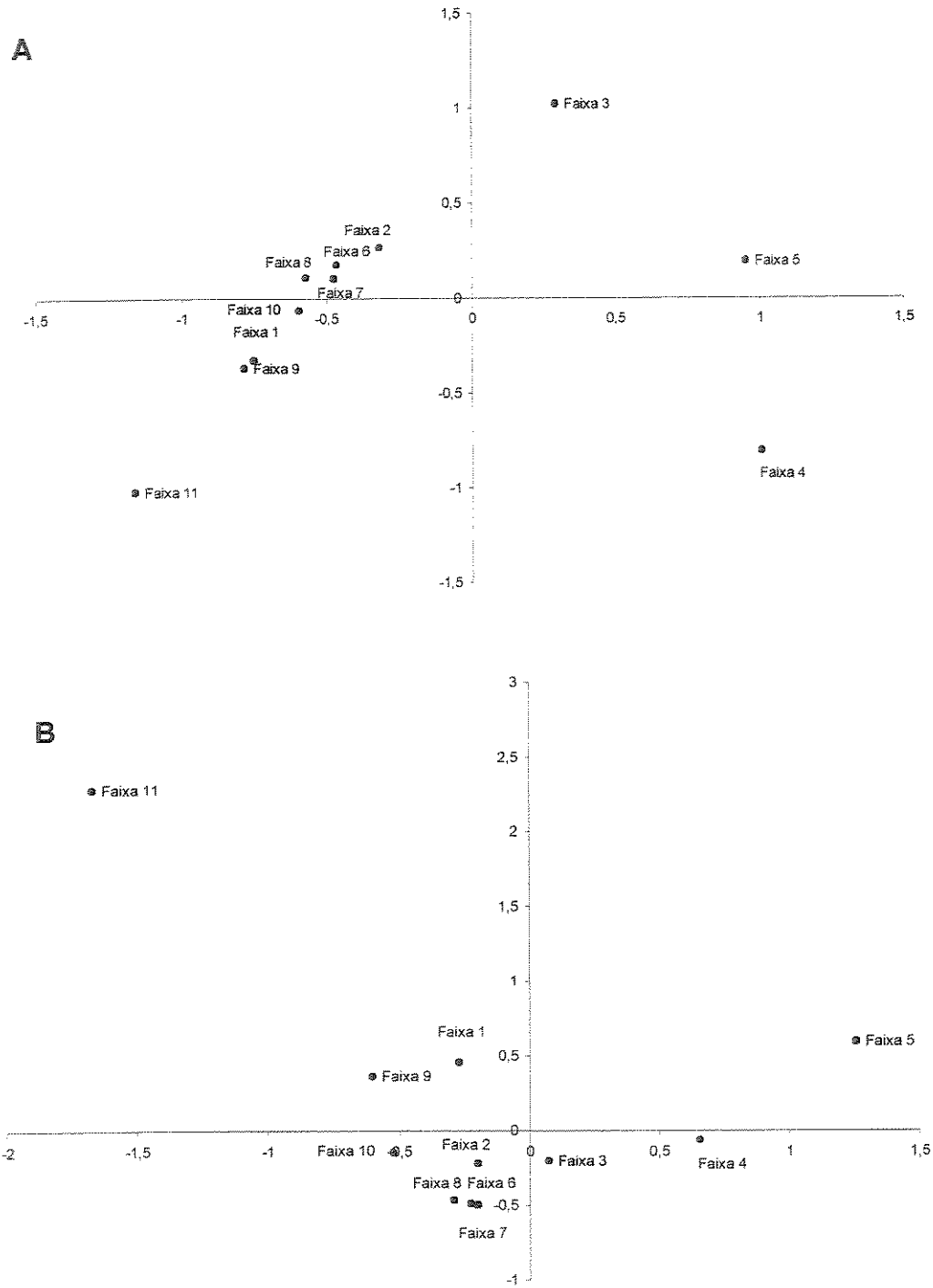


Figura 26 – Ordenação dos dados feita a partir da aplicação da Análise de Correspondência em matrizes de dados de dominância (A) e densidade (B) do conjunto de espécies subordinadas da topossequência 1.

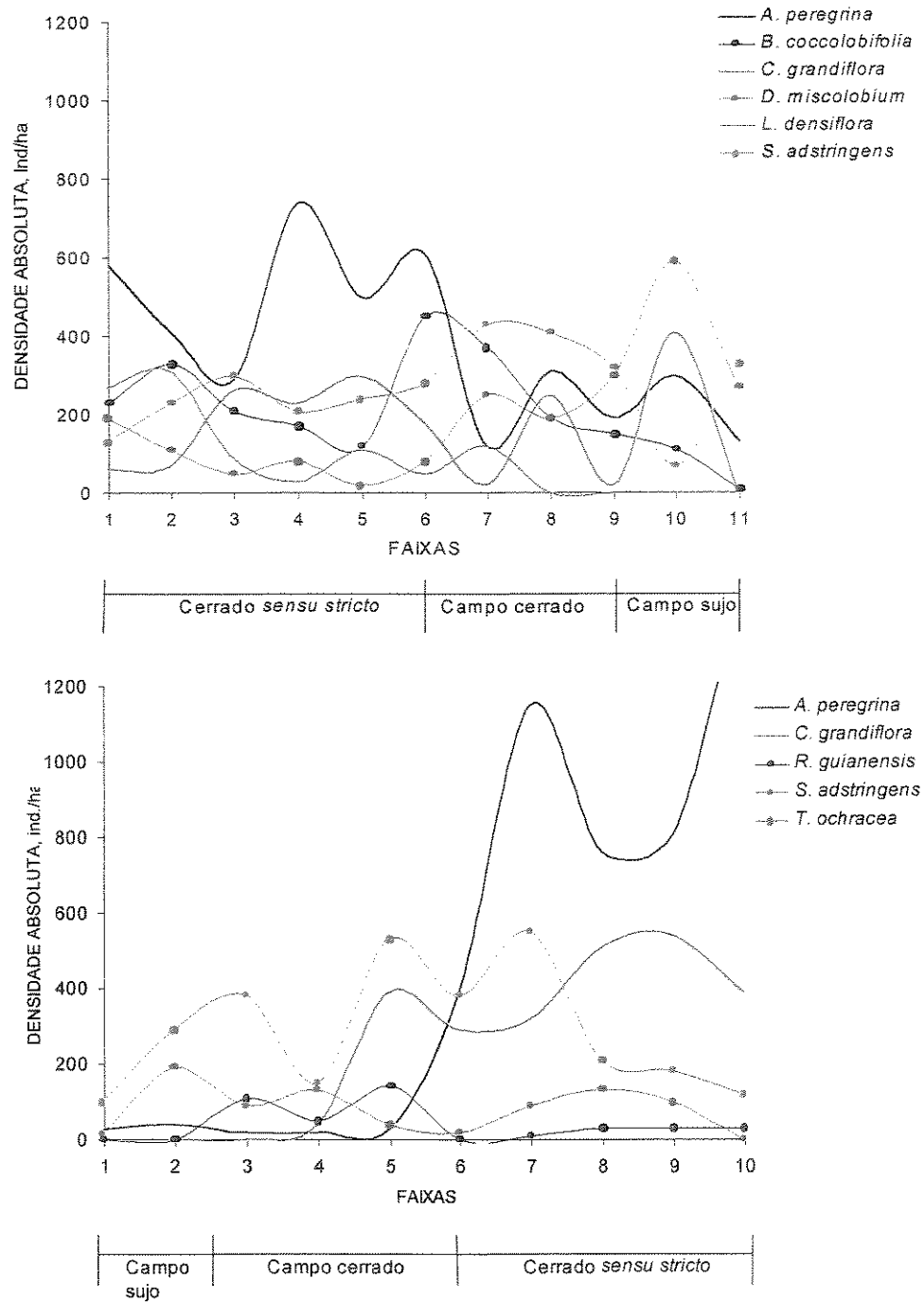


Figura 27– Variação da densidade absoluta (ind/ha) das espécies de maior abundância ao longo das toposseqüências 1 (acima) e 2 (abaixo).

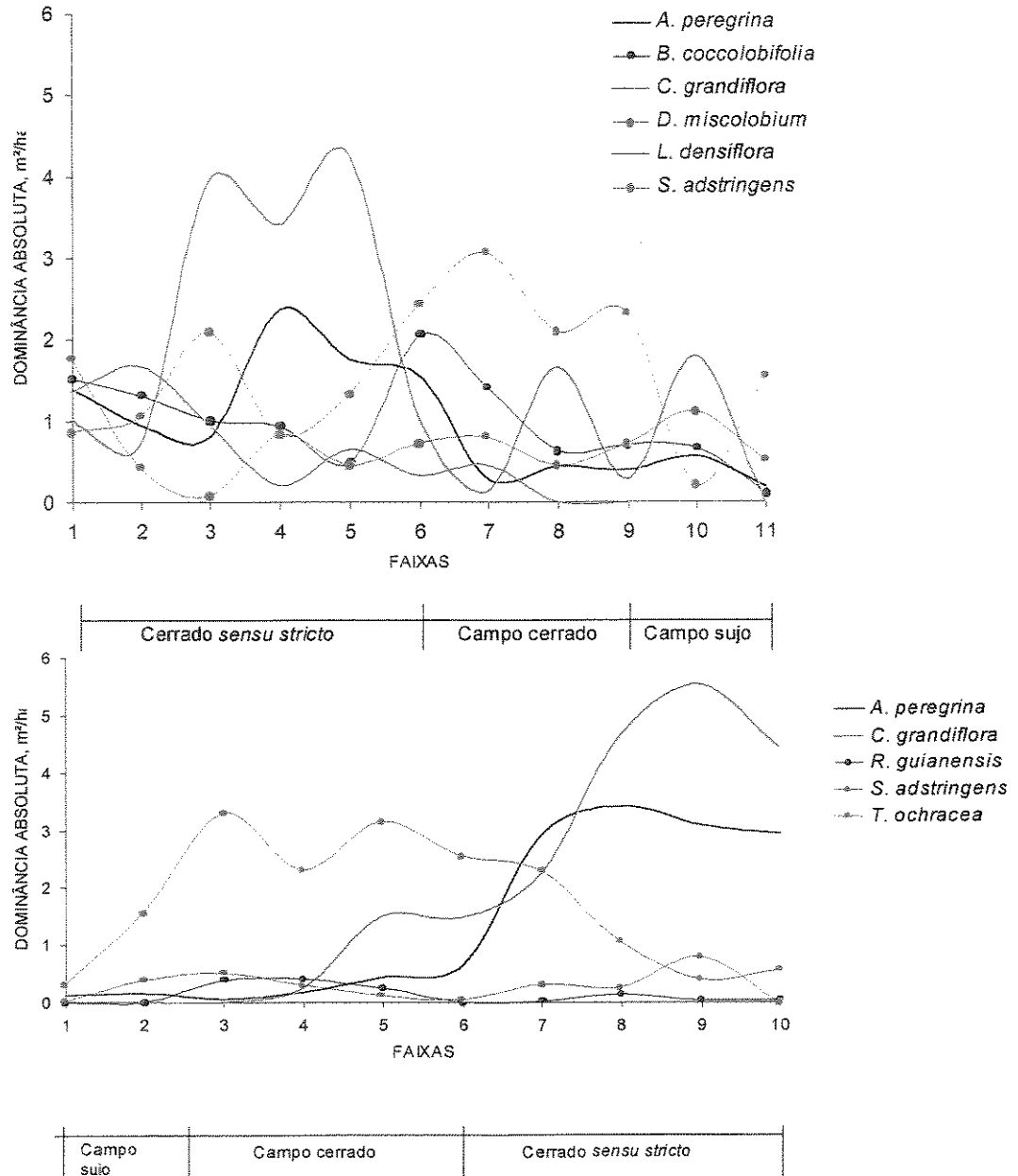


Figura 28 – Variação da Dominância Absoluta (m²/ha) das espécies de maior abundância ao longo das toposseqüências 1 (acima) e 2 (abaixo).

Desta forma, lidar com a ordenação dos dados florísticos pode levar a alguma confusão, tendo em vista que a formação dos padrões observados pelo procedimento analítico leva a concluir que áreas com composição florística similar possuem características ambientais divergentes. Isto é particularmente visível ao se observar os padrões de distribuição de

Stryphnodendron adstringens, que é abundante não somente no terço inferior das topossequências 1 e 2, mas também superior da topossequência 1, extremamente seco. Isto, porém, reforça que esta espécie ocupa os espaços mais abertos das topossequências 1 e 2 (no primeiro caso, um cerrado *sensu stricto* de menor densidade) talvez por ser extremamente plástica a ponto de suportar tal variação ambiental (Keddy 1989; Wisheu & Keddy 1992). Neste caso, pode-se levantar a hipótese de que os padrões determinados pela proximidade no espaço multivariado de faixas cujas características ambientais não se assemelham, deva-se às características bióticas.

Muito embora a análise multivariada seja uma ferramenta valiosa e seu uso muito difundido, o que talvez tenha levado Austin (1987) a definir a ciência da vegetação como a aplicação de técnicas numéricas a uma matriz de dados, sua interpretação deve ser feita cautelosamente. A formação de padrões não pode estar divorciada da interpretação das características ambientais. Mostrou-se essencial aqui atrelar os padrões encontrados às características do ambiente, antes devidamente compartimentalizado e diferenciado em suas particularidades.

Boa parte do exposto aqui reflete a impossibilidade de se utilizar a análise multivariada com a finalidade de esclarecer todos os aspectos que determinam as variações na estrutura da vegetação. Embora os primeiros eixos da ACP tenham capturado a maior parte da variação, cabe ressaltar que a organização das comunidades não está somente condicionada aos fatores e recursos ambientais, mas também às interações interespecíficas e características intrínsecas a cada população.

Encontrar padrões na estrutura das comunidades e discutí-los sob a ótica dos mecanismos bióticos e abióticos que cooperam em sua geração, parece cumprir a função de geração de hipóteses, mas dificilmente pode-se usar os mecanismos de análise, como os que foram utilizados neste estudo, com a finalidade de teste de hipóteses (Gauch Junior 1982). Alguns dos muitos gradientes, incluídos na ampla gama de gradientes ambientais, podem ser correlacionáveis ou complementares, o que afeta o direcionamento que se dá às interpretações. Identificar estas interações é fundamental para a geração de modelos que possibilitem a compreensão da organização comunitária (Crawley 1986a), mas a análise aqui aplicada torna impossível a compreensão de muitos dos padrões formados. Deve-se considerar isto nos estudos que têm tal pretensão.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, este estudo ressaltou o papel fundamental da geomorfia como elemento influente na determinação das formas de vegetação observadas no Parque Estadual do Cerrado. Particularmente na situação da topossequência 2, o terço inferior de feição geomórfica côncava-convergente direciona o fluxo hídrico e faz com que haja excesso hídrico em subsuperfície, o que deve conduzir à menor densidade da vegetação. Como a fertilidade, bem como as propriedades físico-hídrica dos solos não apresentaram diferenças significativas ao longo desta topossequência, parece ser razoável admitir que a geomorfia desta encosta seja o fator fundamental para explicar a menor densidade da vegetação neste ponto. Apesar de outros fatores como o fogo também contribuírem para que esta característica fisionômica se estabeleça, a geomorfia deve ser o fator mais importante.

O terço superior da topossequência 2, entretanto, deve ser o resultado de maior habilidade das espécies arbóreas savânicas na extração de água dos solos, tendo em vista que os valores de água disponível (entre 1,5 e 0,01 MPa) representam valores sempre inferiores a 5% do volume do solo. Porém, deve-se ter sempre em mente outros fatores não considerados neste estudo. Vale ressaltar que a maior densidade da vegetação deve fornecer maior heterogeneidade ambiental, esta necessária ao estabelecimento de uma série de espécies não encontradas nas áreas mais abertas, fazendo com que os índices de diversidade sejam mais elevados nesta porção.

Na topossequência 1, embora a vegetação mais densa do terço inferior tenha encontrado uma explicação convincente sustentada essencialmente na drenagem difusa da água de montante, parcialmente providenciada pela elevada porosidade dos solos, bem como pela feição geomórfica retilínea, a presença de vegetação aberta (campo cerrado e campo sujo) em seu terço superior parece contradizer as deduções feitas com base nos dados da topossequência 1. De fato, é possível que os padrões geomórficos não tenham efeito algum sobre a vegetação, sendo esta o resultado possível de outros fatores como o fogo ou as geadas. Nesta porção, a vegetação pode apresentar-se em processo de recuperação dos

efeitos destes distúrbios estocásticos, o que porém, deve processar-se de modo lento, consideradas as dificuldades de um ambiente pobre em recursos hídricos e minerais.

A análise das informações pertinentes à distribuição das populações configurou um quadro no qual as espécies mais abundantes (*Stryphnodendron adstringens*, *Couepia grandiflora* e *Anadenanthera peregrina*), ainda que distribuídas ao longo de toda a encosta, demonstraram possuir maior abundância em tipos fisionômicos específicos. *Anadenanthera peregrina* e *Couepia grandiflora* caracterizaram o cerrado *sensu stricto* e *Stryphnodendron adstringens* caracterizou boa parte do campo cerrado. Algumas hipóteses foram discutidas, mas sem uma base de dados mais adequada, não foi possível sustentar nenhuma. É notável, no entanto, perceber que a ocorrência de *Stryphnodendron adstringens* se dá em pedoambientes muito diversificado, ou seja, desde o extremo úmido do terço final da topossequência 2, até o terço médio de menor disponibilidade hídrica da topossequência 1. Uma hipótese discutida é a de que esta espécie seria uma competidora inferior frente às espécies dominantes do cerrado *sensu stricto* (*Couepia grandiflora* e *Anadenanthera peregrina*), fisionomia esta que se estabeleceria onde o suprimento hídrico fosse moderado, ou seja, nem excessivo, nem deficiente. Logo, a presença de ambas, ou de uma só, ofereceria uma restrição muito grande ao estabelecimento de *Stryphnodendron adstringens*. No entanto, são necessários testes adequados para sustentar esta hipótese.

Através do uso de métodos estatísticos multivariados, foi possível segregar os grupos fisionômicos a partir dos parâmetros estruturais da vegetação, no entanto, deve-se considerar que os dados obtidos a partir da análise geomorfopedológica indicaram diferenças severas entre os grupos formados a partir de similaridades florísticas. Discutiu-se a validade de se fazer estas interpretações sem que estes dados estivessem atrelados a um conhecimento dos condicionantes ambientais. Seguramente, as interpretações poderiam ser equivocadas. Mesmo assim, a análise indireta de gradientes apontou falhas, pois esta não tornou possível sustentar hipóteses porque, é claro, não se destina a esse fim e, portanto, não consegue capturar importantes informações como aquelas derivadas de interações biológicas ou então dos demais gradientes ambientais presentes. Ficou claro o papel das espécies dominantes na segregação e formação dos grupos, mas também as chamadas espécies subordinadas provaram ser úteis na determinação dos resultados observados na topossequência 1.

Resta sugerir que trabalhos futuros possam contemplar uma visão mais crítica de seus métodos e objetivos. Estes devem levar em consideração abordagens voltadas à geração de teorias, e de sua sustentação. Muito interessante lembrar que aspectos relacionados com as variações nas estratégias de alocação de recursos e de história de vida podem oferecer

resultados muito promissores em se tratando de análise da resposta da vegetação à gradientes ambientais. Com respeito ao Parque, há que se sugerir a continuidade de trabalhos que possibilitem:

- ✓ Verificar a repetição dos padrões fisionômicos em áreas de características geomorfopedológicas aproximadas, particularmente ao caso da topossequência 2;
- ✓ Verificar a repetição dos padrões de distribuição das espécies dominantes, em especial, *Stryphnodendron adstringens*, *Anadenanthera peregrina* e *Couepia grandiflora*;
- ✓ Testar, através de experimentos, a presença de interações interespecíficas entre as espécies dominantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AARSEN, L.W. Ecological combining ability and competitive combining ability in plants: toward a general evolutionary theory of coexistence in systems of competition. **The American Naturalist**, 111(6):707-731, 1983.
- AB'SÁBER, A.N. (1963). Contribuição à geomorfologia da área dos cerrados. In: FERRI, M.G. **Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo, EDUSP, 1963. p. 117-124.
- ABSY, M. L. & VAN der HAMMEM, J. Some palaeocological data from Rondonia, southern part of Amazon Basin. **Acta Amazonica**, 6(3): 293-299, 1976.
- ALVIM, P.T. Repensando a teoria de formação dos campos cerrados. In: EMBRAPA. **Simpósio Sobre o Cerrado, 8.; International Symposium on Tropical Savannas, 1**. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1996. p.56-58.
- ALVIM, P. T. & ARAÚJO, W. A. El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. **Turrialba**, 2 (4):153-160, 1952.
- ARENS, K. Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras - USP**, 224 (Botânica n. 15): 25-56, 1958a.
- ARENS, K. O cerrado como vegetação oligotrófica. **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras - USP**, 224 (15): 59-77, 1958b.
- ARENS, K. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo. In: FERRI, M.G. **Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo, EDUSP, 1963. p. 285-303.
- ASKEW, G.P.; MOFFAT, D.J.; MONTGOMERY, R.F. & SEARL, P.L. Soil and soil moisture as factors influencing the distribution of the vegetation formations of the Serra do Roncador, Mato Grosso. In: Ferri, M.G. (ed). **III Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo: Ed. Edgar Blücher Ltda. 1971. p. 150-160.
- AUSTIN, M.P. Continuum concept, ordination methods, and niche theory. **Annual Review of Ecol. Syst.**, 16:39-61, 1985.
- AUSTIN, M.P. Models for the analysis of species' response to environmental gradients. **Vegetatio**, 69:35-45, 1987.

- AUSTIN, M.P. & AUSTIN, B.O. Behaviour of experimental plant communities along a nutrient gradient. **Journal of Ecology**, 68:891-918, 1980.
- AUSTIN, M.P. & SMITH, T.M. A new model for the continuum concept. **Vegetatio**, 83:35-47, 1989.
- AUSTIN, M.P. & GAYWOOD, M.J. Current problems of environmental gradients and species response curves in relation to continuum theory. **Journal of Vegetation Science**, 5:473-482, 1994.
- BASNET, K. Controls of environmental factors on patterns of montane rain forest in Porto Rico. **Tropical Ecology**, 34(1): 51-63, 1993.
- BAZZAZ, F.A. **Plants in Changing Environment**: linking physiological, population and community ecology. Cambridge: Cambridge University Press. 1996.
- BEGON, M. ; MORTIMER, M. THOMPSON, D.J. **Population Ecology**. 3th Ed. Cambridge: Blackwell Science, Inc. 1996.
- BEHLING, H. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: Vegetation, climate and fire history. **Journal of Paleolimnology**, 14(3): 253-268, 1995.
- BIGARELLA, J. J. Problems in Brazilian Devonian geology. **Boletim Paranaense de Geociências**, 2:1-128, 1969.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. & MARQUES FILHO, P. L. Estruturas e texturas da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica. **Boletim da Universidade Federal do Paraná, Geologia**, 18: 1-114, 1966.
- BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D. & SANTOS, G.F. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. V. 1. Florianópolis: Editora da UFSC. 1994.
- BILBAO, B.; BRAITHWAITE, R.; DALL'AGLIO, C.; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, P. E.; RIBEIRO, J. F. & STOTT, P. Biodiversity, fire and herbivory in tropical savannas. In: Solbrig, O.T.; Medina, E. & Silva, J.F. **Biodiversity and Savanna Ecosystem Processes: a global perspective**. Berlin: Springer. 1996. P. 197-203.
- BOUMA, J. Hydrology and soil genesis of soils with aquatic moisture regimes. In: WILDING, L.P.; SMECK, N.E. & HALL, J.F. (Ed.) **Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and interactions**. Netherlands: Elsevier Science Public. 1986. P. 253-281.
- CAIN, A.S. The climax and its complexities. **American Midland Naturalist**, 21(1):147-181, 1939.
- CLEMENTS, F.E. Nature and structure of the climax. **Journal of Ecology**, 24:252-284, 1936.
- COELHO, M. R. **Caracterização e Gênese de Ferricretes Desenvolvidos do Arenito Bauru, Formação Adamantina (KA), no Município de Pindorama, SP**. Piracicaba, SP,

1998. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas) Depto. de Solos. ESALQ/USP.
- COLE, M. M. **The Savannas: Biogeography and geobotany**. London: Academic Press. 1986. 438 p.
- CONNEL, J.H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. **Science**, 199:1302-1310, 1975.
- COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado II. As queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo. **Boletim de Botânica - USP**, 5: 57-64, 1977.
- COUTINHO, L.M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, 1: 17-23, 1978.
- COUTINHO, L.M. As queimadas e seu papel ecológico. **Brasil Florestal**, 10 (4): 7-23, 1980.
- COUTINHO, L. M. & FERRI, M. G. Transpiração e comportamento estomático de plantas permanentes do cerrado em Campo Mourão (estado do Paraná). **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras - USP**, n. 247, Botânica, 17:119-130, 1960.
- CRAWLEY, M. J. The structure of plant communities. In: _____ **Plant Ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. Pág. 1-50. 1986a.
- CRAWLEY, M. J. Life history and environment. In: _____ **Plant Ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. P. 253-290. 1986b.
- CURI, N. & FRANZMEYER, D.P. Toposequence of oxisols from the central plateau of Brazil. **Soil Science Society American Journal**, 48(2):341-346, 1984.
- DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H. F. & RODRIGUES, R. R. Phytosociology and structure of a frequently burnt cerrado vegetation in SE-Brazil. **Flora** 189:153-160, 1994.
- EITEN, G. Habitat flora of fazenda Campininha, São Paulo, Brazil. In: FERRI, M. G. **Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo: Ed. Edgar Blücher. 1963. p. 155-202.
- EITEN, G. **Classificação da Vegetação do Brasil**. Brasília: CNPq. 1983. 305 p.
- EITEN, G. Natural Brazilian vegetation types and their causes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 64 (supl. I): 35-65, 1992.
- EITEN, G. Vegetação. In: PINTO, M.N. **Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas**. 2ª ed. Brasília, Editora da Universidade de Brasília, 1994. p. 17-73.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/SNLCS. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS. 1979.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/SNLCS/SUDESUL/IAPAR. **Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Paraná**. Londrina: SNLCS/SUDESUL/IAPAR. 1984.

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/CNPq. **Zoneamento Ecológico para Plantios Florestais no Estado do Paraná**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, doc. n. 17. 1986. 89 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília/Rio de Janeiro: Serviço de Produção de Informação/EMBRAPA Solos. 1999.
- FERRI, M.G. Water balance of plants from the "caatinga". II further information on transpiration and stomatal behavior. **Revista Brasileira de Biologia**, 13 (3):237-244, 1953.
- FERRI, M.G. Nota preliminar sobre a vegetação de cerrado em Campo Mourão (Paraná). **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras - USP**, 247 (Botânica n. 17):109-115, 1960.
- FERRI, M. G. Evolução do conceito do xerofitismo. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras - USP**, 267(19): 101-114, 1963.
- FERRI, M. G. Uma década (1968-1977) de trabalhos no cerrado. In: GOODLAND, R.; FERRI, M.G. **Ecologia do Cerrado**. São Paulo/Belo Horizonte, Editora da Universidade de São Paulo/Ed. Itatiaia, 1979. p. 23-59.
- FERRI, M. G. & LABORIAU, L. G. Water balance of plants from the "caatinga" - I. Transpiration of some of the most frequent species of the "caatinga" of Paulo Afonso (Bahia) in the rainy season. **Revista Brasileira de Biologia**, 12 (3): 301-312, 1952.
- FERRI, M. G. & COUTINHO, L. M. Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado. Estudo comparativo da economia da água de sua vegetação em Emas (Estado de São Paulo), Campo Grande (Estado de Mato Grosso) e Goiânia (Estado de Goiás). **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciência e Letras - USP**, 224, Botânica 15: 103-150, 1958.
- FERRI, M. G. & LAMBERTI, A. Informações sobre a economia d'água de plantas de tabuleiro no município de Goiana (Pernambuco). **Boletim da Faculdade de Ciências e Letras - USP**, 247 (17): 133-145, 1960.
- FURLEY, B.A.; RATTER, J.A. & GIFFORD, D.R. Observations on the vegetation of the eastern Mato Grosso, Brazil III. The woody vegetation and soils of the Morro da Fumaça, Torixoreu. **Proceedings Royal Society London B**, 203: 191-208, 1978.
- GAUCH JUNIOR, H.G. **Multivariate Analysis in Community Ecology**. Cambridge:Cambridge Univertisty Press. 1982. 298 p.
- GAUCH JUNIOR, H. & WHITTAKER, R. H. Coenocline simulation. **Ecology**, 53:446-451, 1972.
- GERDOL, R. Gradient analisys of alpine vegetation in the Lagorai range, Dolomites. **Botanica Helvetica**, 100(2): 167-181, 1990.

- GIAROLA, N. F. B.; CURCIO, G. R.; SILVA, A. P. & DEDECEK, R. A. Análise de algumas propriedades físicas dos solos da VI RCC relevantes para discussão dos níveis inferiores do SBCS. In: **Reunião de Classificação, Correlação e Aplicação de Levantamentos de Solos**, 6, 2000, Colombo. Guia de excursão de estudos de solos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Colombo: Embrapa Florestas/ Rio de Janeiro: Embrapa Solos/Campinas: IAC, 2000. p193-214.
- GILLER, P.S. **Community Structure and the Niche**. London: Ed. Chapman and Hall. 1984.
- GLEASON, H.A. The individualistic concept of the plant association. **Bulletin of Torrey Botanical Club**, 53: 7-26, 1926.
- GOLLEY, F.B. & MEDINA, E. **Tropical Ecological Systems: trends in terrestrial and aquatic research**. V. 11. New York: Springer-Verlag. 1975.
- GOODLAND, R. Análise ecológica da vegetação do cerrado. In: GOODLAND, R. & FERRI, M.G. **Ecologia do Cerrado**. São Paulo/Belo Horizonte, Editora da Universidade de São Paulo/Ed. Itatiaia, 1979. p. 61-193.
- GOODLAND, R. & POLLARD, R. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. **Journal of Ecology**, 61: 219-224, 1973.
- GRIME, J.P. Vegetation classification by reference to strategies. **Nature**, 250(5):26-31, 1974.
- GRIME, J.P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**, 111(982): 1169-1194, 1977.
- GRUBB, P.J. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. **Biological Review**, 52:107-145, 1977.
- GRUBB, P.J. Plant population and vegetation in relation to habitat, disturbance and competition: problems of generalization. In: WHITE, J. (ed.) **The Population Structure of Vegetation**. Dordrecht: W. Junk Publishers. P. 595-621. 1985
- HADDAD, C.R.B. & VALIO, I.F.M. Effect of fire on flowering of *Lantana montevidensis* Briq. **Journal of Plant Physiology**, 141 :704-707, 1993.
- HALL, G.F. & OLSON, C.G. Predicting variability of soils from landscape models. In: SSSA Special Publication number 28: **Spatial Variabilities of Soils and Landforms**. P. 9-24. 1991.
- HARIDASAN, M. Solos do Distrito Federal. In: PINTO, M. N. **Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas**. 2ª ed. Brasília, Editora da Universidade de Brasília, 1994. p. 321-344.
- HARIDASAN, M.; PAVIANI, T.I. & SCHIAVINI, I. Localization of aluminum in the leaves of some aluminum-accumulating species. **Plant and Soil**, 94:435-437, 1986.

- HARIDASAN, M.; HILL, P. G. & RUSSEL, D. Semiquantitative estimates of Aluminum and other cations in the leaf tissues of some Al-accumulating species using electron probe microanalysis. **Plant and Soil**, 104(1): 99-102, 1987.
- HERINGER, E.P. Propagação e sucessão de espécies arbóreas do cerrado em função do fogo, do cupim, da capina e do Aldrim (inseticida). In: FERRI, M.G. **III Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo: Ed. Edgar Blücher Ltda./Ed. Universidade de São Paulo. 1971. p. 167-179.
- HERMANN, M. L. P. & ROSA, R. O. Relevô. In: IBGE. **Geografia do Brasil: região sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 55-84.
- IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná. 1994.
- JOHNSON, R.A. & WICHERN, D.W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**, 2nd Ed. New Jersey: Prentice-Hall International Editions. 1988.
- JOHNSTON, M.H. Soil-vegetation relationships in a tabonuco forest community in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. **Journal of Tropical Ecology**, 8:253-263, 1992.
- KÄMPF, N. & CURI, N. Óxidos de ferro: indicadores de ambientes pedogênicos e geoquímicos. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. & SCHAEFER, C.E.G.R., Ed. **Tópicos em Ciência do Solo**. V. 1. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2000. P. 107-138.
- KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L. & WARD, D. E. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado. **Journal of Ecology** 82: 519-531, 1994.
- KAUL, P. F. Geologia. In: IBGE. **Geografia do Brasil: região sul**. Rio de Janeiro: IBGE. 1990. p. 29-54.
- KEDDY, P.A. **Competition**. London: Chapman & Hall. 1989.
- KEDDY, P.A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Ecology**. 3:157-164, 1992.
- KLEIN, R.M. Importância prática da fitossociologia para a silvicultura brasileira. **Boletim Paranaense de Geografia**, 10-15:269-280, 1963.
- KLEIN, R.M. Contribuição ao conhecimento da vegetação de partes do 1º e 2º planalto paranaense. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 30, 1979, Campo Grande - MS. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Botânica, 1979. p. 200-201.
- LANGE, F.W. & PETRI, S. The Devonian of Paraná Basin. **Boletim Paranaense de Geociências: Problems in Brazilian Devonian geology**, 21/22:5-55, 1967.

- LEHMAN, C.L. & TILMAN, D. Competition in spatial habitats. In: TILMAN, D. & KAREIVA, P. **Spatial Ecology: the role of space in population dynamics and interspecific interactions**. Princeton: Princeton University Press. P. 185-203. 1997.
- LEITÃO FILHO, H. F. A flora arbórea dos cerrados do Estado de São Paulo. *Hoehnea*, 19(1-2): 151-163, 1992.
- LEITE, P. F. **As Diferentes Unidades Fitoecológicas da Região Sul do Brasil, Proposta de Classificação**. Curitiba, 1994. 160 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- LEITE, P. F. & KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. **Geografia do Brasil: região sul**. Rio de Janeiro, IBGE, 1990. p. 113-150, 1990.
- LEMOES, R.C & SANTOS, R.D. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 2ª ed Campinas: SBCE-SNLCS. 1984. 46p.
- LOSSO, M.M. **Análise da estrutura da vegetação de um fragmento de floresta de galeria no entorno do Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva, Paraná, Brasil**. Curitiba, 1998. 26 p. Monografia (Bacharelado em Biologia). Departamento de Ciências Biológicas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.
- LÜTGE, U. **Physiological Ecology of Tropical Plants**. Berlin: Springer-Verlag. 1997.
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora, Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1968. 450 p.
- MALAVOLTA, E.; SARRUGE, J.R. & BITTENCOURT, V.C. Toxidez de alumínio e de manganês. In: FERRI, M.G. **IV Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo/Belo Horizonte: Editora da Universidade de São Paulo/Ed. Itatiaia. 1977. p. 333-347.
- MENGHI, M. & HERRERA, M. Major vegetational trends related to relief and hydrology in the mar Chiquita wetlands. *Coenoses*, 10(1):1-10, 1995.
- MINEROPAR – Minerais do Paraná. <http://www.pr.gov.br/mineropar/geoii.html>. 11/2001.
- MIRANDA, A.C.; MIRANDA, H.S.; DIAS, I.F.O & DIAS, B. F. S. Soil and air temperatures during prescribed cerrado fires in central Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 9:313-320, 1993.
- MITCHLEY, J. & GRUBB, P.J. Control of relative abundance of perennials in chalk grassland in southern England. *Journal of Ecology*, 74:1139-1166, 1986.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 574 p.
- NIMER, E. Climatologia da região sul. In: _____. **Climatologia do Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE/Dep. de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1989. p. 195-264.

- NOY-MEIER, I. & VAN DER MAAREL, E. Relations between community theory and community analysis in vegetation science: some historical perspectives. **Vegetatio**, 69: 5-15, 1987.
- ÖKLAND, R.H. Studies in SE Fennoscandian mires: relevance to ecological theory. **Journal of Vegetation Science**. 3:279-284, 1992
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. The vegetation of brazilian "murundus" – the island-effect on the plant community. **Journal of Tropical Ecology**, 8:465-486, 1992.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; SHEPPERD, G.J.; MARTINS, F.R. & STUBBLEBINE, W.H. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, 5 : 413-431, 1989.
- OLIVEIRA, L. B. & PAULA, J. L. Retenção e disponibilidade de água de latossolos do sudeste e sul do Brasil. IN: Reunião de Classificação, Correlação de Solos e Interpretação de Aptidão Agrícola, 3., 1988, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS/SBCS, 1988. p 303-363.
- RANZANI, G. Solos do cerrado. In: FERRI, M. G. **Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo, Ed. Edgar Blücher, 1963. p. 51-92.
- RANZANI, G. Solos do cerrado no Brasil. In: FERRI, M. G. **III Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo, EDUSP/Ed. Edgar Blücher Ltda, 1971. p. 26-43.
- RAWITSCHER, F. K.; FERRI, M. G. & RACHID, M. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 15(4):267-297, 1943.
- RAWITSCHER, F. K. & RACHID, M. Troncos subterrâneos de plantas brasileiras. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 18(4):261-280, 1946.
- REIS, A. C. S. Climatologia dos cerrados. In: FERRI, M.G. **III Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo: EDUSP/Ed. Edgar Blücher Ltda. 1971. p. 15-25.
- RIBEIRO, J.F.; SANO, S.M. & SILVA, J.A. Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação dos cerrados. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32, 1982a. **Anais...** São Paulo: Sociedade Botânica do Brasil, 1982a. p. 124-133.
- RIBEIRO, J. F.; SILVA, J. C. S. & AZEVEDO, L. G. Estrutura e composição florística em tipo fisionômicos dos cerrados e sua interação com alguns parâmetros do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32, TERESINA-PI, 1981. **Anais...** São Paulo: Sociedade Botânica do Brasil. 1982b. p. 141-156.
- RIBEIRO, J. F.; SILVA, J. C. S. & BATMANIAN G. J. Fitossociologia de tipos fisionômicos de cerrado em Planaltina/DF. **Revista Brasileira de Botânica**, 8: 131-142, 1985.

- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S.M. & ALMEIDA, S.P. **Cerrado, Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 1998. P. 89-166.
- RICKLEFS, R.E. **Invitación a la Ecología: la economía de la naturaleza**. Buenos Aires: Editorail Medica Panamericana. 1998.
- ROCHA-CAMPOS, A. C. The Tubarão group in the brazilian portion of the Parana Basin. In: BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D. & PINTO, I. D. **Problems in Brazilian Gondwana Geology**. 1967. p. 27-102.
- RODERJAN, C.V. **O gradiente da Floresta Ombrófila Densa no Morro Ahangava, Quatro Barras, PR – Aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos**. Curitiba, 1994. 199 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Silvicultura e Manejo, UFPR. 199 p.
- RODERJAN, C.V. & KUNIYOSHI, Y.S. **Macrozoneamento Florístico da Área de Proteção Ambiental APA-Guaqueçaba**. Série Técnica nº 15. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná – FUPEF. 1988.
- RODEJAN, C.V.; GALVÃO, F. KUNIYOSHI, Y.S. & HATSCHBACH, G.G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, 24:75-92, 2002.
- SALAMUNI, R. Fundamentos geológicos do Paraná. In: **História do Paraná**. Curitiba: Grafipar. 1969. p. 1-128.
- SALISBURY, F.B. & ROOS, C.W. **Plant Physiology**. Belmont: Wadsworth Publishing Company. 1992.
- SARMIENTO, G. **The Ecology of Neotropical Savannas**. Cambridge: Harvard Univerty Press. 1984.
- SAS. **JMP® Statistics and Graphic Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1995
- SCHLUTER, D. & RICKLEFS, R. E. Species diversity: an introduction to the problem. In: RICKLEFS, R. E. & SCHLUTER, D. **Species Diversity in Ecological Communities: historical and geographical perspectives**. 1993. P. 1-10.
- SCHNEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F. & NOGUEIRA, A.A. (1974). Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, v.1. 1974, p. 41-65.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G.R. & ASMUS, H.E. (1984). **Geologia do Brasil**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM/ Divisão de Geologia e Mineralogia. 1984. 501 p.

- SCHUBART, O. Segunda contribuição sobre o movimento da água subterrânea de Emas - Pirassununga. **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras -USP**, 243(16): 71-84, 1959.
- SHEPHERD, G. J. **Fitopac 1.0, manual de instruções**. Campinas: Departamento de Botânica – UNICAMP. 1988.
- SHIPLEY, B. & KEDDY, P.A. The individualistic and community-unit concept as falsifiable hypotheses. **Vegetatio** 69:47-55, 1987.
- SILVA JUNIOR, M.C.; BARROS, N.F. & CÂNDIDO, J.F. Relações entre parâmetros do solo e da vegetação de cerrado na Estação Florestal Experimental de Paraopeba - MG. **Revista Brasileira de Botânica**, 10 : 125-137, 1987.
- SILVA, J.J. & CASTRO, F. Fire, growth and survivorship in a neotropical savanna grass *Andropogon semiberbis* in Venezuela. **Journal of Tropical Ecology**, 5:387-400, 1989.
- TANSLEY, A.G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, 16:284-307, 1935.
- THOMAS, M.F. **Thiomorphology in the Tropics: Study of Wheathering and Denudation in Low Latitude**. United Kingdom: Wiley. 1984. 460 p.
- THOMPSON, J.; PROCTOR, J.; VIANA, V.; RATTER, J.A. & SCOTT, D.A. The forest-savanna boundary on Maracá island, Roraima, Brazil: an investigation of two contrasting transects. In: FURLEY, P.A.; PROCTOR, J.A. & RATTER, J.A. **Nature and Dyanmics of Forest-Savanna Boundaries**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 367-392.
- TILMAN, D. **Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities**. Princeton: Princeton University Press. 1988.
- TILMAN, D. & PACALA, S. The maintenance of species richness in plant communities. In: RICKLEFS, R. E. & SCHLUTER, D. **Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives**. 1993. Pág. 13-25.
- TRAMUJAS, A. P. **A Vegetação de Campos de Altitude (áreas de refúgio) no Maciço Ibitiraquiri – Serra do Mar no Estado do Paraná**. Curitiba, 2000. 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- TRICART, J. Dynamic geomorphology of the alternating wet-dry tropics. ____ **The Landforms of the Humid Tropics, Forests and Savannas**. London: Longman Group Limited, 1972. p. 167-232.
- UHLMANN, A.; CURCIO, G.R.; GALVÃO, F. & SILVA, S.M. Relações entre a distribuição de categorias fitofisionômicas e padrões geomórficos e pedológicos em uma área de savana

- (cerrado) no Estado do Paraná, Brasil. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, 40 (2):473-484, 1997
- UHLMANN, A.; GALVÃO, F. & SILVA, S.M. Análise da estrutura de duas unidades fitofisionômicas de savana (cerrado) no Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 12(3):235-251, 1998.
- UMBANHOWAR JUNIOR, C.E. Reanalysis of the Wisconsin prairie continuum. **American Midl. Naturalist**, 127:268-275, 1992.
- VELÁZQUEZ, A. Multivariate analysis of the vegetation of the volcanoes Tláloc and Pelado, Mexico. **Journal of Vegetation Science**, 5:263-270, 1994.
- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. **Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1991.
- WALTER, H. **Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-biosphere**. 2nd edition. New York: Springer-Verlag. 1979. 274 p.
- WARMING, E. **Lagoa Santa**. Belo Horizonte: Imprensa Oficial do Estado de Minas Gerais. 1908. 282 P.
- WATT, A. S. Pattern and process in the plant community. **Journal of Ecology**, 35(1-2): 1-22, 1947.
- WHITTAKER, R. H. A criticism of plant association and climatic climax concepts. **Northwest Science**, 25(1):17-31, 1951.
- WHITTAKER, R. H. Gradient analysis of vegetation. **Biological Review**, 49: 207-264, 1967.
- WILSON, S.D. & KEDDY, P.A. Measuring diffuse competition along an environmental gradient: results from a shoreline plant community. **The American Naturalist**, 127(6):862-869, 1986a.
- WILSON, S.D. & KEDDY, P.A. Species competitive ability and position along natural stress/disturbance gradient. **Ecology**, 67(5):1236-1242, 1986b.
- WISHEU, I.C. & KEDDY, P.A. Competition and centrifugal organization of plant communities: theory and test. **Journal of Vegetation Science**, 5:147-156, 1992.
- WYSOCKI, D.A. & SCHOENEBERGER, P.J. Geomorphology of soil landscapes. In: Summer, M.E. (Ed.). **Handbook of Soil Science**. V2. Boca Raton: CRC Press. 1999. P E5-E36.
- ZAMPELLA, R.A.; MOORE, G. & GOOD, R.E. Gradient analysis of pitch pine (*Pinus rigida* Mill.) lowland communities in the New Jersey pinelands. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, 119: 253-261, 1992.

ANEXO – DESCRIÇÃO DOS PERFIS DE SOLOS

PERFIL Nº 1:

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico

MUNICÍPIO E ESTADO – Jaguariaíva/PR.

LOCALIZAÇÃO – Parque Estadual do Cerrado.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil situado no terço superior da topossequência 02, em rampa convexa-divergente, com declividade de 11%, sob cobertura de Savana Arborizada (Cerrado *Sensu Stricto*).

ALTITUDE – 870 m s.n.m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Arenitos da formação Furnas capeados por folhelhos da formação Ponta Grossa.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Retrabalhamento do material acima mencionado.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado e suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Savana (Cerrado).

USO ATUAL – Cobertura de Savana (Cerrado).

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA:

- A – 0-26 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3); moderada a pequena/média blocos subangulares que se desfaz em moderada/fraca pequena granular; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara plana.
- AB – 26-49 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4); fraca pequena e média blocos subangulares que se desfaz em moderada/forte pequena a muito pequena granular; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- BA – 49-94 cm; vermelho a vermelho-escuro (2,5YR 3,5/6); forte muito pequena e pequena granular; muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B_w – 94-180 cm⁺; vermelho (2,5YR 4/7); forte muito pequena granular; muito friável, plástico e pegajoso.

Poros:

- A - muitos poros pequenos, muito pequenos e médios.
- AB - muitos poros pequenos, muito pequenos e médios.
- BA - muitos poros pequenos, muito pequenos e médios.
- B_w - muitos poros pequenos, muito pequenos e médios.

Raízes:

- A - muitas fasciculadas finas.
- AB - muitas fasciculadas finas, comuns médias.
- BA - muitas/comuns finas.
- B_w - poucas raízes finas e poucas médias.

PERFIL Nº 2:

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico

MUNICÍPIO E ESTADO – Jaguariaíva/PR.

LOCALIZAÇÃO – Parque Estadual do Cerrado.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil situado no terço médio da topossequência 02, em rampa convexa-divergente, com declividade de 15% sob cobertura de Savana Arborizada (Campo Cerrado).

ALTITUDE – 830 m s.n.m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Arenitos da formação Furnas capeados por folhelhos da formação Ponta Grossa.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Retrabalhamento do material acima mencionado.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado e suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Savana (Cerrado).

USO ATUAL – Cobertura de Savana (Cerrado).

Obs.: presença de carvão ao longo de todo o perfil.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA:

- A – 0-24 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3); moderada pequena blocos subangulares que se desfaz em moderada/forte pequena granular; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- AB – 24-52 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4); fraca pequena e média blocos subangulares que se desfaz em moderada/forte; pequena a muito pequena granular; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

- BA – 52-85 cm; vermelho a vermelho-escuro (2,5YR 3,5/6); forte muito pequena granular; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- B_w – 85-185 cm⁺; vermelho (2,5YR 4/7); forte muito pequena granular; muito friável, plástico e pegajoso.

Poros:

- A - muitos pequenos e muito pequenos.
 AB - muitos pequenos e muito pequenos, comuns médios.
 BA - muitos muito pequenos e pequenos.
 B_w - muitos muito pequenos e pequenos.

Raízes: A - muitas fasciculadas finas, comuns médias.

- AB - muitas/comuns fasciculadas finas.
 BA - comuns finas.
 B_w - poucas e finas.

PERFIL Nº 3:

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico gleico

MUNICÍPIO E ESTADO – Jaguariaíva/PR.

LOCALIZAÇÃO – Parque Estadual do Cerrado.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil situado no terço inferior da topossequência 02, em rampa côncavo-convergente, com declividade de 15% sob cobertura de Savana Gramíneo Lenhosa (Campo Sujo de Cerrado).

ALTITUDE – 800 m s.n.m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Arenitos da formação Furnas.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Retrabalhamento do material acima citado.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado e suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Savana (Cerrado).

USO ATUAL – Cobertura de Savana (Cerrado).

Obs.: 1. Presença de lâmina de água entre os horizontes B_i e BC;

2. Indícios de redução na base do horizonte BA tornando-se bem evidentes no horizonte B_i e BC;
3. Horizontes B, BA e B_i com bolsões pigmentados por matéria orgânica possivelmente em decorrência de atividade biológica.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA:

- A – 0-24 cm; bruno-escuro (10YR 3/3); moderada pequena média blocos subangulares que se desfaz em moderada/fraca pequena granular; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- AB – 24-44 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4); moderada grande e média blocos subangulares; friável/muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- BA – 44-70 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6), mosqueados poucos proeminentes vermelho (2,5YR 4/8); moderada grande blocos subangulares; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- B_i – 70-100 cm; bruno-forte a bruno-amarelado-escuro (9YR 4/6), mosqueados muitos proeminentes vermelho (2,5YR 4/6 e 4/8); moderada grande blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.
- BC – 100-130 cm; bruno-amarelado (10YR 5/4); mosqueados distintos comuns pequenos e médios, bruno-acinzentados (10YR 5/2) e cinzas (10YR 5/1); moderada/fraca grande blocos subangulares com locais maciça porosa; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.
- CR – 130 cm⁺

Poros:

- A - muitos pequenos, comuns médios.
- AB - muitos pequenos e muito pequenos, comuns médios.
- BA - muitos pequenos e muito pequenos comuns médios.
- B_i - muitos pequenos e muito pequenos, comuns médios.
- BC - muitos pequenos e muito pequenos, comuns médios nas partes com estrutura.

Raízes:

- A - muitas fasciculadas finas, comuns médias.
- AB - muitas fasciculadas finas.

BA - muitas fasciculadas finas.

B_i - comuns finas.

BC - raras finas.

PERFIL Nº 4:

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico

MUNICÍPIO E ESTADO – Jaguariaíva/PR.

LOCALIZAÇÃO – Parque Estadual do Cerrado.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil situado no terço superior da topossequência 01, em rampa convexa-retilínea, com declividade de 13%, sob cobertura de Savana Gramíneo Lenhosa (Campo Sujo de Cerrado).

ALTITUDE – 900 m s.n.m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Arenitos da formação Furnas capeados por folhelhos da formação Ponta Grossa.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Retrabalhamento do material acima mencionado.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado e suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Savana (Cerrado).

USO ATUAL – Cobertura de Savana (Cerrado).

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA:

- A – 0-25 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3); moderada média pequena blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena granular; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- AB – 25-47 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4); fraca pequena e média blocos subangulares que se desfaz em moderada/forte; pequena a muito pequena granular; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- BA – 47-77 cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6); forte muito pequena granular; muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B_w – 77-180 cm⁺; vermelho (2,5YR 4/6); forte muito pequena granular; muito friável, plástico e pegajoso.

Poros:

A - muitos muito pequenos, pequenos e médios.

AB - muitos muito pequenos e pequenos, comuns/muitos médios.

BA - muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios.

B_w - muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios.

Raízes:

A - muitas fasciculadas finas, comuns grossas, poucas muito grossas.

AB - muitas fasciculadas finas, poucas médias.

BA - comuns fasciculadas finas.

B_w – poucas/comuns finas, poucas médias.

PERFIL Nº 5:

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico.

MUNICÍPIO E ESTADO – Jaguariaíva/PR.

LOCALIZAÇÃO – Parque Estadual do Cerrado.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil situado no terço médio da topossequência 01, em rampa convexa-retilínea, com declividade de 16%, sob cobertura de Savana Arborizada (Campo Cerrado).

ALTITUDE – 880 m s.n.m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Arenitos da formação Furnas capeados por folhelhos da formação Ponta Grossa.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Retrabalhamento do material acima mencionado.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado e suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Savana (Cerrado).

USO ATUAL – Cobertura de Savana (Cerrado).

Obs.: Intensa atividade biológica ao longo do perfil especialmente de larvas de coleópteros.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA:

- A – 0-26 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3); moderada média pequena blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena granular; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- AB – 26-49 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4) fraca pequena e média blocos subangulares que se desfaz em moderada/forte; pequena a muito pequena granular; friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- BA – 49-83 cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6); forte muito pequena granular; friável, plástico e pegajoso transição difusa e plana;
- B_w – 83-180 cm⁺; vermelho (2,5YR 4/6); forte muito pequena granular; muito friável, plástico e pegajoso.

Poros:

- A - muitos pequenos, comuns médios.
- AB - muitos pequenos, comuns médios.
- BA - muitos pequenos e muito pequenos, comuns médios.
- B_w - muitos pequenos e muito pequenos, comuns médios.

Raízes:

- A - muitas fasciculadas finas, comuns médias e grossas.
- AB - muitas fasciculadas finas, poucas médias.
- BA - comuns finas, poucas grossas.
- B_w - poucas finas, raras médias.

PERFIL Nº 6:

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico

MUNICÍPIO E ESTADO – Jaguariaíva/PR.

LOCALIZAÇÃO – Parque Estadual do Cerrado.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil situado no terço inferior da topossequência 01, em rampa convexa-retilínea, declividade de 16% e sob cobertura de Savana Arborizada (Cerrado *Sensu Stricto*).

ALTITUDE – 840 m s.n.m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Arenitos da formação Furnas.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Retrabalhamento do material acima mencionado.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado e suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Savana (Cerrado).

USO ATUAL – Cobertura de Savana (Cerrado).

Obs.: Contato com a rocha arenítica em 175 cm; observação feita a trado.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA:

- A – 0-28 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/3), moderada grande média blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena granular; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- AB – 28-43 cm; bruno a bruno-escuro (7,5YR 3,5/4) moderada pequena e média blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena muito pequena granular; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- BA – 43-70 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4); fraca média blocos subangulares que se desfaz em moderada/forte muito pequena granular; muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- B_w – 70-160 cm⁺; vermelho-amarelado (5YR 4/6); moderada/forte muito pequena/granular; muito friável, plástico e pegajoso.

Poros:

- A - muitos muito pequenos, pequenos e médios.
- AB - muitos muito pequenos, pequenos comuns/muitos médios.
- BA - muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios.
- B_w - poros muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios.

Raízes:

- A - muitas finas e médias, comuns grossas.
- AB - muitas finas, comuns médias e poucas grossas.
- BA - comuns finas e poucas médias.

B_w - poucas finas e médias.