

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Dissertação de Mestrado

Caracterização de Unidades de Manejo (Biótopos) na
Futura Unidade de Conservação Ambiental da UFRGS,
Porto Alegre, RS – Uma Contribuição com Bases na
Ecologia de Paisagem.

JULIANE S. BORTOLOTTI

Porto Alegre, fevereiro de 2006

Caracterização de Unidades de Manejo (Biótopos) na
Futura Unidade de Conservação Ambiental da UFRGS,
Porto Alegre, RS – Uma Contribuição com Bases na
Ecologia de Paisagem.

Juliane S. Bortolotti

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Curso de Pós-Graduação em Ecologia, do
Instituto de Biociências da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ecologia, área de
concentração em Ecologia de Paisagem.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Luiza Porto

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Luiz de Oliveira - UFRGS

Prof. Dr. Andreas Kindel - UFRGS

Dr^a. Maria de Lourdes A. de Oliveira - FZB

Porto Alegre, fevereiro de 2006

Ao João Olavo Bortolotti e Leonardo Pinzon Bortolotti, que preenchem
com felicidade a vida.

O ar que respiramos vem das florestas, a água que bebemos, dos oceanos. São partes do nosso próprio corpo.

A única maneira de trazer paz a terra é aprendendo a trazê-la a nossas próprias vidas.

Palavras de sabedoria de Buda e dos mestres da
meditação que o seguiram

AGRADECIMENTOS

Às pessoas aqui citadas, tenho imensa gratidão pelos ensinamentos e ajuda na realização deste trabalho.

- A Prof^a. Dr^a. Maria Luiza Porto pela oportunidade de cursar o mestrado e orientação.
- Ao Wolfram Adelman pelo fornecimento do mapa de uso e ocupação da área de estudo, sugestões e críticas.
- Aos colegas do laboratório de Geoprocessamento, pelo apoio técnico e fornecimento de imagens, especialmente ao Prof. Heinrich Hasenack pela constante atenção e orientação.
- Ao Prof. Jean Paul Metzger pelas sugestões no estabelecimento das metodologias aplicadas.
- Aos colegas do laboratório de Ecologia de Paisagem, especialmente Rogério Both, pelo apoio técnico.
- Aos estagiários Gisele Pinheiro, Jerusa Dames e Adrio Mocelin e ao colega Eduardo Forneck pela ajuda nos trabalhos de campo.
- À Sandra Cristina Müller, Eduardo Forneck, Prof^a. Ilse Boldrini, Prof. Paulo Brack, Fernando Ferrari Sobrinho e Martin Grings pela identificação das espécies.
- Aos colegas do laboratório de Ecologia Quantitativa, pelo auxílio nas análises estatísticas.
- À Ana Cristina Figueiró e Júlio César Inácio pelas discussões construtivas.
- Aos funcionários e contratados da universidade pelos serviços prestados.
- Ao CNPq pela concessão de bolsa.

RESUMO

Para a caracterização dos biótopos naturais da futura Unidade de Conservação (UC) do Morro Santana (Porto Alegre, RS) foi realizado o macrozoneamento da área de estudo utilizando-se a cobertura com fitofisionomias campestres e florestais nativas e as variáveis do meio físico: declividade, altitude e exposição solar. Em quatro macrozonas campestres e em nove florestais, foram realizados estudos fitossociológicos e estatísticos para definir as unidades e sub-unidades vegetais presentes e a relação destas com a variável distância aos cursos d'água, caracterizando assim os onze biótopos naturais da área de estudo. Os tipos naturais de uso e cobertura do solo ocupam 51,6% da área do morro e as categorias de uso antrópico cobrem 48,4%. As formações de campo nativo do Morro Santana foram caracterizadas a partir da estrutura da vegetação dominante fisionomicamente, por duas unidades e quatro sub-unidades de vegetação, sendo que a unidade *Aristida filifolia* - *Axonopus* sp1 obteve a maior frequência e densidade, não ocorrendo em apenas uma macrozona. A unidade de vegetação *Guapira opposita* - *Casearia sylvestris* ocorreu em todas as macrozonas arbóreas amostradas e caracteriza a estrutura da vegetação dominante fisionomicamente, nestas formações. O método seguiu o cruzamento de informações espacializadas utilizando o sistema de informação geográfica (SIG) Idrisi, versão 14.02 (Kilimanjaro). Uma nova análise conferiu valores ecológicos às áreas com cobertura campestre e florestal nativas do morro a partir dos parâmetros relativos à: climacidade das espécies presentes nas unidades e sub-unidades de vegetação, naturalidade das comunidades vegetais presentes e índices da configuração estrutural da paisagem (tamanho e forma das manchas e distância de áreas urbanas). Foram então somados os valores ecológicos de cada parâmetro e estabelecidas as quatro zonas de caracterização ecológica, que são: núcleo, extensão do núcleo, tamponamento e ligação, em ordem decrescente de valor ecológico. Os biótopos de formações campestres encontram-se com melhor grau de conservação em relação aos florestais, por comporem a maior parte da zona núcleo. As zonas de caracterização ecológica servem como importante ferramenta para a realização do plano de manejo da unidade de conservação.

PALAVRAS CHAVE: biótopos; zoneamento ambiental; valoração ecológica; unidades de conservação e ecologia de paisagem.

ABSTRACT

For characterizing the natural biotopes of a future Conservation Unit of Santana Hill (Morro Santana, Porto Alegre, RS, Brazil) it was made a macro zoning of the studying area using the coverage with campestrial and native forest phytophysionomic, and physical environment characteristics like: descending slope, altitude, and solar exposure. In four campestrial macro zones and in nine forest macro zones were performed phytossociologic and statistic studies to define the present vegetal units and subunits, and their relations with distance variable to watercourse, thus, characterizing the 11 natural biotopes in the area belonging to the future Conservation Unit. The native campestrial formations of Santana Hill were characterized, from the physiognomically dominant vegetal structure, by two units and four subunits of vegetation, being the unit *Aristida filifolia* - *Axonopus* sp.1 the group with greater frequency and density, just not occurring in one macro zone. The vegetation unit *Guapira opposita* - *Casearia sylvestris* occurred in all sampled arboreal macro zones and characterizes the physiognomically dominant vegetal structure in such formations. The method followed the crossing of spatial information using the geographic information system (SIG) IDRISI. A new analysis ranked ecological values to the areas with campestrial and native forest coverage of the hills from the parameters related to: the succeeding categories of the species present in the vegetal units and subunits, the naturally of the vegetal communities present, and the rates of landscape structural configuration (size and shapes of patches, and the distance from urban areas). It was therefore summed up the ecological values of each parameter, and it was set the four ecologically characterized zones that are: core, core extension, buffering, and linking, in a decreasing ecological value order. The biotopes of campestrial formations are better conserved than the forests because it occupies the largest ranges of core zone. The zones of ecological characterization serve as an important tool to the performance of a management plan for the Conservation Unit.

KEY WORDS: biotopes; environmental zoning; ecological valuation; conservation unit and landscape ecolgy.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	3
Lista de Tabelas	9
INTRODUÇÃO.....	11
ARTIGO I: Macrozoneamento da Paisagem Baseado em Variáveis Geomorfológicas e Fitofisionomias no Morro Santana, Porto Alegre, RS.....	23
INTRODUÇÃO.....	25
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
2.1 Área de Estudo.....	27
2.2 Meio Físico.....	28
2.3 Uso e Ocupação do Solo.....	29
2.4 Relações entre Fitofisionomias e Variáveis do Meio Físico.....	29
2.5 Definição de Macrozonas.....	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
3.1 Meio Físico.....	32
3.2 Uso e Ocupação do Solo.....	36
3.3 Relações entre Fitofisionomias e Variáveis do Meio Físico.....	37
3.4 Definição de Macrozonas.....	45
4. CONCLUSÕES.....	51
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ARTIGO II: Caracterização e Valoração de Unidades de Manejo (Biótopos) Baseada em Estudos de Comunidades Vegetais e na Estrutura da Paisagem no Morro Santana, Porto Alegre, RS.....	54
1. INTRODUÇÃO.....	56
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	59
2.1 Locais de Amostragem da Vegetação.....	59
2.2 Levantamento fitossociológico.....	60
2.3 Análise Estatística da Vegetação.....	61

2.4 Tipo Fitofisionômico das Sub-Unidades Vegetais Arbóreas.....	63
2.5 Uso e Ocupação do Solo.....	63
2.6 Configuração Horizontal da Paisagem.....	65
2.7 Valoração Ecológica.....	66
2.8 Mapa dos Biótopos Naturais e Valoração Ecológica.....	67
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
3.1 Fitossociologia.....	69
3.1.1 Unidades e Sub-unidades de Vegetação.....	72
3.2 Relação das Unidades e Sub-unidades de Vegetação com as Variáveis Geomorfológicas.....	75
3.3 Tipo Fitofisionômico das Sub-Unidades Vegetais Arbóreas.....	82
3.4 Uso e Ocupação do Solo.....	83
3.5 Caracterização dos Biótopos Naturais.....	85
3.6 Configuração Horizontal da Paisagem.....	88
3.7 Valoração Ecológica das Áreas de Campos e Florestas Nativas.....	92
3.7.1 Detalhamento das Zonas de Caracterização Ecológica de Acordo Com Seus Biótopos Naturais.....	101
4. CONCLUSÕES.....	105
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
CONSIDERAÇÕES CONCLUSIVAS DA DISSERTAÇÃO.....	113

LISTA DE FIGURAS

	Página
Da Introdução:	
Figura 1: Fluxograma das fases de estudo da caracterização dos biótopos naturais, seus valores ecológicos e Zonas de Caracterização Ecológica, no Morro Santana, Porto Alegre - RS.	18
Do Artigo I:	
Figura 1: Modelo numérico de terreno do Morro Santana, Porto Alegre - RS.	33
Figura 2: Distribuição espacial das declividades ($^{\circ}$) no Morro Santana, Porto Alegre - RS.	34
Figura 3: Distribuição espacial das exposições solares no Morro Santana, Porto Alegre - RS.	35
Figura 4: Distâncias (m) aos cursos d'água permanentes e intermitentes no Morro Santana, Porto Alegre - RS.	36
Figura 5: Modelo tridimensional do Morro Santana, Porto Alegre - RS, visão Norte e ângulo de inclinação 50° , com o modelo numérico de terreno como imagem de superfície e categorias de uso e cobertura do solo como imagem de cobertura.....	38

Figura 6: Distribuição das fitofisionomias nativas presentes no Morro Santana, Porto Alegre, RS, em relação aos valores médio (M), um desvio padrão abaixo da média (D1) e um desvio padrão acima da média (D2), de freqüências de altitude (m).....	40
Figura 7: Distribuição das fitofisionomias nativas presentes no Morro Santana, Porto Alegre, RS, em relação aos valores médio (M), um desvio padrão abaixo da média (D1) e um desvio padrão acima da média (D2), de freqüências de declividade (°).....	41
Figura 8: Freqüência, em número de <i>pixel</i> , de fitofisionomias naturais presentes no Morro Santana, Porto Alegre, RS, em relação às exposições solares de encosta. Sendo, 1: norte; 2: nordeste; 3:leste; 4:sudeste; 5:sul; 6: sudoeste; 7: oeste e 8: noroeste.....	43
Figura 9: Distribuição das fitofisionomias, em porcentagem do número de <i>pixels</i> , no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em relação às exposições solares de encosta.....	44
Figura 10: Freqüência, em número de <i>pixel</i> , de fitofisionomias naturais presentes no Morro Santana, Porto Alegre, RS, em relação à distância dos cursos d'água (m).....	45
Figura 11: Variáveis geomorfológicas, a) declividade, b) exposição solar e c) altitude, organizadas em classes, no Morro Santana, Porto Alegre - RS.....	46
Figura 12: Agrupamento das variáveis geomorfológicas, declividade, exposição solar de encosta e altitude, representadas em valores de centenas, dezenas e unidades, respectivamente, no Morro Santana, Porto Alegre - RS.....	47
Figura 13: Combinações das categorias de uso e cobertura do solo e das variáveis declividade, exposição solar e altitude, na área da UFRGS, no Morro Santana, Porto Alegre - RS. Sendo que os valores representam as categorias e variáveis em milhar, centena, dezena e unidade, respectivamente.....	48

Figura 14: Macrozonas na área da UFRGS, no Morro Santana, Porto Alegre - RS, definidas a partir das fitofisionomias naturais e das variáveis geomorfológicas declividade, exposição solar de encosta e altitude.....50

Do Artigo II:

Figura 1: Tabela de Vegetação, elaborada a partir da análise de agrupamento, realizada no aplicativo computacional Mulva 5, para as formações campestres amostradas no Morro Santana, Porto Alegre - RS. Com os valores das classes de abundância e cobertura de Braun-Blanquet, para os gêneros ou espécies ocorrentes no levantamento das 80 unidades amostrais, e os parâmetros geomorfológicos analisados.....70

Figura 2: Tabela de Vegetação, elaborada a partir da análise de agrupamento, realizada no aplicativo computacional Mulva 5, para as formações florestais amostradas no Morro Santana, Porto Alegre - RS. Com os valores das classes de número de indivíduos, para as espécies ocorrentes no levantamento das 10 transecções, e os parâmetros geomorfológicos analisados.....71

Figura 3: Análise de autocorrelação, realizada no aplicativo computacional Mulva 5, a partir de uma matriz de distâncias de corda dos parâmetros geomorfológicos, entre as unidades amostrais de vegetação campestre, no Morro Santana, Porto Alegre - RS. A análise foi feita para cada uma das quatro variáveis geomorfológicas separadamente.....77

Figura 4: Diagramas de dispersão pelo método da ordenação direta de Roberts, elaborados no aplicativo computacional Mulva 5, a partir de análise de agrupamento dos parâmetros geomorfológicos, entre unidades amostrais, da vegetação campestre no Morro Santana, Porto Alegre - RS. A análise foi feita para cada uma das quatro variáveis geomorfológicas separadamente.....78

Figura 5: Análise de autocorrelação, realizada no aplicativo computacional Mulva 5, a partir de uma matriz de distâncias euclidianas dos parâmetros geomorfológicos, entre as unidades amostrais de vegetação florestal, no Morro Santana, Porto Alegre - RS. A análise foi feita para cada uma das quatro variáveis geomorfológicas separadamente.....80

Figura 6: Diagramas de dispersão pelo método da ordenação direta de Roberts, elaborados no aplicativo computacional Mulva 5, a partir de análise de agrupamento dos parâmetros geomorfológicos, entre unidades amostrais, da vegetação florestal no Morro Santana, Porto Alegre - RS. A análise foi feita para cada uma das quatro variáveis geomorfológicas separadamente.....81

Figura 7: Modelo tridimensional do Morro Santana, Porto Alegre - RS, vista direção norte e ângulo de inclinação 45°, com as categorias de uso e cobertura do solo diferenciadas a partir de estereoscopia das formações campestres e florestais naturais e demais categorias reclassificadas em Bortolotti e Porto (artigo I, nesta publicação).....84

Figura 8: Distribuição dos tipos de uso e cobertura do solo no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em relação à cobertura analisada pelo número de pixels. A numeração corresponde às seguintes categorias: 1: campo claro com pedras; 2: campo claro; 3: campo escuro com pedras; 4: campo escuro; 5: capoeira; 6: floresta A; 7: floresta B; 8: floresta C; 9: maricazal; 10: banhado; 11: açude; 12: arroio; 13: silvicultura; 14: agricultura e pastagem; 15: solo exposto e 16: área urbana.....85

Figura 9: Biótopos naturais, segundo unidades e sub-unidades de vegetação, fitofisionomias e distância dos cursos d'água, nas áreas de formações campestres e florestais naturais no Morro Santana, Porto Alegre - RS, com a delimitação da área pertencente à UFRGS em azul.....87

Figura 10: Superfície (área) em hectares ocupada pelos grupos contínuos das categorias campestres e florestais naturais, no Morro Santana, Porto Alegre - RS.....	89
Figura 11: Índice de borda (compacidade) de cada grupo contínuo das categorias florestais e campestres naturais, no Morro Santana, Porto Alegre - RS, através de uma relação entre a sua área e seu perímetro.....	90
Figura 12: Distância (m) das áreas urbanas em relação às categorias florestais e campestres naturais na área de estudo, Morro Santana, Porto Alegre - RS.....	92
Figura 13: Valores ecológicos atribuídos às unidades e sub-unidades vegetais, nas formações campestres e florestais do Morro Santana, Porto Alegre - RS, a partir da análise quanto à porcentagem de espécies pertencentes às categorias sucessionais tardias e climácicas.....	94
Figura 14: Valores ecológicos atribuídos às unidades e sub-unidades vegetais do Morro Santana, Porto Alegre - RS, a partir da análise quanto à naturalidade das comunidades.....	96
Figura 15: Valores ecológicos atribuídos às áreas do Morro Santana, Porto Alegre - RS, cobertas por campos e florestas naturais, a partir dos parâmetros estruturais da paisagem, dados pelo índice de área, índice de borda e distância de áreas urbanas.....	97
Figura 16: Valoração ecológica das áreas do Morro Santana, Porto Alegre - RS, cobertas por campos e florestas naturais, a partir das variáveis climacidade das espécies vegetais, naturalidade das comunidades vegetais e estrutura da paisagem, distribuída em Zonas de Caracterização Ecológica, com a delimitação da área pertencente à UFRGS em azul.....	100

Figura 17: Detalhamento das Zonas de Caracterização Ecológica de acordo com os Biótopos campestres e florestais naturais que as compõem. Com o limite da área pertencente à UFRGS no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em azul.....104

LISTA DE TABELAS

Página

Do Artigo I:

Tabela 1: Freqüência, em ordem decrescente de porcentagem, das categorias de uso e cobertura do solo, em relação à área total do Morro Santana, Porto Alegre - RS.....37

Tabela 2: Freqüência, em porcentagem, das classes de variáveis geomorfológicas em relação à área total do Morro Santana, Porto Alegre - RS.....47

Tabela 3: Relação das macrozonas no Morro Santana, Porto Alegre - RS, suas fitofisionomias e parâmetros geomorfológicos.....49

Do Artigo II:

Tabela 1: Relação das macrozonas definidas para amostragem, obtidas em Bortolotti e Porto (artigo I, nesta publicação), no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em formações campestres e florestais e seus parâmetros geomorfológicos.....60

Tabela 2: Unidades e sub-unidades de vegetação, presentes nas macrozonas de formações campestres amostradas no Morro Santana, Porto Alegre - RS, detectadas a partir da análise de agrupamento exibição em Tabela de Vegetação, realizada no aplicativo computacional Mulva 5.....73

Tabela 3: Unidade e sub-unidades de vegetação presentes nas macrozonas de formações florestais amostradas no Morro Santana, Porto Alegre - RS, detectadas a partir da análise de agrupamento exibição em Tabela de Vegetação, realizada no aplicativo computacional Mulva 5.....74

Tabela 4: Caracterização das sub-unidades de vegetação florestal, presentes no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em relação à porcentagem de espécies

pertencentes aos tipos fitofisionômicos segundo classificação de Brack *et al.* (1998).....82

Tabela 5: Unidades e sub-unidades de vegetação do Morro Santana, Porto Alegre - RS, em relação aos padrões fitofisionômicos campestres e florestais interpretados através de fotos aéreas do ano 1991 e aos parâmetros geomorfológicos (classes de distância dos cursos d'água) que as caracterizam. Sendo a classe 1 próxima dos cursos d'água e indicativa de locais úmidos e a classe 2 de lugares mais secos e distantes dos cursos.....86

Tabela 6: Cobertura dos biótopos naturais das áreas de formações campestres e florestais no Morro Santana, Porto Alegre - RS.....86

Tabela 7: Unidades e sub-unidades de vegetação no Morro Santana, Porto Alegre - RS, e sua valoração a partir da climacidade, em ordem crescente do valor ecológico.....93

Tabela 8: Unidades e sub-unidades de vegetação campestre e arbórea no Morro Santana, Porto Alegre - RS, e sua valoração a partir do critério naturalidade das comunidades, em ordem crescente do valor ecológico.....95

Tabela 9: Cobertura, em hectares, das zonas núcleo, extensão do núcleo, tamponamento e ligação, formadas por campos e florestas naturais no Morro Santana, Porto Alegre - RS.101

Tabela 10: Distribuição dos biótopos naturais, em porcentagem, nas Zonas de Caracterização Ecológica NUC: Núcleo; EXT: Extensão do núcleo; TAM: Tamponamento e LIG: Ligação, nos campos e florestas naturais, do Morro Santana, Porto Alegre - RS.....103

Tabela 11: Comparação entre as Zonas de Caracterização Ecológica NUC: Núcleo; EXT: Extensão do núcleo; TAM: Tamponamento e LIG: Ligação, em relação às suas composições, em porcentagem, por formações campestres e florestais naturais, no Morro Santana, Porto Alegre - RS.....103

INTRODUÇÃO

A Unidade de Conservação (UC) tratada neste estudo encontra-se rodeada pelos centros urbanos dos municípios de Porto Alegre e Viamão - RS, estando localizada no Morro Santana, a maior elevação da capital com 311m de altitude.

Os morros graníticos da região de Porto Alegre, entre eles o Santana, tiveram suas rochas geradas durante diversos estágios de evolução do cinturão orogênico, conhecido como Cinturão Dom Feliciano. Este cinturão originou-se pela colisão entre dois antigos continentes, um sul-americano e outro africano, há cerca de 700 milhões de anos, um dos limites dessa colisão ficou marcado por uma zona de falhas conhecida como Sutura de Porto Alegre. Após o processo colisional, com o lento soerguimento do cinturão ocorre a reativação dessa sutura, onde, alojaram-se magmas graníticos mais jovens, como o granito santana, que é a rocha formadora do morro Santana (Menegat *et al.* 1998). Segundo Rambo (1954), este morro juntamente com os demais morros graníticos da região de Porto Alegre constituem a projeção mais setentrional do Escudo Rio-Grandense.

O morro possui área de 1459ha, dos quais 660,1ha pertencem à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Dessas aproximadamente 360ha irão compor a unidade de conservação.

Suas encostas serem íngremes e grande parte do morro ser área de propriedade federal, embora sem cercamento, essas características impediram a total ocupação do Morro Santana pelas populações do entorno. Assim, mantiveram-se no local, os mosaicos de matas e campos característicos dos morros de Porto Alegre (Porto *et al.*1998). Segundo Porto (1998) e Pfadenhauer (2004), nestes mosaicos, os campos são relictos de época de clima com influência glacial, seco e frio, anteriores à atual vegetação florestal e não correspondem a um resultado de processos de desaparecimento das florestas devido ao clima ou ao desmatamento em si. De acordo com Brack (1998), as florestas também são relictuais no município de Porto Alegre, e ocorrem principalmente ao longo dos morros e áreas inundáveis. Overbeck e Pillar (2004), consideram o fogo um fator de importância da dinâmica na borda entre florestas e campo e citam as queimadas como instrumento comum no manejo de pastagens, que também afetam os campos do Morro Santana. Müller *et al.* (2003) cita as espécies lenhosas em vegetação campestre do morro, com capacidade de

rebrote após a queima e define que as estratégias de adaptação das espécies seja pela tolerância ao distúrbio ou recrutamento pós-distúrbio, permitem a ocorrência e a manutenção dos mosaicos de floresta e vegetação campestre, sob a ação de queimadas antrópicas.

As formações vegetais do Morro Santana apresentam grande diversidade biológica, com espécies vegetais oriundas de diferentes partes do continente sul-americano, sendo os campos, de acordo com Porto (1998), colonizados por elementos austrais-antárticos pela rota migratória meridional e por elementos chaco-pampeanos pela rota migratória oeste; as florestas compõem-se de espécies migradas do noroeste do estado, que originou-se da periferia sul da Floresta Amazônica e de elementos tropicais da Floresta Atlântica migrados através da rota migratória da Costa Atlântica Brasileira, que teriam penetrado no estado, segundo Rambo (1950), pela “Porta de Torres”.

Dentre as fitofisionomias da vegetação natural de Porto Alegre, descritas por Brack (1998), estão presentes no Morro Santana: as matas higrófila, mesófila, subxerófila e ripária; a comunidade litófila arbóreo-arbustiva de campos pedregosos; as comunidades terrestres de vassourais e capoeiras e as comunidades herbáceo-arbustivas de campos pedregosos e banhados. Em descrições da flora da região de Porto Alegre, Rambo (1954) refere no lado sul dos morros, nos vales bem irrigados, a presença da mata pluvial, sinonímia mata higrófila (Brack, 1998). Ainda segundo Rambo (1954), no Santana, essa mata sobe até pouco abaixo do ponto mais alto. Entre as espécies da mata baixa estão *Sorocea bonplandii* e *Gymnanthes concolor*; na mata alta ocorrem *Cordia trichotoma* e *Enterolobium contortisiliquum*, após uma faixa de transição com *Dodonaea viscosa* e *Heterothalamus psiadioides* aparece o campo limpo com gramíneas e compostas, entremeadas com inúmeras rosetas de *Eryngium* spp.. Mohr (1995), em estudos do zoneamento da vegetação na área da futura unidade de conservação do Morro Santana, define a situação da vegetação como resultante da combinação de fatores ambientais, como substrato, umidade e posição no relevo, bem como fatores de ordem antrópica.

São poucos os estudos de fauna no Morro Santana. A respeito das aves, Forneck (2001) cita 54 espécies, sendo 7 migratórias de verão. *Tyrannidae* foi a família mais expressiva com onze espécies, seguida da sub-família *Thraupinae* com sete espécies. Neste estudo, as duas categorias tróficas mais expressivas

foram insetívoros e frugívoros. Em UFRGS (2002), foram registradas 77 espécies, essas juntamente com a lista de Forneck (2001), somam 89 espécies de aves registradas para o Morro Santana. Penter (2004), entre captura, visualização, vestígio e entrevista, registrou 22 espécies de mamíferos. Entre essas, uma espécie da ordem *Chiroptera*; duas espécies das ordens *Marsupialia*, *Primates* e *Lagomorpha*; três espécies da ordem *Xenarthra* e seis espécies das ordens *Carnivora* e *Rodentia*. Devido à relativa riqueza de espécies de mamíferos encontradas, Penter (2004) sugere que o Morro Santana ainda encontra-se em razoável estado de conservação, apesar do impacto ambiental já sofrido. A fauna de moluscos estudada está descrita em UFRGS (1997), com o registro de *Megalobulimus abbreviatus* e os gêneros *Bulimulus* e *Odontosmus*. Quanto à fauna de solo, foram registrados em UFRGS (2002), 11 grupos de artrópodos. UFRGS (2002) refere para a fauna Epigéica 21 táxons, em UFRGS (1997), estão citados 19 táxons, sendo 17 de artrópodos.

Os remanescentes fragmentos de ecossistemas naturais do Morro Santana encontram-se ameaçados, o crescimento intra-urbano e as altas taxas de natalidade nas áreas periféricas de Porto Alegre, agravam a pressão antrópica dos últimos anos sobre os ecossistemas nativos (Adelmann e Zellhuber, 2004). Poluição de nascentes e corpos d'água por fossas sanitárias e lixo, queimadas e corte seletivo da vegetação, ruptura e deslizamento de material de encosta como rochas e solo e assoreamento de arroios, são alguns dos impactos que ocorrem no morro destacados por Oliveira *et al.* (1998). Cabe acrescentar a utilização das trilhas para prática de *motocross*, que abrem valas e derrubam a vegetação causando intensa erosão na área (Porto, 1997).

Estes fragmentos de vegetação natural encontram-se praticamente isolados das reduzidas áreas verdes que restam no município e entorno, situação que requer cuidados imediatos. Conforme Ricklefs (1996), a restauração natural depende da existência de partes de habitats intactos a partir das quais as espécies podem recolonizar as áreas perturbadas. Porém, à medida que os habitats se tornam mais e mais fragmentados, tal como as florestas têm sido pelo crescimento das áreas cultiváveis e do desenvolvimento urbano, as perturbações podem destruir tão completamente uma área que a deixarão com poucas chances de uma recuperação completa (tal como seria sem a interferência antrópica), mesmo com substancial ajuda humana.

Quanto à proteção de reservas naturais em áreas urbanas, acrescenta-se o valor dessas áreas para educação, manutenção da biodiversidade, atividades de lazer e até mesmo recreação (Spellerberg 1992). Porto (1997) realizou trabalhos relacionados à capacidade de suporte de carga turística das trilhas do Morro Santana, análise do impacto na vegetação junto à borda da Trilha Cauê, sujeita experimentalmente à visitas regulares e estudo do ganho cognitivo, percepção ambiental e educação ambiental com alunos de três escolas da capital, sendo duas, localizadas na base sul do morro. Em parceria com o grupo escoteiro Léo Borges Fortes-80 RS, alunos do Programa de Pós Graduação em Ecologia da UFRGS, desenvolvem junto à escolas e outras instituições da região, palestras a respeito dos aspectos geológicos, biológicos e antrópicos no Morro Santana. Esse trabalho visa conscientizar a comunidade, principalmente do entorno do morro, para evitar ações que possam causar impactos a área, principalmente caça, extração da vegetação e prática de *motocross* (Rodenbusch *et al.* 2003).

A Comissão de Instalação da Futura Unidade de Conservação do Morro Santana, composta por professores, técnicos e estudantes da UFRGS, em consulta ao Ministério Público Estadual e ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), solicitou o posicionamento destes órgãos quanto à definição da categoria da UC. Também, em virtude das atividades de pesquisa científica e educação ambiental pretendidas para a área, a indicação recebida foi de enquadrar a futura UC como Unidade de Proteção Integral na categoria Refúgio de Vida Silvestre. A aprovação da criação da unidade de conservação está em tramitação interna na universidade. Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (Brasil 2000), a UC deverá dispor de um plano de manejo no qual é estabelecido o seu zoneamento, e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais. Cabe aqui, expor a definição de alguns conceitos. De acordo com o SNUC entende-se por:

- Unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.
- Proteção Integral: manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus

atributos naturais. Considera-se como uso indireto, aquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais.

- Categoria Refúgio de Vida Silvestre: área de domínio público ou privado, com o objetivo de garantir, através do manejo específico, a preservação de ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.
- Manejo: todo e qualquer procedimento que vise assegurar a conservação da diversidade biológica e dos ecossistemas.
- Plano de Manejo: documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade.
- Zoneamento: definição de setores ou zonas em uma unidade de conservação com objetivos de manejo e normas específicas, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz.

Mesmo em uma unidade de conservação, onde o acesso das pessoas não acontece em tempo integral, são inúmeras as interações desses nos ecossistemas naturais. De acordo com Silva *et al.* (2000) é necessário ter em mente que a interação do ser humano com uma determinada região inicia um processo de alteração da estrutura e funcionalidade do sistema, causando danos, num primeiro momento a si próprio, e a longo prazo à sociedade. Isso pode ser evitado ou minimizado, por meio do conhecimento e planejamento do uso desse ecossistema. A premissa básica é que para planejar é preciso conhecer, portanto, segue o autor, as informações de diversas disciplinas, agregadas aos meios físico, biológico e sócio-econômico, são imprescindíveis a um bom diagnóstico e conseqüentemente às formulações de diretrizes.

A definição dos setores ou zonas da UC baseiam-se em estudos de levantamento e diagnóstico da qualidade ambiental. Atualmente são conhecidas diversas metodologias que realizam esses estudos, muitas utilizando como base o zoneamento ambiental, termo que define inúmeros métodos de

compartimentação do ambiente em estudo (Bedê *et al.* 1997). Para Pivello (1998), o zoneamento baseia-se nas características físicas e bióticas locais, a fim de compatibilizar a conservação dos recursos naturais com outros usos.

O mapeamento de biótopos pode ser considerado como um tipo de zoneamento ambiental, como pode também ser encarado como uma base para um zoneamento ambiental em um sentido mais amplo (Bedê *et al.* 1997). Este mapeamento analisa um trecho de uma paisagem, classificando as parcelas do mesmo conforme as características dos seus componentes físicos, antrópicos e biológicos.

A ecologia de paisagem é uma ciência de abrangência interdisciplinar e foca explicitamente as configurações espaciais. Essas são características que tornam a Ecologia de Paisagem adequada ao estudo de biótopos. Além dessas, de acordo com Turner (2001), a contribuição científica da ecologia de paisagem é essencialmente para o planejamento do uso e manejo das áreas (regiões); é motivada por uma necessidade de entender o desenvolvimento e a dinâmica das configurações nos fenômenos ecológicos. Tratando dos processos ecológicos integrados e interdependentes do seu meio físico e espacial, a ecologia de paisagem fornece uma visão de funcionalidade dos sistemas, permitindo-nos caracterizar as suas unidades como hábitats, os quais oferecem diversas condições às quais os organismos interagem. Ricklefs (1996) define hábitat como o lugar ou posicionamento físico, no qual organismos vivem, que pode ser identificado por suas características físicas mais visíveis, freqüentemente incluindo flora predominante, ou mesmo fauna. Porém, a definição dos hábitats depende do ponto de vista; este autor aborda diferenças entre hábitats a partir da escala: “a diferença entre a parte de cima e a de baixo de uma folha é importante para um pulgão, mas não para um alce, que rapidamente come a folha inteira, com pulgão e tudo”. A partir de estudos de ecologia de paisagem, a caracterização de hábitats, que constituem diferentes biótopos, ocorre em macro escala. Utiliza-se a distribuição de fitofisionomias e comunidades vegetais em relação à parâmetros geomorfológicos e da estrutura da paisagem.

A hipótese deste trabalho foi de que as formações naturais (fitofisionomias) da área de estudo e as suas diferentes unidades e sub-unidades vegetais, diferidas entre si, pela composição e estrutura da biota, estariam distribuídas

predominantemente, em função das características geomorfológicas: altitude, declividade, exposição solar e potencial de umidade do solo, constituindo assim, as unidades de manejo (biótopos) da área natural da futura UC. E pressupomos, que os biótopos naturais podem ser organizados em zonas de valores ecológicos diferenciados, definidos a partir de critérios analíticos da qualidade da vegetação e da estrutura da paisagem.

Para tanto, os seguintes objetivos foram traçados: a) realizar o macrozoneamento da área da futura unidade de conservação, a partir da integração de variáveis geomorfológicas e das fitofisionomias naturais; b) verificar as relações entre a distribuição das fitofisionomias naturais e as variáveis geomorfológicas; c) caracterizar os biótopos naturais da futura U.C. a partir das variáveis geomorfológicas em macro escala e do meio biótico obtidas a partir da fitossociologia de formações campestres e florestais; d) atribuir, aos biótopos naturais, valores ecológicos representativos da qualidade ambiental segundo critérios estruturais da vegetação e da paisagem; e) identificar espacialmente as zonas importantes para um plano de manejo, definidas como núcleo, extensão do núcleo, tamponamento e ligação.

Visando contribuir com a compreensão global deste estudo, foi elaborado, com base em Silva *et al.* (2000), um fluxograma que descreve as fases da caracterização, valoração dos biótopos e zoneamento (Figura 1).

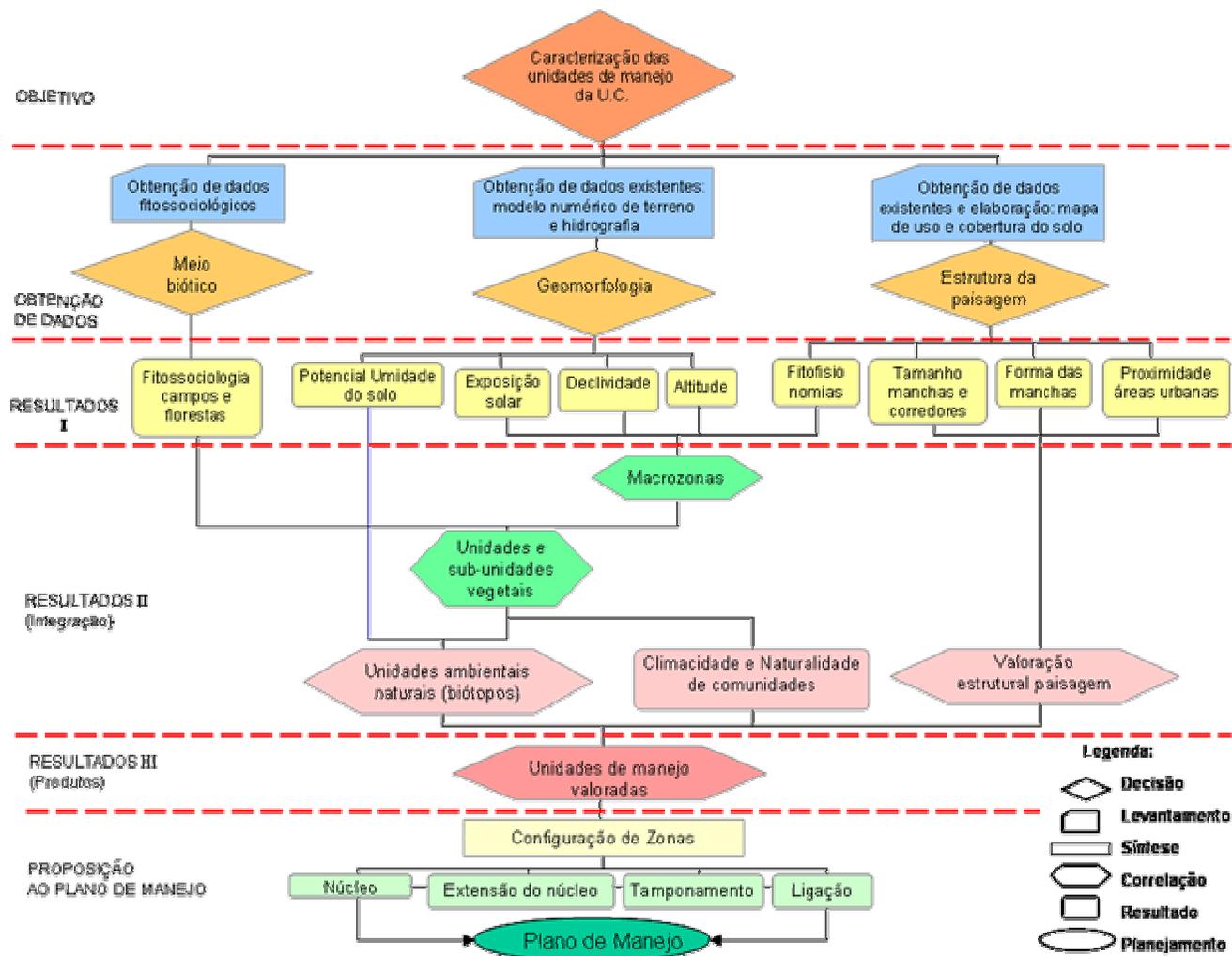


Figura 1: Fluxograma das fases de estudo da caracterização dos biótopos naturais, seus valores ecológicos e Zonas de Caracterização Ecológica, no Morro Santana, Porto Alegre - RS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADELMANN, W.; ZELLHUBER, A. Análise de Conflitos Ambientais em Áreas de Expansão Urbana Através da Construção de Cenários Espaciais. In: Porto, M. L. (org.). **Workshop proteção e manejo da vegetação natural de Porto Alegre com base em pesquisa de padrões e dinâmica da vegetação**. Porto Alegre: UFRGS - Programa de Pós Graduação em Ecologia, 2004. 74 p. il.: 29,7 cm.

BÊDE, L.C.; WEBER, M. RESENDE, S. PIPER, W.; SCHULTE, W. **Manual para mapeamento de biótipos no Brasil**: Base para um planejamento ambiental eficiente. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Alexander Brandt, 1997. 146 p.

BRACK, P.; RODRIGUES, R.S.; SOBRAL, M.; LEITE, S.L.C. Árvores e arbustos na vegetação natural de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, vol.51, n. 2, p. 139-166, 1998.

BRASIL. Lei nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

FORNECK, E.D. **Biótopos naturais florestais nas nascentes do arroio Dilúvio (Porto Alegre e Viamão, RS) caracterizados por vegetação e avifauna**. 2001. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MENEGAT, R.; FERNANDES, L. A. D.; KOESTER, E.; SCHERER, C. M. S. Porto Alegre antes do homem: evolução geológica. In: Menegat, R.; Porto, M. L.; Carraro, C. C.; Fernandes, L. A. D. (coords.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 11-16.

MOHR, F.V. **Zoneamento da vegetação da reserva ecológica do Morro Santana – Porto Alegre, RS**: Aplicabilidade de geoprocessamento e bases fitossociológicas. 1995. 69 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MÜLLER, S.C. *et al.* Comunidades de espécies lenhosas sob a ação do fogo em vegetação campestre no Morro Santana, Porto Alegre, RS. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6., 2003, Ceará. **Anais de Trabalhos Completos**. Simpósio Funcionamento de Ecossistema. p. 590-591.

OVERBECK, G.; PILLAR, V. D. O fogo nos campos no sul do Brasil: fator de impacto ambiental ou de manutenção dos campos?. In: Porto, M. L. (org.). **Workshop proteção e manejo da vegetação natural de Porto Alegre com base em pesquisa de padrões e dinâmica da vegetação**. Porto Alegre: UFRGS - Programa de Pós Graduação em Ecologia, 2004. 74 p. il.: 29,7 cm.

PENTER, C. **Inventariamento rápido da fauna de mamíferos do Morro Santana, Porto Alegre, RS**. 2004. 35 f. Monografia (Bacharelado Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PFADENHAUER, J. Mosaicos de floresta-campo: uma perspectiva global. In: Porto, M. L. (org.). **Workshop proteção e manejo da vegetação natural de Porto Alegre com base em pesquisa de padrões e dinâmica da vegetação**. Porto Alegre: UFRGS - Programa de Pós Graduação em Ecologia, 2004. 74 p. il.: 29,7 cm.

OLIVEIRA, J.M. M. T .DE.; CHANAN, L.M.C.; FAERTES, R. Áreas de risco geológico: ocupação urbana inadequada In: Menegat, R.; Porto, M. L.; Carraro, C. C.; Fernandes, L. A. D. (coords.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 153-155.

PIVELLO, V.R. *et al.* Proposta de zoneamento ecológico para a reserva de Cerrado Pé-de Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). **Brazilian Journal of Ecology**, Rio Claro, ano 2, n.2, p. 109-119, 1998.

PORTO, M. L. As formações vegetais: evolução e dinâmica da conquista. In: Menegat, R.; Porto, M. L.; Carraro, C. C.; Fernandes, L. A. D. (coords.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 47-58.

PORTO, M. L.; MEIRA, J.R.; MOHR, F.V.; OLIVEIRA, M. L. A.A. Unidades de conservação ambiental. In: Menegat, R.; Porto, M. L.; Carraro, C. C.; Fernandes, L. A. D. (coords.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 79-81.

PORTO, P.R. **Corredores lineares “ trilhas” em áreas preservadas**.1997. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RAMBO, B. A Porta de Torres. **Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues**, Itajaí, v.2, n. 2, p. 125 - 136, 1950.

RAMBO, B. Análise histórica da flora de Porto Alegre. **Sellowia**, Itajaí, v.6, n. 6, p. 9 - 112, jun. 1954.

RICKLEFS, R. E.. **A economia da natureza**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. 470p.

SILVA, J.S. *et al.* Avaliação integrada do maciço do Urucum e adjacências – procedimentos e diretrizes. In: SILVA, J.S. (Org.). **Zoneamento Ambiental da borda oeste do Pantanal: maciço do Urucum e adjacências**. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de tecnologia, 2000. p. 9-22. ISBN 85-7383-076-X.

SPELLERBERG, I. F.. **Evaluation and assessment for conservation**. London: Chapman & Hall, 1992. 260p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). Relatório de Prática Integrada de Campo: **Caracterização de biótopos de uma micro bacia do Morro Santana, Porto Alegre, RS**. Porto Alegre: UFRGS - Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, 1997. 137p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). Relatório de Prática Integrada de Campo: **Análise ambiental de duas microbacias inseridas no Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS - Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, 2002. 178 p.

TURNER, M.G.; GARDNER, R.H.; O'Neill, R.V. **Landscape Ecology In Theory and Practice**: Pattern and Process. New York: Springer-Verlag, 2001. 401p. ISBN 0-387-95123-7.

Macrozoneamento da Paisagem Baseado em Variáveis Geomorfológicas e Fitofisionomias no Morro Santana, Porto Alegre, RS.

Juliane S. Bortolotti* e Maria Luiza Porto**

RESUMO

O zoneamento ambiental é uma ferramenta adequada para a caracterização e diagnóstico de determinado espaço físico e posterior planejamento do tipo de uso. No presente estudo, foi realizado o macrozoneamento da área da futura Unidade de Conservação (UC) do Morro Santana (Porto Alegre, RS), a partir da análise de dados geomorfológicos junto à interpretação do uso e cobertura do solo. O método seguiu o cruzamento de informações espacializadas, por meio de cartografia computadorizada, utilizando o sistema de informação geográfica (SIG) Idrisi. Os tipos de uso e cobertura do solo foram agrupados às variáveis geomorfológicas altitude, declividade e exposição solar de encosta, divididas em classes abrangentes, por isso, tratadas como uma visão em macroescala. A partir dos grupos formados, foram definidas treze macrozonas que compreenderam áreas com tamanho igual ou maior que 2 hectares, cobertas com formações campestres e florestais nativas, com orientação solar norte ou sul e presentes fora do limite do plano de expansão urbana da universidade. Também foi verificada neste trabalho, a relação entre a distribuição das fitofisionomias naturais com os parâmetros geomorfológicos, incluindo nesta análise a variável distância dos cursos d'água. As coberturas naturais não revelaram uma distribuição preferencial em relação às variáveis declividade e altitude. Exposição solar de encosta e distância dos cursos d'água tiveram relação positiva com a ocorrência das fitofisionomias. A formação campo nativo ocupa, predominantemente, as encostas mais secas, com orientações norte, nordeste, noroeste e oeste e teve sua distribuição mais afastada dos cursos d'água. O contrário ocorre com as

* Aluna do Programa de Pós Graduação em Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS - Porto Alegre - RS. E-mail: ju_ecar@yahoo.com.br

** Prof^a. Dr^a. do Departamento de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS - Porto Alegre - RS.

formações florestais, que ocupam predominantemente as encostas sul, sudeste, sudoeste e leste. A incidência solar mais fraca nessas vertentes ocasiona maior acumulação de umidade no solo, favorecendo o desenvolvimento da vegetação florestal. Foi verificada a ocorrência restrita da floresta higrófila nos locais próximos aos corpos hídricos, que são ambientes tipicamente úmidos.

Palavras Chave: macrozoneamento ambiental; geomorfologia; fitofisionomia; ecologia de paisagem e unidades de conservação.

ABSTRACT

The environmental zoning is a proper tool for characterizing and diagnosing a specific physical area and posterior planning of type of usage. In the present study, it was made a macrozoning of the area of the future Conservation Unit of Santana Hill (Morro Santana, Porto Alegre, RS, Brazil) based on data analysis of physical environment with an interpretation of use and soil cover. The method followed the crossing of spatial information through computer cartography using the geographic information system (SIG) Idrisi. The types of use and soil coverage were grouped to physical environment variables like altitude, descending slope, and solar exposure that were divided in wide range classes, and then treated with a macro scale vision. From the formed groups, it was chosen thirteen macrozones of two hectares or more, covered by native campestrial and forest formations, with north or south solar orientation, and presented out of the limit of the urban expansion plan of the University. Herein it was also tested the relation between the distribution of the native phytophysionomies with physical parameters, including the variable distance of watercourse. The native coverage did not reveal a preferential distribution related to descendent slope and altitude. Solar exposure and watercourse distance showed a positive relation with the occurrence of the phytophysionomies. The campestrial native formation predominantly occupies drier hillsides, with orientations north, northeast, northwest, and west and had its distribution more distant from watercourses. The opposite occurs with forest formation that preferably occupies south, southwest, southeast, and east slopes. The less solar incidence these slopes occasion greater retention of humidity in the

soil, benefiting the development of forest vegetation. It was verified restrict occurrence of hygrophile forest to locations closer to hydric bodies, which are characteristicly moist environments.

Keywords: environmental macrozoning; geomorphology; phytophysionomy; landscape ecology and conservation unit and.

1. INTRODUÇÃO

Na elaboração de um zoneamento ambiental, o ambiente deve ser pensado em sua totalidade, considerando as peças fundamentais envolvidas no processo, ou seja, o homem e a natureza (Silva *et al.*, 2000). O zoneamento ambiental consiste na adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características do ambiente natural e da sócio-economia, integrando tais aspectos e culminando na caracterização de determinado espaço físico. De acordo com Pivello *et al.* (1998), esse trabalho pode ser estabelecido em diferentes escalas espaciais (para uma região, município, cidade, bairro, etc.) e com diferentes enfoques de uso (rural, urbano, conservacionista).

Em síntese, para entender a dinâmica de funcionamento de áreas e propor usos diferenciados de acordo com seus potenciais, visando a sua melhor conservação, é realizado o diagnóstico ambiental desses espaços físicos. Nesse diagnóstico a área estudada é classificada conforme as características dos seus componentes abióticos, antrópicos e biológicos. As áreas cujas características assemelham-se são agrupadas em zonas relativamente homogêneas.

O presente estudo foi desenvolvido na área da futura Unidade de Conservação Ambiental da UFRGS, no Morro Santana. No morro, em especial na área pertencente à UFRGS, existem remanescentes de matas, campos e capoeiras nativas, constituindo uma “ilha” de vegetação em meio aos centros urbanos. De acordo com Porto (1998), a vegetação da região de Porto Alegre é considerada um ecótono, fronteira entre grandes formações, sendo essas austrais-antárticas, chaco-pampeanas, periferia sul da Floresta Amazônica e tropicais da Floresta Atlântica. A vegetação dos morros graníticos da Região da

Grande Porto Alegre apresenta-se com áreas de mata e campo, geralmente heterogêneas (Aguiar *et al.*, 1986).

Esses ecossistemas naturais estão fortemente ameaçados pela acelerada ocupação humana do local; alguns dos problemas existentes na área são: desmatamento, tanto para ocupação com moradias quanto para abastecimento de lenha; prática de “motocross” causando intensa erosão e queda de árvores, em consequência da erosão e pela ação dos pneus nas raízes; poluição de corpos d’água e nascentes de três sub-bacias da região, com fossas sanitárias e lixo.

Visando subsidiar o futuro plano de manejo da Unidade de Conservação, desenvolveu-se o projeto “Caracterização das unidades de manejo (biótopos) na futura Unidade de Conservação Ambiental da UFRGS, Porto Alegre, RS - Uma contribuição com bases na Ecologia de Paisagem”, do qual o presente artigo representa a primeira etapa. Nesta abordagem preliminar, foram definidas macrozonas que serviram como locais de amostragem da vegetação utilizada na caracterização dos biótopos. Esse macrozoneamento foi baseado no cruzamento de dados geomorfológicos com a interpretação do uso do solo, incluindo fitofisionomias. Os parâmetros foram definidos sem detalhamentos, divididos em classes abrangentes, por isso tratados como uma visão em macroescala.

O zoneamento de áreas com base nas características da sua geomorfologia e, posteriormente, a possibilidade de inclusão e realização de novas análises com dados do meio biótico, realizando a sobreposição de planos diferentes de informações, são facilitados pelas técnicas de geoprocessamento. Dada a quantidade e complexidade dos dados ambientais, o processamento de uma grande quantidade de informações demanda ferramentas de hardware e software que reflitam o estado-da-arte em tecnologia computacional (Günther, 1998).

Uma técnica em software para o manejo e armazenamento de informações ambientais digitais é um sistema de arquivos com aplicação específica, como são utilizados em muitos sistemas de informações geográficas (SIG) (Günther, 1998). Naveh e Lieberman (1994) conceituam um SIG como um sistema de mapeamento computadorizado utilizado para adquirir (capturar), armazenar, manipular, analisar e exibir dados descritivos e espaciais. Eastman (1998) define-o como “um sistema auxiliado por computador para a aquisição, armazenamento, análise e

visualização de dados geográficos”. SIG serve como uma solução tecnológica para investigação em paisagens (Naveh e Lieberman, 1994).

Um SIG possui basicamente três componentes: *Hardware*, *Software* e uma estrutura de dados apropriada. As informações contidas na base de dados apresentam a realidade física do espaço terrestre, tais como relevo, vegetação, hidrografia, cidades e tantas outras informações que constituem o nosso ambiente (Madrugá *et al.*, 1996). Um SIG armazena e processa dois tipos de dados – as definições geográficas das feições da superfície da Terra e os atributos ou códigos que estas feições possuem (Eastman, 1998).

O SIG promove a análise geográfica dos dados. Para tanto ele oferece ferramentas e executa operações. Eastman (1998) agrupa as ferramentas analíticas em: consulta ao banco de dados, que consiste basicamente em ver a informação armazenada; álgebra com mapas, que, em geral, combina matematicamente planos de mapas; operadores de distância, que são um conjunto de técnicas onde a distância desempenha um papel fundamental na análise e operadores de contexto, sendo que com esses é possível criar novos planos com base na informação de um mapa existente e no contexto no qual se encontra.

O presente estudo pretendeu verificar se as fitofisionomias naturais da área estudada distribuem-se de acordo com os parâmetros geomorfológicos, e se esse condicionamento pode ser verificado, mesmo quando os dados são tratados em macroescala.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As etapas para a obtenção dos mapas das variáveis geomorfológicas (item 2.2), uso e cobertura do solo (item 2.3), relações entre fitofisionomias e variáveis geomorfológicas (item 2.4) e definição de macrozonas (item 2.5) foram processadas no sistema de informações geográficas (SIG) Idrisi (Clark University), versão 14.02 (Kilimanjaro).

2.1 Área de Estudo

A área de estudo situa-se no Morro Santana, entre os municípios de Porto Alegre e Viamão, RS. Possui aproximadamente 1459ha, cerca de 660,1ha pertencem à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), onde está prevista a criação de futura Unidade de Conservação (UC).

Foi adotada a área da futura Unidade de Conservação da UFRGS, como escala espacial para os estudos de macrozoneamento da paisagem baseado em variáveis geomorfológicas e fitofisionomias, no Morro Santana, Porto Alegre, RS.

2.2 Geomorfologia

O modelo numérico de terreno (MNT) da área de estudo foi obtido através da interpolação espacial dos dados altimétricos digitalizados a partir de base cartográfica digital 1:1.000, do ano 1982, de Porto Alegre, fornecida pela Secretaria do Planejamento do município. A resolução da imagem é 5 metros. Este modelo foi cedido pelo laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Ecologia da UFRGS em meio digital.

As declividades foram calculadas a partir do MNT, utilizando o comando SURFACE e após o operador de contexto denominado SLOPE. Nesta operação o valor de declividade atribuído a cada *pixel* depende de sua altitude e da altitude dos seus quatro vizinhos mais próximos. A declividade foi expressa em graus.

Para a obtenção do mapa das exposições solares, o MNT foi processado na operação ASPECT. A orientação solar foi expressa em azimute em relação ao norte. O mapa foi reclassificado, através da operação RECLASS, nas oito classes de exposições solares que seguem: Norte (N); Nordeste (NE); Leste (L); Sudeste (SE); Sul (S); Sudoeste (SO); Oeste (O) e Noroeste (NO).

O mapa dos cursos d'água permanentes e intermitentes, em meio digital, foi cedido pelo laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Ecologia da UFRGS. A partir desse mapa, através do módulo ASSIGN, gerou-se uma imagem *Booleana*, com valor um nas células de cursos d'água e zero nas demais. Após, essa imagem foi processada no módulo DISTANCE, para obter-se a distância em metros de cada célula à célula mais próxima da variável em questão. A distância aos cursos d'água foi utilizada como variável relativa da umidade dos ambientes, sendo as menores distâncias indicativas de maior umidade.

2.3 Uso e Cobertura do Solo

Utilizou-se o mapa de uso e cobertura do solo da área de estudo elaborado por Adelman (ined.). Nesse estudo o mapeamento das classes de uso e cobertura do solo foi realizado a partir da interpretação visual em estereoscopia do mosaico de fotografias aéreas, mediante digitalização em tela, correspondente a um levantamento aerofotográfico de 1991, de Porto Alegre, fornecido pela Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (Metroplan). Nessa interpretação, os tipos de formação vegetal foram diferenciados pela altura, diâmetro e densidade das copas das árvores, amparada em trabalho de campo para identificação das classes existentes. As classes dos tipos fisionômicos de vegetação foram caracterizadas segundo Brack *et al.* (1998). Os assentamentos urbanos mais recentes foram atualizados, a partir da classificação da imagem orbital de alta resolução do satélite Quickbird ano 2003. As etapas para a obtenção desse mapa foram realizadas com o auxílio dos softwares: Idrisi32 Release 2.2; Envi 3.5.1; Cartalinx Release 1.2 e Arcview 3.2 (Weber 2003).

Esse mapa distribui os usos e cobertura do solo em quarenta e duas classes, as quais, para os fins deste trabalho, foram agrupadas em treze categorias cujos códigos e especificações encontram-se listados a seguir: 1: arroio; 2: açude; 3: banhado; 4: maricazal; 5: campo nativo; 6: floresta subxerófila; 7: floresta mesófila; 8: floresta higrófila; 9: capoeira; 10: silvicultura; 11: agricultura e pastagem; 12: solo exposto e 13: área urbana.

2.4 Relações entre Fitofisionomias e Variáveis Geomorfológicas

Das treze categorias de uso e cobertura do solo, sete são fitofisionomias naturais e estão descritas a seguir, conforme Brack *et al.* (1998):

Banhados – distribuídos juntamente com os campos de várzea. Ocorrem as tiriricas (*Cyperus* spp., *Rhynchospora* spp.), a cruz-de-malta (*Ludwigia* spp.), o aguapé-comprido (*Ponteria cordata*), o caraguatá-do-banhado (*Eryngium pandanifolium*), entre outras.

Maricazais - vegetação ocorrente em planícies úmidas. Apresenta dominância de *Mimosa bimucronata* (maricá), com altura entre 1,5m e 5m.

Campos - denominados de campos pedregosos, são os típicos campos de topos de morros de Porto Alegre, com seixos ou afloramentos graníticos apresentando, geralmente, espécies arbustivas. A comunidade herbácea é formada basicamente por gramíneas, compostas e leguminosas.

Florestas Subxerófilas - correspondentes às matas subxerófilas em Brack *et al.* (1998), são as matas baixas ou capões encontrados nos topos ou encostas superiores do morro. O solo é muitas vezes raso, ocorrendo freqüentemente afloramentos graníticos (matacões), com feições próprias de solo com baixa retenção hídrica, por escoamento superficial. Estes locais de topo de morro estão sujeitos a uma maior exposição solar e a ventos intensos. A denominação subxerófila foi adotada para caracterizar a vegetação de ambientes mais secos.

Florestas Mesófilas - correspondentes às matas mesófilas em Brack *et al.* (1998), ocupam a porção média ou baixa do morro. A altura da floresta é de 10 a 15m, sendo encontrados 2 a 3 estratos arbóreos.

Florestas Higrófilas - correspondentes às matas higrófilas em Brack *et al.* (1998), ocupam os fundos de vale e encostas sul do morro, onde as condições de relevo permitem uma maior umidade relativa do ar, e também outros fatores como a maior profundidade do solo e a maior capacidade de armazenamento de água, o que proporciona condições para o crescimento de uma vegetação de grande porte, e maior riqueza florística que as demais comunidades florestais. Essas florestas atingem entre 12 e 20m de altura, com a presença de três ou quatro estratos arbóreos.

Capoeiras – compõem a vegetação arbóreo-arbustiva de transição entre a mata e o campo. Ocorre em locais originalmente florestais, desmatados e posteriormente abandonados.

As fitofisionomias foram analisadas no módulo HISTO, onde foram verificadas as suas distribuições em número de *pixels*, através de histogramas, em relação às variáveis geomorfológicas: altitude, declividade, exposição solar e distância dos cursos d'água.

2.5 Definição de Macrozonas

O macrozoneamento foi realizado utilizando a variável uso e cobertura do solo e as variáveis geomorfológicas altitude, declividade e exposição solar de

encosta. As variáveis geomorfológicas foram reorganizadas em intervalos de classe determinados sem basear-se na distribuição real das variáveis na área de estudo. Os valores de altitude foram divididos em três classes, os de declividade e exposição solar de encosta em quatro classes. As classes de altitude foram: 1: 0<100m; 2: 100<200m e 3: 200 até 311m. As classes de declividade foram: 1: 0°<10°; 2: 10°<20°; 3: 20°<30° e 4: 30°>45°. As classes de exposição solar foram: 1: N (norte); 2: L (leste); 3: S (sul) e 4: O (oeste).

Para obter-se a informação de qual o tipo de uso e cobertura e quais as classes das variáveis geomorfológicas presentes em um mesmo ponto do Morro Santana, essas variáveis foram agrupadas em uma só imagem. Para isso, através da operação RECLASS, foram atribuídos valores de milhar para os tipos de uso e cobertura, centenas para as classes de declividade, dezenas para as classes de exposição solar e unidades para as classes de altitude. Os valores atribuídos à variável tipo de cobertura foram: 1000: açude; 2000: arroio; 3000: banhado; 4000: maricazal; 5000: campo nativo; 6000: floresta subxerófila; 7000: floresta mesófila; 8000: floresta higrófila; 9000: capoeira; 10000: silvicultura; 11000: agricultura e pastagem; 12000: solo exposto e 13000: área urbana. Os valores atribuídos à variável declividade foram: 100: 0<10°; 200: 10°<20°; 300: 20°<30° e 400: 30°>45°. Os valores atribuídos à variável exposição solar foram: 10: N; 20: L; 30: S e 40: O. Os valores atribuídos à variável altitude foram: 1: 0<100m; 2: 100<200m e 3: 200 até 311m. Após, através da operação OVERLAY as quatro imagens foram somadas duas a duas resultando em uma única imagem com as variáveis geomorfológicas e tipo de cobertura codificadas de acordo com os novos valores atribuídos.

No artigo II (nesta publicação), as macrozonas foram utilizadas como locais de amostragem da vegetação, visando caracterizar as unidades de manejo (biótopos) da futura UC. Tendo em vista esse objetivo, optou-se por restringir o zoneamento à área do Morro Santana pertencente à UFRGS. Este procedimento foi realizado através da operação OVERLAY, multiplicando a imagem das variáveis geomorfológicas e de uso e cobertura do solo, já agrupadas, por uma imagem *Booleana* da área pertencente à universidade. Essa possui valores zero e um nos locais não pertencentes e pertencentes à UFRGS, respectivamente.

Por motivos de impossibilidade de realizar uma amostragem ampla da vegetação no tempo hábil do estudo, neste macrozoneamento, o objetivo foi

definir como zonas, apenas as maiores áreas contínuas de cobertura natural, excluindo as pequenas manchas mesmo que fossem de florestas ou campos naturais. Desta forma, através da operação GROUP, executada a partir da imagem das quatro variáveis na área da UFRGS, formaram-se novos grupos por semelhança de valores e contiguidade dos *pixel*. Para cada grupo formado, foi calculada a área em hectares através da operação AREA, após extraio-se apenas as manchas maiores de dois hectares, das quais, foram definidas treze zonas. Os critérios de inclusão das manchas no macrozoneamento foram: maiores tamanhos; localização fora do plano de expansão urbana da universidade; cobertura com ecossistemas naturais; orientação solar norte ou sul e o mesmo tipo de cobertura, sempre que possível, incluir as orientações solares norte e sul. Optou-se pelas orientações solares norte e sul por apresentarem, sob o ponto de vista fitofisionômico, as maiores diferenças em relação à cobertura vegetal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Geomorfologia

O modelo hipsométrico (Figura 1) mostra que a variação de elevação do terreno está entre -0,74m e 310,2m, porém adotamos o valor máximo de elevação de 311m conforme Folha de Porto Alegre SH.22-Z-A-1. Os valores de maior frequência, que compõem 60% da área do morro, estão entre 32 e 142m. No arroio Dilúvio estão as cotas mais baixas, parte destas estão dentro dos limites pertencentes à universidade. Os valores mais altos formam as duas cristas do morro localizadas aproximadamente na porção central da área prevista para unidade de conservação.

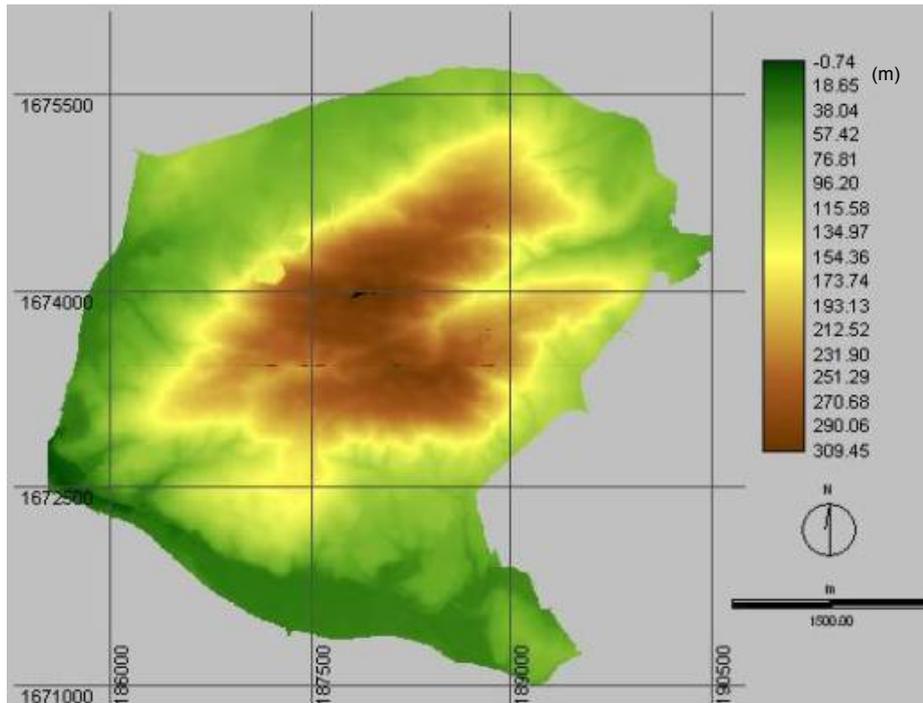


Figura 1: Modelo numérico de terreno (m) do Morro Santana, Porto Alegre - RS.

Os valores de declividade, em graus, variam de zero (plano) a $84,2^\circ$ (Figura 2). Os valores de maior frequência, que cobrem 60% da área total do morro estão entre 1° e 13° . As maiores declividades, acima de 45° ocorrem nas bordas das pedreiras localizadas fora da área pertencente à universidade.

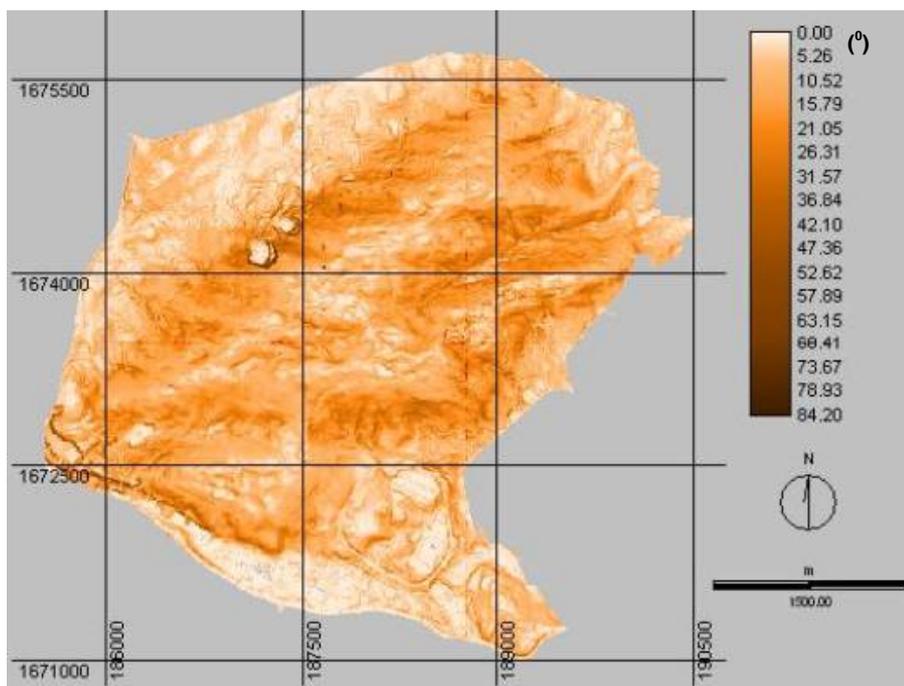


Figura 2: Distribuição espacial das declividades ($^{\circ}$) no Morro Santana, Porto Alegre - RS.

O morro possui as exposições solares de encosta (Figura 3) distribuídas uniformemente em toda sua área. As freqüências, em porcentagem, revelam valores semelhantes para todas exposições. As exposições norte, nordeste e noroeste ocupam 41% da área do morro e as exposições sul, sudeste e sudoeste 39%.

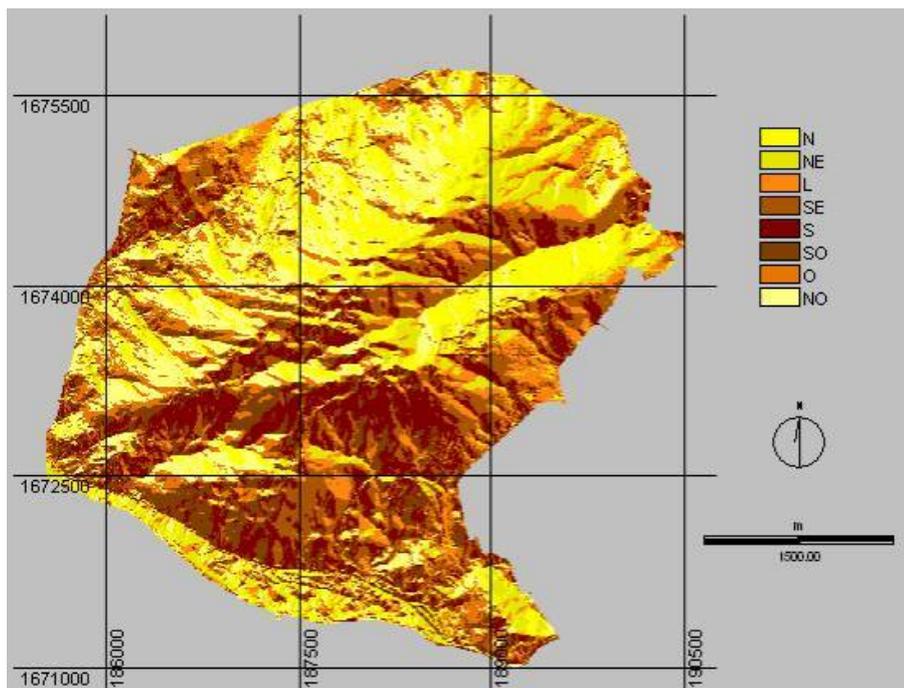


Figura 3: Distribuição espacial das exposições solares no Morro Santana, Porto Alegre - RS.

As áreas entre 5 e 170m de distância dos cursos d'água (Figura 4), possuem as maiores freqüências, ocupando 60% da área do morro. As áreas com distâncias até 60m compõem 24% da área do morro, sendo que os valores com maiores freqüências são: 5, 10, 25, 35, 40 e 60m de distância, ocupando 7,4% da área.

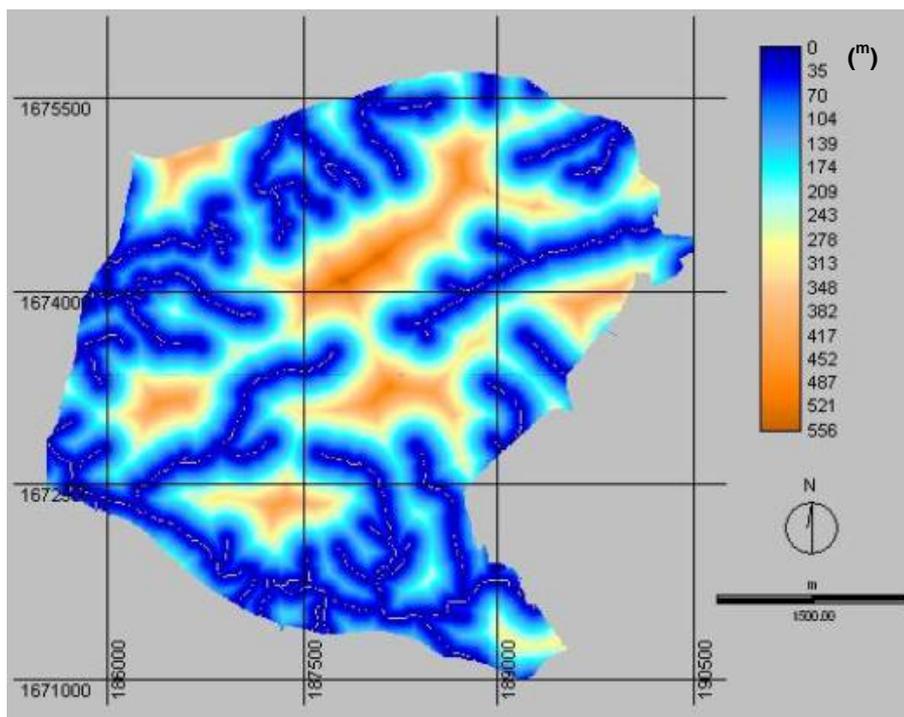


Figura 4: Distâncias (m) dos cursos d'água permanentes e intermitentes no Morro Santana, Porto Alegre - RS.

3.2 Uso e Cobertura do Solo

As treze categorias de uso e cobertura do solo estão representadas na Figura 5.

A análise em histograma de distribuição das categorias de uso e cobertura do solo revelou que a categoria floresta nativa é predominante no Morro Santana, ocupando 30,2% da área (Tabela 1). Analisando essa categoria somente na área pertencente à UFRGS, essa passa a ocupar quase dois terços da área (Mohr e Porto, 1998). A categoria área urbana possui cobertura equivalente à florestal na área do morro. A terceira colocação de frequência de cobertura foi a categoria campo nativo com 15% da cobertura; essa quando analisada na área da futura UC; passa a ter o dobro da cobertura, chegando a um terço da área (Mohr e Porto, 1998). As formações campestres e florestais do Morro Santana estão na maioria localizadas dentro da área da futura UC e o restante do morro está ocupado na maior parte por categorias de uso antrópico.

As sete fisionomias naturais ocupam 52% da área do morro (Tabela 1), proporção equivalente a áreas já antropizadas.

Tabela 1: Freqüência, em ordem decrescente de porcentagem, das categorias de uso e cobertura do solo, em relação à área total do Morro Santana, Porto Alegre - RS.

Categoria de Uso e Cobertura do Solo	%
Floresta	30,2
Área urbana	29,7
Campo nativo	15
Agricultura e pastagem	11
Capoeira	6
Silvicultura	4,3
Solo exposto	3,1
Arroio	0,3
Açude	0,2
Maricazal	0,1
Banhado	0,1

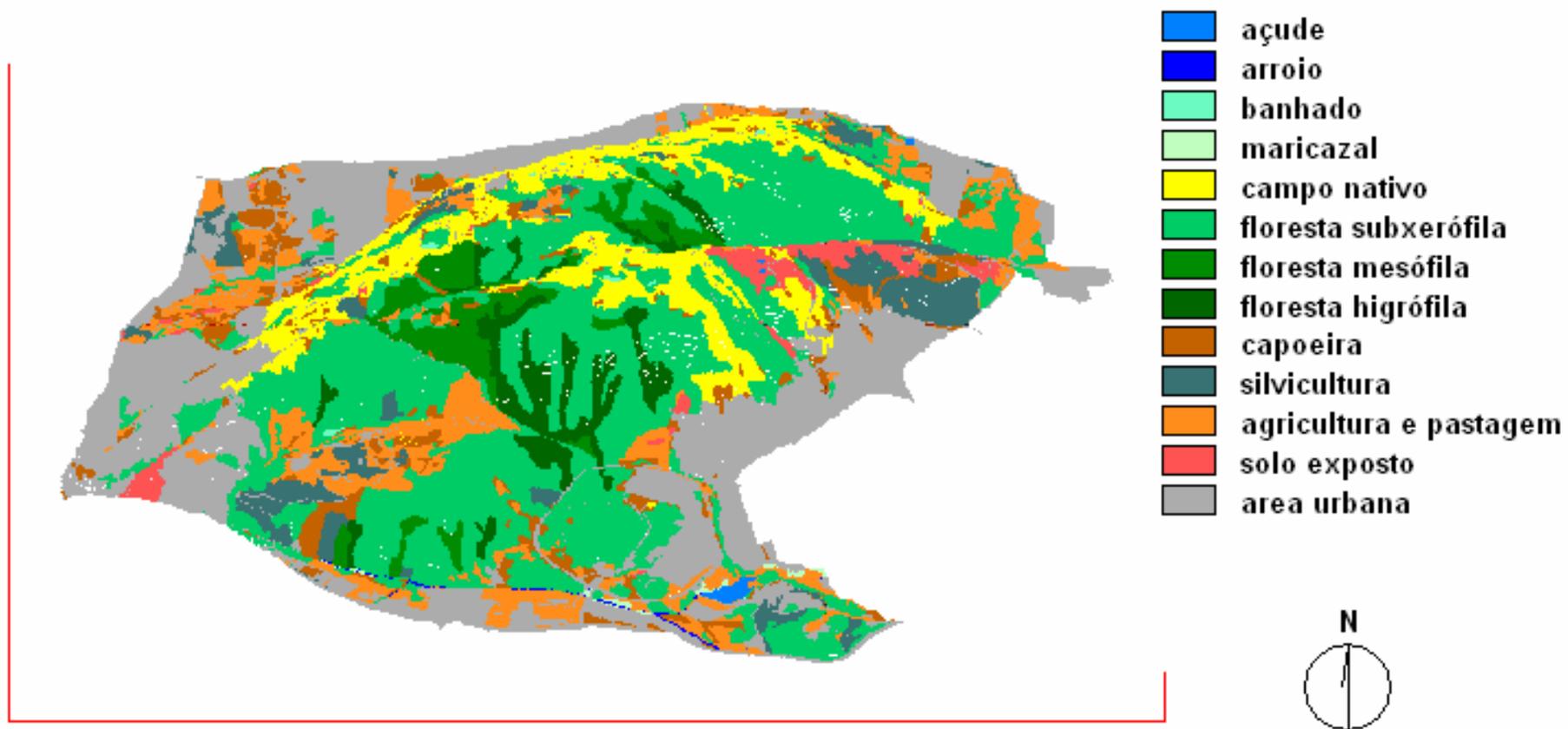


Figura 5: Modelo tridimensional do Morro Santana, Porto Alegre - RS, visão Norte e ângulo de inclinação 50°, com o modelo numérico de terreno como imagem de superfície e categorias de uso e cobertura do solo como imagem de cobertura.

3.3 Relações entre Fitofisionomias e Variáveis Geomorfológicas

Os histogramas que relacionam altitude e fitofisionomias nativas foram sintetizados em um só gráfico (Figura 6). Nesse gráfico estão distribuídos os valores médios (M), um desvio padrão abaixo da média (D1) e um desvio padrão acima da média (D2), das freqüências de altitude (m), nessas coberturas nativas. Essa análise revelou que as fitofisionomias campo e floresta mesófila estão distribuídas em cotas de altitude semelhantes e que maricazais ocorrem nas altitudes mais baixas. Porém não foi revelada a predominância entre os tipos fitofisionômicos em ocuparem exclusivamente determinados valores de altitude.

De acordo com Walter (1979), o clima é determinado pelos fatores temperatura e umidade. Aproximadamente a cada 100m de altitude ocorre a variação de aproximadamente 1°C de temperatura. Dessa maneira, variações de altitude com amplitudes maiores levam a mudanças no microclima das áreas devido às diferenças de temperatura. A lei da mudança de biótopos também pode ser determinada por cinturões altitudinais em regiões de montanhas, nesse caso isso é manifestado nos nichos especiais de vegetação que freqüentemente ocorrem em locais favoráveis aos biótopos centenas de metros abaixo ou acima da zona altitudinal adequada à espécie (Walter 1979). Provavelmente, devido à amplitude das altitudes no Morro Santana ser pequena, apenas 300m, talvez esse não seja um fator determinante, na distribuição das fitofisionomias na área.

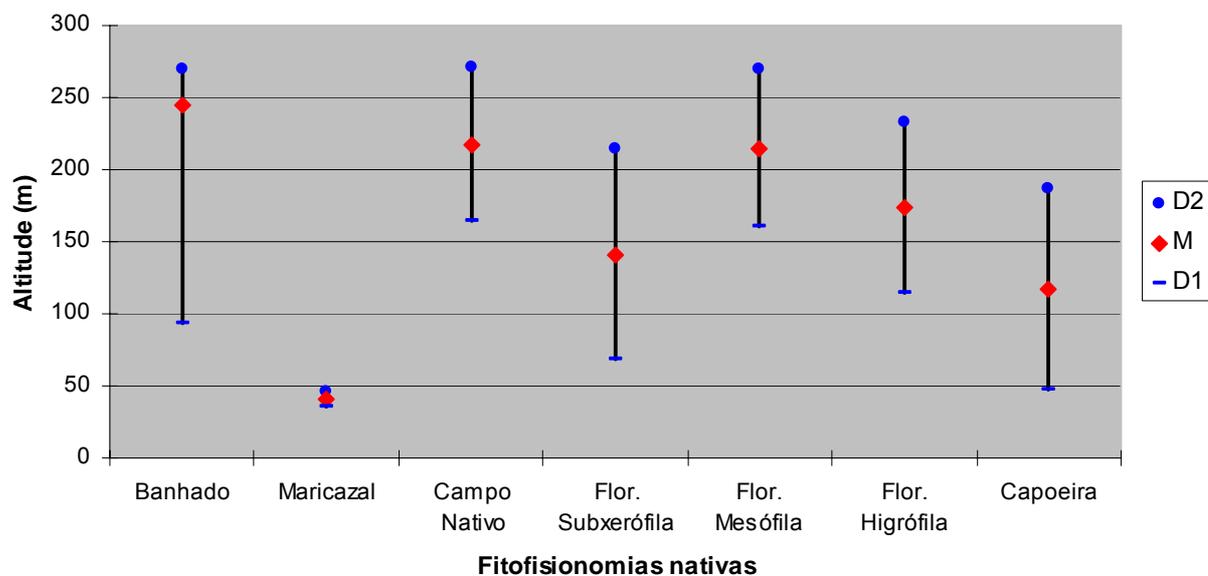


Figura 6: Distribuição das fitofisionomias nativas presentes no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em relação aos valores médio (M), um desvio padrão abaixo da média (D1) e um desvio padrão acima da média (D2), de freqüências de altitude (m).

Os resultados dos histogramas dos tipos fitofisionômicos naturais em relação às declividades, foram sintetizados em um só gráfico (Figura 7). Esta análise revelou que as fitofisionomias floresta higrófila e banhado estão distribuídas nos maiores e menores valores de declividade, respectivamente. Porém, não foi revelada predominância entre os tipos fitofisionômicos em ocuparem exclusivamente determinados valores de declividade.

Devido ao desmatamento ter forte expressão no histórico do uso antrópico no Morro Santana, supõe-se que a mata alta (higrófila) esteja presente em maior quantidade nos locais de maior declividade, configurados como vales mais encaixados, devido às dificuldades que a morfologia do terreno apresentou para a retirada da vegetação nesses locais.

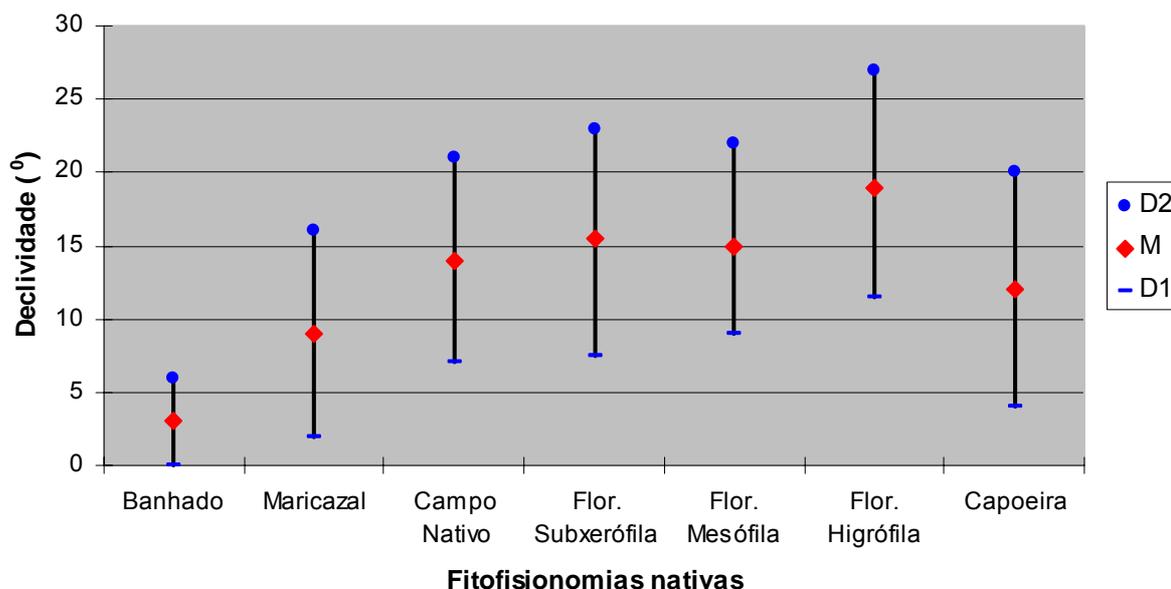


Figura 7: Distribuição das fitofisionomias nativas presentes no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em relação aos valores médio (M), um desvio padrão abaixo da média (D1) e um desvio padrão acima da média (D2), de frequências de declividade (°).

A relação entre os tipos fitofisionômicos e as exposições solares de encosta, foi analisada através de histogramas de distribuição de frequências, em número de *pixel* (Figura 8).

Os histogramas de distribuição de frequências de fitofisionomias em relação às exposições solares de encosta foram sintetizados em um gráfico (Figura 9).

Constatou-se a predominância da formação campo nativo em ocupar as orientações solares norte, nordeste, noroeste e oeste, ocorrendo com baixa frequência nas exposições sul, sudeste, sudoeste e leste. Essa distribuição deve-se às formações campestres ocorrerem em ambientes mais secos, os quais estão nas orientações próximas ao norte onde os raios de sol incidem com maior intensidade. No hemisfério sul as inclinações mais quentes são as da face norte (Walter 1979). O mesmo autor aponta as relações com a água como um dos mais importantes fatores ambientais envolvidos com a distribuição da vegetação. Ecologicamente a água tem um papel especial na vida das plantas e suas adaptações (Walter 1979). O contrário dos campos, ocorre com as formações florestais que ocupam predominantemente as orientações solares sul, sudeste, sudoeste e leste, as quais, recebem menor incidência solar, permitindo assim, maior retenção de umidade no ambiente. Assim, ocorre nas orientações sul o desenvolvimento da vegetação arbórea que utiliza maiores quantidades desse recurso. As formações florestais ocorrem com

freqüências mais baixas nas exposições próximas ao norte. Dentre os tipos dessa formação, a floresta subxerófila é a mais ocorrente, a qual, de acordo com Brack *et al.* (1998), é de ambientes mais secos, onde morfologicamente a vegetação também evidencia tendência de redução da superfície foliar e escleromorfismo.

As capoeiras ocorreram com maior freqüência nas exposições de encosta norte (19,5%) e noroeste (16,4%), as quais são ocupadas predominantemente por campos. Desta forma, podemos supor que nesses locais, a categoria capoeira pode estar presente devido ao avanço das florestas sobre as formações campestres.

Os maricazais e banhados não tiveram suas ocorrências associadas à variável exposição solar, talvez devido à baixa cobertura destes ecossistemas na área de estudo.

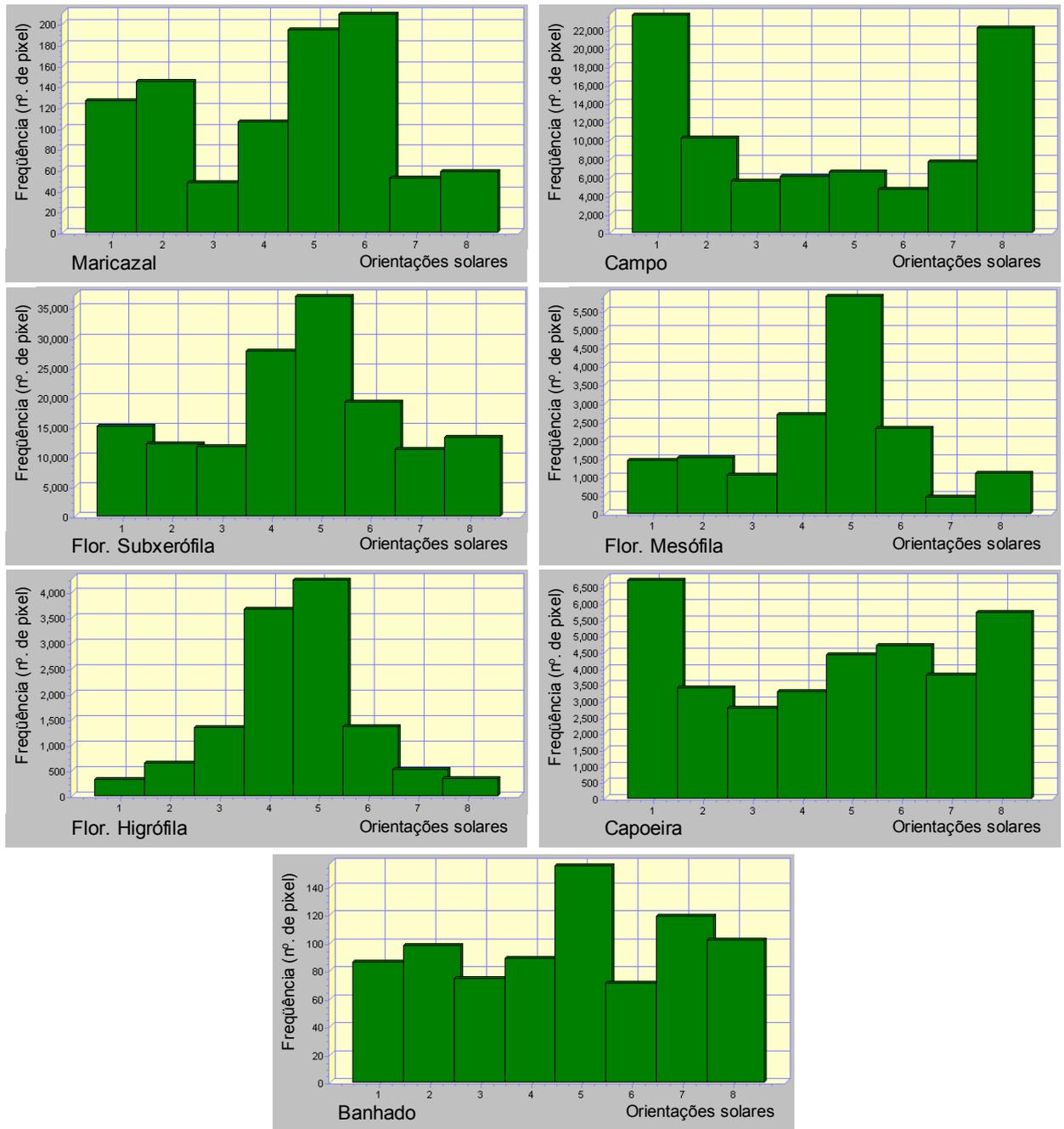


Figura 8: Frequência, em número de *pixel*, de fitofisionomias naturais presentes no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em relação às exposições solares de encosta. Sendo, 1: norte; 2: nordeste; 3:leste; 4:sudeste; 5:sul; 6: sudoeste; 7: oeste e 8: noroeste.

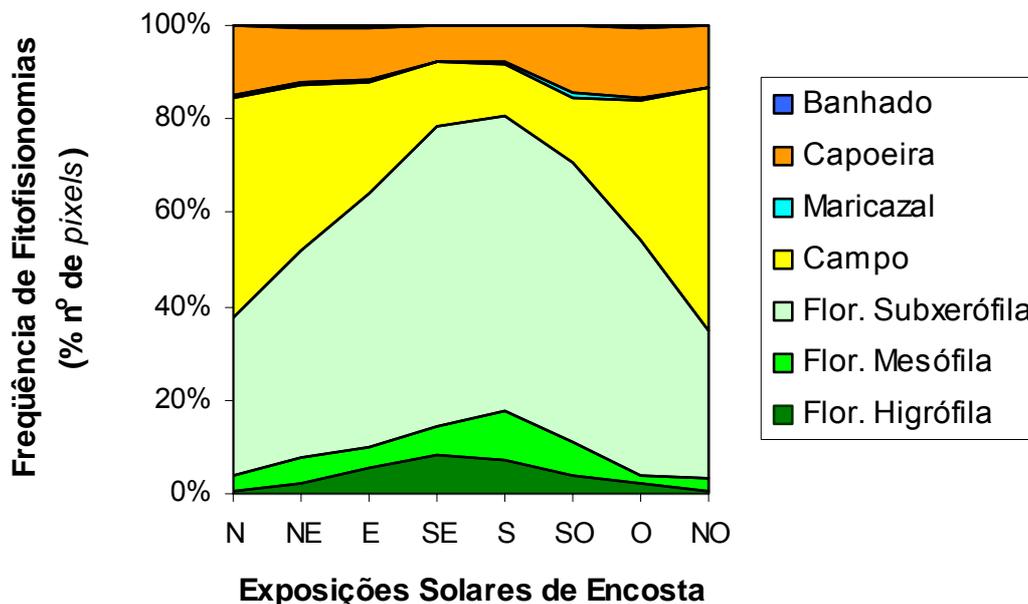


Figura 9: Distribuição das fitofisionomias, em porcentagem do número de *pixels*, no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em relação às exposições solares de encosta.

As categorias florestais e capoeira ocorrem com maiores frequências nas distâncias até 300m dos cursos d'água permanentes e intermitentes. A floresta higrófila, porém restringe sua ocorrência até 346m de distância (Figura 10), a floresta mesófila ocorre em locais potencialmente mais secos do que a higrófila com valores até 405m de distância, a floresta subxerófila atinge até 499m e a capoeira alcança as maiores distâncias dos corpos d'água, 556m. A categoria campo nativo teve distribuição mais afastada dos cursos d'água, com as maiores frequências entre 120 e 450m de distância. Esses valores denotam a característica edáfica dos campos dos morros graníticos de Porto Alegre, como caracterizados por Aguiar *et al.* (1986). Os banhados ocorrem em todas as distâncias, inclusive nos maiores valores equivalentes a 540m dos cursos d'água.

A área urbanizada ocorre com maior frequência nas distâncias até 200m dos cursos d'água, fato que evidencia a grave situação de risco ambiental que se encontram os cursos d'água do morro devido à ação antrópica.

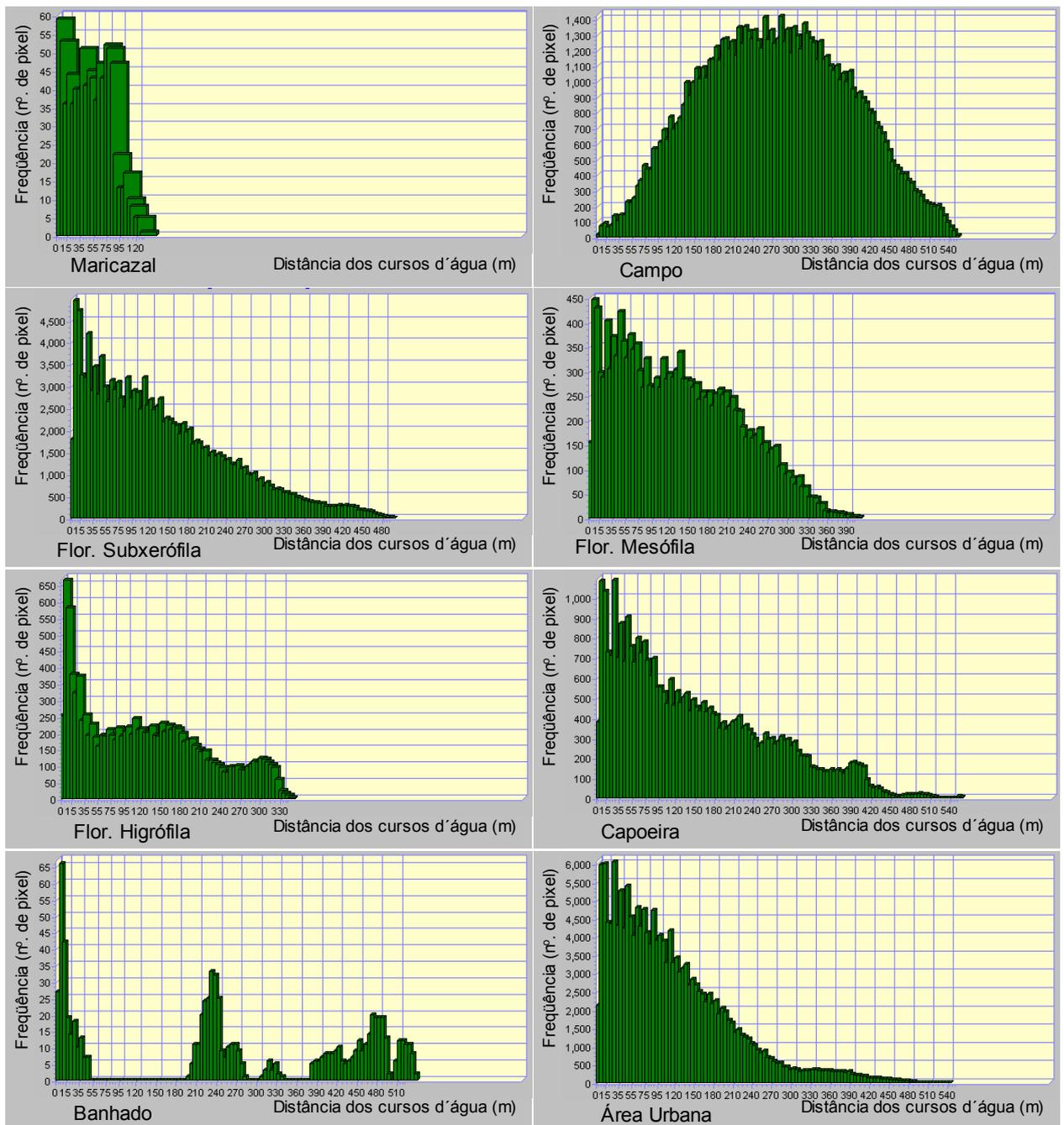


Figura 10: Frequência, em número de *pixel*, de fitofisionomias naturais presentes no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em relação à distância dos cursos d'água (m).

3.4 Definição de Macrozonas

Para realizar o macrozoneamento, as variáveis geomorfológicas foram organizadas em classes conforme Figura 11. As frequências dessas classes na área total do morro foram analisadas em histograma e estão descritas na Tabela 2.

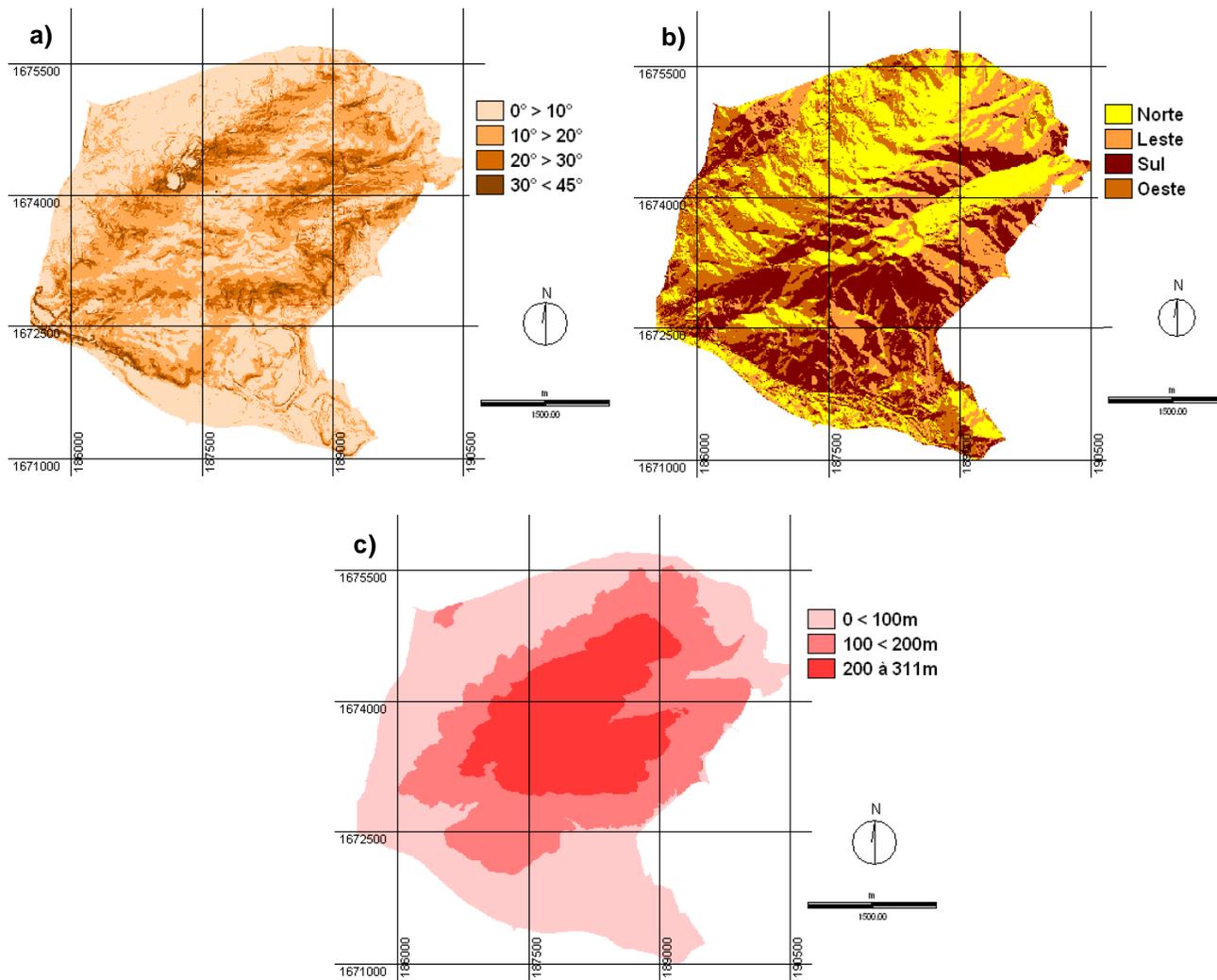


Figura 11: Variáveis geomorfológicas, a) declividade, b) exposição solar e c) altitude, organizadas em classes, no Morro Santana, Porto Alegre - RS.

Tabela 2: Freqüência, em porcentagem, das classes das variáveis geomorfológicas em relação à área total do Morro Santana, Porto Alegre - RS.

Declividade	%	Exposição Solar	%	Altitude	%
0 < 10°	43	N	29,4	0 < 100m	46
10 < 20°	39,5	L	19,2	100 < 200m	33
20 < 30°	14,5	S	28,6	200 até 311m	21
30 > 45°	3	O	22,8	-	-

As variáveis geomorfológicas foram reclassificadas. Para as classes de declividade, atribuíram-se valores de centenas; às classes de exposições solares de encosta, valores de dezenas e às classes de altitude, unidades. Após a troca de valores, essas variáveis foram agrupadas em uma única imagem (Figura 12). Sendo que, a classe 123, por exemplo, significa: declividade classe 1 (0°<10°); exposição solar classe 2 (leste) e altitude classe 3 (200 até 311m).

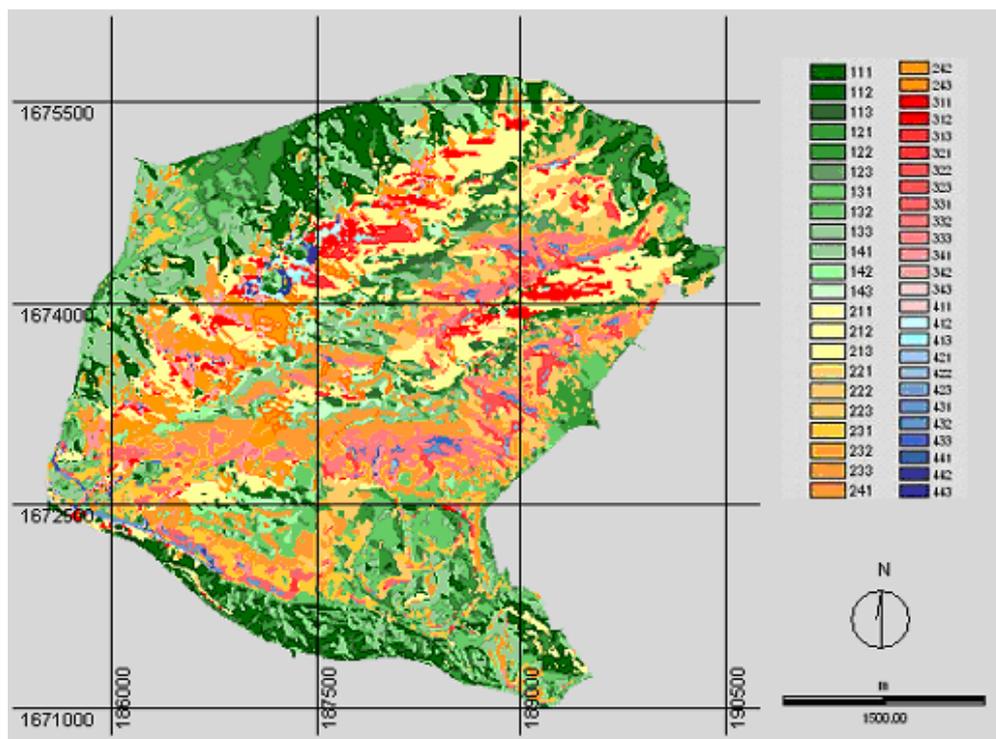


Figura 12: Agrupamento das variáveis geomorfológicas, declividade, exposição solar de encosta e altitude, representadas em valores de centenas, dezenas e unidades, respectivamente, no Morro Santana, Porto Alegre - RS.

Restringindo as macrozonas à área da UFRGS no Morro Santana, as quatro variáveis agrupadas, foram delimitadas à esta área, conforme Figura 13.

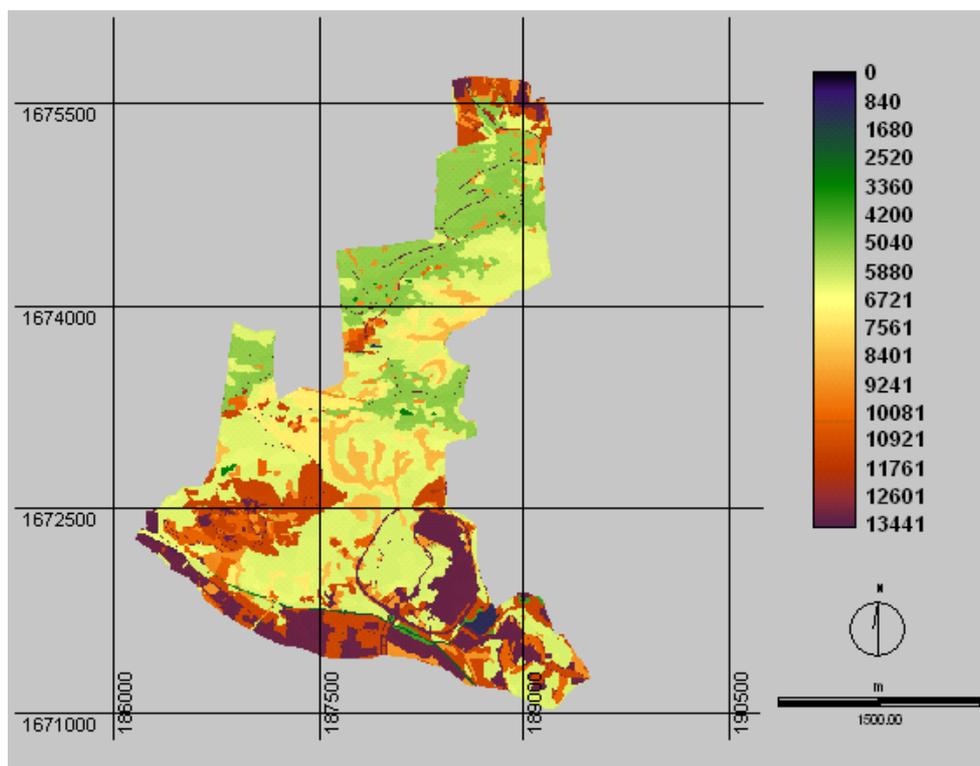


Figura 13: Combinações das categorias de uso e cobertura do solo e das variáveis declividade, exposição solar e altitude, na área da UFRGS, no Morro Santana, Porto Alegre - RS. Sendo que os valores representam as categorias e variáveis em milhar, centena, dezena e unidade, respectivamente.

A partir das áreas com tamanho igual ou maior que 2 hectares, cobertas com formações campestres e florestais nativas, com orientações solares norte ou sul e presentes fora do limite de expansão urbana previsto pela universidade, representadas na Figura 13, foram definidas treze macrozonas, conforme Tabela 3 e Figura 14.

Tabela 3: Relação das macrozonas no Morro Santana, Porto Alegre - RS, fitofisionomias e parâmetros geomorfológicos.

Macro zona	Fitofisionomia	Declividade °	Exposição solar	Altitude (m)	Distância cursos d'água (m)	Tamanho (ha)
1	Campo	0 < 10	N	200 - 311	381	12,3
2	Campo	10 < 20	N	200 - 311	318	24,3
3	Campo	0 < 10	S	200 - 311	419	2,1
4	Campo	10 < 20	N	100 < 200	347	13,3
5	Flor. Subxerófila	10 < 20	N	200 - 311	203	2,9
6	Flor. Subxerófila	20 < 30	S	200 - 311	83	5,9
7	Flor. Subxerófila	10 < 20	S	200 - 311	418	10,2
8	Flor. Subxerófila	20 < 30	S	100 < 200	59	6,3
9	Flor. Subxerófila	10 < 20	S	100 < 200	163	11,1
10	Flor. Subxerófila	10 < 20	S	0 < 100	32	5,0
11	Flor. Mesófila	10 < 20	N	200 - 311	63	2,4
12	Flor. Mesófila	10 < 20	S	200 - 311	230	6,2
13	Flor. Higrófila	20 < 30	S	100 < 200	10	4,0

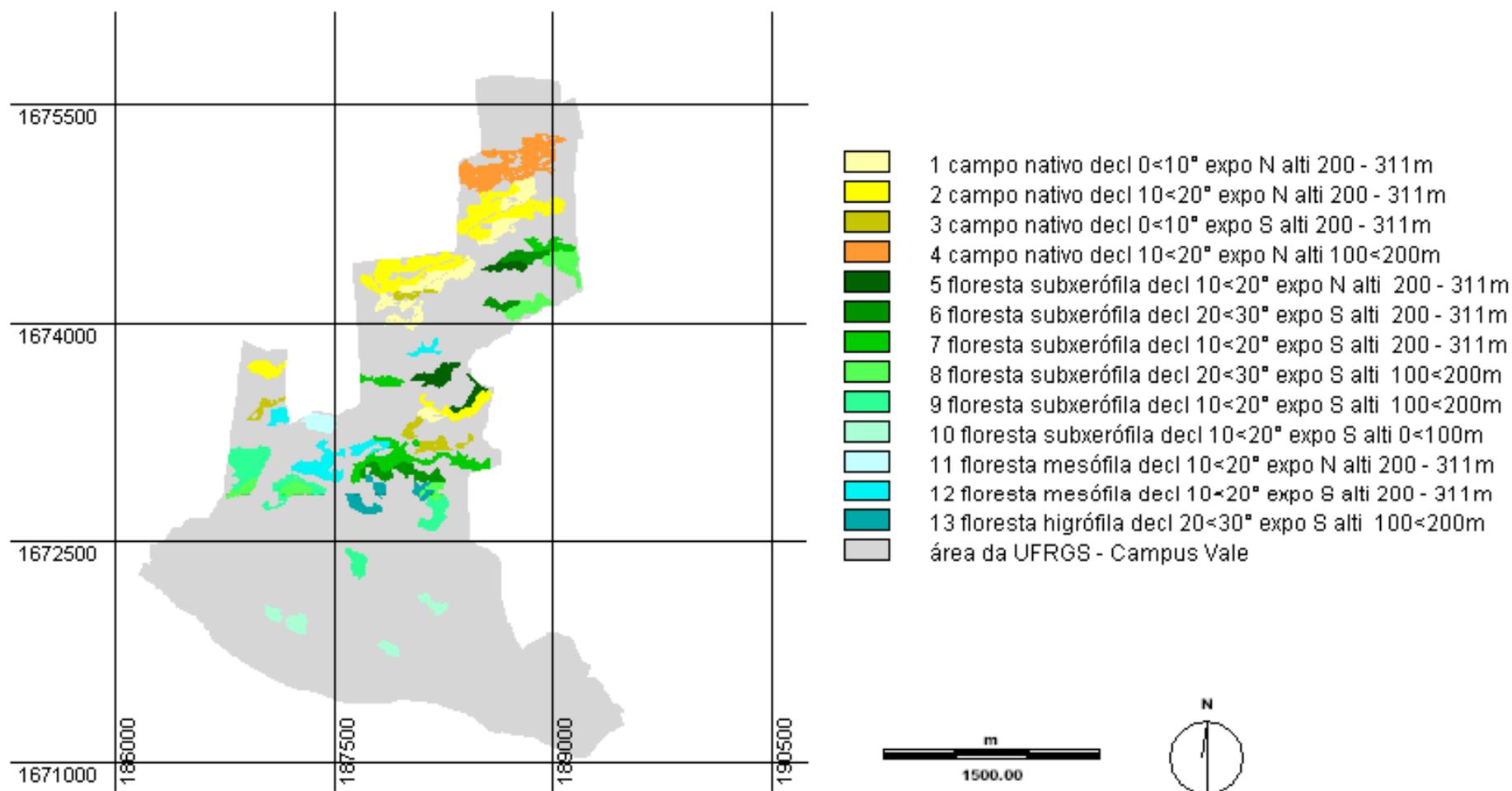


Figura 14: Macrozonas na área da UFRGS, no Morro Santana, Porto Alegre - RS, definidas a partir das fitofisionomias naturais e das variáveis geomorfológicas declividade, exposição solar de encosta e altitude.

4. CONCLUSÕES

Esse estudo realizou a descrição em macroescala, das características morfológicas e fitofisionômicas do Morro Santana, Porto Alegre - RS.

A metodologia utilizada para o macrozoneamento do Morro Santana, baseada em fitofisionomias e variáveis geomorfológicas, levou a definição de zonas com parâmetros distintos e distribuição ampla na área de estudo. Sendo, dessa maneira, adequada a utilização das zonas para amostragem de vegetação.

As relações entre as variáveis geomorfológicas e as fitofisionomias, aqui verificadas, não possuem carácter definitivo. Outras poderão ser constatadas em escalas mais precisas, e na medida em que informações edáficas e microclimáticas sejam incorporadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADELMANN, W. Schutz und management von naturnaher vegetation in der region von Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasilien-auf der basis von untersuchungen zu muster und dynamik der vegetation. (dados inéditos). Tese - Weihenstephan Lerhstuhl für Vegetationsökologie - TUM, Munique.

AGUIAR, L.W.; MARTAU, L.; SOARES, Z. F.; BUENO, O.L.; MARIATH, J.E.; KLEIN, R.M. Estudo preliminar da flora e vegetação de morros graníticos da Região da Grande Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**. Sér. bot., Porto Alegre, n. 34, p. 3-38, jun. 1986.

BRACK, P.; RODRIGUES, R.S.; SOBRAL, M.; LEITE, S.L.C. Árvores e arbustos na vegetação natural de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, vol.51, n. 2, p. 139-166, 1998.

EASTMAN, J.R. Hasenack, H.; Weber, E. (trads.). **Idrisi for Windows manual do usuário**: introdução e exercícios tutoriais. Porto Alegre: UFRGS -Centro de Recursos Idrisi, 1998. versão2.

GÜNTHER, O. **Environmental information systems**. Berlin: Springer-Verlag, 1998. 244 p.

MADRUGA, P. R. DE A.; ZOUAIN, R. N. A.; ROCHA, R. DOS S. **Introdução ao geoprocessamento**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 99 p.

MOHR, F.V.; PORTO, M. L. Morro Santana: o verde luxuriante nas encostas íngremes. In: Menegat, R.; Porto, M. L.; Carraro, C. C.; Fernandes, L. A. D. (coords.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 81-82.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. **Landscape ecology**: theory and application. 2ed. New York: Springer-Verlag, 1994. 360 p.

PIVELLO, V.R. *et al.* Proposta de zoneamento ecológico para a reserva de Cerrado Pé-de Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). **Brazilian Journal of Ecology**, Rio Claro, ano 2, n.2, p. 109-119, 1998.

PORTO, M. L. As formações vegetais: evolução e dinâmica da conquista. In: Menegat, R.; Porto, M. L.; Carraro, C. C.; Fernandes, L. A. D. (coords.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 47-58.

SILVA, J.S. *et al.* Avaliação integrada do maciço do Urucum e adjacências – procedimentos e diretrizes. In: SILVA, J.S. (Org.). **Zoneamento Ambiental da borda oeste do Pantanal**: maciço do Urucum e adjacências. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de tecnologia, 2000. p. 9-22. ISBN 85-7383-076-X.

THE IDRISI Project for Windows, version 14. 02 (Kilimanjaro). Worcester, MA: Clark University - Clark Labs., 1987-2004. 1 CD-ROM.

WALTER, H. **Vegetation of the earth**: and ecological systems of the geobiosphere. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 1979. 276p. ISBN 0-387-90404-2.

WEBER, E.; HASENACK, H. Mapa e valoração da cobertura vegetal e síntese do meio biótico. In: **Elaboração do plano de gestão urbanístico-ambiental para a implantação do projeto integrado desenvolvimento sustentável da Lomba do Pinheiro**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. p. 11-18.

Caracterização e Valoração de Unidades de Manejo (Biótopos) Baseada em Estudos de Comunidades Vegetais e na Estrutura da Paisagem no Morro Santana, Porto Alegre, RS.

Juliane S. Bortolotti* e Maria Luiza Porto**

RESUMO

O estudo desenvolveu-se em área situada no Morro Santana, município de Porto Alegre, RS, onde será futuramente criada uma Unidade de Conservação, sob administração da UFRGS. Com objetivo de contribuir para o plano de manejo dessa unidade, pesquisas foram realizadas identificando os biótopos naturais e seus respectivos valores ambientais. De acordo com a valoração ecológica, foram definidas as zonas de caracterização ecológica: núcleo, extensão do núcleo, tamponamento e ligação. Os métodos utilizados envolveram levantamentos de características geomorfológicas, obtidas a partir de análise do modelo numérico do terreno; identificação de fitofisionomias, a partir da interpretação por estereoscopia de fotos aéreas e agrupamento de unidades e sub-unidades de vegetação obtidas através de levantamentos fitossociológicos. Aspectos estruturais da paisagem foram utilizados na valoração ecológica: índice de área, índice de borda e distância de áreas urbanas. Os resultados revelaram a presença de onze biótopos naturais. O biótopo *Guapira opposita* - *Sorocea bonplandii* é o que ocupa a maior área, 27% da superfície das formações estudadas. Os biótopos campestres encontram-se com melhor grau de conservação em relação aos florestais, compondo a maior parte da zona núcleo.

Palavras Chave: biótopos; zoneamento ambiental; valoração ecológica; ecologia de paisagem e comunidades vegetais.

* Aluna do Programa de Pós Graduação em Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS - Porto Alegre - RS. E-mail: ju_ecar@yahoo.com.br

** Prof.^a. Dr.^a. do Departamento de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS - Porto Alegre - RS.

ABSTRACT

The study was developed in an area located on Santana Hill, in the city of Porto Alegre, state of Rio Grande do Sul, Brazil, where it will be created a Conservation Unit under UFRGS management. Aiming at contributing for the handling plan of this unit, researches were made in order to identify the natural biotopes and their respective environmental values. According to ecological value it was identified the ecological characterization zones: core, core extension, buffer, and coupling. The methods used involved ranking the geomorphologic characteristics that were obtained from the analysis of the numeric model of the land, identification of phytophysionomies from the interpretation of stereoscopy from aerial photographs, and units and subunits grouping of vegetation obtained through phytosociological survey. Landscape structural aspects were used in ecological value: area index, border index and distance of urban areas. The results revealed the presence of eleven natural biotopes. The biotope *Guapira opposita* – *Sorocea bonplandii* is the one that occupies the largest area, 27% of surface of the studied formations. Campestral biotopes have a better conservation rate in relation to the forestal ones composing a wider part of the core zone.

Keywords: biotopes; environmental zoning; ecological value; landscape ecology and vegetables communities.

1. INTRODUÇÃO

O mapeamento de biótopos é uma metodologia de aplicação ampla e se tornou um valioso instrumento para diagnósticos ambientais integrados (Bedê *et al.* 1997). Neste mapeamento, é realizado o desmembramento de uma determinada superfície de estudos, em unidades cartográficas de uso e estrutura ambiental semelhantes, descrevendo detalhadamente as suas características. Como parâmetros diferenciadores dos diversos tipos de biótopos são utilizadas características típicas da estrutura (suporte físico), uso e biota associada. O principal fator de diferenciação do mapeamento de biótopos em relação a outros métodos de diagnóstico e avaliação ambiental reside na sistematização e na integração das variáveis ambientais (Bedê *et al.*, 1997).

No planejamento de unidades de conservação (UC), o zoneamento constitui a primeira etapa de sua organização interna, que deve culminar no estabelecimento de um plano de manejo (Pivello, 1998). O zoneamento ambiental realiza a compartimentação do ambiente em estudo (Bedê *et al.*, 1997), sendo que cada parcela ou zona estabelecida atende a um ou mais objetivos da UC e possui as devidas restrições de uso, conforme as características físicas e bióticas locais (Pivello 1998). Dada a metodologia e as características do estudo de mapeamento de biótopos, este fornece subsídios para o estabelecimento das diferentes zonas presentes no plano de manejo. O mapeamento de biótopos busca compreender a superfície, por meio de indicadores ecológicos, que, por sua vez, traduzem de maneira integrada as condições ambientais a que estão sujeitos, servindo como subsídio para o planejamento de áreas. Para Bedê *et al.* (1997), a biota presente em cada parcela homogênea da superfície reflete características físicas (como substrato, grau de umidade, clima e microclima) e antrópicas (uso do solo, ocupação histórica, etc) dessa parcela, tendo em vista que, para cada conjunto de condições físicas, bióticas e antrópicas dadas, haverá uma biocenose típica.

A propriedade de integração das variáveis estruturais da paisagem, geomorfológicas e dos processos ecológicos, característica da ciência Ecologia de Paisagem, facilita e torna adequada a sua aplicação no estudo de biótopos e

zoneamento ambiental. De acordo com Turner *et al.* (2001), a Ecologia de Paisagem enfatiza as interações entre os padrões (configurações) espaciais e os processos ecológicos, que são as causas e conseqüências da heterogeneidade espacial através da variedade de escalas. Os mesmos autores definem a contribuição científica da Ecologia de Paisagem como essencial para o planejamento do uso e manejo das áreas (regiões). Porto e Menegat (2004) enfatizam que a Ecologia de Paisagem não é uma disciplina particularmente quantitativa, pois embora existam bases teóricas e teste de hipóteses, ela é investigativa dos problemas de fragmentação de comunidades, de distribuição da biodiversidade e de manejo e desenvolvimento.

O termo ecologia de paisagem foi criado pelo biogeógrafo alemão Carl Troll, no final da década de 1930. Ele almejou fechar uma colaboração entre geógrafos e ecologistas, na qual uma pesquisa unificada da terra e da vida poderia desenvolver-se como uma nova ecociência, distinta da geociência que trata somente da litosfera inanimada, e não a relaciona com a biosfera (Naveh e Lieberman, 1994). Na prática, a ecologia de paisagem combina a abordagem horizontal dos geógrafos, de examinar e representar espacialmente os fenômenos naturais e as atividades e artefatos humanos, com a abordagem vertical dos ecologistas, de estudar a funcionalidade de um determinado lugar, definido como ecótopo (Naveh e Lieberman 1994; Porto e Menegat 2004). A ecologia de paisagem envolve multidisciplinarmente as seguintes áreas do conhecimento: economia, sociologia, ciências da terra, geografia, sensoriamento remoto e aplicações computacionais (Turner *et al.*, 2001).

Farina (1998) considera a paisagem como intrinsecamente heterogênea em uma escala de percepção humana, e os componentes deste mosaico são representados por manchas individuais, inseridas em uma matriz, da qual nós conhecemos a cobertura dominante. As manchas que compõem a paisagem são formadas por comunidades diferentes, e o arranjo espacial destes elementos da paisagem (manchas e corredores), suas diferentes qualidades, a justaposição e a proporção de diferentes tipos de habitats influenciam na modificação e no comportamento das espécies, populações e comunidades (Farina, 1998).

O Morro Santana é coberto por matas, campos e capoeiras naturais, que representam importantes remanescentes da peculiar vegetação da região de

Porto Alegre. Porto (1998) define os campos como relictuais de uma época de clima de influência glacial, seco e frio, em que ocupavam os topos dos morros de Porto Alegre isolados pelo mar, como consequência da primeira transgressão marinha na região, ocorrida há 400 mil anos. Os campos com Butiás e Cactáceas são o outro tipo fisionômico campestre que a autora descreve para o município, com elementos provenientes da região do Chaco que ocuparam as encostas dos morros a partir da segunda transgressão marinha e também quando o clima tornara-se semi-árido. Quanto aos tipos fisionômicos florestais, Porto (1998) caracteriza os morros de Porto Alegre com: Mata com Figueiras predominantemente nas encostas mais a noroeste; Mata Baixa dos Morros e Coxilhas, que ocupa solos rasos com matações e rochas ainda não tão intemperizadas; e Mata Alta das Encostas dos Morros, ocupando principalmente solos profundos das encostas e vales mais sombrios e úmidos orientados para o sul.

A proposta do presente estudo é examinar se as unidades e sub-unidades vegetais, diferenciadas entre si pela composição e estrutura da biota, presentes nas formações campestres e florestais do Morro Santana, estão distribuídas, predominantemente, em função das características geomorfológicas: altitude, declividade, exposição solar e distância dos cursos d'água, constituindo assim, unidades de manejo (biótopos). Também se propõe verificar se os biótopos naturais podem ser organizados em zonas de valores ecológicos diferenciados, definidos a partir de critérios analíticos da qualidade da vegetação e da estrutura da paisagem.

Foram caracterizados os biótopos naturais da futura U.C. do Morro Santana, com base nas variáveis geomorfológicas em macro escala (ver artigo I), nesta publicação, e do meio biótico, obtidas a partir da fitossociologia de formações campestres e florestais. Foram atribuídas às áreas ocupadas por ecossistemas campestres e florestais naturais, valores ecológicos representativos da qualidade ambiental, segundo critérios estruturais da vegetação e da paisagem, essa avaliada através do índice de área, do índice de borda e da distância de áreas urbanas. Por fim, indicamos, por meio da valoração ecológica realizada, as zonas que poderão compor o plano de manejo da U.C.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no Morro Santana. Quanto aos seus recursos naturais, representa fragmentos de vegetação natural dentro da área urbana dos municípios de Porto Alegre e Viamão, RS. O Morro Santana possui área em torno de 1459ha, sendo que 660,1ha pertencem à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), dessas 660,1ha aproximadamente 360ha pertencerão à unidade de conservação.

O Morro Santana apresenta a maior elevação do município com aproximadamente 311m de altitude. É divisor de águas e berço de nascentes de três representativas sub-bacias da região: sub-bacia do Arroio Dilúvio, sendo a mais populosa, com aproximadamente 1/3 (446.312 mil) dos habitantes da capital; sub-bacia do Arroio Passo das Pedras e sub-bacia do Arroio Feijó (Menegat e Kircheim, 1998).

É formado por Granitóides Pós-Tectônicos alojados na Sutura de Porto Alegre, compondo o Granito Santana (Menegat *et al.* 1998).

No zoneamento da vegetação do Morro Santana, Mohr (1995) e Mohr e Porto (1998) registraram a presença da comunidade arbórea apresentando três sub-unidades, caracterizadas por: *Guapira opposita-Pachystroma longifolium*, *Guapira opposita-Myrcianthes gigantea* e *Guapira opposita-Faramea marginata*, e, em relação à vegetação campestre, registraram duas comunidades, caracterizadas por: *Elyonurus rostratus* e *Schizachyrium microstachyum*.

Foi adotada a área do Morro Santana como escala espacial para os estudos dos biótopos (unidades de manejo) da unidade de conservação.

2.1 Locais de Amostragem da Vegetação

Devido à grande heterogeneidade e extensão da cobertura vegetal presente no Morro Santana, não seria possível acessar a totalidade deste universo amostral dentro do prazo deste estudo. Assim, tomamos informações sobre partes deste universo, para inferir atributos sobre o todo. A amostragem buscou abranger os ecossistemas predominantes na área do Morro Santana pertencente

à Universidade, a fim de determinar as espécies vegetais dominantes floristicamente. Os locais de amostragem da vegetação foram as macrozonas estabelecidas em Bortolotti e Porto (artigo I, nesta publicação), com base nas variáveis geomorfológicas altitude, declividade e exposição solar de encosta, classificadas em macro escala. As macrozonas e seus parâmetros estão constantes na Tabela 1.

Tabela 1: Relação das macrozonas definidas para amostragem, obtidas em Bortolotti e Porto (artigo I, nesta publicação), no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em formações campestres e florestais e seus parâmetros geomorfológicos.

Macrozona	Formação	Declividade °	Exposição solar	Altitude (m)	Tamanho mancha (ha)
1	Campo nativo	0 > 10	N	200 - 311	12,3
2	Campo nativo	10 > 20	N	200 - 311	24,3
3	Campo nativo	0 > 10	S	200 - 311	2,1
4	Campo nativo	10 > 20	N	100 > 200	13,3
5	Floresta subxerófila	10 > 20	N	200 - 311	2,9
6	Floresta subxerófila	20 > 30	S	200 - 311	5,9
7	Floresta subxerófila	10 > 20	S	200 - 311	10,2
8	Floresta subxerófila	20 > 30	S	100 > 200	6,3
9	Floresta subxerófila	10 > 20	S	100 > 200	11,1
10	Floresta subxerófila	10 > 20	S	0 > 100	5,0
11	Floresta Mesófila	10 > 20	N	200 - 311	2,4
12	Floresta Mesófila	10 > 20	S	200 - 311	6,2
13	Floresta Higrófila	20 > 30	S	100 > 200	4,0

2.2 Levantamento fitossociológico

A amostragem da vegetação campestre foi realizada através de parcelas de 0,25m². As parcelas foram distribuídas ao longo de uma transecção de 30m de comprimento. Sendo que, para cada macrozona de formação campestre, foi estendida uma transecção. As transecções foram demarcadas no sentido da maior declividade do terreno, buscando abranger um possível gradiente condicionado a este fator. As parcelas (unidades amostrais) foram localizadas sistematicamente a cada 1,5m da transecção, totalizando 15 parcelas levantadas, ou 3,75m² da cobertura de cada macrozona. Dentro de cada parcela foram registradas por estimativa visual apenas as espécies dominantes na escala de abundância e cobertura de Braun-Blanquet (Braun-Blanquet 1979), referentes às

classes: 3 (25 a 50% de cobertura da parcela); 4(50 a 75%) e 5 (75 a 100%). Para cada espécie amostrada, foram registradas a nomenclatura taxonômica, a classe de cobertura e a altura, essa referente ao indivíduo mais alto da espécie.

Para a amostragem da vegetação arbórea dominante, foi utilizado o método dos pares aleatórios (Barbour, 1987). Em cada macrozona de formação florestal foi estendida uma transecção (unidade amostral) de 100m de comprimento demarcada no sentido de maior tamanho da mancha ou no sentido da maior declividade do terreno, buscando abranger um possível gradiente condicionado a esse fator. A cada 5m da transecção foi amostrado o par de árvores mais próximas, com perímetro a altura do peito (PAP) acima de 15cm. Totalizando 40 árvores por unidade amostral (macrozona). De cada árvore amostrada foi registrada a espécie; altura total estimada; PAP; e, de acordo com o método de amostragem, a distância da árvore mais próxima, sendo essa oposta em 180°, ou seja, do outro lado da linha (transecção).

Em cada transecção foi registrada em estimativa visual, a densidade de epífitas e a densidade dos estratos herbáceo, arbustivo, sub-bosque e dossel. A densidade de epífitas foi estimada em três classes: rara, media, densa. Quanto aos estratos foram classificados em: esparso, médio e denso.

Para verificar a eficiência dos métodos amostrais, foram realizados dois levantamentos em áreas teste, um em cada formação (campestre e florestal).

Durante a realização do trabalho de campo, as espécies não identificadas foram coletadas e herborizadas. O material coletado foi identificado até o nível de espécie ou o mais próximo possível, baseando-se na literatura especializada, na comparação com exsicatas do Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ICN) e na consulta a especialistas. A classificação dos táxons em famílias segue a proposta de Cronquist (1988).

2.3 Análise Estatística da Vegetação

A análise numérica dos dados florísticos buscou detectar padrões de distribuição espacial da vegetação e relacioná-los a fatores geomorfológicos, a partir da aplicação de técnicas multivariadas de classificação (Orlóci & Kenkel

1987; Valentin 2000), autocorrelação e ordenação, implementadas no aplicativo computacional Mulva5 (Multivariate Analysis of Vegetation Data) de Wildi & Orloci (1996).

Em ambas formações vegetais, campestre e florestal, foi utilizada a operação TABLES, exibição em Tabela de Vegetação. Essa tabela organiza os parâmetros geomorfológicos e as espécies em linhas, e as unidades amostrais em colunas, de acordo com os grupos formados na análise de agrupamento, realizada através da operação CLUSTER, usando o método da ligação completa. Esses dados geraram unidades e sub-unidades de vegetação formadas por espécies vegetais associadas em razão da estrutura fitossociológica e da coincidência dos recursos e condições exigidas pelas espécies.

As formações campestres e florestais foram submetidas à análise de autocorrelação espacial, operação AUTCOR, pelo método de todas autocorrelações. Essa análise correlacionou as distâncias entre as unidades amostrais, medidas a partir dos parâmetros geomorfológicos (Wildi & Orloci 1996). Após, foi realizada a análise de ordenação indistinta através da operação ORDINA, pelo método da ordenação direta de Roberts, a qual exhibe em diagrama de dispersão bidimensional, informações sobre as semelhanças ecológicas entre objetos posicionados em relação a eixos (Wildi & Orloci 1996; Valentin 2000). Para tal, foram computadas as similaridades de cada unidade amostral em relação aos parâmetros geomorfológicos, através da operação FSPATH. Esse teste oferece flexibilidade de ajustamento de trajeto mais curto entre distâncias. Sendo que, o ajuste da menor trajetória foi realizado através da medida das distâncias entre as unidades amostrais. Essa medida deu-se pela soma das distâncias ao longo do trajeto mais curto, através das unidades amostrais intermediárias.

Os parâmetros das formações campestres utilizados nas análises estatísticas foram os valores 3, 4 e 5, correspondentes às classes de abundância e cobertura de Braun-blauquet, por parcelas (unidades amostrais). Devido à amplitude dos valores aceitos para análises no software Mulva-5 ser pequena, os parâmetros das formações florestais foram organizados em classes. Essas classes compreenderam o número de indivíduos por espécie em cada transecção (unidade amostral), com valores 1, 2, 3, 4, 5 e 6, onde valor 1, ou classe 1,

representa 1 e 2 indivíduos; classe 2: 3 e 4 indivíduos; classe 3: 5 e 6 indivíduos; classe 4: 7 e 8 indivíduos; classe 5: 9 e 10 indivíduos e classe 6: 11 e 12 indivíduos.

Foi utilizada a distância de corda como medida de semelhança na matriz campestre, de 54 espécies por 80 unidades amostrais. E, na matriz florestal, de 54 espécies por 80 unidades amostrais, a medida de semelhança aplicada foi distância euclidiana. Ambas matrizes incluem a amostragem em área teste.

Na análise estatística das formações estudadas, os parâmetros geomorfológicos declividade, exposição solar, altitude e distância dos cursos d'água, foram obtidos a partir de Bortolotti e Porto (artigo I, nesta publicação), e aplicados com os seguintes valores: Declividade: valores da média das classes (classe $0^{\circ} < 10^{\circ}$: valor 5; $10^{\circ} < 20^{\circ}$: valor 15 e $20^{\circ} < 30^{\circ}$: valor 25). Exposição solar: valores 1 e 3 para norte e sul respectivamente. Altitude: valores coletados em campo com aparelho GPS (sistema de posicionamento geográfico), ou, quando não coletados, valores da média das classes (classe $0 < 100\text{m}$: valor 50; $100 < 200\text{m}$: valor 150 e $200 \text{ até } 311\text{m}$: valor 250). Distância dos cursos d'água: distância em metros do curso d'água mais próximo, obtida a partir de imagem com 5m de resolução.

2.4 Tipo Fitofisionômico das Sub-Unidades Vegetais Arbóreas

Para verificar qual o tipo fitofisionômico predominante das sub-unidades florestais, as espécies presentes nas macrozonas que caracterizam essas sub-unidades foram classificadas quanto aos tipos fitofisionômicos definidos por Brack *et al.* (1998) em: mata higrófila, mata mesófila, mata subxerófila e mata sem diferenciação.

2.5 Uso e Cobertura do Solo

A área da futura unidade de conservação foi classificada quanto aos diferentes padrões de formações naturais florestais e campestres (fitofisionomias),

por fotointerpretação em estereoscopia de fotos aéreas na escala 1:8000 do ano 1991, da Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN). Em seguida, as manchas classificadas, foram importadas e georreferenciadas para o sistema de coordenadas geográficas Gauss / Krüeger (gk), através do sistema de informações geográficas (SIG) Idrisi (Clark University), versão 14.02 (Kilimanjaro), pelo módulo RESAMPLE. O georreferenciamento foi realizado pela função linear e o tipo de reamostragem pelo vizinho mais próximo, tendo como parâmetro um arquivo de correspondência de seis pontos de correlação entre coordenadas conhecidas simultaneamente no mapa das manchas classificadas e no mapa de uso e cobertura do solo elaborado por Adelman (ined.) em pesquisa integrante do projeto PROBRAL - CAPES - DAAD 135/01 (2004). Após o georreferenciamento, foi realizada a digitalização em tela, das manchas campestres e florestais naturais, através do software de construção de banco de dados vetoriais CartaLinx (Hagan *et al.* 1998).

As demais classes de uso e cobertura do solo presentes no Morro Santana, reclassificadas em Bortolotti e Porto (artigo I, nesta publicação), foram agrupadas às manchas das categorias florestais e campestres naturais, já *rasterizadas*, através da operação OVERLAY do SIG Idrisi. Essas classes são: arroio; açude; banhado; maricazal; capoeira; silvicultura; agricultura e pastagem; solo exposto e área urbana.

2.6 Configuração Horizontal da Paisagem

As variáveis estruturais da paisagem, índice de área, índice de borda e distância de áreas urbanizadas foram processadas no sistema de informações geográficas Idrisi (Clark University), versão 14.02 (Kilimanjaro).

O tamanho das manchas tem efeito na qualidade dos habitats. Manchas maiores tem mais espécies e são menores os distúrbios (Farina, 1998). Para obter a área das manchas campestres e florestais naturais, isoladamente, a imagem contendo essas categorias, foi submetida a uma operação de contexto que determina o novo valor de uma célula, baseado no valor das células ao seu redor. Foi utilizado o operador de contexto do módulo GROUP, que a partir da semelhança de codificação (categorias) e contigüidade dos *pixels* formou os

grupos. O índice de área, através do módulo AREA, foi calculado a partir da superfície ocupada, em hectares, por cada grupo contínuo das categorias campestres e florestais naturais.

O índice de borda denota a compacidade de cada mancha através de uma relação entre a sua superfície (área) e seu perímetro, onde uma mancha perfeitamente circular possui área máxima para um perímetro mínimo, caso de compacidade máxima possível (Weber 2003). Uma mancha retangular com a mesma área que uma circular, possui, proporcionalmente, menor área de interior e maior área de borda. A forma das manchas tem grande importância na paisagem, particularmente, relacionada com o efeito de borda. O microambiente no centro de uma pequena mancha de floresta difere fortemente do centro de uma mancha extensa. O vento atravessa uma pequena floresta, mas somente penetra uma distância limitada da borda de florestas maiores. Normalmente o vento causa dissecação ou entrada de nutrientes. Também é relativo ao efeito de borda, a diferença na composição e abundância de espécies de borda (Forman & Godron, 1986). Ainda de acordo com esses autores, algumas características ecológicas do efeito de borda são: quanto maior a área de interior da mancha é menor a probabilidade de diversidade de habitats, e é maior a diversidade de espécies com diversidade de hábitat constante. A equação utilizada para calcular o índice de borda, obtida em Forman (1995), foi: $2 \times \sqrt{(\text{área} \times \pi) / \text{perímetro}}$. O perímetro, em km, de todos os grupos contínuos das categorias campestres e florestais naturais, foi calculado através do módulo PERIM. A área utilizada no cálculo do índice de borda corresponde ao índice de área, porém foi analisada em km². A equação do índice de borda foi calculada no módulo IMAGE CALCULATOR.

No cálculo da distância de áreas urbanizadas foram considerados como sendo de tal categoria, os adensamentos construídos e estradas nas manchas urbanas; as trilhas presentes na área de estudo permaneceram sem diferenciação com as áreas naturais. Através do módulo ASSIGN, gerou-se uma imagem *Booleana*, com valor 1 para as áreas urbanas e fora dos limites da área de estudo e zero para as demais categorias campestres e florestais naturais. Após, essa imagem foi processada no módulo DISTANCE, que gerou uma nova imagem, na qual o valor armazenado em cada célula é a menor distância entre ela e a feição

mais próxima. O resultado foi, portanto, uma superfície espacialmente contínua das distâncias em metros.

2.7 Valoração Ecológica

O estabelecimento de valores ecológicos para as formações campestres e florestais foi realizado a partir das variáveis da configuração horizontal da paisagem, da naturalidade das comunidades e da classificação em categorias sucessionais (climacidade), de acordo com Jarenkow (1994) e Reitz (1969 a 1988), das espécies presentes nas macrozonas que caracterizam as sub-unidades de vegetação arbórea. Nas formações campestres, a valoração a partir da situação sucessional das espécies, foi realizada comparando a composição e fisionomia das macrozonas entre si e com estudos deste ecossistema no Morro Santana e região, entre esses: Boldrini *et al.* (1998); Eggers (1991); Klebe *et al.* (2003); Mohr (1995); Overbeck e Pillar (2004).

Segundo Anderson (1991), a naturalidade denota a integridade de um ecossistema e é um conceito científico que pode ser valorado e quantificado. O autor propõe três índices para medir a naturalidade: grau de mudança do sistema caso fossem removidos os humanos; quantidade de energia cultural requerida para manter o funcionamento do sistema na forma como é atualmente e complemento de espécies nativas que se encontram na área, comparado com o grupo de espécies da área antes dos assentamentos humanos. No presente estudo, a naturalidade foi determinada a partir das associações de espécies vegetais presentes nas comunidades campestres e florestais, comparando as sub-unidades de vegetação entre si e com diversos estudos fitossociológicos e florísticos realizados no Morro Santana e área de entorno, sendo para formações florestais: Aguiar *et al.* (1986); Brack *et al.* (1998); UFRGS (1997 e 2002); Forneck (2001); Mohr (1995); Mohr e Porto (1998); Perin (2002); Porto *et al.* (2000), e para formações campestres: Boldrini *et al.* (1998); Eggers (1991); Klebe *et al.* (2003); Mohr (1995); Overbeck e Pillar (2004). A metodologia para medir a naturalidade aqui definida, corresponde em conceito, aos índices propostos por Anderson (1991): grau de mudança do sistema caso fossem removidos os humanos e complemento de espécies nativas que se encontram na área, comparado com o

grupo de espécies da área antes dos assentamentos humanos. A presença humana é muito freqüente nas áreas naturais do Morro Santana, o pisoteio, a queima, a coleta e a retirada da vegetação alteram a composição natural das comunidades. Através da ação antrópica também são introduzidas espécies exóticas e, a distribuição e freqüência das espécies nativas pioneiras ocorrem de maneira diferenciada, caso não houvesse a intervenção humana. As unidades e sub-unidades vegetais receberam valor de 1 a 3, em ordem crescente de naturalidade.

As variáveis da configuração horizontal da paisagem índice de área, índice de borda (compacidade) e distância de áreas urbanas foram agrupadas, separadamente, em três intervalos de classes, em ordem crescente do valor ecológico. Os limites das classes foram estabelecidos dividindo-se o intervalo de valores de cada parâmetro por três.

2.8 Mapa dos Biótopos Naturais e Valoração Ecológica

Para gerar o mapa dos biótopos das áreas naturais do Morro Santana, foram utilizadas as características morfológicas do terreno, estruturais da vegetação (unidades e sub-unidades vegetais) e fisionômicas da vegetação (definidas a partir dos padrões encontrados na estereoscopia de fotos aéreas). As unidades e sub-unidades vegetais, através das macrozonas que as caracterizam, foram padronizadas em relação aos tipos fitofisionômicos encontrados na fotointerpretação em estereoscopia. A variável geomorfológica que obteve maior relação com a distribuição das unidades e sub-unidades vegetais, foi reclassificada através da operação RECLASS do SIG Idrisi em duas classes, conforme configuração espacial revelada através da análise estatística. Após, as manchas com o produto do cruzamento dos padrões de formações campestres e florestais fotointerpretados e das classes da variável geomorfológica, foram nomeadas com as duas espécies vegetais que representam as suas unidades ou sub-unidades vegetais caracterizadas por estes parâmetros, determinando-se assim, os biótopos naturais na área do morro.

Para a elaboração do mapa da valoração ecológica das áreas de formações campestres e florestais naturais do Morro Santana, foi realizado, através do módulo IMAGE CALCULATOR do SIG Idrisi, o somatório dos 3 índices da configuração horizontal da paisagem: índice de área, índice de borda e distância de áreas urbanas, previamente distribuídos em três classes, em ordem crescente do valor ecológico. A imagem resultante foi adicionada às duas imagens dos valores da climacidade e naturalidade das comunidades. Essa imagem contendo o somatório dos índices da paisagem e dos parâmetros estruturais da vegetação foi redistribuída em 4 classes, através da operação RECLASS do SIG Idrisi, em ordem crescente do valor ecológico.

A valoração ecológica foi distribuída em quatro classes (zonas), de acordo com as zonas propostas pelo modelo de Reserva da Biosfera (Gregg *et al.* 1989 *apud* Baker 1992; Lino (1992) e Brasil (2000)) e pelo modelo de zoneamento ambiental proposto por Pfadenhauer (1987). Essas classes (zonas) são:

Zona Núcleo: abrange a região mais preservada de um ecossistema. Registra-se, aí, a ocorrência de endemismos, espécimes raros e lugares de excepcional valor científico. Só se permitirão em seus limites atividades que não prejudiquem ou alterem os processos naturais e a vida selvagem (Lino, 2000).

Zona Extensão do Núcleo: são as que geralmente envolvem as zonas núcleos, nela são permitidas atividades que garantam a integridade das zonas núcleos.

Zona de Tamponamento: nestas áreas as atividades ocorrem de maneira sustentável, garantindo a integridade das zonas extensão do núcleo e núcleo.

Zona de Ligação: geralmente são as mais externas da Unidade de Conservação. Nela são incentivadas atividades econômicas e de uso da terra sustentado, bem como atividades de pesquisa que serão úteis à região no entorno da UC.

O mapa dos biótopos naturais e o mapa dos valores ecológicos foram vetorializados e exportados para o software ArcView 3.2, no qual os biótopos foram diferenciados por um padrão de cores e os valores ecológicos por um padrão de hachuras. Após estes mapas foram sobrepostos para permitirem a visualização ao mesmo tempo, dos biótopos naturais e dos valores ecológicos presentes na área de estudo, os quais serviram à configuração de Zonas de Caracterização Ecológica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fitossociologia

Na área de 20 m², distribuída em 80 unidades amostrais, nas 4 macrozonas, campestres e uma área teste, foram levantadas 54 espécies, pertencentes a 37 gêneros e 13 famílias (Figura 1).

Nas 10 macrozonas florestais, incluindo a área teste, totalizando 1.000m lineares de transecção e 200 pontos amostrais, foram levantados 400 indivíduos arbóreos de 68 espécies, pertencentes a 54 gêneros e 32 famílias (Figura 2).

RELEVE NO.	1 1 7771	4 71 1 2	1 41	661161	32286442437443776332252274643	33525565	53565566532747
	55183098971	54142330	9690	516277	53406101774423879986508258834	21274901	56627843309266
RELEVE GROUP NO.	11111111111	22222222	3333	444444	5555555555555555555555555555555555	66666666	77777777777777
1 declividade	11111111111	11111111	1111	551111	55511115111115111115515511115	55555555	51555555555111
	55555555555	55555555	5555	5555	5555 5555 5555 5 5555		5 555
2 exposição solar	11111111111	11111111	1111	331111	111111111111111111111111111111	11313333	3133333311111
3 altitude	3333223333	23233333	3323	223323	222222222222222222222222222222	22222222	22222222222222
	00001110000	40100000	0040	880010	1111144144144111144114114141	11818888	84888888811141
	22220022222	02022222	2202	002202	9990000900009000009090900009	99090000	0000000099000
4 distância dos cursos d'água	22223332222	32322222	2232	442232	3333333333333333333333333333	33434444	43444444433333
	44444444444	14444444	4414	114444	88844118114118444118818841418	88181111	11111111188414
	55557775555	85755555	5585	995575	11177881887881777881181178781	11919999	98999999911787
48 Stevia cf. aristata	1				33	3	
2 Andropogon leucostachyus	1				2		
11 Axonopus sp.1	1	43	333		3 333333553353		3333433333333
6 Aristida filifolia	1	333			33533435335333333445534445333	3333	3
34 Leptocoryphium lanatum	1		33333533	3	33	333	3
30 Herbertia pulchella	2					4	
3 Andropogon selloanus	2				3	333	3
29 Glechon squarrosa	3						3
7 Aristida flaccida	3	43	3	33		33	343
47 Smilax cf. campestris	4					33	
8 Aristida laevis	4					3	
32 Hysterionica cf. pinifolia	4					3	
9 Aristida sp.	4		3			33	
39 Piptochaetium montevidense	4		3	3		33	3
37 Oxalis sp.	4			33			33333 3
10 Asplia montevidensis	4					3	333
31 Heterothalamus psiadioides	4						3
52 Vernonia nudiflora	4					3	3
16 Baccharis trimera	4					3	
15 Baccharis sessiliflora	4		3			33	
26 Eryngium sanguisorba	4					3	33
17 Bulbostylis cf. sphaerocep	4						3
42 Rynchospora sp.	4					3	
18 cf. Andropogon	4					3	
50 Trachypogon montufari	4						3
19 Chaptalia cf. piloselloide	4						3
38 Paspalum plicatulum	4					3	
35 Lucilia nitens	4				33	33	
21 Croton nitrariaefolium	4	3	3			3	
46 Sisyrinchium vaginatum	4	3	3				
22 Elionurus muticus	4	34333335334	3 33	33 3	3		3
43 Schizachyrium microstachy	4	3		3333	4333		
23 Eryngium ciliatum	4				3		
27 Eupatorium ligulaefolium	4					3	
24 Eryngium horridum	4		33	333		3	33554553
54 desconhecida	4		4				
28 Galactia sp.	4	33	3				
51 Verbena ephedroides	4						3
40 Richardia grandiflora	4					3	3
49 Stipa sp.	4	3		33		3	33
45 Schinus weinmannifolius	4			4			
53 Viguiera anchusaefolia	4						3
41 Rynchospora glandulares	4						
44 Schizachyrium tenerum	4			333454	3	33	3 3333 3
36 Melica sp.	4					3	3
33 Ipomoea nitida	4	3					
25 Eryngium pristis	4					3	
20 Collaea stenophylla	4						3
14 Baccharis dracunculifolia	4					4	43
13 Baccharis cultrata	4		3				
12 Baccharis articulata	4			3	3	4	
5 Aristida circinalis	5						3
4 Andropogon sp.	6				5		
1 Acmella bellidioides	7					3	

Figura 1: Tabela de Vegetação, elaborada a partir da análise de agrupamento, realizada no aplicativo computacional Mulva 5, para as formações campestres amostradas no Morro Santana, Porto Alegre - RS. Com os valores das classes de abundância e cobertura de Braun-Blanquet, para os gêneros ou espécies ocorrentes no levantamento das 80 unidades amostrais, e os parâmetros geomorfológicos analisados.

RELEVE NO.	538	92	04	6	1	7
RELEVE GROUP NO.	111	22	33	4	5	6
1 declividade	221	11	21	1	1	1
	555	55	55	5	5	5
2 exposição solar	331	31	33	3	1	3
3 altitude	122	12	12	1	2	7
	855	87	59	2	5	0
	800	38	05	5	0	
4 distância dos cursos d'água	586	22	14	1	9	3
	933	30	01	6	0	2
		03	8	3		
59 Sapium glandulatum	1					1
56 Randia armata	1					1
40 Machaerium stipitatum	1					1
38 Luehea divaricata	1					1
35 Jacaranda micrantha	1					1
33 Ilex brevicuspis	1					1
25 Eugenia schuechiana	1					1
6 Calyptranthes concinna	1					1
49 Nectandra oppositifolia	1	1				
14 Coussapoa microcarpa	1	1				
52 Ocotea puberula	1	1				1
17 Diospyros inconstans	1	1	1			
12 Chrysophyllum marginatum	1	2	1	1		
45 Myrsine guianensis	1	112		2		1
28 Garcinia gardneriana	1	11				
3 Alchornea triplinervia	1	1			1	1
58 Rollinia silvatica	1	211	1		1	1
37 Lithraea brasiliensis	1	11	1		1	2
31 Gymnanthes concolor	1	241				2
24 Eugenia rostrifolia	2	1	1	41	1	1
2 Allophylus edulis	2	1	21	32	1	1
54 Pachystroma longifolium	2	11		41		1
44 Myrcia glabra	3	1	1	13		1
27 Faramea marginata	3	1	11		1	2
47 Myrsine parvula	3	11	11			
1 Aiouea saligna	3	1	11			
51 Ocotea pulchella	3		1			1
19 Endlicheria paniculata	3		1			1
36 Lamanonia ternata	3		1			
16 cf Dendropanax cuneatum	3		1			
11 Chionanthus filiformis	3		1			
46 Myrcia palustris	3		1			1
43 Myrcianthes gigantea	3		1	2		1
67 Vitex megapotamica	4		11	1		1
5 Cabralea canjerana	4		11	11		1
55 Prunus myrtilifolia	4		11	11	1	1
42 Myrciaria cuspidata	4		1	11		1
68 Zanthoxylum cf. rhoifolium	4		2	1	11	1
23 Eugenia ramboi	4					1
22 Eugenia involucrata	4					1
9 Cedrela fissilis	4					1
61 Sebastiania serrata	4					1
57 Roupala brasiliensis	4	1		1		1
66 Trichilia elegans	4			1		
63 Syagrus romanzoffiana	4			1		
53 Patagonula americana	4			2		
50 Ocotea indecora	4	1		1		
65 Trichilia clauseni	4			11		2
60 Sebastiania brasiliensis	4		1	1	1	1
20 Erythroxylum argentinum	4				1	
18 Enterolobium contortisiliquum	4				1	
13 Cordia ecalyculata	4				1	
15 Cupania vernalis	4				1	2
39 Matayba elaeagnoides	4	1		1	1	1
7 Casearia decandra	4	1		1	1	1
48 Myrsine umbellata	4	1		1		1
34 Ilex dumosa	4	1		1		
10 Cereus hildmannianus	4			1		
4 Banara parviflora	4			1		1
64 Tabebuia pulcherrima	4		1	1		
32 Hirtella hebeclada	4	1		1	1	
41 Myrsine coriacea	4		1			
30 Guettarda uruguensis	4		1			
21 Esenbeckia grandiflora	4		1			
26 Eugenia uruguayensis	4		1	1		
62 Sorocea bonplandii	5	332	21			3
8 Casearia sylvestris	5	211	12	11	6	1
29 Guapira opposita	6	366	54	24	4	1

Figura 2: Tabela de Vegetação, elaborada a partir da análise de agrupamento, realizada no aplicativo computacional Mulva 5, para as formações florestais amostradas no Morro Santana, Porto Alegre - RS. Com os valores das classes de número de indivíduos, para as espécies ocorrentes no levantamento das 10 transecções, e os parâmetros geomorfológicos analisados.

3.1.1 Unidades e Sub-unidades de Vegetação

A análise de agrupamento, exibição em Tabela de vegetação, revelou a formação de seis grupos campestres de acordo com a Figura 1, dos quais 2 constituem unidades e quatro constituem sub-unidades de vegetação. A unidade 1 globaliza as macrozonas 1, 2, 3 e 4, e as sub-unidades agrupam macrozonas conforme Tabela 2.

A sub-unidade *Aristida filifolia* - *Eryngium horridum* é caracterizada, além dessas, por *Baccharis dracunculifolia* DC. e *Baccharis articulata* (Lam.) Pers., com alta frequência. Na sub-unidade *Axonopus* sp1- *Oxalis* spp. destacou-se a importância de *Aristida flaccida* Trin. & Rupr., Mohr (1995) também encontrou essa espécie associada com o gênero *Oxalis*. Na unidade *Elionurus muticus* - *Schizachyrium microstachyum* e sub-unidade *Axonopus* sp1- *Leptocoryphium lanatum* ocorreu com alta frequência *Croton nitrariaefolium* Baill. Boldrini e Eggers (1996) também verificaram a ocorrência do gênero *Elionurus* com *Schizachyrium microstachyum*. Mohr (1995) encontrou para a vegetação campestre duas comunidades, caracterizadas por *Elyonurus rostratus* e *Schizachyrium microstachyum*. Na comparação entre os dois trabalhos, devido a ter ocorrido um maior número de espécies (114 espécies herbáceas, distribuídas em 50 gêneros e 16 famílias) na amostragem de Mohr (1995), pode-se tomar os grupos vegetais (unidades e sub-unidades) aqui encontradas como partes de agrupamentos verificados em escala mais abrangente.

Tabela 2: Unidades e sub-unidades de vegetação, presentes nas macrozonas de formações campestres amostradas no Morro Santana, Porto Alegre - RS, detectadas a partir da análise de agrupamento exibição em Tabela de Vegetação, realizada no aplicativo computacional Mulva 5.

Unidades e Sub-unidades de vegetação	Espécies	Macrozonas predominantes
Unidade	<i>Aristida filifolia</i> - <i>Axonopus</i> sp1	1, 2, 3 e 4
Sub-unidade	<i>Aristida filifolia</i> - <i>Eryngium horridum</i>	1 e 3
Sub-unidade	<i>Axonopus</i> sp1- <i>Leptocoryphium lanatum</i>	teste e 4
Sub-unidade	<i>Axonopus</i> sp1- <i>Oxalis</i> spp.	3
Sub-unidade	<i>Axonopus</i> sp1 - <i>Schizachyrium tenerum</i>	teste e 3
Unidade	<i>Elionurus muticus</i> - <i>Schizachyrium microstachyum</i>	teste e 4

Na análise de agrupamento, exibição em Tabela de Vegetação, detectou-se a formação de seis grupos florestais de acordo com a Figura 2, dos quais o grupo *Guapira opposita* - *Casearia sylvestris*, está presente em todas as macrozonas e caracteriza a unidade de vegetação da amostra; os demais agrupamentos constituem as sub-unidades vegetais (Tabela 3). Em relação às sub-unidades presentes em Mohr (1995), onde o número de espécies amostradas foi menor (49 espécies arbóreas, distribuídas em 41 gêneros e 28 famílias), podemos inferir que os agrupamentos aqui encontrados revelam os grupos vegetais arbóreos naturais da área com maior precisão. Tendo em vista que no mesmo local de estudo, uma maior riqueza de espécies indica que a amostragem abrangeu áreas de maior tamanho e desta maneira, é aprimorado o detalhamento das comunidades vegetais presentes.

Na sub-unidade *Guapira opposita* - *Gymnanthes concolor* estavam presentes com abundância *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze, *Rollinia silvatica* Mart. e *Lithraea brasiliensis* March. (Figura 2). Na sub-unidade *Guapira opposita* - *Allophylus edulis*, ocorreram *Eugenia rostrifolia* D.Legrand e *Pachystroma longifolium* I.M.Johnst. Forneck (2001) também verificou no mesmo agrupamento *Allophylus edulis* e *Eugenia rostrifolia*. Com alta frequência ocorreu *Faramea marginata* Cham. na sub-unidade *Guapira opposita* - *Myrcia glabra*. Na sub-unidade *Guapira opposita* - *Zanthoxylum cf. rhoifolium* destacaram-se *Prunus*

myrtifolia Urb., *Cabralea canjerana* (Vell.)Mart, *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke e *Myrciaria cuspidata* O.Berg. A presença do gênero *Zanthoxylum* e *Cabralea canjerana* no mesmo agrupamento vegetal, também foi verificado por Forneck (2001).

Em relação à altura das árvores, as macrozonas caracterizadas pelas sub-unidades foram pouco diferenciadas. As médias variaram de 9,4m nas macrozonas que caracterizam a sub-unidade *Guapira opposita* - *Sorocea bonplandii* e 10,8m de altura nas macrozonas que caracterizam *Guapira opposita* - *Zanthoxylum cf. rhoifolium*.

Em relação ao número de árvores abaixo e acima de 10m de altura, as diferenças entre as macrozonas que caracterizam as sub-unidades foram poucas, não foram verificadas ligações entre essa característica e a climacidade das sub-unidades.

Tabela 3: Unidade e sub-unidades de vegetação presentes nas macrozonas de formações florestais amostradas no Morro Santana, Porto Alegre - RS, detectadas a partir da análise de agrupamento exibição em Tabela de Vegetação, realizada no aplicativo computacional Mulva 5.

Unidade e Sub-unidades de vegetação	Espécies	Macrozonas predominantes
Unidade	<i>Guapira opposita</i> - <i>Casearia sylvestris</i>	todas
Sub-unidade	<i>Guapira opposita</i> - <i>Sorocea bonplandii</i>	6, 8, 10, 11 e 12
Sub-unidade	<i>Guapira opposita</i> - <i>Gymnanthes concolor</i>	6, 8 e área teste
Sub-unidade	<i>Guapira opposita</i> - <i>Myrcia glabra</i>	5 e 12
Sub-unidade	<i>Guapira opposita</i> - <i>Allophylus edulis</i>	7 e 13
Sub-unidade	<i>Guapira opposita</i> - <i>Zanthoxylum cf. rhoifolium</i>	7, 9 e 13

3.2 Relação das Unidades e Sub-unidades de Vegetação com as Variáveis Geomorfológicas

A análise de autocorrelação da vegetação campestre (Figura 3) revelou que a declividade e a exposição solar possuem correlação positiva fraca com a distribuição das espécies, com valores 0,1183 e 0,1359, respectivamente. As variáveis distância de cursos d'água e altitude estão mais fortemente correlacionadas à distribuição das espécies, com valores de autocorrelação 0,3150 e 0,3158, respectivamente. Apesar da altitude ter tido valor de autocorrelação alto, a relação com a distribuição das unidades e sub-unidades vegetais campestres não foi verificada espacialmente com tanta nitidez, quanto a variável distância dos cursos d'água. Na análise de ordenação, exibição em diagrama de dispersão (Figura 4) verificou-se que as unidades e sub-unidades de vegetação campestre distribuíram-se fracamente correlacionadas as variáveis exposição solar, altitude e declividade, e igualmente à análise de autocorrelação, a variável distância de cursos d'água revelou configuração relacionada com a distribuição dos grupos. Boldrini *et al.* (1998), a partir da análise de agrupamento e ordenação, encontraram conexões entre a variação da vegetação e os fatores altitude e exposição solar, observados na vegetação do Morro da Polícia, em Porto Alegre - RS. A diferença entre os resultados dos dois trabalhos pode ser devido ao fato de que no presente estudo as orientações solares utilizadas na análise estatística foram apenas duas, em Boldrini *et al.* (1998) foram quatro. A variabilidade pode ter permitido a expressão dos resultados. Portanto, em novos estudos sugerimos que sejam utilizados um maior número de parâmetros. A pequena diferença entre as amplitudes das altitudes utilizadas nos dois trabalhos, de 120m em Boldrini *et al.* (1998) e 92m no presente trabalho, descartam a possibilidade dessa ser a principal explicação para a diferença. Outra explicação possível pode ser que a expressiva diferença de tamanho de área amostral de Boldrini *et al.* (1998), com 18 transecções de aproximadamente 20 metros, caracterizando-se como de maior detalhamento, tenha tornado possível a visualização da associação entre os dois fatores. Sugerimos que para verificar relações entre a distribuição da vegetação e os fatores geomorfológicos, a escala

de trabalho deva ser menor do que aquela utilizada para verificar os agrupamentos vegetais.

A unidade de vegetação *Aristida filifolia* - *Axonopus* sp1 está fracamente associada a locais mais distantes dos cursos d'água ou potencialmente mais secos. A sub-unidade *Aristida filifolia* - *Eryngium horridum* foi o grupo que ocupou os locais indicativos de menor umidade, pela distancia dos cursos d'água. Em corroboração com essa hipótese de relação com umidade, Boldrini (1997) verificou a presença de *Eryngium horridum* referida em ambientes secos e Boldrini *et al.* (1998) constataram que *Aristida laevis* (Nees) Kunth, que aqui ocorreu nas mesmas unidades amostrais que *Eryngium horridum*, está relacionada às encostas mais expostas à radiação solar, o que confere menor umidade aos ambientes. A sub-unidade *Axonopus* sp.1 - *Leptocoryphium lanatum* ocupou as exposições de encosta norte e predominantemente em locais próximos dos cursos d'água. A sub-unidade *Axonopus* sp1 - *Oxalis* spp. ocorreu, exclusivamente, na exposição de encosta sul e está presente nos locais potencialmente mais secos. A presença de *Aristida flaccida* nessa sub-unidade corrobora a hipótese da associação dessa sub-unidade com ambientes secos. De acordo com Boldrini e Eggers (1996), essa espécie forma grandes touceiras e é característica de solos secos. A sub-unidade *Axonopus* sp1 - *Schizachyrium tenerum* ocorreu predominantemente nas altitudes elevadas. A unidade de vegetação *Elionurus muticus* - *Schizachyrium microstachyum*, ocorreu nos locais potencialmente úmidos.

OVERALL AUTOCORRELATION: 0.1183
 SQUARED AUTOCORRELATION: 0.0140
 SITE FACTOR NO. TO BE USED (0 to exit): 1 (declividade)

CORRELOGRAM

DIST. CLASS	FROM	TO	N
1	0.0	1.0	1660
2	1.0	2.0	0
3	2.0	3.0	0
4	3.0	4.0	0
5	4.0	5.0	0
6	5.0	6.0	0
7	6.0	7.0	0
8	7.0	8.0	0
9	8.0	9.0	0
10	9.0	10.0	1500

OVERALL AUTOCORRELATION: 0.1359
 SQUARED AUTOCORRELATION: 0.0185
 SITE FACTOR NO. TO BE USED (0 to exit): 2 (exposição solar)

CORRELOGRAM

DIST. CLASS	FROM	TO	N
1	0.0	0.2	2185
2	0.2	0.4	0
3	0.4	0.6	0
4	0.6	0.8	0
5	0.8	1.0	0
6	1.0	1.2	0
7	1.2	1.4	0
8	1.4	1.6	0
9	1.6	1.8	0
10	1.8	2.0	975

OVERALL AUTOCORRELATION: 0.3158
 SQUARED AUTOCORRELATION: 0.0997
 SITE FACTOR NO. TO BE USED (0 to exit): 3 (altitude)

CORRELOGRAM

DIST. CLASS	FROM	TO	N
1	0.0	9.2	835
2	9.2	18.4	0
3	18.4	27.7	525
4	27.7	36.9	225
5	36.9	46.1	225
6	46.1	55.3	0
7	55.3	64.5	525
8	64.5	73.7	225
9	73.7	83.0	0
10	83.0	92.2	600

OVERALL AUTOCORRELATION: 0.3150
 SQUARED AUTOCORRELATION: 0.0992
 SITE FACTOR NO. TO BE USED (0 to exit): 4 (distância dos cursos d'água)

CORRELOGRAM

DIST. CLASS	FROM	TO	N
1	0.0	17.4	610
2	17.4	34.9	450
3	34.9	52.3	225
4	52.3	69.7	225
5	69.7	87.2	525
6	87.2	104.6	525
7	104.6	122.0	0
8	122.0	139.5	300
9	139.5	156.9	0
10	156.9	174.3	300

Figura 3: Análise de autocorrelação, realizada no aplicativo computacional Mulva 5, a partir de uma matriz de distâncias de corda dos parâmetros geomorfológicos, entre as unidades amostrais de vegetação campestre, no Morro Santana, Porto Alegre - RS. A análise foi feita para cada uma das quatro variáveis geomorfológicas separadamente.

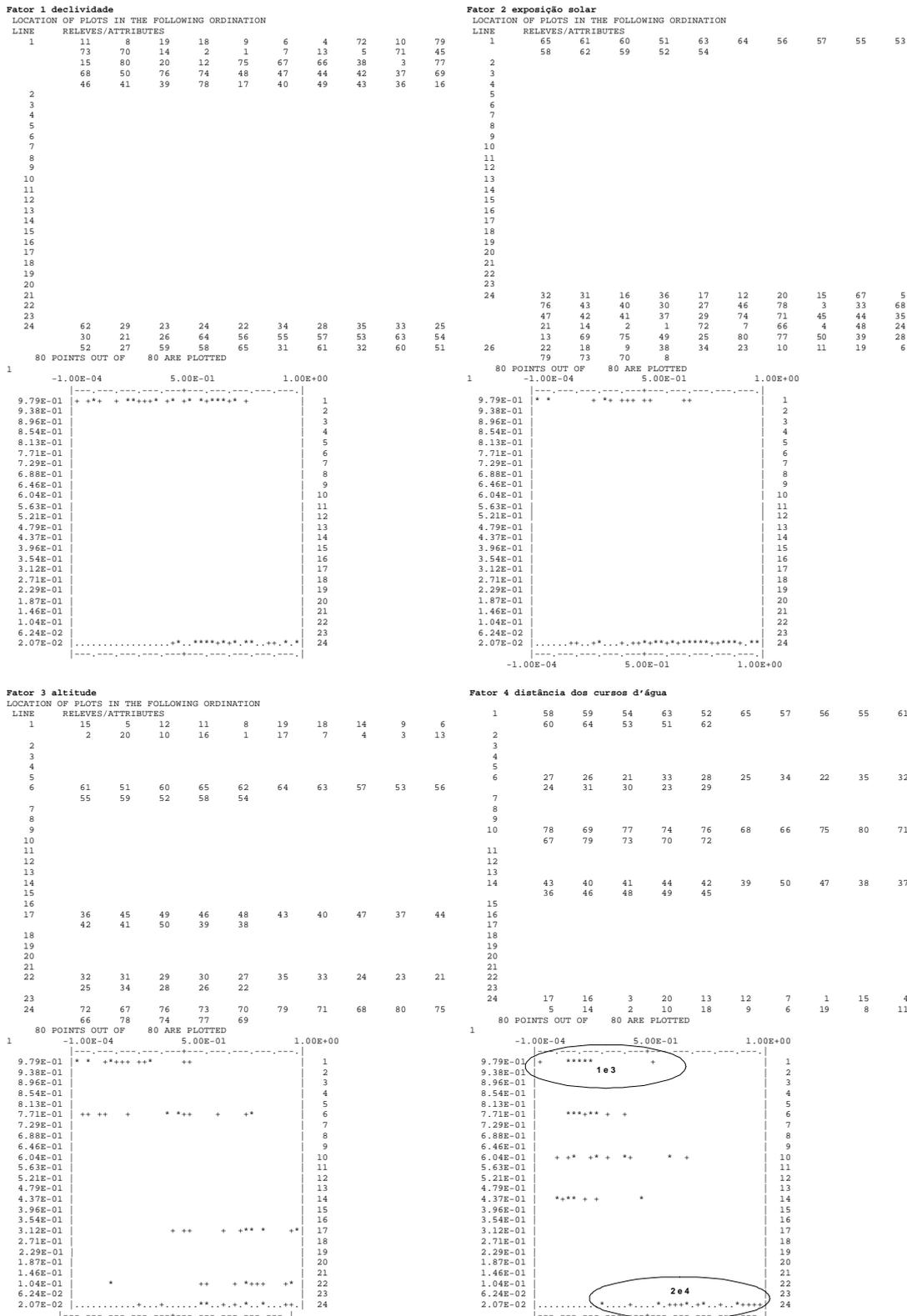


Figura 4: Diagramas de dispersão pelo método da ordenação direta de Roberts, elaborados no aplicativo computacional Mulva 5, a partir de análise de agrupamento dos parâmetros geomorfológicos, entre parcelas, da vegetação campestre no Morro Santana, Porto Alegre - RS. A análise foi feita para cada uma das quatro variáveis geomorfológicas separadamente. Sendo, as elipses numeradas correspondentes às seguintes sub-unidades e unidade vegetal: 1 : *Aristida filifolia* - *Eryngium horridum*; 2: *Axonopus* sp1- *Leptocoryphium lanatum*; 3: *Axonopus* sp1- *Oxalis* spp. e 4: *Elionurus muticus* - *Schizachyrium microstachyum*.

A análise de autocorrelação revelou que a unidade e sub-unidades de vegetação florestal, distribuem-se fracamente associadas às variáveis declividade e exposição solar, com valores de autocorrelação -0,0706 e 0,1648, respectivamente (Figura 5). As variáveis altitude e distância aos cursos d'água mostraram correlação mais forte com a distribuição das espécies, com valores 0,3665 e 0,1041, respectivamente (Figura 5). Apesar do valor de autocorrelação da variável distância aos cursos d'água ser mais baixo do que o da variável exposição solar, a primeira distribui-se no sentido positivo para negativo do correlograma, indicando uma relação linear entre essa e as espécies vegetais. A variável orientação de encosta possui suas classes de distâncias flutuando em torno do zero, indicando correlação baixa (Wildi e Orlóci 1996).

Através dos diagramas de dispersão da análise de ordenação (Figura 6), verificou-se que entre a altitude e a distância dos cursos d'água, as sub-unidades florestais distribuíram-se melhor relacionadas com a segunda variável. Nessa análise, verificou-se que a sub-unidade de vegetação *Guapira opposita* - *Sorocea bonplandii* ocorreu predominantemente nos locais mais próximos dos cursos d'água. A sub-unidade *Guapira opposita* - *Gymnanthes concolor* ocupou predominantemente os locais com altas declividades e próximos aos cursos d'água. Essa relação também foi encontrada por Forneck (2001). A sub-unidade *Guapira opposita* - *Myrcia glabra* foi o grupo que ocorreu nos locais mais distantes dos cursos d'água. A sub-unidade *Guapira opposita* - *Allophylus edulis* ocorreu nos locais indicativos de menor umidade do solo. A sub-unidade *Guapira opposita* - *Zanthoxylum cf. rhoifolium* mostrou tendência a ocorrer nos locais mais secos.

OVERALL AUTOCORRELATION: -0.0706
 SQUARED AUTOCORRELATION: 0.0050
 SITE FACTOR NO. TO BE USED (0 to exit): 1 (declividade)

CORRELOGRAM

DIST. CLASS	FROM	TO	N	CORREL.
1	0.0	1.0	24	-0.07
2	1.0	2.0	0	
3	2.0	3.0	0	
4	3.0	4.0	0	
5	4.0	5.0	0	
6	5.0	6.0	0	
7	6.0	7.0	0	
8	7.0	8.0	0	
9	8.0	9.0	0	
10	9.0	10.0	21	0.07

OVERALL AUTOCORRELATION: 0.1648
 SQUARED AUTOCORRELATION: 0.0272
 SITE FACTOR NO. TO BE USED (0 to exit): 2 (exposição solar)

CORRELOGRAM

DIST. CLASS	FROM	TO	N	CORREL.
1	0.0	0.2	24	0.16
2	0.2	0.4	0	
3	0.4	0.6	0	
4	0.6	0.8	0	
5	0.8	1.0	0	
6	1.0	1.2	0	
7	1.2	1.4	0	
8	1.4	1.6	0	
9	1.6	1.8	0	
10	1.8	2.0	21	-0.16

OVERALL AUTOCORRELATION: 0.3665
 SQUARED AUTOCORRELATION: 0.1343
 SITE FACTOR NO. TO BE USED (0 to exit): 3 (altitude)

CORRELOGRAM

DIST. CLASS	FROM	TO	N	CORREL.
1	0.0	22.5	5	0.19
2	22.5	45.1	9	-0.11
3	45.1	67.6	9	0.45
4	67.6	90.2	2	
5	90.2	112.7	6	-0.09
6	112.7	135.3	6	-0.09
7	135.3	157.8	2	
8	157.8	180.4	4	-0.23
9	180.4	202.9	0	
10	202.9	225.4	2	

OVERALL AUTOCORRELATION: 0.1041
 SQUARED AUTOCORRELATION: 0.0108
 SITE FACTOR NO. TO BE USED (0 to exit): 4 (distância dos cursos d'água)

CORRELOGRAM

DIST. CLASS	FROM	TO	N	CORREL.
1	0.0	40.8	11	0.29
2	40.8	81.7	9	-0.27
3	81.7	122.5	4	0.02
4	122.5	163.4	6	0.04
5	163.4	204.2	6	-0.06
6	204.2	245.0	2	
7	245.0	285.9	1	
8	285.9	326.7	0	
9	326.7	367.6	4	-0.12
10	367.6	408.4	2	

Figura 5: Análise de autocorrelação, realizada no aplicativo computacional Mulva 5, a partir de uma matriz de distâncias euclidianas dos parâmetros geomorfológicos, entre as unidades amostrais de vegetação florestal, no Morro Santana, Porto Alegre - RS. A análise foi feita para cada uma das quatro variáveis geomorfológicas separadamente.

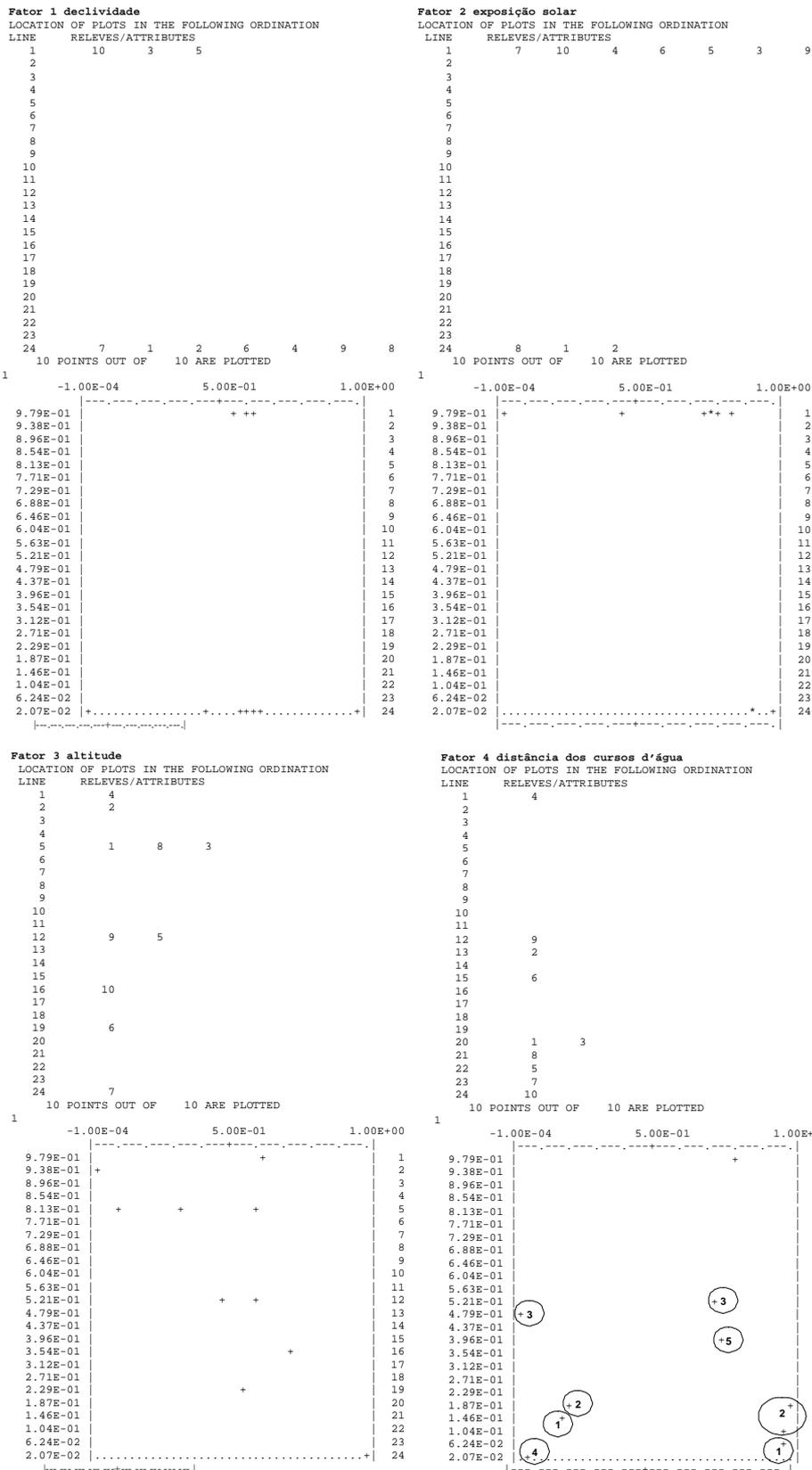


Figura 6: Diagramas de dispersão pelo método da ordenação direta de Roberts, elaborados no aplicativo computacional Mulva 5, a partir de análise de agrupamento dos parâmetros geomorfológicos, entre transecções, da vegetação florestal no Morro Santana, Porto Alegre - RS. A análise foi feita para cada uma das quatro variáveis geomorfológicas separadamente. Sendo, os círculos numerados correspondentes às seguintes sub-unidades vegetais: 1 : *Guapira opposita* - *Sorocea bonplandii*; 2: *Guapira opposita* - *Gymnanthes concolor*; 3: *Guapira opposita* - *Myrcia glabra*; 4: *Guapira opposita* - *Allophylus edulis* e 5: *Guapira opposita* - *Zanthoxylum cf. rhoifolium*.

3.3 Tipo Fitofisionômico das Sub-Unidades Vegetais Arbóreas

A caracterização das sub-unidades de vegetação arbórea, quanto ao tipo fitofisionômico da mata, está expressa na Tabela 4.

Entre as sub-unidades de vegetação, *Guapira opposita - Gymnanthes concolor* foi a única com espécies predominantemente da mata higrófila. *Guapira opposita - Myrcia glabra* obteve a maior predominância de espécies da mata mesófila entre todas as sub-unidades. A sub-unidade *Guapira opposita - Sorocea bonplandii* diferiu pouco entre os tipos mata mesófila e mata higrófila.

Em todas as sub-unidades as espécies características de florestas do tipo subxerófila obtiveram porcentagens muito baixas, não sendo possível se caracterizar as formações com este tipo fitofisionômico. Esse resultado comparado com o mapa de uso e cobertura reclassificado por Bortolotti e Porto (artigo I, nesta publicação), no qual a categoria floresta subxerófila foi a segunda com maior ocorrência na área de estudo, nos conduz à afirmação de que a interpretação em estereoscopia informa as diferenças fisionômicas da vegetação, mas não indica a estrutura florística e estágio sucessional das áreas.

Tabela 4: Caracterização das sub-unidades de vegetação florestal, presentes no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em relação à porcentagem de espécies pertencentes aos tipos fitofisionômicos segundo classificação de Brack *et al.* (1998).

Sub-unidades de vegetação	Tipo fitofisionômico (%)			
	Mata sem diferenciação	Mata Subxerófila	Mata Mesófila	Mata Higrófila
<i>Guapira opposita - Sorocea bonplandii</i>	2,5	6,5	46,8	44,2
<i>Guapira opposita - Gymnanthes concolor</i>	1,2	3,8	40	55
<i>Guapira opposita - Myrcia glabra</i>	6,2	5	61,3	27,5
<i>Guapira opposita - Allophylus edulis</i>	2,5	5	50	42,5
<i>Guapira opposita - Zanthoxylum cf. rhoifolium</i>	1,7	5	60	33,3

3.4 Uso e Cobertura do Solo

A classificação quanto aos tipos de uso e cobertura do solo (fitofisionomias), realizada por estereoscopia das formações campestres e florestais naturais, distinguiu três tipos de florestas, denominadas A, B e C e 4 tipos de campos, denominados campo claro, campo claro com pedras, campo escuro e campo escuro com pedras. Os demais tipos de uso e cobertura do solo, reclassificados por Bortolotti e Porto (artigo I, nesta publicação), foram adicionados à imagem das coberturas naturais e estão ilustrados na Figura 3.

O tipo florestal A caracteriza-se, em estereoscopia, por apresentar grãos pequenos, com tonalidade de cinza claro, poucos e/ ou nenhum indivíduos emergentes e altura baixa da cobertura vegetal. Essas características, de acordo com Brack *et al.* (1998), caracterizam a formação como pertencente à estágios sucessionais iniciais ou até estágios avançados, porém de formações florestais com altura baixa. O tipo florestal B caracteriza-se por apresentar grãos pequenos, médios e grandes, com tonalidades de cinza claro, médio e escuro, poucos indivíduo emergente e alturas baixa, mediana e alta das árvores. Essas características, de acordo com Brack *et al.* (1998), caracterizam a formação como pertencente a estágios sucessionais secundários ou até estágios avançados, porém de formações florestais com altura mediana. O tipo florestal C apresenta grãos grandes, com tonalidades de cinza médio e escuro, vários indivíduos emergentes e alturas média e alta da cobertura vegetal. Essas características, de acordo com Brack *et al.* (1998), caracterizam a formação como pertencente a estágios sucessionais avançados e típicos de formações florestais com altura elevada. Os tipos campo claro e campo claro com pedras apresentaram em estereoscopia tonalidade de cinza claro, o primeiro caracteriza-se pela ausência ou rara ocorrência de matações graníticos, o segundo é caracterizado pela presença dessas rochas compondo a paisagem. Os tipos campestres escuro e escuro com pedras apresentaram tonalidade de cinza escuro e possuem raros ou nenhum e poucos ou muitos matações graníticos, respectivamente.

O histograma de distribuição dos usos e coberturas do solo, Figura 4, revela que entre as categorias de campos e florestas naturais, a categoria floresta B (7) é a que ocorre com maior frequência, com 16,5% de cobertura, e, com 8,2% de cobertura é a floresta A (6). As formações florestais ocupam 31,1% da cobertura do

morro e as formações campestres ocupam 17%. O predomínio da cobertura florestal sobre as campestres corrobora os dados de Diefenbach (1998), no que se refere às condições climáticas atuais favorecerem o desenvolvimento das florestas, restando campos nas áreas cujos fatores ambientais limitam o avanço das matas. Como limitações ao avanço dos campos também se incluem os fatores antrópicos. Áreas urbanas possuem a maior cobertura, 29,8% da área. Os tipos de uso e cobertura do solo naturais e pouco antropizados ocupam 51,6% da área do morro e as categorias de uso antrópico cobrem 48,4%.

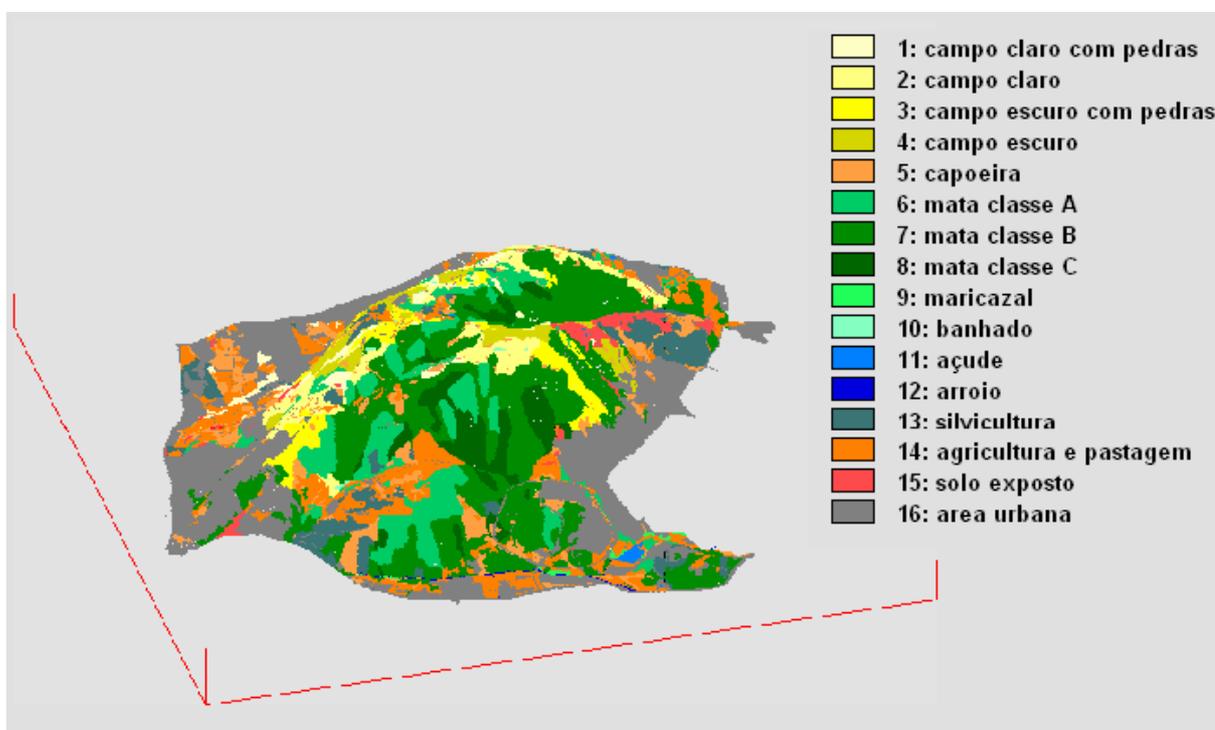


Figura 7: Modelo tridimensional do Morro Santana, Porto Alegre - RS, vista direção norte e ângulo de inclinação 45°, com as categorias de uso e cobertura do solo diferenciadas a partir de estereoscopia das formações campestres e florestais naturais e demais categorias reclassificadas em Bortolotti e Porto (artigo I, nesta publicação).

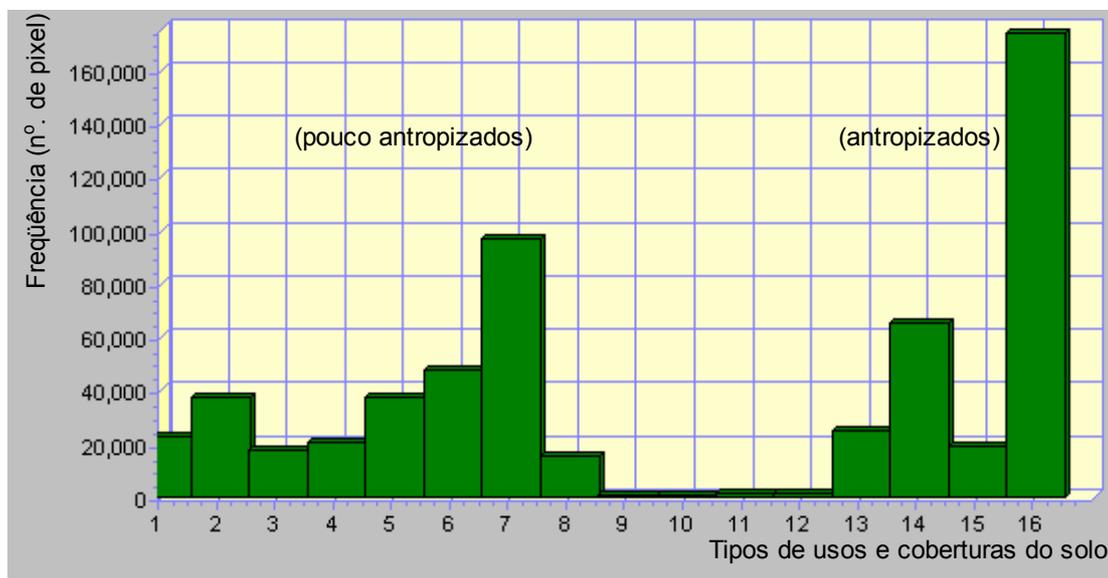


Figura 8: Distribuição dos tipos de uso e cobertura do solo no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em relação à cobertura analisada pelo número de pixels. A numeração corresponde às seguintes categorias: 1: campo claro com pedras; 2: campo claro; 3: campo escuro com pedras; 4: campo escuro; 5: capoeira; 6: floresta A; 7: floresta B; 8: floresta C; 9: maricazal; 10: banhado; 11: açude; 12: arroio; 13: silvicultura; 14: agricultura e pastagem; 15: solo exposto e 16: área urbana.

3.5 Caracterização dos Biótopos Naturais

O mapa dos biótopos naturais do Morro Santana, gerado a partir da análise quanto à proximidade dos cursos d'água e padrões de formações fitofisionômicas que caracterizam as macrozonas onde localizam-se as unidades e sub-unidades vegetais (Tabela 5), está representado na Figura 9. A área em hectares ocupada pelos biótopos está descrita na Tabela 6.

O biótopo *Guapira opposita - Allophylus edulis* é coberto por floresta do tipo C, essa cobertura distingui-se das demais pelo aspecto em estereoscopia de fotos aéreas como sendo mata alta. A presença de *Pachystroma longifolium* e *Eugenia rostrifolia* neste biótopo corrobora essa hipótese, de acordo com Aguiar *et al.* (1986) e Brack *et al.* (1998) essas espécies compõem à formações higrófilas.

Tabela 5: Unidades e sub-unidades de vegetação do Morro Santana, Porto Alegre - RS, em relação aos padrões fitofisionômicos campestres e florestais interpretados através de fotos aéreas do ano 1991 e aos parâmetros geomorfológicos (classes de distância dos cursos d'água) que as caracterizam. Sendo a classe 1 próxima dos cursos d'água e indicativa de locais úmidos e a classe 2 de lugares mais secos e distantes dos cursos.

Unidades e Sub-unidades * de vegetação	Fitofisionomias fotointerpretadas	Distância dos cursos d'água
<i>Aristida filifolia</i> - <i>Axonopus</i> sp1	Campo claro com pedras	Classe 1
* <i>Aristida filifolia</i> - <i>Eryngium horridum</i>	Campo claro	Classe 2
* <i>Axonopus</i> sp1- <i>Leptocoryphium lanatum</i>	Campo escuro com pedras	Classe 1 e 2
* <i>Axonopus</i> sp1- <i>Oxalis</i> spp.	Campo claro com pedras	Classe 2
* <i>Axonopus</i> sp1 - <i>Schizachyrium tenerum</i>	Campo claro	Classe 1
<i>Elionurus muticus</i> - <i>Schizachyrium microstachyum</i>	Campo escuro	Classe 1 e 2
* <i>Guapira opposita</i> - <i>Sorocea bonplandii</i>	Floresta B	Classe 1
* <i>Guapira opposita</i> - <i>Gymnanthes concolor</i>	Floresta A	Classe 1
* <i>Guapira opposita</i> - <i>Myrcia glabra</i>	Floresta B	Classe 2
* <i>Guapira opposita</i> - <i>Allophylus edulis</i>	Floresta C	Classe 1 e 2
* <i>Guapira opposita</i> - <i>Zanthoxylum cf. rhoifolium</i>	Floresta A	Classe 2

Tabela 6: Cobertura dos biótopos naturais das áreas de formações campestres e florestais no Morro Santana, Porto Alegre - RS.

Biótopos Naturais	Área em ha	%
<i>Aristida filifolia</i> - <i>Axonopus</i> sp1	37,6	6
<i>Axonopus</i> sp1- <i>Oxalis</i> spp.	20	3
<i>Aristida filifolia</i> - <i>Eryngium horridum</i>	45,1	7
<i>Axonopus</i> sp1 - <i>Schizachyrium tenerum</i>	49,3	8
<i>Axonopus</i> sp1- <i>Leptocoryphium lanatum</i>	44,3	7
<i>Elionurus muticus</i> - <i>Schizachyrium microstachyum</i>	51,6	8
<i>Guapira opposita</i> - <i>Zanthoxylum cf. rhoifolium</i>	47,1	7
<i>Guapira opposita</i> - <i>Myrcia glabra</i>	64,9	10
<i>Guapira opposita</i> - <i>Gymnanthes concolor</i>	72,1	11
<i>Guapira opposita</i> - <i>Sorocea bonplandii</i>	176,4	27
<i>Guapira opposita</i> - <i>Allophylus edulis</i>	38,8	6

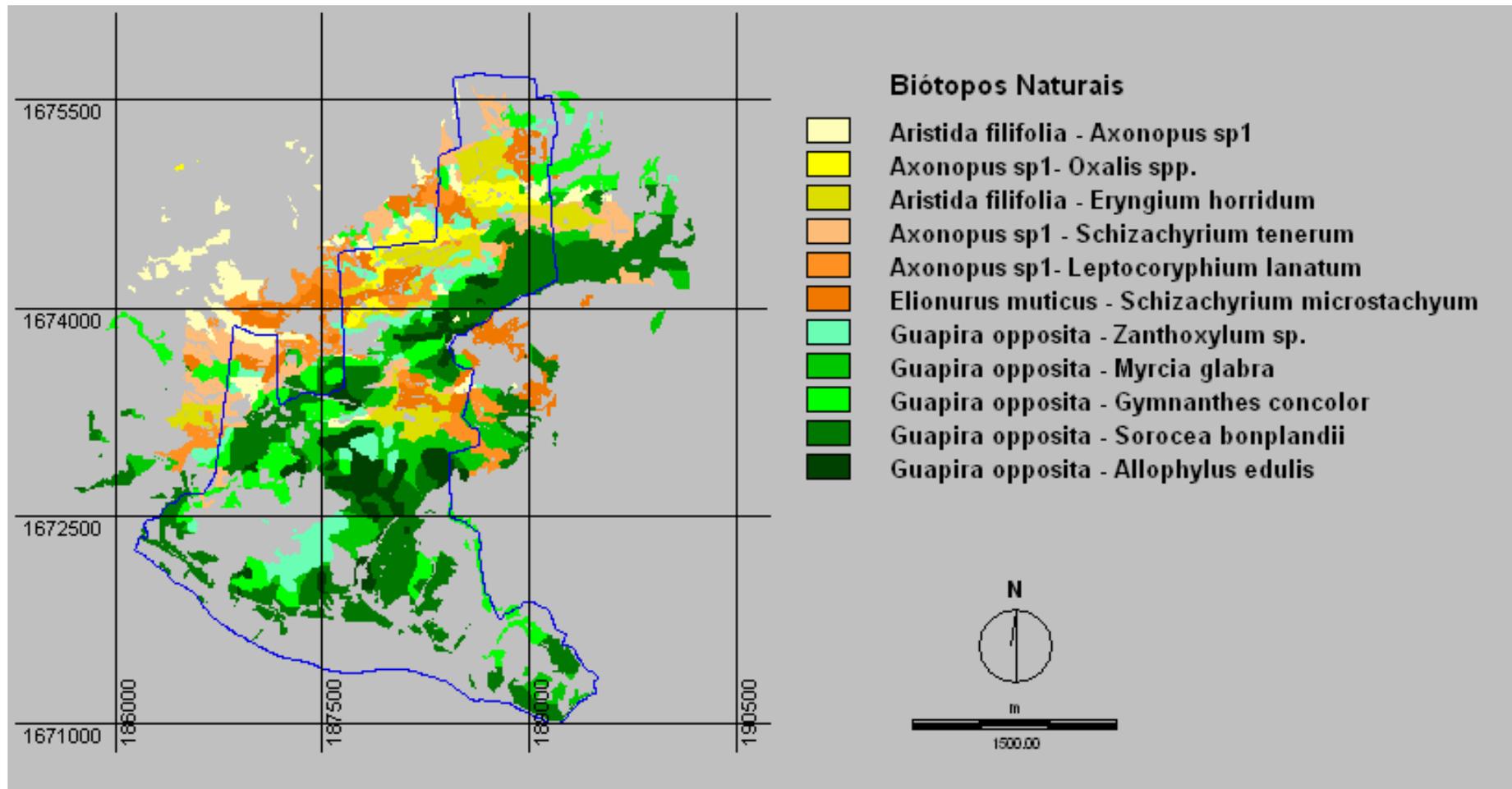


Figura 9: Biótopos naturais, segundo unidades e sub-unidades de vegetação, fitofisionomias e distância dos cursos d'água, nas áreas de formações campestres e florestais naturais no Morro Santana, Porto Alegre - RS, com a delimitação da área pertencente à UFRGS em azul.

3.6 Configuração Horizontal da Paisagem

Índice de Área

Os tamanhos dos grupos contínuos das categorias florestais e campestres naturais, Figura 6, variam entre 0,0025 e 63,3 hectares. As duas maiores manchas com 63,3ha e 55,9ha ocupam 14,6% da área do morro coberta por essas formações e pertencem à categoria floresta B.

De acordo com as classes de índice de área definidas conforme item 2.7, floresta A possui a maioria das manchas (45%) na classe 1, pertencente às menores áreas. O contrário ocorre com as demais florestas, B e C, que possuem a maioria das manchas, 63% e 46%, respectivamente, na classe 3, pertencente às maiores áreas. Estes resultados nos conduzem a supor que o gradiente de conservação do menor para o maior, verificado em estereoscopia através da altura da vegetação e densidade de grãos, para as categorias denominadas floresta A, B e C, respectivamente, possui relação com a variável tamanho da mancha. A presença da floresta A, com aspecto de conservação baixo, em manchas menores, pode indicar que sejam manchas de expansão, indicando avanço dessas florestas sobre os campos. Segundo Muller e Forneck (2004) e Forneck *et al.* (2003) um dos padrões de expansão florestal nos mosaicos de floresta-campo do Morro Santana é através da formação de pequenos núcleos insulares, que, após processos de estruturação da composição florística e vertical, assemelham-se às bordas florestais propriamente ditas.

Os quatro tipos de formações campestres possuem a maioria das manchas na classe 2, pertencente às manchas com tamanho intermediário. Apenas os tipos campo claro e campo escuro possuem manchas na classe 3 (maiores), os demais tipos, campo claro com pedras e campo escuro com pedras, possuem manchas com tamanhos até a classe 2 (intermediárias).

A categoria maricazal possui somente manchas pequenas, pertencentes à classe 1 e a categoria capoeira possui 91,4% das manchas nessa classe com o restante das manchas na classe intermediária.

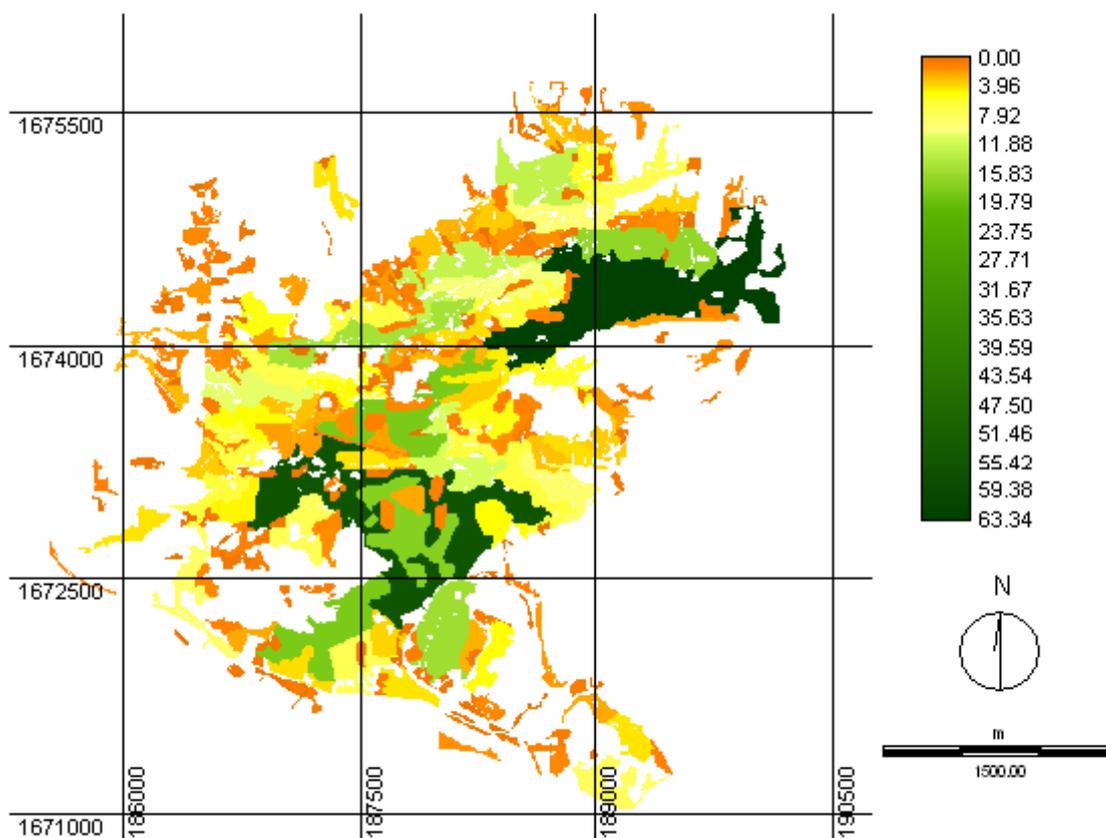


Figura 10: Superfície (área) em hectares ocupada pelos grupos contínuos das categorias campestres e florestais naturais, no Morro Santana, Porto Alegre - RS.

Índice de Borda

A compacidade (índice de borda) encontrada para as manchas e corredores contínuos de formações campestres e florestais naturais variou de 0,13 a 0,89, conforme Figura 7. A máxima compacidade, valor um, foi definida para o fundo da imagem, que não contém categorias representadas. De acordo com as classes de compacidade definidas conforme item 2.7, cinquenta e um por cento da cobertura com florestas e campos nativos encontra-se na classe 1, e 41% na classe 2 de compacidade, restando apenas cerca de 8% dessas formações na classe 3.

A classe 3 refere-se às manchas que mais se aproximam da forma circular, e possuem os menores valores de perímetro em relação à área. Nessas formas, quando comparadas em manchas de tamanhos semelhantes, ocorrem menores proporções dos fragmentos submetidas aos “efeitos de borda”, com áreas de interior maiores que, de acordo com Metzger (2003), caracterizam-se por uma maior diversidade e densidade de espécies, menor exposição às perturbações externas, e

uma maior produtividade biológica. Segundo Forman (1995), a forma circular apresenta a desvantagem de possuir menos interações com áreas adjacentes, o que não ocorre com as manchas que possuem partes alongadas que propiciam maior dispersão das espécies, porém, espécies raras tipicamente não vivem em bordas (Forman, 1995). O histórico de desmatamentos nas áreas florestais do morro acabou gerando florestas em variados estágios sucessionais, caracterizando essas com poucas áreas núcleo (de interior) conservadas. Devido a essas características, tomamos as manchas sujeitas aos menores efeitos de borda (classe 3) como pertencentes ao maior valor ecológico.

As categorias florestais A e C são as que possuem a maior cobertura, 13,4% e 13,7%, respectivamente, na classe 3. A categoria campo claro, que refere-se às formações campestres com menor umidade e sem afloramentos rochosos, onde ocorrem os biótopos *Aristida filifolia* - *Eryngium horridum* e *Axonopus* sp1 - *Schizachyrium tenerum*, possui 77% da cobertura na classe 1 referente aos locais sujeitos aos maiores efeitos de borda.

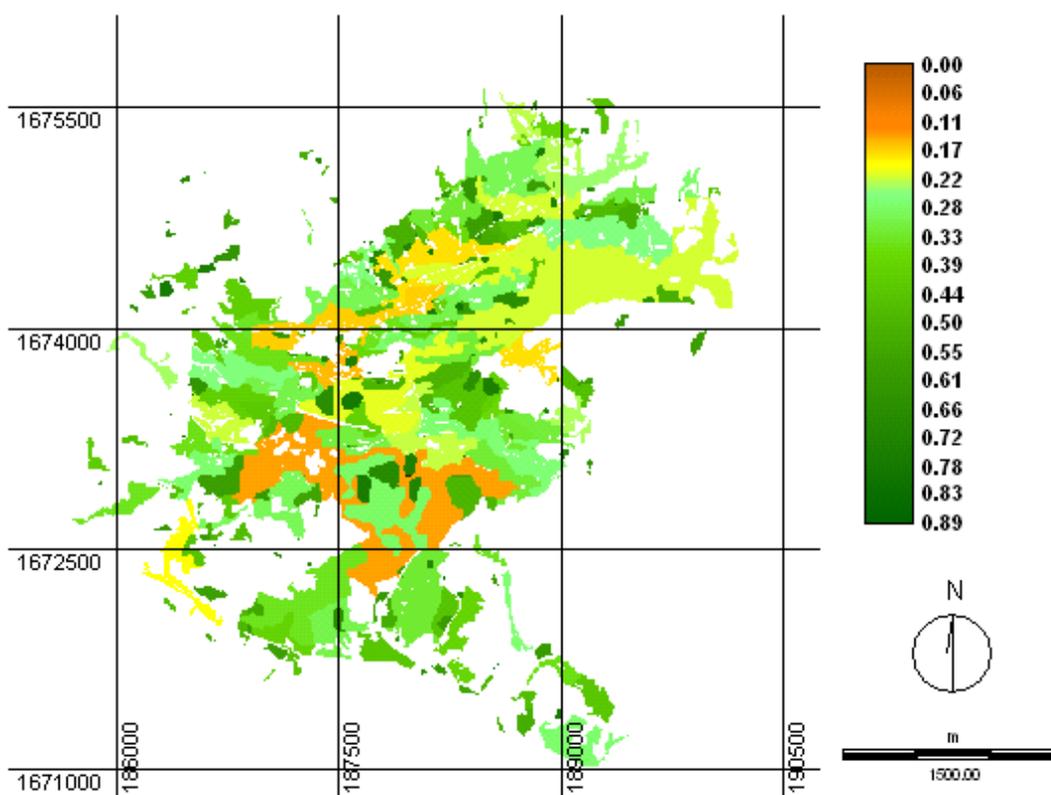


Figura 11: Índice de borda (compacidade) de cada grupo contínuo das categorias florestais e campestres naturais, no Morro Santana, Porto Alegre - RS, através de uma relação entre a sua área e seu perímetro.

Distância de Áreas Urbanizadas

Nos locais ocupados por campos e florestas na área do Morro Santana, as distâncias às áreas urbanizadas, variam de 5m a 979,31m, conforme Figura 8. Os valores de maior frequência, que correspondem a 52% da área do morro ocupada por essas formações, são de distâncias de até 300m das áreas urbanas. Apenas 20% da área ocupada por campos e florestas está acima de 600m de distância da urbanização.

A categoria capoeira foi a que ocorreu com maior frequência, 81%, nos locais próximos as áreas urbanas, equivalente à classe 1. Sendo as classes de distância de áreas urbanizadas definidas conforme item 2.7. Após, foi a categoria campo escuro com pedras, com 65,2% de ocorrência na mesma classe. Seguida dessas, vieram as categorias floresta B, campo claro com pedras, campo claro, floresta A e campo escuro, com valores de porcentagem de cobertura na classe mais próxima da variável em questão: 58%, 55,6%, 48%, 45,8% e 41,9%, respectivamente.

A categoria floresta C foi a que ocorreu com menor frequência próxima de áreas urbanas, representando 37,1% da cobertura. Essa categoria foi a única com maior ocorrência, 40%, na classe 3, mais distante da urbanização. Pelo aspecto em estereoscopia, a categoria floresta C foi dentre as matas, a que possui melhor aspecto de conservação, pelo maior diâmetro de suas copas, maior altura das árvores e maior número de indivíduos emergentes. A distância da urbanização pode ter influência na condição atual dessa categoria, pois as maiores distâncias, aliadas à ocorrência nos locais de maiores valores de declividade, podem ter dificultado o corte nestes locais. Estes resultados nos permitem levantar a hipótese quanto à essas áreas serem fragmentos de floresta primária. Para uma determinação mais precisa quanto a essa questão, são necessários estudos fitossociológicos focalizando os aspectos sucessionais desse tipo florestal.

A categoria campo claro com pedras foi a que ocorreu com menor frequência nas maiores distâncias à urbanização, com apenas 4,3% da cobertura. Isto denota a fragilidade dessa formação dadas às condições que podem propiciar às intervenções antrópicas, e que, em muito, tem causado grande impacto a estes locais.

A categoria maricazal encontra-se totalmente dentro da classe mais próxima da urbanização. Sua distribuição pode estar correspondendo a uma fase de invasão dessa formação sobre as matas ciliares degradadas pelos desmatamentos.

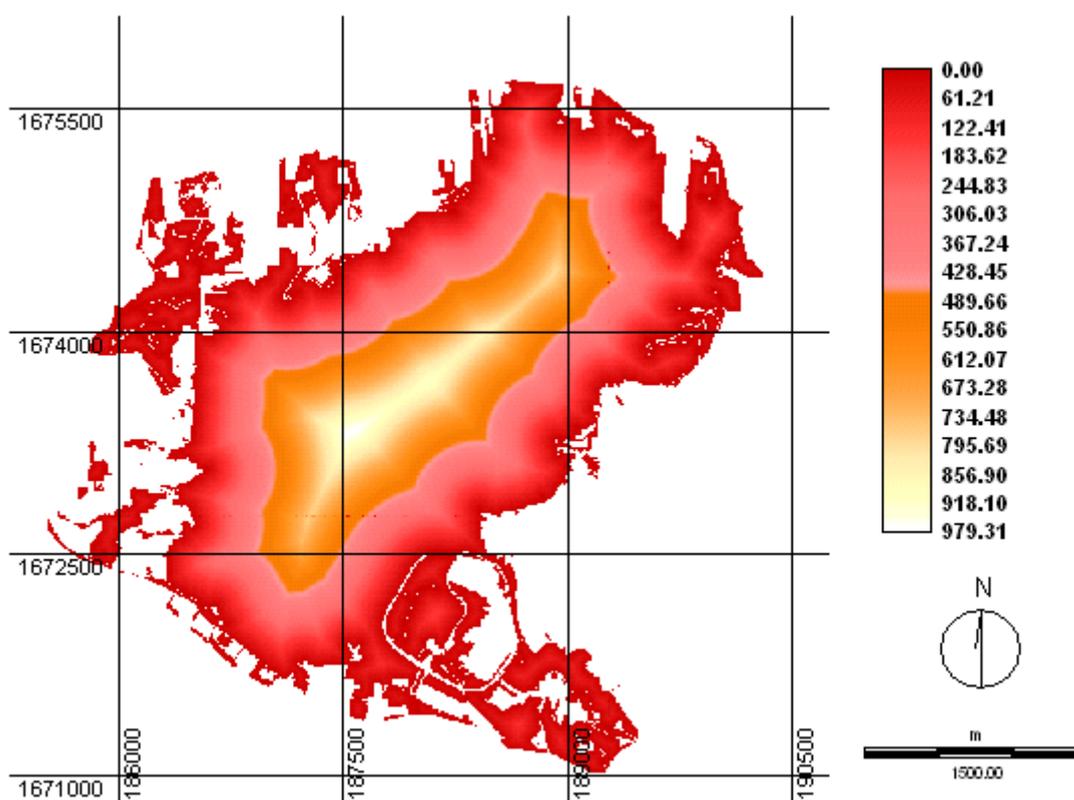


Figura 12: Distância (m) das áreas urbanas em relação às categorias florestais e campestres naturais na área de estudo, Morro Santana, Porto Alegre - RS.

3.7 Valoração Ecológica das Áreas de Florestas e Campos Naturais

A valoração das sub-unidades florestais, quanto à climacidade, que foi calculada pela porcentagem de espécies arbóreas pertencentes às categorias sucessionais tardia e clímax, foi distribuída em 5 classes, com valores de 1 a 3, distribuídos conforme o valor de porcentagem (Tabela 7). As categorias tardia e clímax, com maior valor ecológico, caracterizam habitats de maior estabilidade ecológica. A persistência é a chave para o clímax. As florestas maduras resistem ao fogo e raramente são danificadas o bastante para permitir o avanço de gramas de pradaria (Ricklefs, 1996). Embora as formações campestres não tenham sido analisadas quanto à porcentagem de espécies tardias e climácicas, como as

florestais, as unidades e sub-unidades dessa formação, com espécies e estrutura características de regeneração depois de queimada recente, receberam valor 1,5 e os demais grupos, compostos por espécies típicas de campos nativos não pastejados e sem queimadas recentes, receberam valor 3 (Tabela 7). As unidades e sub-unidades vegetais com os melhores valores (2,5 e 3) quanto à climacidade, ocupam 66,6% das áreas de campos e florestas, conforme Figura 9.

Tabela 7: Unidades e sub-unidades de vegetação no Morro Santana, Porto Alegre - RS, e sua valoração a partir da climacidade, em ordem crescente do valor ecológico.

Unidades e Sub-unidades de Vegetação	Espécies tardias e climácicas(%)	Valor
Sub-unidade <i>Guapira opposita</i> - <i>Allophylus edulis</i>	60,5	1
Sub-unidade <i>Guapira opposita</i> - <i>Zanthoxylum cf. rhoifolium</i>	61,7	1,5
Sub-unidade <i>Guapira opposita</i> - <i>Myrcia glabra</i>	64,5	2
Sub-unidade <i>Axonopus</i> sp1- <i>Oxalis</i> spp.	na	1,5
Sub-unidade <i>Aristida filifolia</i> - <i>Eryngium horridum</i>	na	1,5
Sub-unidade <i>Guapira opposita</i> - <i>Sorocea bonplandii</i>	70	2,5
Unidade <i>Aristida filifolia</i> - <i>Axonopus</i> sp1	na	3
Sub-unidade <i>Axonopus</i> sp1 - <i>Schizachyrium tenerum</i>	na	3
Sub-unidade <i>Axonopus</i> sp1- <i>Leptocoryphium lanatum</i>	na	3
Unidade <i>Elionurus muticus</i> - <i>Schizachyrium microstachyum</i>	na	3
Sub-unidade <i>Guapira opposita</i> - <i>Gymnanthes concolor</i>	80,5	3

na: não analisado em porcentagem de espécies.

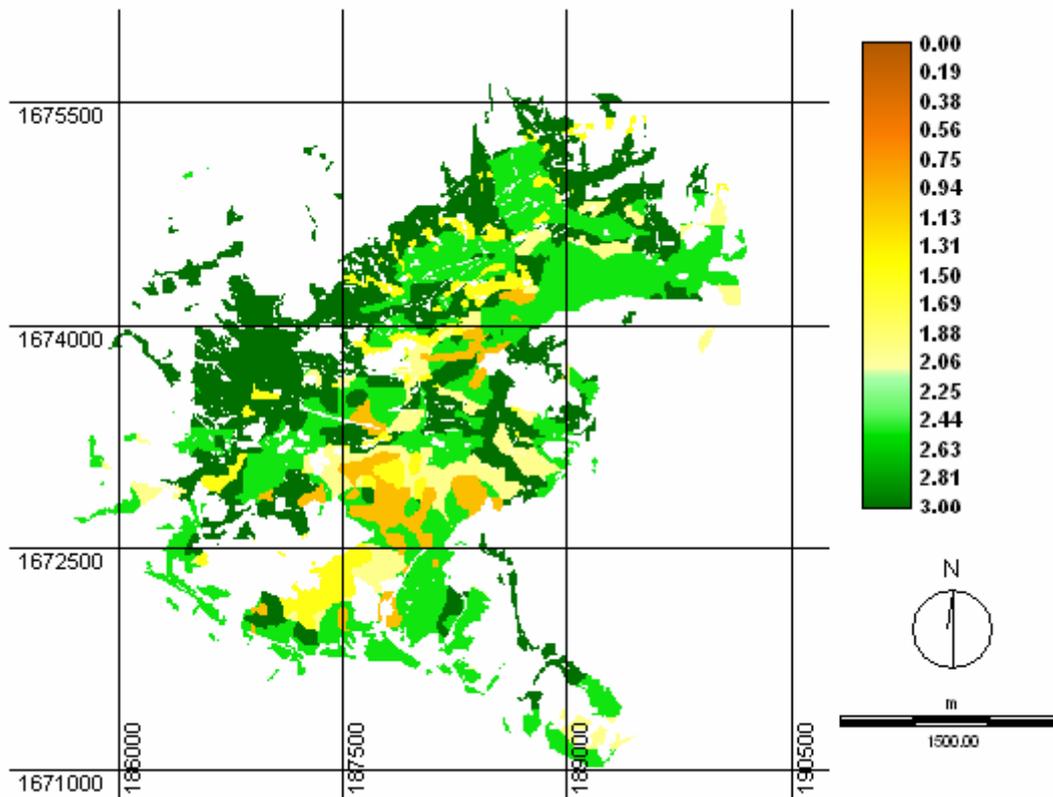


Figura 13: Valores ecológicos atribuídos às unidades e sub-unidades vegetais, nas formações campestres e florestais do Morro Santana, Porto Alegre - RS, a partir da análise quanto à porcentagem de espécies pertencentes às categorias sucessionais tardias e climácicas.

Quanto à naturalidade das comunidades vegetais, a valoração das unidades e sub-unidades foi distribuída em 3 classes de valores, conforme Tabela 8. Em Porto *et al.* (2000), os biótopos com estrutura fitossociológica similares à sub-unidade *Guapira opposita - Gymnanthes concolor* receberam os dois melhores valores ecológicos. Em Forneck (2001) e Mohr (1995) *Gymnanthes concolor* foi considerada com alta importância e pertencente aos agrupamentos naturais. Com base nestes e em outros trabalhos (Perin 2002; UFRGS 79; 1997; 2002), este grupo recebeu o valor ecológico máximo. A outra sub-unidade florestal que recebeu o mesmo valor foi *Guapira opposita - Allophylus edulis*; neste grupo ocorreram as espécies típicas de matas hígrófilas climácicas, *Pachystroma longifolium* e *Eugenia rostrifolia* (Aguiar *et al.* 1986 e Brack *et al.* 1998). As sub-unidades florestais que receberam o segundo melhor valor foram *Guapira opposita - Zanthoxylum cf. rhoifolium* e *Guapira opposita - Myrcia glabra*, nessas ocorrem, respectivamente, *Faramea marginata* Cham. e *Trichilia claussoni* C.DC., ambas caracterizam comunidades naturais em Mohr

(1995) e Porto *et al.* (2000), respectivamente. A sub-unidade *Guapira opposita - Sorocea bonplandii* recebeu o valor mais baixo por apresentar em relação aos demais grupos a menor riqueza de espécies. A maioria das unidades e sub-unidades campestres receberam o valor ecológico máximo, pois todas se compõem de espécies tipicamente associadas e características dos campos dos morros da região de Porto Alegre (Boldrini *et al.* 1998; Mohr 1995; Overbeck e Pillar 2004). As sub-unidades *Aristida filifolia - Eryngium horridum* e *Axonopus* sp1- *Oxalis* spp. ocorrentes na macrozona que foi queimada recentemente, receberam o menor valor de naturalidade. Como adaptações à ação do fogo, Eggers (1991) descreveu o gênero *Oxalis* com brotamento rápido após a queima e *Eryngium horridum* tendo apenas as folhas externas queimadas ou secas, permanecendo a roseta central inalterada. Klebe *et al.* (2003) definem que o regime de fogo no Morro Santana é mantido pelo recorrente desenvolvimento, na vegetação, de adaptações e propensões ao fogo, que após a ação deste, conduziriam à nova queimada.

Quarenta e cinco por cento das áreas de campos e florestas naturais possuem o melhor valor de naturalidade das comunidades e 37% da cobertura pertence à classe de menor valor quanto a essa variável, Figura 10.

Tabela 8: Unidades e sub-unidades de vegetação campestre e arbórea no Morro Santana, Porto Alegre - RS, e sua valoração a partir do critério naturalidade das comunidades, em ordem crescente do valor ecológico.

Unidades e Sub-unidades de Vegetação	Valor
Sub-unidade <i>Guapira opposita - Sorocea bonplandii</i>	1
Sub-unidade <i>Guapira opposita - Zanthoxylum cf. rhoifolium</i>	2
Sub-unidade <i>Guapira opposita - Myrcia glabra</i>	2
Unidade <i>Aristida filifolia - Axonopus</i> sp1	3
Sub-unidade <i>Aristida filifolia - Eryngium horridum</i>	1
Sub-unidade <i>Axonopus</i> sp1- <i>Leptocoryphium lanatum</i>	3
Sub-unidade <i>Axonopus</i> sp1- <i>Oxalis</i> spp.	1
Sub-unidade <i>Axonopus</i> sp1 - <i>Schizachyrium tenerum</i>	3
Unidade <i>Elionurus muticus - Schizachyrium microstachyum</i>	3
Sub-unidade <i>Guapira opposita - Allophylus edulis</i>	3
Sub-unidade <i>Guapira opposita - Gymnanthes concolor</i>	3

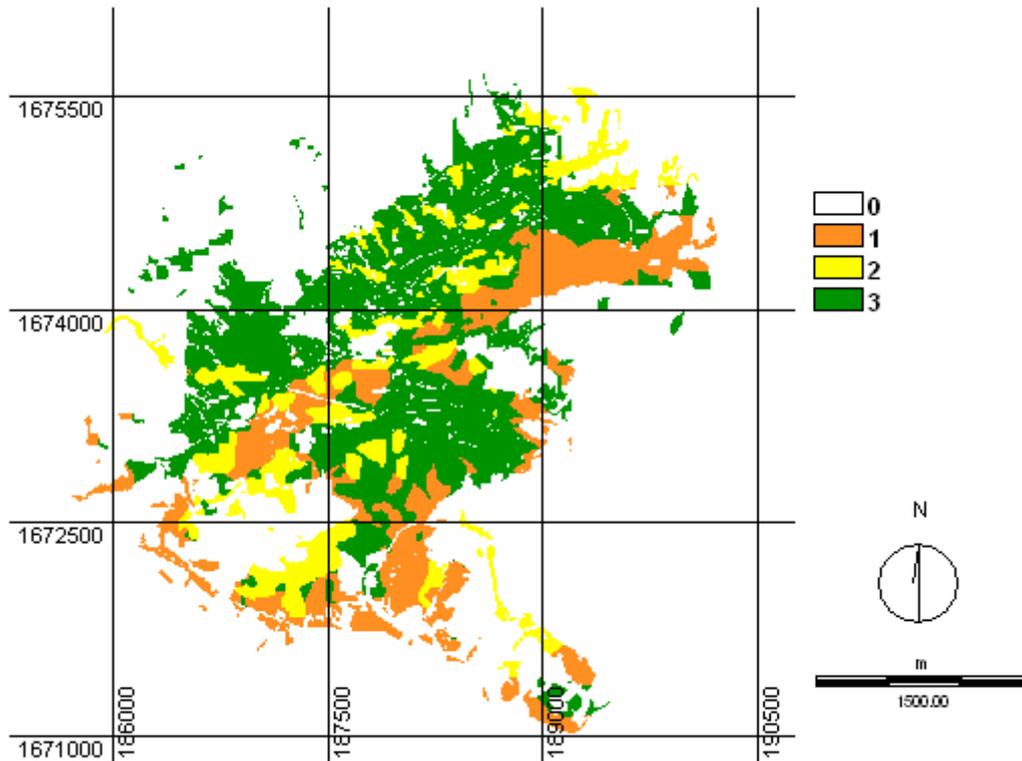


Figura 14: Valores ecológicos atribuídos às unidades e sub-unidades vegetais do Morro Santana, Porto Alegre - RS, a partir da análise quanto à naturalidade das comunidades.

Quanto à configuração horizontal da paisagem, primeiramente as imagens dos 3 índices da paisagem, distribuídos em 3 classes, foram somadas resultando numa imagem com valores de 3 à 9. Essa imagem resultante foi reclassificada em 3 classes, com valores de 1 a 3, em ordem crescente do valor ecológico, conforme Figura 11. Quinze por cento das áreas de campos e florestas pertencem à classe com a melhor qualidade estrutural da paisagem, com valor 3. A classe 1, com o valor da estrutura da paisagem mais baixo, ocupa 21% dessas áreas. A classe 2, com valor 1,7, é a que ocorre com maior freqüência, cobrindo 40% das áreas de campos e florestas.

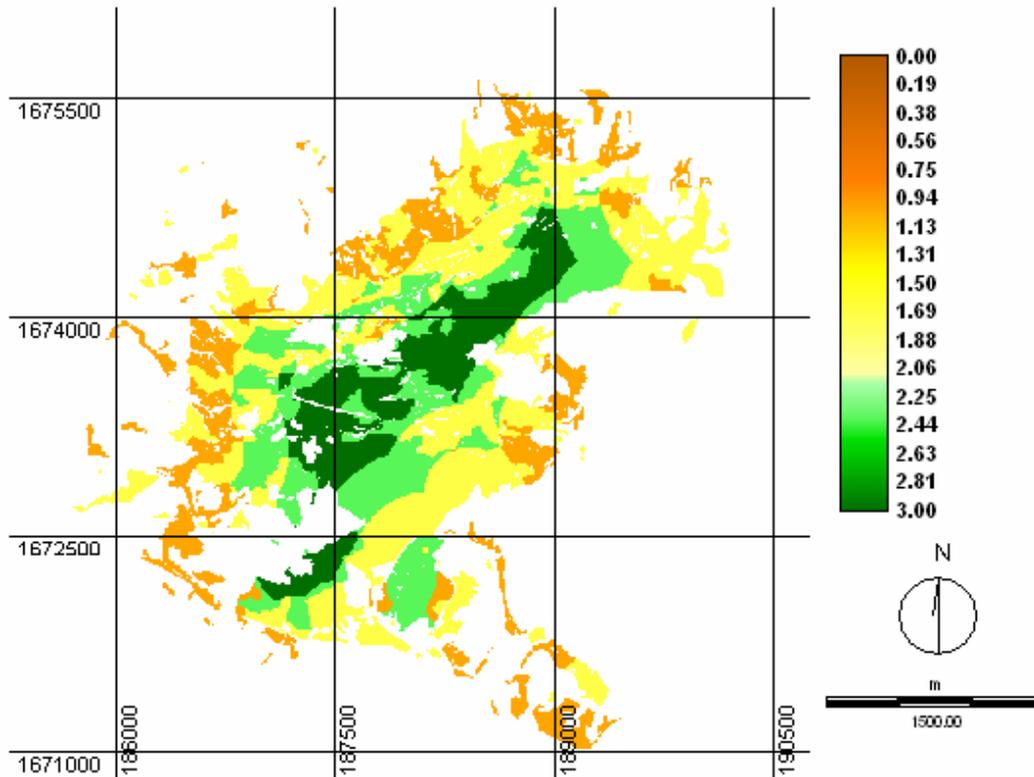


Figura 15: Valores ecológicos atribuídos às áreas do Morro Santana, Porto Alegre - RS, cobertas por campos e florestas naturais, a partir dos parâmetros estruturais da paisagem, dados pelo índice de área, índice de borda e distância de áreas urbanas.

O mapa da valoração ecológica das áreas com formações campestres e florestais naturais do Morro Santana, gerado a partir da divisão em 4 classes da imagem resultante do somatório das variáveis climacidade das unidades e sub-unidades vegetais (Figura 9), naturalidade das comunidades vegetais (Figura 10) e estrutura da paisagem (Figura 11), está representado na Figura 12. Essas 4 classes foram denominadas de Zonas de Caracterização Ecológica, e em ordem decrescente do valor ecológico, compreendem, respectivamente, as zonas núcleo, extensão do núcleo, tamponamento e ligação, definidas de acordo com o modelo para reserva da biosfera proposto em Lino (1992) e Brasil (2000), e no zoneamento estabelecido por Pfadenhauer (1987).

A reserva da biosfera, constituída, por áreas de domínio público ou privado, é um modelo, adotado internacionalmente, de gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos naturais, com os objetivos básicos de preservação da

diversidade biológica, o desenvolvimento de atividades de pesquisa, o monitoramento ambiental, a educação ambiental, o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das populações (Brasil 2000). Além dos objetivos da futura Unidade de Conservação do Morro Santana estarem de acordo com o conceito de modelo de reserva da biosfera, as Zonas de Caracterização Ecológica seguiram suas diretrizes gerais devido à presença de zonas de amortecimento (“buffer”) e transição. Em áreas com ocorrência freqüente de distúrbios, como queimadas pela ação antrópica, torna-se importante à presença de zonas para protegerem as áreas núcleo, com maior valor de conservação. Se reservas naturais tornam-se ilhas em um oceano de intensivos usos humanos do solo, então a zona de amortecimento pode absorver alguns dos efeitos das atividades externas (Baker, 1992).

Diferindo da nomenclatura proposta em Brasil (2000) e Lino (1992), as zonas de amortecimento e transição aqui foram denominadas de zona de tamponamento e ligação, respectivamente. Optou-se por essa nomenclatura buscando diferenciar essas zonas daquelas existentes em Brasil (2000) e Lino (1992), que se referem ao entorno de uma unidade de conservação, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade. A definição da denominação tamponamento foi derivada de tamponar e do termo inglês “buffer”, que se traduz por alguma coisa que diminui ou absorve choques causados por impactos. O termo “buffer” é usualmente utilizado em trabalhos de Ecologia de Paisagem; Forman (1995) conceitua como: uma área que diminui ou amortece os efeitos de uma área em outra. Ainda de acordo com esse autor, um “buffer” separando duas áreas minimiza as interações negativas entre essas. Portanto, a nomenclatura tamponamento, neste trabalho, refere-se a uma área que está inserida dentro da Unidade de Conservação, e que possa garantir a estabilidade ambiental de outras, neste caso das zonas extensão do núcleo e núcleo. Pelo mesmo motivo de estar localizada fora da Unidade de Conservação, a nomenclatura zona de transição não foi adotada neste estudo. Optou-se, então, por Zona de Ligação, que tem a conotação de estar ligando áreas com maior valor ecológico.

Outra diferença entre as zonas do modelo de Reserva da Biosfera e as Zonas de Caracterização Ecológica, é a configuração espacial. Aqui, as zonas não se encontram totalmente em gradiente do maior para o menor valor de conservação. No modelo de zoneamento de Lino (1992) e Brasil (2000), sendo uma aproximação e

idealização, a zona núcleo é estabelecida a partir do critério espacial, localizando-a no centro da unidade de conservação e a partir dela circundadas as zonas de amortecimento e transição. Nesse modelo, a zona núcleo pode ser qualquer área mesmo que não tenha os maiores valores de conservação. No presente trabalho, de acordo com Pfadenhauer (1987), a definição da zona núcleo partiu da valoração ecológica da área de estudo e após foram selecionados os locais com os maiores valores de conservação para comporem essa zona. Por essa razão foram encontradas várias áreas núcleo ao invés de uma única central e ocorrem com freqüência zonas de baixo valor ecológico em áreas centrais (Figura 12). Da mesma maneira, a partir da valoração ecológica, foram definidas as quatro zonas, que por esse motivo, não estão localizadas de maneira seqüencial e circular.

A zona núcleo são várias áreas protegidas, destinadas estritamente para a preservação integral da natureza. A zona extensão do núcleo são áreas destinadas para a preservação da natureza, nas quais usos restritos com o mínimo grau de impacto para essa e a zona núcleo, são permitidas. A zona de tamponamento são áreas onde múltiplos usos não destrutivos para as áreas núcleo e extensão do núcleo podem ocorrer. A zona de ligação são áreas onde se situam as ocupações, atividades de pesquisa e o manejo dos recursos naturais em harmonia com a unidade de conservação, planejados e conduzidos em bases sustentáveis.

A área, em hectares, que ocupam as quatro zonas está expressa na Tabela 9.

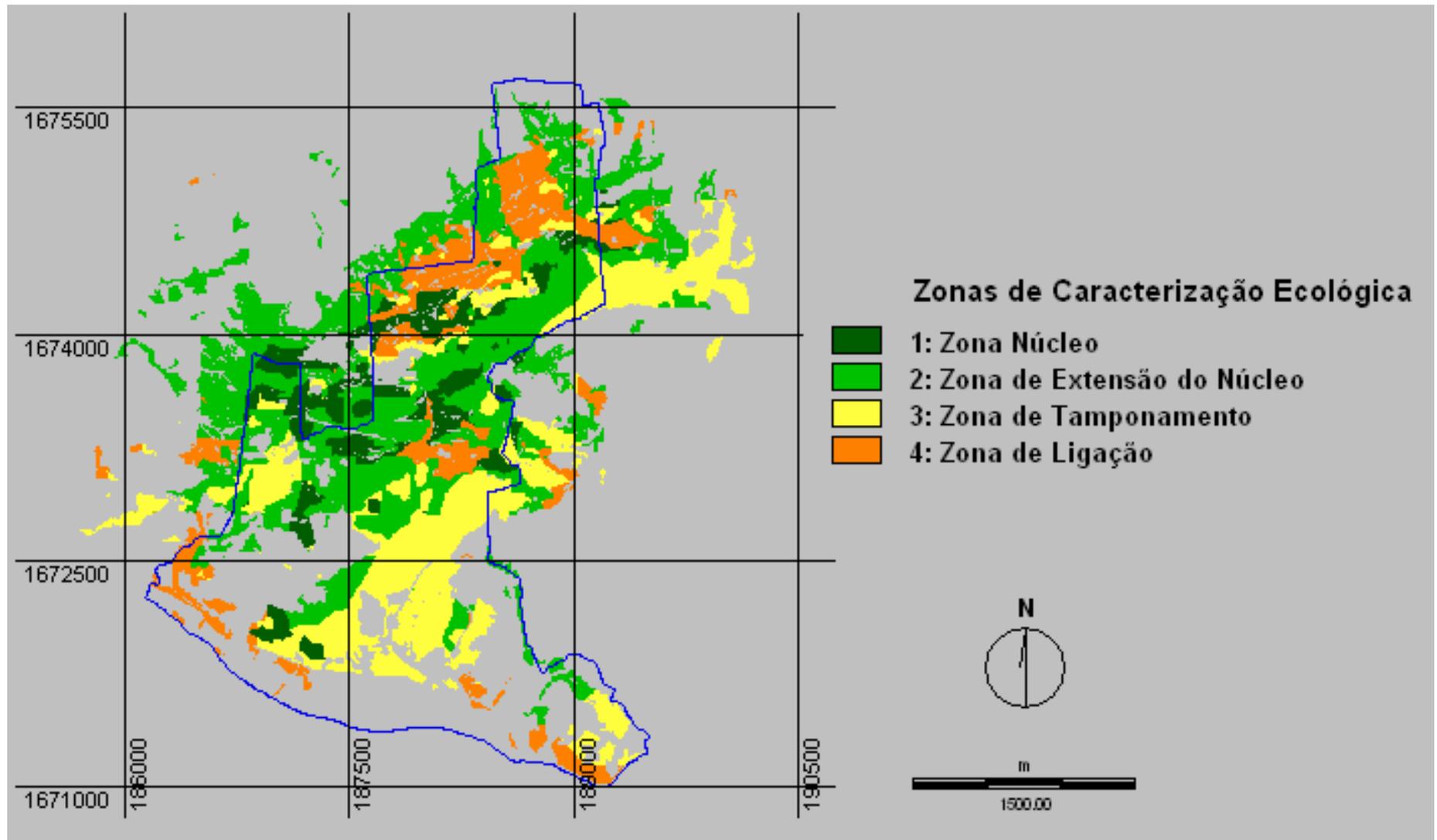


Figura 16: Valoração ecológica das áreas do Morro Santana, Porto Alegre - RS, cobertas por campos e florestas naturais, a partir das variáveis climacidade das espécies vegetais, naturalidade das comunidades vegetais e estrutura da paisagem, distribuída em Zonas de Caracterização Ecológica, com a delimitação da área pertencente à UFRGS em azul.

Tabela 9: Cobertura, em hectares, das zonas núcleo, extensão do núcleo, tamponamento e ligação, formadas por campos e florestas naturais no Morro Santana, Porto Alegre - RS.

Zonas de Caracterização Ecológica	Hectares	%
Núcleo	71,9	11
Extensão do núcleo	288,2	44
Tamponamento	185,8	29
Ligação	101,1	16

3.7.1 Detalhamento das Zonas de Caracterização Ecológica de Acordo Com Seus Biótopos Naturais

O mapa dos biótopos naturais (Figura 5) e o mapa da valoração ecológica (Figura 12), sobrepostos no software ArcView 3.2, permitem a visualização ao mesmo tempo, dos biótopos naturais e das Zonas de Caracterização Ecológica presentes na área de estudo, conforme Figura 13.

A análise da distribuição dos biótopos nas 4 quatro zonas de Caracterização Ecológica, Tabela 10, revela que o biótopo de *Guapira opposita* - *Gymnanthes concolor* possui o melhor valor ecológico, pois, em relação aos demais, é o que compõe a maior área da zona núcleo. O segundo e o terceiro biótopo com os maiores valores ecológicos são *Elionurus muticus* - *Schizachyrium microstachyum* e *Axonopus* sp1- *Leptocoryphium lanatum*. Após, com valores aproximados, estão os biótopos *Axonopus* sp1 - *Schizachyrium tenerum* e *Aristida filifolia* - *Axonopus* sp1. Os biótopos com os menores valores ecológicos são *Axonopus* sp1- *Oxalis* spp. e *Aristida filifolia* - *Eryngium horridum*. Esses, em sua quase totalidade, compõem a somente a zona de ligação. Dentre os florestais *Guapira opposita* - *Sorocea bonplandii*, possui o menor valor ecológico. Com valores aproximados ao desse biótopo ocorre *Guapira opposita* - *Zanthoxylum cf. rhoifolium*. Ambos não compõem a zona núcleo. Entre os biótopos florestais *Guapira opposita* - *Allophylus edulis* possui o segundo maior valor ecológico. Após, compondo as mesmas zonas de valores intermediários (extensão do núcleo e tamponamento) que o segundo maior valorado, ocorre o biótopo *Guapira opposita* - *Myrcia glabra*.

As Zonas de Caracterização Ecológica foram comparadas em relação aos tipos de formações naturais que as compõem (Tabela 11). Os biótopos de formações

campestres encontram-se com melhor grau de conservação em relação aos florestais, formando a maior parte (61%) da zona núcleo. Essa característica pode estar associada ao tipo de uso antrópico ocorrido no Morro, que durante o século XIX, época de intensa exploração de madeira para produção de carvão, o Morro Santana foi intensamente desmatado, porém as coberturas campestres, tiveram utilização para pecuária não extensiva (com baixa densidade de animais) e as localizadas nos topos do morro e em encostas íngremes não foram tão atrativas para exploração agropecuária ou outro tipo de uso, permanecendo a cobertura natural, embora essa seja influenciada por queimadas.

O grau de conservação verificado em estereoscopia, pelo maior diâmetro das copas, maior altura das árvores e maior número de indivíduos emergentes, atribuído em ordem crescente aos tipos florestais A, B e C, não tiveram relação direta com o valor ecológico dos biótopos caracterizados por essas categorias de uso florestal. O biótopo com o melhor valor ecológico, *Guapira opposita* - *Gymnanthes concolor*, foi caracterizado com o tipo florestal A e o biótopo florestal com o segundo melhor valor ecológico, *Guapira opposita* - *Allophylus edulis*, foi caracterizado com predomínio do tipo florestal C. Estes resultados revelam as formações florestais do morro como um mosaico de tipos fisionômicos e estágios sucessionais variados. Essa variabilidade pode ser conseqüência dos sucessivos desmatamentos e cortes seletivos que as matas sofreram até início do século 20 ou conseqüência do fator tempo nos processos sucessionais de conquista dos tipos florestais sobre formações abertas, pois o verificado no presente estudo são diferentes estágios sucessionais em direção ao clímax.

Quanto à densidade de epífitas por estimativa visual, entre as macrozonas que caracterizam os biótopos florestais, essa teve pouca relação com a situação de valor ecológico do biótopo. O biótopo *Guapira opposita* - *Gymnanthes concolor* que compõe na maior parte à zona do melhor valor ecológico, teve a menor densidade de epífitas; e, o biótopo com a terceira melhor conservação florestal, *Guapira opposita* - *Myrcia glabra*, teve a maior densidade. Os demais biótopos tiveram densidade mediana. A baixa densidade de epífitas no biótopo *Guapira opposita* - *Gymnanthes concolor* pode estar relacionada ao tipo fisionômico predominante deste, que é a floresta A, caracterizada pela estrutura visualizada em estereoscopia como pertencente a estágios secundários iniciais de sucessão ecológica.

Tabela 10: Distribuição dos biótopos naturais, em porcentagem, nas Zonas de Caracterização Ecológica NUC: Núcleo; EXT: Extensão do núcleo; TAM: Tamponamento e LIG: Ligação, nos campos e florestas naturais, do Morro Santana, Porto Alegre - RS.

Biótopos Naturais	Zonas de Caracterização Ecológica			
	NUC	EXT	TAM	LIG
<i>Aristida filifolia</i> - <i>Axonopus</i> sp1 (%)	17	83	nc	nc
<i>Axonopus</i> sp1- <i>Oxalis</i> spp. * (%)	nc	nc	nc	100
<i>Aristida filifolia</i> - <i>Eryngium horridum</i> * (%)	nc	nc	nc	100
<i>Axonopus</i> sp1 - <i>Schizachyrium tenerum</i> (%)	19	81	nc	nc
<i>Axonopus</i> sp1- <i>Leptocoryphium lanatum</i> (%)	27	73	nc	nc
<i>Elionurus muticus</i> - <i>Schizachyrium microstachyum</i> (%)	32	68	nc	nc
<i>Guapira opposita</i> - <i>Zanthoxylum cf. rhoifolium</i> (%)	nc	27	58	15
<i>Guapira opposita</i> - <i>Myrcia glabra</i> (%)	nc	44	56	nc
<i>Guapira opposita</i> - <i>Gymnanthes concolor</i> (%)	38	62	nc	nc
<i>Guapira opposita</i> - <i>Sorocea bonplandii</i> (%)	nc	23	60	17
<i>Guapira opposita</i> - <i>Allophylus edulis</i> (%)	nc	63	37	nc

nc: o biótopo não compõe a Zona de Caracterização Ecológica.

*: o biótopo compõe a zona tampão com área muito pequena.

Tabela 11: Comparação entre as Zonas de Caracterização Ecológica NUC: Núcleo; EXT: Extensão do núcleo; TAM: Tamponamento e LIG: Ligação, em relação às suas composições, em porcentagem, por formações campestres e florestais naturais, no Morro Santana, Porto Alegre - RS.

Formação Natural	Zonas de Caracterização Ecológica			
	NUC	EXT	TAM	LIG
Campo (%)	61	48	0 *	64
Floresta (%)	39	52	100	36

*: a formação compõe a zona tampão com área muito pequena.

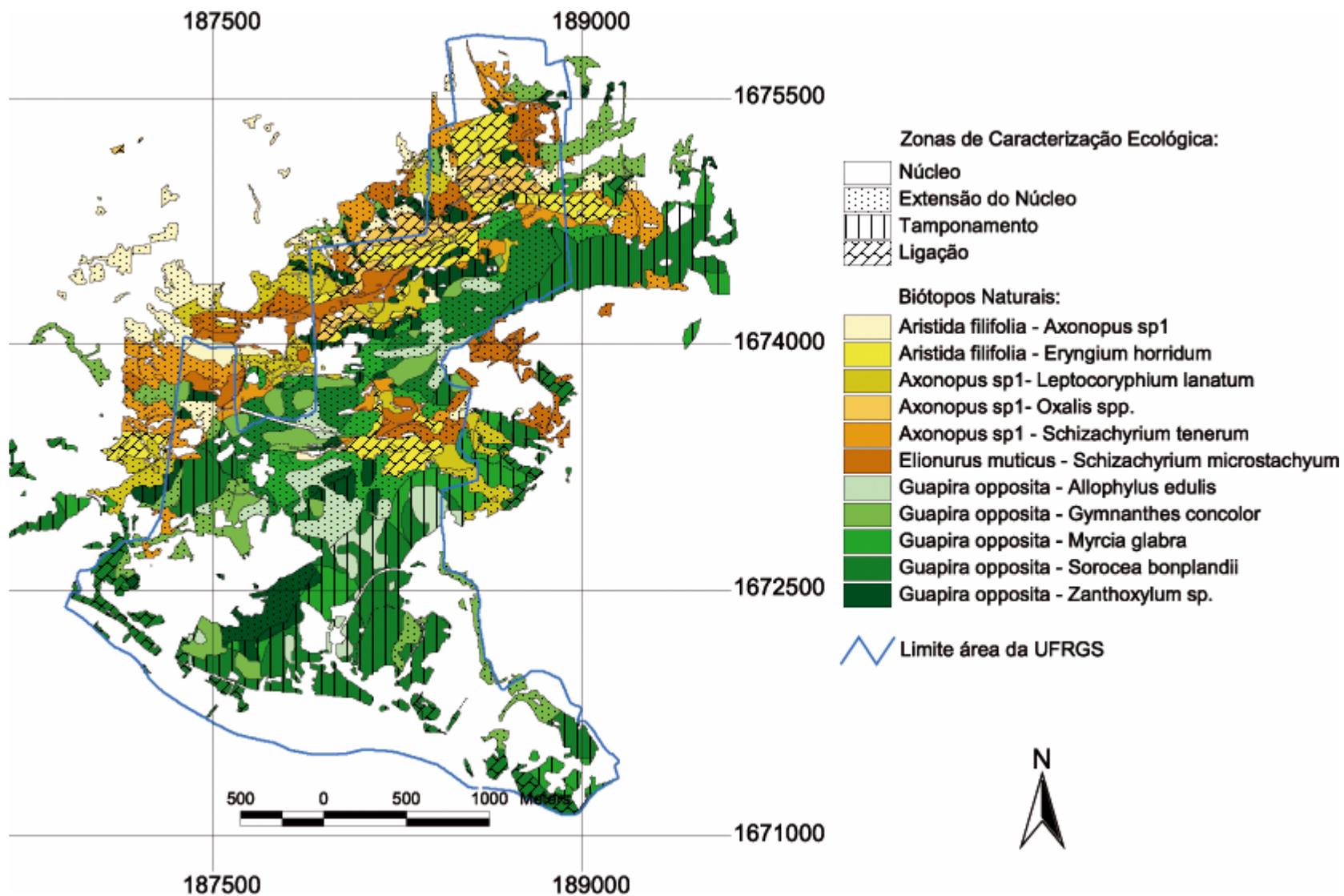


Figura 17: Detalhamento das Zonas de Caracterização Ecológica de acordo com os Biótopos campestres e florestais naturais que as compõem. Com o limite da área pertencente à UFRGS no Morro Santana, Porto Alegre - RS, em azul.

4. CONCLUSÕES

A metodologia aplicada foi satisfatória para a definição dos biótopos, dos valores ecológicos e das Zonas de Caracterização Ecológica na área de estudo. Podendo, os resultados obtidos, servirem como ferramenta importante para a realização do plano de manejo da Unidade de Conservação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADELMANN, W. **Schutz und management von naturnaher vegetation in der region von Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasilien-auf der basis von untersuchungen zu muster und dynamik der vegetation.** (inéd.). Tese - Lehrstuhl für Vegetationsökologie, TU - Munchen, Weihenstephan.

AGUIAR, L.W.; MARTAU, L.; SOARES, Z. F.; BUENO, O.L.; MARIATH, J.E.; KLEIN, R.M. Estudo preliminar da flora e vegetação de morros graníticos da Região da Grande Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia.** Sér. bot., Porto Alegre, n. 34, p. 3-38, jun. 1986.

ANDERSON, J. E. A conceptual framework for evaluating and quantifying naturalness. **Conservation Biology.** Vol.5, n. 3, p. 347-352, setem. 1991.

BAKER, W. L. The landscape ecology of large disturbances in the design and management of nature reserves. **Landscape Ecology.** vol.7, n.3, p. 181-194, 1992.

BARBOUR, M.G.; BURK, J.H.; PITTS, W.D. **Terrestrial plant ecology.** 2. ed. Menlo Park: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1987. 634 p. ISBN 0-8053-0541-6.

BÊDE, L.C.; WEBER, M. RESENDE, S. PIPER, W.; SCHULTE, W. **Manual para mapeamento de biótopos no Brasil**: Base para um planejamento ambiental eficiente. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Alexander Brandt, 1997. 146 p.

BOLDRINI, I.I.; EGGERS, L. Vegetação campestre do Sul do Brasil: Dinâmica de espécies à exclusão do gado. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, vol.10, n.1, p. 37-50, jul. 1996. ISSN 0102-33-06.

BOLDRINI, I.I. Campos do Rio Grande do Sul: Caracterização fisionômica e problemática ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências**, Porto Alegre, n.56, p. 1-39, 1997. ISSN 0102-597X.

BOLDRINI, I.I.; MIOTTO, S. T.S.; LONGHI-WAGNER, H.M.; PILLAR, V.D.P.; MARZALL, K. Aspectos florísticos e ecológicos da vegetação campestre do Morro da Polícia, Porto Alegre, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, vol.12, n.1, p. 89-100, jan-abr. 1998. ISSN 0102-33-06.

BORTOLOTTI, J.S.; PORTO, M. L. **Macrozoneamento da Paisagem Baseado em Variáveis Geomorfológicas e Fitofisionomias no Morro Santana, Porto Alegre, RS**. (Artigo I, nesta publicação).

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: H. Blume, 1979. 820p.

BRACK, P.; RODRIGUES, R.S.; SOBRAL, M.; LEITE, S.L.C. Árvores e arbustos na vegetação natural de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, vol.51, n. 2, p. 139-166, 1998.

BRASIL. Lei nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. 2.ed. New York: The New York Botanical Garden, 1988. 555p. ISBN 0-89327-332-5.

DIEFENBACH, C. O. Biótopos naturais. In: Menegat, R.; Porto, M. L.; Carraro, C. C.; Fernandes, L. A. D. (coords.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 59.

EASTMAMAN, J.R. Hasenack, H.; Weber, E. (trads.). **Idrisi for Windows manual do usuário**: introdução e exercícios tutoriais. Porto Alegre: UFRGS -Centro de Recursos Idrisi, 1998. versão2.

EGGERS, L. **Ação do fogo em uma comunidade campestre, em bases fitossociológicas**. 1991. 142f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FARINA, A. **Principles and methods in landscape ecology**. London: Chapman & Hall, 1998. 235 p.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 620p.

FORMAN, R.T.T. **Land mosaics: The ecology of landscapes and regions**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press. 1995. 632p.

FORNECK, E.D. **Biótopos naturais florestais nas nascentes do arroio Dilúvio (Porto Alegre e Viamão, RS) caracterizados por vegetação e avifauna**. 2001. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FORNECK, E.D.; MÜLLER, S.C.; PORTO, M.L.; PILLAR, V. D. PFADENHAUER, J. Composição, distribuição e estratégias das espécies lenhosas em manchas insulares florestais nos campos do Morro Santana, Porto Alegre, RS, Brasil. p. 101 - 103. In: **Anais de trabalhos completos do VI Congresso de Ecologia do**

Brasil. Fortaleza 2003. Ceará, Editora da Universidade Federal do Ceará. Simpósio Ecologia de Paisagem.

HAGAN, J.E.; EASTMAN, J.R.; AUBLE, J. **Carta Linx, the spatial data builder – User's Guide.** Worcester, Clark University, 1998.

JARENKOW, J. A. **Estudo fitossociológico comparativo entre duas áreas com mata de encosta no Rio Grande do Sul.** 1994. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências, área de concentração em Ecologia) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

KLEBE, S.; OVERBECK, G.; PILLAR, V. D.; PFADENHAUR, J. Interactions of fire and vegetation structure in subtropical grassland near Porto Alegre, RS, Brazil. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6., 2003, Ceará. **Anais de Trabalhos Completos.** Simpósio Funcionamento de Ecossistema. p. 593-594.

LINO, C. F. **Reserva da biosfera da Mata Atlântica:** Plano de ação. Vol.1: Referências básicas. Campinas: Consórcio Mata Atlântica - Universidade Estadual de Campinas, 1992. 101p.

MENEGAT, R.; FERNANDES, L. A. D.; KOESTER, E.; SCHERER, C. M. S. Porto Alegre antes do homem: evolução geológica. In: Menegat, R.; Porto, M. L.; Carraro, C. C.; Fernandes, L. A. D. (coords.). **Atlas ambiental de Porto Alegre.** Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 11-16.

MENEGAT, R.; KIRCHHEIM, R. E. Lagos, rios e arroios: as doces águas da superfície. In: Menegat, R.; Porto, M. L.; Carraro, C. C.; Fernandes, L. A. D. (coords.). **Atlas ambiental de Porto Alegre.** Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 35-40.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre.** Curitiba: UFPR / Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. cap. 16. p. 423-453.

MOHR, F.V. **Zoneamento da vegetação da reserva ecológica do Morro Santana - Porto Alegre, RS**: Aplicabilidade de geoprocessamento e bases fitossociológicas. 1995. 69 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MOHR, F.V.; PORTO, M. L. Morro Santana: o verde luxuriante nas encostas íngremes. In: Menegat, R.; Porto, M. L.; Carraro, C. C.; Fernandes, L. A. D. (coords.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 81-82.

MÜLLER, S. C.; FORNECK, E. D. Mosaicos de floresta-campo nos morros de Porto Alegre: estudo de caso dos padrões de expansão florestal no Morro Santana. In: Porto, M. L. (org.). **Workshop proteção e manejo da vegetação natural de Porto Alegre com base em pesquisa de padrões e dinâmica da vegetação**. Porto Alegre: UFRGS - Programa de Pós Graduação em Ecologia, 2004. 74 p. il.: 29,7 cm.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. **Landscape ecology**: theory and application. 2ed. New York: Springer-Verlag, 1994. 360 p.

ORLÓCI, L.; KENKEL, N.C.; ORLÓCI, M. **Data Analysis in population and community ecology**. New México State University, Las Cruces. University of Hawaii, Honolulu, 1987. 211 p.

OVERBECK, G.; PILLAR, V. D. O fogo nos campos no sul do Brasil: fator de impacto ambiental ou de manutenção dos campos?. In: Porto, M. L. (org.). **Workshop proteção e manejo da vegetação natural de Porto Alegre com base em pesquisa de padrões e dinâmica da vegetação**. Porto Alegre: UFRGS - Programa de Pós Graduação em Ecologia, 2004. 74 p. il.: 29,7 cm.

PERIN, R.G. **Comunidade vegetal arbórea da floresta ripária do Arroio Pequeno Dilúvio, Parque Natural Municipal Saint'Hilaire, Viamão - Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2002. 90 f. Dissertação (Mestrado em

Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PFADENHAUER, J. **Gesamtökologisches Gutachten Donaumoos: Vorrangflächen zur, Sicherung und Entwicklung.** Weinhenstephan: Technische Universität München, 1987. Phase 1B, Karte 8.

PIVELLO, V.R. *et al.* Proposta de zoneamento ecológico para a reserva de Cerrado Pé-de Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). **Brazilian Journal of Ecology**, Rio Claro, ano 2, n.2, p. 109-119, 1998.

PORTO, M. L. As formações vegetais: evolução e dinâmica da conquista. In: Menegat, R.; Porto, M. L.; Carraro, C. C.; Fernandes, L. A. D. (coords.). **Atlas ambiental de Porto Alegre.** Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998. p. 47-58.

PORTO, M. L.(coord.) *et al.* **Zoneamento ambiental do município de Porto Alegre e definição das unidades de paisagem na bacia do Dilúvio.** Porto Alegre: Prefeitura Municipal de Porto Alegre - SMAM, 2000. Relatórios fases: III; IV e VI.

PORTO, M. L. (org.). **Workshop proteção e manejo da vegetação natural de Porto Alegre com base em pesquisa de padrões e dinâmica da vegetação.** Porto Alegre: UFRGS - Programa de Pós Graduação em Ecologia, 2004. 74 p. il.: 29,7 cm.

PORTO, M. L.; MENEGAT, R. Ecologia de paisagem: um novo enfoque na gestão dos sistemas da terra e do homem. In: MENEGAT, R.; ALMEIDA, G. (orgs.). **Desenvolvimento sustentável e gestão ambiental nas cidades: estratégias a partir de Porto Alegre.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. p. 361-375. ISBN: 85-7025-766-X.

PORTO, P.R. **Corredores lineares “ trilhas” em áreas preservadas.**1997. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PROBRAL- CAPES ¹ - DAAD ² 135/01. **Proteção e manejo de áreas naturais na região de Porto Alegre, com base no estudo de padrões e dinâmica da vegetação.** Relatório final. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004. 29p.

REITZ, R. (org.). **Flora Ilustrada Catarinense.** Itajaí: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - Herbário Barbosa Rodrigues – Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A. – National Museum of Natural History – Department of Botany – U.S. National Science Foundation, 1969 a 1988.

RICKLEFS, R.E. **A Economia da Natureza.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. 470p.

RODENBUSCH, C. A. De Q.; BORTOLOTTI, J. S.; FORNECK, E. D.; PORTO, M.L.; GUERRA, T. Educação ambiental com vistas à implantação da unidade de conservação do Morro Santana. In: **Salão de Iniciação Científica** (15. : 2003 : Porto Alegre). Livro de resumos. Porto Alegre : UFRGS, 2003. p. 508, resumo 413.

THE IDRISI Project for Windows, version 14. 02 (Kilimanjaro). Worcester, MA: Clark University - Clark Labs., 1987-2004. 1 CD-ROM.

TURNER, M.G.; GARDNER, R.H.; O'Neill, R.V. **Landscape Ecology In Theory and Practice:** Pattern and Process. New York: Springer-Verlag, 2001. 401p. ISBN 0-387-95123-7.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). Relatório de Prática Integrada de Campo: **Caracterização de biótopos de uma micro bacia**

¹ CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

² DAAD: Deutscher Akademischer Austauschdienst.

do Morro Santana, Porto Alegre, RS. Porto Alegre: UFRGS - Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, 1997. 137p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). Relatório de Prática Integrada de Campo: **Análise ambiental de duas microbacias inseridas no Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS - Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, 2002. 178 p.

VALENTIN, J.L. **Ecologia Numérica.** Rio de Janeiro: Interciência, 2000. 117p. ISBN 85-7193-032-5.

WEBER, E.; HASENACK, H. Mapa e valoração da cobertura vegetal e síntese do meio biótico. In: **Elaboração do plano de gestão urbanístico-ambiental para a implantação do projeto integrado desenvolvimento sustentável da Lomba do Pinheiro.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. p. 11-18.

WILDI, O. **Data analysis with Mulva-5.** Draft version. 1994.

WILDI, O.; ORLÓCI, L. **Numerical exploration of community patterns:** a guide to the use of Mulva-5. 2 ed. Amsterdam: SPB Academic Publishing, 1996. 171p. ISBN 90-5103-114-9.

CONSIDERAÇÕES CONCLUSIVAS DA DISSERTAÇÃO

Na relação da distribuição das fitofisionomias nativas com as variáveis geomorfológicas, verificou-se que altitude e declividade não tiveram grande importância, porém a exposição solar é um fator ambiental determinante dos locais de estabelecimento da vegetação no Morro Santana. Essa diferenciação ocorre devido à incidência de radiação solar, que, no hemisfério sul, é mais forte nas faces norte, influenciando na umidade dos ambientes. As faces mais voltadas para o sul recebem menos incidência de radiação solar, com isso, elas acumulam maior quantidade de água e nelas desenvolvem-se, na quase totalidade, as formações florestais.

A partir da integração das variáveis geomorfológicas e as fitofisionomias naturais foram estabelecidas treze macrozonas na área da futura unidade de conservação, que compreenderam os ecossistemas campestres e florestais naturais presentes. Nestas macrozonas, foram realizados estudos fitossociológicos das duas formações e, com base neles, foram caracterizadas, por meio de análise estatística, duas unidades e 4 sub-unidades vegetais campestres e uma unidade e cinco sub-unidades arbóreas. Tanto as unidades e sub-unidades campestres, quanto as sub-unidades florestais tiveram sua distribuição relacionada com a variável geomorfológica distância dos cursos d'água. Esta variável refere-se à umidade potencial dos ambientes e teve relação com a distribuição de espécies típicas de ambientes secos e úmidos.

Na interpretação em estereoscopia de fotos aéreas, delimitaram-se quatro tipos de campos naturais e três tipos de florestas também naturais. Esses formaram um mapa de uso e cobertura da área diferente do utilizado para determinar as macrozonas. As unidades e sub-unidades campestres e florestais foram distribuídas em relação aos tipos de cobertura do solo que caracterizaram as macrozonas em que elas predominaram.

Foram caracterizados onze biótopos naturais no Morro Santana, pela associação das unidades e sub-unidades vegetais (variável biótica), tipos de cobertura do solo (estrutura fitofisionômica) e distância dos cursos d'água (variável geomorfológica).

A partir da qualidade estrutural da paisagem e da vegetação a área de estudo foi dividida em quatro Zonas de Caracterização Ecológica, que são, em

ordem decrescente do valor ecológico: núcleo, extensão do núcleo, tamponamento e ligação. Nestas zonas são estabelecidas prioridades de utilização e são importantes para a definição das diretrizes do plano de manejo da futura UC.

Como complementação ao estudo dos biótopos, estes foram sobrepostos as zonas para verificar a sua qualidade ecológica. Foi verificado que os melhores valores ecológicos, ou seja, a zona núcleo, é formada na maior parte por biótopos campestres.

O presente estudo atingiu satisfatoriamente os objetivos e respondeu as hipóteses levantadas de que as fitofisionomias da área de estudo e as suas diferentes unidades e sub-unidades vegetais estão distribuídas predominantemente, em função de características geomorfológicas, constituindo assim, as unidades de manejo da área natural (biótopos) da futura UC. E também, que os biótopos naturais, a partir de critérios analíticos da qualidade da vegetação e da estrutura da paisagem puderam ser organizados em Zonas de Caracterização Ecológica.