

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**PADRÕES E PROCESSOS ESPAÇO-TEMPORAIS EM ECÓTONOS
DE CAMPOS E FLORESTA COM ARAUCÁRIA,
EM SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS**

JULIANO MORALES DE OLIVEIRA

PORTO ALEGRE, FEVEREIRO DE 2003

**PADRÕES E PROCESSOS ESPAÇO-TEMPORAIS EM ECÓTONOS
DE CAMPOS E FLORESTA COM ARAUCÁRIA,
EM SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS**

JULIANO MORALES DE OLIVEIRA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, DO INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ECOLOGIA.

ORIENTADOR: PROF. DR. VALÉRIO DE PATTA PILLAR

COMISSÃO EXAMINADORA

PROF. DR. FERNANDO ROBERTO MARTINS

PROF. DR. JOÃO ANDRÉ JARENKOW

PROF. DR. PAULO OLIVEIRA

PORTO ALEGRE, FEVEREIRO DE 2003

AGRADECIMENTOS

Após dois anos de caminhada, na construção do conhecimento científico e pessoal propiciada pelo curso de mestrado, me sinto honrado e contente por perceber que não a fiz sozinho. Desta forma, gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador, professor Valério De Patta Pillar pela confiança depositada neste trabalho, e principalmente pela maneira com que conduziu a orientação, incentivando a construção do saber. Cabe ressaltar minha admiração por sua conduta profissional, um exemplo a ser seguido.

Ao professor Ricardo da Silva Pereira Mello, pelas discussões e comentários valiosos na condução deste trabalho. Gostaria de reiterar minha gratidão pela maneira com que divide seu conhecimento, por seu companheirismo, incentivo e grande amizade.

À Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, pela excelente infraestrutura de trabalho disponibilizada no Centro de Pesquisa e Conservação da Natureza Pró-Mata, CPCN Pró-Mata.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela bolsa de estudos concedida integralmente.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico, CNPq, por ter apoiado financeiramente o projeto.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia Quantitativa, Ênio Egon Sosinski Jr, José Pedro Trindade, Sandra Cristina Müller, Carolina Blanco, Rodrigo Favreto, Juliana Cunha, Márcia Ruff da Silva e Omara Lange, pelo companheirismo e amizade; e em especial ao Rafael Engelman Machado, pelo apoio nas saídas de campo, pelas profícuas discussões sobre este trabalho, e principalmente pela alegria contagiante.

Aos colegas e grandes amigos, Francisco Santos da Silva, Rafael Rodrigues Dihl e Claudinei Viegas Monteiro pelo apoio inestimável nas saídas de campo.

Ao professor Heinrich Hasenack e ao colega Gustavo Irgang, por terem propiciado o aprendizado das técnicas de geoprocessamento.

Ao botânico Marcos Sobral pela determinação da maior parte das plantas coletadas neste trabalho.

Aos funcionários do CPCN Pró-Mata pelo excelente trabalho que realizam.

Aos pais da minha noiva, Mauro Renato Toffoli da Rosa e Jurema Barbosa da Rosa, pelo sincero desejo de sucesso e felicidade.

À Sandra Jussara Barbosa Matos, pela amizade, carinho e dedicação.

Em especial, ao meu pai, Jocelim Chocho de Oliveira; à minha mãe, Dalva Maria Morales de Oliveira; à minha irmã, Jucinéia Morales de Oliveira; à minha avó, Gecy dos Santos Morales; pessoas muito importantes na minha vida, aqueles que me educaram e amaram.

Dedico esta dissertação à minha noiva, Roseane Barbosa da Rosa, minha amada e companheira, que participou intensamente neste trabalho, me apoiando nas atividades de campo, e repartindo as tristezas e alegrias desta caminhada.

Padrões e Processos Espaço-temporais em Ecótonos de Campos e Floresta com Araucária em São Francisco de Paula, RS.

Autor: Juliano Morales de Oliveira

Orientador: Valério De Patta Pillar

RESUMO

Conjecturas sobre os processos ecológicos que formaram no Planalto Meridional Brasileiro o mosaico vegetacional de Floresta com Araucária e Campos têm sido postuladas. Estudos paleopalinológicos recentes confirmam a hipótese de expansão florestal sobre as áreas campestres, em virtude de alterações climáticas ocorridas no Holoceno. Por outro lado, os regimes de queima e de pastejo, provavelmente, têm retardado o estabelecimento arbóreo em áreas campestres. Portanto, os padrões vegetacionais têm resultado de processos ocorrendo em diferentes escalas espaço-temporais. Esta dissertação objetiva investigar padrões e processos espaço-temporais da vegetação atual em ecótonos entre Campos e Floresta com Araucária. Para tanto, estudos foram conduzidos no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza (CPCN) Pró-Mata, em São Francisco de Paula, RS, uma área de encontro de formações campestre e florestais, destinada à conservação desde 1994. Primeiramente, estudou-se a dinâmica vegetacional na escala de paisagem, por meio da comparação de registros aerofotográficos de 1974 e 1999 analisados num sistema de informações geográficas. Nesse período foram registradas intensas alterações na vegetação campestre adjacente às manchas de floresta, especialmente um pronunciado estabelecimento de arbustos. Além disso, foi evidenciado um padrão direcional de alteração nas comunidades campestres, indicado pelo estabelecimento de arbustos e posterior ocupação arbórea. Baseado em observações *in situ*, conjetura-se que as alterações foram muito mais pronunciadas a partir da criação do CPCN Pró-Mata, quando a área foi protegida de queima e pastejo. Em seguida, investigaram-se padrões e processos vegetacionais pela descrição da composição florística e das condições do solo em transecções localizadas na transição campo-floresta. Foram utilizados métodos de análise exploratória multivariada, considerando várias escalas de observação. Os resultados evidenciaram padrões vegetacionais consistentes, e associação destes com variáveis de solo. Pelos resultados infere-se que o processo de avanço florestal sobre os campos têm produzido alterações edáficas, como evidenciado pela relação $Mg K^1$, pH e teores de alumínio trocável. Os resultados de ambos os estudos sobre transições campo-floresta no nível da paisagem e no das comunidades corroboram a teoria de expansão florestal sobre os campos, bem como, ressaltam a influência de fatores de distúrbio atuando localmente no processo.

Spatio-Temporal Patterns and Processes on Ecotones of Campos Grassland and Forest with Araucária, in São Francisco de Paula, RS, Brazil.

Author: Juliano Morales de Oliveira

Supervisor: Valério De Patta Pillar

Abstract

Conjectures have been postulated about the ecological processes that formed in the Brazilian Southern Plateau the vegetation mosaic of Campos grassland and Forest with Araucária. Recent paleopalynological studies confirm the hypothesis of forest expansion over grassland areas as a consequence of climate change in the Holocene. Furthermore, fire and grazing regimes have probably rider the establishment of trees on grassland. Therefore, vegetation patterns have resulted of processes occurring at different spatio-temporal scales. This dissertation aims at investigating spatio-temporal patterns and processes of present vegetation on ecotones between Campos grassland and Forest with Araucária. For this, studies were carried out in the Center for Research and Nature Conservation (CPCN) Pró-Mata, in São Francisco de Paula, RS, Brazil, which is an area of contact between grassland and forest formations, under conservation since 1994. First, we studied the vegetation dynamics at the landscape level, by means of comparing aerial photographs records from 1974 and 1999, analyzed by using a geographical information system. In this period intense change in the grassland vegetation adjacent to the forest patches was recorded, especially a pronounced establishment of shrubs. Furthermore, we found a directional pattern of change in the grassland vegetation, indicated by the establishment of shrubs and later trees. Based on *in situ* observations, we conjecture that the change was much more pronounced after the creation of the conservation area in 1994, when fire and grazing were excluded. Second, we investigated vegetation patterns and processes by describing the floristic composition and the soil conditions on transects located on the grassland-forest transition. Multivariate exploratory analysis was used, considering several spatial scales. The results indicated consistent vegetation patterns and their association with soil conditions. We infer from the evidence that the forest expansion process over grassland has produced changes in the soil, as indicated by the relation $Mg K^{-1}$, pH and exchangeable aluminum content. The results from both investigations of grassland-forest transitions at the landscape and community levels support the theory of forest expansion over grassland and point out the influence of disturbance factors acting locally.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapas de localização da área de estudo, com destaque para o CPCN Pró-Mata.--	7
Figura 2: Diagrama climático de São Francisco de Paula. -----	9
Figura 3: Fluxograma das operações efetuadas no software Idrisi32 para o tratamento de imagens e extração de dados.-----	11
Figura 4: Direções da dinâmica vegetacional evidenciadas entre 1974 e 1999.-----	16
Figura 5: Mapa – Dinâmica vegetacional entre 1974 e 1999. -----	16
Figura 6: Direções de alteração evidenciadas de 1974 para 1999. -----	17
Figura 7: Trajetória hipotética da cobertura vegetacional entre 1974 e 1999.-----	20
Figura 8: Localização das transecções de levantamento sobre o mapa de dinâmica vegetacional entre 1974 e 1999.-----	24
Figura 9: Representação esquemática de uma transecção mostrando a disposição e código dos quadros, nas diferentes escalas de observação. -----	25
Figura 10: Valor de cobertura, freqüência relativa e cobertura relativa das dez variáveis de vegetação com maior valor de cobertura nas categorias amostrais I e II. -----	32
Figura 11: Nitidez e suficiência amostral para dois e três grupos de unidades amostrais, em quatro escalas de observação: 54 quadros de 5 x 5m, 27 quadros 5 x 10m, 18 quadros 5 x 15m e 9 quadros 5 x 30m. -----	33
Figura 12: Dendrogramas de análises de agrupamento das unidades amostrais em três escalas de observação: 27 quadros de 5 x 10m, 18 quadros de 5 x 15m e 9 quadros de 5 x 30m. -----	34
Figura 13: Abundância relativa das variáveis de vegetação nos três grupos de unidades amostrais, definidos por análises de agrupamento, em três escalas de observação: 27 quadros de 5 x 10m, 18 quadros de 5 x 15m e 9 quadros de 5 x 30m. -----	36
Figura 14: Congruência entre variação da vegetação e do solo, em quatro escalas de observação: 54 quadros de 5 x 5m, 27 quadros de 5 x 10m, 18 quadros de 5 x 15m e 9 quadros de 5 x 30m. -----	37
Figura 15: Valores médios da relação Mg K-1 nos grupos definidos pela análise de agrupamento dos quadros de 5 x 10m. -----	38
Figura 16: Estabilidade e suficiência amostral para o primeiro e segundo eixos de ordenação das unidades amostrais, em cinco escalas de observação: 216 quadros de 1,7 x 1,7m, 108 quadros de 1,7 x 3,3m, 72 quadros de 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7 e 36 quadros de 1,7 x 10m.-----	39
Figura 17: Diagrama de ordenação das unidades amostrais. -----	40

- Figura 18: Trajetórias espaciais das transecções no diagrama de ordenação das unidades amostrais.-----42
- Figura 19: Nitidez e suficiência amostral para dois e três grupos de unidades amostrais, em cinco escalas de observação: 216 quadros de 1,7 x 1,7m, 108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m. -----43
- Figura 20: Dendrogramas de análises de agrupamento das unidades amostrais em quatro escalas de observação: 108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m.-----45
- Figura 21: Abundância relativa das variáveis de vegetação nos três grupos de unidades amostrais, definidos por análises de agrupamento, em quatro escalas de observação: 108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m. -----46
- Figura 22: Congruências entre os padrões de vegetação e de solo, em cinco escalas de observação: 216 quadros de 1,7 x 1,7m, 108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m. -----47
- Figura 23: Valores médios de pH e Altrocável nos grupos definidos pelas análises de agrupamento, em quatro escalas de observação: 108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m. -----48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cobertura das classes de vegetação em 1974 e 1999.-----	14
Tabela 2: Estabilidade das classes de vegetação.-----	14
Tabela 3: Expansão, retração e alteração final das classes de vegetação.-----	15
Tabela 4: Direções de alteração das classes de vegetação.-----	17
Tabela 5: Lista florística, código, categoria amostral e classe fitofisionômica.-----	30
Tabela 6: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais e a escala de observação.-----	35
Tabela 7: Variação do subconjunto ótimo de variáveis edáficas na congruência entre vegetação e solo, em função da escala de observação.-----	37
Tabela 8: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais e a relação Mg K-1 no solo, em 27 quadros de 5 x 10m.-----	38
Tabela 9: Efeito da escala de observação sobre a representatividade e estabilidade dos três primeiros eixos de ordenação das unidades amostrais.-----	39
Tabela 10: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais e a escala de observação.-----	44
Tabela 11: Importância relativa da autocorrelação espacial na congruência entre os padrões vegetacionais e edáficos, em cinco escalas de observação: 216 quadros de 1,7 x 1,7m, 108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m.-----	47
Tabela 12: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais e as variáveis de solo (pH e Altrocável), em quatro escalas: 108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m.-----	49

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1: Fotografia de outubro de 2000 da divisa entre a Fazenda Três Estrelas e o CPCN Pró-Mata, mostrando o efeito do pastejo sobre a vegetação campestre após queima em setembro de 1999. -----	70
Apêndice 2: Fotografia de janeiro de 2002 do CPCN Pró-Mata, mostrando o efeito da queima sobre a vegetação campestre, excluída do pastejo desde 1994. -----	70
Apêndice 3: Mapa – Vegetação em 1974. -----	71
Apêndice 4: Mapa – Vegetação em 1999. -----	71
Apêndice 5: Localização das transecções de levantamento em coordenadas UTM. -----	72
Apêndice 6: Parâmetros fitossociológicos calculados para as variáveis de vegetação na categoria amostral I, considerando o conjunto das transecções. -----	72
Apêndice 7: Parâmetros fitossociológicos calculados para as variáveis de vegetação na categoria amostral II, considerando o conjunto das transecções. -----	73
Apêndice 8: Avaliações da estabilidade dos três primeiros eixos de ordenação na categoria amostral I. -----	74
Apêndice 9: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais evidenciados na categoria amostral I e a escala de observação. -----	75
Apêndice 10: Abundância relativa das variáveis de vegetação na categoria amostral I, para os três grupos de unidades amostrais definidos por análises de agrupamento, em três escalas de observação. -----	76
Apêndice 11: Perfis de congruência máxima entre a variação da vegetação e do solo na categoria amostral I, em quatro escalas de observação: 54 quadros de 5 x 5m, 27 quadros de 5 x 10m, 18 quadros de 5 x 15m e 9 quadros de 5 x 30m. -----	77
Apêndice 12: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais na categoria amostral I e as variáveis edáficas dos subconjuntos ótimos, em três escalas de observação. -----	78
Apêndice 13: Dados brutos utilizados na descrição da vegetação da categoria amostral I. --	80
Apêndice 14: Dados brutos utilizados na descrição do solo da categoria amostral I. -----	82
Apêndice 15: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais e a escala de observação. -----	84
Apêndice 16: Abundância relativa das variáveis de vegetação categoria amostral II, para os três grupos de unidades amostrais definidos por análises de agrupamento, em quatro escalas de observação. -----	85

Apêndice 17: Perfis de congruência máxima entre a variação da vegetação e do solo na categoria amostral II, em cinco escalas de observação: 216 quadros de 1,7 x 1,7m, 108 quadros de 1,7 x 3,3m, 72 quadros de 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros de 1,7 x 10m. -----	86
Apêndice 18: Dados brutos utilizados na descrição da vegetação da categoria amostral II.-	87
Apêndice 19: Dados brutos utilizados na descrição do solo da categoria amostral II.-----	99

SUMÁRIO

1. Marco Teórico	1
2. Mosaicos de Campos e Floresta com Araucária: Dinâmica da Paisagem	6
2.1. Introdução	6
2.2. Material e Métodos	7
2.2.1. <i>Área de Estudo</i>	7
2.2.2. <i>Sistema de Informações Geográficas</i>	10
2.2.3. <i>Análise dos Dados</i>	11
2.3. Resultados	13
2.3.1. <i>Classificação e Caracterização da Vegetação</i>	13
2.3.2. <i>Estabilidade e Alteração</i>	14
2.3.3. <i>Direções da Dinâmica Vegetacional</i>	15
2.4. Discussão	18
3. Padrões e Processos Vegetacionais em Ecótonos de Campos e Floresta com Araucária	22
3.1. Introdução	22
3.2. Material e Métodos	23
3.2.1. <i>Área de Estudo</i>	23
3.2.2. <i>Seleção das Áreas de Levantamento</i>	23
3.2.3. <i>Descrição da Vegetação e do Solo</i>	25
3.2.4. <i>Análise dos Dados</i>	26
3.3. Resultados	30
3.3.1. <i>Composição e Estrutura da Vegetação</i>	30
3.3.2. <i>Padrões Espaciais na Categoria Amostral I</i>	33
3.3.3. <i>Padrões Espaciais na Categoria Amostral II</i>	38
3.4. Discussão	50
4. Considerações Finais	59
5. Referências Bibliográficas	60
6. Apêndices	70

1. MARCO TEÓRICO

“(…) um exame superficial da vegetação já nos ensina que são duas as grandes formações determinantes da fisionomia vegetal: o mato e o campo. Mas no mesmo momento surge a impossibilidade de estabelecer províncias separadas de mato e de campo, pois as duas formações em toda a parte se misturam. (...) as formações se limitam, interpenetram-se, misturam-se de tal maneira, que seria faltar à realidade falar em mato e campo em separado.” (Rambo 1956b, p. 255, relatando sobre a vegetação do Planalto Meridional Brasileiro).

A paisagem do Planalto Meridional Brasileiro é formada por um complexo mosaico vegetacional. As encostas são cobertas pela Floresta Atlântica, e a medida que aumenta a altitude predomina a Floresta com Araucária. Nas áreas suavemente onduladas dos cumes do planalto a Floresta com Araucária associa-se com a formação dos Campos, compondo florestas de galeria e manchas de dimensões diversas. A coexistência de comunidades vegetais tão distintas quanto às origens fitogeográficas e às exigências climáticas têm fascinado estudiosos desde as primeiras expedições botânicas à região, no século XIX (Lindman 1906; Saint-Hillaire 1887; Avé-Lallemant 1953; Isabelle 1946).

Conjeturas sobre os processos formadores deste grande ecótono biogeográfico e ecológico têm sido postuladas. Neste sentido, merecem destaque os naturalistas Balduino Rambo e Geraldo Pauwels, que já nos primórdios da década de 1940 formularam hipóteses até hoje vigentes sobre os processos formadores da vegetação do planalto.

Pauwels (1941) foi pioneiro ao associar a atual configuração vegetacional do sul do Brasil a alterações climáticas passadas. Esse autor sugere que em época anterior o clima da região foi muito mais seco, gerando uma paisagem fortemente dominada por Campos, quando as formações florestais restringiam-se às margens dos cursos de água. Num período seguinte, o clima tornou-se mais úmido, possibilitando o avanço gradual das florestas sobre campos. A transição abrupta entre estas formações seria resultado de uma inversão climática atual, desta vez para um clima mais árido, que estaria selecionando elementos xerófilos.

Rambo (1953, 1956a, 1956b), baseado em evidências fitogeográficas, e geológicas, corrobora parcialmente essa teoria, divergindo fundamentalmente quanto a tendência climática atual proposta por Pauwels. Segundo Rambo, o clima atual, de alta umidade e temperatura, ainda favorece as formações florestais, em particular a flora tropical. Desta forma, os Campos estariam sendo paulatinamente substituídos por elementos da Floresta com Araucária, e esta última, por espécies da Floresta Atlântica. Os estudos fitogeográficos de Klein (1975, 1984) corroboram e enriquecem as idéias de Rambo, identificando rotas migratórias da floras no sul do Brasil, bem como flutuações climáticas ocorrentes durante o quaternário.

Recentes estudos paleopalinológicos comprovam que o Planalto Meridional Brasileiro, durante o final do Quaternário, apresentou três períodos de intensa dinâmica vegetacional, em virtude de alterações climáticas (Behling 1995a, 1995b, 1997a, 1997b, 1998, 2002a; Behling *et al.* 1997, 2001a, 2001b, 2003; Roth & Lorscheitter 1993; Ledru *et al.* 1998). Segue, a descrição resumida desses períodos.

Durante o último período glacial, até 10.000 anos antes do presente (AP) o clima foi mais frio e seco, com fortes geadas, predominando campos, com grande diversidade de tipos taxonômicos. A Floresta com Araucária restringia-se aos vales úmidos. Havia poucos elementos da Floresta Atlântica, ocupando as terras baixas da Planície Litorânea. De 10.000 anos AP a 4.000 anos AP o clima tornou-se mais quente, permitindo o avanço de mais elementos da flora atlântica nas terras baixas e sobre os vales. Devido a baixa umidade ou a grandes períodos de seca, não houve avanço da Floresta com Araucária sobre a vegetação campestre. Campos ainda apareciam como dominantes. De 4.000 anos AP até o presente, o clima tornou-se mais frio e úmido em relação ao período anterior. Isso impulsionou o avanço da Floresta com Araucária. Primeiramente, junto aos cursos de água, e nos últimos 1.500 ou 1.000 anos, expandindo-se sobre os Campos. A Floresta Atlântica tornou-se dominante nas

encostas, restringindo a ocorrência ali dos elementos temperados da Floresta com Araucária.

Portanto, os dados paleoecológicos confirmam a hipótese de expansão florestal sobre os Campos do Planalto Meridional Brasileiro, em decorrência de alterações climáticas. Quanto à direção destas, confirma-se a hipótese de Rambo de expansão florestal recente sob um clima mais úmido. Todavia, a área ocupada pela Floresta com Araucária (incluindo os locais desmatados após a colonização européia) é possivelmente menor do que seu potencial climático. Segundo Pillar & Quadros (1997), os regimes de queima e pastejo nas áreas campestres são fatores chave para o entendimento do mosaico vegetacional dessa região.

Evidências paleológicas indicam que a expansão florestal no Holoceno foi contemporânea à ocorrência de queimadas nos Campos (Behling 1997a, 1997b, 2002a; Behling *et al.* 2001). Behling *et al.* (2003), estudando detalhadamente a pelodinâmica vegetacional de uma área em Cambará do Sul, referem-se a um período de grande incidência de queimadas, iniciado por volta de 7.500 anos AP, contemporâneo ao estabelecimento indígena na região (Kern 1994; Dean 1997), sugerindo uma forte relação entre esses fatos. Além disso, seus resultados mostram que o estabelecimento florestal nos arredores área amostrada (turfeira), iniciado por volta de 4.000 anos AP, coincidiu com uma pronunciada redução das queimadas, indicando, provavelmente, uma baixa flamabilidade da comunidade florestal.

Atualmente a vegetação campestre na região é queimada em intervalos de um ou dois anos, a fim de “limpar o campo” e facilitar o rebrote, fornecendo melhor forragem ao gado (Boldrini 1997; Porto 2002). Relatos de Kuhlmann (1954) a respeito da vegetação campestre no planalto, indicam que campos protegidos de queima e excluídos de pastejo são estruturalmente mais complexos do que áreas onde este manejo tradicional é implementado, apresentando um componente arbustivo sobre o estrato gramináceo. O

estudo de Ferreira & Irgang (1979) reitera a relevância das queimadas na dinâmica entre Campos e Floresta com Araucária, mostrando que a sobrevivência de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em áreas campestres só é possível quando as plantas encontram-se abrigadas da ação do fogo, ou ainda, onde o campo esteja sem queima por alguns anos.

Embora a fauna nativa atual imprima uma pressão de pastejo baixa e localizada, há indícios fósseis de grandes mamíferos pastadores (Equidae, Camelidae e Cervidae) que teriam exercido maior pressão de pastejo sobre as áreas campestres da América do Sul até 8.000 anos AP (Kern 1994; Bombim & Klamt 1975). Segundo Pillar & Quadros (1997), se isso realmente ocorreu, o pastejo intensivo faz parte da história evolutiva da flora atual dos Campos.

Desde a introdução do gado bovino nos Campos do planalto, por volta de 1690, a vegetação tem sido submetida a alta pressão de pastejo (Bertoletti & Teixeira 1995). Provavelmente, a ação do gado têm interferido na regeneração florestal e nos padrões de acúmulo da biomassa senescente nas áreas campestres, alterando a dinâmica das queimadas (Pillar & Quadros 1997).

Como visto, os atuais padrões da vegetação do planalto decorrem de um processo dinâmico intenso, governado por fatores climáticos globais, mas também influenciado por fatores de escala local. Logo, a conservação desses ecossistemas, ou seja, o manejo dos recursos naturais numa perspectiva de sustentabilidade, passa invariavelmente pelo estudo aprofundado da dinâmica das comunidades vegetais. Neste sentido, o arcabouço científico ainda é incipiente, uma vez que os estudos da vegetação do planalto ocupam-se, quase que exclusivamente, da descrição florística e estrutural, não atentando para padrões e processos espaço-temporais dessa vegetação (Caldato *et al.* 1996; Fernandes & Backes 1998; Floss *et al.* 1999; Jarenkow 1985, Klein 1960, 1984; Negrelle & Silva 1992; Rambo 1953, 1956a; Rosário 2001; Schultz 1955; Silva & Marconi 1990; Silva *et al.* 1998; Silva *et al.* 1997; Waechter *et al.* 1984; Vaccaro 1997).

Desta forma, o presente estudo pretende contribuir para o conhecimento do processo dinâmico entre Campos e Floresta com Araucária, através da investigação de padrões e processos espaço-temporais da vegetação atual. Para tanto, os estudos foram conduzidos numa área de encontro de formações campestre e florestais, destinada à conservação biológica desde 1994, o Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata, pertencente a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, em São Francisco de Paula, RS. O trabalho é composto por mais dois capítulos. No primeiro, é apresentado o estudo da dinâmica vegetacional na escala de paisagem, efetuado por meio de registros aerofotográficos históricos. O segundo capítulo analisa padrões e processos vegetacionais em ecótonos de Campos e Floresta com Araucária, e suas relações com a variação do solo.

2. MOSAICOS DE CAMPOS E FLORESTA COM ARAUCÁRIA: DINÂMICA DA PAISAGEM

2.1. INTRODUÇÃO

O mosaico vegetacional encontrado no Planalto Meridional Brasileiro resulta de fatores que atuam em escalas globais e locais (Capítulo 1). As flutuações climáticas ocorridas no final do Quaternário, bem como os regimes de queima e pastejo, provavelmente explicam padrões e processos da vegetação no planalto. As condições climáticas atuais têm impulsionado a expansão florestal sobre a vegetação campestre (Rambo 1956b; Klein 1975, 1984), um processo iniciado a partir de 4.000 anos AP (Behling 1998, 2002a). Por outro lado, os regimes de queima e pastejo, provavelmente, têm retardado esse processo.

Estudos recentes mostram processos de expansão florestal, semelhantes aos vigentes no planalto. Tais processos foram verificados principalmente em savanas (Archer *et al.* 1988; Bowman & Panton 1995; Carmel & Kadmon 1999; Bowman *et al.* 2001; Moreira 2000; Silva *et al.* 2001) onde têm ocorrido um pronunciado incremento arbóreo e arbustivo, bem como áreas de contanto campo-floresta em regiões subtropicais úmidas, onde verifica-se expansão florestal (Mast *et al.* 1997; Oosterhoorn & Kappelle 2000; Arévalo 2002). Além disso, esses estudos indicam que pastejo e queima são fatores importantes nesses ecossistemas, via de regra, negativamente correlacionados com a expansão de arbustos e árvores.

Kadmon & Harari-Kremer (1999) ressaltam a importância de registros aerofotográficos históricos no estudo de dinâmica vegetacional. Segundo os autores, esses registros são as maiores fontes de informação disponíveis para o estudo de dinâmica vegetacional de longa duração, sendo as únicas que aliam grande amplitude espaço-temporal com alta resolução

espacial. Com efeito, vários estudos de dinâmica vegetacional têm utilizado técnicas de processamento digital e sistemas de informação geográfica para a análise de séries temporais de aerofotografias, obtendo resultados positivos em escala de paisagem (Mast *et al.* 1997; Kadmon & Harari-Kremer 1999; Carmel & Kadmon 1999; Bowman *et al.* 2001; Silva *et al.* 2001).

O presente estudo, realizado no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata e seu entorno, em São Francisco de Paula, RS, objetiva identificar padrões e processos da dinâmica entre Campos e Floresta com Araucária, evidenciados na escala de paisagem, tendo registros aerofotográficos históricos como base de dados.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Área de Estudo

A área estudada situa-se no município de São Francisco de Paula, RS, entre as coordenadas UTM 575000N, 577600N, 6737200E e 6739000E. Dos 540ha estudados, cerca de 470ha integram o Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata (CPCN Pró-Mata), pertencente à Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). O restante da área, lindeira à primeira, pertence à Fazenda Três Estrelas (Figura 1).

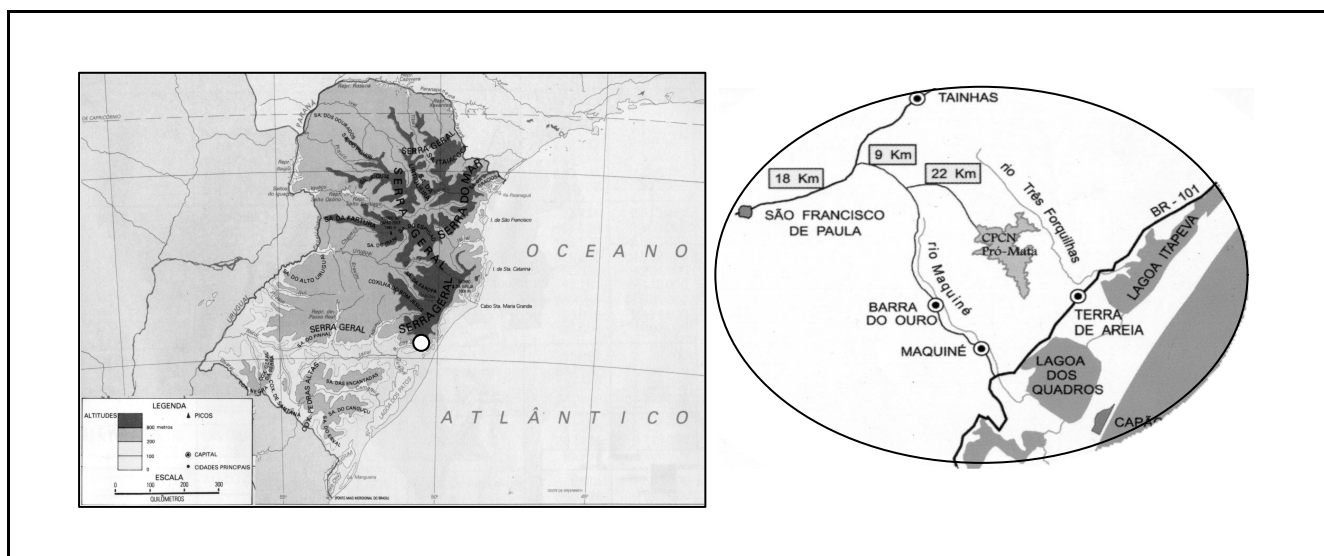


Figura 1: Mapas de localização da área de estudo, com destaque para o CPCN Pró-Mata. Modificado de Simielli & Biasi (1992) e Bertoletti & Teixeira (1995).

O CPCN Pró-Mata tem uma área de aproximadamente 4.500ha, tendo sido inaugurado em 1994. Seus objetivos gerais coincidem com os propostos pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação, destacando-se a proteção de ecossistemas, recuperação de áreas degradadas, investigação técnico-científica, educação ambiental e apoio à gestão ambiental (Bertoletti & Teixeira 1995).

Cabe ressaltar que desde 1994 não há pastejo ou queima nos campos do CPCN Pró-Mata, excetuando-se parte da área campestre, queimada acidentalmente em setembro de 1999. A Fazenda Três Estrelas é manejada com pecuária extensiva, associada a queima periódica dos campos. Registros fotográficos atuais da área de estudo mostram diferenças fito-fisionômicas relacionadas ao pastejo e queima. Áreas campestres pastejadas apresentam uma drástica redução no acúmulo de fitomassa e conseqüente simplificação estrutural, quando comparadas a áreas excluídas do gado (Apêndice 1). Após um período de dois anos e meio, áreas campestres queimadas ainda contrastam com áreas protegidas por não apresentarem dossel arbustivo, apesar da reestruturação do componente herbáceo (Apêndice 2).

Segundo Jungblut & Pinto (1997), o CPCN Pró-Mata é caracterizado geologicamente por rochas efusivas ácidas (riodacitos e riolitos) e rochas efusivas básicas (basaltos), ambas provenientes de extravasamento magmático Jurássico-Cretáceo (130 – 140 milhões de anos) (IBGE 1986). Geomorfologicamente, o centro de estudos é caracterizado pela unidade Planalto dos Campos Gerais, nas suas porções mais elevadas com relevo suavizado; transicionando para a unidade Serra Geral nas bordas e porções mais escarpadas. As áreas da unidade Planalto dos Campos Gerais desenvolveram-se sobre rochas ácidas, sendo cobertas, predominantemente, por Campos. Já as áreas da unidade Serra Geral desenvolveram-se sobre rochas básicas, sendo cobertas por vegetação florestal (Jungblut & Pinto 1997).

O clima geral da região do planalto é do tipo Cfb1 de acordo com o sistema de classificação de Köppen, clima temperado com média de temperatura do mês mais quente inferior à 22°C e média anual inferior a 18°C (Moreno 1961). Os dados climatológicos da estação meteorológica de São Francisco de Paula, a aproximadamente 20km da área de estudo, numa altitude de 912m, indicam precipitação anual de 2.252mm, temperatura média de 14,5°C, média das máximas de 20,3°C e média das mínimas de 9,9°C, caracterizando um excedente hídrico elevado ao longo de todo o ano. Segundo IBDF (1983) geadas são freqüentes no semestre mais frio, podendo nevar nos invernos mais rigorosos. Cabe lembrar a ocorrência de chuvas orográficas e densos nevoeiros, muito freqüentes no CPCN Pró-Mata (Figura 2).

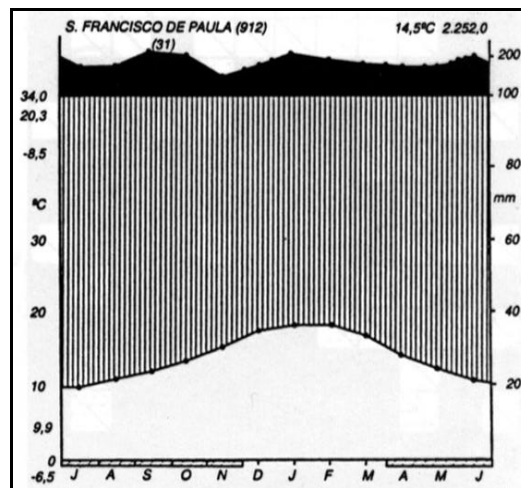


Figura 2: Diagrama climático de São Francisco de Paula. Modificado de Backes (1999).

O mapeamento de solos do CPCN Pró-Mata na escala 1:10.000, efetuado por Jungblut & Pinto (1997), indica nove classes de solo, que em níveis taxonômicos mais elevados correspondem a Cambissolos, Solos Litólicos, Litossolos, Terra Bruna Estruturada e Solos Orgânicos. A distribuição dessas classes está intimamente relacionada às variações geomorfológicas e litológicas, havendo uma nítida diferenciação, quanto às características do horizonte A, entre os solos da unidade geomorfológica Planalto dos Campos Gerais (áreas mais elevadas e planas), em relação aos solos desenvolvidos em terrenos escarpados da unidade Serra Geral. Quimicamente o padrão geral foi de elevada acidez, baixa saturação de bases e elevados teores de alumínio e matéria orgânica.

2.2.2. Sistema de Informações Geográficas

Como base de dados para a descrição da vegetação utilizou-se aerofotografias de junho de 1974 (1:20000) e janeiro de 1999 (1:10000), obtidas no Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem e na PUCRS, respectivamente. Como base cartográfica utilizou-se ortofotocartas do CPCN Pró-Mata, embasadas nas aerofotografias de 1999.

As manchas de vegetação em 1974 e 1999 foram identificadas e classificadas através de estereoscopia e verificações *in situ*, realizadas em 2001 e 2002. A vetorização destas manchas foi efetuada no software CartaLinx 1.2 (Hagan *et al.* 1998), utilizando-se uma aerofotografia de 1974, georreferenciada com 20 pontos controle, e ortofotocartas do CPCN Pró-Mata. Os arquivos gerados (*veg74.vct* e *veg99.vct*) foram exportados para Idrisi32 (Eastman 2001), onde foram efetuadas as demais operações de geoprocessamento, detalhas a seguir.

Os arquivos *veg74.vct* e *veg99.vct* foram convertidos em arquivos de imagem (POLYRAS) com resolução de 1m², gerando os arquivos *veg74.rst* e *veg99.rst*. Para suavizar os efeitos desta operação, aplicou-se o módulo FILTER, baseado na moda e com janela móvel de 5 x 5 pixels, criando os arquivos *veg74filtro.rst* e *veg99filtro.rst*. Estes foram cruzados (CROSSTAB) e o arquivo resultante filtrado pela moda com janela móvel de 5 x 5 pixels, visando a remoção de modificações pouco significativas. Dessas operações foi obtido um arquivo que descreve a dinâmica da vegetação no período estudado (*veg74-99.rst*). Este foi reclassificado (RECLASS) gerando arquivos que descrevem a vegetação em 1974 (*veg74final.rst*) e 1999 (*veg99final.rst*), ajustados aos dados de dinâmica vegetacional. Para a extração da área das classes de vegetação em ambas as datas e das classes de dinâmica vegetacional, aplicou-se o módulo AREA nos arquivos *veg74final.rst*, *veg99final.rst* e *veg74-99.rst* (Figura 3).

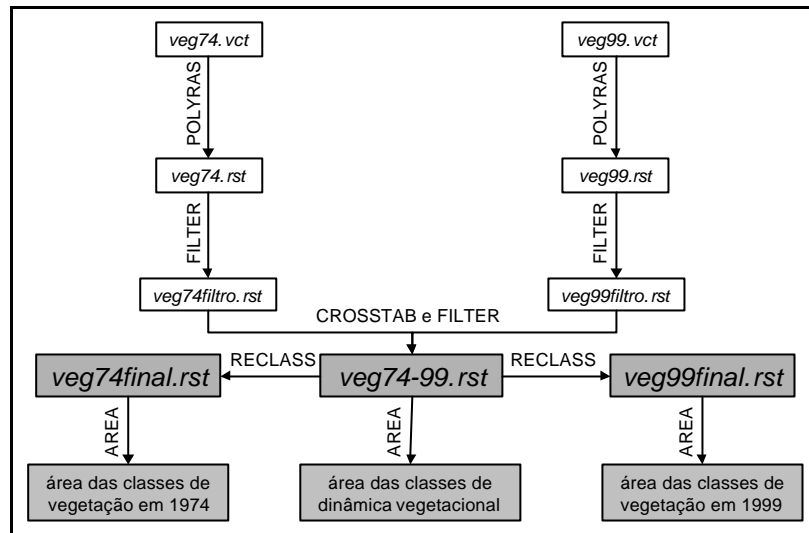


Figura 3: Fluxograma das operações efetuadas no software Idrisi32 para o tratamento de imagens e extração de dados.

2.2.3. Análise dos Dados

Os dados foram analisados de forma comparativa, visando identificar padrões de alteração na cobertura das classes de vegetação. Para tal, utilizaram-se os parâmetros a seguir apresentados. Áreas classificadas como vegetação antrópica, em qualquer uma das datas estudadas, não foram consideradas.

Cobertura relativa (%)

$$CoR_{ij} = 100 \times \frac{CoA_{ij}}{CoA_j}$$

onde CoA_{ij} corresponde à cobertura absoluta (ha) com a classe de vegetação i na data j e CoA_j à soma de coberturas absolutas com as classes de vegetação consideradas na data j .

Estabilidade absoluta (ha)

$$EsA_i = CoA_{i1} \cap CoA_{i2}$$

onde CoA_{i1} corresponde à cobertura absoluta (ha) com a classe de vegetação i na data 1 (1974) e CoA_{i2} à cobertura absoluta (ha) com a classe de vegetação i na data 2 (1999).

Estabilidade relativa (%)

$$EsR_i = 100 \times \frac{EsA_i}{EsA_k}$$

onde EsA_k corresponde ao somatório das estabilidades absolutas (ha) das k classes de vegetação.

Estabilidade relativa na classe (%)

$$EsRc_i = 100 \times \frac{EsA_i}{CoA_{i1}}$$

Expansão absoluta (ha)

$$ExA_i = CoA_{i2} \setminus CoA_{i1}$$

Expansão relativa (%)

$$ExR_i = 100 \times \frac{ExA_i}{ExA_k}$$

onde ExA_k corresponde ao somatório das expansões absolutas (ha) das k classes de vegetação.

Expansão relativa na classe (%)

$$ExRc_i = 100 \times \frac{ExA_i}{CoA_{i1}}$$

Retração absoluta (ha)

$$ReA_i = CoA_{i1} - CoA_{i2}$$

Retração relativa (%)

$$ReR_i = 100 \times \frac{ReA_i}{ReA_k}$$

onde ReA_k corresponde ao somatório das retrações absolutas (ha) das k classes de vegetação.

Retração relativa na classe(%)

$$ReRc_i = 100 \times \frac{ReA_i}{CoA_{i1}}$$

Alteração final absoluta (ha)

$$AfA_i = ExA_i - ReA_i$$

Alteração final relativa (%)

$$AfR_i = 100 \times \frac{AfA_i}{AfA_k}$$

onde AfA_k corresponde ao somatório das alterações finais absolutas (ha) das k classes de vegetação.

Alteração final relativa na classe (%)

$$AfRc_i = 100 \times \frac{AfA_i}{CoA_{i1}}$$

Direção de alteração relativa (%)

$$DaR_{i1 \rightarrow k2} = 100 \times \frac{CoA_{i1} \cap CoA_{k2}}{EsA_i + EsA_k}$$

onde CoA_{k2} corresponde a cobertura absoluta das k classes de vegetação no tempo 2 (1999), para $i \neq k$, e EsA_k corresponde ao somatório das estabilidades absolutas das k classes de vegetação, para $i \neq k$.

Direção de alteração relativa na classe (%)

$$DaRc_{i1 \rightarrow k2} = 100 \times \frac{CoA_{i1} \cap CoA_{k2}}{CoA_{i1}}$$

2.3 RESULTADOS

2.3.1. Classificação e Caracterização da Vegetação

A vegetação em 1974 e 1999 foi representada por cinco classes: Campo, Campo Arbustivo Baixo, Campo Arbustivo Alto, Floresta e Vegetação Antrópica, presentes em ambas as datas. A seguir é apresentada a descrição dessas classes com base nas observações *in situ* e na estereoscopia dos conjuntos aerofotográficos.

Campo. Estrato herbáceo contínuo com altura entre 30cm e 100cm, dominado por gramíneas cespitosas, principalmente *Andropogon lateralis* Nees. Textura lisa, cinza claro na imagem de 1974 e azul ou rosa claro na imagem de 1999.

Campo Arbustivo Baixo. Adensamento de arbustos com altura entre 50cm e 130cm associado a um estrato herbáceo, semelhante ao descrito anteriormente. Dominado por arbustos como: *Calea phylolepsis* Backer, *Baccharis* spp. e *Croton* spp. Textura rugosa, cinza escuro na imagem de 1974 e rosa na imagem de 1999.

Campo Arbustivo Alto. Agrupamento de *Baccharis uncinella* DC. (espécie dominante) e *Baccharis mesoneura* DC., com altura entre 150cm e 300cm, formando um dossel arbustivo sobre um estrato herbáceo ou herbáceo-arbustivo, semelhantes aos descritos anteriormente. Textura rugosa, formando adensado de pontos sobre a matriz campestre, cinza escuro em 1974 e rosa em 1999.

Floresta. Formação arbórea heterogênea, composta por Floresta com Araucária nas áreas mais elevadas e planas, e Floresta Atlântica nas encostas. Textura altamente rugosa, cinza escuro em 1974 e rosa forte em 1999.

Vegetação Antrópica. Potreiros e cultivos em 1974, e plantio de *Eucalyptus* sp. em 1999. Área cercada próxima a uma habitação, em 1974; e adensamento de árvores com altura superior à floresta adjacente, em 1999.

A vegetação em 1974 foi caracterizada pela dominância de Floresta e Campo, que cobriam 70,7% e 27,6% da área de estudo, respectivamente. O restante foi representado por Campo Arbustivo Baixo e Campo Arbustivo Alto. De forma geral, esse padrão foi mantido em 1999, em virtude da forte dominância de Floresta (71,1%) e Campo (24,9%), sobre as demais classes (Tabela 1; Apêndices 3 e 4). Entretanto, as modificações ocorridas evidenciaram nítidos padrões espaço-temporais.

Tabela 1: Cobertura das classes de vegetação em 1974 e 1999. Legenda: CoA – cobertura absoluta, CoR – cobertura relativa, Cam – Campo, Cab – Campo Arbustivo Baixo, Caa – Campo Arbustivo Alto e Flo – Floresta.

	Vegetação em 1974		Vegetação em 1999	
	CoA (ha)	CoR (%)	CoA (ha)	CoR (%)
Cam	148,65	27,57	134,52	24,95
Cab	7,16	1,33	13,34	2,47
Caa	1,93	0,36	7,99	1,48
Flo	381,47	70,75	383,36	71,10

2.3.2. Estabilidade e Alteração

De forma geral, a área estudada caracterizou-se pela alta estabilidade, pois 96,3% manteve a mesma classe vegetacional de 1974 para 1999 (área estável). A estabilidade relativa aponta Floresta (73,4%) e Campo (25,8%) como dominantes (Tabela 2).

Observa-se um gradiente de estabilidade relativa nas classes de vegetação. Floresta e Campo apresentaram alta estabilidade, pois cada uma manteve mais de 90% de cobertura inalterada em 1999; Campo Arbustivo Baixo teve estabilidade intermediária, com cerca de 50% de cobertura inalterada; e Campo Arbustivo Alto mostrou-se pouco estável, mantendo cerca de 5% de cobertura inalterada (Tabela 2).

Tabela 2: Estabilidade das classes de vegetação. Legenda: EsA – estabilidade absoluta, EsR – estabilidade relativa, EsRc – estabilidade relativa na classe, Cam – Campo, Cab – Campo Arbustivo Baixo, Caa – Campo Arbustivo Alto e Flo – Floresta .

	Estabilidade		
	EsA (ha)	EsR (%)	EsRc (%)
Cam	134,18	25,84	90,27
Cab	3,72	0,72	51,97
Caa	0,11	0,02	5,82
Flo	381,35	73,43	99,97

Embora a área alterada represente menos de 4% da área estudada, pôde-se identificar nítidos padrões de alteração entre as classes de vegetação. Cabe lembrar que área alterada corresponde a mancha cuja classe vegetacional em 1974 diferiu da observada em 1999, podendo ser considerada como área de expansão ou retração, dependendo da classe vegetacional considerada. O saldo entre as áreas de expansão e retração configura a alteração final de cada classe.

Campo Arbustivo Alto e Campo Arbustivo Baixo destacaram-se quanto à expansão (Tabela 3). Essas classes de vegetação somaram mais de 80% da área alterada total, e dentro de suas classes, apresentaram os respectivos valores: 407,5% e 134,4%. Quanto à retração (Tabela 3), cabe ressaltar a importância das áreas de Campo, representando mais de 70% da área alterada total. Este valor contrasta com a baixa retração relativa nessa classe. Campo Arbustivo Alto (94,2%) e Campo Arbustivo Baixo (48,0%) tiveram valores de retração elevados, em relação à área que ocupavam em 1974.

Tabela 3: Expansão, retração e alteração final das classes de vegetação. Legenda: ExA – expansão absoluta, ExR – expansão relativa, ExRc – expansão relativa na classe, ReA – retração absoluta, ReR – retração relativa, ReRc – retração relativa na classe, AfA – alteração final absoluta, AfR – alteração final relativa, AfRc – alteração final relativa na classe, Cam – Campo, Cab – Campo Arbustivo Baixo, Caa – Campo Arbustivo Alto e Flo – Floresta.

	Expansão			Retração			Alteração final		
	ExA (ha)	ExR (%)	ExRc (%)	ReA (ha)	ReR (%)	ReRc (%)	AfA (ha)	AfR (%)	AfRc (%)
Cam	0,34	1,70	0,23	14,47	72,90	9,73	-14,13	-71,21	-9,51
Cab	9,62	48,49	134,41	3,44	17,33	48,03	6,18	31,16	86,37
Caa	7,87	39,68	407,48	1,82	9,17	94,18	6,05	30,51	313,29
Flo	2,01	10,14	0,53	0,12	0,60	0,03	1,89	9,54	0,50

2.3.3. Direções da Dinâmica Vegetacional

Áreas estáveis e alteradas podem ser descritas quanto à direção vegetacional, comparando-se as classes de vegetação existentes em cada data. Por exemplo, áreas de Campo em 1974 poderiam: permanecer como Campo, ser alteradas para Campo Arbustivo Baixo, Campo Arbustivo Alto e Floresta. Esta abordagem permite um aprofundamento qualitativo e quantitativo a respeito da dinâmica vegetacional observada.

O cruzamento dos dados de vegetação de 1974 e 1999 evidenciou doze direções vegetacionais, perfazendo 75% das combinações teoricamente possíveis. As áreas de Campo em 1974 modificaram-se em direção a quatro classes de vegetação; Campo Arbustivo Baixo e Floresta em direção a três classes cada; e Campo Arbustivo Alto a duas classes (Figuras 4 e 5).

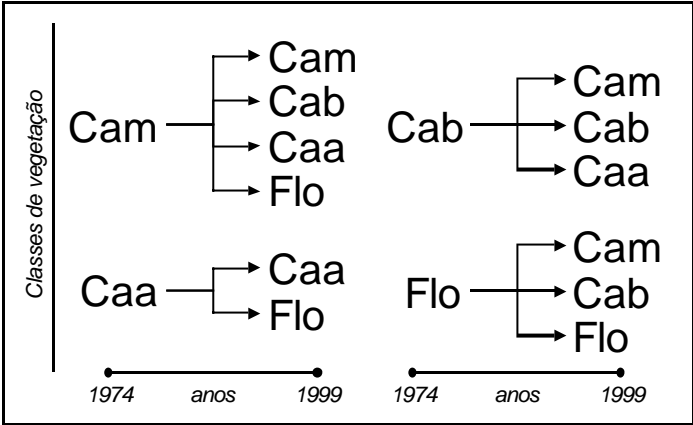


Figura 4: Direções da dinâmica vegetacional evidenciadas entre 1974 e 1999. Legenda: Cam – Campo, Cab – Campo Arbustivo Baixo, Caa – Campo Arbustivo Alto e Flo – Floresta.

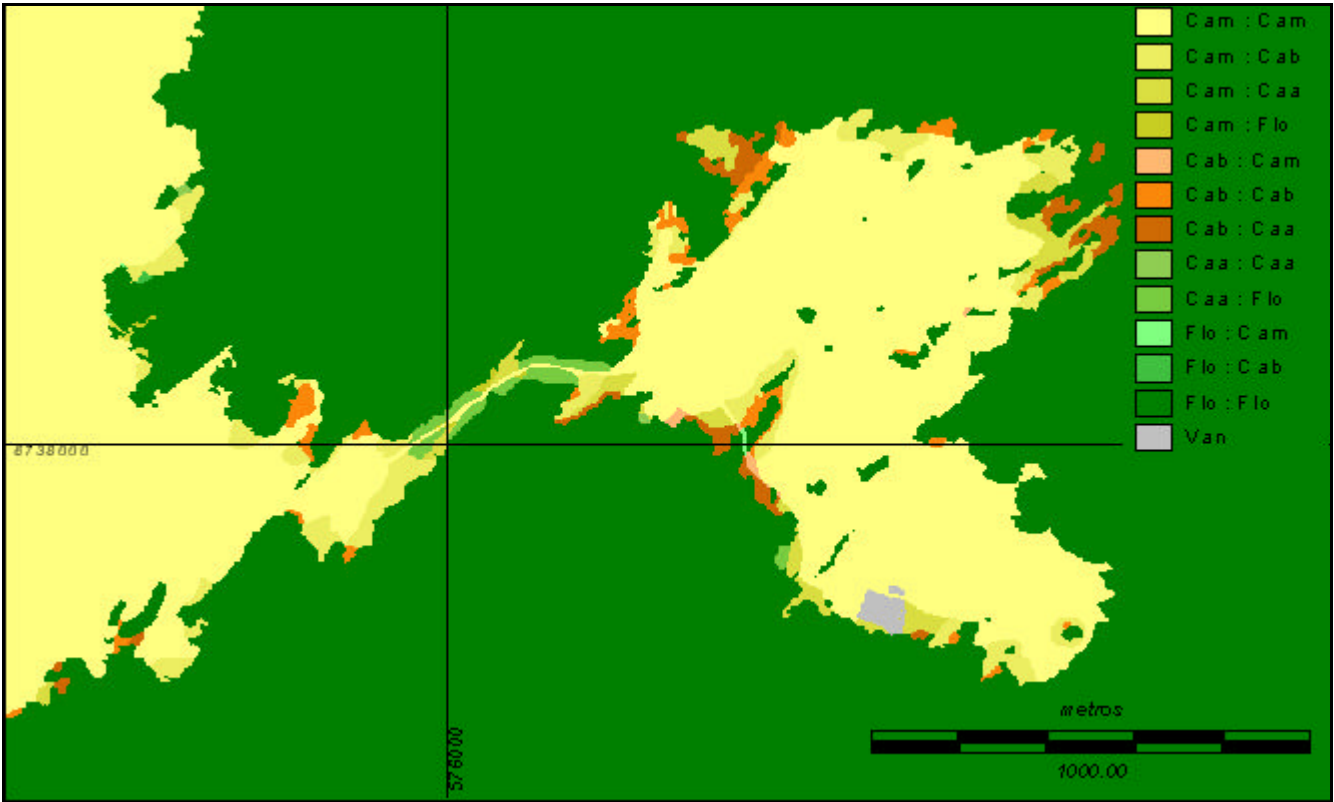


Figura 5: Mapa – Dinâmica vegetacional entre 1974 e 1999. Legenda: Cam – Campo, Cab – Campo Arbustivo Baixo, Caa – Campo Arbustivo Alto e Flo – Floresta.

Quatro direções correspondem às áreas estáveis das classes de vegetação, sendo descritas no item 2.3.2.. As demais direções configuram alterações (direções de alteração), sendo agora tratadas em maior detalhe. Para tal, as direções de alteração serão comparadas quanto às áreas de retração das classes de vegetação.

Comparando as direções de alteração quanto à área alterada total, destacam-se Campo → Campo Arbustivo Baixo (48,2%), Campo → Campo Arbustivo Alto (23,7%) e Campo Arbustivo Baixo → Campo Arbustivo Alto (16,0%). A análise das direções de alteração em relação à cobertura das classes em 1974 ressalta: Campo Arbustivo Alto → Floresta (94,2%) e Campo Arbustivo Baixo → Campo Arbustivo Alto (44,2%). Cabe salientar a baixa representatividade das direções de alteração de Floresta, na área alterada total (0,6%) e na cobertura desta classe em 1974 (0,03%) (Tabela 4 e Figura 6).

Tabela 4: Direções de alteração das classes de vegetação. Legenda: DaR – direção de alteração relativa, DaRc – direção de alteração relativa na classe, Cam – Campo, Cab – Campo Arbustivo Baixo, Caa – Campo Arbustivo Alto e Flo – Floresta.

	Cam 1974 (%)		Cab 1974 (%)		Caa 1974 (%)		Flo 1974 (%)	
	DaR	DaRc	DaR	DaRc	DaR	DaRc	DaR	DaRc
Cam 1999 (%)	-----	-----	1,38	3,82			0,32	0,02
Cab 1999 (%)	48,21	6,44	-----	-----			0,28	0,01
Caa 1999 (%)	23,73	3,17	15,95	44,22	-----	-----		
Flo 1999 (%)	0,97	0,13			9,17	94,18	-----	-----

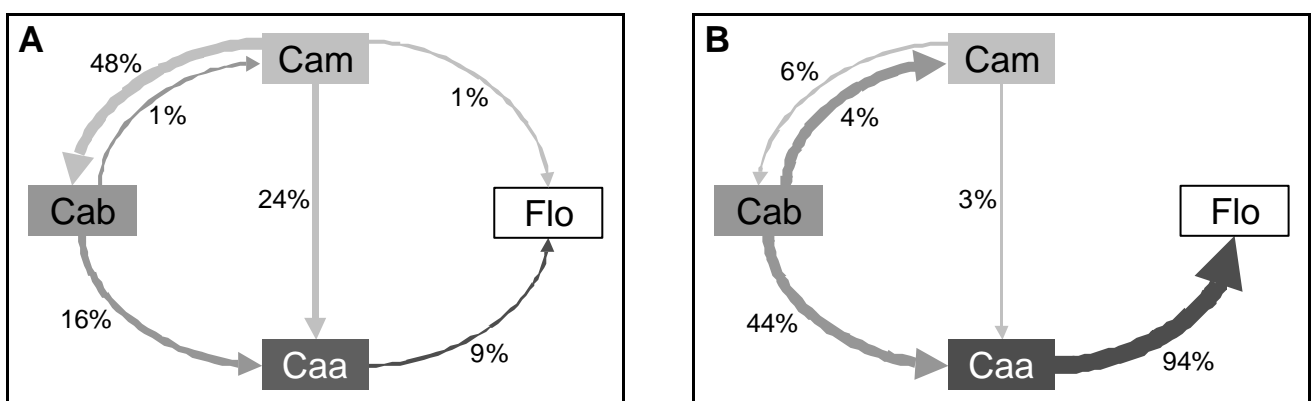


Figura 6: Direções de alteração evidenciadas de 1974 para 1999. Em (A) estão representadas direções de alteração relativa (DaR) que totalizaram mais de 1% da área alterada total; e em (B) as direções de alteração relativa nas classes (DaRc) que totalizaram mais de 1% de cobertura em determinada classe em 1974. Legenda: Cam – Campo, Cab – Campo Arbustivo Baixo, Caa – Campo Arbustivo Alto e Flo – Floresta.

2.4. DISCUSSÃO

A classificação proposta objetivou otimizar a comparação entre os padrões vegetacionais observados em 1974 e 1999. A classificação relativamente grosseira, em um número pequeno de classes fisionômicas, justifica-se tendo em vista que a caracterização da vegetação em 1974 foi baseada somente na análise estereoscópica. Não obstante, os resultados obtidos mostram que a caracterização fisionômica da vegetação foi eficiente na detecção de padrões e processos espaço-temporais da dinâmica vegetacional.

Floresta e Campo distinguem-se pela alta estabilidade, mas os mecanismos mantenedores da fisionomia destas comunidades, provavelmente, foram distintos e antagônicos. Por outro lado, as classes de campo arbustivo caracterizam comunidades instáveis, em virtude das altas taxas de retração e expansão.

Considerando evidências fitogeográficas e paleopolínicas (ver Capítulo 1), a estabilidade das áreas de Floresta decorreria de uma situação climática altamente propícia ao desenvolvimento florestal. Dessa forma, a substituição natural de florestas por outras comunidades seria improvável. Por outro lado, alta estabilidade das áreas de Campo estaria associada à pecuária e queimadas antropogênicas empregadas na área de estudo até a implantação do CPCN Pró-Mata, em 1994, conforme indicam registros fotográficos da área de estudo (Apêndices 1 e 2).

Outros estudos de dinâmica vegetacional em escala de paisagem mostram resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho, embora versem sobre ecossistemas distintos (Mast *et al.* 1997; Carmel & Kadmon 1999; Bowman *et al.* 2001). De modo geral, esses estudos consideram que o incremento arbóreo sobre a matriz campestre decorre de uma situação climática favorável às formações arbóreas, e que pastejo e queima são fatores importantes negativamente correlacionados com a expansão florestal. Silva *et al.* (2001) corroboram essas evidências, mas ressaltam que embora relevantes, pastejo e queima não são os únicos determinantes dos padrões vegetacionais por eles observados, sugerindo que tais

distúrbios fazem parte de um sistema de fatores interrelacionados, determinantes dos padrões de vegetação.

Embora os trabalhos citados anteriormente destaquem a influência do pastejo e queima na dinâmica entre formações campestres e arbóreas, não há explicações claras sobre os mecanismos que regem este processo. A influência desses distúrbios na dinâmica atual entre comunidades campestres e florestais no Planalto Meridional Brasileiro pode ser explicada à luz da evolução dessas comunidades.

Evidências fósseis em ecossistemas campestres da América do Sul sugerem que grandes mamíferos pastadores (Equidae, Camelidae e Cervidae) teriam exercido, até 8.000 anos AP, uma maior pressão de pastejo do que a fauna nativa atual (Kern 1994; Bombim & Klamt 1975). Segundo Pillar & Quadros (1997), se isso realmente ocorreu, o pastejo intensivo faz parte da história evolutiva da flora atual dos campos.

Registros paleopolínicos mostram que queimadas foram comuns na vegetação campestre do planalto, diminuindo drasticamente quando as áreas foram cobertas por florestas no período climático favorável à expansão florestal (Behling *et al.* 2003). Experimentos avaliando o efeito da queimada na dinâmica de comunidades campestres mostram resiliência da vegetação a esse distúrbio (Quadros & Pillar 2001). Com base nessas evidências, infere-se que espécies campestres teriam mecanismos adaptativos eficientes às queimadas, e que processo semelhante não ocorreu na flora arbórea¹.

Logo, em áreas campestres submetidas a pastejo intenso e/ou queima freqüente, espécies campestres teriam maior eficiência competitiva em relação às colonizadoras florestais, retardando a expansão florestal. Observações *in situ* sustentam essa hipótese, indicando que arbustos e árvores jovens não sobrevivem a queimadas no campo.

Baseado nas evidências e deduções expostas acima, conjectura-se que a cobertura de Campo teria se mantido estável de 1974 à 1994, quando a exclusão do gado e proteção

contra queimadas permitiram a retomada do processo dinâmico governado por fatores climáticos (Figura 7).

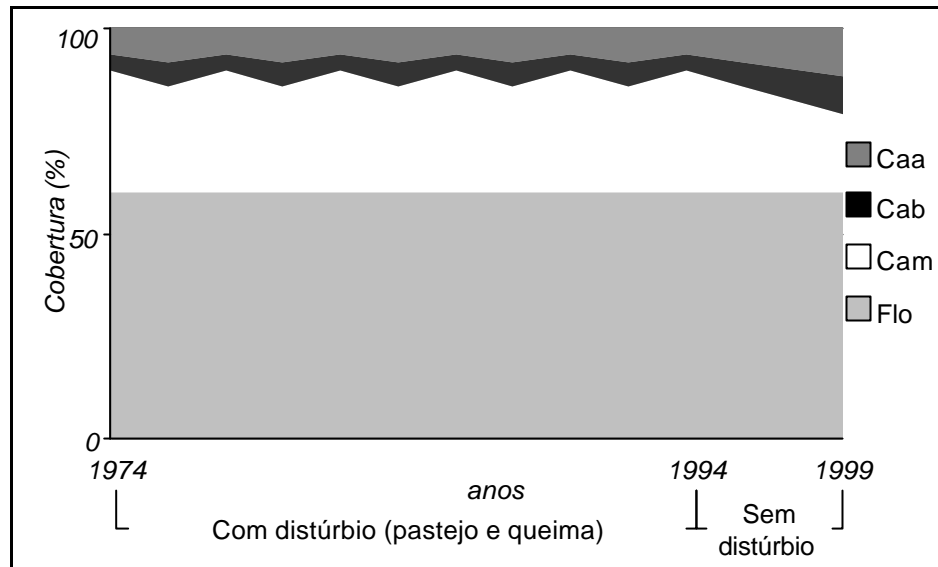


Figura 7: Trajetória hipotética da cobertura vegetal entre 1974 e 1999. Floresta mostrou-se indiferente aos distúrbios. As demais classes apresentaram flutuações decorrentes da frequência de queimadas (intervalo de dois anos). A eliminação do pastejo e queima propiciou incremento nas classes de campo arbustivo e conseqüente redução de Campo. Legenda: Flo – Floresta, Cam – Campo, Cab – Campo Arbustivo Baixo e Caa – Campo Arbustivo Alto.

As alterações ocorridas estiveram fortemente relacionadas à proximidade da borda florestal, visto que não ocorreram alterações a mais de 100m de distância da Floresta (Figura 5). Tal associação pode ser influenciada por fatores físicos, bióticos e históricos, sendo ainda incipiente qualquer inferência sobre estes.

Os dados indicam que a dinâmica vegetal estudada segue um padrão direcional de alteração, sintetizado por um incremento arbustivo nas comunidades campestres, seguido de colonização arbórea (Figura 6). Entretanto, a alta taxa de substituição de Campo Arbustivo Alto por Floresta deve ser analisada com cautela, pois observações *in situ* não indicam que este processo seja tão pronunciado. Sugere-se que algumas manchas de Campo Arbustivo Alto em 1974 resultassem de sucessão secundária em áreas desmatadas, tendo colonização florestal mais acentuada do que o observado em comunidades herbáceo-

1 Klein (1960) sugere que a resistência da flora campestre do planalto às queimadas se desenvolveu em resposta à situação paleoclimática de seca. Tal hipótese é plausível, uma vez que os registros paleológicos (ver Capítulo 1) indicam que período de seca foi muito mais longo que o de queimadas.

arbustivas naturais. Mesmo que essa proposição seja verdadeira, ela não invalida o padrão verificado, visto que seqüências sucessionais semelhantes foram descritas em outras comunidades campestres no sul do Brasil (Kuhlmann 1954; Klein 1960; Boldrini & Eggers 1996; Pillar & Quadros 1997).

Os dados deste estudo, reforçados pela literatura, indicam que o estabelecimento de arbustos em comunidades campestres é um fator chave para o avanço florestal. A aparente dependência de um estrato arbustivo para a colonização de espécies arbóreas pode estar relacionada a mecanismos de facilitação, como por exemplo: redução de biomassa herbácea, alterações edáficas e micro-climáticas.

A influência da borda florestal sobre a comunidade campestre, aliada ao caráter direcional da vegetação, sugere que os limites florestais (borda) avançam gradualmente sobre o campo, caracterizando uma colonização em bloco.

Os dados apresentados sustentam hipóteses que vão ao encontro das proposições de Pillar & Quadros (1997), considerando queimadas (naturais ou antropogênicas) fator chave na formação do mosaico vegetacional entre campos e floresta no Planalto Meridional Brasileiro.

3. PADRÕES E PROCESSOS VEGETACIONAIS EM ECÓTONOS DE CAMPOS E FLORESTA COM ARAUCÁRIA

3.1. INTRODUÇÃO

Há evidências que, numa escala regional, os padrões vegetacionais vigentes no Planalto Meridional Brasileiro decorrem de processos de expansão das comunidades florestais sobre as campestres (Capítulo 1). Essa teoria, consolidada desde meados de 1950 (Rambo 1956), tem sido aceita na comunidade científica. Contudo, ainda são poucos os estudos sobre a estrutura de comunidades vegetais no planalto, principalmente nas áreas de contato entre campo e floresta.

Comunidades vegetais apresentam propriedades fractais, ou seja, variações não lineares que manifestam padrões em diversas escalas de observação (Palmer 1988). Todavia, isso não implica que um padrão evidenciado em determinada escala seja equivalente em outras escalas de observação (Kenkel & Walker 1993). Logo, a detecção de padrões vegetacionais deve, sempre que possível, ser efetuada em múltiplas escalas (Kenkel *et al.* 1989). Para tanto, é conveniente que as comunidades vegetais sejam definidas operacionalmente, como segmentos de vegetação com tamanho e forma arbitrária (Palmer & White 1994).

A luz dessas idéias, este estudo, realizado no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata, em São Francisco de Paula, RS, tem por objetivo investigar padrões vegetacionais em ecótonos de Campos e Floresta com Araucária, bem como a relação destes com o solo, usando uma abordagem multi-escalar. Espera-se assim contribuir para o conhecimento dos processos vegetacionais vigentes no planalto, e por conseqüência, ao manejo sustentável dos ecossistemas.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área de Estudo

A área estudada localiza-se no Centro de Pesquisa e Conservação da Natureza Pró-Mata (CPCN Pró-Mata), no município de São Francisco de Paula, RS. O Capítulo 2 descreve em maior detalhe a área de estudo, quanto a localização, geologia, geomorfologia, solos e clima.

3.2.2 Seleção das Áreas de Levantamento

A seleção das áreas de levantamento foi baseada no estudo da paisagem apresentado no Capítulo 2, de forma a contemplar os diferentes padrões dinâmicos evidenciados na vegetação campestre. Para tal, foram demarcadas nove transecções em ecótonos de floresta e campo, que apresentaram os seguintes padrões de alteração entre 1974 e 1999: Campo → Campo (Transecção B), Campo → Campo Arbustivo Baixo (Transecções A, C, D e E), Campo → Campo Arbustivo Alto (Transecções F e G) e Campo Arbustivo Baixo → Campo Arbustivo Alto (Transecções H e I). A fim de diminuir as variações ambientais relacionadas à topografia, as transecções foram localizadas em áreas com relevo pouco inclinado, à exceção da Transecção E com terreno mais declivoso. A Figura 8 e o Apêndice 5 mostram a localização das transecções.

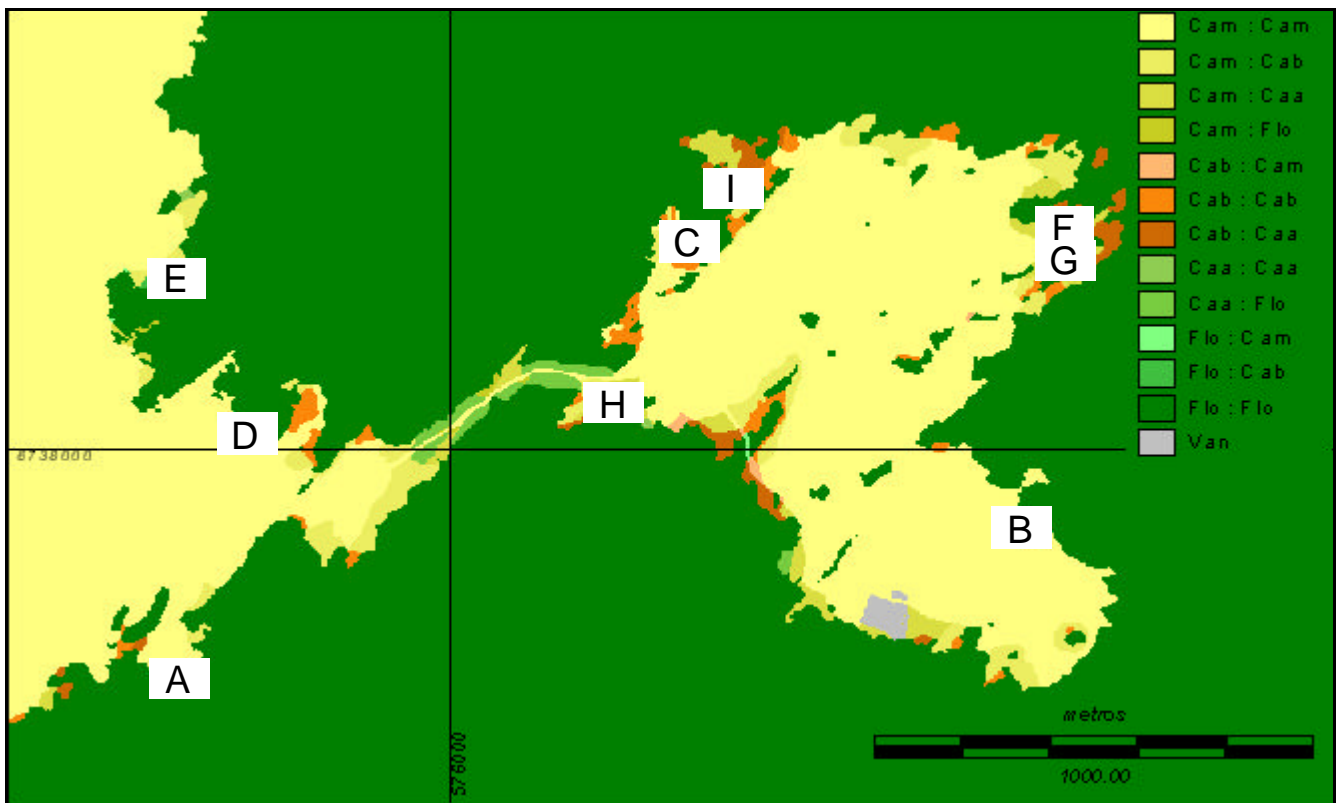


Figura 8: Localização das transecções de levantamento, sobre o mapa de dinâmica vegetacional entre 1974 e 1999. As transecções estão identificadas por letras maiúsculas de A até I. Legenda: Cam – Campo, Cab – Campo Arbustivo Baixo, Caa – Campo Arbustivo Alto, Flo – Floresta e Van – Vegetação Antrópica.

As transecções tiveram 60m de comprimento, adentrando 30m na floresta e 30m no campo, contados a partir da última árvore adulta da borda. Cada transecção foi composta por 12 quadros contíguos de 5 x 5m, dentro dos quais foram demarcados temporariamente 24 quadros contíguos de 1,7 x 1,7m, formando uma faixa central adentrando 10m na floresta e 30m no campo (Figura 9). Os vértices dos quadros de 5 x 5m foram demarcados permanentemente com tubos de PVC de 1,5m de altura, a fim de possibilitar estudos de dinâmica vegetacional de longa duração. Cabe salientar que as dimensões das transecções baseiam-se em pilotagens e num estudo de temática semelhante realizado em Eldorado do Sul, RS (Sestren-Bastos 1997).

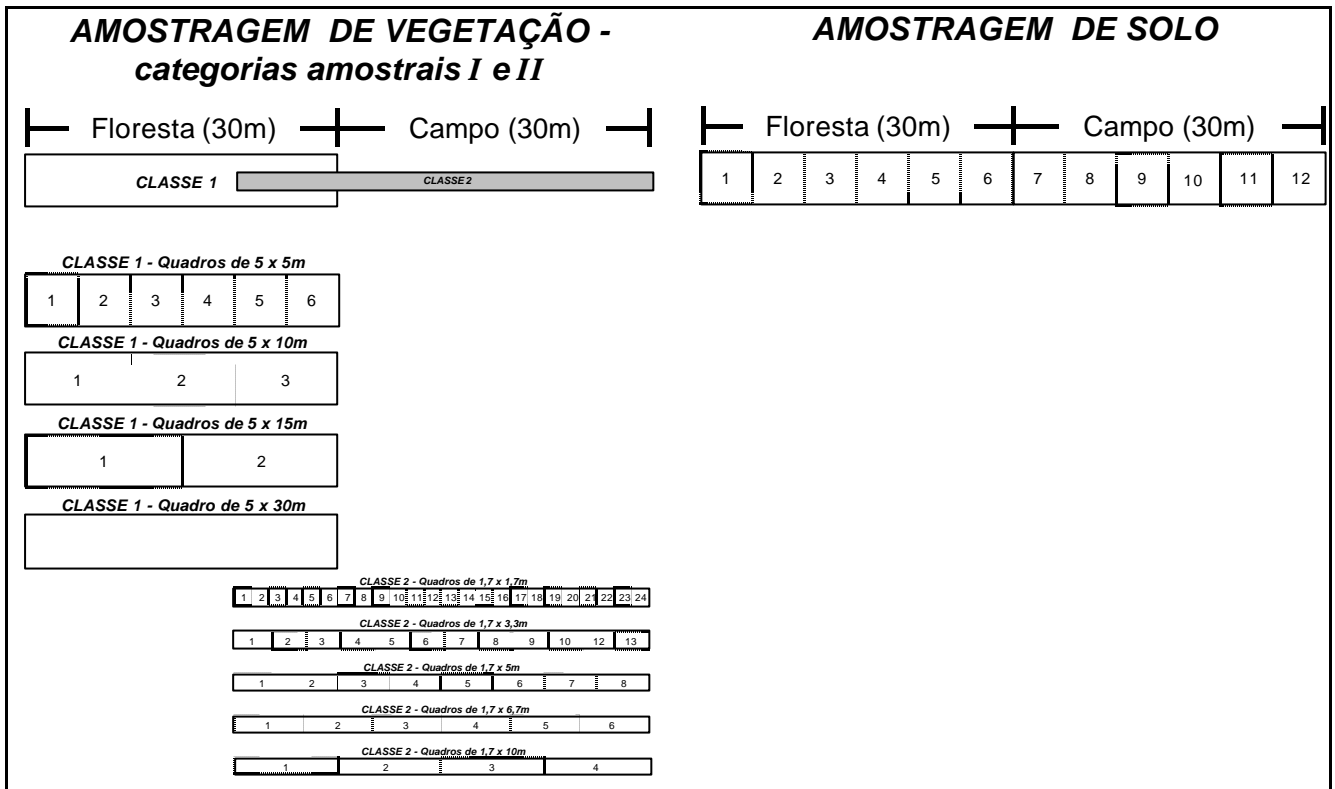


Figura 9: Representação esquemática de uma transecção mostrando a disposição e código dos quadros, nas diferentes escalas de observação.

3.2.3 Descrição da Vegetação e do Solo

A descrição da vegetação foi baseada na cobertura de indivíduos lenhosos, exceto lianas, os quais foram determinados, tanto quanto possível até o nível taxonômico de espécie; quando indeterminados foram identificados como morfo-espécies. A cobertura de cada espécie, ou morfo-espécie, foi estimada visualmente com base numa escala de seis classes, adaptadas de Braun-Blanquet (1964): Até 1% de cobertura – classe 1; de 1 à 10% de cobertura – classe 2; de 10 à 25% de cobertura – classe 3; de 25 à 50% de cobertura – classe 4; de 50 à 75% de cobertura – classe 5; e mais de 75% de cobertura – classe 6. De cada espécie, ou morfo-espécie, foi coletado material botânico para documentação e identificação, feita por especialista (ver Agradecimentos) e consultas ao Herbário ICN do Departamento de Botânica da UFRGS.

Optou-se por uma amostragem da vegetação dividida em duas categorias. Na categoria amostral I objetivou-se caracterizar a vegetação florestal de borda. Para tanto, foram considerados os indivíduos com perímetro à altura do peito (PAP) $\geq 15,7$ cm, tendo

quadros de 5 x 5 m, localizados dentro da floresta, como unidade amostral fundamental, totalizando seis quadros por transecção. Na categoria amostral II objetivou-se descrever o componente arbustivo e a regeneração arbórea no ecótono entre floresta e campo. Para tal, foram considerados os indivíduos com altura $\geq 10\text{cm}$ e PAP $< 15,7\text{cm}$, tendo quadros de 1,7 x 1,7 m como unidade amostral fundamental, totalizando vinte e quatro quadros por transecção (Figura 9).

A descrição do solo considerou variáveis estruturais, físicas e químicas, tendo como unidade amostral fundamental os quadros de 5 x 5m, totalizando doze quadros por transecção. As variáveis estruturais consideradas foram profundidade total e do horizonte A, estimadas por sondagens com trado calador. As variáveis físicas avaliadas foram argila (%) e matéria orgânica (%); as químicas foram: pH em água, índice SMP, P (mg L^{-1}), K (mg L^{-1}), $\text{Al}_{\text{trocável}}(\text{cmol L}^{-1})$, $\text{Ca}_{\text{trocável}}(\text{cmol L}^{-1})$, $\text{Mg}_{\text{trocável}}(\text{cmol L}^{-1})$, Al + H (cmol L^{-1}), capacidade de troca catiônica (cmol L^{-1}), saturação de bases (%), saturação de Al (%), Ca Mg^{-1} , Ca K^{-1} e Mg K^{-1} . Para estas análises foram coletas amostras compostas (três sub-amostras) até 10cm de profundidade, afastada a serrapilheira. Estas análises foram efetuadas no Laboratório de Análises de Solo da Faculdade de Agronomia da UFRGS, segundo métodos-padrão descritos em Tedesco *et al.* (1995).

3.2.4 Análise dos Dados

Com o objetivo de caracterizar os padrões gerais de composição e estrutura da vegetação, em cada categoria amostral, analisou-se a vegetação a partir dos dados de frequência nas unidades amostrais fundamentais de cada categoria e cobertura de espécies (pelo ponto médio dos intervalos das classes), considerando o conjunto das transecções. Para tal, foram utilizados os parâmetros fitossociológicos apresentados a seguir.

Freqüência absoluta

$$FA_i = 100 \times \frac{Nq_i}{Nq}$$

onde, Nq_i corresponde ao número de unidades amostrais fundamentais em que a espécie i esteve presente e Nq ao número total de unidades amostrais

Freqüência relativa

$$FR_i = 100 \times \frac{FA_i}{FA_j}$$

onde, FA_j corresponde ao somatório das freqüências absolutas das j espécies.

Cobertura absoluta

$$CA_i = CC_i$$

onde, CC_i corresponde ao somatório das classes de cobertura da espécie i .

Cobertura relativa

$$CR_i = 100 \times \frac{CA_i}{CA_j}$$

onde, CA_j corresponde ao somatório das coberturas absolutas das j espécies.

Valor de cobertura

$$VC_i = \frac{FR_i + CR_i}{2}$$

No intento de revelar padrões espaciais da vegetação, bem como relações desta com as variáveis edáficas, empregou-se análise exploratória, baseada em técnicas multivariadas de ordenação, agrupamento e congruência, bem como análises de variância com testes de aleatorização. Estas análises foram efetuadas para cada categoria amostral, e em diferentes escalas de observação (quatro na categoria amostral I e cinco na categoria amostral II), através da união de quadros contíguos nas transecções, tomando-se o valor médio de cada variável nos quadros unidos. Utilizou-se o aplicativo SYNCSA para organização das diversas matrizes de dados (Pillar 2002).

As matrizes de dados vegetacionais foram baseadas na cobertura das espécies (ponto médio de cada classe de cobertura). As espécies raras e pouco abundantes, ou seja, com ocorrência em apenas uma única unidade amostral fundamental (quadros de 5 x 5m na categoria amostral I, e de 1,7 por 1,7m na categoria amostral II) e classe de cobertura na classe 1 ou 2 foram eliminadas da matriz de dados. Este procedimento foi adotado para reduzir a indeterminância analítica do conjunto de dados. Utilizou-se a distância de corda

entre unidades amostrais como medida de semelhança para os dados de vegetação (matriz **V**).

As matrizes de dados edáficos foram compostas pelas dezoito variáveis avaliadas, padronizadas por normalização dentro de variáveis. Utilizou-se a distância euclidiana entre unidades amostrais como medida de semelhança (matriz **S**).

Os métodos utilizados para a ordenação e agrupamento das unidades amostrais foram, respectivamente, Análise de Coordenadas Principais (Gower 1966) e Variância Mínima, também conhecido por Soma de Quadrados (Ward 1963; Orlóci 1967). Para avaliar a nitidez dos agrupamentos, a estabilidade dos eixos de ordenação, e a suficiência amostral dos padrões revelados em ambas análises, empregou-se métodos de auto-reamostragem descritos em Pillar (1998, 1999a, 1999b). Resumidamente, tais métodos geram probabilidades que permitem avaliar se os padrões evidenciados foram fortuitos ou consistentes, bem como a variação destas probabilidades em função do tamanho da amostra. Tais probabilidades foram geradas em 1000 iterações de auto-reamostragem, considerando como limiar $\alpha = 0,1$ para a sua interpretação; no caso de avaliação de significância dos eixos de ordenação, probabilidades abaixo do limiar indicam que o eixo de ordenação é significativo e merecedor de interpretação (Pillar 1999b); na avaliação de nitidez de grupos, probabilidades abaixo do limiar indicam que os grupos são difusos, não nítidos (Pillar 1999a). As análises de ordenação e agrupamento, bem como as avaliações por auto-reamostragem foram efetuadas no aplicativo Multiv (Pillar 2001).

A congruência entre vegetação e solo foi avaliada pelo ordenamento das variáveis edáficas em função da suas correlações com a variação da vegetação, gerando um perfil de congruência, de onde foram extraídos subconjuntos ótimos de variáveis edáficas, ou seja, aquelas que maximizaram a correlação entre vegetação e solo (Pillar & Orlóci 1993). Estas análises foram efetuadas no aplicativo SYNCSEA (Pillar 2002).

Foram calculadas correlações parciais (Smouse 1986; Legendre & Legendre 1998) para avaliar a influência espacial nas correlações entre vegetação e solo. As correlações parciais, ou seja, correlações entre vegetação (**V**) e solo (**S**) restringindo a autocorrelação espacial (**E**), foram calculadas pela seguinte fórmula:

$$r(V;S.E) = \frac{r(V;S) - r(V;E) \times r(S;E)}{\sqrt{1 - r(V;E)^2} \times \sqrt{1 - r(S;E)^2}}$$

onde $r(V;S)$, $r(V;E)$, e $r(S;E)$, correspondem à correlações matriciais entre: vegetação e solo; vegetação e espaço; e solo e espaço, respectivamente.

As matrizes de semelhança da variação da vegetação (**V**) e da variação do solo (**E**), foram as mesmas utilizadas nas análises anteriores. A matriz espacial foi baseada na distância geográfica entre os quadros nas transecções, utilizando distância euclidiana como medida de semelhança (**E**). Calculado $r(\mathbf{V};\mathbf{S.E})$, avaliou-se a influência da autocorrelação espacial pelas seguintes comparações: se $r(\mathbf{V};\mathbf{S}) \approx r(\mathbf{V};\mathbf{S.E})$ houve pouca influência, se $r(\mathbf{V};\mathbf{S}) > r(\mathbf{V};\mathbf{S.E})$ houve influência positiva, e se $r(\mathbf{V};\mathbf{S}) < r(\mathbf{V};\mathbf{S.E})$ houve influência negativa. As correlações matriciais foram calculadas com o auxílio do aplicativo SYNCSA (Pillar 2002).

Por fim, utilizou análise de variância com testes de aleatorização (Pillar & Orłóci 1996) para avaliar o efeito da escala de observação sobre os padrões vegetacionais, bem como, das associações entre os padrões vegetacionais, evidenciados nas análises de agrupamento, e as variáveis edáficas dos subconjuntos ótimos. Considerou-se um $\alpha = 0,1$ como limiar para rejeição da hipótese de nulidade de independência entre escala e padrões. Estas análises foram efetuadas no aplicativo Multiv (Pillar 2001).

3.3. RESULTADOS

3.3.1 Composição e Estrutura da Vegetação

A descrição da composição da flora arbórea e arbustiva, considerando o total da área amostrada, detectou 55 espécies, sendo 43 determinadas até espécie, 4 até gênero, 2 até família e 6 por morfo-espécie. Considerando níveis taxonômicos superiores, identificou-se no levantamento 35 gêneros e 22 famílias. Asteraceae e Myrtaceae foram as famílias de maior riqueza específica, com dez e sete espécies, respectivamente. Quanto às categorias amostrais, três espécies ocorreram exclusivamente na categoria I, vinte e cinco exclusivamente na categoria II, e vinte e sete em ambas (Tabela 5).

Tabela 5: Lista florística, código, categoria amostral (I – indivíduos lenhosos, exceto lianas, com PAP \geq 15,7cm, amostrados em quadros de 5 x 5m; e II – indivíduos lenhosos, exceto lianas, com mais de 10cm de altura e PAP < 15,7cm, amostrados em quadros de 1,7 x 1,7m) e classe fitofisionômica conforme o capítulo anterior (Cam – Campo, Cab – Campo Arbustivo Baixo, Caa – Campo Arbustivo Alto, Flo – Floresta, * – classe mais freqüente).

Família, Espécie	Código	Classe amostral	Classe fitofisionômica
Anacardiaceae			
<i>Lithraea brasiliensis</i> March.	Libr	I, II	Flo
Annonaceae			
<i>Rollinia rugulosa</i> Schlecht.	Roru	II	Flo
Aquifoliaceae			
<i>Ilex brevicuspis</i> Reiss.	Ilbr	I	Flo
<i>Ilex microdonta</i> Reiss.	Ilmi	I, II	Flo
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	Ilpa	I, II	Flo
Araucariaceae			
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Aran	I, II	Cam, Cab, Caa, Flo*
Asteraceae			
<i>Achyrocline satureioides</i> DC.	Acsa	II	Caa
Asteraceae 1	As 1	II	Cam*, Cab, Caa
<i>Baccharis mesoneura</i> DC.	Bame	II	Caa
<i>Baccharis</i> sp.1	BAsp	II	Cab
<i>Baccharis</i> spp.	Basp	II	Cab
<i>Baccharis uncinella</i> DC.	Baun	II	Caa
<i>Calea phyllolepis</i> Baker	Caph	II	Cam, Cab*, Caa
<i>Piptocarpha axillaris</i> Baker	PiAx	I, II	Flo
<i>Piptocarpha notata</i> Baker	Pino	I, II	Flo
<i>Vernonia discolor</i> Less.	Vedi	II	Flo
Cunoniaceae			
<i>Lamanonia ternata</i> (Cambess.) L.B.Smith	Lasp	I, II	Cam
<i>Weinmannia paulliniaefolia</i> Pohl ex Ser.	Wepa	I	Flo
Ericaceae			
<i>Agarista nummularia</i> G.Don	Agnu	II	Cam
Euphorbiaceae			
<i>Croton</i> sp.	Crsp	II	Cab*, Caa
<i>Croton tenuissimus</i> Baill.	Crte	II	Cab*, Caa
<i>Sapium glandulatum</i> Pax	Sagl	I, II	Flo

Tabela 5: continuação

Família, Espécie	Código	Classe amostral	Classe fitofisionômica
Flacourtiaceae			
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Cade	I, II	Flo
Lauraceae			
<i>Nectandra grandiflora</i> Nees & Mart.ex Nees	Negr	I, II	Flo
<i>Ocotea corymbosa</i> Mez	Occo	II	Flo
<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	Ocpu	I, II	Flo
Leguminosae			
<i>Inga lentiscifolia</i> Benth.	Inle	II	Flo
Leguminosae 1	Le 1	II	Cab
Melastomataceae			
<i>Leandra sublanata</i> Cogn.	Lesu	II	Cab, Caa, Flo*
<i>Miconia cinerascens</i> Miq.	Mici	I, II	Cab, Caa, Flo*
<i>Miconia hyemalis</i> A.St.Hil. & Naud.ex Naud.	Mihy	I, II	Cam, Caa, Flo*
<i>Tibouchina sellowiana</i> Cogn.	Tise	I, II	Cab, Caa, Flo*
Myrsinaceae			
<i>Myrsine parvula</i> (Mez) M.Otegui	Mypa	I, II	Cab, Caa, Flo*
Myrtaceae			
<i>Gomidesia sellowiana</i> Berg	Gose	I, II	Flo
<i>Myrceugenia euosma</i> (Berg) D.Legrand	Myeu	I, II	Cam, Cab, Flo*
<i>Myrceugenia miersiana</i> (Gardn.) D.Legrand & Kausel	Mimy	I	Flo
<i>Myrcia arborescens</i> Berg	Myar	I, II	Flo
<i>Myrcia obtecta</i> Kiaersk.	Myob	I, II	Flo
<i>Psidium cattleianum</i> Weinw.	Psca	I, II	Cab, Caa, Flo*
<i>Siphoneugena reitzii</i> Diego Legrand	Sire	I, II	Flo
Podocarpaceae			
<i>Podocarpus lamberti</i> Klotzsch ex Endl.	Pola	I, II	Flo
Proteaceae			
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	Robr	I, II	Flo
Rubiaceae			
<i>Rudgea parquoides</i> Muell.Arg.	Rupa	I, II	Flo
Sapindaceae			
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Mael	II	Flo
Solanaceae			
<i>Solanum</i> sp.	Sosp	II	Flo
<i>Solanum variabile</i> Mart.	Sova	II	Cab*, Caa
Theaceae			
<i>Gordonia acutifolia</i> (Wawra) H.Keng	Goac	I, II	Caa, Flo*
Thymelaeaceae			
<i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meissn.) Nevling	Dafa	I, II	Flo
Winteraceae			
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	Drbr	I, II	Flo
Indeterminada			
Morfo-espécie 1	Mo 1	II	Cam
Morfo-espécie 2	Mo 2	II	Cab*, Caa
Morfo-espécie 3	Mo 3	II	Cab
Morfo-espécie 4	Mo 4	II	Cam, Caa*
Morfo-espécie 5	Mo 5	II	Cam
Morfo-espécie 6	Mo 6	II	Cam

Na categoria amostral I, Myrtaceae foi a família com maior riqueza de espécies (7), seguida de Aquifoliaceae (3) e Melastomataceae (3). Os parâmetros fitossociológicos avaliados indicaram dominância de *Myrcia obtecta* e *Ilex microdonta*. Cada uma representou cerca 15% do valor de cobertura. Em seguida, destacaram-se *Drimys brasiliensis*, *Araucaria angustifolia* e *Myrcia arborescens*, com cerca de 10% do valor de cobertura, cada (Tabela 5, Figura 10 e Apêndice 6).

Na categoria amostral II, Asteraceae foi a família mais numerosa em espécies (10), seguida de Myrtaceae (6) e Melastomataceae (4). Quanto ao valor de cobertura, *Calea phyllolepis* (14%) destacou-se como dominante, seguida de solo descoberto (10%) *Baccharis uncinella* (9%), *Baccharis* spp. (9%), *Myrsine parvula* (7%) e *Miconia cinerascens* (7%) (Tabela 5, Figura 10 e Apêndice 7).

Os Apêndices 6 e 7 trazem os resultados completos dos parâmetros fitossociológicos utilizados na caracterização geral da composição e estrutura vegetal, para as duas categorias amostrais.

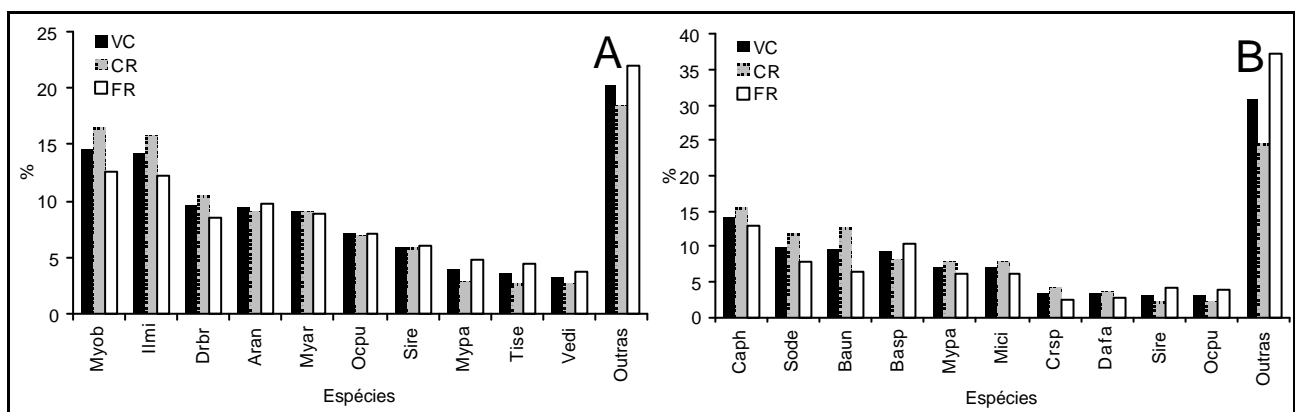


Figura 10: Valor de cobertura (VC), frequência relativa (FR) e cobertura relativa (CR) das dez variáveis de vegetação com maior valor de cobertura nas categorias amostrais I (A) e II (B). As variáveis estão identificadas pelo seguinte código: Myob – *Myrcia obtecta*, Ilmi – *Ilex microdonta*, Drbr – *Drimys brasiliensis*, Aran – *Araucaria angustifolia*, Myar – *Myrcia arborescens*, Ocpu – *Ocotea pulchella*, Sire – *Siphoneugena reitzii*, Mypa – *Myrsine parvula*, Tise – *Tibouchina sellowiana*, Vedi – *Vernonia discolor*, Caph – *Calea phyllolepis*, Sode – solo descoberto, Baun – *Baccharis uncinella*, Basp – *Baccharis* spp., Mici – *Miconia cinerascens*, Crsp – *Croton* sp., Dafa – *Daphnopsis fasciculata* e outras – demais variáveis.

3.3.2 Padrões Espaciais na Categoria Amostral I

As análises de ordenação das unidades amostrais não revelaram padrões consistentes em nenhuma das quatro escalas de observação, pois a avaliação da estabilidade dos eixos não indicou valores significativos (Apêndice 8).

As análises de agrupamento indicaram que a nitidez e suficiência amostral dos padrões vegetacionais foram sensíveis às variações na escala de observação. Com exceção dos quadros de 5 x 5m, todas as escalas de observação apresentam grupos de unidades amostrais nítidos. O aumento do tamanho das unidades amostrais resultou em uma maior diferenciação de grupos, mas com menor suficiência amostral (Figura 11). Visto que os quadros de 5 x 5m não refletiram padrões consistentes, as análises seguintes abordarão somente as demais escalas de observação.

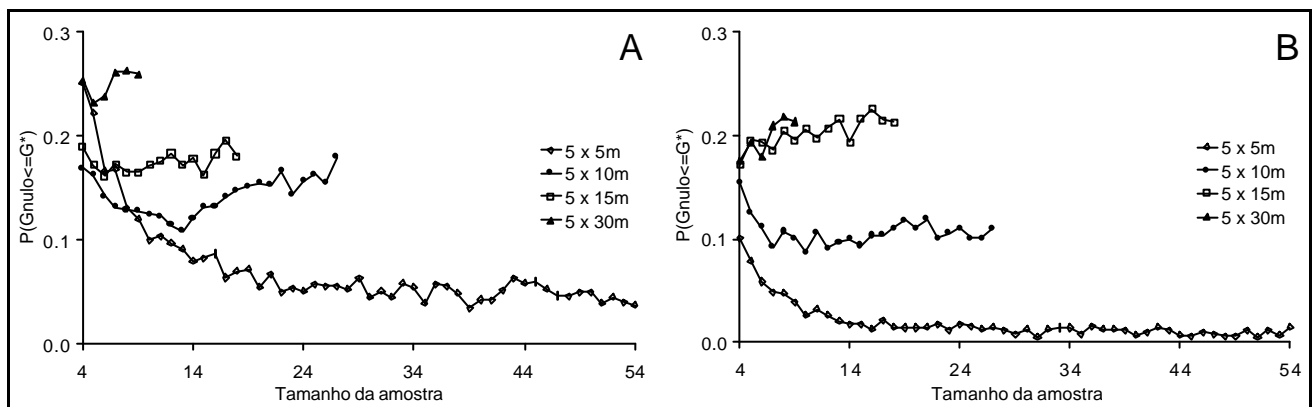


Figura 11: Nitidez e suficiência amostral para dois (A) e três grupos (B) de unidades amostrais, em quatro escalas de observação: 54 quadros de 5 x 5m, 27 quadros 5 x 10m, 18 quadros 5 x 15m e 9 quadros 5 x 30m. O método de agrupamento empregado foi o da variância mínima, com distância de corda entre unidades amostrais. A nitidez de grupos foi avaliada com base nas probabilidades finais de cada curva ($P = 0,10$ indica nitidez), e a suficiência amostral pelo paralelismo das curvas com a abscissa.

De modo geral, quadros de 5 x 10m geraram agrupamentos relacionados à proximidade da comunidade campestre: quadros de borda caracterizaram o grupo 2 e quadros mais para dentro da floresta o grupo 1. Este padrão não foi evidenciado nas demais escalas. O terceiro grupo foi composto por quadro das parcelas E, H e F, independente da escala. Logo, a dissimilaridade dessas parcelas para com as demais esteve relacionada à partição em dois grupos de unidades amostrais (Figura 12).

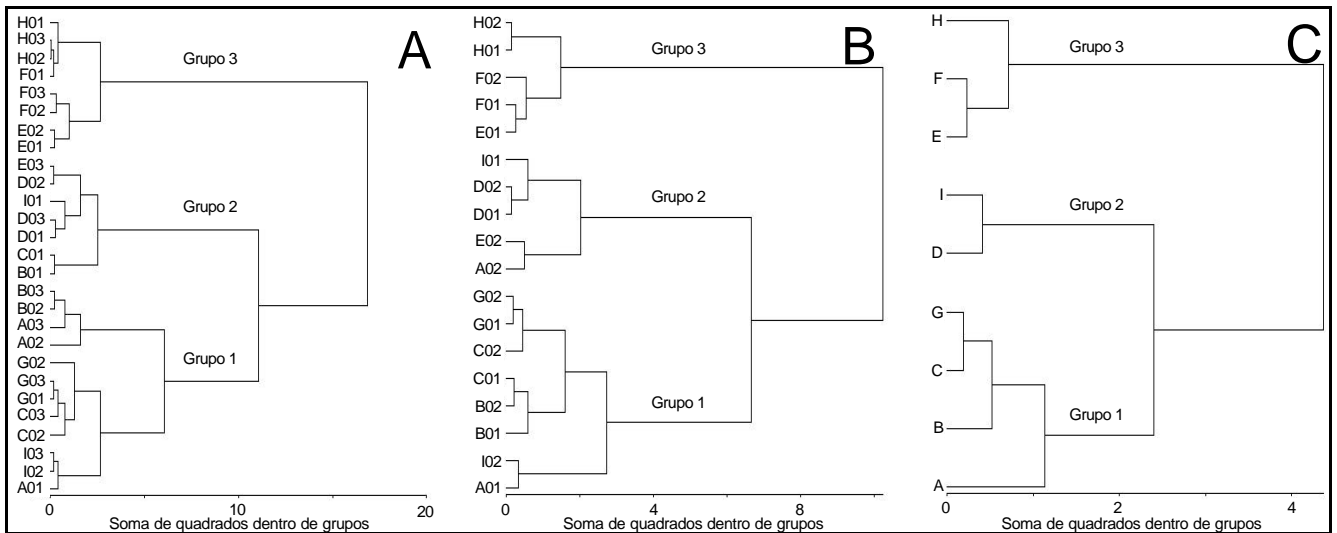


Figura 12: Dendrogramas de análises de agrupamento das unidades amostrais em três escalas de observação: 27 quadros de 5 x 10m (A), 18 quadros de 5 x 15m (B) e 9 quadros de 5 x 30m (C). O método de agrupamento empregado foi o da variância mínima, com distância de corda entre unidades amostrais. A distribuição espacial das unidades amostrais é apresentada esquematicamente na Figura 9. A partição em três grupos é nítida conforme teste por auto-reamostragem (ver Figura 11).

Apesar da influência espacial sobre a nitidez e suficiência amostral nos agrupamentos, os padrões vegetacionais foram independentes do tamanho de quadro, visto que a composição e abundância relativa das espécies dentro dos grupos tiveram certa constância nas três escalas de observação. A independência entre os padrões de vegetação (grupos) e a escala de observação foi confirmada pelo teste de aleatorização, pois para grupos semelhantes em escalas distintas a hipótese de nulidade (independência) foi aceita, enquanto que para grupos diferentes em escalas diferentes a mesma hipótese foi rejeitada (Tabela 6 e Apêndice 9).

Tabela 6: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais e a escala de observação. Os dados contém 54 unidades amostrais (27 quadros de 5 x 10m, 18 quadros de 5 x 15m e 9 quadros de 5 x 30m) e 27 variáveis (abundância das espécies). Utilizou-se como medida de semelhança a distância de corda. As probabilidades foram geradas em 1000 permutações aleatórias. Os grupos 1, 2 e 3 foram definidos por análise de agrupamento (ver texto). As escalas A, B e C correspondem à quadros de 5 x 10m, 5 x 15m e 5 x 30m, respectivamente. São apresentados alguns contrastes para exemplificação, os resultados na íntegra estão no Apêndice 9.

Fonte de variação	Soma de quadrados (Qb)	P(Qb° ≥ Qb)
Entre grupos	11,806	0,001
Contrastes		
Grupo 1, Escala A versus Grupo 1, Escala B	0,1512	0,998
Grupo 1, Escala A versus Grupo 1, Escala C	0,1175	0,997
Grupo 2, Escala B versus Grupo 2, Escala C	0,3369	0,852
Grupo 3, Escala A versus Grupo 3, Escala B	0,0209	1,000
Grupo 1, Escala A versus Grupo 2, Escala B	1,8186	0,002
Grupo 1, Escala A versus Grupo 3, Escala C	1,4623	0,011
Grupo 2, Escala A versus Grupo 3, Escala B	2,7709	0,001
Grupo 2, Escala B versus Grupo 3, Escala C	1,4548	0,013
Dentro de grupos	19,784	
Total	31,59	

Considerando a abundância relativa das espécies, o grupo 1 foi caracterizado por *Myrcia obtecta*, *Drimys brasiliensis*, *Myrcia arborecens* e *Ilex microdonta*; o grupo 2 por *Araucaria angustifolia* e *Myrcia obtecta*; e o grupo 3 por *Ilex microdonta* e *Ocotea pulchella*. Além disso, o primeiro grupo diferencia-se por uma distribuição mais homogênea das abundâncias quando comparado aos demais (Figura 13 e Apêndice 10).

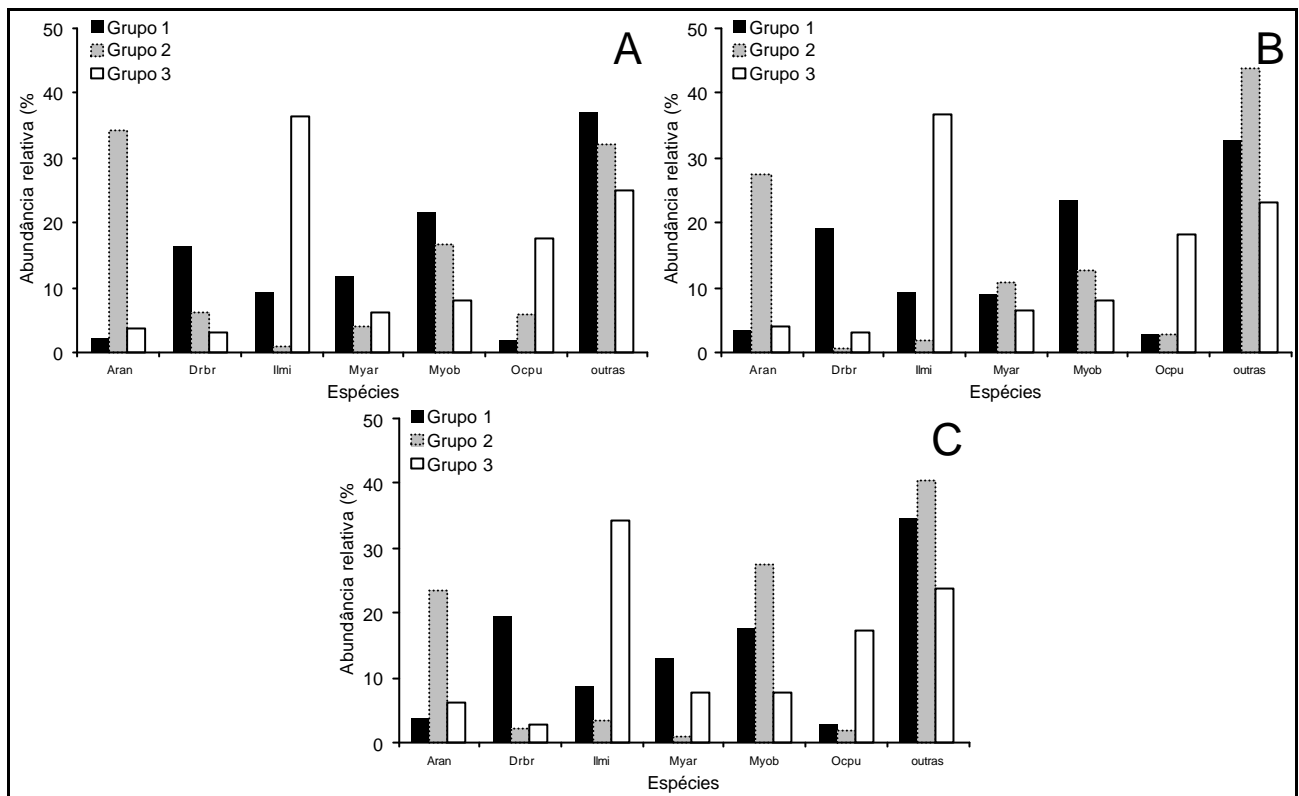


Figura 13: Abundância relativa das variáveis de vegetação nos três grupos de unidades amostrais, definidos por análises de agrupamento, em três escalas de observação: 27 quadros de 5 x 10m (A), 18 quadros de 5 x 15m (B) e 9 quadros de 5 x 30m (C). O método de agrupamento empregado foi o da variância mínima, com distância de corda entre unidades amostrais. As variáveis estão representadas pelo seguinte código: Aran – *Araucaria angustifolia*, Drbr – *Drymis brasiliensis*, Ilmi – *Ilex microdonta*, Myar – *Myrcia arborescens*, Ocpu – *Ocotea pulchella* e outras – demais variáveis.

As análises de congruência entre a variação da vegetação e do solo mostraram distintas relações com a escala de observação. A congruência geral (considerando todas as variáveis edáficas) não evidenciou associação com a escala, visto que manteve-se em torno de $r = 0,15$ em todos os tamanhos de quadro avaliados. Entretanto, a congruência maximizada (baseada num subconjunto ótimo de variáveis edáficas) foi influenciada pela escala, mostrando-se diretamente proporcional ao tamanho dos quadros, e qualitativamente sensível, pois os subconjuntos ótimos de descritores edáficos variaram conforme a escala, porém profundidade total e relação $Mg K^{-1}$ foram importantes em várias escalas (Figura 14, Tabela 7 e Apêndice 11).

Os valores de congruência entre vegetação e solo foram semelhantes aos obtidos por congruências parciais (restringindo o efeito da proximidade geográfica), independente da

escala de observação. Logo, pode-se dizer que a autocorrelação espacial não influenciou às relações entre os padrões de vegetação e de solo, em nenhuma das três escalas avaliadas (Figura 14).

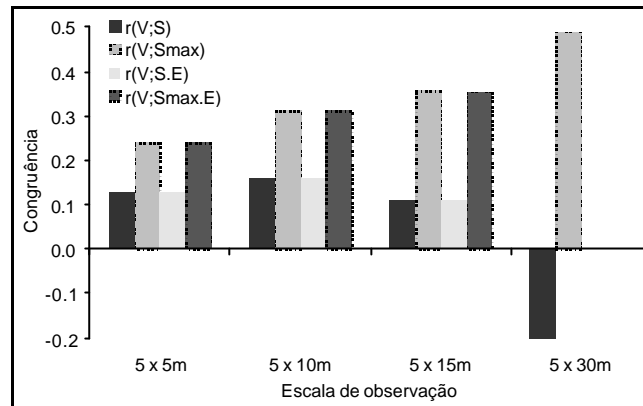


Figura 14: Congruência entre variação da vegetação e do solo, em quatro escalas de observação: 54 quadros de 5 x 5m, 27 quadros de 5 x 10m, 18 quadros de 5 x 15m e 9 quadros de 5 x 30m. Subconjuntos ótimos de variáveis edáficas e perfis de congruência máxima estão apresentados na Tabela 7 e Apêndice 11, respectivamente. Legenda: $r(V;S)$ – congruência geral, $r(V;S_{m\acute{a}x})$ – congruência maximizada, $r(V;S.E)$ – congruência geral removendo a autocorrelação espacial e $r(V;S_{m\acute{a}x}.E)$ – congruência maximizada removendo a autocorrelação espacial.

Tabela 7: Variação do subconjunto ótimo de variáveis edáficas na congruência entre vegetação e solo, em função da escala de observação. Legenda: PTo – profundidade total (m), PHA – profundidade do horizonte A (m), pH – pH em água, MO – matéria orgânica (%), Al – $Al_{troc\acute{a}vel}$ ($cmol\ L^{-1}$), Mg – $Mg_{troc\acute{a}vel}$ ($cmol\ L^{-1}$), RCM – $Ca\ Mg^{-1}$, RCK – $Ca\ Mg^{-1}$ e RMK – $Mg\ K^{-1}$.

Escala de observação	Subconjunto ótimo
54 quadros de 5 x 5m	PTo, RCK, pH, RMK, PHA, MO
27 quadros de 5 x 10m	PTo, RCK, PHA, RMK, pH, MO
18 quadros de 5 x 15m	PTo, RCM
9 quadros de 5 x 30m	RMK, PTo, Al, Mg

Os testes de aleatorização mostraram que a associação entre os padrões vegetacionais (definidos nas análises de agrupamento) e as variáveis edáficas (subconjuntos ótimos) foi dependente da escala de observação, pois somente nos quadros de 5 x 10m houve associação significativa. Nesta escala, o grupo 1 (caracterizado por *Myrcia obtecta*, *Drimys brasiliensis*, *Myrcia arborecens* e *Ilex microdonta*) ocorreu em solos com relação $Mg\ K^{-1}$ mais elevada do que o grupo 2 (representado por *Araucaria angustifolia* e *Myrcia obtecta*) (Tabela 8 e Figura 15). Os resultados dos demais testes são apresentados detalhadamente no Apêndice 12.

Tabela 8: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais (definidos na análise de agrupamento) e a relação Mg K^{-1} no solo, em 27 quadros de 5 x 10m. Utilizou-se como medida de semelhança a distância euclidiana entre unidades amostrais. As probabilidades foram geradas em 1000 permutações aleatórias. Os grupos 1, 2 e 3 consideram a existência de 3 grupos nítidos. O grupo 1+2 é formado pela união dos grupos 1 e 2, permitindo a comparação das variáveis considerando 2 grupos nítidos.

Fonte de variação	Soma de quadrados (Qb)	P(Qb° ≥ Qb)
Entre grupos	3,1152	0,028
Contrastes		
Grupo 1 <i>versus</i> Grupo 2	2,9486	0,008
Grupo 1 <i>versus</i> Grupo 3	1,0735	0,141
Grupo 2 <i>versus</i> Grupo 3	0,44115	0,336
Grupo 3 <i>versus</i> Grupos 1+2	0,16662	0,579
Dentro de grupos	8,6239	
Total	11,739	

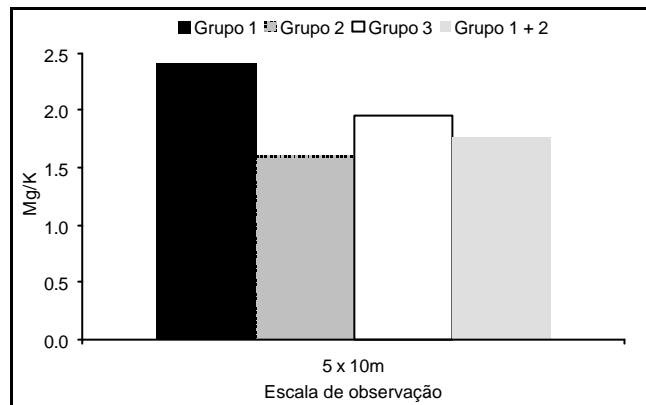


Figura 15: Valores médios da relação Mg K^{-1} nos grupos definidos pela análise de agrupamento dos quadros de 5 x 10m. Os grupos 1, 2 e 3 consideram a existência de 3 grupos nítidos. O grupo 1+2 é formado pela união dos grupos 1 e 2 permitindo a comparação das variáveis considerando 2 grupos nítidos.

Os dados brutos utilizados na descrição da vegetação e solo são apresentados, respectivamente, nos Apêndices 13 e 14, para quadros de 5 x 5m.

3.3.3 Padrões Espaciais na Categoria Amostral II

Os resultados das análises de ordenação com os dados obtidos para a categoria amostral II foram sensíveis à variação na escala de observação, tanto na estabilidade e suficiência amostral dos eixos, quanto na representatividade destes (proporção da variação total representada). Quadros menores apresentaram apenas o primeiro eixo de ordenação significativo e com menor representatividade, enquanto que quadros de tamanho médio apresentaram os dois primeiros eixos significativos, com uma maior representatividade. Em

ambos os casos houve suficiência amostral. Independente da escala analisada, não foram registrados valores de estabilidade significativos a partir do terceiro eixo (Tabela 9 e Figura 16). Logo, para a interpretação das ordenações optou-se por uma escala intermediária, composta por 72 quadros de 1,7 x 5m, considerando os dois primeiros eixos.

Tabela 9: Efeito da escala de observação sobre a representatividade e estabilidade dos três primeiros eixos de ordenação das unidades amostrais. O método de ordenação empregado foi o de coordenadas principais, com distância de corda entre unidades amostrais.

Escala de observação	Representatividade (%)			Significância ($P(\rho \geq \rho^*)$)		
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
216 quadros de 1,7 x 1,7m	26	16	11	0,067	0,139	0,294
108 quadros de 1,7 x 3,3m	28	18	9	0,084	0,096	0,545
72 quadros de 1,7 x 5m	31	19	9	0,086	0,096	0,512
54 quadros de 1,7 x 6,7m	32	18	10	0,075	0,169	0,589
36 quadros de 1,7 x 10m	32	19	8	0,107	0,141	0,695

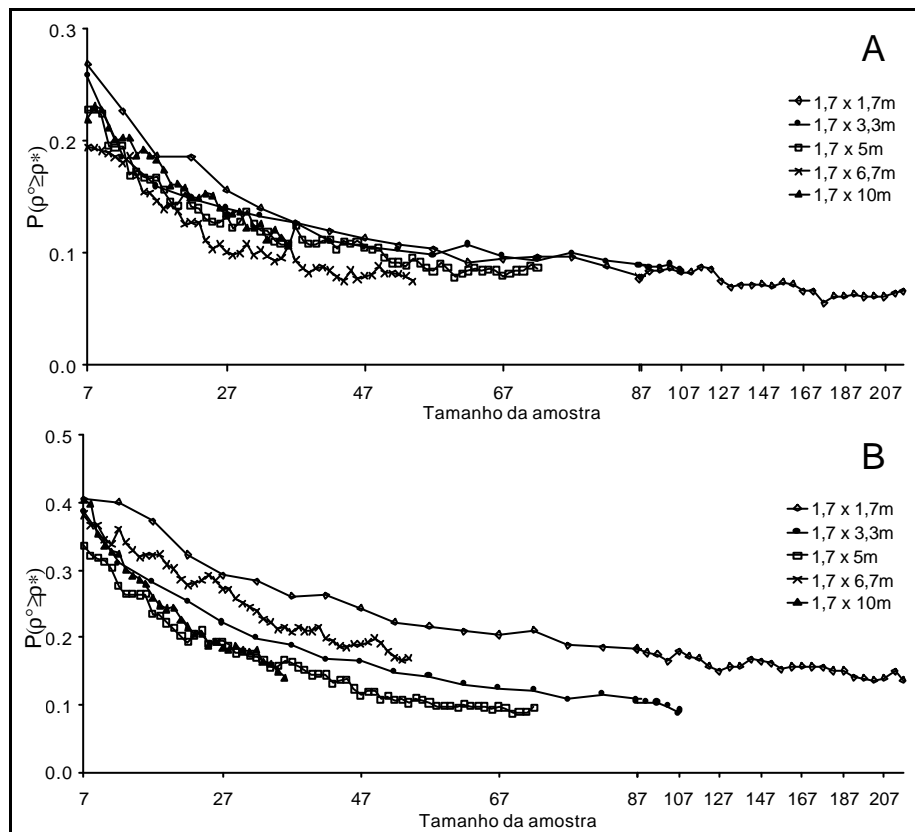


Figura 16: Estabilidade e suficiência amostral para o primeiro (A) e segundo (B) eixos de ordenação das unidades amostrais, em cinco escalas de observação: 216 quadros de 1,7 x 1,7m, 108 quadros de 1,7 x 3,3m, 72 quadros de 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7 e 36 quadros de 1,7 x 10m. O método empregado foi o de coordenadas principais, com distância de corda entre unidades amostrais. A estabilidade dos eixos foi interpretada a partir da probabilidades finais de cada curva ($P = 0,10$ indica significância), e a suficiência amostral pelo paralelismo das curvas com a abscissa.

A ordenação das unidades amostrais indica a existência de três tipos de comunidades. O primeiro, composto em geral pelos dois ou três primeiros quadros das transecções, mais para dentro da floresta, é caracterizado por espécies arbóreas (principalmente: *Miconia cinerascens*, *Myrsine parvula* e *Myrcia arborescens*) e solo descoberto. Os demais quadros nas transecções apresentaram dois tipos de comunidades campestres, caracterizados pelos arbustos *Calea phyllolepis* e *Baccharis uncinella*, respectivamente (Figura 17).

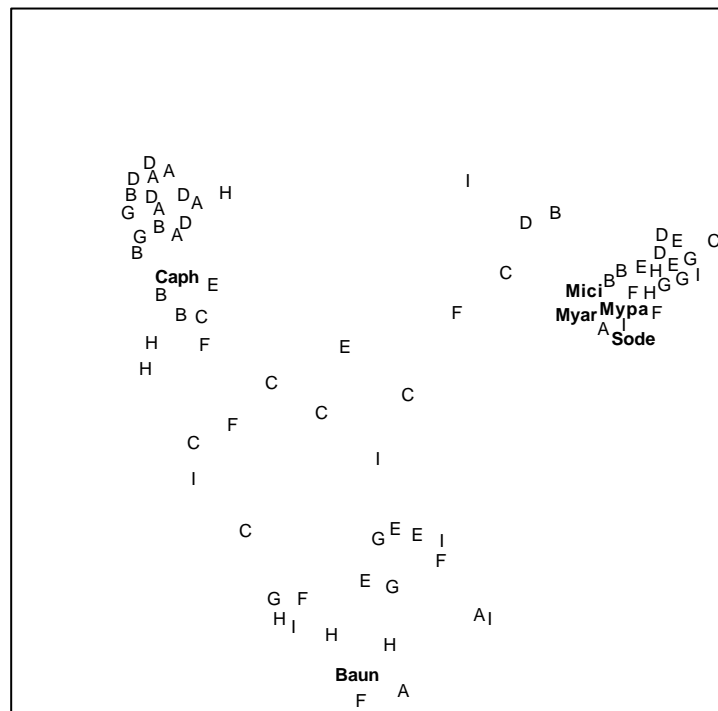


Figura 17: Diagrama de ordenação das unidades amostrais (72 quadros de 1,7 x 5m). O método empregado foi o de coordenadas principais, baseado em distâncias de corda entre unidades amostrais. As unidades amostrais estão identificadas pela transecção correspondente (letras maiúsculas de A até I). Variáveis de vegetação com correlação r $|0,5|$ estão representadas pelo seguinte código: Caph – *Calea phyllolepis*, Baun – *Baccharis uncinella*, Sode – solo descoberto, Mypa – *Myrsine parvula*, Myar – *Myrcia arborescens* e Mici – *Miconia cinerascens*. O primeiro eixo (horizontal) representa 31% e o segundo (vertical) 19% da variação total dos dados.

As trajetórias geradas pela conexão de quadros contíguos no diagrama de ordenação, apontam a existência de padrões vegetacionais relacionados à variação espacial (Figura 18). De modo geral, as transecções apresentaram bordas bem definidas entre os quadros 3 e 4, relacionadas à transição campo- floresta. Essas bordas foram evidenciadas pelo maior

comprimento dos segmentos entre os quadros 3 e 4, em relação aos segmentos adjacentes (Figura 18).

Podem-se identificar três tipos de trajetórias na vegetação campestre (fora da borda com a floresta). As transecções A, B, D e I apresentaram segmentos curtos, próximos à *Calea phyllolepis* (A, B e D) ou *Baccharis uncinella* (I); as transecções E, G e H tiveram segmentos longos, oscilando entre *Calea phyllolepis* e *Baccharis uncinella*; e as transecções C e F mostraram segmentos de comprimento intermediário, tendendo a um gradiente entre *Calea phyllolepis* e *Baccharis uncinella* (Figura 18).

A análise de agrupamentos foi também sensível à variação na escala de observação. Com exceção dos quadros de 1,7 x 1,7m, todas as escalas evidenciaram grupos nítidos e tendência à suficiência amostral para dois ou três grupos de unidades amostrais. Considerando a nitidez de grupos e suficiência amostral, escalas maiores (quadros grandes) revelaram dois grupos, enquanto escalas menores evidenciaram três grupos. Visto que nos quadros de 1,7 x 1,7m não foram identificados padrões consistentes, as análises seguintes abordarão somente as demais escalas de observação (Figura 19).

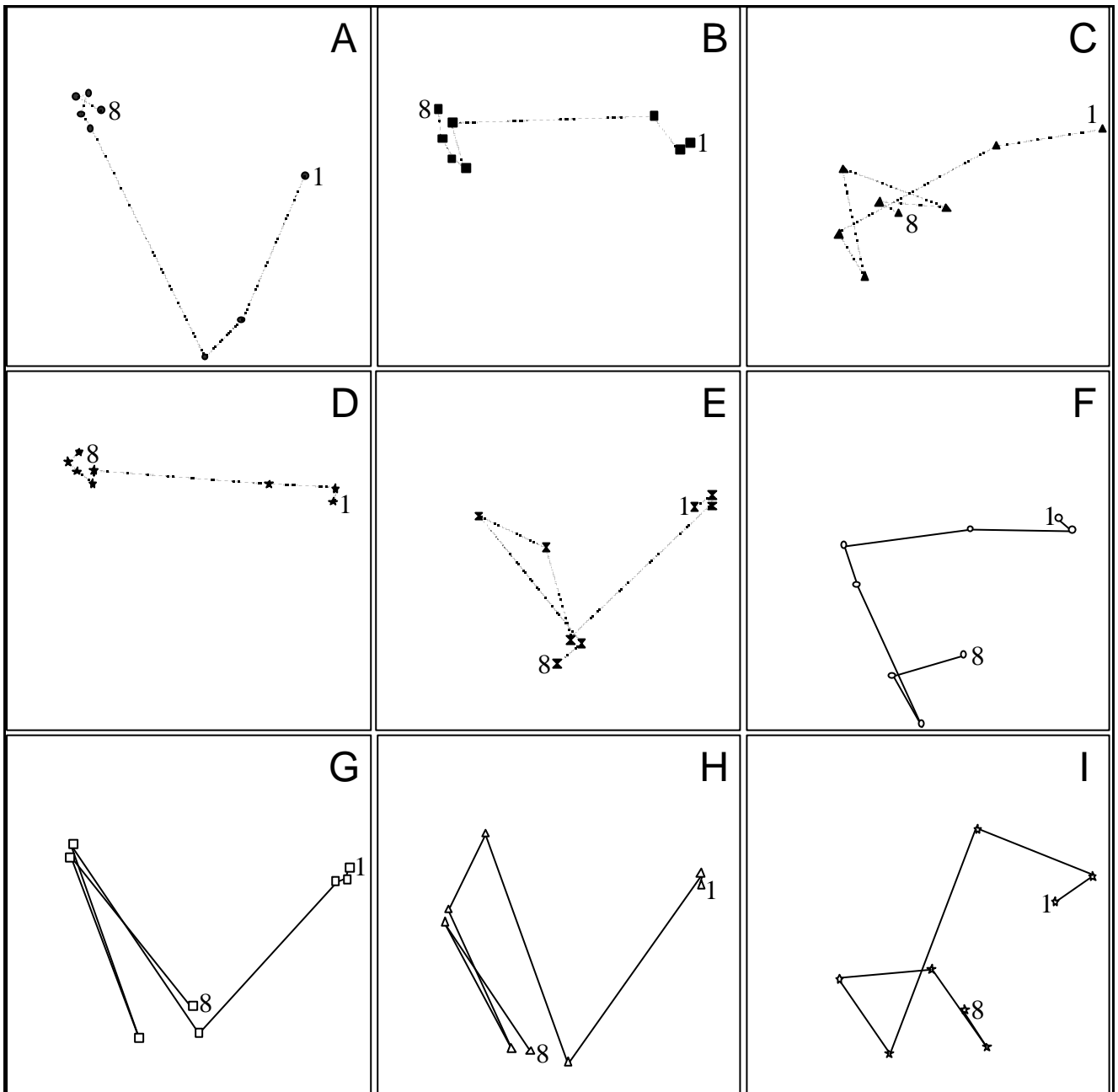


Figura 18: Trajetórias espaciais das transecções (de A até I) no diagrama de ordenação das unidades amostrais (mesma ordenação da Figura 17). São 8 quadros de 1,7 x 5m por transecção, identificados nos diagramas por símbolos gráficos. Os números 1 e 8 representam, respectivamente, o quadro mais adentro e o mais afora da floresta, em cada transecção. O método empregado foi o de coordenadas principais, baseado em distâncias de corda entre unidades amostrais. Variáveis de vegetação com correlação $r \geq |0,5|$ são apresentadas na Figura 17. O primeiro eixo (horizontal) representa 31% e o segundo (vertical) 19% da variação total dos dados.

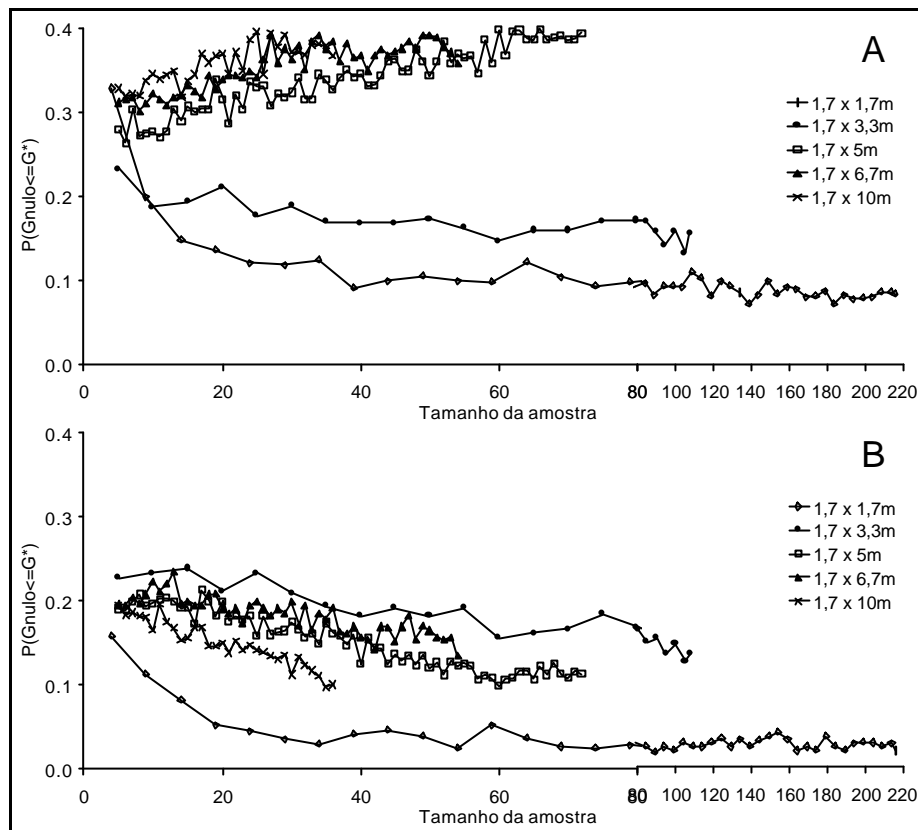


Figura 19: Nitidez e suficiência amostral para dois (A) e três grupos (B) de unidades amostrais, em cinco escalas de observação: 216 quadros de 1,7 x 1,7m, 108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m. O método de agrupamento utilizado foi o da variância mínima, a partir de distâncias de corda entre unidades amostrais. A nitidez de grupos é interpretada com base nas probabilidades finais de cada curva ($P = 0,10$ indica nitidez), e a suficiência amostral pelo paralelismo das curvas com a abscissa.

De modo geral, as variações na nitidez e suficiência amostral, decorrentes das escalas de observação, não influenciaram significativamente a composição dos grupos, visto que a caracterização desses foi semelhante em diferentes escalas. Esses padrões foram confirmados pelo teste de aleatorização, considerando a hipótese nula de independência entre escala e padrões vegetacionais. Esta análise mostra que grupos iguais em escalas diferentes aceitaram a hipótese nula, com exceção do grupo 2 para quadros de 1,7 x 3,3m *versus* 1,7 x 10m. Além disso, grupos diferentes em escalas diferentes rejeitaram a hipótese de independência entre padrões vegetacionais e escala de observação (Tabela 10 e Apêndice 15).

Tabela 10: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais e a escala de observação. Os dados contém 270 unidades amostrais (108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m) e 47 variáveis (abundância das espécies). Utilizou-se como medida de semelhança a distância de corda. As probabilidades foram geradas em 1000 permutações aleatórias. Os grupos 1, 2 e 3 foram definidos por análise de agrupamento (ver texto). As escalas A, B, C e D correspondem a quadros de 1,7 x 3,3m, 1,7 x 5m, 1,7 x 6,7m e 1,7 x 10m, respectivamente. São apresentados alguns contrastes para exemplificação; os resultados na íntegra estão no Apêndice 15.

Fonte de variação	Soma de quadrados (Qb)	P(Qb° ≥ Qb)
Entre grupos	75,153	0,001
Contrastes		
Grupo 1, Escala A versus Grupo 1, Escala B	0,1932	0,992
Grupo 1, Escala A versus Grupo 1, Escala C	0,2326	0,973
Grupo 2, Escala A versus Grupo 2, Escala D	1,3203	0,070
Grupo 2, Escala B versus Grupo 2, Escala C	0,5631	0,592
Grupo 3, Escala B versus Grupo 3, Escala D	0,2840	0,938
Grupo 3, Escala C versus Grupo 3, Escala D	0,1401	0,997
Grupo 1, Escala A versus Grupo 2, Escala B	10,681	0,001
Grupo 1, Escala A versus Grupo 2, Escala C	8,7681	0,001
Grupo 1, Escala A versus Grupo 3, Escala D	6,6125	0,001
Grupo 1, Escala B versus Grupo 3, Escala C	11,699	0,001
Grupo 2, Escala B versus Grupo 3, Escala D	3,2590	0,001
Grupo 2, Escala C versus Grupo 3, Escala D	4,0901	0,001
Dentro de grupos	113,55	
Total	188,71	

Considerando a existência de três grupos de unidades amostrais, têm-se a seguinte caracterização com base na abundância relativa das variáveis de vegetação. Grupo 1: solo descoberto e espécies florestais (*Myrsine parvula* e *Miconia cinerascens*), baixa dominância; grupo 2: espécies campestres (*Baccharis uncinella*, *Baccharis* spp. e *Calea phyllolepis*), dominância intermediária; e grupo 3: espécies campestres (*Calea phyllolepis* e *Baccharis* spp.) alta dominância. Não foram evidenciadas interações espaciais relacionadas à distância da borda ou localização geográfica (transecção) na formação dos grupos com esses quadros das porções campestres das transecções (Figuras 20 e 21, Apêndice 16).

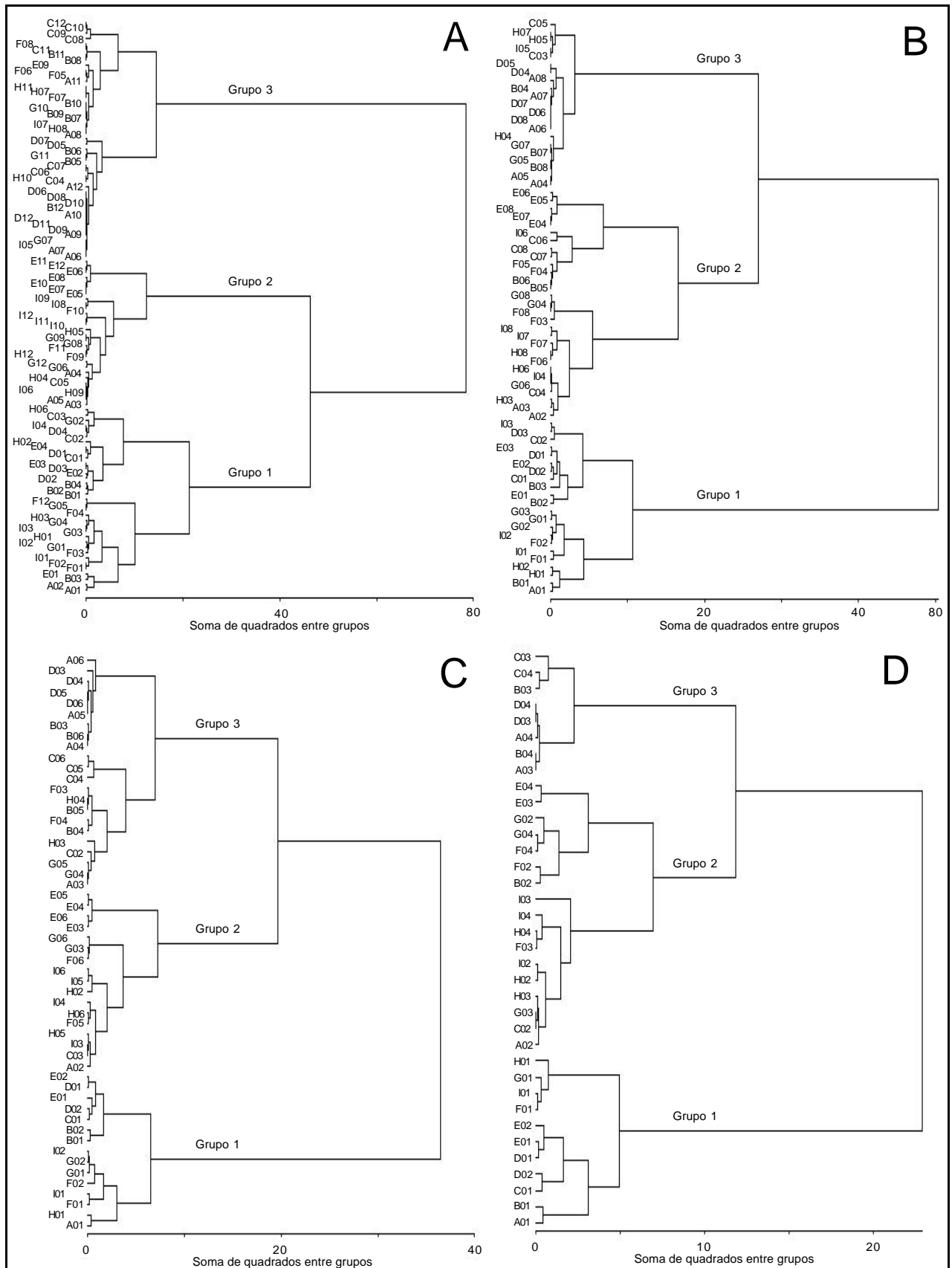


Figura 20: Dendrogramas de análises de agrupamento das unidades amostrais em quatro escalas de observação: 108 quadros 1,7 x 3,3m (A), 72 quadros 1,7 x 5m (B), 54 quadros de 1,7 x 6,7m (C) e 36 quadros 1,7 x 10m (D). O método de agrupamento empregado foi o da variância mínima, com distância de corda entre unidades amostrais. Ver Figura 9 para posicionamento e rótulos das unidades amostrais nas transecções. A partição em três grupos foi definida por auto-reamostragem (ver Figura 19).

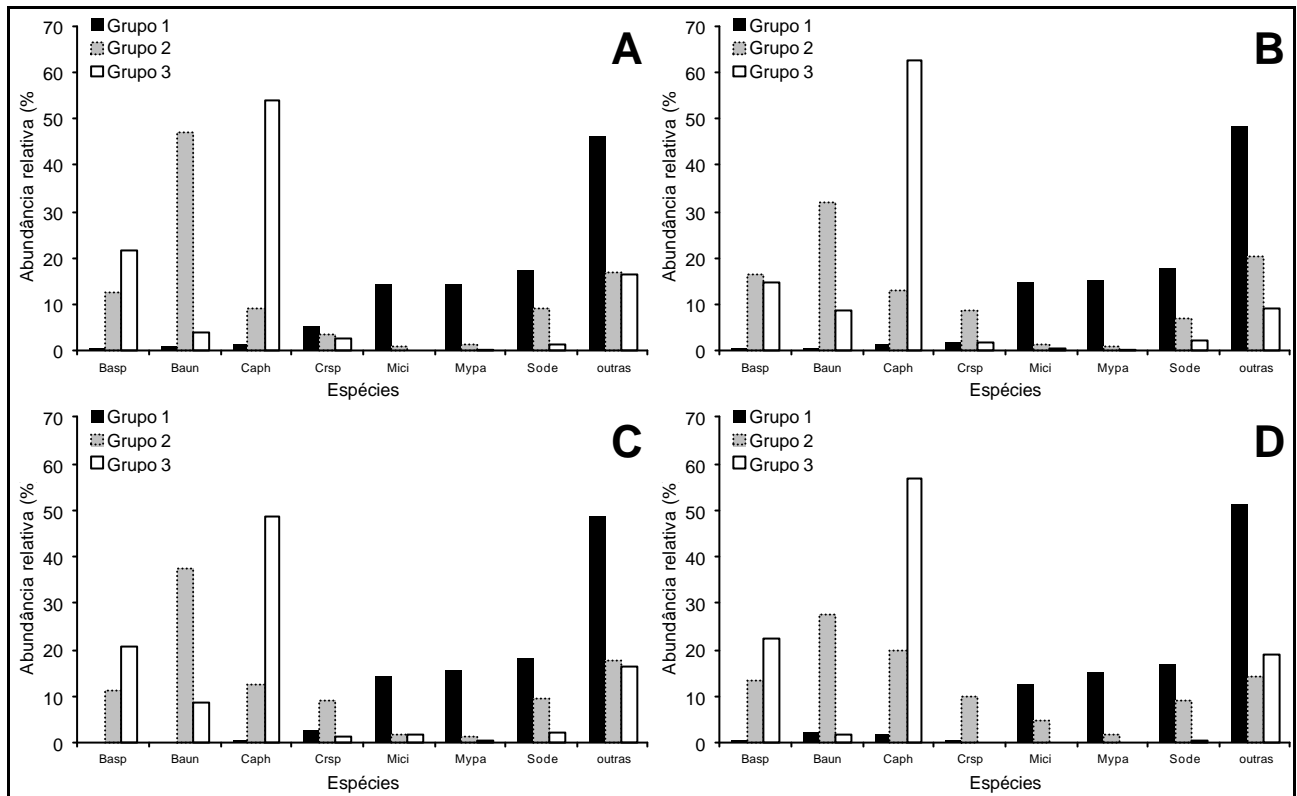


Figura 21: Abundância relativa das variáveis de vegetação nos três grupos de unidades amostrais, definidos por análises de agrupamento, em quatro escalas de observação: 108 quadros 1,7 x 3,3m (A), 72 quadros 1,7 x 5m (B), 54 quadros de 1,7 x 6,7m (C) e 36 quadros 1,7 x 10m (D). O método de agrupamento empregado foi o da variância mínima, a partir de distâncias de corda entre unidades amostrais. As variáveis estão representadas pelo seguinte código: Basp – *Baccharis* spp., Baun – *Baccharis uncinella*, Caph – *Calea phyllolepis*, Crsp – *Croton* sp., Mici – *Miconia cinerascens*, Mypa – *Myrsine parvula*, Sode – solo descoberto e outras – variáveis.

A congruência entre padrões vegetacionais e edáficos foi dependente da escala de observação. Tanto a congruência geral como a maximizada aumentaram progressivamente com o tamanho dos quadros, sendo mais elevada em quadros maiores. Entretanto, o ordenamento dos descritores edáficos (seleção do subconjunto ótimo) não foi alterado pela escala de observação, pois em todos os tamanhos de quadro, pH e $Al_{\text{trocável}}$ maximizaram a congruência com os padrões de vegetação (Figura 22 e Apêndice 17).

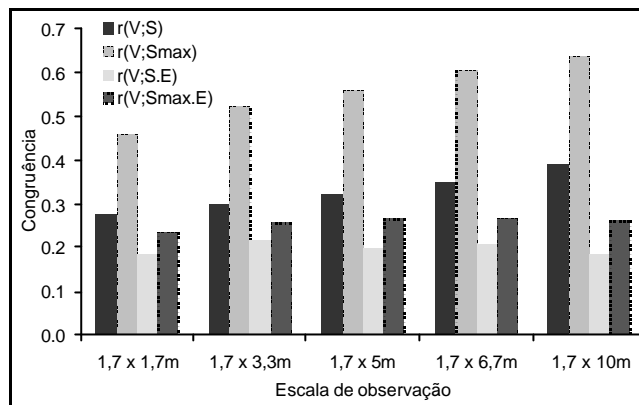


Figura 22: Congruências entre os padrões de vegetação e de solo, em cinco escalas de observação: 216 quadros de 1,7 x 1,7m, 108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m. Em todas as escalas, pH e $Al_{\text{trocável}}$ maximizaram a congruência (subconjunto ótimo). Perfis de congruência máxima estão apresentados no Apêndice 17. Legenda: $r(V;S)$ – congruência geral, $r(V;S_{\text{máx}})$ – congruência maximizada, $r(V;S.E)$ – congruência geral restringindo a autocorrelação espacial e $r(V;S_{\text{máx}.E})$ – congruência maximizada restringindo a autocorrelação espacial.

As análises de congruências parciais geraram valores inferiores aos obtidos nas congruências gerais e maximizadas, indicando influência positiva da proximidade geográfica nas relações entre vegetação e solo. A importância relativa desta autocorrelação espacial foi diretamente proporcional ao tamanho dos quadros, ou seja, quanto maior a escala, maior a influência espacial na congruência entre os padrões vegetacionais e edáficos. Além disso, congruências gerais e maximizadas diferiram quanto a relevância da autocorrelação espacial, sendo as maximizadas mais influenciadas (Figura 22 e Tabela 11).

Tabela 11: Importância relativa da autocorrelação espacial na congruência entre os padrões vegetacionais e edáficos, em cinco escalas de observação: 216 quadros de 1,7 x 1,7m, 108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m.

	Importância relativa da autocorrelação espacial (%)	
	Congruência geral	Congruência maximizada
1,7 x 1,7m	33,1	49,2
1,7 x 3,3m	27,0	51,3
1,7 x 5m	37,9	53,0
1,7 x 6,7m	41,2	56,0
1,7 x 10m	43,9	59,0

Os testes de aleatorização evidenciaram associações consistentes entre as variações da vegetação e do solo, considerando, respectivamente, os padrões revelados nas análises de agrupamento (2 e 3 grupos) e o subconjunto ótimo de variáveis edáficas (pH e $Al_{\text{trocável}}$). Em todas as escalas de observação, o grupo 1, caracterizado por espécies florestais,

apresentou pH mais baixo do que os demais grupos. Embora algumas escalas indicassem um gradiente de acidez entre os grupos 1, 2 e 3, não houve diferença significativa entre os dois últimos, caracterizados por *Baccharis uncinella* e *Calea phyllolepis*, respectivamente (Tabela 12 e Figura 23).

Padrões semelhantes foram obtidos quanto aos teores de $Al_{\text{trocável}}$. Indiferente da escala, o grupo 1 apresentou teores mais elevados do que os demais grupos. Entretanto, a variação escalar alterou a distinção entre os grupos 2 e 3, pois somente nos quadros de 1,7 x 3,3m ou de 1,7 x 6,7m o grupo 2 mostrou teores significativamente mais elevados do que o grupo 3 (Figura 23 e Tabela 12).

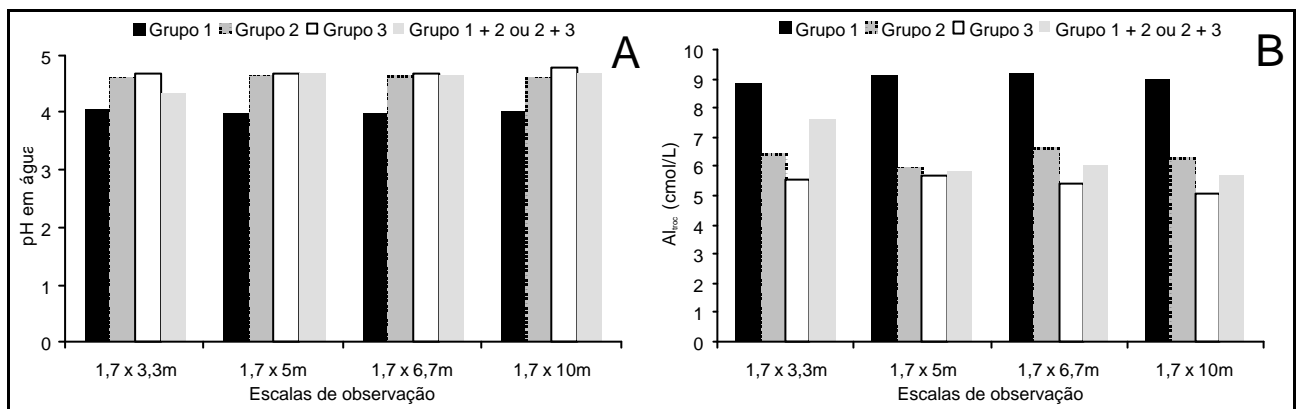


Figura 23: Valores médios de pH (A) e $Al_{\text{trocável}}$ (B) nos grupos definidos pelas análises de agrupamento, em quatro escalas de observação: 108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m. Os grupos 1, 2 e 3 consideram a existência de 3 grupos nítidos; os grupos 1 + 2 (quadros de 1,7 x 3,3m) ou 2 + 3 (demais escalas) permitem a comparação das variáveis considerando 2 grupos nítidos.

Os dados brutos utilizados na descrição da vegetação e solo estão apresentados, respectivamente, nos Apêndices 18 e 19, para quadros de 1,7 x 1,7m.

Tabela 12: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais (definidos na análise de agrupamento) e as variáveis de solo (pH e $Al_{\text{trocável}}$), em quatro escalas: 108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m. Utilizou-se como medida de semelhança a distância euclidiana entre unidades amostrais. As probabilidades foram geradas em 1000 permutações aleatórias. Os grupos 1, 2 e 3 consideram a existência de 3 grupos nítidos. O grupo 1+2 é formado pela união dos grupos 1 e 2 para os quadros de 1,7 x 3,3m e grupos 2 e 3 para as demais escalas) permitindo a comparação das variáveis considerando 2 grupos nítidos.

Fonte de variação	pH		Alumínio trocável	
	Soma de quadrados (Qb)	$P(Qb^{\circ} \geq Qb)$	Soma de quadrados (Qb)	$P(Qb^{\circ} \geq Qb)$
Quadros de 1,7 x 3,3m				
Entre grupos	0,044	0,001	218,710	0,001
Contrastes				
Grupo 1 <i>versus</i> Grupo 2	0,019	0,001	90,616	0,001
Grupo 1 <i>versus</i> Grupo 3	0,043	0,001	212,030	0,001
Grupo 2 <i>versus</i> Grupo 3	0,002	0,066	13,010	0,064
Grupo 3 <i>versus</i> Grupos 1+2	0,025	0,001	128,100	0,001
Dentro de grupos	0,032		158,830	
Total	0,076		377,540	
Quadros de 1,7 x 5m				
Entre grupos	6,891	0,001	165,100	0,001
Contrastes				
Grupo 1 <i>versus</i> Grupo 2	5,331	0,001	125,230	0,001
Grupo 1 <i>versus</i> Grupo 3	5,190	0,001	126,870	0,001
Grupo 2 <i>versus</i> Grupo 3	0,022	0,719	0,904	0,628
Grupo 1 <i>versus</i> Grupos 2+3	6,869	0,001	164,200	0,001
Dentro de grupos	2,960		94,029	
Total	9,851		259,130	
Quadros de 1,7 x 6,7m				
Entre grupos	4,989	0,001	127,060	0,001
Contrastes				
Grupo 1 <i>versus</i> Grupo 2	3,432	0,001	51,845	0,001
Grupo 1 <i>versus</i> Grupo 3	4,299	0,001	125,890	0,001
Grupo 2 <i>versus</i> Grupo 3	0,014	0,754	13,954	0,035
Grupo 1 <i>versus</i> Grupos 2+3	4,975	0,001	113,100	0,001
Dentro de grupos	1,755		49,904	
Total	6,745		176,960	
Quadros de 1,7 x 10m				
Entre grupos	3,436	0,001	82,103	0,001
Contrastes				
Grupo 1 <i>versus</i> Grupo 2	2,463	0,001	48,648	0,001
Grupo 1 <i>versus</i> Grupo 3	2,705	0,001	72,535	0,001
Grupo 2 <i>versus</i> Grupo 3	0,134	0,314	8,615	0,122
Grupo 1 <i>versus</i> Grupos 2+3	3,302	0,001	73,487	0,001
Dentro de grupos	1,085		36,306	
Total	4,521		118,410	

3.4. DISCUSSÃO

A primeira vista, a composição florística aponta uma grande diferença entre as categorias amostrais, tendo em vista o número de espécies com ocorrência exclusiva na segunda categoria (indivíduos menores). Entretanto, a comparação florística entre as categorias amostrais deve limitar-se às espécies amostradas em ambiente florestal, visto que a categoria amostral I (indivíduos maiores) não contempla ambientes campestres. Dessa forma, verificou-se grande similaridade florística entre as categorias, uma vez que 71% das espécies amostradas em ambiente florestal ocorreram em ambas (Tabela 5). Considerando que a zona em que as duas categorias de amostragem foram ambas consideradas é de apenas dez metros no gradiente campo-floresta (Figura 9), a similaridade florística registrada indica que grande parte das espécies amostradas na categoria amostral I (indivíduos maiores) têm potencial para ocupar o limite extremo da distribuição florestal na borda com o campo.

O levantamento fitossociológico na categoria amostral I possibilitou caracterizar padrões espaciais da comunidade florestal adjacente à vegetação campestre. Além disso, foram observadas distintas relações escalares entre os arranjos vegetacionais e as variações edáficas. As análises de agrupamento indicaram padrões vegetacionais consistentes (Figura 11), mesmo com uma área amostral total pequena (1.350m^2), comparada a outros estudos de comunidades florestais (Caldato *et al.* 1996; Jarenkow 1985, Negrelle & Silva 1992; Rosário 2001; Silva & Marconi 1990; Silva *et al.* 1998; Silva *et al.* 1997; Vaccaro 1997). Tal fato pode estar associado à homogeneidade da vegetação de borda, decorrente da alta dominância de espécies (Figuras 10 e 13). Esta hipótese é corroborada pela independência entre a escala de observação e os padrões de vegetação observados (Tabela 8 e Apêndice 9), visto que em ambiente homogêneo o posicionamento e dimensão das unidades amostrais pouco influencia a descrição das variáveis (Kenkel *et al.* 1989; Legendre & Legendre 1998).

Embora a detecção de arranjos vegetacionais tenha sido pouco influenciada pelas variações no tamanho dos quadros, as associações entre vegetação e solo mostraram-se dependentes de escala, pois somente quadros de 5 x 10m foram evidenciadas relações consistentes (Apêndice 12). Nesta escala, comunidades do grupo 1, caracterizada floristicamente por *Myrcia obtecta*, *Drimys brasiliensis*, *Myrcia arborescens* e *Ilex microdonta*, ocorreram em solos com relação $Mg K^{-1}$ mais elevada do que os solos sob comunidades do grupo 2, onde *Araucaria angustifolia* e *Myrcia obtecta* foram típicas (Tabela 8 e Figura 15).

De imediato, duas hipóteses podem ser formuladas para explicar esta associação: uso diferenciado destes elementos (Mg e K) entre as comunidades (grupos 1 e 2), ou seletividade das espécies às condições edáficas. Embora o conhecimento autoecológico dessas espécies e de processos ecossistêmicos em Floresta com Araucária sejam incipientes para uma apreciação mais segura, a primeira hipótese parece mais provável, tendo em vista a pequena amplitude geográfica da área amostrada, e a similaridade topográfica e geológica entre as unidades amostrais, visto que o mapeamento de solos (Jungblut & Pinto 1997) mostra que todas as transecções cobrem rochas efusivas ácidas da unidade geomorfológica Planalto dos Campos Gerais. Dessa forma, seria improvável que tal padrão edáfico decorresse de fatores geológicos, geomorfológicos ou climáticos (grandes fatores pedogenéticos), sendo mais plausível admitir-se a influência biótica como principal modelador dos padrões edáficos em questão.

Complementar a essa interpretação, é o fato de que somente nessa escala de observação a partição de grupos esteve também relacionada ao gradiente campo-floresta, sendo o grupo 2 representado por quadros de borda e o grupo 1 por quadros de interior de mata (Figura 12). Isto sugere que a diferença na relação $Mg K^{-1}$ entre os grupos, possa estar relacionada ao processo de avanço florestal sobre os campos (ver Capítulo 1), ou seja, quadros distantes da borda estariam cobertos por floresta a mais tempo que aqueles

próximos ao campo e, conseqüentemente, teriam sofrido alterações nas características edáficas por um período mais longo.

Rosário (2001)¹, estudando padrões vegetacionais em Floresta com Araucária, no município de São Francisco de Paula, obteve resultados semelhantes quanto a associação entre os teores de $Mg_{\text{trocável}}$ e os padrões de vegetação. No referido estudo, a mata A, caracterizando uma comunidade de borda com o campo, apresentou teores de $Mg_{\text{trocável}}$ significativamente mais baixos do que a mata B, correspondente a núcleo florestal bem conservado. Estas evidências corroboram a hipótese acima postulada, atrelando o avanço florestal a alterações edáficas, principalmente quanto aos teores de $Mg_{\text{trocável}}$.

Pelo levantamento fitossociológico na categoria amostral II foi possível distinguir nítidos padrões vegetacionais no gradiente campo-floresta. A detecção desses padrões, bem como suas associações com o solo, mostraram-se influenciados pelas variações na escala de observação.

As análises de ordenação na categoria amostral II exibiram padrões vegetacionais consistentes, mas dependentes da escala de observação, quanto a representatividade, estabilidade e suficiência amostral. A tendência de maior representatividade em quadros maiores (Tabela 9) pode estar relacionada à redução do número de objetos (unidades amostrais), e por conseqüência, maior distinção entre unidades amostrais e redução da indeterminação analítica (decorrente da maior freqüência de espécies e menor número de zeros na tabela). Por outro lado, análises em quadros pequenos envolveram um maior número de unidades amostrais que, possivelmente, influenciou de maneira positiva a suficiência amostral e a consistência dos padrões (Figura 16).

Dessa forma, justifica-se a interpretação das ordenações numa escala intermediária, composta por 72 quadros de 1,7 x 5m, buscando uma equalização entre esses três fatores

¹ O trabalho de Rosário (2001), versando sobre padrões vegetacionais em Mata com Araucária, na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, traz relevantes contribuições ao presente estudo, pois além da proximidade geográfica com o CPCN Pró-Mata (menos de 20Km), os métodos amostrais e analíticos são similares aos aqui empregados, dando maior solidez à comparação de resultados.

(representatividade, estabilidade e suficiência). Nesta escala, considerando os dois primeiros eixos de ordenação, obteve-se 50% da variação total dos dados, com suficiência amostral e estabilidade (Tabela 9 e Figura 16). Os padrões vegetacionais revelados nessa análise apontam a existência de três comunidades, uma florestal, e duas campestres. Como as análises de agrupamento indicaram padrões semelhantes a estes, a apreciação a respeito dessas comunidades será feita mais adiante junto com a discussão dos agrupamentos.

A análise das trajetórias espaciais nos diagramas de ordenação (Figura 18) indicou transições abruptas entre a comunidade florestal e campestre, em todas as transecções. Entretanto, as comunidades campestres apresentaram três padrões espaciais distintos: áreas homogêneas (transecções A, B, D e I), áreas em mosaico (transecções E, G e H) e áreas em gradiente (transecções C e F). Isto caracteriza a vegetação campestre adjacente à borda florestal como uma área de grande heterogeneidade estrutural.

Assim como nas análises de ordenação, o agrupamento das unidades amostrais na categoria amostral II foi influenciado pela escala de observação. De modo geral, quadros grandes foram mais eficientes na detecção de dois grupos, e quadros pequenos na detecção de três grupos (Figura 19). Esta distinção relaciona-se às características espaciais evidenciadas pela análise de ordenação: borda abrupta entre floresta e campo (gerando dois grupos nítidos), e heterogeneidade estrutural da vegetação campestre (evidenciando padrões complexos, dependentes da escala).

Ao aumentar a dimensão das unidades amostrais, ocorre um aumento da variância interna e redução da variação entre unidades. Desta forma, a heterogeneidade da vegetação campestre se manifesta dentro das unidades amostrais, o que as torna similares entre si, dando maior consistência na detecção de duas comunidades: floresta e campo (este caracterizado pela dominância de *Calea phyllolepis*, *Baccharis uncinella* e *Baccharis* spp.). Por outro lado, a amostragem com quadros pequenos produz efeito inverso, ou seja, a heterogeneidade se manifesta entre os quadros, sendo mais precisa a detecção de três

comunidades: floresta (grupo 1), campo com dominância de *Baccharis uncinella* (grupo 2) e campo com dominância de *Calea phyllolepis* (grupo 3).

A Figura 21 ilustra com clareza o efeito da escala de observação sobre a descrição da vegetação. Nota-se que o aumento no tamanho dos quadros reduz, no grupo 2, a abundância relativa de *Baccharis uncinella* e aumenta a abundância relativa de *Calea phyllolepis*, ou seja, tende a realçar uma única comunidade campestre, mista de *Calea phyllolepis* e *Baccharis uncinella*. Contudo, o teste de hipótese avaliando a associação entre escala e padrões de vegetação, de modo geral, indica que o tamanho dos quadros não influenciou significativamente a caracterização florística dos grupos, além de reforçar a existência de três comunidades (Tabela 12 e Apêndice 15).

O efeito de escala, na categoria amostral II, evidenciado sobre a congruência considerando todas as variáveis edáficas e um subconjunto ótimo destas, consistiu no aumento da correlação entre vegetação e solo à medida que foi ampliada a dimensão das unidades amostrais (Figura 22). Conquanto, o ordenamento das variáveis edáficas foi independente da escala, indicando pH e $Al_{\text{trocável}}$ como o subconjunto ótimo de descritores edáficos em todos os tamanhos de quadro (Apêndice 17).

As análises de congruências parciais indicam que o aumento das correlações entre vegetação e solo em função da escala, deu-se por autocorrelação espacial, pois restringindo o efeito da proximidade geográfica, as congruências entre vegetação e solo se mantiveram estáveis (Figura 22). Esta manutenção pode estar associada à constância do subconjunto ótimo de descritores edáficos nas diferentes escalas.

Considerando que o gradiente espacial campo-floresta representa um processo no tempo de avanço da floresta sobre o campo, sendo os quadros no extremo florestal cobertos com floresta há mais tempo do que no extremo campestre, a autocorrelação espacial pode ser interpretada como uma autocorrelação temporal. O artifício da substituição do espaço pelo tempo (Wildi & Shütz 2000) é embasado pelo padrão de alteração das comunidades

campestres evidenciado no estudo da paisagem (ver Capítulo 2), indicando que o estabelecimento de comunidades arbustivas se deu próximo a borda com a floresta, e que estas precederiam o desenvolvimento de indivíduos arbóreos, resultando num avanço gradual da floresta sobre o campo, a partir da borda. Contudo, não se relega a possibilidade de um avanço por meio de manchas disjuntas; o que explicaria a existência de manchas florestais insulares no campo, os capões, amplamente distribuídos no planalto.

Considerando a substituição do espaço pelo tempo, a grande importância relativa da autocorrelação espacial nas relações entre vegetação e solo (Tabela 11) indica que o avanço florestal sobre os campos acarreta alterações edáficas, principalmente relacionadas ao pH e aos teores de $Al_{\text{trocável}}$, visto que as congruências maximizadas foram ainda mais influenciadas por essa autocorrelação. Esta hipótese é corroborada pelos testes de aleatorização, avaliando a associação entre os padrões de vegetação (grupos 1, 2 e 3) e de solo (variáveis dos subconjuntos ótimos: pH e $Al_{\text{trocável}}$). Nesses testes, independente da escala de observação, quadros do grupo 1, caracterizado por espécies florestais, apresentaram pH significativamente mais baixo que os dos grupos 2 e 3, caracterizados por *Baccharis uncinella* e *Calea phyllolepis*, respectivamente (Figura 23 e Tabela 12). Os teores de $Al_{\text{trocável}}$ apresentaram padrão similar, sendo mais altos nos quadros do grupo 1 do que nos demais, em todas as escalas avaliadas. Todavia, nas escalas de observação onde o grupo 2 teve grande importância relativa de *Baccharis uncinella* (quadros de 1,7 x 3,3m e de 1,7 x 6,7m) este grupo apresentou teores de $Al_{\text{trocável}}$ significativamente mais elevado do que o grupo 3 (Figura 23 e Tabela 12).

Outros estudos no Planalto Meridional Brasileiro têm revelado padrões edáficos relacionados às formações campestres e florestais. Rosário (2001) encontrou associação significativa entre os teores de $Al_{\text{trocável}}$ e os padrões vegetacionais, mas com tendência inversa à evidenciada no presente estudo. No referido trabalho, os teores desse elemento diminuíram da borda (com o campo) para o interior da mata A, sendo muito baixos nos

quadros da mata B (núcleo florestal), sugerindo-se que o desenvolvimento de vegetação florestal altera as condições do solo, diminuindo os teores de $Al_{\text{trocável}}$. O gradiente evidenciado por Rosário (2001) pode estar relacionado a diferenças geológicas das matas estudadas, que talvez não tenham sido levadas em consideração pela autora, uma vez que a caracterização geológica da área de estudo baseou-se num levantamento de enfoque regional, publicado em Brasil (1973).

Segundo IBGE (1986), a geologia da Formação Serra Geral, via de regra, é composta por rochas efusivas ácidas (riodacitos e riolitos) capeando rochas efusivas básicas (basaltos), mas em terrenos dissecados pelo processo erosivo, rochas básicas podem ser evidenciadas. É possível então, que os quadros da mata B, e mesmo quadros do interior da mata A estivessem sobre rochas básicas, e que os quadros de borda da mata A, sobre rochas ácidas. Logo, naquele caso, as associações entre vegetação e solo seriam resultantes de diferenças geológicas e não de processos evolutivos da vegetação.

Maack (1948 *apud* Bigarella *et al.*, 1996), estudando solos em transição campo-floresta no Paraná, encontrou padrão similar ao verificado no presente trabalho. Seus resultados indicam que, de modo geral, o solo na mata é mais ácido (pH 4,1 – 4,5) que no campo (pH 5,0 – 5,5). O autor considera que essa diferença decorreria da decomposição de substâncias vegetais, que acidificariam o solo pela falta de cátions, impedindo as reações com o ácido húmico, e por conseguinte, diminuindo o pH ambiental. Contudo, núcleos florestais antigos e florestas de encosta apresentam pH mais elevado (6 – 6,5). Dessa, forma o autor sugere que as matas do platô, por serem mais recentes, apresentariam pH mais baixo que as matas antigas, nos centros florestais e encostas, ou seja, considera que tais diferenças edáficas são decorrentes do tipo de vegetação, logo, dependentes dos processos vegetacionais.

Notadamente, a alta produção de biomassa da vegetação florestal, comparada ao campo (Behling 2002b), implica em maior retirada de nutrientes do solo, principalmente de

bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+), resultando numa maior concentração de $\text{Al}_{\text{trocável}}$ no solo. Fato similar deve ocorrer quando do estabelecimento de grandes arbustos, como *Baccharis uncinella*.

Esse processo parece contraditório, visto que altas concentrações de alumínio potencializariam seu caráter fitotóxico, principalmente relacionado à redução do desenvolvimento radicular e conseqüente limitação na absorção de água e nutrientes (Rheinheimer *et al.* 1994). Todavia, Kaminski & Rheinheimer (2000), baseados em diversos autores, ressaltam que plantas tropicais e subtropicais teriam desenvolvido mecanismos de tolerância ao elevado teor de $\text{Al}_{\text{trocável}}$, característica marcante dos solos dessas regiões, justificando a alta produção primária desses ambientes. Um desses possíveis mecanismos seria a exudação de ácidos orgânicos. Tais ácidos complexam o alumínio, reduzindo sua toxicidade significativamente (Kaminski & Rheinheimer 2000). Além disso, esse processo intensifica a acidificação do solo, promovendo a maior dissolução de minerais primários e secundários (Canellas *et al.* 1999). A influência do tipo de vegetação, campo ou floresta, sobre o pH do solo é corroborado por Maack (1948 *apud* Bigarella *et al.* 1996).

Como visto, a fitotoxicidade do alumínio está relacionada a fatores edáficos e às estratégias adaptativas das plantas, desenvolvidas ao longo do processo evolutivo. A relação entre o alumínio e o pH sofre influência considerável dos fatores bióticos. Dessa forma, o histórico climático do planalto é chave para a interpretação dos padrões e processos vigentes, entre vegetação e solo. Provavelmente, a vegetação campestre do planalto desenvolveu-se sobre um solo de acidez e teor de $\text{Al}_{\text{trocável}}$ menores do que o atual, visto que a baixa pluviosidade, vigente no planalto até 4.000 anos antes do presente (ver Capítulo 1), teria retardado o intemperismo do solo, fundamental para a acidificação e aluminização. A presença de geodos de quartzo na região é um forte indicativo desta baixa intemperização (ver Rambo 1953). A mudança para um clima ombrófilo a partir daquele período (ver Capítulo 1), provavelmente, acelerou o processo pedogenético no planalto, e

permitiu o estabelecimento de uma flora arbórea rica em elementos tropicais (ver Capítulo 1). Tal flora, provavelmente, evoluiu em solos mais intemperizados, ácidos e com altos teores de $Al_{\text{trocável}}$.

Com base nos padrões evidenciados pelo presente estudo, e nas evidências bibliográficas apresentadas, conjectura-se uma hipótese à respeito das relações entre os processos vegetacionais e pedogenéticos no Planalto Meridional Brasileiro. O avanço florestal sobre o campo, impulsionado pelo caráter ombrófilo vigente, produziria um aumento dos teores de $Al_{\text{trocável}}$ no solo, em virtude da alta translocação de nutrientes do solo para a biomassa vegetal. Em contrapartida ao aumento do potencial fitotóxico do alumínio, decorrente da retirada de bases, a comunidade florestal possuiria mecanismos de tolerância eficientes, entre eles, a exudação de ácidos orgânicos, que detoxificam o solo e intensificam sua intemperização pela redução do pH, liberando mais nutrientes. *Baccharis uncinella* seria pioneira no processo de avanço florestal, uma vez que seu estabelecimento elevaria os teores de $Al_{\text{trocável}}$ no solo, tornando-o mais suscetível ao desenvolvimento de espécies florestais, possivelmente melhor adaptadas às altas concentrações desse elemento do que a flora campestre.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelas alterações evidenciadas nas áreas campestres entre 1974 e 1999, conclui-se que o processo de expansão florestal sobre a vegetação campestre é relativamente rápido na ausência de queima e pastejo. Observações qualitativas indicam que em áreas campestres onde esses fatores de distúrbio estão presentes, o processo de avanço florestal é drasticamente afetado, tendendo à estagnação. Avaliações experimentais dos efeitos desses distúrbios sobre a dinâmica vegetacional no planalto trariam informações mais precisas.

As alterações que ocorreram na vegetação campestre estiveram nitidamente relacionadas à distância de manchas florestais, indicando que áreas de campo próximas à floresta são mais suscetíveis ao estabelecimento florestal. Portanto, o avanço florestal tende a ocorrer de forma contígua a partir da borda.

A análise dos dados em múltiplas escalas de observação permitiu detectar padrões vegetacionais e inferir processos espaço-temporais de maneira consistente. A associação encontrada entre padrões de vegetação e de solo possibilita conjecturar a respeito de processos ecossistêmicos relacionados à dinâmica vegetacional. A vegetação florestal parece ser construtora do seu hábitat, e não restrita a determinadas condições nutricionais do solo. Contudo, estudos de longa duração, bem como análises biogeoquímicas, são fundamentais para uma apreciação mais consistente.

É recomendável que a integração dos estudos da paisagem e das transições campo-floresta, apresentados nos Capítulos 2 e 3, respectivamente, seja também efetuada por um modelo numérico da dinâmica vegetacional, baseado em autômatos celulares e cadeias de Markov.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHER, S.; SCIFRES, C.; BASSHAM, C. F. & MAGGIO, R. Autogenic succession in subtropical savanna: conversion of grassland to thron woodland. **Ecological Monographs** **58**: 111-127, 1998.
- ARÉVALO, J. R. Distribution of Trees and Edge of Cross Timbers Forests, Oklahoma, USA. **Natural Areas Journal** **22 (2)**: 99-107, 2002.
- AVÉ-LALLEMAND, R. **Viagem pelo sul do Brasil no ano de 1858**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro, 1953. (Tradução de Teodoro Cabral).
- BACKES, A. Condicionamento climático e distribuição geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Brasil – II. **Pesquisas: botânica** **49**: 31-51, 1999.
- BEHLING, H. A high resolution Holocene Pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. **Journal of Paleolimnology** **14**: 253-268, 1995a.
- BEHLING, H. Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). **Vegetation History and Archaeobotany** **4**: 127-152, 1995b.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the *Araucaria* forest and campos region from Serra Campos Gerais Paraná State (South Brazil). **Review of Paleobotany and Palinology** **97**: 109-121, 1997a.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 1997b.

- BEHLING, H. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. Review of **Paleobotany and Palinology 99**: 143-156. 1998.
- BEHLING, H. South and southeast Brazilian grassland during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 177**: 19-27. 2002a.
- BEHLING, H. Carbon storage increases by major forest ecosystems in tropical South America since the Last Glacial Maximum and the early Holocene. **Global and Planetary Change 33**: 107-116, 2002b.
- BEHLING, H. & LICHTER, M. Evidence of Dry and Cold Climatic Conditions at Glacial Times in Tropical Southeastern Brazil. **Quaternary Research 48**: 348-358, 1997.
- BEHLING, H.; BAUERMANN, S. G. & NEVES P. C. P. Holocene environmental changes in the São Francisco de Paula region, southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences 14**: 631-639, 2001a.
- BEHLING, H. & NEGRELLE, R. R. B. Tropical rain forest and climate dynamics of the atlantic low land, Southern Brazil, during the Late Quaternary. **Late Quaternary Research 56**: 383-389, 2001b.
- BEHLING, H.; PILLAR, V.D.; ORLÓCI, L. & BAUERMANN, S.G. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, submetido, 2003.
- BERTOLETTI, J. J. & TEIXEIRA, M. B. Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata: Termo de referência. **Divulgações do Museu de Ciências e Tecnologia – UBEA/PUCRS 2**: 1-47, 1995.

- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D. & PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1996.
- BOLDRINI, I. I. Campos do Rio Grande do Sul: caracterização fisionômica e problemática ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências 56**: 1-39, 1997.
- BOLDRINI, I. I. & EGGERS, L. Vegetação campestre no sul do Brasil: resposta e dinâmica de espécies à exclusão. **Acta Botanica Brasilica 10**: 37-50, 1996.
- BOMBIM, M. & KLAMT, E. Evidências Paleoclimáticas em solos do Rio Grande do Sul. In: Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre: 183-193, 1975.
- BOWMAN, D. M. J. S. & PANTON, W. J. Munmarlary revisited: response of a north Australian *Eucalyptus tetrodonta* savanna protected from fire for 30 years. **Australian Journal of Ecology 20**: 215-232, 1995.
- BOWMAN, D. M. J. S.; WALSH, A. & MILNE, D. J. Forest expansion and grassland contraction within a *Eucalyptus* savanna matrix between 1941 and 1994 at Litchfield National Park in the Australian monsoon tropics. **Global Ecology and Biogeography 10**: 535-548, 2001.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Boletim Técnico no 30 Recife. 1973.
- BRAUN-BLANQUET, J. Fitosociología: Bases para el estudio de las Comunidades Vegetales. Madrid: Blume, 1979.
- CALDATO, S. L.; FLOSS, P. F.; CROCE, D. M.; LONGHI, S. J. & CROCE, D. M. Estudo da regeneração natural, banco de sementes e chuva de sementes, na Reserva Genética Florestal de Caçador. **Ciência Florestal 6 (1)**: 27 – 38, 1996.

- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. & SOBRINHO, N. M. B. A. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A & CAMARGO, F. A. O (eds.) **Fundamentos da matéria orgânica no solo – ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999.
- CARMEL, Y. & KADMON, R. Effects of grazing and topography on long-term vegetation changes in a Mediterranean ecosystem in Israel. **Plant Ecology 145**: 243-254, 1999.
- DEAN, W. A ferro e a fogo: a história e a destruição da Mata Atlântica brasileira. São Paulo, Companhia das Letras. 1997.
- EASTMAN, J. R. **Idrisi32 v.2**, Worcester, Clark University, 2001.
- FERNANDES, A. V. & BACKES, A. Produtividade primária em floresta com *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Rio Grande do Sul. **Iheringia: série botânica 51 (I)**: 63 – 78, 1998.
- FERREIRA, A. G. & IRGANG, B. E. Regeneração natural de *Araucaria angustifolia* nos Aparados da Serra – RS. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, XXX. Anais da Sociedade Brasileira de Botânica: 225-230, 1979.
- FLOSS, P. A.; CALDATO, S. L. & BOHNER, J. A. M. Produção e decomposição de serrapilheira na Floresta Ombrófila Mista da Reserva Florestal da EPAGRI / EMBRAPA de Caçador, SC. *Agropecuária Catarinense* 12 (2): 19 – 22, 1999.
- GOWER, J. C. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. **Biometrika 53**: 325-338, 1966.
- HAGAN, J. E.; EASTMAN, J. R. & AUBLEI, J. **CartaLinx – the spacial data builder v.1.0**, Worcester, Clark University, 1998.

- IBDF. **Inventario Florestal Contínuo – Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.** Ministério da Agricultura, Departamento de Economia Florestal. Brasília, 1983
- IBGE. **Levantamento de Recursos Naturais.** Rio de Janeiro, IBGE. v. 33, 1986.
- ISABELLE, A. **Viagem ao Rio Grande do Sul (1833-1834).** Porto Alegre: Museu “Julho de Castilhos”, 1946. (Tradução de Dante Laytano).
- JARENKOW, J.A. **Composição florística e estrutura da Mata com Araucária na Estação Ecológica de Aracuri.** Dissertação (Mestrado), Programa de Pós Graduação em Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.
- JUNGBLUT, M. & PINTO, L. F. S. Levantamento de solos do Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. **Divulgações do Museu de Ciências e Tecnologia – UBEA/PUCRS 3:** 29-94, 1997.
- KADMON, R. & HARARI-KREMER, R. Studying long-term vegetation dynamics using digital processing of historical aerial photographs. **Remote Sensing and Environment 68:** 164-176, 1999.
- KAMINSKI, J. & RHEINHEIMER, D.S. A acidez do solo e a nutrição mineral de plantas. In: Kaminski, J. (org.) **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto.** Pelotas, SBCS – Núcleo Regional Sul (Boletim Técnico 4), 2000.
- KENKEL, N. C.; JUHÁSZ-NAGY, P. & PODANI, J. On sampling procedures in population and community ecology. **Vegetatio 83:** 195-207, 1989.
- KENKEL, N. C. & WALKER, D.J. Fractal and ecology. **Abstracta Botanica 17 (1-2):** 53-70, 1993.

- KERN, A. A. **Antecedentes indígenas**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1994.
- KLEIN, R. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia** **12**: 17-48, 1960.
- KLEIN, R. Southern brazilian phytogeographic features and the probable influence of upper quaternary climatic changes in the floristic distribution. **Boletim Paranaense de Geociências** **33**: 67-88, 1975.
- KLEIN, R. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. **Sellowia** **36**: 5-54, 1984
- KUHLMANN, E. Vegetação Campestre do Planalto Meridional do Brasil. In: Conselho Nacional de Geografia. **Aspectos da Geografia Riograndense**. Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1954.
- LEDRU, M.; SALGADO-LABOURIAU, M. L. & LORSCHREITER, M. L. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr B.P. **Review of Paleobotany and Palynology** **99**: 131-142, 1998.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 2 ed. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- LINDMAN, C. A. M. **A Vegetação do Rio Grande do Sul (Brasil austral)**. Porto Alegre: Echenique Irmãos & Cia., 1906. (Tradução por Alberto Löfgren).
- MAST, N. J.; VEBLEN, T. T. & HODGSON, M. E. Tree invasion within a pine/grassland ecotone: an approach with historic aerial photography and GIS modeling. **Forest Ecology and Management** **93**: 181-194, 1997.
- MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography** **27**: 1021-1027, 2000.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

- NEGRELLE, R.A.B. & SILVA, F.C. Fitossociologia de um trecho de floresta com *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no município de Caçador-SC. **Boletim de Pesquisa Florestal 24-25**: 37-54, 1992.
- OOSTERHOORN, M. & KAPPELLE, M. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. **Forest Ecology and Management 126**: 291-307, 2000.
- ORLÓCI, L. An agglomerative method for classification of plant communities. **Journal of Ecology 55**: 195-205, 1967.
- PALMER, M. Fractal geometry: a tool for describing spatial patterns of plant communities. **Vegetatio 75**: 91-102, 1988.
- PALMER, M.W. & WHITE, P.S. On the existence of ecological communities. **Journal of Vegetation Science 5**: 279-282, 1994.
- PAWELS, G. Algumas notas sobre a distribuição do campo e da mata no sul do país e a fixidez do limite que os separa. **Revista Brasileira de Geografia 3**: 5, 1941.
- PILLAR, V. D. Sampling sufficiency in ecological surveys. **Abstracta Botanica 22**: 37-48. 1998.
- PILLAR, V. D. How sharp are classifications? **Ecology 80**: 2508-2516, 1999a.
- PILLAR, V. D. The bootstrapped ordination reexamined. **Journal of Vegetation Science 10**: 895-902, 1999b.
- PILLAR, V. D. MULTIV software para análise multivariada, testes de aleatorização e auto-reamostragem "bootstrap". Porto Alegre, Departamento de Ecologia, UFRGS, 2001.

- PILLAR, V.D. **SYNCSA software for character-based community analysis**. Porto Alegre, Departamento de Ecologia, UFRGS, 2002.
- PILLAR, V. D. P. & ORLÓCI, L.. Character-based community analysis: the theory and an application program. Haia: PB Academic Publishing, 1993.
- PILLAR, V. D. & ORLÓCI, L. On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. **Journal of Vegetation Science 7**: 585-592, 1996.
- PILLAR, V. D. P. & QUADROS, F. L. F. Grassland-forest boundaries in southern Brazil. **Coenoses 12 (2-3)**: 119-126, 1997.
- PORTO, M. L. Os campos sulinos: sustentabilidade e manejo. **Ciência e Ambiente 24**: 119:138, 2002.
- QUADROS, F. L. F & PILLAR, V. D. P. Dinâmica vegetacional em pastagem natural submetida a tratamentos de queima e pastejo. **Ciência Rural 5**: 863-868, 2001.
- RAMBO, B. História da flora do Planalto Rio-grandense. **Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues 5**: 185-232, 1953.
- RAMBO, B. A flora fanerogâmica dos aparados rio-grandenses. **Sellowia 7**: 235-298, 1956a.
- RAMBO, B. A Fisonomia do Rio Grande do Sul: Ensaio de Monografia Manual. 2a. ed. Porto Alegre: Selbach. 1956b.
- RHEINHEIMEIR, D. S.; PETRY, C.; KAMISNKI & BARTZ, H. R. Influência do estresse de alumínio em plantas de fumo: I. Efeitos no sistema radicular, na absorção de fósforo e cálcio e no acúmulo de massa seca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo (18) 1**: 63-68, 1994.

- ROSÁRIO, D. A. P. **Padrões florísticos e tipos funcionais em Floresta com Araucária e suas relações com o solo**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- ROTH, L. & LORSCHREITER, M.L. Palynology of a bog in Parque Nacional de Aparados da Serra, East Plateau of Rio Grande do Sul, Brazil. **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula 8**: 39-69, 1993.
- SAINT-HILAIRE, A. de. **Voyage à Rio Grande do Sul (1820-1821)**. Orléans: H. Herluison, 1887. Tradução para o português em SAINT-HILAIRE, A. de. **Viagem ao Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Martins Livreiro, 1987 (tradução de Adroaldo Mesquita da Costa).
- SCHULTZ, A. R. Some fitogeographical e fitological data from Rio Grande do Sul, Brazil. **Vegetatio 7**: 355 – 360, 1955.
- SESTREN-BASTOS, M. C. **Estudo da vegetação e suas relações com gradientes ambientais em ecótono de campo e mata ciliar em Eldorado do Sul, RS**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós Graduação em Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- SILVA, F. C. & MARCONI, L.P. Fitossociologia de uma Floresta com Araucária em Colombo-PR. **Boletim de Pesesquisa Florestal 20**: 23-28, 1990.
- SILVA, J. A.; SALOMÃO, A. N.; GRIPP; A. & LEITE, E. J. Phytosociological survey in Brazilian forest genetic reserve of Caçador. **Plant Ecology 133**: 1-11, 1997.

- SILVA, J. A.; SALOMÃO, A. N & NETTO, D. A. M. Natural regeneration under *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Kuntze Forest in the Genetic Reserve of Caçador-SC. **Revista Árvore 22 (2):** 143-153, 1998.
- SILVA, J. F.; ZAMBRANO, A. & FARIÑAS, M. Increase in woody component of seasonal savannas under different fire regimes in Calabozo, Venezuela. **Journal of Biogeography 28:** 977-983, 2001.
- SIMELLI, M. E. & BIASI, M. D. **Atlas geográfico escolar**. São Paulo: Editora Ática. 1992.
- SMOUSE, P. E.; LONG, J. C. & SOKAL, R. R. Multiple regression and correlation extensions of the Mantel test of matrix correspondence. **Systematic Zoology 35(4):** 627-632, 1986.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análise de Solos, Plantas e Outros Materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995.
- VACCARO, S. **Relatório Técnico: Engenharia Florestal**. PED-Cambará do Sul / MMA, 1997.
- WAECHTER, J. L.; CESTARO, L. A. & MIOTTO, S. T. S. Vegetation types in the Ecological Station of Aracuri, Esmeralda, Rio Grande do Sul, Brazil. **Phytocoenologia 12 (2/3):** 261-69, 1984.
- WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of American Statistical Association 58:** 236-244, 1963.
- WILDI, O & SHÜTZ, M. Reconstruction of a long-term recovery process from pasture to forest. **Community ecology 1 (1):** 25-32, 2000.

6. APÊNDICES

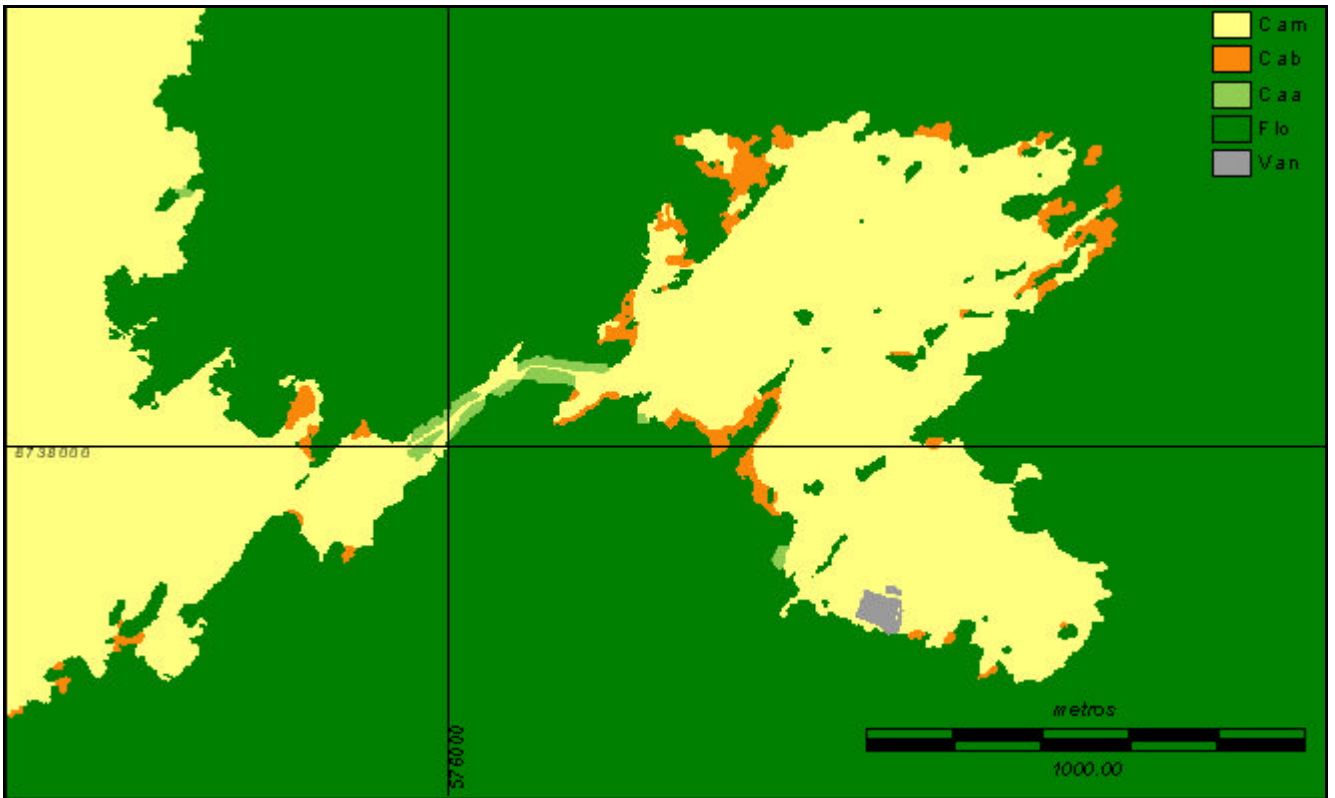
Apêndice 1: Fotografia de outubro de 2000 da divisa entre a Fazenda Três Estrelas (à esquerda da cerca) e o CPCN Pró-Mata (à direita da cerca), mostrando o efeito do pastejo sobre a vegetação campestre após queima em setembro de 1999. Após a queimada, a Fazenda Três Estrelas manteve a pecuária bovina extensiva. Na área do CPCN Pró-Mata (que estava protegida de queima desde 1994) manteve-se a exclusão do gado, que vinha sendo praticada desde 1994. Nota-se claramente o efeito do pastejo alterando a fisionomia do campo, principalmente pela redução da fitomassa na Fazenda Três Estrelas em comparação ao CPCN Pró-Mata. Cabe frisar que ambas as áreas foram queimadas em 1999. Logo, partiram de condições semelhantes no processo dinâmico. Fotografia do autor.



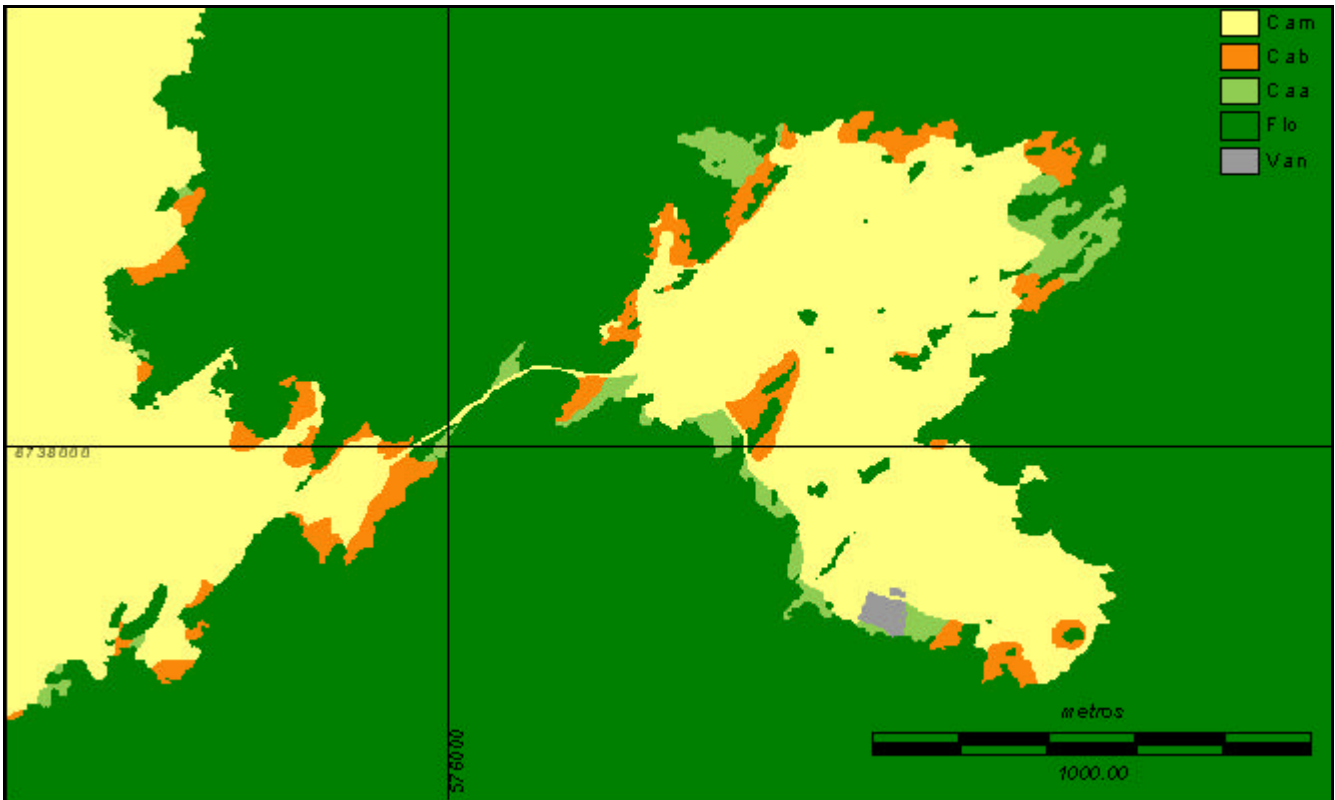
Apêndice 2: Fotografia de janeiro de 2002 do CPCN Pró-Mata, mostrando o efeito da queima sobre a vegetação campestre, excluída do pastejo desde 1994. O campo à esquerda da estrada foi queimado acidentalmente em setembro de 1999, após um período de cinco anos e meio de proteção. O campo à direita da estrada permanece sem queima desde de 1994. Nota-se que o componente gramináceo apresenta-se estruturalmente semelhante em ambos. Entretanto, somente no campo não queimado há um pronunciado estabelecimento de arbustos (*Baccharis uncinella*). Cabe frisar que ambos os campos estão excluídos do pastejo desde 1994. Fotografia de Rafael E. Machado.



Apêndice 3: Mapa – Vegetação em 1974. Legenda: Cam – Campo, Cab – Campo Arbustivo Baixo, Caa – Campo Arbustivo Alto, Flo – Floresta e Van – Vegetação Antrópica.



Apêndice 4: Mapa – Vegetação em 1999. Legenda: Cam – Campo, Cab – Campo Arbustivo Baixo, Caa – Campo Arbustivo Alto, Flo – Floresta e Van – Vegetação Antrópica.



Apêndice 5: Localização das transecções de levantamento em coordenadas UTM.

	Leste	Norte
Transecção A	575367	6737466
Transecção B	577258	6737816
Transecção C	576505	6738474
Transecção D	575526	6737997
Transecção E	575377	6738391
Transecção F	577419	6738423
Transecção G	577419	6738423
Transecção H	576374	6738115
Transecção I	576677	6738570

Apêndice 6: Parâmetros fitossociológicos calculados para as variáveis de vegetação na categoria amostral I, considerando o conjunto das transecções. Legenda: Nq – número de ocorrência nos quadros fundamentais (5 x 5m), FA – frequência absoluta (%), FR – frequência relativa (%), CA – cobertura absoluta (%), CR – cobertura relativa e VC – valor de cobertura (%).

	Nq	FA	FR	CA	CR	VC
<i>Myrcia obtecta</i>	34	62,96	12,64	11,02	16,40	14,52
<i>Ilex microdonta</i>	33	61,11	12,27	10,66	15,86	14,06
<i>Drymis brasiliensis</i>	23	42,59	8,55	7,00	10,41	9,48
<i>Araucaria angustifolia</i>	26	48,15	9,67	6,11	9,09	9,38
<i>Myrcia arborescens</i>	24	44,44	8,92	6,11	9,10	9,01
<i>Ocotea pulchella</i>	19	35,19	7,06	4,65	6,93	7,00
<i>Siphoneugena reitzii</i>	16	29,63	5,95	3,88	5,77	5,86
<i>Myrsine parvula</i>	13	24,07	4,83	1,91	2,85	3,84
<i>Tibouchina sellowiana</i>	12	22,22	4,46	1,71	2,55	3,50
<i>Vernonia discolor</i>	10	18,52	3,72	1,75	2,60	3,16
<i>Gordonia acutifolia</i>	6	11,11	2,23	1,42	2,11	2,17
<i>Roupala brasiliensis</i>	6	11,11	2,23	1,41	2,10	2,16
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	5	9,26	1,86	1,54	2,28	2,07
<i>Ilex brevicuspis</i>	4	7,41	1,49	1,30	1,93	1,71
<i>Piptocarpha axillaris</i>	3	5,56	1,12	1,30	1,94	1,53
<i>Miconia hyemalis</i>	5	9,26	1,86	0,80	1,19	1,52
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	3	5,56	1,12	0,86	1,27	1,19
<i>Myrceugenia miersiana</i>	3	5,56	1,12	0,73	1,08	1,10
<i>Miconia cinerascens</i>	4	7,41	1,49	0,34	0,51	1,00
<i>Ilex paraguariensis</i>	3	5,56	1,12	0,41	0,60	0,86
<i>Podocarpus lambertii</i>	3	5,56	1,12	0,40	0,60	0,86
<i>Casearia decandra</i>	1	1,85	0,37	0,63	0,93	0,65
<i>Lamanonia speciosa</i>	2	3,70	0,74	0,35	0,52	0,63
<i>Nectandra grandiflora</i>	2	3,70	0,74	0,23	0,34	0,54
<i>Gomidesia sellowiana</i>	2	3,70	0,74	0,23	0,34	0,54
<i>Piptocarpha notata</i>	2	3,70	0,74	0,11	0,16	0,45
<i>Myrceugenia euosma</i>	1	1,85	0,37	0,18	0,26	0,32
<i>Lithraea brasiliensis</i>	1	1,85	0,37	0,05	0,08	0,23
<i>Psidium cattleyanum</i>	1	1,85	0,37	0,05	0,08	0,23
<i>Sapium glandulatum</i>	1	1,85	0,37	0,05	0,08	0,23
<i>Rudgea parquioides</i>	1	1,85	0,37	0,01	0,01	0,19

Apêndice 7: Parâmetros fitossociológicos calculados para as variáveis de vegetação na categoria amostral II, considerando o conjunto das transecções. Legenda: Nq – número de ocorrência nos quadros fundamentais (5 x 5m), FA – frequência absoluta (%), FR – frequência relativa (%), CA – cobertura absoluta (%), CR – cobertura relativa e VC – valor de cobertura (%).

	Nq	FA	FR	CA	CR	VC
<i>Calea phyllolepis</i>	131	60,65	12,91	26,09	15,32	14,11
Solo descoberto	79	36,57	7,78	19,88	11,67	9,73
<i>Baccharis uncinella</i>	65	30,09	6,40	21,37	12,54	9,47
<i>Baccharis</i> spp.	105	48,61	10,34	13,97	8,20	9,27
<i>Myrsine parvula</i>	62	28,70	6,11	13,42	7,88	6,99
<i>Miconia cinerascens</i>	61	28,24	6,01	13,31	7,81	6,91
<i>Croton</i> sp.	24	11,11	2,36	7,09	4,16	3,26
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	28	12,96	2,76	6,25	3,67	3,21
<i>Siphoneugena reitzii</i>	42	19,44	4,14	3,47	2,03	3,09
<i>Ocotea pulchella</i>	40	18,52	3,94	3,80	2,23	3,09
<i>Myrcia arborescens</i>	28	12,96	2,76	5,07	2,97	2,87
<i>Ilex microdonta</i>	33	15,28	3,25	4,22	2,47	2,86
Asteraceae 1	30	13,89	2,96	2,93	1,72	2,34
<i>Leandra sublanata</i>	34	15,74	3,35	1,09	0,64	1,99
<i>Baccharis mesoneura</i>	19	8,80	1,87	3,43	2,01	1,94
<i>Myrcia obtecta</i>	20	9,26	1,97	2,27	1,33	1,65
<i>Miconia hyemalis</i>	19	8,80	1,87	1,82	1,07	1,47
<i>Drymis brasiliensis</i>	17	7,87	1,67	1,71	1,00	1,34
<i>Piptocarpha notata</i>	14	6,48	1,38	1,72	1,01	1,19
<i>Tibouchina sellowiana</i>	13	6,02	1,28	1,55	0,91	1,09
Leguminosae 1	13	6,02	1,28	1,44	0,84	1,06
<i>Croton tenuissimus</i>	12	5,56	1,18	1,46	0,86	1,02
<i>Myrceugenia euosma</i>	10	4,63	0,99	1,44	0,84	0,91
Tronco caído	9	4,17	0,89	1,53	0,90	0,89
<i>Psidium cattleianum</i>	10	4,63	0,99	1,15	0,67	0,83
<i>Baccharis</i> sp1	9	4,17	0,89	1,18	0,69	0,79
<i>Araucaria angustifolia</i>	9	4,17	0,89	1,14	0,67	0,78
<i>Rudgea parquioides</i>	10	4,63	0,99	0,54	0,31	0,65
<i>Roupala brasiliensis</i>	8	3,70	0,79	0,59	0,35	0,57
<i>Piptocarpha axillaris</i>	3	1,39	0,30	1,10	0,65	0,47
<i>Gomidesia sellowiana</i>	4	1,85	0,39	0,86	0,51	0,45
Morfo-espécie 2	6	2,78	0,59	0,45	0,26	0,43
Morfo-espécie 4	5	2,31	0,49	0,28	0,16	0,33
<i>Vernonia discolor</i>	4	1,85	0,39	0,42	0,24	0,32
<i>Solanum variabile</i>	5	2,31	0,49	0,09	0,06	0,27
<i>Achyrocline saturoides</i>	2	0,93	0,20	0,43	0,25	0,22
<i>Agarista nummularia</i>	2	0,93	0,20	0,43	0,25	0,22
<i>Lamanonia speciosa</i>	2	0,93	0,20	0,43	0,25	0,22
<i>Podocarpus lambertii</i>	4	1,85	0,39	0,09	0,05	0,22
<i>Gordonia acutifolia</i>	4	1,85	0,39	0,09	0,05	0,22
<i>Casearia decandra</i>	3	1,39	0,30	0,19	0,11	0,21
<i>Ilex paraguariensis</i>	3	1,39	0,30	0,16	0,10	0,20
Morfo-espécie 1	2	0,93	0,20	0,06	0,04	0,12
<i>Matayba elaeagnoides</i>	2	0,93	0,20	0,02	0,01	0,10
<i>Ocotea corimbosa</i>	1	0,46	0,10	0,06	0,03	0,07
<i>Inga lentiscifolia</i>	1	0,46	0,10	0,06	0,03	0,07
Morfo-espécie 5	1	0,46	0,10	0,06	0,03	0,07
Morfo-espécie 6	1	0,46	0,10	0,06	0,03	0,07
Morfo-espécie 3	1	0,46	0,10	0,05	0,03	0,07
<i>Sapium glandulatum</i>	1	0,46	0,10	0,05	0,03	0,07
<i>Lithraea brasiliensis</i>	1	0,46	0,10	0,01	0,01	0,05
<i>Rollinia rugulosa</i>	1	0,46	0,10	0,01	0,01	0,05
<i>Nectandra grandiflora</i>	1	0,46	0,10	0,01	0,01	0,05
<i>Solanum</i> sp.	1	0,46	0,10	0,01	0,01	0,05

Apêndice 8: Avaliações da estabilidade dos três primeiros eixos de ordenação na categoria amostral I.

Quadros de 5 x 5m						
Tamanho da amostra:	32	37	42	47	52	54
Eixo 1:	0,630	0,621	0,682	0,689	0,695	0,695
Eixo 2:	0,389	0,386	0,379	0,372	0,388	0,379
Eixo 3:	0,382	0,376	0,345	0,347	0,328	0,330
Quadros de 5 x 10m						
Tamanho da amostra:	22	23	24	25	26	27
Eixo 1:	0,471	0,477	0,468	0,466	0,467	0,466
Eixo 2:	0,513	0,518	0,516	0,519	0,523	0,522
Eixo 3:	0,301	0,293	0,281	0,280	0,267	0,273
Quadros de 5 x 15m						
Tamanho da amostra:	13	14	15	16	17	18
Eixo 1:	0,614	0,632	0,639	0,641	0,649	0,651
Eixo 2:	0,383	0,388	0,406	0,394	0,386	0,399
Eixo 3:	0,456	0,452	0,441	0,443	0,443	0,456
Quadros de 5 x 30m						
Tamanho da amostra:	4	5	6	7	8	9
Eixo 1:	0,542	0,542	0,543	0,551	0,536	0,536
Eixo 2:	0,488	0,505	0,513	0,522	0,520	0,553
Eixo 3:	0,402	0,403	0,408	0,416	0,416	0,406

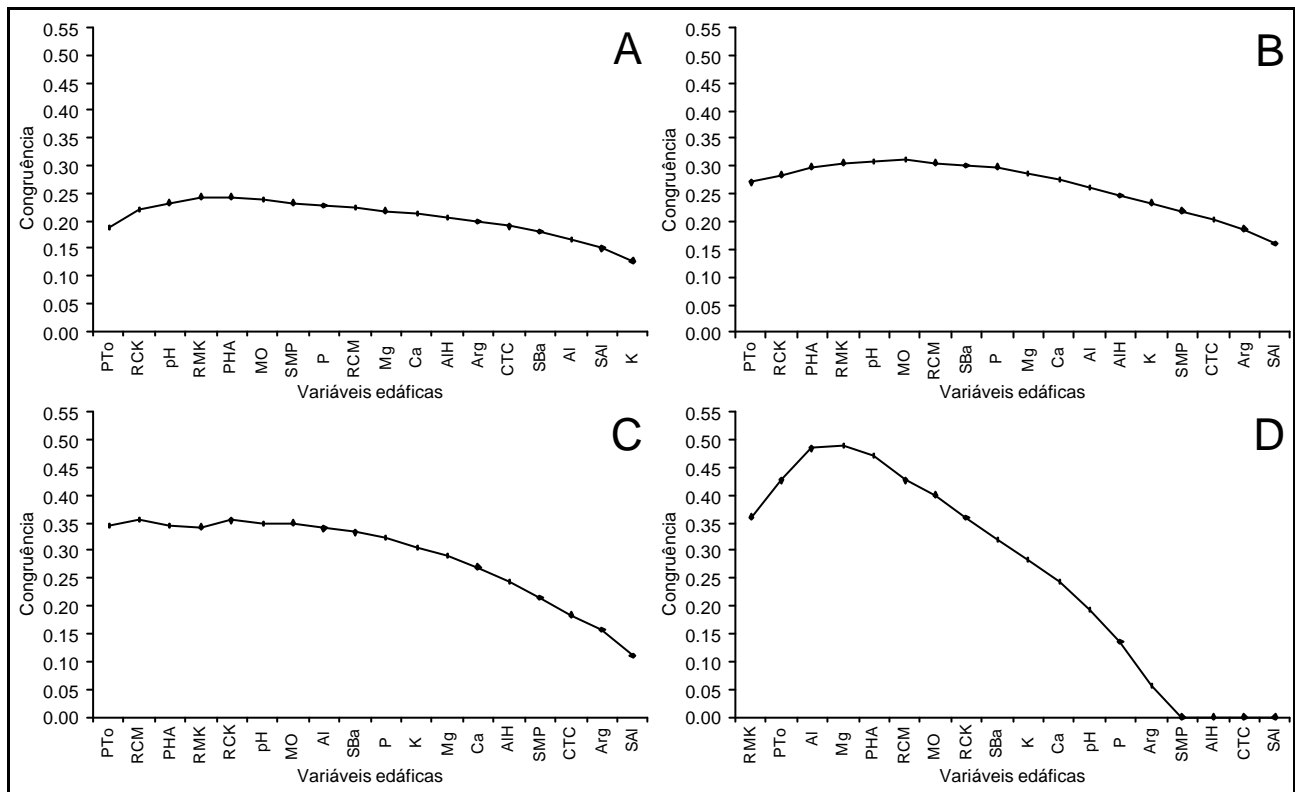
Apêndice 9: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais evidenciados na categoria amostral I e a escala de observação. Os dados contêm 54 unidades amostrais (27 quadros de 5 x 10m, 18 quadros de 5 x 15m e 9 quadros de 5 x 30m) e 27 variáveis (abundância das espécies). Utilizou-se como medida de semelhança a distância de corda. As probabilidades foram geradas em 1000 permutações aleatórias. Os grupos 1, 2 e 3 foram definidos por análise de agrupamento (ver texto). As escalas A, B e C correspondem à quadros de 5 x 10m, 5 x 15m e 5 x 30m, respectivamente. Ordem dos grupos em contraste: 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B e 3C.

Fonte de variação	Soma de quadrados (Qb)	P(Qb° ≥ Qb)
Entre grupos	11,806	0,001
Contrastes		
1-1 0 0 0 0 0 0	2,489	0,001
1 0 -1 0 0 0 0 0	2,650	0,001
1 0 0 -1 0 0 0 0	0,151	0,998
1 0 0 0 -1 0 0 0	1,819	0,002
1 0 0 0 0 -1 0 0	2,053	0,001
1 0 0 0 0 0 -1 0	0,117	0,997
1 0 0 0 0 0 0 -1	0,876	0,120
1 0 0 0 0 0 0 -1	1,462	0,011
0 1 -1 0 0 0 0 0	3,397	0,001
0 1 0 -1 0 0 0 0	2,137	0,002
0 1 0 0 -1 0 0 0	0,307	0,869
0 1 0 0 0 -1 0 0	2,771	0,001
0 1 0 0 0 0 -1 0	1,564	0,010
0 1 0 0 0 0 0 -1	0,288	0,914
0 1 0 0 0 0 0 -1	1,822	0,001
0 0 1 -1 0 0 0 0	2,410	0,002
0 0 1 0 -1 0 0 0	2,565	0,001
0 0 1 0 0 -1 0 0	0,021	1,000
0 0 1 0 0 0 -1 0	1,758	0,001
0 0 1 0 0 0 0 -1	1,482	0,008
0 0 1 0 0 0 0 -1	0,054	1,000
0 0 0 1 -1 0 0 0	1,892	0,002
0 0 0 1 0 -1 0 0	1,941	0,001
0 0 0 1 0 0 -1 0	0,084	0,999
0 0 0 1 0 0 0 -1	0,841	0,140
0 0 0 1 0 0 0 -1	1,433	0,007
0 0 0 0 1 -1 0 0	2,204	0,001
0 0 0 0 1 0 -1 0	1,313	0,023
0 0 0 0 1 0 0 -1	0,337	0,852
0 0 0 0 1 0 0 -1	1,455	0,013
0 0 0 0 0 1 -1 0	1,518	0,006
0 0 0 0 0 1 0 -1	1,398	0,013
0 0 0 0 0 1 0 0 -1	0,043	1,000
0 0 0 0 0 1 -1 0	0,854	0,133
0 0 0 0 0 1 0 -1	1,175	0,036
0 0 0 0 0 0 1 -1	1,136	0,028
Dentro de grupos	19,784	
Total	31,590	

Apêndice 10: Abundância relativa das variáveis de vegetação na categoria amostral I, para os três grupos de unidades amostrais definidos por análises de agrupamento, em três escalas de observação. O método de agrupamento empregado foi o da variância mínima, com distância de corda entre unidades amostrais.

	27 quadros de 5 x 10m			18 quadros de 5 x 15m			9 quadros 5 x 30m		
	grupo 1	grupo 2	grupo 3	grupo 1	grupo 2	grupo 3	grupo 1	grupo 2	grupo 3
<i>Araucaria angustifolia</i>	2,22	34,16	3,82	3,50	27,42	3,97	3,92	23,48	6,32
<i>Casearia decandra</i>	1,83	0,00	0,00	0,00	4,22	0,00	2,01	0,00	0,00
<i>Drymis brasiliensis</i>	16,46	6,17	3,10	19,08	0,74	3,22	19,51	2,32	2,90
<i>Gordonia acutifolia</i>	2,86	0,42	2,06	2,95	0,37	2,14	3,13	0,00	2,20
<i>Gomidesia sellowiana</i>	0,00	0,00	1,23	0,00	0,00	1,28	0,00	0,00	1,15
<i>Ilex brevicuspis</i>	2,20	0,00	2,94	2,27	2,53	0,97	1,20	2,56	2,75
<i>Ilex microdonta</i>	9,13	0,84	36,40	9,41	1,93	36,87	8,61	3,30	34,27
<i>Ilex paraguariensis</i>	0,51	0,00	1,23	0,53	0,00	1,28	0,56	0,00	1,15
<i>Lamanonia speciosa</i>	0,00	2,68	0,00	0,00	2,36	0,00	0,00	2,39	0,00
<i>Miconia cinerascens</i>	0,67	0,84	0,00	0,86	0,37	0,00	0,92	0,37	0,00
<i>Miconia hyemalis</i>	0,19	5,63	0,00	0,03	5,34	0,00	0,21	5,01	0,00
<i>Myrcia arborescens</i>	11,89	4,14	6,15	9,08	10,74	6,39	12,83	1,12	7,89
<i>Myrceugenia euosma</i>	0,00	1,34	0,00	0,53	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	1,83	0,42	0,94	1,89	0,37	0,97	2,01	0,37	0,87
<i>Myrceugenia miersiana</i>	0,00	4,21	0,94	0,00	3,71	0,97	0,00	3,75	0,87
<i>Myrcia obtecta</i>	21,45	16,78	8,12	23,26	12,63	8,14	17,62	27,36	7,59
<i>Myrsine parvula</i>	4,30	1,26	1,52	3,30	4,02	1,28	4,53	1,12	1,70
<i>Nectandra grandiflora</i>	0,00	1,76	0,00	0,70	0,00	0,00	0,74	0,00	0,00
<i>Ocotea pulchella</i>	1,83	5,78	17,50	2,95	2,74	18,20	2,95	1,94	17,22
<i>Piptocarpha axillaris</i>	3,83	0,00	0,00	3,78	0,37	0,00	4,19	0,00	0,00
<i>Piptocarpha notata</i>	0,32	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00
<i>Podocarpus lambertii</i>	0,67	0,00	0,94	0,70	0,00	0,97	0,74	0,00	0,87
<i>Roupala brasiliensis</i>	3,04	2,87	0,00	1,83	5,44	0,00	2,59	4,12	0,00
<i>Siphoneugena reitzii</i>	6,53	0,42	8,55	6,20	1,55	8,89	3,21	8,72	7,99
<i>Tibouchina sellowiana</i>	1,51	5,63	2,46	1,56	4,96	2,56	1,48	5,38	2,30
<i>Vernonia discolor</i>	2,88	4,63	0,88	1,30	8,17	0,61	1,94	6,68	0,82
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	3,83	0,00	1,23	3,95	0,00	1,28	4,19	0,00	1,15

Apêndice 11: Perfis de congruência máxima entre a variação da vegetação e do solo na categoria amostral I, em quatro escalas de observação: 54 quadros de 5 x 5m (A), 27 quadros de 5 x 10m (B), 18 quadros de 5 x 15m (C) e 9 quadros de 5 x 30m (D). As variáveis edáficas estão representadas pelo seguinte código: PTo – profundidade total (m), PHA – profundidade do horizonte A (m), Arg – argila (%), MO – matéria orgânica (%), pH – pH em água, SMP – índice SMP, P – P (mg L^{-1}), K – K (mg L^{-1}), Al – $\text{Al}_{\text{trocável}}$ (cmol L^{-1}), Ca – $\text{Ca}_{\text{trocável}}$ (cmol L^{-1}), Mg – $\text{Mg}_{\text{trocável}}$ (cmol L^{-1}), AlH – Al + H (cmol L^{-1}), CTC – capacidade de troca catiônica (cmol L^{-1}), Sba – saturação de bases (%), SAI – saturação de Al (%), RCM – Ca Mg^{-1} , RCK – Ca K^{-1} e RMK – Mg K^{-1} .



Apêndice 12: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais na categoria amostral I (definidos na análise de agrupamento: grupos 1, 2 e 3) e as variáveis edáficas dos subconjuntos ótimos, em três escalas de observação. Utilizou-se como medida de semelhança a distância euclidiana entre unidades amostrais. As probabilidades foram geradas em 1000 permutações aleatórias. Os grupos 1, 2 e 3 consideram a existência de 3 grupos nítidos. O grupo 1+2 é formado pela união dos grupos 1 e 2, permitindo a comparação das variáveis considerando 2 grupos nítidos. Ordem dos grupos em contraste: grupo 1, grupo 2, grupo 3 e grupo 1 + 2.

Escala	Fonte de variação	Soma de quadrados (Qb)	P(Qb° ≥ Qb)
27 quadros de 5 x 10m	Profundidade total (m)		
	Entre grupos	685,630	0,465
	Contrastes		
	1 -1 0	658,290	0,220
	1 0 -1	25,208	0,792
	0 1 -1	366,700	0,344
	1 1 -2	27,345	0,814
	Dentro de grupos	10321,000	
Total	11007,000		
27 quadros de 5 x 10m	Ca Mg ⁻¹		
	Entre grupos	0,973	0,272
	Contrastes		
	1 -1 0	0,074	0,645
	1 0 -1	0,595	0,198
	0 1 -1	0,865	0,125
	1 1 -2	0,899	0,136
	Dentro de grupos	8,672	
Total	9,645		
27 quadros de 5 x 10m	pH em água		
	Entre grupos	0,041	0,469
	Contrastes		
	1 -1 0	0,002	0,788
	1 0 -1	0,040	0,224
	0 1 -1	0,018	0,423
	1 1 -2	0,039	0,233
	Dentro de grupos	0,648	
Total	0,690		
27 quadros de 5 x 10m	Mg K ⁻¹		
	Entre grupos	3,115	0,028
	Contrastes		
	1 -1 0	2,949	0,008
	1 0 -1	1,074	0,141
	0 1 -1	0,441	0,336
	1 1 -2	0,167	0,579
	Dentro de grupos	8,624	
Total	11,739		
27 quadros de 5 x 10m	Profundidade do horizonte A (m)		
	Entre grupos	685,630	0,466
	Contrastes		
	1 -1 0	658,290	0,233
	1 0 -1	25,208	0,818
	0 1 -1	366,700	0,361
	1 1 -2	27,345	0,818
	Dentro de grupos	10321,000	
Total	11007,000		
27 quadros de 5 x 10m	Matéria orgânica (%)		
	Entre grupos	0,790	0,104
	Contrastes		
	1 -1 0	0,339	0,165
	1 0 -1	0,158	0,358
	0 1 -1	0,783	0,039
	1 1 -2	0,452	0,110
	Dentro de grupos	3,781	
Total	4,572		

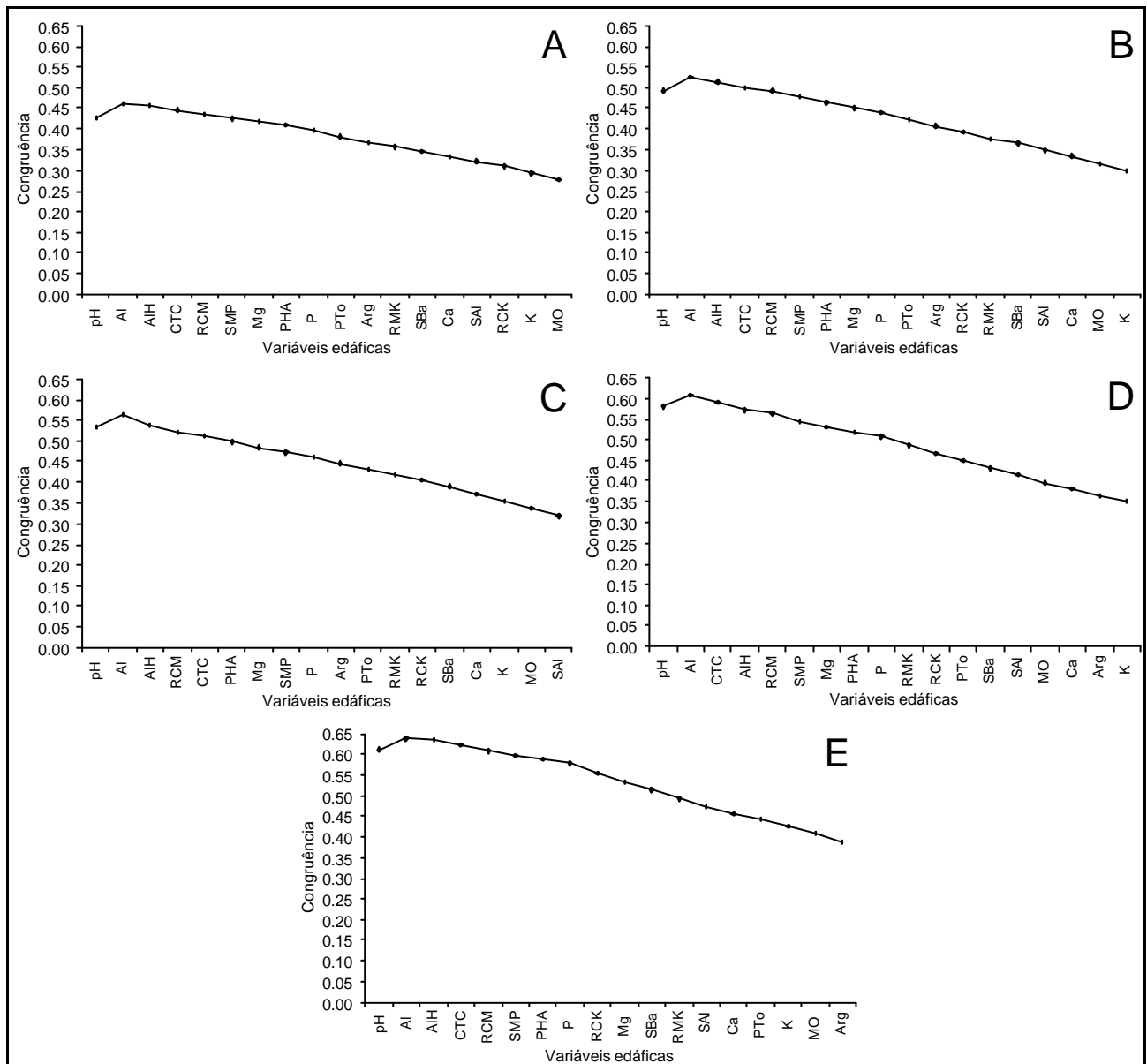
Apêndice 12: continuação

18 quadros de 5 x 15m	Profundidade total (m)		
	Entre grupos	59,734	0,936
	Contrastes		
	1 -1 0	49,642	0,734
	1 0 -1	31,837	0,785
	0 1 -1	1,601	0,950
	1 1 -2	10,092	0,886
	Dentro de grupos	6816,800	
Total	6876,600		
27 quadros de 5 x 10m	Ca Mg ⁻¹		
	Entre grupos	1,030	0,160
	Contrastes		
	1 -1 0	0,925	0,070
	1 0 -1	0,448	0,210
	0 1 -1	0,069	0,653
	1 1 -2	0,105	0,568
	Dentro de grupos	3,548	
Total	4,578		
9 quadros de 5 x 30m	Mg K ⁻¹		
	Entre grupos	0,464	0,161
	Contrastes		
	1 -1 0	0,333	0,091
	1 0 -1	0,306	0,187
	0 1 -1	0,007	0,851
	1 1 -2	0,131	0,402
	Dentro de grupos	0,729	
Total	1,193		
9 quadros de 5 x 30m	Profundidade total (m)		
	Entre grupos	995,120	0,223
	Contrastes		
	1 -1 0	825,020	0,110
	1 0 -1	1,485	0,953
	0 1 -1	799,110	0,097
	1 1 -2	170,100	0,477
	Dentro de grupos	1585,400	
Total	2580,600		
9 quadros de 5 x 30m	Al _{trocável} (cmol L ⁻¹)		
	Entre grupos	0,483	0,695
	Contrastes		
	1 -1 0	0,058	0,733
	1 0 -1	0,483	0,396
	0 1 -1	0,125	0,694
	1 1 -2	0,425	0,417
	Dentro de grupos	3,750	
Total	4,234		
9 quadros de 5 x 30m	Mg _{trocável} (cmol L ⁻¹)		
	Entre grupos	0,012	0,361
	Contrastes		
	1 -1 0	0,001	0,595
	1 0 -1	0,012	0,162
	0 1 -1	0,003	0,486
	1 1 -2	0,010	0,190
	Dentro de grupos	0,032	
Total	0,044		

Apêndice 15: Teste de aleatorização avaliando a associação entre padrões vegetacionais e a escala de observação. Os dados contém 270 unidades amostrais (108 quadros 1,7 x 3,3m, 72 quadros 1,7 x 5m, 54 quadros de 1,7 x 6,7m e 36 quadros 1,7 x 10m) e 47 variáveis (abundância das espécies). Utilizou-se como medida de semelhança a distância de corda. As probabilidades foram geradas em 1000 permutações aleatórias. Os grupos 1, 2 e 3 foram definidos por análise de agrupamento (ver texto). As escalas A, B, C e D correspondem a quadros de 1,7 x 3,3m, 1,7 x 5m, 1,7 x 6,7m e 1,7 x 10m, respectivamente. Ordem dos grupos em contraste: 1A, 1B, 1C, 1D, 2A, 2B, 2C, 2D, 3A, 3B, 3C e 3D.

Fonte de variação	Soma de quadrados (Qb)	P(Qb° ≥ Qb)
Entre grupos	75,153	0,001
Contrastes		
1-10000000000	12,640	0,001
10-1000000000	18,877	0,001
100-100000000	0,193	0,992
1000-10000000	10,681	0,001
10000-1000000	14,573	0,001
100000-1000000	0,233	0,973
1000000-100000	8,768	0,001
10000000-10000	12,783	0,001
100000000-100	0,251	0,960
1000000000-10	8,145	0,001
10000000000-1	6,613	0,001
01-1000000000	13,088	0,001
010-100000000	11,687	0,001
0100-10000000	1,037	0,169
01000-1000000	10,746	0,001
010000-1000000	9,881	0,001
0100000-100000	0,215	0,987
01000000-10000	8,322	0,001
010000000-100	6,969	0,001
0100000000-10	1,320	0,070
01000000000-1	5,391	0,001
001-1000000000	15,937	0,001
0010-100000000	7,653	0,001
00100-10000000	0,639	0,459
001000-1000000	13,416	0,001
0010000-100000	7,960	0,001
00100000-10000	0,117	1,000
001000000-100	9,488	0,001
0010000000-10	4,755	0,001
00100000000-1	0,081	1,000
0001-100000000	10,184	0,001
00010-10000000	13,144	0,001
000100-1000000	0,064	1,000
0001000-100000	8,676	0,001
00010000-10000	11,699	0,001
000100000-100	0,086	1,000
0001000000-10	8,068	0,001
00010000000-1	6,643	0,001
00001-10000000	7,256	0,001
000010-1000000	8,708	0,001
0000100-100000	0,563	0,592
00001000-10000	4,728	0,001
000010000-100	6,173	0,001
0000100000-10	0,595	0,525
00001000000-1	3,259	0,001
000001-1000000	11,811	0,001
0000010-100000	7,121	0,001
00000100-10000	0,529	0,625
000001000-100	8,763	0,001
0000010000-10	4,366	0,001
00000100000-1	0,284	0,938
0000001-100000	7,727	0,001
00000010-10000	10,514	0,001
000000100-100	0,101	1,000
0000001000-10	7,322	0,001
00000010000-1	6,519	0,001
00000001-10000	5,467	0,001

Apêndice 17: Perfis de congruência máxima entre a variação da vegetação e do solo na categoria amostral II, em cinco escalas de observação: 216 quadros de 1,7 x 1,7m (A), 108 quadros de 1,7 x 3,3m (B), 72 quadros de 1,7 x 5m (C), 54 quadros de 1,7 x 6,7m (D) e 36 quadros de 1,7 x 10m (E). As variáveis edáficas estão representadas pelo seguinte código: PTo – profundidade total (m), PHA – profundidade do horizonte A (m), Arg – argila (%), MO – matéria orgânica (%), pH – pH em água, SMP – índice SMP, P – P (mg L^{-1}), K – K (mg L^{-1}), Al – $\text{Al}_{\text{trocável}}$ (cmol L^{-1}), Ca – $\text{Ca}_{\text{trocável}}$ (cmol L^{-1}), Mg – $\text{Mg}_{\text{trocável}}$ (cmol L^{-1}), AIH – Al + H (cmol L^{-1}), CTC – capacidade de troca catiônica (cmol L^{-1}), Sba – saturação de bases (%), SAI – saturação de Al (%), RCM – Ca Mg^{-1} , RCK – Ca K^{-1} e RMK – Mg K^{-1} .



Apêndice 19: Dados brutos utilizados na descrição do solo da categoria amostral II. Os dados estão ordenados por variáveis (18). Em cada parágrafo, o primeiro registro refere-se ao código da variável e os demais ao seu valor nas unidades amostrais (216 quadros de 1,7 x 1,7m), na seguinte seqüência: Transecção A, quadros de 1 a 24; Transecção B, quadros de 1 a 24; Transecção C, quadros de 1 a 24; Transecção D, quadros de 1 a 24; Transecção E, quadros de 1 a 24; Transecção F, quadros de 1 a 24; Transecção G, quadros de 1 a 24; Transecção H, quadros de 1 a 24; e Transecção I, quadros de 1 a 24 (ver Figura 9 para posicionamento dos quadros nas transecções). Legenda: PTo – profundidade total (m), PHA – profundidade do Horizonte A, Arg – argila (%), MO – matéria orgânica (%), pH – pH em água, SMP – índice SMP, P – Fósforo (mg L-1), K – Potássio (mg L-1), Al – Alumínio trocável (cmol L-1), Ca – Cálcio trocável (cmol L-1), Mg – Magnésio trocável (cmol L-1), AlH – Alumínio e Hidrogênio (cmol L-1), CTC – capacidade de troca catiônica (cmol L-1), SBa – saturação de bases (%), SAI – saturação de Alumínio (%), RCM – relação Cálcio/Magnésio, RCK – relação Cálcio/Potássio e RMK – relação Magnésio/Potássio.

PTo	78	78	78	100	100	100	100	100	100	100	100	100	64
	64	64	41	41	41	26	26	26	78	78	78	42	42
	42	60	60	60	65	65	65	52	52	52	74	74	74
	36	36	36	38	38	38	25	25	25	51	51	51	43
	43	43	54	54	54	56	56	56	73	73	73	78	78
	78	60	60	60	100	100	100	41	41	41	39	39	39
	10	10	10	36	36	36	67	67	67	32	32	32	12
	12	12	12	12	12	100	100	100	100	100	100	64	64
	64	62	62	62	78	78	78	66	66	66	22	22	22
	30	30	30	79	79	79	86	86	86	100	100	100	100
	100	100	85	85	85	45	45	45	44	44	44	28	28
	28	70	70	70	52	52	52	43	43	43	22	22	22
	12	12	12	10	10	10	10	10	10	42	42	42	37
	37	37	14	14	14	10	10	10	18	18	18	35	35
	35	33	33	33	60	60	60	48	48	48	50	50	50
	64	64	64	81	81	81	52	52	52	51	51	51	40
	40	40	38	38	38	45	45	45					
PHA	60	60	60	64	64	64	68	68	68	52	52	52	64
	64	64	41	41	41	26	26	26	58	58	58	30	30
	30	34	34	34	50	50	50	52	52	52	59	59	59
	36	36	36	38	38	38	23	23	23	51	51	51	43
	43	43	34	34	34	48	48	48	56	56	56	56	56
	56	41	41	41	75	75	75	39	39	39	39	39	39
	10	10	10	23	23	23	42	42	42	26	26	26	12
	12	12	12	12	12	80	80	80	58	58	58	58	58
	58	62	62	62	42	42	42	58	58	58	20	20	20
	12	12	12	79	79	79	86	86	86	83	83	83	95
	95	95	60	60	60	45	45	45	42	42	42	28	28
	28	70	70	70	52	52	52	43	43	43	19	19	19
	12	12	12	10	10	10	10	10	10	39	39	39	37
	37	37	14	14	14	10	10	10	18	18	18	35	35
	35	24	24	24	33	33	33	48	48	48	50	50	50
	55	55	55	55	55	55	45	45	45	49	49	49	40
	40	40	34	34	34	45	45	45					
Arg	26	26	26	25	25	25	25	25	25	25	25	25	22
	22	22	32	32	32	33	33	33	29	29	29	34	34
	34	30	30	30	28	28	28	34	34	34	32	32	32
	27	27	27	30	30	30	40	40	40	36	36	36	39
	39	39	39	39	39	47	47	47	43	43	43	56	56
	56	56	56	56	56	56	30	30	30	25	25	25	25
	25	25	25	20	20	20	27	27	27	24	24	24	42
	42	42	44	44	44	22	22	22	28	28	28	21	21
	21	30	30	30	25	25	25	29	29	29	33	33	33
	32	32	32	30	30	30	28	28	28	28	28	28	34
	34	34	29	29	29	34	34	34	34	34	34	29	29
	29	25	25	25	25	25	25	29	29	29	51	51	51
	50	50	50	56	56	56	48	48	48	29	29	29	22
	22	22	19	19	19	21	21	21	25	25	25	25	25
	25	28	28	28	24	24	24	26	26	26	34	34	34
	25	25	25	13	13	13	17	17	17	24	24	24	18
	18	18	18	18	18	29	29	29					

Apêndice 19: continuação

K	86	86	86	81	81	81	44	44	44	35	35	35	30
	30	30	37	37	37	45	45	45	55	55	55	75	75
	75	107	107	107	64	64	64	64	64	64	57	57	57
	44	44	44	39	39	39	46	46	46	72	72	72	69
	69	69	66	66	66	102	102	102	67	67	67	142	142
	142	164	164	164	179	179	179	100	100	100	109	109	109
	114	114	114	133	133	133	147	147	147	178	178	178	170
	170	170	195	195	195	99	99	99	110	110	110	71	71
	71	72	72	72	71	71	71	64	64	64	117	117	117
	103	103	103	72	72	72	64	64	64	57	57	57	49
	49	49	47	47	47	81	81	81	69	69	69	72	72
	72	77	77	77	115	115	115	119	119	119	100	100	100
	90	90	90	105	105	105	70	70	70	91	91	91	201
	201	201	116	116	116	87	87	87	98	98	98	92	92
	92	166	166	166	85	85	85	85	85	85	102	102	102
	112	112	112	105	105	105	84	84	84	80	80	80	88
Al	88	88	97	97	97	89	89	89					
	9,2	9,2	9,2	8,2	8,2	8,2	7,3	7,3	7,3	6,3	6,3	6,3	5,2
	5,2	5,2	4,7	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	8,8	8,8
	8,8	9,5	9,5	9,5	5,9	5,9	5,9	6,2	6,2	6,2	4,7	4,7	4,7
	4,7	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	5,6	5,6	5,6	11,6	11,6	11,6	8,8
	8,8	8,8	6,5	6,5	6,5	6,3	6,3	6,3	4,9	4,9	4,9	4,2	4,2
	4,2	3,8	3,8	3,8	3,5	3,5	3,5	9,9	9,9	9,9	8	8	8
	7,3	7,3	7,3	6,3	6,3	6,3	5,6	5,6	5,6	6,9	6,9	6,9	6,8
	6,8	6,8	5,9	5,9	5,9	11,1	11,1	11,1	9,7	9,7	9,7	7,3	7,3
	7,3	7	7	7	6,4	6,4	6,4	5,9	5,9	5,9	6,3	6,3	6,3
	6,1	6,1	6,1	10,2	10,2	10,2	8,6	8,6	8,6	6,4	6,4	6,4	5,7
	5,7	5,7	5,4	5,4	5,4	5,6	5,6	5,6	5,4	5,4	5,4	4,9	4,9
	4,9	9,7	9,7	9,7	8,8	8,8	8,8	9	9	9	5,7	5,7	5,7
	5,1	5,1	5,1	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	6,2	6,2	6,2	9,4
	9,4	9,4	8	8	8	6	6	6	5	5	5	5,4	5,4
	5,4	6,9	6,9	6,9	6,4	6,4	6,4	6,1	6,1	6,1	10,6	10,6	10,6
	10,3	10,3	10,3	9,3	9,3	9,3	8,9	8,9	8,9	7,8	7,8	7,8	7,4
Ca	7,4	7,4	6,9	6,9	6,9	6,6	6,6	6,6					
	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3
	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1
	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6
	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4
	0,1	0,1	0,1	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4
	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	0,6	0,6	0,6	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8
	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4
	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6
	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	1,3	1,3	1,3	0,9	0,9
	0,9	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,1	0,1	0,1
	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,6
Mg	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3					
	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5
	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6
	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3
	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,6
	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7
	1	1	1	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4
	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3					

