

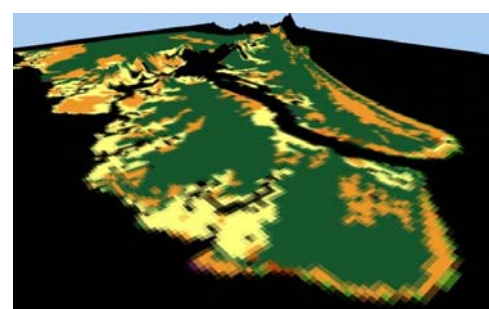
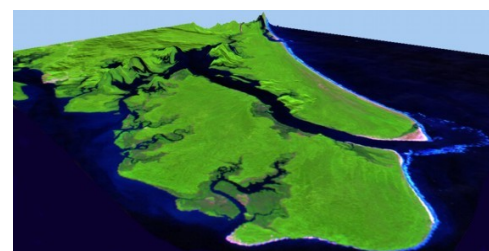
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul

Programa de Pós-graduação em
Planejamento Urbano e Regional –
PROPUR – TURMA XXI

CAROLINE KUHN

**Uma análise sistêmica
das transformações de
uso do solo como suporte
à decisão para o
planejamento de
Unidades de
Conservação.**

Estudo de caso: Parque Nacional do
Superagui – PR



Porto Alegre
2005

CAROLINE KUHN

**Uma análise sistêmica das transformações
de uso do solo como suporte à decisão para o
planejamento de Unidades de Conservação.**

Estudo de caso: Parque Nacional do Superagui – PR

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós Graduação em
Planejamento Urbano e Regional –
PROPUR – da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul para
obtenção do título de Mestre em
Planejamento Urbano e Regional.

Área de concentração: Sistemas
Configuracionais Urbanos

Orientadora: Prof^a Dra. Simone
Zarpelon Leão

Co-orientador: Prof^o Dr. Carlos
André Mendes

Porto Alegre

2005

Dedico este trabalho às três pessoas que, com compreensão e carinho, apoiaram-me integralmente ao longo do período de elaboração deste trabalho, e que mais torceram pelo meu sucesso:

**Celita,
Valquíria,
e Marcelo.**

RESUMO

KUHN, Caroline. **Uma análise sistêmica das transformações de uso do solo como suporte à decisão para o planejamento de Unidades de Conservação. Estudo de caso: Parque Nacional do Superagui – PR.** 2005. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

Os estudos realizados sobre Unidades de Conservação, e a relação destas Unidades com a população que as habita, trataram em sua maioria dos aspectos antrope-sociológicos da questão.

Visto que um aspecto essencial para uma melhor compreensão da questão das populações tradicionais e Unidades de Conservação, contudo pouco explorado, é o processo de mudanças de uso do solo nas regiões em que se inserem estas Unidades, esta pesquisa teve como pretensão preencher esta lacuna.

Para tal, são analisadas as transformações de uso do solo em regiões com Unidades de Conservação ambiental e comunidades tradicionais nelas inseridas dentro da realidade brasileira, a fim de melhor compreender suas inter-relações, assim como as implicações de políticas de preservação ambiental incidentes nestas áreas.

Esta análise se dá através de modelos de mudança de uso do solo, que são artifícios científicos com estrutura matemática e computacional para apoio ao Planejamento e Gestão Urbana e Regional, e que permitem a análise das causas e das conseqüências da dinâmica dos usos do solo, e quando cenários são utilizados, podem ainda dar suporte ao estabelecimento de políticas e ações de planejamento.

Optou-se pela utilização de um sistema de modelagem espaço-temporal integrando um sistema de informações geográficas e um modelo de autômatos celulares como ferramenta de análise das mudanças de uso do solo,

incrementado pela análise de demandas pela cadeia de Markov, e com cálculo de preferências de alocação de usos do solo através da Regressão Logística.

Procede-se nesta pesquisa a uma avaliação das tendências de uso do solo no Parque Nacional do Superagui, localizado no litoral norte do Estado do Paraná, enquanto estudo de caso.

As tendências de uso apresentadas entre os períodos de 1980 e 1990, período anterior à implementação da lei que transformou a área em Parque Nacional, e que poderia ser traduzida como a tendência natural destas comunidades sem a interferência das políticas, são trabalhadas com vista a demonstrar o papel da modelagem na compreensão de realidades, e fornecer embasamento para intervenções pretendidas.

ABSTRACT

KUHN, Caroline. **Land use change systemic analysis as decision support for the Conservation Units Planning. Case Study: National Park of Superagui, Paraná, Brazil.** 2005. Dissertation (Master) – Department of Urban and Regional Planning. Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil, 2005.

The research about Conservation Units, and their relations with the population who lives inside them copes in most of the cases only with the socio-anthropologic aspects of this question.

Since an essential aspect for a better comprehension of the question related to “Traditional Populations, or Indigenous People, and the Conservation Units”, still remains unexplored, this research intends to approach the processes involved with land use change process in the Conservation, and hence, fill this gap.

To meet this end, analyses about land use change processes in environmental protection areas and traditional communities in Brazil were made in a way to comprehend the interrelations as well as the implications of environmental conservation policies that regulate these areas.

These analyses were carried out through Land Use Change Models, which consist in a scientific tool, with both computational and mathematical frameworks to support the urban and regional planning and management, and which allow the analysis of causes and consequences of land use dynamics. When simulations are employed to analyse such dynamics, these models are also able to guide planning actions and policies.

A spatio-temporal modelling system was adopted, integrating a geographic information system and a cellular automaton model for land use change analyses. The Markov chains was employed for the land use demand analysis, and the logistic regression method was used to compute the preferences on land use allocation.

This research also conducts an evaluation of land use trends in the Superagui National Park, located in the north coast of Paraná State, south of Brazil.

The land use trends observed between 1980 and 1990, a previous period to the implementation of a law that transformed the study area into a National Park, and which can be regarded as the natural evolution tendency of the traditional communities (without the policies interference), are analysed so as to unravel the role of modelling in the comprehension of our reality and also to provide foundation for governmental interventions in the area.

AGRADECIMENTOS

A elaboração de uma dissertação de mestrado é por vezes um trabalho muito solitário, no entanto, para a sua efetivação é necessário o apoio e colaboração de muitas pessoas, e este é o momento de agradecer a todos aqueles que contribuíram para que eu completasse mais esta etapa.

Primeiramente gostaria de agradecer à minha Orientadora, a Prof^a Dra. Simone Zarpelon Leão, que abraçou minha causa com muita coragem e dedicação, e se revelou uma verdadeira mestra, guiando-me pelos caminhos da Ciência com muita ética e profissionalismo.

Outras pessoas também me auxiliaram durante o processo de pesquisa, e gostaria de agradecê-las pelo suporte e colaboração necessários em diversos momentos. São estas: a prof^a Dra. Maria Bonafé Ostrowski, minha orientadora do trabalho de graduação em Arquitetura e Urbanismo, na Universidade Tuiuti do Paraná, que me incentivou a ingressar no mestrado, e me auxiliou no preparo do meu plano de trabalho; o Prof. Dr. Rômulo Celso Krafta, pelos ensinamentos valiosos e estímulo de pesquisa em uma área que me parecia bastante nebulosa, que é a Morfologia; e aos Prof^o Dr. André Luis, por ter servido de meu tutor nos momentos iniciais, e Prof^o Dr. Carlos André Mendes, pela co-orientação, colaborando com aspectos da metodologia.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Departamento de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional – PROPUR, pelo ambiente de trabalho e recursos disponíveis para a execução de meu trabalho, bem como toda a formação que tive através de seu excelente corpo docente. Agradecimentos ao ex-coordenador do curso, Prof^o Juan Mascaro, que me atendeu no primeiro contato com o Departamento, incentivando-me a participar do processo de seleção, e às suas funcionárias Rosane Ballejos e Mariluz, pelo eficiente atendimento.

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, que garantiu o suporte financeiro necessário para a realização desta pesquisa.

Meus agradecimentos às diversas pessoas e entidades que colaboram com esta pesquisa ao cederem os dados necessários: à Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA-PR), ao Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES), à 1ª Divisão de Levantamentos do Exército Brasileiro, nas figuras dos Tenentes Saldanha e Bolson e Capitão Schemin, ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP-PR), e ao Departamento de Geomática da UFPR, através do Prof. Hideo.

E por fim, eu gostaria de agradecer aos meus amigos de Curitiba (Maurício, Roberto, Giba e Marco), preciosos, que me mandavam, via cabo ou em visitas, seu apoio; aos meus amigos de Porto Alegre (Lurdinha, Sofia Maria 21 e 22, Viamonenses, Dani, Profº Malinsky), por me receberem tão bem, pelos momentos de descontração e pelo carinho; aos meus colegas de mestrado, Flavinha, Débora, Michelle, Edu e Paola, companheiros de crises e de alegrias, pessoas que se mostraram muitíssimo especiais; à minha mãe, Celita, uma grande mulher; minha segunda mãe, Valquíria, meus anjos, que me deram todo o apoio e carinho necessários; meu irmão, um grande amigo, suas visitas deixavam os dias mais leves; e ao Marcelo, meu companheiro, namorado, amigo, que esteve ao meu lado em todos os momentos.

SUMÁRIO

Capa.....	1
Página de Rosto.....	2
Dedicatória.....	3
Resumo.....	4
Abstract.....	6
Agradecimentos.....	8
Sumário.....	10
Lista de figuras.....	14
Lista de quadros e tabelas.....	18
Capítulo 1 – Introdução	20
1.1. Problema e contexto de pesquisa.....	20
1.2. Objetivo da pesquisa.....	22
1.3. Estrutura da dissertação.....	23
Capítulo 2 - Unidades de Conservação e Comunidades Tradicionais...25	
2.1. Introdução.....	25
2.2. Populações / Comunidades tradicionais.....	25
2.3. Áreas protegidas: Cenário Global.....	31
2.4. Unidades de Conservação no Brasil.....	34
2.5. Comunidades tradicionais inseridas em Unidades de Conservação restritivas.....	40
2.6. Conclusões.....	46
Capítulo 3 - Sistemas de Modelagem de Mudanças de Uso do Solo....47	
3.1. Introdução.....	47
3.2. Mudanças de uso do solo.....	48
3.3. Geoprocessamento como instrumento de caracterização de padrões de uso do solo.....	50
3.3.1. Estrutura de dados em SIG.....	51

3.4. Modelos para processos de mudanças de usos do solo.....	52
3.4.1. SIG e modelos Autômatos Celulares.....	52
3.4.2. Modelo SimLucia.....	55
3.4.3. Modelo CLUE-S.....	59
3.4.4. Modelo Spring-Dinâmica.....	62
3.5. Conclusões.....	65
Capítulo 4 – Metodologia.....	67
4.1. Introdução.....	67
4.2. Estrutura Metodológica.....	68
4.3. Preparação da base de dados geográficos.....	69
4.3.1 Mapas de uso do solo.....	69
4.3.1.1. Classificação de Imagens de Satélite.....	70
4.3.1.2. Digitalização de mapas temáticos.....	72
4.3.2. Modelo numérico do terreno e mapa de declividades.....	73
4.3.3. Mapas de distância.....	75
4.3.4. Mapas de restrição.....	76
4.4. Cálculo da demanda de área para usos do solo.....	78
4.5. Avaliação de indutores /condicionantes de mudanças de uso do solo.....	80
4.5.1. Seleção de variáveis para a regressão.....	80
4.5.2. Regressão Logística.....	81
4.6. Simulação de mudanças de uso do solo.....	83
4.7. Conclusões.....	86
Capítulo 5 - Estudo de Caso: Parque Nacional do Superagui.....	87
5.1. Introdução.....	87
5.2. Descrição da área de estudo.....	88
5.2.1. Histórico.....	88
5.2.2. Dados físico-ambientais.....	92
5.2.3. Dados socioeconômicos e culturais.....	97
5.3. Contexto de aplicação da Metodologia proposta.....	100

5.4. Preparação da base de dados geográficos.....	103
5.4.1. Coleta de dados.....	103
5.4.2. Formatos e processamento de dados.....	103
5.5. Cálculo da demanda de área para usos do solo.....	106
5.6. Avaliação de indutores /condicionantes de mudanças de uso do solo.....	111
5.6.1. Seleção das variáveis independentes para o cálculo de alocação.....	111
5.6.2. Mapas de potencial para alocação de usos do solo	11 2
5.6.3. Regressão Logística.....	113
5.6.3.1. Classe de uso do solo : Núcleos Urbanos.....	114
5.6.3.2. Classe de uso do solo : Intervenção Antrópica..	115
5.6.3.3. Classe de uso do solo : Restinga.....	117
5.6.3.4. Classe de uso do solo : Mata.....	118
5.6.3.5. Classe de uso do solo : Outros Usos.....	120
5.7. Simulação das mudanças de uso do solo.....	121
5.7.1. Definição dos Cenários.....	121
5.7.2. Simulação de cenários.....	124
5.7.2.1. Simulação 1.....	124
5.7.2.2. Simulação 2.....	128
5.7.2.3. Simulação 3.....	130
5.8. Análise dos resultados.....	132
5.8.1. A Situação real e a Simulação 2: Validação do método..	133
5.8.2. Simulação 1 e 2: Impactos da inexistência de políticas conservacionistas.....	135
5.8.3. Simulação 2 e 3: compatibilização entre preservação ambiental e desenvolvimento de comunidades tradicionais.....	137
5.9. Conclusões.....	139
Capítulo 6 - Discussão e Conclusões.....	141
6.1. Introdução.....	141

6.2. Escopo da pesquisa.....	141
6.3. Contribuições da pesquisa.....	142
6.4. Recomendações para trabalhos futuros.....	144
Referências Bibliográficas.....	146
Anexos.....	151
Anexo 1: Legislação referente ao Parque Nacional do Superagui.....	151
Anexo 2: Mapas com os Fatores Locacionais.....	159

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	População da região, demonstrando ainda traços dos colonizadores europeus.....	29
Figura 2.2	Localização das Unidades de Conservação Brasileiras.....	34
Figura 3.1	Representação do espaço em estrutura Raster.....	52
Figura 3.2	Representação do espaço em estrutura Vetorial.....	52
Figura 3.3	Componentes e processo de transição de um autômato celular genérico.....	54
Figura 3.4	Estrutura do Modelo SimLucia.....	56
Figura 3.5	SimLucia: Influência do comércio e serviços sobre a localização residencial urbana.....	57
Figura 3.6	SimLucia: Padrões de uso do solo simulados.....	58
Figura 3.7	CLUE-S: Esquema do procedimento de modelagem.....	59
Figura 3.8	A mostra o uso do solo em 1997, e B o uso do solo simulado em 2012.....	61
Figura 3.9	Usos do solo em Bauru, São Paulo, em 1979 e 1988. Amarelo: residencial, laranja: centro de comércio, azul: institucional, roxo: industrial, vermelho: corredor de serviços, verde: recreação /lazer, marrom: uso misto e branco: não urbano.....	63
Figura 3.10	Transição de uso do solo em Bauru/SP – Azul escuro : áreas não urbanizadas em 1979 e convertidas em uso residencial em 1988.....	63
Figura 3.11	Mapa de probabilidade de transição para o uso do solo 'corredor de serviço'.....	64
Figura 4.1	Estrutura da metodologia de análise das transformações de uso do solo em região de interesse ambiental.....	69

Figura 4.2	Zonas de treinamento dos usos Mata e Mar sobre uma composição colorida de imagens de satélite.....	71
Figura 4.3	Comportamento espectral de classes de uso do solo.....	71
Figura 4.4	Mapa de usos do solo resultante do processo de classificação de imagens de satélite, antes e após aplicação do filtro Mediana 3x3 na área de estudo.....	72
Figura 4.5	Procedimento de digitalização de mapas temáticos, mostrando o mapa base, analógico, e em seguida o mapa vetorizado e rasterizado.....	73
Figura 4.6	Representação de um MNT: primeiramente somente as linhas de contorno, então o próprio MNT, derivado das linhas de contorno, e por fim, uma modelagem tridimensional do terreno.....	74
Figura 4.7	Cálculo da declividade com base no MNT.....	74
Figura 4.8	Álgebra de mapas: Sobreposição de mapas raster A e B gerando o mapa raster U.....	76
Figura 4.9	Mapa de distância destes assentamentos humanos.....	76
Figura 4.10	Política de restrição espacial na região do Parque Nacional do Superagui /PR.....	77
Figura 4.11	Representação de um boxplot.....	81
Figura 5.1	Mapa de localização do Parque Nacional nos contextos nacional e estadual.....	92
Figura 5.2	Mapa do P. N. do Superagui com a localização das diversas comunidades.....	94
Figura 5.3	Amostra de algumas das comunidades dentro dos limites do Parque Nacional do Superagui.....	94
Figura 5.4	Mapa dos tipos de solos encontrados na região do Parque Nacional do Superagui e arredores.....	95
Figura 5.5	Fotos da região mostrando as coberturas de solo Restinga e Floresta Ombrófila.....	96

Figura 5.6	Foto do posto de saúde (abandonado) localizado na comunidade Barra do Superagui, que concentra a maior parte da população residente na parte insular do Parque.....	100
Figura 5.7	Demonstração de aplicação do filtro Median.....	104
Figura 5.8	Mapa de usos do solo em 1980.....	106
Figura 5.9	Mapa de usos do solo em 1990.....	107
Figura 5.10	Gráfico da relação entre as áreas ocupadas pelas classes de uso do solo em 1980 e 1990.....	107
Figura 5.11	Tabulação cruzada entre mapas de 1980 e 1990, demonstrando as transições de uso do solo.....	108
Figura 5.12	Boxplot de Núcleos Urbanos com relação à Declividade.....	112
Figura 5.13	Áreas ocupadas pela classe Intervenção Antrópica em 1980, 1990 e somatório destas áreas.....	113
Figura 5.14	Mapa de potencial locacional para uso do solo Núcleos Urbanos.....	115
Figura 5.15	Mapa de potencial locacional para uso do solo Intervenção Antrópica.....	117
Figura 5.16	Mapa de potencial locacional para uso do solo Restinga.....	118
Figura 5.17	Mapa de potencial locacional para uso do solo Mata.....	119
Figura 5.18	Mapa de potencial locacional para uso do solo Outros Usos.....	121
Figura 5.19	Região sem restrição a usos do solo.....	122
Figura 5.20	Região com restrição total a usos do solo.....	123
Figura 5.21	Mapas com as preferências para os uso de solo Núcleos Urbanos e Intervenção Antrópica recalculados para a área de restrição total.....	123
Figura 5.22	Região com restrição parcial a usos do solo.....	124
Figura 5.23	Usos do solo em 2002 para a Simulação 1: Região sem restrição a usos do solo.....	125

Figura 5.24	Núcleos urbanos e áreas com intervenção antrópica situados dentro dos limites do Parque Nacional em 2002 para a Simulação 1.....	127
Figura 5.25	Usos do solo em 2002 para a Simulação 2: Região com restrição total a usos do solo.....	128
Figura 5.26	Usos do solo em 2002 para a Simulação 3: Região com restrição parcial a usos do solo.....	130
Figura 5.27	Mapa de Uso do solo em 1980, 1990, e 2002(situação real, e simulações 1, 2 e 3).....	133
Figura 5.28	Gráfico de comparação entre as áreas ocupadas pelos usos do solo em 2002, na situação real, e nas simulações.....	134
Figura 5.29	Gráficos de comparação entre a expansão de núcleos urbanos, dentro e fora do Parque Nacional para as simulações 1 e 2.....	136
Figura 5.30	Gráficos de comparação entre a expansão de áreas com intervenção antrópica, dentro e fora do Parque Nacional para as simulações 1 e 2.....	136
Figura 5.31	Gráficos de comparação entre a redução de áreas de mata, dentro e fora do Parque Nacional para as simulações 1 e 2.....	137
Figura 5.32	Gráficos de comparação entre a expansão de núcleos urbanos, dentro e fora do Parque Nacional para as simulações 1 e 2.....	138
Figura 5.33	Gráficos de comparação entre a expansão de áreas com intervenção antrópica, dentro e fora do Parque Nacional para as simulações 2 e 3.....	138
Figura 5.34	Gráficos de comparação entre a redução da área de matas, dentro e fora do Parque Nacional para as simulações 2 e 3.....	139

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 2.1	Sistema Internacional de Categorias de Áreas Protegidas da UICN.....	32
Quadro 2.2	Comparação entre as Zonas propostas pela UICN e Zonas propostas pelo Regulamento de Parques Nacionais Brasileiros...	35
Tabela 2.1	Numero total de Unidades de Conservação Federais por tipo e categoria.....	38
Tabela 2.2	Numero de Unidades de Conservação, excluindo-se as RPPN's..	20
Tabela 4.1	Matriz de probabilidade de transição de Markov em um sistema com cinco classes.....	79
Tabela 5.1	Atividades desenvolvidas em Superagui.....	99
Tabela 5.2	Tabulação cruzada entre os mapas de usos do solo dos anos 1980 e 1990.....	108
Tabela 5.3	Probabilidades de mudanças de uso do solo para o ano de 2002.....	109
Tabela 5.4	Estimativa de mudanças de uso do solo para o ano de 2002.....	110
Tabela 5.5	Comparação das taxas de ocupação de cada uso do solo para os anos de 1980, 1990 e 2002 (expectativa).....	110
Tabela 5.6	Variáveis independentes e suas descrições.....	111
Tabela 5.7	Componentes e coeficientes da equação de regressão logística para o uso do solo Núcleos Urbanos.....	114
Tabela 5.8	Componentes e coeficientes da equação de regressão logística para o uso do solo Intervenção Antrópica.....	116
Tabela 5.9	Componentes e coeficientes da equação de regressão logística para o uso do solo Restinga.....	117

Tabela 5.10	Componentes e coeficientes da equação de regressão logística para o uso do solo Mata.....	119
Tabela 5.11	Componentes e coeficientes da equação de regressão logística para o uso do solo Outros Usos.....	120
Tabela 5.12	Área ocupada pelos usos do solo em 2002 de acordo com as simulações.....	125
Tabela 5.13	Tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo de 1990 e da Simulação 1 para 2002	126
Tabela 5.14	Extensão e localização de algumas mudanças de uso do solo entre 1990 e 2002 (Simulação 1).....	128
Tabela 5.15	Tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo de 1990 e da Simulação 2 para 2002.....	129
Tabela 5.16	Extensão e localização de algumas mudanças de uso do solo entre 1990 e 2002 (Simulação 2).....	130
Tabela 5.17	Tabulação Cruzada entre os mapas de uso do solo de 1990 e da Simulação 3 para 2002	131
Tabela 5.18	Extensão e localização de algumas mudanças de uso do solo entre 1990 e 2002 (Simulação 3).....	132

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Problema e Contexto de Pesquisa

A concepção de áreas protegidas foi construída sobre a dissociação do homem com a natureza, assumindo que as populações humanas são destruidoras das áreas naturais. O primeiro modelo de criação de áreas naturais protegidas, utilizado no Parque Nacional de Yellowstone nos Estados Unidos, instituído em 1872, constitui-se na política conservacionista mais utilizada em países em desenvolvimento ainda na atualidade (BRITO, 2003). Modelo este que impede a existência de populações humanas residentes dentro de áreas de proteção ambiental.

Esta abordagem, entretanto, entra em conflito com a realidade dos países tropicais, os quais têm a maioria de suas unidades de conservação habitadas por índios e outros grupos tradicionais.

Sociedades tradicionais podem ser definidas como grupos humanos diferenciados sob o ponto de vista cultural, que reproduzem historicamente seu modo de vida, de forma mais ou menos isolada, com base na cooperação social e relações próprias com a natureza. Essa noção refere-se tanto a povos indígenas quanto a segmentos da população nacional, que desenvolveram modos particulares de existência, adaptados a nichos ecológicos específicos. Exemplos de populações tradicionais são as comunidades caiçaras, os sítiantes e roceiros, comunidades quilombolas, comunidades ribeirinhas, os pescadores artesanais, os grupos extrativistas e indígenas.

A partir da década de 70, a rede de áreas naturais protegidas no mundo expandiu em extensão mais de 80%, sendo que dois terços desse total foram estabelecidas em países em desenvolvimento (BRITO, 2003). Seguindo o

modelo americano, juntamente com essa expansão, cresceram os conflitos entre populações e áreas protegidas.

No Brasil o primeiro Parque foi criado em 1896, o Parque Estadual de São Paulo, e em 1934, a primeira unidade de conservação federal, o Parque Nacional de Itatiaia, após aprovação do Código Florestal de 1931. Hoje, 3,7% do território nacional está pontilhado por essas unidades, constituindo-se como uma das principais estratégias para conservação da natureza, minimização da perda da biodiversidade e preservação das belezas cênicas existentes no território (BRITO, 2003).

Com a proposta do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, projeto de lei nº 2.892, de 1992, a discussão sobre o tema passou a ser mais complexa e democrática. Entretanto, até hoje não se chegou a soluções concretas para diversos problemas específicos da realidade brasileira. Problemas estes relacionados com a questão fundiária, escassos recursos financeiros para a efetiva implantação dessas unidades, e especialmente, a inexistência de uma política de gestão das mesmas relacionada com as regiões em que estão inseridas e com as populações residentes (BRITO, 2003).

Somente recentemente tem-se reconhecido que tais populações locais não são necessariamente "inimigas da natureza", e que elas deveriam ser integradas ao processo de conservação (DIEGUES, 1996).

Até o momento, os estudos realizados sobre unidades de conservação, ou mais especificamente sobre as populações tradicionais nestas unidades, trataram basicamente de aspectos biológicos e /ou antropon-sociológicos (ADAMS, 2000).

Um aspecto essencial para uma melhor compreensão da questão das populações tradicionais e unidades de conservação, contudo pouco explorado, é o processo de mudanças de uso do solo nas regiões em que se inserem as unidades de conservação ambiental e suas relações com o planejamento regional e ambiental.

A falta de um planejamento mais abrangente tem afetado, no caso das Unidades de Conservação litorâneas, por exemplo, as cidades costeiras mais próximas das unidades. Estas cidades têm recebido as populações provenientes das unidades de conservação, de onde foram expulsas, e tem

visto o número de ocupações irregulares crescer rapidamente, mostrando as fragilidades das políticas de reassentamento das comunidades tradicionais.

As divergências nas discussões sobre a presença ou não de populações no interior de áreas protegidas fortalecem-se com a carência de diagnósticos sobre as mudanças que as comunidades tradicionais estão passando e gerando na região a que pertencem.

Expansão das áreas habitadas por populações sobre áreas de florestas ou agrícolas, conversão de florestas em áreas agrícolas ou pastagem, fragmentação de áreas de vegetação natural, são alguns exemplos, entre outros, de mudanças de usos do solo que podem ocorrer em regiões com unidades de conservação. O potencial do impacto adverso dessas transformações depende de sua escala, extensão, padrão espacial e das dinâmicas das relações entre os usos do solo.

Modelos de mudança de uso do solo são artifícios científicos com estrutura matemática e computacional para apoio ao Planejamento e Gestão Urbana e Regional. Permitem a análise das causas e das conseqüências da dinâmica dos usos do solo, e quando cenários são utilizados, podem ainda dar suporte ao estabelecimento de políticas e ações de planejamento.

Alguns poucos estudos aplicaram modelos deste tipo na análise da pressão de crescimento urbano e industrialização sobre o ambiente natural em áreas de interesse de preservação ambiental, tais como o estudo de Soepboer (2001) nas Ilhas Sibuyan, nas Filipinas, e o estudo desenvolvido por White e Engelen (1997) para a Ilha de Santa Lucia.

1.2 Objetivo da Pesquisa

O objetivo da presente pesquisa é o de desenvolver e aplicar uma metodologia para analisar as transformações de uso do solo em regiões com unidades de conservação ambiental e comunidades tradicionais nelas inseridas dentro da realidade brasileira. Busca-se uma melhor compreensão sobre a maneira como estas comunidades vêm se apropriando do espaço, seu padrão de uso do solo, quais os fatores indutores de mudanças nos padrões de uso do solo, que tipos de impactos podem ser observados e, também, detectar as

possíveis influências e modificações de dinâmicas ocasionadas pelas políticas de preservação ambiental incidentes nestas áreas.

Metodologicamente optou-se por uma seqüência de procedimentos: (i) um sistema de informações geográficas para a produção dos dados geográficos; (ii) um módulo de análise de demanda de crescimento; (iii) um módulo de regressão logística para investigação das inter relações entre os usos do solo; e (iv) um modelo de autômatos celulares para alocação de usos do solo e teste de cenários.

O Parque Nacional do Superagui, no Paraná, foi selecionado como estudo de caso. Tendo em vista as particularidades de cada tipo de comunidade tradicional e ainda as especificidades da dinâmica regional em que se inserem, os resultados das análises aqui desenvolvidas não almejam generalização. Porém, as análises e conclusões aqui desenvolvidas para o caso específico da área de estudo, têm importância como contribuição à discussão acerca das políticas incidentes em Unidades de Conservação em relação à realidade brasileira, e espera-se contribuir para diversas questões, como o esclarecimento da validade e necessidade de restrições demasiado rigorosas das políticas incidentes em Unidades de Conservação Brasileiras, e também para reflexões que permitam futuras reformas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação, bem como o desenvolvimento de projetos-piloto na comunidade estudada e em semelhantes, que proporcionem o desenvolvimento sustentável.

1.3 Estrutura da Dissertação

Quanto à estruturação da pesquisa, encontra-se, no Capítulo 2, a descrição das relações entre Comunidades Tradicionais e Unidades de Conservação, demonstrando o porquê da necessidade de desenvolvimento de análises empíricas da questão, e tendo por objetivo caracterizar o tema da pesquisa, apresentando uma revisão histórica de conceitos, regulamentos e paradigmas relativos à preservação ambiental no mundo e no Brasil.

No Capítulo 3, o objetivo é de justificar e fundamentar a escolha do tratamento metodológico da pesquisa, ou seja, o uso de modelagem de mudanças de uso do solo para melhor compreender os processos sofridos e

gerados por comunidades tradicionais em áreas de conservação, assim como avaliar alguns instrumentos legais de preservação ambiental. Esta fundamentação se dá através de uma breve explanação, sobre sistemas de modelagem, esclarecendo a amplitude e adaptabilidade destes para as mais variadas questões.

No Capítulo 4, da Metodologia, tem-se como objetivo apresentar com detalhes a metodologia estruturada e aplicada no presente estudo.

No Capítulo 5 é dada uma ampla descrição sobre a área de Estudo do Caso, o Parque Nacional do Superagui / PR, a coleta e formatação de sua base de dados é demonstrada, e é neste capítulo que constam também os dados resultantes da metodologia aplicada para a modelagem de dinâmicas de usos do solo na região.

No Capítulo 6 encontram-se as discussões, contribuições e recomendações para trabalhos futuros. E por fim, seguem as Referências Bibliográficas e Anexos.

CAPÍTULO 2

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E COMUNIDADES TRADICIONAIS

2.1 Introdução

A presente pesquisa analisa as transformações de uso do solo em regiões com unidades de conservação ambiental e comunidades tradicionais nelas inseridas dentro da realidade brasileira, a fim de melhor compreender suas inter-relações, assim como as implicações de políticas de preservação ambiental incidentes nestas áreas.

Este capítulo tem por objetivo caracterizar o tema da pesquisa, apresentando uma revisão histórica de conceitos, regulamentos e paradigmas relativos à preservação ambiental no mundo e no Brasil.

A Seção 2.2 deste capítulo conceitua comunidades tradicionais de forma abrangente. Depois, dá ênfase às populações caiçaras, que são típicas da área de estudo da presente pesquisa. A Seção 2.3 discorre sobre conceitos e definições legais internacionais de áreas protegidas do ponto de vista ambiental e da preservação da biodiversidade. A Seção 2.4 traz os conceitos e definições da seção anterior para a realidade brasileira e apresenta a situação atual nacional. Subseqüentemente, a Seção 2.5 relaciona comunidades tradicionais e áreas protegidas, tratando das divergências acerca de sua compatibilidade e de novos paradigmas científicos e sociais na condução da preservação de ambientes naturais. A Seção 2.6 concluiu o capítulo.

2.2 Populações / Comunidades Tradicionais

No Brasil, há certo consenso sobre o uso do termo “população indígena” significando “etnia”, ou seja, povos que guardam continuidade histórica e

cultural desde antes da conquista europeia da América. No estabelecimento de áreas indígenas no país, é reconhecido o direito histórico desses povos a seus territórios e, desse modo, sua identidade é definida de forma mais clara do que aquela das comunidades tradicionais não-indígenas.

Por outro lado, o reconhecimento dessa identidade coexiste com intenso debate a respeito do significado dos termos “populações nativas”, “tribais”, “indígenas” e “tradicionais”, aplicáveis mundialmente. O termo inglês *indigenous*, usado em muitos documentos oficiais (União Internacional para a Conservação da Natureza – UICN, Banco Mundial, 1991), não quer dizer necessariamente “indígenas”, no sentido étnico e tribal. Nova definição surgiu com a Diretiva Operacional 4.20, de 1991, também do Banco Mundial, com características mais amplas, substituindo o termo “povos tribais” por “povos nativos” (*indigenous*). Esse conceito aplica-se àqueles povos que vivem em áreas geográficas particulares e demonstram, em vários graus, as seguintes características:

- Ligação intensa com os territórios ancestrais;
- Auto-identificação e reconhecimento pelos outros povos como grupos culturais distintos;
- Linguagem própria, muitas vezes diferente da oficial;
- Presença de instituições sociais e políticas próprias e tradicionais;
- Sistemas de produção voltados principalmente para a subsistência.

Em uma perspectiva marxista, as culturas tradicionais estão associadas a modos de produção pré-capitalistas, próprios de sociedades em que o trabalho ainda não se tornou mercadoria; em que a dependência do mercado já existe, mas não é total. Essas sociedades desenvolveram formas particulares de manejo dos recursos naturais, que não visam diretamente ao lucro, mas à reprodução cultural e social, além de percepções e representações em relação ao mundo natural, marcadas pela idéia de associação com a natureza e a dependência de seus ciclos. Culturas tradicionais, nessa perspectiva, são aquelas associadas à pequena produção mercantil (DIEGUES, 1996). Distinguem-se daquelas próprias ao modo de produção capitalista, em que não só a força de trabalho, como a própria

natureza se transformam em objeto de compra e venda (mercadoria). Nesse sentido, a concepção e representação do mundo natural e seus recursos são essencialmente diferentes nas duas formas de sociedade.

Um elemento importante na ligação entre essas populações e a natureza é sua relação com o território, que pode ser definido como uma porção da natureza e do espaço sobre o qual determinada sociedade reivindica e garante a todos, ou a uma parte de seus membros, direitos estáveis de acesso, controle ou uso na totalidade ou parte dos recursos naturais existentes.

Um aspecto relevante na definição de culturas tradicionais é a existência de sistemas de manejo dos recursos naturais, marcado pelo respeito aos ciclos da natureza e pela sua exploração, observando-se a capacidade de recuperação das espécies de animais e plantas utilizadas. Esse sistema não visa somente à exploração econômica dos recursos naturais, mas revela a existência de um conjunto complexo de conhecimentos adquiridos pela tradição herdada dos mais velhos. Além do espaço de reprodução econômica das relações sociais, o território é também o locus das representações mentais e do imaginário mitológico dessas sociedades. A íntima relação do homem com o meio e sua dependência maior com o mundo natural, comparada à do homem urbano-industrial, faz que ciclos da natureza (a sazonalidade de cardumes, por exemplo) sejam associados às explicações míticas ou religiosas. As representações simbólicas que essas populações fazem dos diversos habitats em que vivem dependem de um maior ou menor controle que dispõem sobre o meio físico.

Com base nas considerações anteriores, e em afirmações de Diegues, 1996, pode-se dizer que essas sociedades tradicionais se caracterizam por:

- Dependência da relação de simbiose entre a natureza, os ciclos e os recursos naturais renováveis, com os quais se constrói um modo de vida.
- Conhecimento aprofundado da natureza e de seus ciclos, que se reflete na elaboração de estratégias de uso e de manejo dos recursos naturais. Esse conhecimento é transferido por oralidade de geração em geração.

- Noção de território ou espaço onde o grupo social se reproduz econômica e socialmente.
- Moradia e ocupação do território por várias gerações, ainda que alguns membros individuais possam ter-se deslocado para os centros urbanos e voltado para a terra de seus antepassados.
- Importância das atividades de subsistência, ainda que a produção de mercadorias possa estar mais ou menos desenvolvida, o que implicaria uma relação com o Mercado.
- Reduzida acumulação de capital.
- Importância dada à unidade familiar, doméstica ou comunal e às relações de parentesco ou compadrio para o exercício das atividades econômicas, sociais e culturais.
- Importância das simbologias, mitos e rituais associados à caça, pesca e atividades extrativistas.
- Tecnologia utilizada, que é relativamente simples, de impacto limitado sobre o meio ambiente. Há uma reduzida divisão técnica e social do trabalho, sobressaindo o artesanal, cujo produtor e sua família dominam todo o processo até o produto final.
- Fraco poder político, que em geral reside nos grupos de poder dos centros urbanos.
- Auto-identificação ou identificação por outros de pertencer a uma cultura distinta.

Assim, “sociedades tradicionais” podem ser definidas como grupos humanos diferenciados sob o ponto de vista cultural, que reproduzem historicamente seu modo de vida, de forma mais ou menos isolada, com base na cooperação social e relações próprias com a natureza.

Essa noção refere-se tanto a povos indígenas quanto a segmentos da população nacional, que desenvolveram modos particulares de existência, adaptados a nichos ecológicos específicos. Exemplos de populações tradicionais são as comunidades caiçaras, os sitiantes e roceiros, comunidades quilombolas, comunidades ribeirinhas, os pescadores artesanais, os grupos extrativistas e indígenas.

A área de estudo de caso desta pesquisa, o Parque Nacional do Superagui – PR, é habitada basicamente por comunidades caiçaras, que encontram na pesca artesanal sua principal fonte de renda, e por isso será dada especial ênfase a este tipo de população (Figura 2.1).

Figura 2.1: População da região, demonstrando ainda traços dos colonizadores europeus.



Entende-se por caiçaras aquelas comunidades formadas pela mescla étnico-cultural de indígenas, de colonizadores e, em menor grau, de escravos africanos. Os caiçaras têm uma forma de vida baseada em atividades de agricultura itinerante, da pequena pesca, do extrativismo vegetal e do artesanato. Essa cultura se desenvolveu principalmente nas áreas costeiras dos atuais Estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e norte de Santa Catarina. Alguns autores (DIEGUES, 1983) afirmam que as comunidades caiçaras se formaram nos interstícios dos grandes ciclos econômicos do período colonial, fortalecendo-se quando essas atividades voltadas para a exportação entraram em declínio. Sua decadência, em particular no setor agrícola, incentivou as atividades de pesca e coleta em ambientes aquáticos, sobretudo os de água salobra, como estuários e lagunas. No interior do espaço caiçara surgiram cidades como Parati, Santos, São Vicente, Iguape, Ubatuba, Ilha Bela, São Sebastião, Antonina e Paranaguá, as quais em vários momentos da história colonial funcionaram como importantes centros exportadores. As comunidades caiçaras sempre mantiveram com essas cidades, em maior ou menor intensidade, contatos e intercâmbios econômicos e sociais, delas dependendo também para o provisãoamento de bens não produzidos nos sítios e nas praias. Esses contatos se conservaram por via terrestre, fluvial e marítima.

A maioria desses centros e áreas rurais litorâneas correspondentes entrou em decadência no final do séc. XIX, principalmente com a abolição da escravatura, o que causou declínio de determinadas atividades agrícolas de exportação, como o arroz. As comunidades caiçaras mantiveram sua forma tradicional de vida até a década de 1950, quando as primeiras estradas de rodagem interligaram as áreas litorâneas com o planalto, ocasionando o início do fluxo migratório (NUPAUB, 2000).

As comunidades caiçaras passaram a chamar a atenção de pesquisadores e de órgãos governamentais mais recentemente em virtude das ameaças, maiores a cada dia, a sua sobrevivência material e cultural, e também por causa da contribuição histórica que essas populações têm dado à conservação da biodiversidade, pelo conhecimento que possuem da fauna e da flora e pelos sistemas tradicionais de manejo dos recursos naturais que dispõem.

Um dos processos responsáveis pela desorganização da cultura caiçara é o fato de grande parte de seu território ter-se transformado em áreas naturais protegidas. A modificação do espaço de reprodução material e social para parques e reservas naturais resultou em graves limitações às atividades tradicionais de agricultura itinerante, caça, pesca e extrativismo. Emergiram assim, conflitos com os administradores das unidades de conservação além de uma migração ainda maior para as áreas urbanas, onde os caiçaras, expulsos de seus territórios, passaram a viver em verdadeiras favelas, fadados ao desemprego e ao subemprego.

Essas contínuas agressões à cultura e ao modo de viver caiçara não aconteceram sem alguma reação dessas comunidades. A partir da década de 80, quando a pressão dos órgãos governamentais ambientalistas sobre as comunidades caiçaras se fez maior, várias organizações não-governamentais e institutos de pesquisa passaram a apoiá-las no esforço para permanecerem em seus territórios. Começaram a surgir, em alguns locais, associações de moradores, as quais se fizeram ouvir em reuniões governamentais e congressos, dando início a um processo de reafirmação da identidade cultural caiçara (NUPAUB,2000).

2.3 Áreas Protegidas: Cenário Global

De acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (UICN), áreas protegidas são definidas como: *“Uma porção de solo ou água dedicada especificamente para a proteção e manutenção da diversidade biológica e de recursos naturais e culturais, gerenciada através de meios legais ou outros meios efetivos”* (IUCN, 1994).

A Estratégia Global de Biodiversidade, “Global Biodiversity Strategy” (UNEP, 1992) define diversidade biológica, ou biodiversidade, como a medida da totalidade de genes, espécies, e ecossistemas em uma região. A biodiversidade deve ser preservada em função de não sabermos o que será necessário e útil no futuro, visto que o conhecimento até então acumulado é insuficiente para determinar os impactos na remoção de qualquer componente deste sistema.

Pode-se tomar como marco inicial na luta contra a perda da biodiversidade, a criação do Parque Nacional de Yellowstone, nos Estados Unidos, em 1872. O modelo de criação de áreas naturais protegidas utilizada neste parque se constitui na política conservacionista mais utilizada em países em desenvolvimento, ainda na atualidade (BRITO, 2003). Este modelo vê o homem como intruso, como potencial destruidor da natureza e, por consequência, sua estratégia para conservação ambiental com frequência exige a exclusão das populações humanas destas áreas designadas importantes aos interesses nacionais.

Historicamente o estabelecimento das unidades de conservação deve-se principalmente a UICN, que através da sistematização e avaliação de dados e experiências, estabeleceu as diretrizes indicativas para que os países alcançassem a conservação da biodiversidade. A partir das diretrizes da UICN, cada país deveria determinar as categorias de manejo adequadas à sua realidade.

O problema da adoção do modelo americano começa a ser sentido principalmente a partir da década de 70, quando a rede de áreas naturais protegidas no mundo expandiu em extensão mais de 80% (WCED, 1988), sendo que dois terços desse total estabelecidas em países em desenvolvimento. Este modelo, que vê o homem como destruidor da natureza,

entra em conflito com a realidade dos países tropicais, os quais tem a maioria de suas unidades de conservação habitadas por índios e outros grupos tradicionais, que em sua maioria, desenvolveram sistemas de manejo da fauna e flora, protegendo, conservando, e até potencializando a biodiversidade (DIEGUES, 1996).

A partir de 1985, a ONU/UICN começaram a expressar preocupação com essa questão, mas foi somente em 1994 que a UICN apresentou a revisão do sistema apresentado em 1978, buscando maior flexibilidade a aplicação e interpretação do sistema. O Quadro 2.1 apresenta a classificação de áreas de proteção segundo a UICN.

Quadro 2.1: Sistema Internacional de Categorias de Áreas Protegidas da UICN.

I. Área Natural Estrita / Área Natural Silvestre:

Área protegida manejada principalmente com fins científicos o com fins de proteção da natureza. Áreas terrestres e/ou marinhas que possuam algum ecossistema, rasgo geológico ou fisiológico e/ou espécies destacadas ou representativas, destinadas principalmente a atividades de investigação científica e/ou monitoramento ambiental; ou vastas superfícies de terra e/ou mar não modificadas ou ligeiramente modificadas, que conservem seu caráter e influencia natural, não estejam habitadas de forma permanente ou significativa, e sejam protegidas e manejadas para preservar sua condição natural.

II. Parque Nacional :

Área protegida manejada principalmente para a conservação de ecossistemas e com fins de recreação. Áreas terrestres e/ou marinhas naturais, designadas para: (a) proteger a integridade ecológica de um ou mais ecossistemas para as gerações atuais e futuras; (b) excluir os tipos de exploração ou ocupação que sejam hostis ao propósito com o qual foi designada a área; e (c) proporcionar um marco para atividades espirituais, científicas, educativas, recreativas e turísticas, atividades que devem ser compatíveis desde o ponto de vista ecológico e cultural.

III. Monumento Natural:

Área protegida manejada principalmente para a conservação de características naturais específicas. Áreas que tenham uma ou mais características naturais ou naturais/culturais específicas de valor destacado ou excepcional por sua raridade implícita, suas qualidades representativas ou estéticas ou por sua importância cultural.

IV. Área de Manejo de Hábitats / Espécies:

Área protegida manejada principalmente para a conservação, com intervenção no nível de gestão. Áreas terrestres e/ou marinhas sujeitas a intervenção ativa com fins de manejo, para garantir a manutenção dos hábitats e/ou satisfazer as necessidades de determinadas espécies.

V. Paisagens Terrestres e Marinhas Protegidas:

Área protegida manejada principalmente para a conservação de paisagens terrestres e marinhas e com fins recreativos. Superfícies de terra, com costas e mares, segundo o caso, nas quais as interações do ser humano e a natureza ao

longo dos anos, tenham produzido zonas de caráter definido com importantes valores estéticos, ecológicos e/ou culturais, e que a princípio guardem uma rica diversidade biológica. Salvar a integridade desta interação tradicional é essencial para a proteção, a manutenção e a evolução da área.

VI. Áreas Protegidas com Recursos Manejados:

Área protegida manejada principalmente para a utilização sustentável dos ecossistemas naturais. Áreas que tenham predominantemente sistemas naturais não modificados, que sejam objeto de atividades de manejo para garantir a proteção e a manutenção da diversidade biológica em longo prazo, e proporcionar ao mesmo tempo um fluxo sustentável de produtos naturais e serviços para satisfazer as necessidades da comunidade.

Fonte: IUCN (1994).

No IV Congresso de Parques Nacionais e Áreas Protegidas, que aconteceu em Caracas, Venezuela, em fevereiro de 1992, os participantes concluíram que é requerido com urgência um melhor gerenciamento das áreas de proteção ambiental. Os participantes também enfatizaram que as áreas protegidas são uma parte chave na satisfação das necessidades humanas, devendo portanto, ser uma parte da estratégia de desenvolvimento sustentável e de uso adequado dos recursos naturais de cada país devidamente integradas dentro de um contexto regional, para não se tornarem ilhas em um mar de desenvolvimento (IUCN, 1994).

Nos últimos anos tem acontecido uma mudança de perspectiva no âmbito global da proteção aos recursos naturais, gerada pelo alerta causado por alguns fatores, como o avanço muito rápido da utilização dos recursos naturais e a apropriação dos espaços antes ocupados por estes recursos, para o estabelecimento e o desenvolvimento de atividades econômicas variadas.

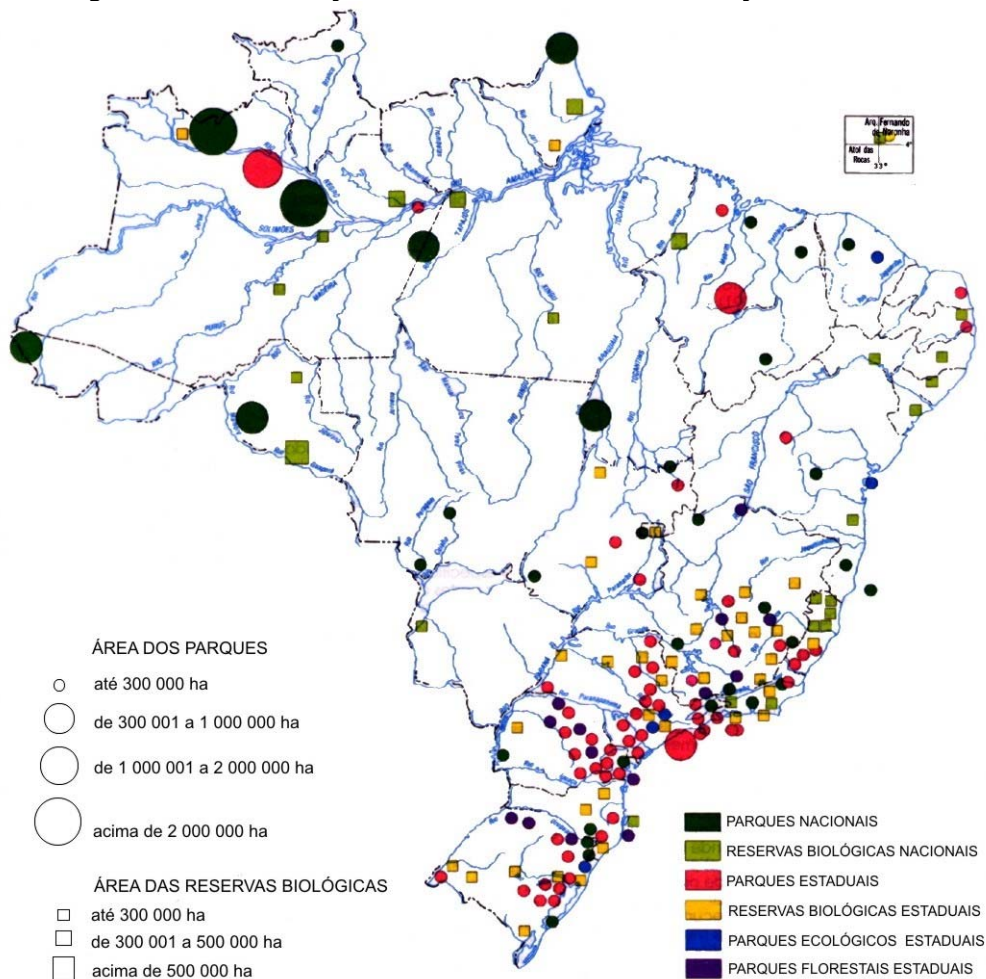
Anteriormente, buscava-se a conservação de amostras representativas de ecossistemas frente ao avanço da destruição do ambiente natural pelas exigências do desenvolvimento. Hoje, o enfoque principal é aquele da conservação da biodiversidade. A postura defensiva inicial deu lugar a um trabalho ativo no qual deve-se procurar satisfazer as necessidades da humanidade em relação aos recursos biológicos da natureza, ao mesmo tempo em que se assegure a sustentabilidade ao longo prazo da riqueza biótica da Terra.

2.4 Unidades de Conservação no Brasil

Em termos de diversidade biológica, o Brasil representa um caso ímpar no mundo. Calcula-se que cerca de um terço da biodiversidade mundial esteja concentrada nos territórios brasileiros ainda melhor conservados, em ecossistemas únicos como a floresta amazônica, a mata atlântica, os cerrados, áreas úmidas e ambientes marinhos, entre outros.

O Brasil, desde a criação dos primeiros Parques Nacionais e Estaduais, adotou uma postura conservacionista, que se mantém até hoje, dissociando o homem da natureza. A criação do primeiro parque brasileiro se deu em 1896, o Parque Estadual de São Paulo, e em 1934 a primeira unidade de conservação federal, o Parque Nacional de Itatiaia, após aprovação do Código Florestal de 1931. Hoje, 7,23% do território nacional está pontilhado por unidades de conservação federais (BRASIL, IBAMA, 2005). A Figura 2.2 ilustra a distribuição das unidades de conservação pelo território nacional.

Figura 2.2: Localização das Unidades de Conservação Brasileiras



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências. Sistema de Informação de Recursos Naturais e Meio Ambiente.

Em 1979, o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) propôs a 1ª. Etapa do Plano do Sistema de Unidades de Conservação para o Brasil, estabelecendo a Amazônia como prioridade. Também em 1979, foi oficializado o Regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros, onde se definiu a possibilidade de sete diferentes zonas, como pode ser visto no Quadro 2.2. Nenhuma dessas zonas, entretanto, responde à realidade da ocupação humana nessas unidades. As atividades contempladas no Regulamento são apenas as de lazer, pesquisa e administração, o que realmente não condiz com a situação existente (BRITO, 2003).

Quadro 2.2: Comparação entre as Zonas propostas pela UICN e Zonas propostas pelo Regulamento de Parques Nacionais Brasileiros.

Zonas propostas pela UICN (1972)	Zonas propostas pelo Regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros (1979)
Zona de Proteção Integral	Zona Intangível
Zona Primitiva ou Silvestre	Zona Primitiva
Zona de Manejo de Recursos	Zona de Uso Extensivo
Zona de Interesse Especial	Zona de Uso Especial
Zona de Interesse Histórico	Zona Histórico-Cultural
Zona de Ambiente Natural com Culturas Humanas Autóctones	Zona de Uso Intensivo
Zonas com Antigas Formas de Cultivo	Zona de Recuperação
Zona de Interesse Ecológico	

Fonte: Brito (2003).

A partir da década de 80, como resultados dos planos e regulamentos descritos no parágrafo anterior, o número de Unidades de Conservação cresceu espantosamente, com o intuito de minimizar a perda da biodiversidade e preservação das belezas cênicas existentes no território. Como consequência, entretanto, aumentaram significativamente os conflitos entre populações tradicionais residentes em áreas de conservação.

Resultado das pressões sociais, no ano de 2000, através da Lei Nº 9.985, foi instituído o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, para ordenar as áreas protegidas, nos níveis federal, estadual e municipal.

Os objetivos do SNUC, de acordo como o disposto na Lei, são os seguintes (BRASIL, IBAMA, 2000):

- Contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais;
- Proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional;
- Contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais;
- Promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais;
- Promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento;
- Proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;
- Proteger as características de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, paleontológica e cultural;
- Proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos;
- Recuperar ou restaurar ecossistemas degradados;
- Proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental;
- Valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica;
- Favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico;
- Proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente.

A consolidação do Sistema estabelece a necessária relação de complementaridade entre as diferentes categorias de Unidades de Conservação, organizando-as de acordo com seus objetivos de manejo e tipos de uso. As Unidades de Conservação segundo este sistema são divididas em

dois grupos: (i) unidades de uso indireto ou de proteção integral e (ii) unidades de uso direto ou de uso sustentado, ambas possuindo um conjunto de sub-categorias.

As Unidades de Conservação de uso indireto ou de proteção integral correspondem àquelas onde estão totalmente restringidos a exploração ou o aproveitamento dos recursos naturais, admitindo-se apenas o aproveitamento indireto dos seus benefícios. São categorias deste tipo de unidade:

- Estação Ecológica - EE
- Reserva Biológica - RB
- Parque Nacional - PN: Tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.
- Monumento Natural - MN
- Refúgio de Vida Silvestre - RVS

As Unidades de Conservação de uso direto ou de uso sustentado, por sua vez, envolvem aquelas áreas nas quais a exploração e o aproveitamento econômico direto são permitidos, mas de forma planejada e regulamentada. Suas categorias incluem:

- Área de Proteção Ambiental - APA: é uma área geralmente extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.
- Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE
- Floresta Nacional - FN
- Reserva Extrativista- REx

- Reserva de Fauna - RF
- Reserva de Desenvolvimento Sustentável - RDS
- Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN

A Tabela 2.1 apresenta o número de Unidades de Conservação federais no Brasil, divididas por tipo e categoria segundo o sistema de classificação do SNUC (BRASIL, IBAMA, 2000). As categorias Monumento Natural e Reserva de Fauna estão listadas acima, no entanto não existem Unidades de Conservação dentro destas categorias.

Tabela 2.1: Numero total de **Unidades de Conservação Federais** por tipo e categoria:

Número total de Unidades por Categoria		
Categoria	Sub-total	%
ESTAÇÃO ECOLÓGICA	30	4,40
FLORESTA NACIONAL	69	10,12
PARQUE NACIONAL	55	8,06
REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE	2	0,29
RESERVA BIOLÓGICA	27	3,96
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	1	0,15
RESERVA EXTRATIVISTA	42	6,16
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL	410	60,12
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	29	4,25
ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO	17	2,49
Total	682	100%
Número total de Unidades por Tipo		
Tipo	Sub-total	%
Proteção Integral	114	16,72
Uso Sustentável	568	83,28
Total	682	100%

Fonte: Diretoria de Ecossistemas do IBAMA (2005)

Podemos observar um grande número de RPPN, categoria responsável por 60% das UC. Esta categoria de RPPN é bastante jovem, foi implantada em 1990, e tem-se mostrado como um meio eficaz de preservação.

No entanto, se for extraída esta categoria (Tabela 2.2) e for observada a conduta federal com relação à implantação de Unidades de Conservação, podemos observar que a distribuição entre Unidades de Conservação Restritivas e as de Uso Sustentável está bastante equivalente (ver Tabela

abaixo). Deve-se notar, no entanto, que há poucos anos o cenário que estava configurado era de um número bem maior de Unidades de Conservação Restritivas, de onde se constata que se verificam avanços nas tentativas de concílio entre a necessidade de proteção dos ecossistemas com a realidade de ocupação humana observada no nosso país, e mais, da necessidade de conciliação entre estes objetivos.

Tabela 2.2: Número de Unidades de Conservação, excluindo-se as RPPN's.

Número total de Unidades por Tipo		
Tipo	Sub-total	%
Proteção Integral	114	41.91
Uso Sustentável	158	58.08
Total	272	100%

Existem muitas outras Unidades de Conservação no Brasil, estabelecidas no âmbito estadual. Só no Estado do Paraná, onde está localizado o Parque Nacional do Superagui, estudo de caso desta pesquisa, existem outras 61 Unidades de Conservação, sendo 36 de Proteção Integral (Estações Ecológicas, Parques Estaduais, Reservas Biológicas, e Reservas Florestais), e 25 de Uso Sustentável (Áreas de Proteção Ambiental, Florestas Estaduais, Hortos e Reservas Florestais e Áreas de Relevante Interesse Ecológico) (PARANÁ, SEMA, acesso online em 05/2005).

Com a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação em 2000 a discussão acerca da conservação ambiental no Brasil passou a ser mais complexa e democrática. Entretanto, até hoje ainda não se chegou a soluções concretas para diversos problemas específicos da realidade brasileira. Problemas estes relacionados com a questão fundiária, escassos recursos financeiros para a efetiva implantação dessas unidades, e especialmente a inexistência de uma política de gestão das mesmas relacionada com a região em que está inserida e com as populações residentes (BRITO, 2003). Cabe salientar que, a contragosto dos conservacionistas, populações humanas habitam 85,9% dos Parques Nacionais sul-americanos (AMEND e AMEND apud BRITO, 2003).

2.5 Comunidades Tradicionais Inseridas em Unidades de Conservação Restritivas

O modelo de área protegida de uso indireto em vigor, que não permite moradores mesmo se tratando de comunidades tradicionais presentes nas áreas há muitas gerações, parte do princípio de que toda relação entre sociedade e natureza é degradante e destruidora do mundo natural e selvagem sem que sejam feitas quaisquer distinções entre as várias formas de sociedade (a urbano-industrial, a tradicional, a indígena etc.). Essa visão romântica e transcendentalista, que tem como propositores, John Muir e Thoreau, entre outro, embasou a criação de áreas de proteção restritivas como resposta à busca da sociedade capitalista industrial pela salvação da humanidade no mundo selvagem (NUPAUB, 2000). Predominava, assim, uma visão estética da natureza.

No começo do séc. XX, os cientistas passaram a exercer importância cada vez maior na definição das áreas protegidas, sobressaindo àqueles voltados para as ciências naturais, pois, tratava-se de proteger o mundo natural da ação do homem. A própria teoria dos ecossistemas, apesar dos esforços de cientistas naturais como Odum, não escapou da tendência a considerar os humanos exteriores ao ecossistema, passando a se preocupar com áreas chamadas "naturais virgens", nas quais poderiam ser analisadas as cadeias tróficas e energéticas em seu clímax antes da intervenção humana (LARRÈRE, 1997 APUD BRASIL, MMA, 2001).

No fim dos anos sessenta, os ecologistas preservacionistas, propositores dos parques sem moradores, acharam forte aliado filosófico na emergente ecologia profunda que, com uma visão biocêntrica, afirma que a natureza deve ser preservada, independente da contribuição que possa trazer aos seres humanos. A necessidade da expansão do modelo dominante de parques nacionais e de controle da população, cujo crescimento é tido como o maior fator de destruição da natureza, passou a fazer parte do dogma da ecologia profunda, que encontrou nos Estados Unidos terreno propício para sua propagação (NUPAUB, 2000).

Outro aliado da visão preservacionista surgiu naquele mesmo país, na década de 1980: a biologia da conservação, que associa a ciência à gestão e ao manejo das áreas naturais. Utiliza, para tanto, a biologia das populações, os conceitos oriundos da biogeografia insular e as pesquisas referentes às espécies para determinar áreas de tamanho ótimo a fim de evitar a extinção dessas, em geral, no interior de áreas protegidas (NUPAUB, 2000).

A implantação de áreas protegidas na África, Ásia e América Latina, a partir das primeiras décadas do séc. XX, começou a gerar fortes conflitos sociais e culturais junto às populações locais, os quais se agravaram a partir da década de 1970, quando essas comunidades locais/ tradicionais começaram a se organizar, e, em muitos casos, passaram a resistir à expulsão ou à transferência de seus territórios ancestrais como quer o modelo preservacionista.

Alguns cientistas, na maior parte ligados tanto às ciências naturais quanto às sociais, constataram que muitas dessas áreas habitadas por populações tradicionais haviam se conservado sob cobertura florestal e com alta biodiversidade em virtude do manejo ligado ao modo de vida das comunidades, e estavam assim construindo outro tipo de ciência e prática da conservação, que pode ser chamada de ecologia social ou ecologia dos movimentos sociais.

Essa nova tendência da conservação baseia-se, por um lado, na constatação do insucesso de muitos parques nacionais e áreas protegidas de uso indireto, e por outro, em argumentos de ordem ética, política, cultural e ecológica. Sob o ponto de vista ético, considera-se injusto expulsar comunidades que vivem em áreas de florestas desde gerações passadas e são responsáveis pela qualidade dos habitats transformados em áreas protegidas, dado seu modo de vida e uso tradicional dos recursos naturais. Sob o ponto de vista político, se constatou que sem o apoio dessas comunidades, grande parte das ações conservacionistas e preservacionistas tem efeito oposto à real conservação dos habitats e dos recursos naturais, como o aumento de extração de produtos florestais ilegalmente, a exemplo do palmito, e tráfico de animais.

Além disso, o modelo preservacionista tem alto custo social e político em geral, pois adota enfoque autoritário, uma vez que as comunidades locais

não são consultadas a respeito da criação de uma área protegida restritiva sobre seu território.

À medida que aumentam os conhecimentos sobre a natureza e a cultura, tende-se a ver as paisagens como produtos da co-evolução humana e natural. Outros conceitos e metodologia revelados mais adequados ao entendimento da relação entre sociedade e natureza são o de paisagem e ecologia da paisagem. A primeira pode ser considerada um mosaico de habitats, desde os menos tocados até aqueles que sofreram intensa atividade humana. Nesse sentido, a paisagem é uma estrutura espacial que resulta da interação entre os processos naturais e as atividades humanas (LARRÉRE apud BRASIL, MMA, 2001). A ação das sociedades modela a natureza e seus diversos habitats, construindo um território. A vegetação também tem dinâmica própria, trazendo sempre traços do passado e a paisagem necessariamente se transforma. Um mosaico de habitats espelha a ação material e simbólica das comunidades que os ocuparam ao longo dos séculos. Ecólogos consideram a estrutura da paisagem importante para a manutenção dos processos ecológicos e da diversidade biológica, em particular nas áreas onde vivem comunidades tradicionais diretamente dependentes do uso dos recursos naturais. A paisagem é, portanto, fruto de uma história comum e interligada: a história humana e natural.

As noções de co-evolução e de ecologia da paisagem revelam também que tanto as sociedades quanto a natureza se transformam. Portanto, não é sobre esse enfoque que se poderia basear uma política conservacionista adequada. Algumas dessas transformações, no âmbito das sociedades urbano-industriais, podem ser extremamente prejudiciais à conservação ambiental, levando à destruição dos habitats (desmatamento, aumento de CO² na atmosfera, excessiva geração de resíduos líquidos e sólidos, consumo energético intenso, por exemplo). As comunidades tradicionais (indígenas, extrativistas, camponesas, de pescadores artesanais) também se modificam sob o efeito de dinâmicas internas e externas (alterações na estrutura fundiária, consumo de produtos industrializados), porém em ritmo mais lento. Além disso, a intensidade de seu metabolismo em relação ao consumo energético e material e geração de resíduos atmosféricos, líquidos e sólidos se dá com menor intensidade e em compatibilidade com a capacidade de

absorção/recuperação do ambiente. Sua forte dependência dos recursos naturais, sua estrutura simbólica, os sistemas de manejo desenvolvidos ao longo do tempo, e muitas vezes, seu isolamento possibilitam uma parceria nos esforços para a conservação.

Nessa parceria, os conservacionistas deveriam valorizar os aspectos positivos dessas culturas, os quais enfatizam a proteção do mundo natural, por meio de ações que levem à melhoria das condições de vida das comunidades tradicionais. Alguns exemplos nos vários continentes (COLCHESTER, 2000) têm revelado que quando é dado o apoio necessário a essas comunidades, elas são as primeiras a mostrar oposição às mineradoras, madeireiras e especuladores, em virtude dos efeitos devastadores sobre o ambiente do qual obtêm sua subsistência. Segundo Diegues (1996) esse é um dos desafios cruciais com que se defronta hoje a conservação no Terceiro Mundo.

Em alguns países, a ecologia social tem-se apoiado na etnociência em seus vários ramos (a etnobotânica, etnoictiologia, etnobiologia) em que o conhecimento das populações tradicionais é considerado importante para a conservação. Recebendo contribuições da sociolinguística, da antropologia estrutural e da cognitiva, a etnobiologia é o estudo do conhecimento e das conceituações desenvolvidas por qualquer sociedade a respeito do mundo natural e das espécies; é o estudo do papel da natureza no sistema de crenças e de adaptação do homem a determinados ambientes, enfatizando as categorias e conceitos cognitivos utilizados pelos povos em estudo (NUPAUB, 2000).

Sendo um campo relativamente novo da Ciência, a etnobiologia ainda está construindo seu método e sua teoria a respeito da maneira como os povos classificam os seres vivos, seu ambiente físico e cultural. Pressupõe-se que cada povo possua sistema único de perceber e organizar coisas, eventos e comportamentos.

No Brasil, essa nova Ciência acompanha o aparecimento e o fortalecimento do movimento dos povos indígenas, dos seringueiros e dos quilombolas com propostas concretas de áreas protegidas, como as reservas extrativistas. O mesmo ocorreu na Índia com o surgimento do movimento Chipko, e na África, com o movimento de parcerias com as comunidades

locais, para o manejo de animais selvagens, como é o caso do Campfire, no Zimbábue (BRASIL, MMA, 2001).

Trabalhos recentes do Banco Mundial (CLEAVER, 1992 apud BRASIL, MMA, 2001) também apontam na direção da desmistificação das “florestas intocadas” e para a importância das populações tradicionais na conservação da biodiversidade. Em uma publicação de 2000, da Comissão Mundial em Áreas Protegidas (World Commission on Protected Areas - WCPA) da União Internacional para Unidades de Conservação (IUCN), demonstrou-se que, de acordo com a compreensão do conceito de desenvolvimento sustentável, bem como de vários acordos e disposições, a IUCN/ WCPA e WWF (World Wild Foundation) reconheceram que:

- Áreas protegidas somente sobreviverão se foram vistas como significativas, em um sentido amplo, para a nação como um todo e em especial para as comunidades locais;
- Os direitos dos povos indígenas e tradicionais, habitantes de áreas protegidas, devem ser respeitados, através da promoção e permissão de sua total participação na coordenação dos recursos, e de forma que não afete ou invalide os objetivos das áreas protegidas desviando-a de seu plano de manejo;
- Conhecimento, inovações e práticas dos povos indígenas e comunidades tradicionais tem muito a contribuir para o manejo das áreas protegidas;
- Governos e administradores de áreas protegidas devem incorporar o direito de posse e uso dos recursos naturais, e sistemas de controle, de modo a promover a conservação da biodiversidade.

Com base nas recomendações para áreas protegidas, estabelecidas pelas políticas da WWF e IUCN sobre povos nativos (indigenous people) e conservação, e nas conclusões e recomendações do IV Congresso sobre Parques Nacionais e Áreas protegidas, que ocorreu na Venezuela, em 1992, as duas organizações, WWF e IUCN/WCPA, adotaram princípios e direcionamentos com relação aos direitos destes povos e conhecimento de sistemas, processos de orientação, acordos entre instituições de conservação,

descentralização, participação local, transparência, responsabilidade, divisão de benefícios e responsabilidade internacional.

Estes princípios são (IUCN, 2000):

Princípio 1: Populações indígenas e tradicionais têm antigas associações com a natureza e um profundo entendimento dela. Eles também tiveram grande contribuição na manutenção de muitos dos ecossistemas mais frágeis da Terra, através de suas práticas sustentáveis de uso dos recursos e de uma cultura baseada no respeito pela natureza. Então, não deve haver qualquer tipo de conflito inerente entre os objetivos das áreas protegidas e a existência, no interior ou nas bordas, de povos indígenas e tradicionais. Ainda, eles devem ser reconhecidos como parceiros no desenvolvimento e implementação de estratégias de conservação que afetem as terras, territórios, águas, mares costeiros e outros recursos, e em particular, no estabelecimento e manejo das áreas protegidas.

Princípio 2: Acordos realizados entre instituições de conservação, incluindo agências de manejo de áreas protegidas, e povos indígenas e tradicionais para o estabelecimento e manejo de áreas protegidas que afetem suas terras, territórios, águas, mares costeiros e outros recursos devem estar baseados em um total respeito pelos direitos dos povos indígenas e tradicionais do uso sustentável de suas terras, territórios, águas, mares costeiros e outros recursos. Ao mesmo tempo, tais acordos devem estar baseados no reconhecimento por estes povos de suas responsabilidades na conservação da biodiversidade, integridade ecológica e preservação dos recursos naturais nestas áreas protegidas.

Princípio 3: Os princípios de descentralização, participação, transparência e responsabilidade devem ser tomados em conta em todas as questões relativas aos interesses mútuos de áreas protegidas e povos tradicionais e indígenas.

Princípio 4: Povos tradicionais e indígenas devem ser capazes de dividir completamente e igualmente os benefícios associados com áreas protegidas, com o reconhecimento aos direitos de outros legítimos usuários.

Princípio 5: Os direitos de povos indígenas e tradicionais em conexão com áreas protegidas deveriam ser uma responsabilidade internacional, assim

como acontece com muitas das terras, territórios, águas e mares costeiros e outros recursos que ocupem ou usem fronteiras internacionais, como fazem muitos dos ecossistemas com necessidade de proteção.

2.6 Conclusões

Populações humanas podem potencialmente causar sérios danos ao ambiente natural. Entretanto, a produção de impacto ambiental por populações humanas depende essencialmente do tipo da sociedade. Muitas comunidades tradicionais, em função de sua relação com o território e suas práticas de manejo dos recursos naturais, indicam a compatibilidade de sua permanência geográfica com os objetivos de preservação da biodiversidade.

Se por um lado as rigorosas restrições da legislação ambiental de parques nacionais potencialmente contribuem para a preservação do ambiente natural, por outro, comprometem seriamente a preservação de culturas e estruturas sociais que co-existiam em relativo equilíbrio ambiental.

As divergências nas discussões sobre a presença ou não de populações no interior de áreas protegidas fortalecem-se com a carência de diagnósticos sobre as mudanças que as comunidades tradicionais estão passando e gerando na região a que pertencem.

O próximo capítulo trata dos fundamentos da abordagem metodológica utilizada nesta pesquisa para melhor compreender os processos sofridos e gerados por comunidades tradicionais em áreas de conservação, assim como para avaliar alguns instrumentos legais de preservação ambiental.

CAPÍTULO 3

SISTEMAS DE MODELAGEM DE MUDANÇAS DE USO DO SOLO

3.1 Introdução

Modelos de mudança de uso do solo são artifícios científicos com estrutura matemática e computacional para apoio ao Planejamento e Gestão Urbana e Regional. Permitem a análise dos condicionantes e das conseqüências da dinâmica dos usos do solo, e quando cenários são utilizados, podem ainda dar suporte ao estabelecimento de políticas e ações de planejamento.

Expansão das áreas residenciais sobre áreas de florestas, conversão de florestas em áreas agrícolas ou pastagem, fragmentação de áreas de vegetação natural, são alguns exemplos, entre outros, de mudanças de usos do solo que podem ocorrer em função das populações humanas em regiões com Unidades de Conservação. O potencial do impacto adverso dessas transformações depende de sua escala, extensão, padrão espacial e das dinâmicas relações entre os usos do solo.

Este capítulo tem o objetivo de justificar e fundamentar a escolha do tratamento metodológico da pesquisa, ou seja o uso de modelagem de mudanças de uso do solo para melhor compreender os processos sofridos e gerados por comunidades tradicionais em áreas de conservação, assim como para avaliar alguns instrumentos legais de preservação ambiental.

A Seção 3.2 introduz e fundamenta conceitos relacionados a mudanças de uso do solo, seus processo e implicações. A Seção 3.3 aborda o uso de técnicas de Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas como instrumento para caracterização de padrões de usos do solo. A seguir a Seção

3.4 trata do uso de modelos para análise de processos de mudanças de uso do solo. Discorre sobre avanços recentes na área de modelagem de processos espaço-temporais, com ênfase em modelos baseados em autômatos celulares e sua integração com Sistemas de Informações Geográficas. Apresenta algumas aplicações de modelos de mudança de usos do solo presentes na literatura atual. A Seção 3.5 conclui o capítulo.

3.2 Mudanças de Uso do Solo

Mudanças de uso do solo referem-se a alterações no padrão de ocupação e /ou cobertura de parcelas do espaço geográfico. A cobertura do solo é descrita pelo estado biofísico da superfície. Floresta, mangue e mar são exemplos de coberturas do solo. A ocupação do solo, por sua vez, envolve a maneira como os atributos biofísicos do solo são manipulados e utilizados pelos seres humanos. Áreas residenciais e de agricultura são exemplos de ocupações do solo. Mudanças na ocupação do solo geralmente resultam em conseqüentes alterações na cobertura do solo; no entanto, podem ocorrer modificações na cobertura sem que signifique alterações na sua ocupação, e vice-versa.

Neste trabalho, o termo 'Mudanças de Uso do Solo' é utilizado abrangendo tanto as mudanças de cobertura do solo quanto as mudanças de ocupação do solo.

A análise de mudanças nos padrões de uso do solo tem despertado interesse em virtude do acelerado processo de transformações das últimas décadas, especialmente a intensa e progressiva urbanização mundial, e pelos potenciais impactos ambientais e socioeconômicos que essas mudanças estão trazendo, desde o nível local até o global.

No nível global, destacam-se os estudos que inter-relacionam os padrões de uso do solo com o aquecimento global, a diminuição da camada de ozônio e o aumento no nível do mar. São também preocupações a nível global os processos de desertificação, perda de biodiversidade e destruição de habitats, assim como questões mais socioeconômicas como a disponibilidade de água e alimentos para uma crescente população mundial.

No nível regional, as principais questões relacionadas aos padrões de usos do solo e suas transformações são a poluição do ar e água, degradação do solo, desertificação, eutrofização de corpos d'água, acidificação e perda de biodiversidade.

No nível local podem ser citados os problemas de erosão, sedimentação, contaminação e extinção de espécies, e em termos socioeconômicos destacam-se as estruturas de emprego, produtividade da terra, qualidade de vida etc.

Os processos de mudança de uso do solo e seus impactos têm sido observados e analisados por diferentes disciplinas (Ecologia da Paisagem, Economia, Planejamento Urbano etc.) e em diferentes escalas (local, regional e global) (AGUIAR, 2003). Preocupações com a sustentabilidade do desenvolvimento acelerado que vivemos e com a equidade entre as questões sociais, econômicas e ambientais, tem levado os pesquisadores a buscar:

- entender os processos de mudanças de uso do solo e seus principais fatores determinantes;
- diagnosticar regiões de maior incidência de mudanças de uso do solo e projetar áreas de risco a curto e médio prazo;
- prever a intensidade e /ou a localização das mudanças a médio e longo prazo;
- analisar os impactos de tais mudanças.

A implantação de áreas de proteção ambiental, como descrito no capítulo anterior, tem como principal finalidade evitar ou minimizar alterações de uso do solo que venham a comprometer a qualidade de ambientes naturais importantes para gerações atuais e futuras.

A política predominante de conservação ambiental considera que populações humanas potencialmente causam sérios danos ao ambiente natural e, por isto, utilizam rigorosas restrições à existência /permanência de assentamentos humanos dentro de áreas de preservação. Exemplos de possíveis mudanças de usos do solo causados por intervenção humana sobre o ambiente natural incluem desflorestamento por exploração de madeira ou por expansão de áreas agrícolas, entre outros. Entretanto, a produção de impacto

ambiental por populações humanas depende essencialmente do tipo da sociedade. Muitas comunidades tradicionais, em função de sua relação com o território e suas práticas de manejo dos recursos naturais, indicam a compatibilidade de sua permanência geográfica com os objetivos de preservação da biodiversidade.

A presente pesquisa pretende utilizar a análise de mudanças de uso do solo em regiões de interesse ambiental a fim de melhor compreender os processos ocorridos nestas regiões, bem como estudar as conseqüências da utilização de diferentes políticas conservacionistas. A Seção a seguir aborda o uso do Geoprocessamento como ferramenta para a caracterização de padrões de uso do solo. Posteriormente, o uso de modelos como instrumento de análise de processos de mudanças de usos do solo será abordado.

3.3 Geoprocessamento como Instrumento de Caracterização de Padrões de Uso do Solo

Geoprocessamento consiste em um conjunto de teorias e tecnologias da Ciência de Geoinformação voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais e processos geográficos para um objetivo específico.

A Ciência de Geoinformação é multidisciplinar e possui contribuições de muitas áreas, tais como a Cartografia, Informática, Sensoriamento Remoto, Computação Gráfica, Estatística e Gerenciamento de Bancos de Dados.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são um dos principais desenvolvimentos no campo do Geoprocessamento de dados, tendo em vista que se constitui em um ambiente computacional (softwares) de implementação de diversas operações de Geoprocessamento. Um SIG consiste basicamente em um conjunto integrado de instrumentos para acessar, armazenar, processar, manipular, transformar e visualizar uma grande quantidade de dados espaciais do mundo real de acordo com uma questão particular definida pelo usuário (BURROUGH, 1998). O SIG pode ser considerado como sendo um modelo de representação do mundo real e, ao ser implementado, oferece alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico.

Burrough (1998) descreve várias vantagens na utilização da cartografia digital desenvolvida em um SIG, entre elas: a confecção mais rápida e mais barata de mapas; a confecção de mapas para usos específicos; permite experimentar diferentes representações gráficas para um mesmo dado; facilita a análise de dados que demandam interação entre análise estatística e mapeamento; a capacidade de armazenamento de informações minimiza os efeitos de classificação e generalização sobre a qualidade dos dados e o processo de recuperação; e a atualização das informações é mais fácil.

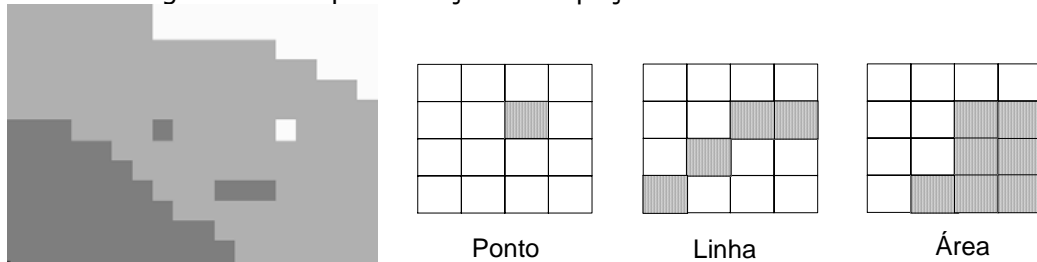
3.3.1 Estrutura de Dados em SIG

Os dados geográficos caracterizam-se pelo fato de incluírem necessariamente informações sobre posição geográfica (coordenadas espaciais ou geométricas), atributos (propriedades, como por exemplo classe de uso do solo), e relações topológicas (tais como proximidade, distância, adjacência). Assim, os dados geográficos ou espaciais representam fenômenos do mundo real em termos de: sua posição com respeito a um sistema de coordenadas conhecido; seus atributos que estão associados com sua posição, e suas inter-relações espaciais que descrevem como os atributos estão conectados.

Existem essencialmente duas formas de representar espacialmente uma informação nos Sistemas de Informações Geográficas: estruturas raster e vetorial.

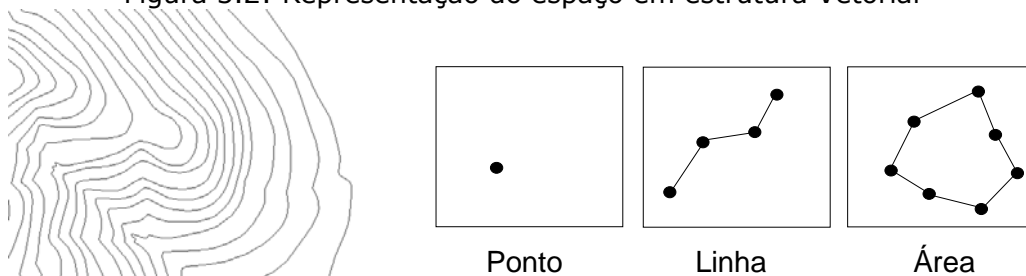
A estrutura raster representa uma superfície de forma discreta, através de um conjunto ordenado de células, sendo cada célula referenciada pela linha e coluna que a contém e um número que representa o tipo ou valor de seu atributo. Um atributo é um valor para uma dada variável ou propriedade geográfica. Nessa estrutura, um ponto é representado por uma única célula da grade; uma linha é representada por um conjunto de células vizinhas, alinhadas em uma dada direção e, por fim, uma área, ou região, é representada por um aglomerado de células vizinhas. A Figura 3.1 ilustra a representação do espaço em estrutura raster.

Figura 3.1: Representação do espaço em estrutura raster



A representação vetorial de um objeto espacial pode ser descrita pelas entidades espaciais ponto, linha e região, e assim, ao contrário da estrutura raster, assume o espaço como contínuo, permitindo que todas as posições, distâncias e dimensões sejam definidas precisamente (Figura 3.2).

Figura 3.2: Representação do espaço em estrutura Vetorial



Os dados raster e vetorial podem ser trabalhados conjuntamente, tendo em vista que os Sistemas de Informação Geográfica possuem recursos para a conversão entre esses tipos de dados. A escolha de um ou outro tipo de estrutura de dado depende do objetivo da sua utilização. A estrutura vetorial dá maior precisão em cálculos de área e distância e permite que diversas informações sejam associadas a um objeto geográfico. A estrutura raster, por sua vez, permite apenas um atributo numérico associado a cada parcela espacial (célula ou pixel), mas permite que informações de diversos mapas em raster sejam integrados matematicamente ou estatisticamente através de operações de álgebra de mapas.

3.4 Modelos para Processos de Mudanças de Usos do Solo

3.4.1 SIG e Modelos de Autômatos Celulares

Vimos na Seção anterior como caracterizar padrões de uso do solo para uma dada localidade em um dado momento do tempo. É objeto desta

dissertação, entretanto, analisar o processo de mudança de usos do solo ao longo do tempo.

O SIG em sua formulação original é essencialmente um sistema estático, de análise de estados. Entretanto, desenvolvimentos mais recentes buscam transformar estes sistemas em ferramentas capazes de desenvolver representações realistas de processos espaço-temporais, ou seja, processos de mudanças de características geográficas ao longo do tempo. Um dos principais desenvolvimentos neste sentido tem sido a integração do SIG a modelos dinâmicos do tipo Autômato Celular (AC) (WAGNER, 1997).

Essa integração se deve principalmente à compatibilidade de representação espacial dos dois modelos: a estrutura raster do SIG e o espaço celular do AC (COUCLELIS, 1997). O AC provê a dinamicidade da análise espacial, enquanto que o SIG disponibiliza suas diversas funcionalidades tanto para a produção de dados para o AC, quanto para a análise e pós-processamento dos resultados de simulações em AC.



Um autômato celular consiste em um sistema dinâmico e discreto cujo comportamento é completamente determinado em termos de relações locais (BATTY E XIE, 1997). Um modelo AC representa o espaço na forma de uma malha, com linhas e colunas. Nesta malha, cada célula pode possuir somente um estado por vez, de uma série de estados que definem os atributos do sistema. Este estado pode mudar ao longo do tempo. A transformação de estado de uma célula é função da situação dos estados das células na vizinhança. Esta função é chamada de regra de transição.

A Figura 3.3 apresenta os principais componentes de um autômato celular genérico e ilustra o processo de transição ocorrido nele. Primeiro é apresentado um estado inicial, que consiste na distribuição espacial de estados de células (no caso, 'vazio' ou 'ocupado') através de um espaço celular em um tempo inicial (t). Depois é apresentado o estado global para duas seqüências de tempo ($t+1$ e $t+2$). Estas seqüências são o resultado da aplicação da regra de transição no espaço celular. O autômato celular analisa a vizinhança de cada célula 'vazia', e de acordo com a regra, se existirem três ou mais células 'vazias' na vizinhança, a célula central é convertida de 'vazia' para 'ocupada', do contrário, ela permanece 'vazia'. Uma simulação é finalizada quando todas

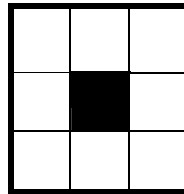
as células são analisadas e as conversões apropriadas ocorreram. Então um novo estado global torna-se a base para aproxima simulação (LEÃO, 2002).

Figura 3.3: Componentes e processo de transição de um autômato celular genérico

Estados das células

	1	Vazio
	2	Ocupado

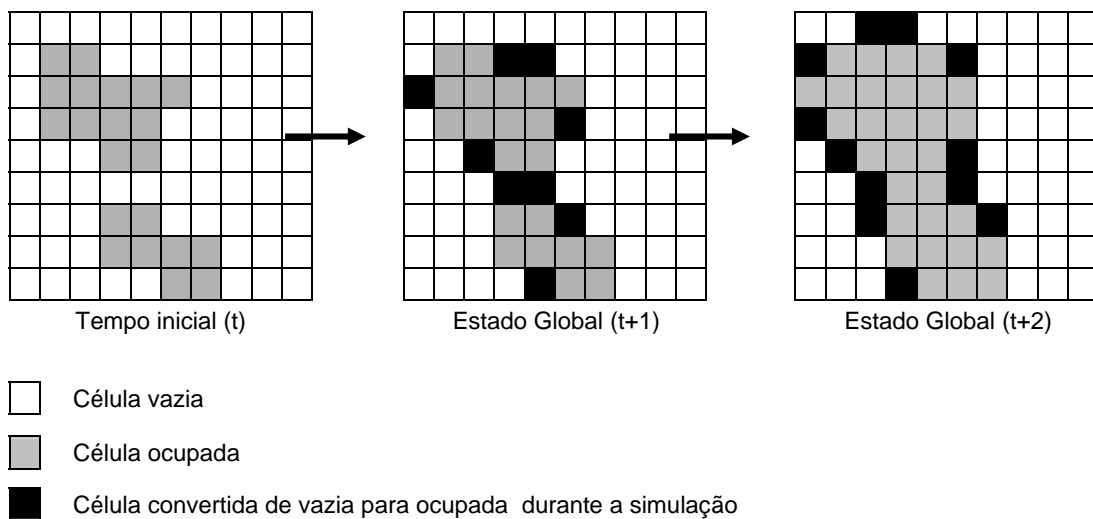
Vizinhança (3x3)



Regra de transição

Se existirem três ou mais células com estado "ocupadas" na vizinhança de uma célula central com estado "vazio", esta célula central tornar-se-á "ocupada" no próximo período; caso contrário, ela permanecerá "vazia".

Processo de simulação



Fonte : Leão (2002).

São diversas as áreas de aplicações de modelos integrados SIG-AC para Planejamento Territorial e Ambiental. Alguns exemplos incluem o estudo e simulação de incêndios florestais (CLARKE et al., 1994), conservação de áreas agrícolas (LI e XIE, 2000), expansão urbana (CLARKE e GAYDOS, 1998), impactos geográficos de mudanças climáticas (WHITE e ENGELEN, 1997; ENGELEN et al., 1997), desflorestamento por expansão agrícola (SOEPBOER, 2001) e mudanças de usos do solo intra-urbanos (ALMEIDA et al., 2003). Uma característica comum desses estudos é que todos avaliam as mudanças de

usos do solo nas regiões de análise e seus impactos com relação a interesses específicos.

Três estudos citados acima foram selecionados e são apresentados a seguir em detalhes. A seleção destes estudos, entre outros existentes, deve-se ao fato de sua relação com a temática desta dissertação, ou seja, a relação entre alterações de uso do solo e impactos sobre o ambiente natural de interesse ambiental, e/ou a relevância da metodologia.

3.4.2 Modelo SimLucia

O modelo SimLucia foi desenvolvido por White e Engelen (WHITE e ENGELEN, 1997; ENGELEN et al., 1997) como parte de um projeto do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente relacionado às alterações globais do clima. O principal objetivo do modelo era explorar através de modelagem e simulação computacional os impactos geográficos locais potenciais produzidos pelo processo global de mudança do clima. Este projeto buscava integrar um processo global e sua manifestação local.

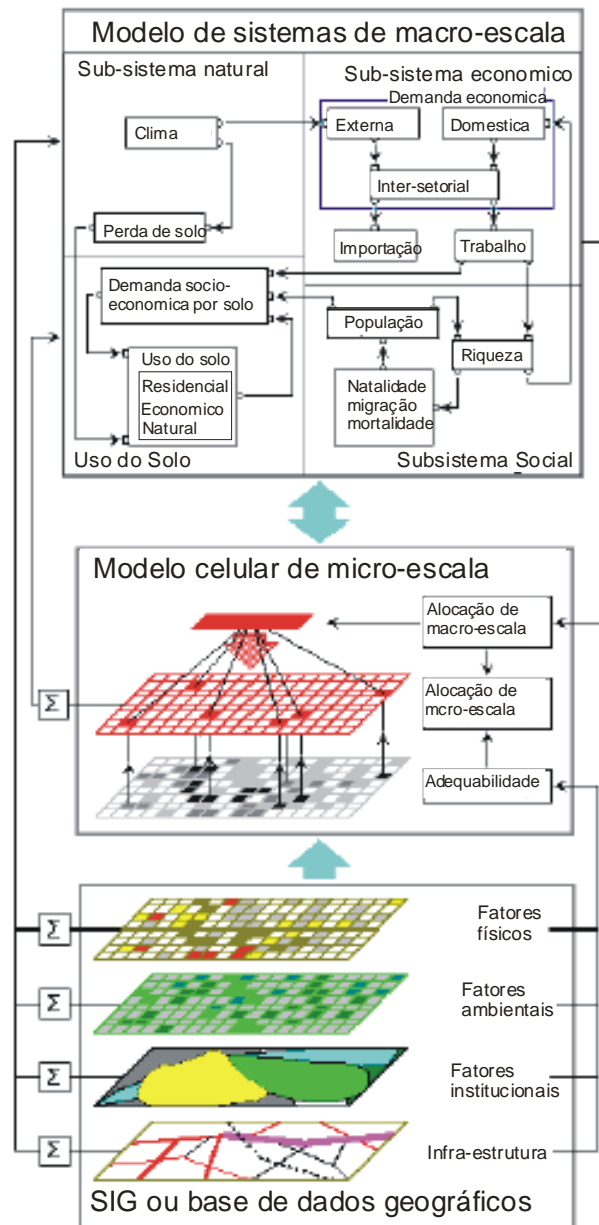
A área de estudo, ilha de Santa Lucia, representa uma típica ilha tropical do Caribe. Os níveis global e local são inter-relacionados por processos econômicos, sociodemográficos e geográficos.

Em nível global (macro-escala), o subsistema natural consiste em uma série de relações que expressam a mudança ao longo do tempo da temperatura e nível do mar, e os efeitos destes na precipitação, frequência de tempestades e demandas externas de produtos e serviços de fora de Santa Lucia. O subsistema social descreve a demografia e o bem estar social da sua população. E a economia de Santa Lucia é modelada através de um modelo de *input-output* agregado, que funciona conjuntamente com os subsistemas natural e social.

O nível local do modelo (micro-escala), representado pelo subsistema Uso do Solo, é responsável pela alocação dos diversos usos do solo presentes na ilha. Esse submodelo localiza geograficamente as demandas dos diversos usos do solo de acordo com a situação econômica social da área de estudo, definidos pelos submodelos globais. Consiste em um modelo baseado em autômato celular que considera a distribuição atual dos usos do solo, a

adequação locacional para cada uso, assim como efeitos de complementaridade /incompatibilidade entre usos na vizinhança. A estrutura do modelo SimLucia é apresentada na Figura 3.4.

Figura 3.4: Estrutura do Modelo SimLucia



Fonte: Engelen et al (1997).

O módulo de uso do solo do modelo SimLucia considera quatorze categorias de uso do solo, sendo seis classes de cobertura do solo (mar, praias, mangues, florestas, reserva florestal e campo) e oito classes de ocupação humana do solo (agricultura, indústria e mineração, comércio e serviços, turismo, residencial urbano, residencial rural, porto e aeroporto,

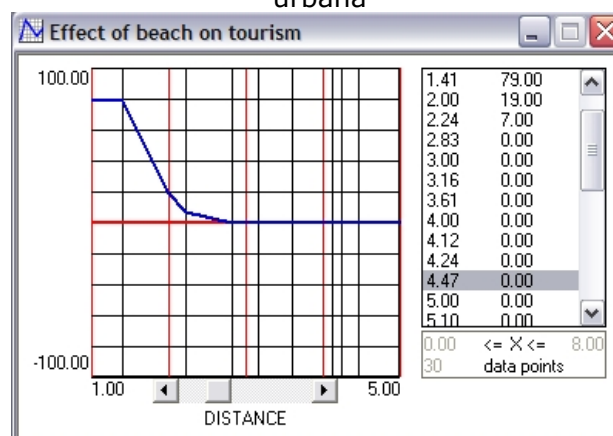
estradas). Essas categorias de uso do solo representam os 'estados' das células da malha que forma a área de estudo.

Um conjunto de 'regras de transição' coordenam o processo de mudança de usos do solo na ilha ao longo do tempo. O modelo utiliza uma vizinhança circular com raio de seis células no entorno da célula central. Essas regras são baseadas em:

a) Adequação locacional para cada uso do solo: mapas com atributos entre 0 e 1 informando quais células são mais ou menos adequadas para um determinado uso do solo. Por exemplo, áreas mais adequadas para uso residencial estarão em sítios próximos de áreas previamente urbanizadas, próximas de estradas e com declividade baixa.

b) Relações de complementaridade / incompatibilidade entre usos do solo na vizinhança: o modelo utiliza gráficos que descrevem a influência de todos os usos do solo sobre os demais ao longo da distância da vizinhança (raio de seis células). A influência da praia sobre a localização de atividades turísticas é mostrada na Figura 3.5. A função apresentada no gráfico abaixo indica que a proximidade de praias tem grande efeito positivo sobre a localização de atividades turísticas. Esse efeito, porém, decai exponencialmente com a distância.

Figura 3.5: SimLucia: Influência do comércio e serviços sobre a localização residencial urbana

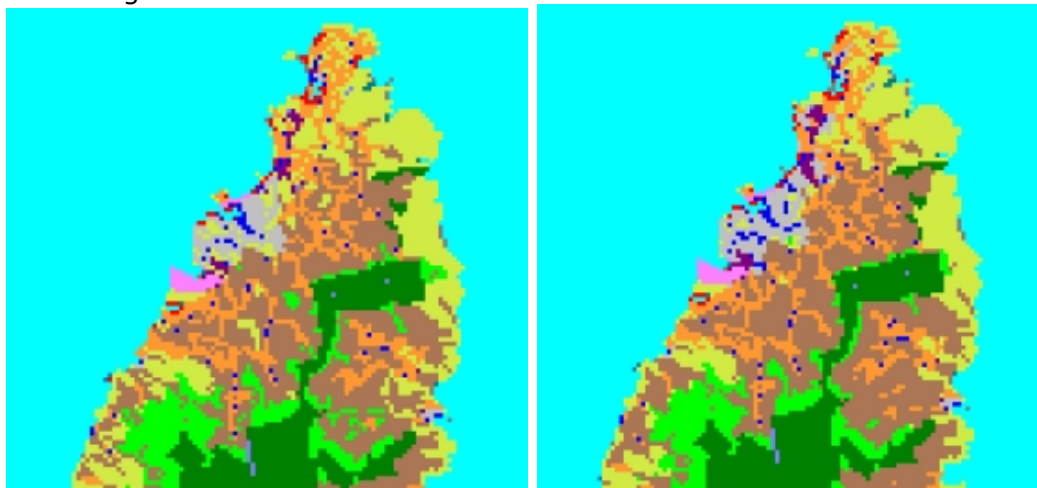


Fonte: Engelen et al (1997).

A simulação do modelo produz padrões de uso do solo para cada ano para um período de 40 anos, do presente ao futuro. A Figura 3.6 ilustra os padrões de uso do solo na ilha de Santa Lucia para o ano 0 (início da simulação) e ano 40 (final da simulação), respectivamente. Houve uma

pequena expansão da área urbana (em cinza) e do comércio e serviços (em azul) sobre a área agrícola e de floresta em decorrência do aumento populacional causado pelo crescimento da economia e conseqüente crescimento demográfico na ilha. Os mapas em raster neste estudo têm uma resolução espacial de 250 x 250 metros.

Figura 3.6: SimLucia: Padrões de uso do solo simulados



Fonte: Modelo SimLucia.

A simulação indica ainda uma forte concentração de atividades na zona costeira da ilha, que resulta em conflitos de interesse e competição pelo espaço, e causa danos potenciais ao frágil ecossistema marinho/terrestre presente nesta área.

Este modelo traz muitas contribuições ao estudo das mudanças de usos do solo em regiões de interesse ambiental. Relaciona explicitamente atividades humanas e seus reflexos sobre o meio ambiente, combinando diferentes escalas de análise. Além disso, em termos metodológicos, faz uso de recentes avanços no campo da modelagem dinâmica, utilizando um modelo de autômatos celulares para a alocação da distribuição de usos do solo.

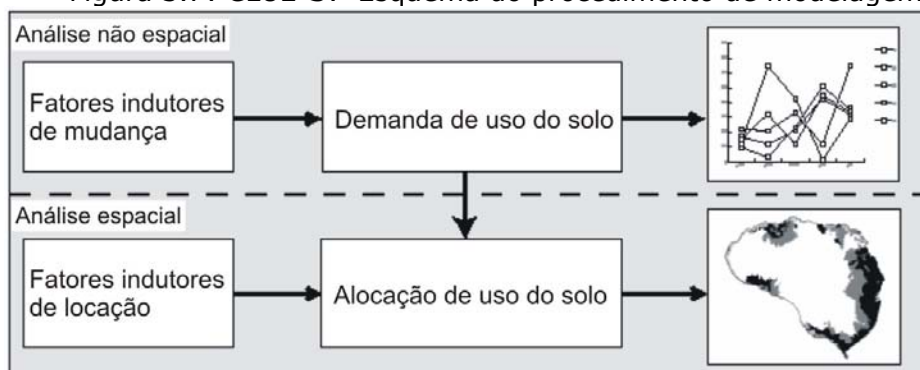
A principal limitação do modelo SimLucia está na sua demasiada demanda de dados, não disponíveis no nível de detalhamento exigido na maioria das localidades. A simulação em Santa Lucia exigiu o uso de diversas suposições e estimativas na carência de dados para calibração real. Além disso, apesar do modelo estar disponível para acesso gratuito via Web, ele permite apenas que o usuário faça variações sobre a base de dados do estudo de caso da ilha de Santa Lucia. Não permite a inclusão de dados de outras áreas de estudo.

3.4.3 Modelo CLUE-S

O modelo CLUE-S ("Conversion of Land Use and its Effects" – Conversão de usos do solo e seus efeitos), desenvolvido na Universidade de Wageningen, Holanda, objetiva fazer uma descrição quantitativa, multi-escalar, e explícita das mudanças de uso do solo, através da determinação e quantificação das tendências biogeofísicas e humanas mais relevantes. Os resultados desta análise são incorporados em um modelo dinâmico, que descreve mudanças na área de diferentes tipos de uso do solo. O modelo foi aplicado para analisar mudanças de usos do solo em vários países, como Filipinas (SOEPBOER, 2001), Equador, Costa Rica, Java e China (<http://www.dow.wau.nl/clue/>).

De acordo com Verburg (2003), o modelo pode ser dividido em dois módulos distintos, chamados de módulo de demanda não-espacial, e procedimento de alocação explícita espacialmente. A Figura 3.7 apresenta o esquema do procedimento de modelagem do CLUE-S.

Figura 3.7: CLUE-S: Esquema do procedimento de modelagem



Fonte: Verburg, 2003.

O módulo não espacial calcula a mudança de área para todos os tipos de uso do solo em nível agregado. Diferentes especificações de modelos são possíveis para o cálculo da demanda de área para os diferentes usos do solo em estudo, indo desde simples tendências extrapolativas a modelos econômicos complexos. Os resultados do módulo de demanda devem especificar a área coberta pelos diferentes tipos de uso do solo ao longo do tempo, que são os dados de *input* do módulo de alocação.

Dentro de uma segunda parte deste modelo, as demandas são transformadas em mudanças de uso do solo para diferentes locações, dentro de uma região em estudo usando um sistema baseado em raster. A alocação é

baseada em uma combinação de análise espacial e empírica, e de modelagem dinâmica. A informação é subdividida em quatro categorias que juntas criam uma série de condições e possibilidades, para as quais o modelo calcula a melhor solução em um procedimento iterativo. As etapas deste procedimento são: restrições e políticas espaciais, cenários de conversão específica de tipos de uso do solo, demandas de uso do solo e características locais. Com exceção das demandas de uso do solo, todos os demais dados consistem em mapas raster produzidos em um SIG.

Será apresentada nesta Seção a aplicação do modelo CLUE-S nas Ilhas Sibuyan, nas Filipinas, desenvolvida por Soepboer (2001). Esta ilha possui 456 km², e em seu interior está localizado o Parque Natural Montanha Guiting Guiting, e caracteriza-se por montanhas de escarpa, cobertas por florestas. As terras ao redor das montanhas inclinam-se em direção ao mar e são usadas para florestas cultivadas e naturais, agricultura, mineração e atividades residenciais. A população, em sua maioria, reside nos 5 km que margeiam as encostas. A pressão do crescimento populacional força cada vez um número maior de pessoas a viverem nas encostas das montanhas.

Até meados dos anos 40, a ilha estava praticamente coberta por florestas. Desde então, a floresta tem dado espaço para pastagens, onde regularmente é praticada a coivara, queimadas como meio de estímulo para o crescimento de nova cobertura. A modelagem das mudanças de uso do solo nesta ilha teve como objetivo estudar se o Parque Natural Montanha Guiting Guiting, que irá enfrentar um aumento da pressão da agricultura no futuro, e explorara estratégias para a preservação dos recursos naturais da Ilha.

Uma pesquisa de uso do solo realizada na ilha em 1997 resultou em um mapa com quinze classes de uso do solo. Estas classes foram posteriormente agregadas em cinco classes: plantações de arroz, plantações de côco, campo, floresta e outros usos.

O módulo espacial do modelo utiliza análise estatística para definir que fatores e em que medida afetam a definição da localização de usos do solo. Neste estudo, foram selecionadas dez variáveis que influenciam a localização de usos do solo: densidade populacional, geologia, erosão, altitude, declividade, posição relativa, distância de estradas, distância de cidades, distância de rios e distância do mar. Cada uma dessas variáveis é mapeada

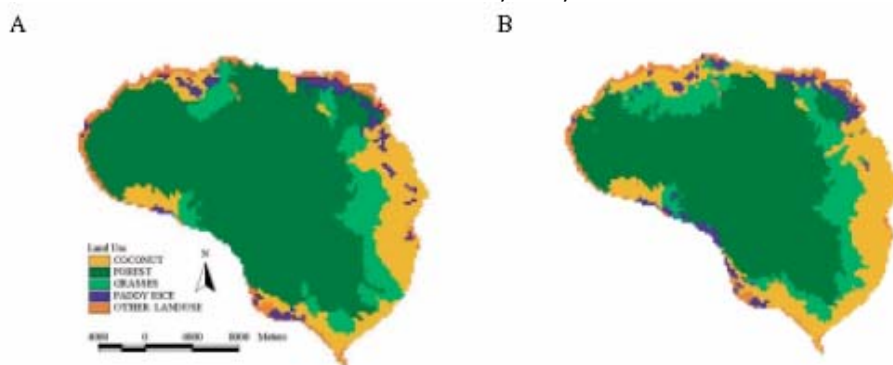
em um formato raster e depois sua influência sobre a localização dos diversos usos do solo é analisada ao longo de uma área de vizinhança. Equações estatísticas representam a existência e extensão da influência das variáveis para cada uso do solo. Essas equações são utilizadas para simulação de processos de mudança de usos do solo.

No cenário base da simulação, é assumido que a Ilha foi aberta em 1940 e teve um desenvolvimento linear que ocorreu até 1997. Posteriormente, um cenário é feito para o período de 1997 a 2012, seguindo as tendências de crescimento do período anterior.

Durante as simulações fica claro que os resultados com direções estáveis ganharam um comportamento modelo realístico o suficiente para ser comparado a outras simulações também.

A Figura 3.8 apresenta a distribuição de usos do solo na ilha no ano de 1997, e a simulação, para o ano de 2012. O modelo prevê desenvolvimentos futuros ao longo do sopé da montanha. Somente o lado oeste da Ilha fica livre de agricultura. Ao norte, pastagens e plantações de coco estão se expandindo em direção a oeste. As plantações de arroz estão concentradas em três partes da Ilha. Novos desenvolvimentos de agricultura ocorrem somente em áreas de florestas no norte e no oeste. Os mapas raster utilizados neste estudo tem resolução espacial de 250 x 250 metros.

Figura 3.8: A mostra o uso do solo em 1997, e B, o uso do solo simulado em 2012.



Fonte: <http://www.dow.wau.nl/clue/>

Ao final da pesquisa ressalta-se que: (i) a análise da performance do modelo demonstra que este é capaz de apreender que o comportamento complexo, as mudanças complexas nas demandas, as diferentes regras de transição e fatores indutores dinâmicos causam diferentes desenvolvimentos de padrões; (ii) o módulo de demanda não espacial e o módulo de alocação

demonstram, integrando a análise espacial da área de estudo e regras de decisão aplicadas, uma interconectividade entre diferentes localidades; (iii) a informação espacialmente explícita que o modelo gera, oferece a possibilidade para o acesso aos efeitos de mudanças nos usos de solo nas questões econômica, social e ambiental.

O modelo CLUE-S pode ser obtido via *web*, contendo também material de apoio para sua execução. O modelo possui alguns aspectos que devem ser considerados antes de sua aplicação, como por exemplo a grande quantidade de dados requerida, e em uma formatação bem específica, o que leva a um tempo de preparo considerável de base de dados. Além disso, por trabalhar com módulos independentes, são exigidas diversas conversões de formatos. O modelo, se não trabalhado com dados de *inputs* dinâmicos nas funções estatísticas, como mapas de ano a ano de densidade populacional, por exemplo, e que são muito difíceis de serem adquiridos, vê seu desempenho comprometido, pois produz tão somente um cenário futuro imediato, faltando iteratividade para que este novo cenário seja lido pelo sistema e automaticamente retro-alimentado, produzindo um novo estado futuro, desta forma onerando em muito o trabalho do pesquisador, que precisa manipular a base de dados geográficos a cada rodada.

3.4.4 Modelo Dinâmica

O estudo apresentado nesta Seção integra de forma remota um SIG e um modelo AC para análise e simulação de mudanças de uso do solo dentro de uma área urbana. Os dois sistemas, de desenvolvimento nacional e acesso gratuito, consistem no SIG Spring, desenvolvido pelo INPE, e a plataforma AC Dinâmica, desenvolvida pela UFMG.

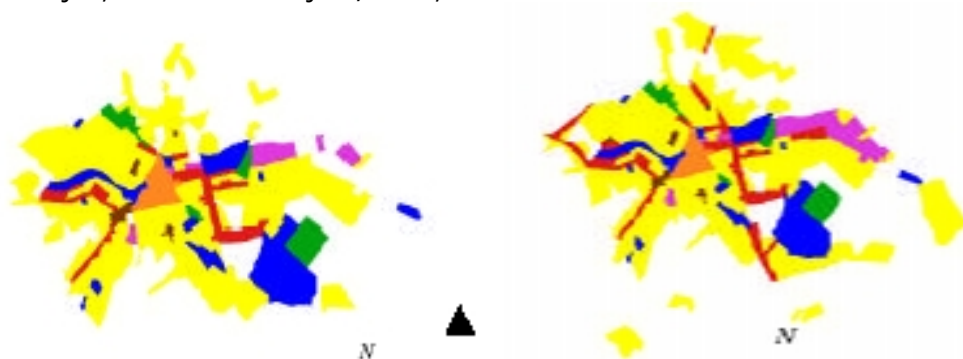
O principal objetivo deste estudo é explorar os condicionantes da transição entre usos do solo através da técnica estatística de regressão logística e posteriormente aplicar o resultado deste processo para a simulação de padrões de mudanças de uso do solo em um modelo AC (ALMEIDA et al., 2003).

A área de estudo, a cidade de Bauru, localizada no oeste do estado de São Paulo, tem tido um intenso e progressivo aumento populacional, implicando em mudanças significativas de usos do solo. O estudo considerou

oito classes de uso do solo: residencial, comercial, industrial, serviços, institucional, uso misto, recreação/lazer e não-urbano (integrando floresta, campo, água, agricultura, etc).

Mapas para os anos de 1979 e 1988 foram produzidos utilizando o SIG SPRING com as categorias de usos do solo citadas acima. Análise de imagens de satélite e mapas da prefeitura foram utilizados para produção dos mapas apresentados na Figura 3.9.

Figura 3.9: Usos do solo em Bauru/SP, em 1979 e 1988. Amarelo: residencial, laranja: centro de comércio, azul: institucional, roxo: industrial, vermelho: corredor de serviços, verde: recreação /lazer, marrom: uso misto e branco: não urbano.

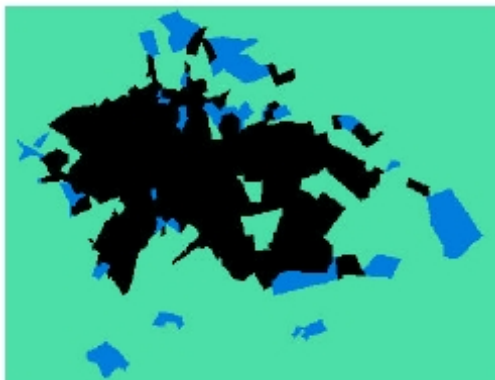


Fonte: Almeida et al (2003).

A regressão logística é utilizada quando a variável que está sendo analisada é do tipo dicotômica, ou seja, recebe valor binário 0 ou 1. Este é o caso de transições de uso do solo, quando um uso possui duas alternativas no momento da transição: permanecer com seu uso atual ou transformar-se em outro uso (GARSON, 2002).

A Figura 3.10 apresenta um mapa com a localização das áreas que não eram urbanizadas em 1979 e que se tornaram residenciais em 1988.

Figura 3.10: Transição de uso do solo em Bauru/SP – Azul escuro: áreas não urbanizadas em 1979 e convertidas em uso residencial em 1988.



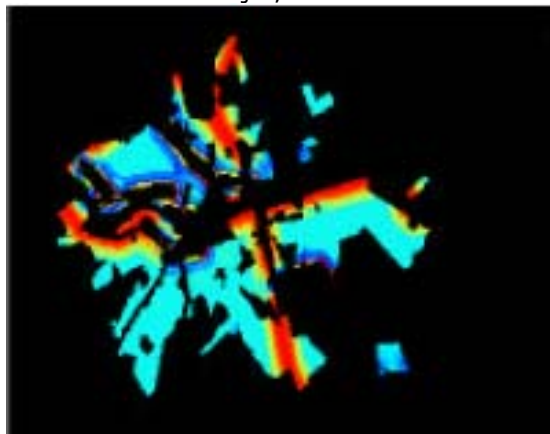
Fonte: Almeida et al., 2003.

O processo de regressão logística envolve avaliar as características geográficas dos sítios onde ocorreram transições específicas de uso do solo a fim de se obter uma avaliação estatística, através de uma função binomial, de quais são os fatores influentes e em que medida essa influência ocorre. O resultado deste processo é uma equação logística para cada uso do solo, assim como mapas das probabilidades de transição para cada uso do solo.

Doze variáveis explicativas para as transições foram selecionadas no estudo desenvolvido em Bauru: existência de abastecimento de água, densidade de ocupação, existência de moradia social, distância do centro de comércio, distância de zonas industriais, distância de zonas residenciais, distância de assentamentos residenciais periféricos, distância de uso institucional, distância das principais vias de circulação, distância de eixos de serviços, distância de vias planejadas, distância de vias periféricas. Para cada uma dessas variáveis, um mapa foi produzido em SIG indicando sua distribuição sobre o espaço geográfico na área de estudo.

A aplicação da análise de regressão logística, no modelo de simulação Dinâmica, em Bauru para as diversas transições de uso do solo e análise da influência das doze variáveis explicativas gerou mapas de probabilidade de transição para cada uso do solo. A Figura 3.11 mostra o mapa de probabilidade de transição para o uso do solo 'Corredores de Serviços'; as áreas vermelhas indicam os sítios de maior probabilidade de conversão neste uso, enquanto que as áreas em ciano referem-se aos sítios de menor probabilidade.

Figura 3.11: Mapa de probabilidade de transição para o uso do solo 'corredor de serviço', Bauru - 1979-1988.



Fonte: Almeida et al., 2003.

Este estudo não trata diretamente da temática que é objeto desta dissertação: mudanças de uso do solo em áreas de interesse ambiental. Ele tem seu foco em transformações dentro de áreas fortemente urbanizadas. Selecionou-se este estudo, porém, em função da metodologia por ele empregada.

A principal contribuição deste estudo está em sua ênfase na compreensão dos processos de mudança de usos do solo focado nos condicionantes deste processo. Avaliações e /ou previsões de padrões futuros de usos do solo somente tem sentido e valor se fundamentados em uma profunda compreensão de que fatores estão agindo neste processo de mudança.

3.5 Conclusões

O objetivo da presente pesquisa é o de desenvolver e aplicar uma metodologia para analisar as transformações de uso do solo em regiões com Unidades de Conservação ambiental e comunidades tradicionais nelas inseridas dentro da realidade brasileira. Busca-se uma melhor compreensão sobre a maneira como estas comunidades vem se apropriando do espaço, seu padrão de uso do solo, quais os fatores indutores de mudanças nos padrões de uso do solo, que tipos de impactos podem ser observados e também, detectar as possíveis influências e modificações de dinâmicas ocasionadas pelas políticas de preservação ambiental incidentes nestas áreas.

A revisão apresentada neste capítulo sobre os métodos atuais existentes para caracterização de usos do solo, assim como para análise dos processos de transformação de uso do solo fundamentam a escolha metodológica feita nesta pesquisa.

Os Sistemas de Informações Geográficas configuram-se como métodos consolidados na área de análise de processos geográficos. Os recentes avanços que levaram ao desenvolvimento de modelos de autômatos celulares e sua integração com Sistemas de Informações Geográficas ampliam grandemente a capacidade de exploração, análise e, por conseqüência, compreensão dos processos de mudanças de usos do solo.

A opção pela utilização de um sistema de modelagem como ferramenta de análise das mudanças de uso do solo ocorreu pela necessidade de analisar sistemicamente a questão das dinâmicas dos usos do solo, com especial ênfase nas mudanças ocorridas pela ação humana, visto que os sistemas de modelagem de mudanças de uso do solo são ferramentas eficazes na análise de possíveis trajetórias de mudança de uso do solo e elucidação dos fatores indutores destas mudanças.

O próximo capítulo descreve com detalhes a metodologia utilizada para a análise das mudanças de uso do solo em áreas de interesse ambiental, aplicada na área de estudo do Parque Nacional do Superagui / PR.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

4.1 Introdução

Este capítulo tem o objetivo de apresentar com detalhes a metodologia estruturada e aplicada no presente estudo.

Optou-se pela utilização de um sistema de modelagem espaço-temporal integrando um Sistema de Informações Geográficas e um modelo de autômatos celulares como ferramenta de análise das mudanças de uso do solo. Como discutido no capítulo anterior, esta metodologia permite analisar sistemicamente a questão das dinâmicas dos usos do solo, tanto seus condicionantes quanto suas conseqüências, assim como a simulação e análise de diferentes cenários de políticas de conservação ambiental.

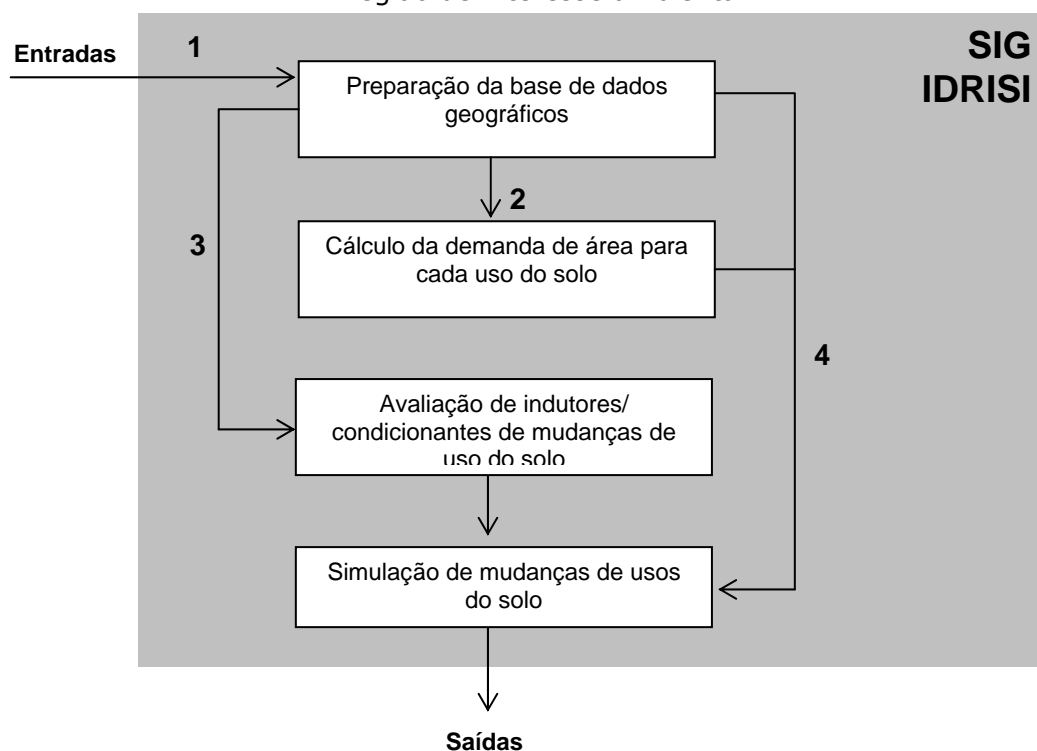
A Seção 4.2 expõe de forma simplificada e esquemática a estrutura da metodologia de análise das transformações de uso do solo em região de interesse ambiental. A seguir, haverá uma Seção para cada um dos quatro componentes deste esquema de estrutura da metodologia. Ou seja, a Seção 4.3 apresenta os procedimentos adotados na produção da base de dados geográficos utilizados pelo sistema. A Seção 4.4 trata dos procedimentos utilizados para cálculo das demandas de área para os usos do solo em transformação. A Seção 4.5 discorre sobre o método de regressão logística para análise dos condicionantes dos processos de mudanças de usos do solo. A seguir, a Seção 4.6 trata do processo de alocação das mudanças de uso do solo baseado em um modelo de autômatos celulares. Todos esses procedimentos são desenvolvidos dentro do sistema de informações geográficas Idrisi Kilimanjaro. Essa opção se deve ao fato deste SIG possuir em sua estrutura tanto as funcionalidades necessárias para produção da base de dados, quanto de regressão logística e alocação por modelo celular. Por fim, a Seção 4.7 conclui o capítulo.

4.2 Estrutura Metodológica

A Figura 4.1 apresenta a estrutura esquemática e simplificada da metodologia desenvolvida e aplicada neste estudo. Ela combina quatro componentes principais:

- Um módulo de preparação da base de dados geográficos do sistema. Esses dados dizem respeito aos mapas de uso do solo, assim como os mapas dos condicionantes das mudanças de uso do solo (topografia, distanciamento de recursos hídricos, distanciamento de estradas, entre outros) e os mapas que caracterizam políticas de conservação ambiental (restrição ao uso em áreas de reserva ambiental, por exemplo). Diversas operações de Geoprocessamento são utilizadas neste módulo, tais como operações de distância, reclassificação de atributos, interpolação espacial de dados, álgebra de mapas, georreferenciamento etc.
- Um módulo de cálculo da demanda de transformação de usos do solo. Esse módulo utiliza o método de cadeias de Markov para extrapolar demandas de área para usos do solo com base na análise de transformações passadas entre usos do solo.
- Um módulo de análise dos condicionantes das mudanças de uso do solo na área de estudo. Este módulo utiliza o método de regressão logística para definir quais fatores influenciam a mudança de uso do solo e em que medida. Após implementação e validação da simulação, mapas de probabilidade de transição são produzidos por este módulo.
- Um módulo de alocação de usos do solo ao longo do tempo. Este módulo tem como base um autômato celular. Ele avalia em escala local de vizinhança as probabilidades de transição para os diferentes usos do solo, suas demandas de área, assim como restrições físicas ou institucionais, e faz a alocação dos usos. Produz mapas de usos do solo.

Figura 4.1: Estrutura da metodologia de análise das transformações de uso do solo em região de interesse ambiental



As seções de 4.3 a 4.6 detalham cada um dos componentes da metodologia, respectivamente.

4.3 Preparação da Base de Dados Geográficos

A base de dados geográficos da presente pesquisa consiste em um conjunto de mapeamentos em formato digital raster com mesma resolução, sistema de referenciamento geográfico e representando a distribuição de alguma característica física ou socioeconômica da região de estudo. Diversos métodos e técnicas foram utilizados dentro de um Sistema de Informação Geográfica para produzir esses mapeamentos com o conteúdo e formato apropriados. Esses métodos e técnicas são descritos a abaixo. Cada sub-seção a seguir descreve a produção de um tipo de mapeamento.

4.3.1 Mapas de Uso do Solo

Mapas de uso do solo para diferentes datas são necessários neste trabalho. Com base nas transições de usos do solo do passado serão avaliadas as tendências e extensões de mudanças para o presente e futuro, assim como seus indutores e/ou condicionantes.

Duas formas de caracterização de padrões espaciais de distribuição de usos do solo utilizando técnicas de Geoprocessamento são comumente utilizadas. A primeira é a classificação de imagens de satélite; a segunda, é a digitalização de mapas temáticos analógicos de classes de usos do solo.

4.3.1.1 Classificação de Imagens de Satélite

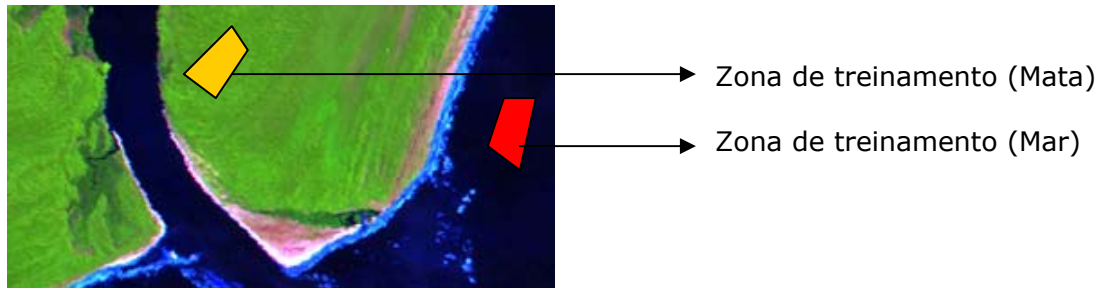
Mapas de uso do solo são obtidos no presente estudo através de análise e processamento de imagens de satélite. Foram utilizados os processos de classificação de uso do solo sobre imagens de satélite LandSat, com resolução espacial de 30x30 metros, nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, com posterior filtragem dos mapas resultantes.

A primeira fase do processo de classificação de imagens consiste na identificação de zonas na imagem de satélite que caracterizem os usos de solo que serão utilizados no estudo. Essas zonas, chamadas de zonas de treinamento, são utilizadas para a identificação do comportamento espectral de cada uso do solo, que os diferencia. Composições coloridas de imagens de satélite, bandas específicas que salientam visualmente certos usos do solo, assim como outros mapas digitais podem ser utilizados para auxiliar a delimitação das zonas de treinamento.

Importante salientar que os usos do solo selecionados devem ser adequados com a capacidade de distinção de materiais na superfície terrestre na imagem de satélite. Solo descoberto, tipos de vegetação, água e materiais urbanos de cobertura do solo podem ser diferenciados em imagens de satélite com a resolução espacial do sensor ETM+. Subcategorias urbanas associadas à ocupação do solo, tais como uso residencial, comercial ou industrial não podem ser caracterizadas diretamente por classificação de imagens de satélite LandSat.

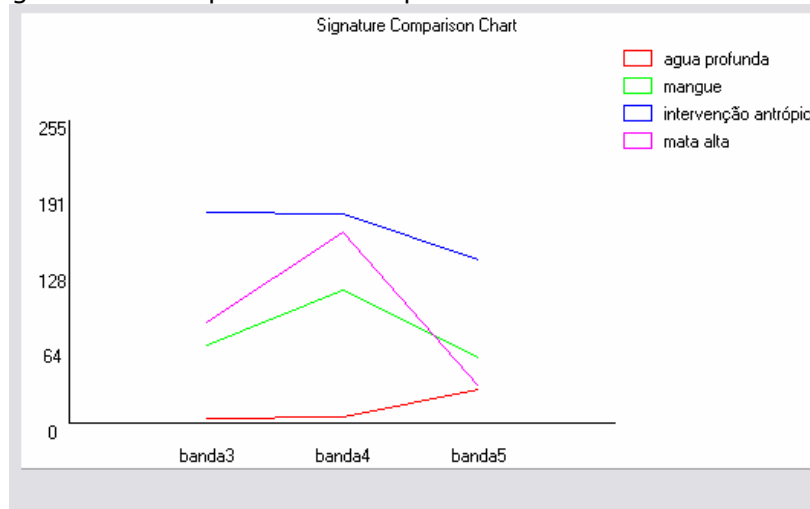
A Figura 4.2 ilustra algumas áreas de treinamento para usos do solo para a área de estudo desta pesquisa.

Figura 4.2: Zonas de treinamento dos usos Mata e Mar sobre uma composição colorida de imagens de satélite



A segunda fase do processo de classificação de imagens de satélite consiste em identificar o comportamento espectral das células nas áreas de treinamento para cada uso do solo para os diferentes comprimentos de onda respectivos às bandas 1 a 7. A Figura 4.3 mostra um gráfico caracterizando o comportamento espectral de diferentes usos do solo utilizados neste estudo.

Figura 4.3: Comportamento espectral de classes de uso do solo



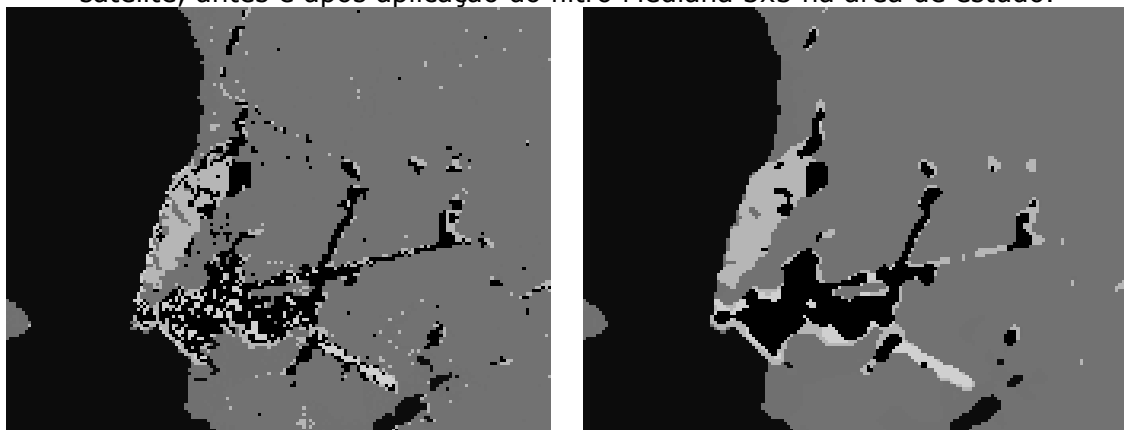
A terceira fase deste processo consiste em analisar cada célula da área de estudo (mapa raster) e classificá-la em um dos usos do solo utilizados no estudo, com base na semelhança do seu comportamento espectral específico com os comportamentos espectrais característicos de cada classe obtidos nas áreas de treinamento. Neste caso foi utilizado o método de classificação por máxima verossimilhança. O resultado é um mapa temático onde cada célula possui um atributo numérico característico de um dos usos do solo utilizados no estudo.

Este mapa temático normalmente apresenta parcialmente o efeito 'salpicado', com algumas células isoladas de certos usos do solo. Esse efeito é

um ruído resultante de erros e incertezas envolvidos especialmente com a existência de mistura de usos do solo em células de imagens de baixa resolução espacial. Sabe-se, entretanto, que existe uma considerável contigüidade espacial em agrupamentos de classes de uso do solo na realidade. O processo de filtragem de mapas raster serve como artifício para corrigir esses erros de classificação. O filtro Mediana é indicado para a remoção de ruídos. Ele calcula o valor da mediana de todas as células na vizinhança de uma célula central e atribui o valor da mediana a esta célula. A vizinhança pode ser uma janela de 3x3, 5x5 ou 7x7 células no entorno da célula central. Se, por exemplo, uma célula urbana está isolada, cercada por células de floresta em seu entorno, o resultado da filtragem será sua reclassificação para o uso floresta.

A Figura 4.4 apresenta parte do mapa de usos do solo da área de estudo para o ano de 2000, antes e depois da aplicação do filtro mediana 3x3.

Figura 4.4 Mapa de usos do solo resultante do processo de classificação de imagens de satélite, antes e após aplicação do filtro Mediana 3x3 na área de estudo.



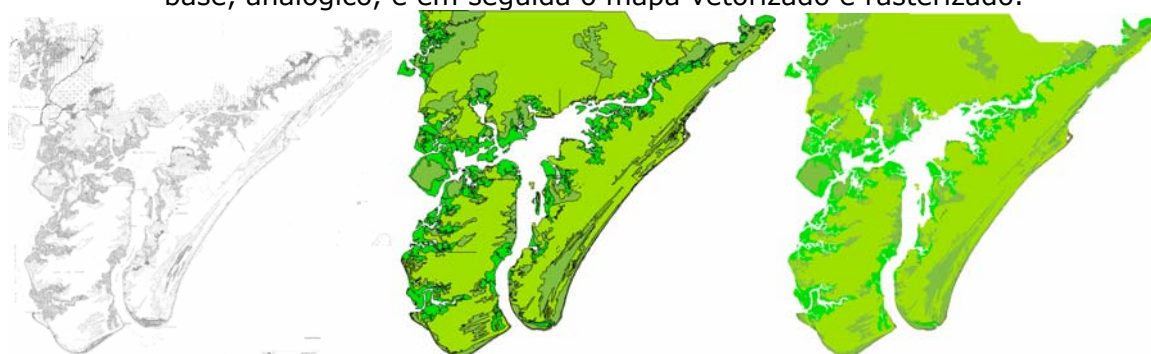
(a) Imagem classificada em usos do solo (b) Mapa de usos do solo após aplicação do Filtro Mediana 3x3

4.3.1.2 Digitalização de Mapas Temáticos

A digitalização de mapas temáticos para produção de mapas de classes de usos do solo é desenvolvida em duas situações: Primeiro, no caso de mapas históricos de um período em que não se têm imagens de satélite disponíveis; e segundo, quando a resolução da imagem de satélite disponível não é satisfatória e existe mapa analógico com classes de uso do solo no nível de detalhamento desejado.

Em ambos casos, estando os mapas disponíveis em formato analógico, estes deverão ser convertidos para o formato digital por escanerização. Posteriormente, devem ser vetorizados, georreferenciados e finalmente, após edição final da delimitação das classes, convertidos para o formato raster, como pode ser visto na Figura 4.5. Todas as operações após a escanerização do mapa podem ser desenvolvidas com facilidade em Sistemas de Informações Geográficas.

Figura 4.5: Procedimento de digitalização de mapas temáticos, mostrando o mapa base, analógico, e em seguida o mapa vetorizado e rasterizado.



4.3.2 Modelo Numérico do Terreno e Mapa de Declividades

O termo modelo numérico de terreno (MNT) denota a representação do relevo de uma região em formato digital raster, onde cada célula possui o atributo de sua altitude.

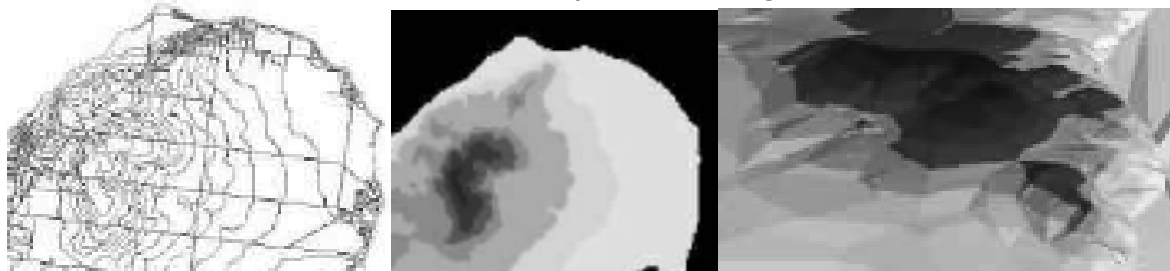
Um modelo numérico do terreno é produzido através do processo de interpolação espacial de dados. Interpolação é o procedimento de estimação de valores em locais não amostrados a partir de medições feitas em locais de observação dentro da mesma área ou região. Este método é utilizado para a constituição de superfícies representativas de variações contínuas de um atributo, e sua racionalidade reside na observação de que, em geral, pontos próximos espacialmente têm valores mais similares do que pontos distantes.

Nesta pesquisa, foi utilizado o programa ANUDEM, desenvolvido pela The Australian National University, em 1998, especificamente para produção de MNT (<http://cres.anu.edu.au/outputs/anudem.php>). Este programa integra iso linhas e pontos de altitude para calcular valores contínuos de altitude em uma malha regular (raster). ANUDEM permite ainda que o usuário utilize um

mapa da rede de drenagem, se disponível, para correções de erros da interpolação.

Mapas vetoriais de curvas de nível altimétrico e pontos de cota de altitude foram utilizados como dados de entrada para o processo de interpolação espacial no sistema ANUDEM para geração do MNT da região de estudo. A Figura 4.6 apresenta o mapa vetorial com curvas de nível, o mapa raster resultante da interpolação (MNT) e uma representação deste relevo em três dimensões.

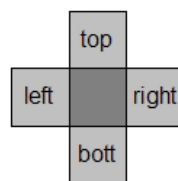
Figura 4.6: Representação de um MNT: a) somente as linhas de contorno, b) o próprio MNT, derivado das linhas de contorno, e c) uma modelagem tridimensional do terreno.



Fonte: University of Melbourne, 2005.

Depois de confeccionado o mapa de altitudes (MNT), os Sistemas de Informações Geográficas permitem que várias características topográficas sejam obtidas com base neste mapa, tais como a declividade e o aspecto. Estas variáveis são obtidas analisando-se as células da vizinhança imediata de uma célula central. A declividade, por exemplo, depende das diferenças de altitude entre uma célula central e suas células vizinhas. A Figura 4.7 apresenta o cálculo para a declividade em graus e percentagem.

Figura 4.7. Cálculo da declividade com base no MNT



$$\tan_slope = \sqrt{\left(\frac{right - left}{res * 2}\right)^2 + \left(\frac{top - bottom}{res * 2}\right)^2}$$

Tan_slope * 100 = declividade em %

ArcTan(tan_slope) = declividade em graus

O mapa de declividades produzido neste estudo consiste em um mapa raster, onde cada célula informa sua declividade em %.

4.3.3 Mapas de Distância

Relações de acessibilidade a usos do solo, assim como de complementaridade ou incompatibilidade entre usos, estão intimamente associadas às distâncias. Ou seja, ter boa acessibilidade ao centro de comércio significa estar a uma razoável proximidade deste. Maior distanciamento de atividades indesejáveis, tais como uma unidade de disposição de resíduos sólidos, normalmente são buscadas pela localização residencial.

Diversos mapas de distância foram produzidos neste estudo. Eles se referem a mapas que demonstram o distanciamento do mar, de estradas, de diferentes usos do solo etc. A produção destes mapas se justifica pelo fato desses mapas representarem indutores e /ou condicionantes potenciais às mudanças de usos do solo.

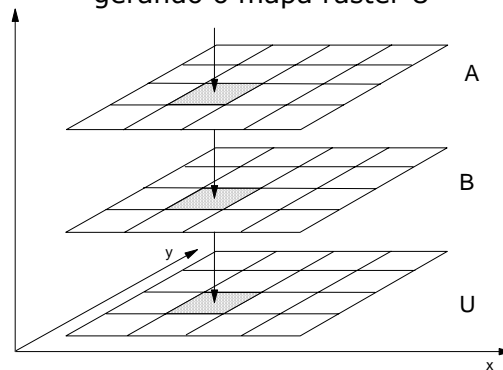
Esta subseção ilustra a produção de um mapa de distância das áreas previamente ocupadas por assentamento humanos na região de estudo. O método utilizado é o mesmo para os demais mapeamentos de distância, alterando-se apenas o foco do mensuramento (localização do mar, das estradas, das áreas de mangue, etc).

A primeira fase deste processo consiste em se localizarem os alvos do distanciamento. No caso ilustrativo, trata-se das áreas previamente ocupadas por ocupação humana na área de estudo. Este mapa foi obtido por reclassificação do mapa de usos do solo produzido por classificação de imagens de satélite. Através do processo de reclassificação as áreas com ocupação humana são identificadas pelo atributo 1 e as demais áreas são identificadas pelo atributo 0.

Na segunda fase o módulo de análise de distanciamento do Sistema de Informação Geográfica calcula automaticamente as distâncias a partir das células ocupadas e atribui a cada célula da região de estudo sua distância à célula ocupada mais próxima. Essa distância é dada em metros, visto que se está trabalhando com mapas digitais georreferenciados em Sistema UTM.

Por fim, através da operação de álgebra de mapas, multiplicou-se o mapa de distanciamento por um mapa binário que representa a área de estudo (1: área de estudo e 0: fora da área de estudo), eliminando valores de distanciamento na região de mar ou fora da área de abrangência da análise (Figura 4.8).

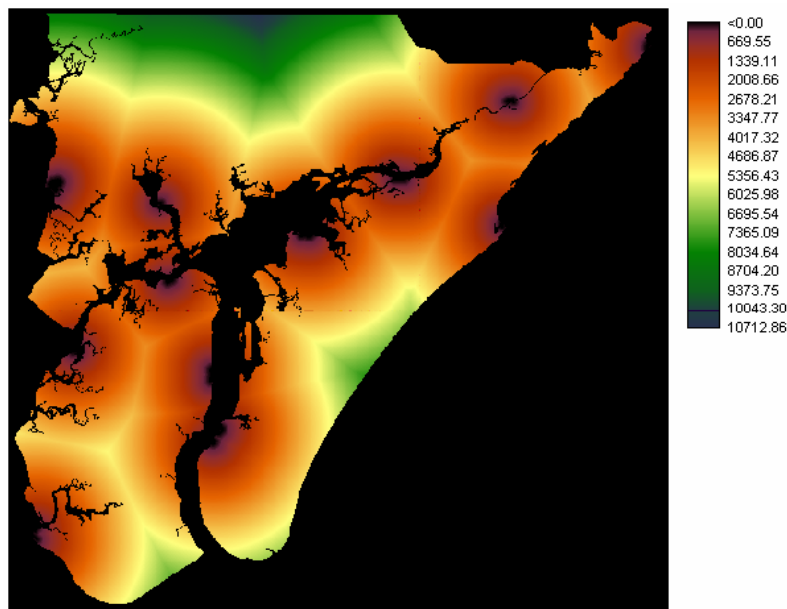
Figura 4.8: Álgebra de mapas: Sobreposição de mapas raster A e B gerando o mapa raster U



Fonte: Burrough, 1986

A Figura 4.9 apresenta o mapa de distanciamento de áreas ocupadas por assentamentos humanos na região de estudo.

Figura 4.9: Mapa de distância de assentamentos humanos



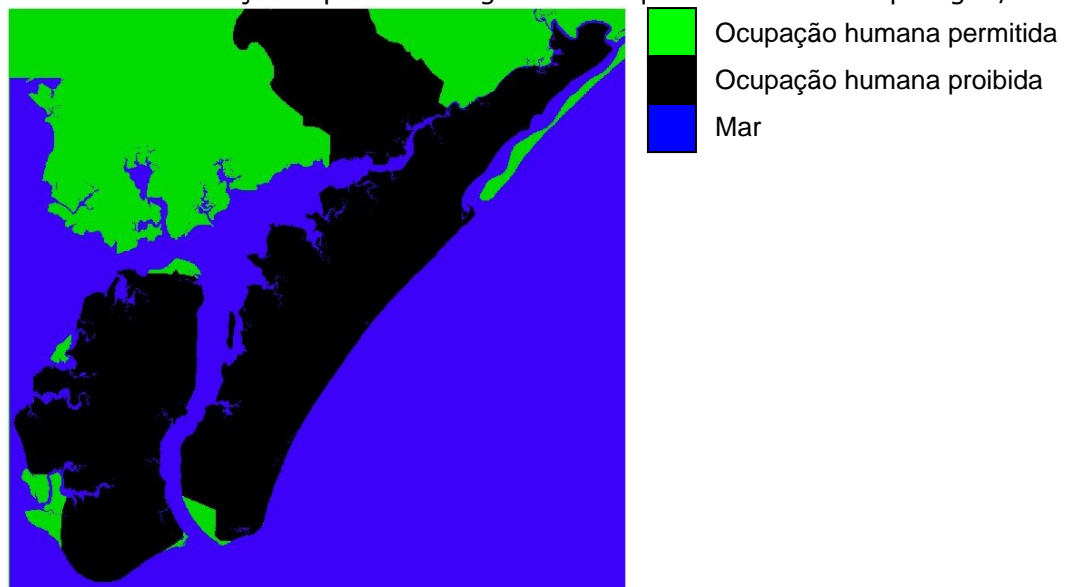
4.3.4 Mapas de Restrição

Os mapas de restrição dizem respeito a representações espacializadas (nas áreas de estudo) de restrições espaciais definidas por políticas de

conservação ambiental. Estas políticas influenciam o padrão de mudanças no uso do solo, através de restrições à localização de um ou mais usos do solo ou atividades humanas.

Em relação ao estudo de caso, por se tratar de um Parque Nacional, existe a restrição severa que delimita uma grande área e impede totalmente qualquer atividade humana e usos do solo associados a estas atividades em seu interior. Neste caso, a política restritiva foi representada por um mapa binário, onde 0 representa as áreas restringidas à ocupação e 1 as áreas permitidas. A Figura 4.10 ilustra a abrangência da restrição espacial na área de estudo atualmente empregada. Esse mapa foi produzido pela digitalização dos limites do parque e posterior conversão do arquivo para o formato raster.

4.10: Política de restrição espacial na região do Parque Nacional do Superagui /PR.



Com o objetivo de se avaliarem os resultados no presente da aplicação de diferentes políticas conservacionistas no passado, construiu-se um mapeamento representando uma situação de restrição menos severa. Neste caso, a área de restrição total é reduzida, deixando áreas para as comunidades tradicionais se desenvolverem. Semelhante ao caso acima, este também é um mapa binário, indicando com o valor 0 as áreas proibitivas e 1 as áreas permissivas para assentamentos e atividades humanas, porém a área de cobertura do atributo proibitivo é menor. Por fim, produziu-se um outro mapeamento onde inexistente qualquer restrição à localização e desenvolvimento de atividades humanas na região.

4.4 Cálculo da Demanda de Área para Usos do Solo

As mudanças de uso do solo no presente estudo são caracterizadas pela sua extensão (área ocupada pelos usos ao longo do tempo) e sua localização. Esta Seção apresenta o método utilizado para estimar as tendências de extensão das mudanças de uso do solo: o método de cadeias de Markov.

As principais vantagens deste método são a simplicidade operacional e matemática do modelo junto à facilidade com que podem ser aplicados a dados provenientes de Sensoriamento Remoto e implementadas em Sistemas de Informações Geográficas. Suas limitações residem na falta de explicação dos fenômenos e na carência de espacialização de suas projeções (Câmara, 2003). Porém, a associação feita neste estudo do método de Markov com o método de regressão logística (como meio de análise dos fatores indutores /condicionantes das mudanças) e um modelo de autômatos celulares (como meio para alocação das mudanças de usos do solo) supera parcialmente as limitações citadas.

A análise de cadeias de Markov é um processo no qual o estado futuro do sistema é modelado puramente com base no estado imediatamente precedente. No caso de mudanças de uso do solo, a análise de cadeias de Markov descreve mudanças de uso do solo de um período para o outro e usa isto como base para projetar mudanças futuras. Isto é obtido pelo método através do desenvolvimento de uma matriz de probabilidades de transição do tempo 0 para o tempo 1, que será a base para a projeção de um tempo posterior. A matriz de probabilidades de transição registra a probabilidade que cada categoria de uso do solo tem de mudar para cada uma das demais categorias de uso do solo. Essa matriz é resultado da tabulação cruzada dos dois mapas de usos do solo, ajustada a uma margem de erro. As probabilidades de transição não mudam com o tempo, o que caracteriza o processo como estacionário.

$$\Pi_{t+1} = P^n \cdot \Pi_t$$

Sendo:

Π_t : estado do sistema no tempo t;

Π_{t+1} : estado do sistema após o instante t+1;

P: os estados passíveis de acontecer, que são representados em matrizes de possibilidades de transição;

n: o número de passos do modelo .

O Sistema de Informação Geográfica Idrisi Kilimanjaro possui um módulo que implementa o método de cadeias de Markov. Este módulo usa duas imagens qualitativas de uso do solo, de diferentes datas, e produz uma matriz de probabilidade de transição, uma matriz de áreas de transição, e uma série de imagens de probabilidade condicional.

Como dito anteriormente, a matriz de probabilidade de transição expressa a probabilidade de uma célula, de uma dada classe, mudar para qualquer outra classe (ou permanecer na mesma) em um período seguinte. A Tabela 4.1 ilustra uma matriz de probabilidade de transição para um sistema com cinco classes. Neste exemplo, a Classe 1 tem 66.97% de probabilidade de permanecer com sua classe atual no próximo período, assim como tem 20.79% de probabilidade de mudar para a Classe 5.

Tabela 4.1: Matriz de probabilidade de transição de Markov em um sistema com cinco classes

Dada:	Probabilidade de transição para (%):				
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Classe 1	66,97	1,48	1,17	9,59	20,79
Classe 2	1,36	8,74	39,21	30,97	19,72
Classe 3	0,87	10,86	44,21	34,18	9,88
Classe 4	0,28	8,44	15,47	72,18	3,63
Classe 5	0,32	4,19	7,36	11,93	76,2

A matriz de áreas de transição, por sua vez, indica o número de células de cada uso do solo que são esperados que mudem para cada um dos outros tipos de uso do solo, após um determinado período de tempo. Essa matriz é obtida multiplicando-se cada coluna da matriz de probabilidades de transição pelo número de células correspondente aos usos do solo na imagem mais recente.

As imagens de probabilidade condicional, uma para cada classe, expressam a probabilidade de cada uso do solo ser encontrado em uma

determinada célula no próximo período futuro, como projeção do mapa de usos do solo mais recente.

4.5 Avaliação de Indutores/Condicionantes de Mudanças de Uso do Solo

É objeto de análise deste estudo a melhor compreensão dos processos de mudança de uso do solo em regiões de interesse ambiental a fim de SE avaliar as relações entre ocupações humanas e preservação ambiental, assim como a efetividade de políticas conservacionistas em prática.

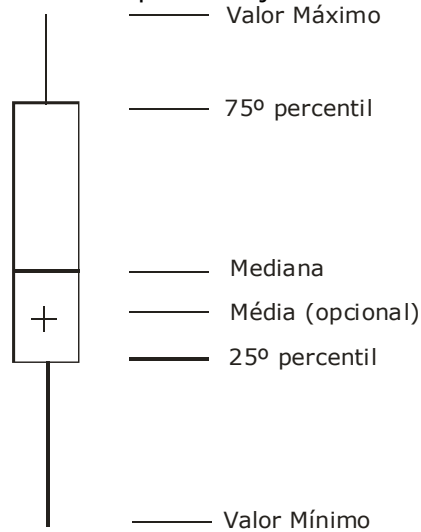
Análise estatística por regressão logística é usada neste estudo para revelar e quantificar as relações entre as localizações de usos do solo (variáveis dependentes) e uma série de fatores explanatórios (variáveis independentes). Esta série de fatores são selecionados com base no conhecimento do autor dos fatores potenciais causadores das mudanças de uso do solo na área em estudo, e também pela análise de boxplots. Tendo em vista tratar-se de um estudo no qual a localização e o processo locacional são aspectos fundamentais de análise, os fatores potenciais são apresentados na forma de mapas. Alguns mapas utilizados neste estudo como fatores indutores/condicionantes de mudanças de uso do solo são: altitude, declividade, distância do mar, distância de áreas ocupadas por assentamentos humanos, etc. A produção desses mapas foi abordada na Seção 4.3 deste capítulo.

4.5.1 Seleção de Variáveis para a Regressão

A seleção das variáveis se deu através da análise por boxplots, e também pelo conhecimento empírico da região.

Boxplot, ou diagrama de caixa, são simples representações diagramáticas dos cinco números sumários: mínimo, quartil inferior, mediana, quartil superior, máximo (Figura 4.11). É um gráfico muito útil para séries de dados muito grandes, que são de difícil manuseio ou de visualizar em linha.

Figura 4.11: Representação de um boxplot



Os valores máximo e mínimo estão localizados nas retas externas, também chamados "whiskers", ou bigodes do gráfico.

Interpretando um boxplot:

- a caixa central inclui os 50% dos dados centrais;
- os bigodes mostram a amplitude dos dados, isto é a diferença entre o maior e o menor valores;
- a simetria é indicada pela caixa e bigodes e pela localização da média;
- é relativamente fácil comparar grupos, construindo diagramas de caixa lado a lado, resultando em uma eficiente comparação (<http://www.estadistica.eng.br/Boxplotmelhor.htm>).

4.5.2 Regressão Logística

Todo processo estatístico de regressão busca a identificação de uma função matemática que relaciona diversas variáveis independentes para estimar o valor de uma variável dependente. Diferentes funções de regressão podem ser utilizadas.

O método de Regressão Logística é utilizado neste estudo para avaliar quais os fatores e em que extensão afetam a localização de usos do solo na região de análise. Esse método estatístico de regressão é adequado quando a variável dependente que está sendo analisada é do tipo dicotômica, ou seja,

recebe valor binário 0 ou 1. Este é o caso de transições de uso do solo, quando um uso possui duas alternativas no momento da transição: permanecer com seu uso atual ou transformar-se em outro uso (GARSON, 2002).

A equação abaixo ilustra a função de regressão logística para uma situação com três variáveis independentes:

$$\text{Logit}(p) = \left[\ln \frac{P_i}{1 - P_i} \right] = \delta + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

Onde,

P_i é a probabilidade de ocorrência de uma célula de um tipo de uso do solo em uma localização i ;

X_n são os fatores locais;

δ é o coeficiente de intercepção de eixo estimado através da regressão logística;

β são os coeficientes para cada fator local X , estimados através da regressão logística.

A análise de regressão logística é desenvolvida para cada uso do solo em separado. Inicialmente identificam-se as áreas cobertas pelo uso do solo específico em análise. Posteriormente, é selecionado o conjunto de fatores indutores/ condicionantes potenciais para este uso do solo. O Sistema de Informação Geográfica Idrisi Kilimanjaro possui um módulo que desenvolve a regressão logística. Neste módulo, são analisadas estatisticamente as características locais das células ocupadas por um determinado uso do solo descritas pelos mapas de fatores locais. Este processo produz dois resultados:

a) A equação de regressão que descreve a relação matemática entre as variáveis dependente e independentes consideradas para cada uso do solo;

b) Um mapa para cada uso do solo descrevendo a probabilidade de transição de cada célula deste uso do solo considerando as características locais locais. Esses mapas de probabilidade de transição baseados

estatisticamente nas características de diversos fatores locacionais serão utilizados como dados de entrada no módulo de simulação de mudanças de usos do solo, apresentado na Seção seguinte.

Importante salientar que o autor desenvolveu regressões logísticas não apenas para cada uso do solo de forma integrada, mas também para algumas mudanças específicas de uso do solo. A expansão de ocupações humanas e áreas com intervenção antrópica e sua relação com a redução de áreas de floresta são exemplos de mudanças específicas de interesse. Neste caso, as equações e mapeamentos resultantes não foram utilizados no processo subsequente de simulação de uso do solo, mas apenas como instrumentos para uma melhor compreensão das características indutoras das específicas mudanças.

4.6 Simulação de Mudanças de Uso do Solo

Este estudo desenvolve a simulação de mudanças de uso do solo na região de análise com duas intenções:

Primeiro, com base em dados do passado, o presente é simulado e comparado com dados reais. Este procedimento tem o objetivo de calibração da análise dos fatores indutores/condicionantes do processo de mudanças de uso do solo na região de estudo.

Segundo, para produzir cenários de mudanças de uso do solo que teriam ocorrido no presente se diferentes políticas conservacionistas houvessem sido aplicadas no passado.

O Sistema de Informação Geográfica Idrisi Kilimanjaro possui um módulo que implementa um modelo de alocação espacial baseado em autômato celular. Este módulo é utilizado neste estudo para produzir simulações de mudanças de uso do solo.

Este módulo requer os seguintes dados de entrada:

- Um mapa de usos do solo de uma data específica, a partir do qual as mudanças de uso do solo simuladas ocorrerão.
- Uma matriz de áreas de transição para os usos do solo do estudo. Essa matriz descreve a 'quantidade' de transformação para cada uso do solo no período de simulação. Esta matriz pode ser obtida

através de diferentes métodos. No presente estudo, ela foi produzida por análise de cadeias de Markov, como descrito na Seção 4.4 deste capítulo.

- Mapas caracterizando o potencial, probabilidade ou adequação locacional para os usos do solo. Esses mapas indicam as condições empíricas ou ideais de onde ocorrerá as transformações de uso do solo. No presente estudo são utilizados os mapas de potencial de conversão de uso do solo resultantes do processo de regressão logística para cada uso do solo. Esses mapas indicam, com base em informações de realidade, as localizações mais prováveis de mudança de uso do solo conforme os padrões ocorridos no passado.

Após a inserção dos dados, inicia-se um procedimento iterativo de alocação de usos do solo até chegar à alocação total das áreas, previstas na matriz de áreas de transição. O número de iterações é proporcional ao número de anos da simulação (por exemplo, 10 iterações para a alocação de mudanças de uso do solo em um período de 10 anos). A lógica utilizada neste processo é a seguinte:

- Dentro de uma iteração, cada classe de uso do solo irá perder alguma área para uma ou mais das outras classes, e poderá ganhar áreas das outras classes também.
- Cada célula é avaliada quanto ao seu potencial de transição para todos os usos do solo. O potencial de conversão para todos os usos do solo na vizinhança de uma célula (janela 5x5) também é avaliado. Se a vizinhança de uma célula com alto potencial para conversão para um uso *i* tem potencial baixo para esta conversão, o potencial da célula central será diminuído proporcionalmente. Este procedimento funciona como um filtro, reduzindo a probabilidade de conversões de usos do solo isolados e favorecendo uma razoável contigüidade espacial dos usos.
- Visto que poderá existir competição por localizações entre os usos do solo, este processo de alocação utiliza um procedimento de alocação multi-objetivos. Neste caso, conflitos são solucionados

buscando a alocação de toda a demanda de cada uso do solo e uma solução locacional comprometida que encontre as melhores localizações possíveis para cada uso do solo.

O resultado deste processo é um mapa indicando a distribuição de usos do solo para um período do tempo determinado pelo usuário, com base na: (i) demanda de transformação estimada por Markov; (ii) as potencialidades locacionais de transformação segundo a análise estatística por regressão logística; (iii) uma avaliação de contexto local (potencial de conversão de uso do solo na vizinhança das células) e (iv) um procedimento de resolução de conflitos de competição entre usos do solo.

Políticas conservacionistas de restrições espaciais a certas atividades podem influenciar o padrão de mudanças no uso do solo de uma região. Em relação ao estudo de caso desta pesquisa, por se tratar de um Parque Nacional, podem ser simuladas diversas realidades, e como será visto mais adiante, optou-se por três cenários a serem simulados: (i) a situação atual real, caracterizada por uma grande área quase totalmente restrita a qualquer uso; e outras possibilidades, que são (ii) a de uma restrição menos severa, deixando áreas para as comunidades se desenvolverem e (iii) uma situação sem qualquer restrição. A intenção é verificar as diferenças que estas políticas /restrições causam nas dinâmicas de uso e ocupação do solo e na preservação ambiental da área de modo geral.

A inserção dos cenários de restrição espacial aos usos do solo no modelo de simulação de mudanças de uso do solo é feito através de processamento simples em um Sistema de Informação Geográfica dos mapas de potencialidade de conversão. Cada restrição, máxima e parcial, é caracterizada por um mapa indicando o seu nível de restrição. A restrição máxima, por exemplo, é representada por um mapa binário, onde 1 indica as áreas permitidas para ocupação e intervenção humana (assentamentos, agricultura, pastagem, etc.) e 0 indica aquelas áreas onde estas atividades são proibidas. Por álgebra de mapas, a multiplicação deste mapa restritivo ao mapa de potencialidade de conversão para núcleos urbanos e intervenção antrópica, por exemplo, resulta em potencialidade nula na região restringida pelo Parque Nacional para estas atividades. Por consequência, o modelo de

simulação de mudança dos usos do solo fará a alocação da demanda de mudança em áreas não restringidas.

4.7 Conclusões

Este capítulo apresentou a metodologia proposta para analisar as mudanças de uso do solo em áreas de interesse ambiental.

A metodologia proposta consiste em um conjunto de métodos encadeados de forma compreensiva que permitem a análise e simulação de mudanças de uso do solo. Essa metodologia mostra-se adequada ao tema e objetivo desta pesquisa pelas seguintes razões:

A metodologia explicitamente integra características espaciais e temporais do processo de mudanças de uso em áreas de interesse ambiental. Esta integração é essencial para uma melhor compreensão dos fenômenos e processos envolvidos nas relações entre comunidades e meio ambiente.

A metodologia permite que cenários que representem diferentes ações políticas sejam testados, gerando situações hipotéticas potenciais conseqüentes das ações. A habilidade da metodologia de gerar padrões espaciais, juntamente com a capacidade de gerar cenários, a torna uma potencial ferramenta de suporte ao planejamento e decisão em Planejamento Ambiental.

O capítulo seguinte apresenta em detalhes a aplicação da metodologia aqui descrita a uma área de estudo real, a região do Parque Nacional do Superagui, no Paraná, a fim de testar seu funcionamento, aplicabilidade e potencialidade.

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASO: PARQUE NACIONAL DO SUPERAGUI

5.1 Introdução

Com a intenção de desenvolver uma análise com fundamentação teórica eficiente, mas também com embasamento empírico, adotou-se um estudo de caso, o Parque Nacional do Superagui, localizado no estado do Paraná, Brasil. Esta escolha foi baseada em vários critérios: (i) trata-se de uma Unidade de Conservação Restritiva, enquadrada na classe Parque Nacional; que conta com a presença de diversas comunidades caiçaras em seu interior; (ii) o autor tem conhecimento da área, assim como conviveu com a comunidade durante o período de pesquisa de campo desenvolvido para o trabalho de Graduação em Arquitetura e Urbanismo, em 2002; (iii) facilidade de obtenção de dados em função de contatos prévios com instituições locais e regionais; (iv) maior segurança da pesquisadora em questões de metodologia que requerem conhecimento das dinâmicas e histórico da região.

Este capítulo tem o objetivo de descrever a aplicação da metodologia apresentada no capítulo anterior à realidade do Parque Nacional do Superagui. Ao longo da aplicação da metodologia são avaliados os resultados em relação aos processos de mudanças de uso do solo específicos da área em análise. Potencialidades e limitações encontradas na aplicação da metodologia são descritas em conjunto.

Inicialmente a Seção 5.2 apresenta a área de estudo. Aqui o leitor é contextualizado em uma breve história da região e o processo que envolveu a implantação do Parque Nacional de Superagui, assim como a uma descrição das características físico-geográficas e situação socioeconômica atual da região. Com o objetivo de clareza de exposição, a aplicação da metodologia ao

estudo de caso será dividida em quatro seções, as mesmas utilizadas para a descrição da estrutura metodológica no Capítulo 4 desta dissertação. Ou seja, a Seção 5.3 apresenta a preparação da base de dados geográficos do estudo de caso. A Seção 5.4 trata do cálculo das demandas de mudanças de uso do solo. A Seção 5.5, por sua vez, detalha o uso do método de regressão logística para investigar os indutores e condicionantes das mudanças de uso do solo na região do estudo de caso. Por fim a Seção 5.6 produz simulações de mudanças de usos do solo para a situação real atual, assim como para cenários com diferentes política conservacionistas. A Seção 5.7 conclui o capítulo.

5.2 Descrição da Área de Estudo

5.2.1 Histórico

Guaraqueçaba foi habitada por grupos indígenas até o início da colonização europeia, tendo sido um dos primeiros locais no Brasil a ter o processo de colonização iniciado por europeus, logo no início do século XVI. Entretanto, os primeiros relatos de significativas alterações antrópicas na região da Ilha do Superagui datam da metade do século XIX, quando a ilha foi ocupada por uma colônia suíça.

De acordo com Von Behr (1998) e Durieux (2001) as primeiras notícias da Ilha do Superagui chegaram através de Hans Staden, que enfrentou uma tempestade violenta a caminho de La Plata, em 1549, e escapou da tempestade, desembarcando em um banco de areia na entrada da baía.

Toda a região entre as correntes de água do Superagui e do Ararapira teria sido entregue pela Coroa Portuguesa, como sesmaria, a Diogo Unhate, no ano de 1614, tendo passado mais tarde à propriedade da Companhia de Jesus, que havia se estabelecido em Paranaguá. Retornou à propriedade do Estado depois da expulsão dos Jesuítas, mudando depois de proprietário, diversas vezes.

Perret-Gentil, suíço, deixou seu cargo de cônsul para se dedicar à realização do plano de elevar a região ao sul de São Paulo à província. Adquiriu a propriedade de Superagui, por ato notarial, em 14 de janeiro de 1852, do inglês David Stevenson.

A região prevista para a colonização tinha uma extensão de 35 mil hectares, dividida em três partes, de acordo com características geográficas, sendo uma no continente, outra na península propriamente dita, separada do continente pela baía de Pinheiros e canal do Varadouro, e a última formada pela Ilha das Peças e outras pequenas ilhas.

Em fevereiro de 1852, Perret-Gentil enviou um relatório à Confederação Suíça, onde mencionou que já viviam na propriedade 8 suíços e 50 famílias brasileiras, em um total de 244 pessoas.

Os esforços de Perret-Gentil em conseguir auxílio oficial para a fundação da Colônia não tiveram êxito nem com o governo imperial e tampouco com o republicano. De acordo com relatório do vice-presidente José Antônio Vaz de Carvalhães, de 04 de janeiro de 1857, a Colônia de Superagui fazia lentos progressos. Apesar das dificuldades quase intransponíveis, contava com 88 famílias, que somavam 403 pessoas, dentre as quais, 55 estrangeiras. As lavouras eram de café, cana-de-açúcar, arroz, algodão e milho. Um engenho produzia açúcar e aguardente, e uma fábrica de tijolos estava desativada por falta de trabalhadores especializados. Para atendimento aos doentes, havia uma farmácia e uma enfermaria.

Em um memorial, Perret-Gentil relata que todo o transporte de pessoas e produtos dentro da colônia tinha de ser feito por água, e que a longa distância que separava Superagui de Paranaguá trazia dificuldades, da mesma forma que a falta de uma autoridade administrativa, especialmente policial, para impedir os numerosos furtos, além de falta de igreja e de escola, como elementos essenciais para o desenvolvimento da colônia.

Na mesma época em que foi inaugurada a Escola, Superagui foi elevada a Distrito, separada administrativamente de Guaraqueçaba, o que demonstra que, de alguma forma, a Colônia tinha progredido.

Perret-Gentil abandonou sua fundação, em função de não ter alcançado seus objetivos, e deixou Louis Durieu, um dos mais velhos colonos, como administrador.

Um acontecimento importante foi a visita do presidente do Estado, Alfredo d'Escragnole, Barão de Taunay, em Superagui, em 13 e 14 de

dezembro de 1885, onde fundou a Associação de Imigrantes, nomeou Sigwalt como presidente e Michaud , o pintor de Superagui, como secretário.

Em relatório de 1877, falava-se que Superagui possuía 150 casas, e 20 anos depois, a colônia não possuía nem uma dúzia de ranchos de palmito, contra antigamente, 150 casas de material, além de 100 casas de madeira. Havia duas serrarias e, só no ano de 1886, mais de 100 mil peças de dormentes foram exportadas. Fora isto, uma fábrica de tijolos, 15 vendas, além de vestuários, ferragens e até materiais de construção.

A falta de vias de comunicação, além de outros fatores, contribuiu para que a Colônia ficasse arruinada depois da morte de seus primeiros fundadores.

O cenário político e social do país em muito influenciaram o destino de Superagui. A mudança política provocada pela Proclamação da República passou quase despercebida em Superagui e, na economia, a inesperada alta do café teve conseqüências benéficas em todos os aspectos da economia nacional, inclusive na Ilha. Logo depois, entretanto, a situação mudou, a incerteza quanto ao novo governo, a crise econômica e a corrupção geral, levaram a uma desvalorização acelerada da moeda, e a índices de custo de vida assombrosos. Depois disso, vieram os conflitos entre centralistas e federalistas, que em 1893-1894, sacudiram a vida pública, e em Superagui, todos estes acontecimentos repercutiam de maneira a desestimular ainda mais os esforços para a manutenção da colônia.

Em 1900, Michaud havia realizado um censo em Superagui, onde comunicava que o distrito contava com 1480 pessoas, número que expressava um certo progresso. Dos fundadores vivia apenas Giovanni Batista Rovero, todos os outros, suíços, alemães e italianos estavam mortos. Deixaram uma descendência numerosa, que vivia relativamente bem, em casas bonitas, com lavouras vistosas. O futuro não trouxe maiores progressos.

Pouco restou dos momentos áureos vividos no passado da colônia, das casas, apenas as ruínas, dos traços suíços, apenas humildes pescadores de pele branca e cabelos louros, da memória, só as histórias contadas de pai para filho. Com a decadência dos processos produtivos, a maior parte da ilha foi abandonada até o final do século XIX, dando início à regeneração da cobertura vegetal.

Ocorreram quatro fases de desenvolvimento na área de influência de Superagui: a primeira luso-indígena; a segunda com estabelecimento da fazenda agropecuária dos jesuítas; a terceira com a Colônia Suíça de 1852 e a quarta com a transformação em simples e modesta colônia de pesca. A colonização Suíça representou o apogeu, e sua decadência deve-se a fatores, entre os quais: o não recebimento de subvenção do governo por ser uma colônia particular, a falta de capitais, o pouco acervo de técnicas agrícolas e industriais, dificuldades de transporte, e o êxodo de muitas famílias. O progresso econômico dos primeiros tempos apoiou-se principalmente na riqueza do solo, da pesca, e da extração de madeira das matas naturais, aliados ao esforço dos primeiros imigrantes.

Em 1953, foi aberto o Canal do Varadouro, e desde então a península do Superagui passou a ser uma ilha, para facilitar a navegação entre Paranaguá e Cananéia (FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA, 2003).

Em 1971, teve início o processo de tombamento da Ilha Artificial do Superagui. Em 1985 foi criada a APA de Guaraqueçaba, e foi homologado o tombamento da Ilha Artificial de Superagui. Em 1989 foi criado o Parque Nacional do Superagui. Em 1996/97, foi realizado o zoneamento ecológico-econômico da APA de Guaraqueçaba.

Atualmente, as populações que vivem na região do Parque Nacional do Superagui são essencialmente extrativistas, dependentes dos recursos naturais. A grande maioria vive da pesca, principalmente do camarão. Dependendo da época do ano, a captura para comercialização e consumo de caranguejo é bastante expressiva. Embora as maiores comunidades estejam fora do parque, no seu entorno imediato, cerca de 7 delas estão dentro dos limites do parque. Uma delas é fruto da ocupação ilegal de uma área dentro do parque, por um grupo de índios da etnia Guarani, vindos do Uruguai. (FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA, 2003)

5.2.2 Dados físico-ambientais

O Parque Nacional do Superagui possui 33988 ha e está localizado no litoral norte do Estado do Paraná, região sul do Brasil, e é parte do complexo estuarino lagunar de Iguape-Cananéia-Paranaguá. A região do parque,

juntamente com o litoral sul do estado de São Paulo, é o maior trecho contínuo de Floresta Atlântica em bom estado de conservação, e é considerado um dos cinco ecossistemas mais notáveis do Planeta. A Figura 5.1 localiza a área de estudo nos contextos nacional e estadual.

Figura 5.1: Mapa de localização do Parque Nacional nos contextos nacional e estadual.



Esta unidade de conservação tem como objetivos a proteção dos trechos de Floresta Atlântica e dos ecossistemas associados ali existentes. O Parque recebeu o reconhecimento como área núcleo do Patrimônio Natural da Humanidade.

O Parque Nacional está compreendido entre as latitudes $25^{\circ}12'23''S$ e $25^{\circ}29'19''S$ e as longitudes $48^{\circ}01'24''W$ e $48^{\circ}20'36''W$. Está totalmente contido no município de Guaraqueçaba. No entanto, Paranaguá, no Paraná, e Cananéia, em São Paulo, fazem parte do entorno imediato desta unidade de conservação.

O acesso ao Parque se dá normalmente a partir da capital do Estado do Paraná, Curitiba, pela BR 277 até Paranaguá ou até a localidade de Pontal do Sul, no município de Pontal do Paraná. A partir de Paranaguá é possível tomar um barco que faz diariamente o trajeto até a Vila das Peças, ou, nos finais de semana e feriados, até a Barra do Superagui, ambas comunidades no entorno

imediatamente do Parque. A partir de Pontal do Sul ou da Ilha do Mel, é necessário fretar a embarcação. Outra opção é através da cidade de Guaraqueçaba, distante 190 km de Curitiba, onde é possível tomar uma embarcação até a Vila das Peças (diariamente) ou até a Barra do Superagui (finais de semana e feriados). Da mesma forma que a partir dos outros locais, é possível alugar uma embarcação para qualquer uma das comunidades da região do parque. Um terceiro trajeto, pouco utilizado, é a partir da cidade de Cananéia ou da Ilha do Cardoso, em São Paulo, onde é possível acessar facilmente a comunidade da Barra do Ararapira ou percorrer o Canal do Varadouro para acessar as demais localidades. Poucos barcos contornam a ilha através de mar aberto. Assim, toda a parte insular e também a continental são acessadas via marítima/estuarina.

A área de estudo possui atualmente as seguintes comunidades:

- Na Ilha do Superagui: Barra do Superagui, Colônia do Superagui (a), Pacas, Barbados(b), Canudal (c), Vila Fátima (d), Porto do Varadouro, Ararapira e Barra do Ararapira, além da tribo de guaranis que se instalou no Morro das Pacas;
- Na Ilha das Peças: Bertioga, Tibicanga, Guapicum, Laranjeiras e Ponta das Peças;
- Na parte continental do Parque estão localizadas as comunidades do Sebuí e Poruquara, além da sede do Município de Guaraqueçaba.

A Figura 5.2 localiza as comunidades na região do Parque Nacional do Superagui. A Figura 5.3 ilustra a paisagem em algumas dessas comunidades.

Figura 5.2: Mapa do P. N.do Superagui com a localização das diversas comunidades.



Figura 5.3: Amostra de algumas das comunidades dentro dos limites do Parque Nacional do Superagui



(a) Colônia do Superagui



(b) Barbados



(c) Canudal



(d) Vila Fátima

A superfície de 33.988 ha do parque está distribuída entre a Ilha do Superagui (41%), a Ilha das Peças (27%) e um trecho continental (19%). O restante (13%) é distribuído em ambientes aquáticos estuarinos e ilhas

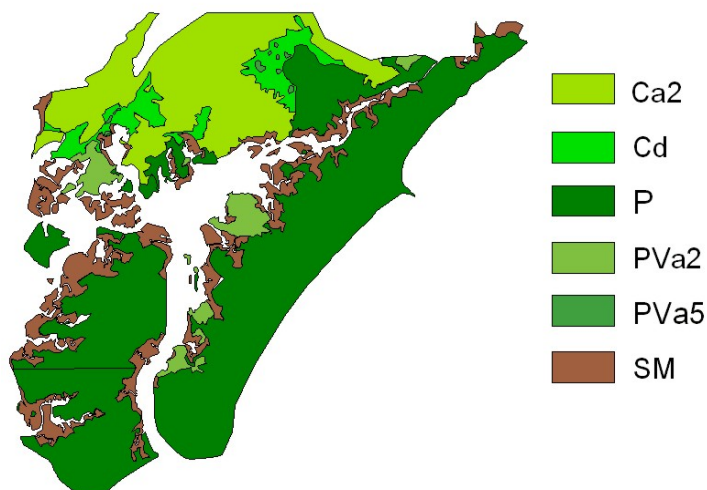
menores, como as ilhas de Pinheiro e Pinheirinho. A Ilha das Peças apresenta relevo totalmente plano. Já a Ilha do Superagui apresenta relevo prioritariamente plano, mas com três elevações: Morro do Superagui, Morro das Pacas e Morro do Canudal. Somente na porção continental existe uma elevação mais significativa, no Bico Torto, com 575 m.

A Ilha do Superagui era originalmente uma península. O Canal do Varadouro, que atualmente separa a ilha do continente, foi aberto em 1953, para facilitar o transporte de barco entre Cananéia e Paranaguá, favorecendo o comércio entre as duas cidades. Atualmente, porém, esta passagem é pouco utilizada, e quando o é, na maioria das vezes é com finalidade turística.

O clima pode ser classificado como do tipo Cta, de Koeppen, descrito como clima subtropical úmido, mesotérmico. A temperatura média no mês mais quente está acima de 22°C, e a temperatura do mês mais frio entre 3 e 18°C. O clima é sempre úmido, com chuvas bem distribuídas durante o ano todo, sendo a média de precipitação anual de 2.364 mm. O número médio de dias com chuva é de 207, com as maiores precipitações nos meses de abril a agosto, e umidade relativa do ar de 85% (PARANÁ, IPARDES, 2001).

São três os tipos de solo encontrados em Superagui: podzol (P); podzólico vermelho-amarelo distrófico (PVa2), podzólico vermelho-amarelo álico (PVa5), cambissólico álico (Ca2), cambissólico distrófico (Cd) e solos indiscriminados de mangue (SM) (PARANÁ, 2001). A Figura 5.4 apresenta o mapa de solos da região de estudo.

Figura 5.4: Mapa dos tipos de solos encontrados na região do Parque Nacional do Superagui e arredores.



Os solos do tipo Podzol (P) são mais pobres em nutrientes e com maiores limitações de uso, e a sua estabilidade está na íntima dependência da manutenção da cobertura vegetal original.

Os solos Podzólicos (PVa2 e PVa5) são solos minerais, e podem ser considerados como bem desenvolvidos. Com exceção de rochas efusivas, como basalto e diabásio, podem ser derivados de inúmeros materiais geológicos. Os solos cambissólicos (Ca2 e Cd) ocorrem geralmente em relevo forte ondulado e montanhoso e podem originar-se dos mais variados materiais. Por isso, suas características morfológicas, físicas e químicas são bem variadas. Podem ter textura média e argilosa, com ou sem cascalhos, sendo que algumas vezes são pedregosos e rochosos.

Os solos de Mangue (SM) são extremamente frágeis, de origem sedimentar flúvio-marinha, constituídos geralmente por material areno-siltico-argiloso, rico em matéria orgânica, hidromórfica, salina, com alta capacidade de troca de cátions e elevada condutividade elétrica. Por estarem sujeitos ao fluxo e refluxo das marés, tornam-se extremamente instáveis e necessitam da proteção constante de sua cobertura vegetal original (www.ambientebrasil.com.br).

A cobertura vegetal é formada por dois ambientes: as áreas de formações pioneiras (representadas pelos ambientes de manguezais e restingas), e a região de floresta ombrófila densa (BRASIL, IBAMA, 1989). A Figura 5.5 ilustra tipos de cobertura vegetal na região de estudo.

Figura 5.5: Fotos da região mostrando as coberturas de solo Restinga e Floresta Ombrófila



(a) Restinga



(b) Mata

Os manguezais ocupam solos lodosos, onde a salinidade, por influência da maré, permite apenas o estabelecimento de plantas seletivas. A vegetação que ocupa este ambiente é dominada por gramíneas, e amarilidáceas, dando uma fisionomia herbácea, ou dominada por espécies arbóreas de mangue-vermelho, mangue-branco ou amarelo e siriúba.

Outra associação vegetal típica de formações litorâneas é denominada restinga. A restinga ocupa locais específicos e bem definidos, junto aos "cordões praias", ou como transição entre os manguezais e a floresta ombrófila densa. As espécies características da restinga possuem porte reduzido. Ocorre grande variedade de orquídeas, com sub-bosque revestido de bromeliáceas. Este tipo de solo, extremamente arenoso, não consegue reter água e nutrientes em grande quantidade para a sobrevivência das plantas, sendo necessária à adaptação de mecanismos de obtenção de água (raízes superficiais extensas) e de nutrientes, retirados da maresia presente na atmosfera.

A Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas ocupa as planícies e terraços arenosos, situados no nível do mar, sobre solos podzólicos de drenagem moderada. Destacam-se as figueiras, guanandi, maçaranduba, bocuva e estopeira, entre outras.

A fauna do Parque é representada por uma grande diversidade de espécies. A ornitofauna é representada por aves marinhas como o biguá, a fragata e a garça-branca-grande. Dentre as espécies não marinhas estão tucanos, sabiás e o raro papagaio-de-cara-roxa. Os mamíferos são representados por pacas, cutias, veados e porcos. Ofídios e insetos são abundantes (BRASIL, IBAMA, 1989).

5.2.3 Dados Socioeconômicos e Culturais

A população na APA de Guaraqueçaba manteve-se praticamente inalterada nas últimas duas décadas e meia (1970 a 1995). Segundo dados dos censos de 1991 e 2000, a população total de Guaraqueçaba, em 1991 era de 7.762 pessoas, e em 2000, de 8.288 pessoas. Houve uma mudança no perfil da população, com queda na participação dos contingentes de menor idade e uma maior participação da população idosa, mostrando uma tendência de permanência desta população na região.

As principais atividades econômicas desenvolvidas no Parque Nacional do Superagui são a pesca (caracterizada como artesanal e utilizando principalmente mão-de-obra familiar), a prestação de serviços temporários locais (pedreiro, servente, canoeiro e afins), e, mais recentemente, os serviços prestados aos turistas, o pequeno comércio e uma remanescente prática de artesanato.

Embora as principais atividades se concentrem em ambientes aquáticos (estuarinos e oceânicos), a extração de recursos florestais também ocorre. Um estudo desenvolvido pela Fundação O Boticário de Proteção à Natureza identificou mais de 16 diferentes classes de usos das 386 espécies de plantas citadas na região do parque, com destaque para o uso medicinal. O palmito-juçara (*Euterpe edulis* Mart.) é largamente extraído em toda a região, bem como em toda sua área de ocorrência natural. Espécies madeiráveis como o guanandi (*Calophyllum brasiliensis* Camb.) são seletivamente extraídas, principalmente para a construção de canoas, principal meio de transporte na região. A caxeta (*Tabebuia cassinoides* DC.) também foi fortemente explorada no passado, em função das propriedades de sua madeira; mas, atualmente, sua exploração foi significativamente diminuída (FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA, 2003).

A captura ilegal de espécimes da fauna para o tráfico de animais, juntamente com a caça, tanto para consumo como para comercialização, também ocorrem em toda a região, não exclusivamente no parque (FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA, 2003)

Ainda em relação à pesca, embora sem dados oficiais, a informação corrente há mais de uma década, da memória dos pescadores locais, é de que está havendo uma diminuição do volume de captura do pescado, e por consequência, uma intensificação na exploração de outros recursos pesqueiros, como caranguejo, siris e ostras (PARANÁ, IPARDES, 2001).

Na Ilha do Superagui, o número de estabelecimentos comerciais dobrou em 4 anos (de 5 em 1991, para 10 em 1994). As atividades associadas ao turismo se ampliaram, mas deve-se considerar isto somente na comunidade Barra do Superagui, pois nas demais comunidades a situação é de descaso do setor público até com os serviços básicos (PARANÁ, IPARDES, 2001).

A Tabela 5.1 caracteriza as atividades econômicas desenvolvidas na colônia de Superagui e Tibicanga.

Tabela 5.1: Atividades desenvolvidas em Superagui:

Tipo de Atividade	Ocupação	Localidade	
		Superagui (%)	Tibicanga (%)
1	Pesca	89,96	84,62
2	Pesca	73,91	76,92
1	Agricultura	—	—
2	Agricultura	4,35	15,38
1	Aposentadoria	8,7	15,38
2	Aposentadoria	—	—
1	Bar/ mercearia	4,35	—
2	Bar/ mercearia	13,04	—
1	Prest.Serviços	—	—
2	Prest. serviços	4,35	7,69
1	Redeiro	—	—
2	Redeiro	4,35	—

1 – Atividade Principal

2 – Atividade Secundária

Fonte: Pesquisa de Campo – IPARDES / UFPR (1997)

Segundo pesquisa realizada pela Sociedade Protetora da Vida Selvagem (SPVS), em 1996, para caracterização das comunidades, a Barra do Ararapira foi considerada uma comunidade extinta, pois têm menos de 10 famílias, sem condição de renovação das atividades econômicas, sociais e culturais; já a Vila Fátima foi considerada uma comunidade em extinção, tendo de 11 a 20 famílias, com declínio das atividades produtivas tradicionais, população decrescente e intensa migração. As demais comunidades da ilha não se encontram em situação muito diferente.

Uma questão à parte é a situação dos índios guaranis, nômades, e hoje localizados no Morro das Pacas, que pouco contato mantêm com as demais comunidades, restringindo esses contatos à troca de artesanato e frutas por alimentos ou outros artigos.

Na área da saúde, os serviços nas comunidades deixam a desejar devido à baixa qualificação dos agentes de saúde, insuficiência e desconhecimento de instrumentos básicos para diagnóstico ambulatorial e de emergência, insuficiência de medicamentos e não periodicidade de visita médica (SPVS, 2000). A Figura 5.6 ilustra esta situação.

Figura 5.6: Foto do posto de saúde (abandonado) localizado na comunidade Barra do Superagui, que concentra a maior parte da população residente na parte insular do Parque.



Na área da educação, a situação é semelhante. A oferta da rede escolar restringe-se ao ensino de 1^a a 4^a série, na maioria das vezes com classes multiseriadas. A qualidade do serviço é precária devido à capacitação do corpo docente, da disponibilidade e qualidade do material didático, do desestímulo do profissional da educação e das perspectivas dos próprios alunos. Cabe ressaltar que, nos últimos anos, escolas anteriormente em funcionamento foram sendo fechadas nas comunidades onde houve ou está havendo um processo de extinção da população tradicional, como é o caso de Barra do Ararapira, Vila Fátima e Barbados (SPVS, 2000).

Em relação aos demais serviços, como telefonia e energia elétrica verificaram-se avanços. A COPEL iniciou um programa de geração de energia fotovoltaica. Contudo, em relação aos serviços de saneamento básico, como esgoto e coleta de lixo, as condições continuam em nível de precariedade. Estes serviços são os que têm maiores conseqüências sobre as condições de qualidade de vida da população, resultando em quadros crônicos de saúde (SPVS, 2000).

5.3 Contexto de Aplicação da Metodologia Proposta

Retomando o objetivo inicial da presente pesquisa, tem-se como primordial elucidar as relações entre as populações humanas e seu entorno, através de modificações de usos do solo, e assim estabelecer um método de avaliação que possa embasar decisões relacionadas com as políticas adotadas para as Unidades de Conservação.

A região das Ilhas do Superagui, das Peças e parte do continente que se enquadram dentro da área em estudo, passou por grandes transformações em virtude das políticas implementadas através do Decreto nº 97.688, de criação do Parque Nacional do Superagui, de 25 de abril de 1989, e causou impacto no sentido de uma redistribuição das populações das comunidades existentes, que tiveram como alternativa os deslocamentos para principalmente para as comunidades Barra do Superagui e Ponta das Peças, por se tratarem das comunidades que ficaram no entorno do Parque, e que por lei poderiam ali permanecer, além de deslocamentos para Guaraqueçaba, sede do município, e Paranaguá, principal centro econômico da região.

Com o objetivo de avaliar a tendência natural de desenvolvimento das comunidades da área de estudo sem a interferência das políticas de conservação ambiental, a presente pesquisa fez uma avaliação das mudanças de uso do solo ocorridas entre os períodos de 1980 e 1990, período anterior à implementação da lei. Com base nos resultados dessa avaliação, foi desenvolvido um conjunto de simulações da situação de usos do solo da área de estudo para o ano de 2002. Esse conjunto de simulações busca descrever e avaliar diferentes cenários quanto à aplicação ou não de políticas de proteção ambiental. O primeiro cenário caracteriza a situação atual, resultado da aplicação da restrição legal na área delimitada do Parque Nacional. O resultado desta simulação é comparado com o mapa de usos do solo real do mesmo ano (2002) para fins de calibração da metodologia. Posteriormente, dois outros cenários são simulados: (i) um cenário onde não existe restrição aos usos do solo na região, e (ii) um cenário cuja restrição aos usos do solo abrange uma área menor do que aquela realmente delimitada pelo Parque Nacional na região.

A análise comparativa dos padrões de uso do solo real e simulados para diferentes cenários para o ano de 2002 permite que se analisem diversas questões relacionadas ao tema e objetivo desta pesquisa. Apresenta-se algumas questões abaixo:

- Caso o Parque Nacional não tivesse sido implantado, o desenvolvimento de atividades humanas entre 1990 e 2002 sem qualquer restrição, seguindo as tendências do passado, teria resultado em significativo impacto adverso sobre o ambiente

natural da região do Parque Nacional? Caso afirmativo, quais os principais impactos verificados e qual sua extensão? Importante salientar que trata-se aqui de impactos associados à mudanças de usos do solo.

- Foi descrito anteriormente a situação atual de estagnação do desenvolvimento da região, com várias comunidades em estado de extinção. Qual o impacto da implantação do parque neste processo?
- Uma política restritiva parcial, buscando conservação do ambiente natural e simultaneamente a permanência de comunidades tradicionais em seus locais originais de assentamento, teria afetado o padrão de desenvolvimento das comunidades, evitando sua 'extinção'? Essa mesma política teria conseguido salvaguardar o ambiente natural em similar efetividade da política restritiva total?

Como o foco da metodologia proposta nesta pesquisa são as interferências humanas nas dinâmicas de uso do solo, foram selecionadas 6 classes de uso do solo características da região de estudo:

- **Núcleos Urbanos** caracterizam as áreas ocupadas pela sede do município, Guaraqueçaba, e pelas demais comunidades da região;
- **Intervenção Antrópica** denota todas as áreas que tiveram ação humana, como desmatamentos, abertura de estradas, áreas de cultivo, e de pastagem;
- **Restinga** diz respeito às áreas com este tipo de vegetação, de pequeno e médio porte;
- **Mata** caracteriza as áreas de vegetação de grande porte, no caso, Mata Atlântica;
- **Outros Usos** abriga as áreas ocupadas pelos cordões de areia e pelas áreas de mangue;

- **Água** indica as áreas de mar e rio. Esta classe de uso do solo é desconsiderada das simulações desenvolvidas nesta pesquisa, pois sua área foi considerada como não sujeita a modificações.

5.4 Preparação da Base de Dados Geográficos

5.4.1 Coleta de Dados

A simulação de dinâmicas de padrões espaciais de diferentes tipos de uso do solo com a metodologia aqui proposta, requer uma grande base de dados sobre a distribuição dos usos do solo e parâmetros biofísicos e socioeconômicos que são considerados importantes indutores dos padrões de usos do solo.

Para a aplicação da metodologia, foram utilizados mapas de altimetria, edificações, hidrografia, transportes e vegetação, obtidos com a Divisão de Levantamentos do Exército Brasileiro, referentes ao ano de 2001. Foram também utilizados mapas de uso do solo da década de 70 até a atualidade, organizados pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES), e imagens de satélite LandSat do ano de 2002.

5.4.2 Formatos e Processamento de Dados

De modo a permitir a análise e modelagem nos sistemas adotados nesta pesquisa, os dados devem ser convertidos em um formato consistente. Neste estudo todos os mapeamentos foram preparados em formato raster, com resolução espacial de 30 x 30 metros e georreferenciados no sistema UTM 22-Sul.

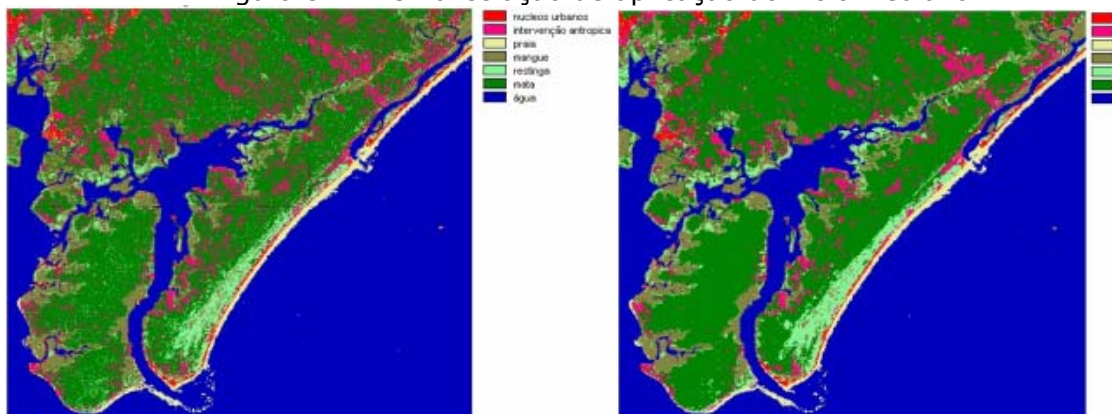
Como o sistema de modelagem trabalha com as mudanças de uso do solo, foi primordial um tratamento minucioso às imagens de satélite e mapas temáticos utilizados como base para o processo de classificação de usos do solo. Neste estudo, foi elaborado um mapa de classes de usos do solo para o ano de 1980, 1990 e 2002.

Os mapas de uso do solo de 1980 e 1990 foram produzidos tendo-se como base os mapas temáticos de uso do solo da região de estudo para os mesmos anos desenvolvidos pelo IPARDES. Esses mapas estavam em formato

analógico. Dessa forma, os procedimentos de formatação dos mapas para utilização nesta pesquisa envolveram a escanerização dos mapas, vetorização, georreferenciamento e por fim, rasterização. Esses procedimentos foram descritos na Seção 3.3, Capítulo 3, desta dissertação.

Já o mapa de uso do solo de 2002 foi obtido através do processo de classificação supervisionada e filtragem de uma imagem de satélite Landsat TM 7, de 2002. O processo de classificação das imagens utilizou três bandas espectrais (bandas 3, 4 e 5). Composição colorida de imagens de satélite, assim como dados de hidrografia, vegetação, transportes e edificações, foram todos cruzados, de modo a se obter áreas de treinamento mais precisas. Após a classificação de usos do solo baseada na imagem de satélite, realizou-se um processo de filtragem. O filtro utilizado nesta pesquisa foi o filtro Mediana, indicado para remover "ruídos" aleatórios, ou seja, pequenos fragmentos soltos, que aparecem erroneamente na classificação, e seu resultado pode ser visto na Figura 5.7.

Figura 5.7: Demonstração de aplicação do filtro Mediana



Os mapas em formato vetorial digital de hidrografia, vegetação, transportes, edificações e altimetria, tiveram seus quadrantes agrupados, de modo a compor a imagem da área.

Diversos mapeamentos de distância foram produzidos para caracterizar potenciais indutores/condicionantes de mudanças de usos do solo: distância de vias de transporte, distância do mar, distância de núcleos urbanos, distância de Paranaguá, distância de áreas com intervenção antrópica, distância de áreas de floresta, distância de áreas de restinga, distância de áreas de mangue e distância de áreas com outros usos.

Esses mapas foram produzidos com base na caracterização da localização do 'alvo' de distanciamento (vias de transporte, núcleos urbanos, áreas de floresta etc.) para o ano de 1990. O mapa de transportes (vias de acesso, estradas etc), previamente em formato vetorial digital, foi rasterizado e com ele, elaborado um mapa com os distanciamentos às vias. Os mapas de distanciamento de cada um dos seis usos do solo, individualmente, foram produzidos isolando-se o uso do solo por reclassificação de atributos e posteriormente calculando-se o distanciamento a partir do 'alvo'. Cabe salientar que em função de se utilizarem mapas georreferenciados em UTM, as distâncias são obtidas em metros.

Este mesmo processo foi repetido com os diversos usos de solo, separados em mapas individuais de 1990, que vieram a servir como fatores locais também (ver Anexo 1).

Os dados de altimetria serviram para elaborar o Modelo Numérico do Terreno (MNT), representação digital do relevo da região. O mapa de altimetria, em formato vetorial digital, contém dados de cotas de elevação do terreno com espaçamento de 10 em 10 metros. Utilizando-se o processo de interpolação espacial através do programa ANUDEM, gerou-se o MNT do terreno, ou seja, um mapa raster em que cada célula indica a altitude daquela parcela geográfica. O MNT resultante serviu de base para a geração do mapa de declividade. Os mapas de altitude e declividade também são considerados neste estudo como fatores locais indutores/condicionantes de mudanças de usos do solo.

Foram ainda produzidos mapas caracterizando diferentes níveis de restrição a mudanças de certos usos do solo, com o objetivo de caracterizar diferentes políticas de proteção ambiental. Esses mapas são do tipo binário, onde 0 identifica as áreas onde certas mudanças de uso do solo não podem ocorrer e a área de mar, e 1 identifica as áreas onde qualquer mudança de uso do solo pode ocorrer. Três mapas caracterizam: (i) inexistência de qualquer restrição a mudanças de uso do solo; (ii) delimitação oficial do Parque Nacional do Superagui como identificador da área de restrição aos usos do solo relacionados com atividades humanas; e (iii) delimitação hipotética de uma área reduzida para o Parque Nacional do Superagui.

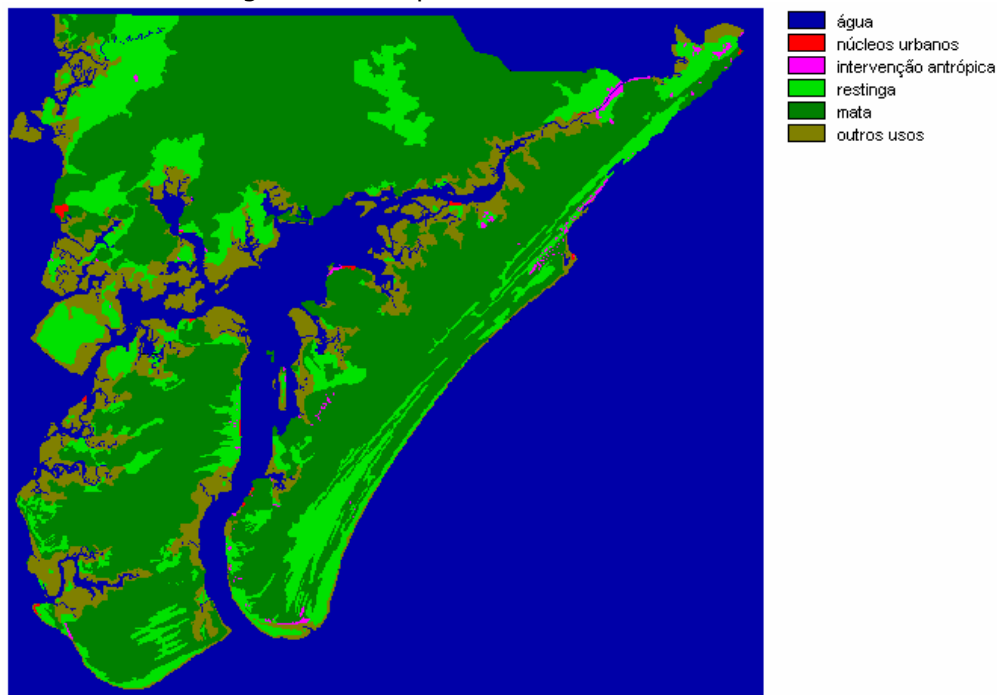
Com os mapas dos usos do solo de 1980, 1990 e 2002, os mapas dos fatores locacionais e os mapas de políticas conservacionistas em mãos, procede-se à análise de demandas de mudanças de uso do solo para o ano de 2002, observando-se a tendência de modificação de usos entre os anos 1980 e 1990, e à regressão logística, de modo a se obterem os mapas de preferência de alocação de usos do solo para o ano 2002, e assim, finalmente passar à modelagem dos dados dentro do módulo CA_Markov. Estes processos serão detalhados a seguir.

5.5 Cálculo da Demanda de Área para Usos do Solo

O objetivo desta fase da metodologia é caracterizar a área que cada uso do solo vai ocupar em 2002, considerando-se as taxas de mudança de usos do solo verificadas na área de estudo entre os períodos de 1980 e 1990, utilizando-se o método de cadeias de Markov.

Como pode ser observado na Figura 5.8, em 1980 os usos relacionados a atividades humanas (Núcleos Urbanos e Intervenção Antrópica) ocupam pequenas áreas esparsas, com um certo isolamento geográfico entre elas, e todas bastante próximas do mar e dos canais internos às Ilhas.

Figura 5.8: Mapa de usos do solo em 1980.



Já na Figura 5.9, mapa de usos do solo em 1990, percebe-se um aumento considerável nas áreas de Intervenção Antrópica, um aumento,

pouco significativo nos Núcleos Urbanos, e a diminuição das áreas de Restinga e de Mata, e em menor escala, dos Outros Usos. O gráfico apresentado na Figura 5.10 relaciona a extensão das mudanças de usos do solo ocorridas entre 1980 e 1990 na área de estudo.

Figura 5.9: Mapa de usos do solo em 1990.

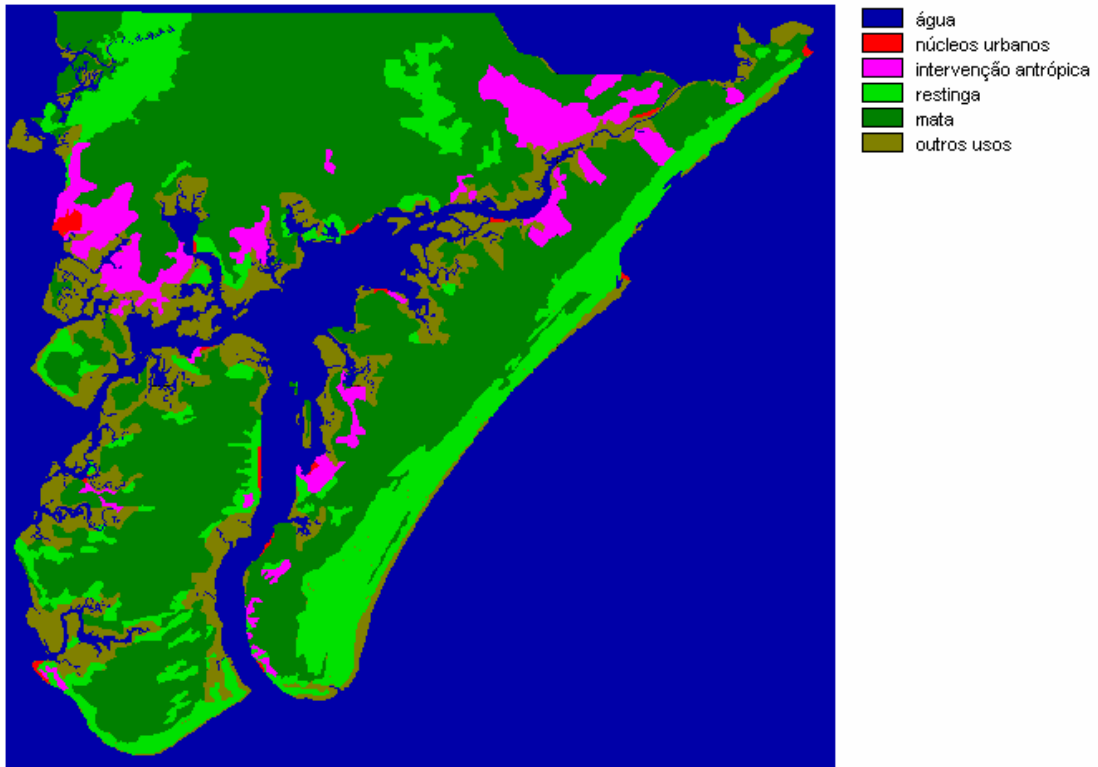
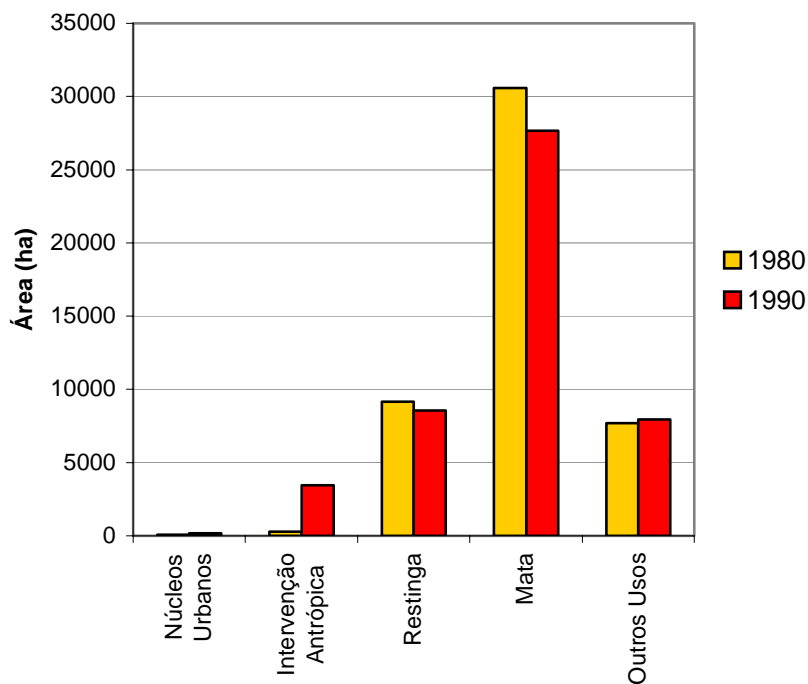


Figura 5.10: Gráfico da relação entre as áreas ocupadas pelas classes de uso do solo em 1980 e 1990.



A Figura 5.11 mostra o mapa resultante da tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo de 1980 e 1990, apresentando todas as transições de uso do solo que ocorrem na área de estudo. A legenda do mapa indica cada transição ocorrida; por exemplo 4|1 indica áreas que possuíam o uso do solo classe 4 em 1980 (restinga) e que se transformaram em 1990 em áreas urbanizadas (classe 1: núcleos urbanos). A Tabela 5.2, a seguir, quantifica as transições mostradas na Figura 5.11.

Figura 5.11: Tabulação cruzada entre mapas de 1980 e 1990, demonstrando as transições de uso do solo.

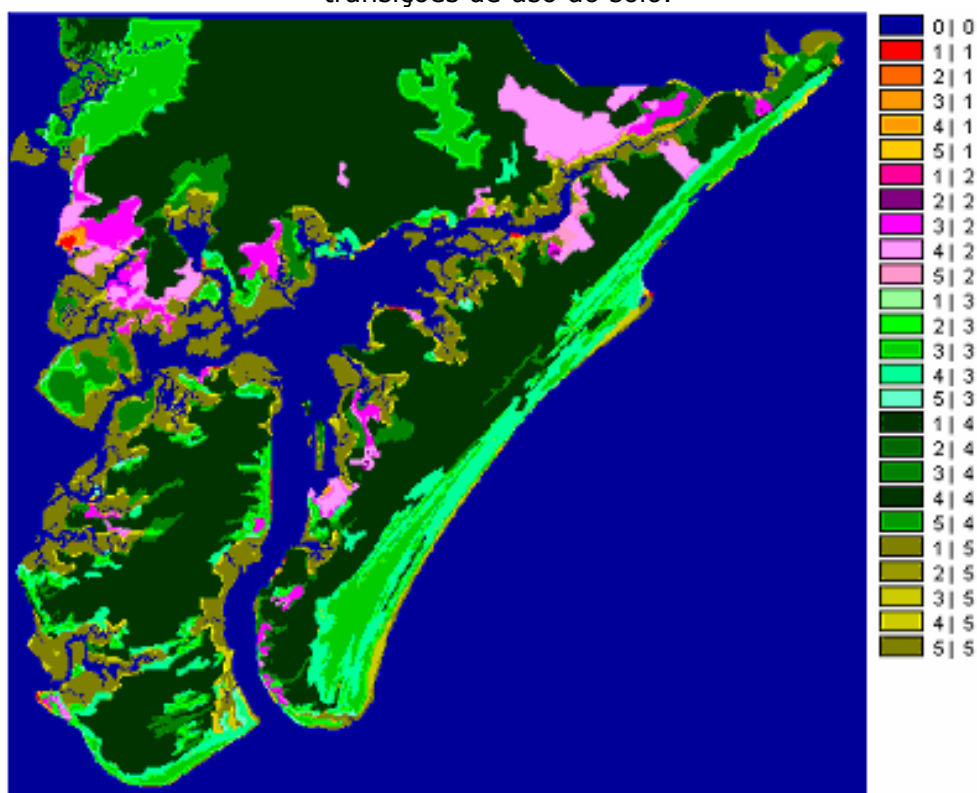


Tabela 5.2: Tabulação cruzada entre os mapas de usos do solo dos anos 1980 e 1990

Tabulação Cruzada entre os usos do solo de 1980 (colunas) e 1990 (linhas)						
Unidade: hectares						
	Núcleos Urbanos	Intervenção Antrópica	Mata	Capoeira	Outros usos	Total 1990
Núcleos Urbanos	52,9	3,5	61,3	60,5	17	195,2
Intervenção Antrópica	0,8	26,6	1035	2144,9	248,9	3456,2
Mata	0,6	125,1	4919,4	3125	370,5	8540,6
Capoeira	5	72,8	2472,7	24476,1	639,5	27666,2
Outros usos	10,8	51,7	685,1	770,4	6419	7936,9
Total 1980	70,2	279,6	9173,4	30576,9	7695	

Tabulação cruzada proporcional entre os usos do solo de 1980 (colunas) e 1990 (linhas)						
Unidade:%						
	Núcleos urbanos	Intervenção antrópica	Mata	Capoeira	Outros usos	total 1990
Núcleos urbanos	0,11	0	0,13	0,13	0,04	0,41
Intervenção antrópica	0	0,06	2,18	4,48	0,52	7,24
Mata	0	0,26	10,3	6,55	0,78	17,88
Capoeira	0	0,15	5,17	51,21	1,34	57,86
Outros usos	0,02	0,11	1,44	1,62	13,42	16,61
total 1980	0,13	0,58	19,22	63,98	16,09	100

O método de Markov analisa inicialmente todas as transições de usos do solo ocorridas na área de estudo entre 1980 e 1990 e, posteriormente calcula as probabilidades de cada uso para se transformar em todos os demais no período de 2002, ajustado a uma margem de erro. Devido às incertezas relacionadas à classificação de uso do solo, adotou-se uma margem de erro de 5%. A Tabela 5.3 apresenta o resultado deste processo aplicado para o Parque Nacional do Superagui.

Tabela 5.3: Probabilidades de mudanças de uso do solo para o ano de 2002.

	Probabilidade de mudança para (%):				
	Núcleos urbanos	Intervenção antrópica	Restinga	Mata	Outros
Núcleos urbanos	66,97	1,48	1,17	9,59	20,79
Intervenção antrópica	1,36	8,74	39,21	31	19,72
Restinga	0,87	10,86	44,21	34,2	9,88
Mata	0,28	8,44	15,47	72,2	3,63
Outros	0,32	4,19	7,36	11,9	76,2

Posteriormente, estas probabilidades são transformadas em demandas de área para cada uso do solo. Uma matriz de áreas de transição é produzida indicando a área de cada uso do solo que é esperado que mude para cada um dos outros tipos de uso do solo para o ano de 2002. Essa matriz é obtida multiplicando-se cada coluna da matriz de probabilidades de transição pela área correspondente aos usos do solo na imagem de 1990. A Tabela 5.4 apresenta as estimativas de mudanças de usos do solo na região de estudo entre os anos de 1990 e 2002.

Tabela 5.4: Estimativa de mudanças de uso do solo para o ano de 2002.

Áreas em:	Expectativa de mudança para (hectares):					Soma 1990
	Núcleos Urbanos	Intervenção antrópica	Restinga	Mata	Outros	
Núcleos urbanos	130,77	2,88	2,25	18,72	40,59	195,21
Intervenção antrópica	46,98	302,22	1355,22	1070,19	681,48	3456,09
Restinga	74,52	927,36	3775,86	2919,15	843,66	8540,55
Mata	78,21	2334,96	4279,86	19969,56	1003,59	27666,18
Outros	25,47	332,73	583,92	947,16	6047,73	7937,01
Soma 2002	355,95	3900,15	9997,11	24924,78	8617,05	

Na Tabela 5.5 pode ser observada a comparação das taxas de ocupação de cada uso, em cada um dos períodos analisados neste estudo:

Tabela 5.5: Comparação das taxas de ocupação de cada uso do solo para os anos de 1980, 1990 e 2002 (expectativa)

	1980		1980-1990	1990		1990-2002	2002 (expectativa)	
	ha	%	% de mudança	ha	%	% de mudança	ha	%
Núcleos Urbanos	70,2	0,1	178,1	195,2	0,4	82,3	356,1	0,7
Intervenção Antrópica	279,6	0,6	1136	3456,2	7,2	12,8	3900,1	8,2
Restinga	9173,4	19,2	-6,9	8540,6	17,9	17,1	9997,1	20,9
Mata	30576,9	64	-9,5	27666,2	57,9	-9,9	24925,1	52,1
Outros Usos	7695	16,1	3,1	7936,9	16,6	8,6	8616,7	18

Estes resultados indicam a manutenção de tendência de crescimento para os usos Núcleos Urbanos, Intervenção Antrópica (embora com taxas bem menores do que as observadas entre o período 1980-1990) e Outros Usos (único uso que teve taxa de crescimento para 2002 superior àquela verificada no período anterior). Demonstram também a manutenção de tendência de decréscimo para o uso Mata, que se manteve com a mesma taxa de redução de área ocupada. O uso Restinga teve declínio de sua área de ocupação entre 1980 e 1990, porém, mostrou uma recuperação de área ocupada no período seguinte.

De modo geral, as tendências resultantes do cálculo de demanda se mostraram bastante relacionadas com a realidade do ambiente e foram aceitas para a simulação.

5.6 Avaliação de Indutores /Condicionantes de Mudanças de Uso do Solo

5.6.1 Seleção das Variáveis Independentes para o Cálculo de Alocação

Análise estatística de regressão é usada neste estudo para revelar e quantificar as relações entre as localizações de usos do solo (variáveis dependentes) e uma série de fatores explanatórios (variáveis independentes).

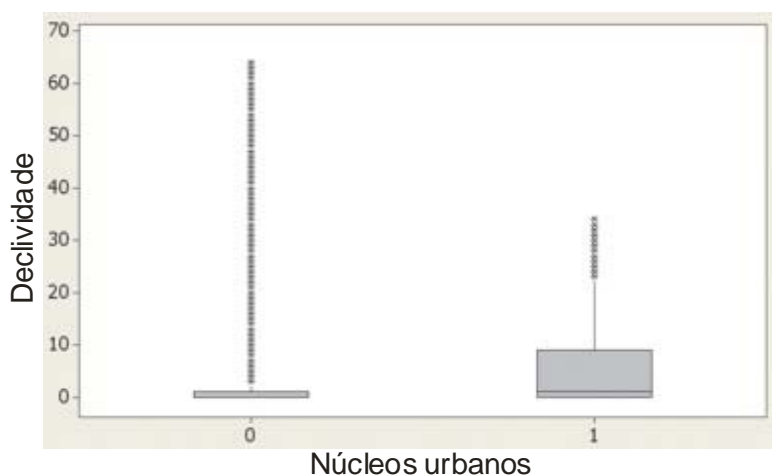
A seleção das variáveis para o cálculo de preferência de alocação, a ser feito através da Regressão Logística, teve como base o conhecimento da área em estudo, suas dinâmicas e inter-relações, mas também como base o método dos Boxplots do Programa estatístico MINITAB, que estabelece a correlação entre os fatores direcionais (variáveis independentes) e os usos (variáveis dependentes). Abaixo, segue a Tabela 5.6 com a descrição das variáveis independentes:

Tabela 5.6: Variáveis independentes e suas descrições.

	VARIÁVEIS INDEPENDENTES (Fatores Locacionais)	DESCRIÇÃO
1	Distância a Paranaguá	distância ao maior pólo comercial e de serviços da região, a cidade portuária de Paranaguá (metros)
2	Distância a Estradas	distância às estradas principais e locais (metros)
3	Distância ao mar	distância ao mar e canais (metros)
4	Declividade	Declividade (%)
5	Altitude	Altitude (metros)
6	Distância aos Núcleos Urbanos (1990)	distância às áreas de núcleos urbanos em 1990 (metros)
7	Distância às Intervenções Antrópicas (1990)	distância às áreas de intervenções antrópicas em 1990 (metros)
8	Distância à Mata (1990)	distância às áreas de mata em 1990 (metros)
9	Distância à Restinga (1990)	distância às áreas de restinga em 1990 (metros)
10	Distância aos Outros Usos (1990)	distância às áreas de outros usos em 1990 (metros)

Foram elaborados diversos boxplots, testando cada uma das 10 variáveis independentes com relação as 5 variáveis dependentes. A termos de ilustração do método, segue abaixo um dos boxplots elaborados, que relaciona o uso Núcleos Urbanos com o fator locacional "Declividade":

Figura 5.12: Boxplot de Núcleos Urbanos com relação à Declividade



Neste boxplot, pode-se observar que a maioria das áreas de Núcleos Urbanos concentram-se na faixa de declividades de 0 a 10°, e ele foi justamente selecionado enquanto fator locacional por esta propriedade, de concentração, que demonstra que o Uso Núcleos Urbanos tem uma tendência grande a ocupar tal faixa nas próximas simulações.

5.6.2 Mapas de Potencial para Alocação de Usos do Solo

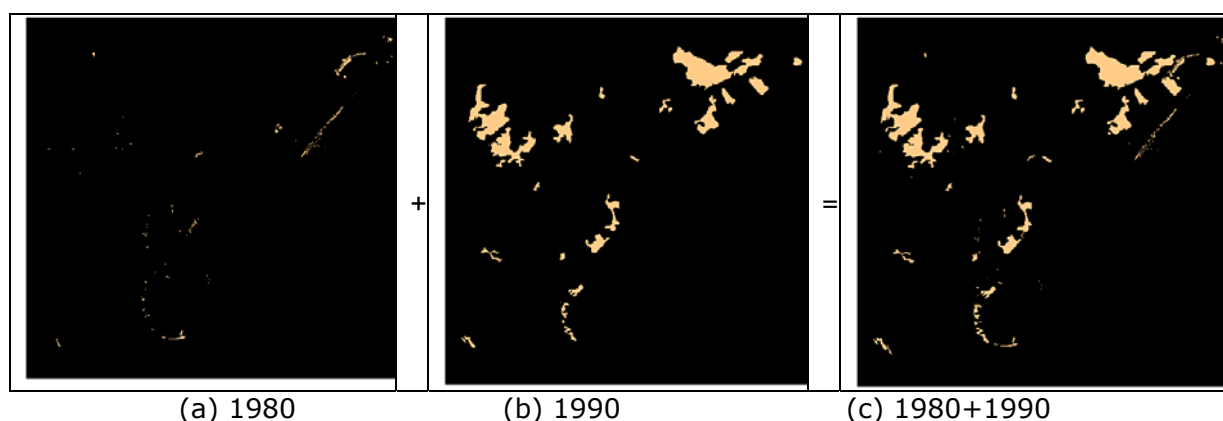
Para a análise das mudanças de Usos do Solo de uma região em função de fatores locacionais, é requerido um bom conhecimento da região em estudo; todavia, este conhecimento não é suficiente para determinar com exatidão estes fatores, indutores de mudanças, para cada transição de usos de solo. Para uma análise mais precisa, foi utilizado um método estatístico: a análise por Regressão Logística.

Conversões de uso do solo tomam espaço em localidades com a máxima preferência para um tipo específico de uso do solo em um determinado momento. Por exemplo, cultivos agrícolas (uma das intervenções antrópicas) ocorrem potencialmente em áreas com solo fértil. Os assentamentos urbanos procuram instalar-se em áreas de boa acessibilidade aos comércios e estradas, assim como áreas com declividades baixas. Este “potencial locacional” representa o resultado da interação entre os diferentes atores e processos de tomada de decisão que tenham resultado em uma configuração espacial de uso do solo. O modelo logit binomial (regressão logística) utilizado nesta

pesquisa busca identificar e quantificar essas interações, assim como mapear o “potencial locacional” para cada uso do solo.

Existe um mapa para cada uso do solo, caracterizando-o como variável dependente, ou seja, cuja localização pretende-se investigar em relação a um conjunto de fatores indutores /condicionantes. Este mapa do uso do solo é um mapa binário, que indica com o valor 1 as áreas ocupadas por este uso em 1980 e /ou 1990, e com valor zero, as áreas de mar ou ocupadas pelos demais usos do solo. Utiliza-se a área ocupada nos dois anos, pois as características locais dos sítios ocupados, tais como declividade, seu distanciamento de estradas, mar ou certos usos do solo, levaram a ocupação destes sítios e não de outros na região. A Figura 5.13 mostra as áreas ocupadas por intervenção antrópica em 1980, 1990 e o somatório das áreas para as duas datas, que é utilizado no processo de regressão logística.

Figura 5.13: Áreas ocupadas pela classe Intervenção Antrópica em 1980, 1990 e somatório destas áreas:



Além das variáveis dependentes, são necessárias para o cálculo dos mapas de potencial locacional, através da regressão logística, as variáveis independentes, que são na verdade os fatores locais, ou indutores de mudanças nos usos do solo. Para cada uma das dez variáveis descritas na Tabela 5.6, foi produzido um mapa descrevendo a distribuição espacial na região de estudo daquela característica local. Os mapas para cada fator local podem ser visualizados no Anexo 2 no final deste documento.

Estes fatores, descritos no item anterior, foram selecionados com base no conhecimento da região estudada, e suas relações com os diferentes usos do solo foram atestadas através de boxplots.

5.6.3 Regressão Logística

Esta Seção apresenta os resultados do processo de regressão logística para cada uso do solo individualmente. Os resultados mencionados incluem:

- A equação de regressão característica do uso do solo, descrita pelos fatores indutores /condicionantes e seus respectivos coeficientes matemáticos.
- O valor de qualidade da regressão desenvolvida (ROC). O valor $ROC = 1$ indica um ajuste estatístico perfeito, ou seja, que o conjunto de fatores locais está conseguindo explicar aquela locação para um determinado uso de solo ou classe, enquanto que um valor $ROC = 0.5$ indica um ajuste randômico.
- Mapa de potencial locacional para o uso do solo. Este mapa identifica as localizações mais prováveis de ocupação para cada uso do solo considerando as variações geográficas de seus condicionantes de forma integrada.

5.6.3.1 Classe de Uso do Solo: Núcleos Urbanos

A análise estatística das características das áreas ocupadas por Núcleos Urbanos na área de estudo em 1980 e 1990 considerou os seguintes fatores locais: (i) altitude, (ii) declividade, (iii) distância a vias de transporte, (iv) distância a núcleos urbanos existentes, (v) distância a Paranaguá, (vi) distância ao mar, (vii) distância a áreas de intervenção antrópica, (viii) distância a áreas de restinga.

A Tabela 5.7 descreve os coeficientes que formam a equação de regressão para o uso do solo 'Núcleos Urbanos'.

Tabela 5.7: Componentes e coeficientes da equação de regressão logística para o uso do solo Núcleos Urbanos

Variável	Coefficiente
Interseção de eixo	-1,46166642
Distância de estradas (distest)	0,00000358
Distância de Paranaguá (distpara)	0,00004281
Distância do mar (distmar)	0,00023039
Altitude (altitude)	-0,02573468
Declividade (declividade)	0,04734752

Distância de núcleos urbanos (distnucurb)	-0,02237135
Distância de áreas com intervenção antrópica (distintant)	-0,00021241
Distância de áreas de restinga (distrest)	0,00002468

Ou seja, de acordo com os dados da Tabela acima, o potencial de cada célula representativa de uma parcela da superfície da região de estudo para conversão em Núcleo Urbano na próxima etapa temporal é estimado através da seguinte equação:

$$\text{Logit (Núcleos Urbanos)} = -1,4617 + 0,000004*\text{distest} + 0,000043*\text{distpara} + 0,000230*\text{distmar} + (-0,025735*\text{altitude}) + 0,047348*\text{declividade} + (-0,022371*\text{distnucurb}) + (-0,000212*\text{distintant}) + 0,000025*\text{distrest}$$

Os indicadores de qualidade da regressão indicaram que os valores estimados de potencial locacional para este uso do solo podem ser usados para fins de investigação de indutores de mudanças de usos do solo. Obteve-se um Pseudo R_square de 0,7856 e um ROC de 0,9938.

A Figura 5.14 mostra o mapa de potencial locacional para núcleos urbanos na área de estudo.

Figura 5.14: Mapa de potencial locacional para uso do solo Núcleos Urbanos



5.6.3.2 Classe de Uso do Solo: Intervenção Antrópica

A análise estatística das características das áreas ocupadas por intervenções antrópicas na área de estudo em 1980 e 1990 considerou os seguintes fatores locais: (i) distância a estradas, (ii) altitude, (iii) declividade, (iv) distância a núcleos urbanos existentes, (v) distância a áreas de intervenção antrópica, (vi) distância a áreas de restinga, e (vii) distância a áreas de mata.

A Tabela 5.8 descreve os coeficientes que formam a equação de regressão para o uso do solo 'Intervenção Antrópica'.

Tabela 5.8: Componentes e coeficientes da equação de regressão logística para o uso do solo Intervenção Antrópica

Variável	Coefficiente
Interseção de eixo	-0,4617
Distância de estradas (distest)	0,000013
Altitude (altitude)	0,008547
Declividade (declividade)	0,032069
Distância de núcleos urbanos (distnucurb)	0,000142
Distância de áreas com intervenção antrópica (distinant)	0,006636
Distância de áreas de restinga (distrest)	0,000116
Distância de áreas de mata (distmata)	0,000593

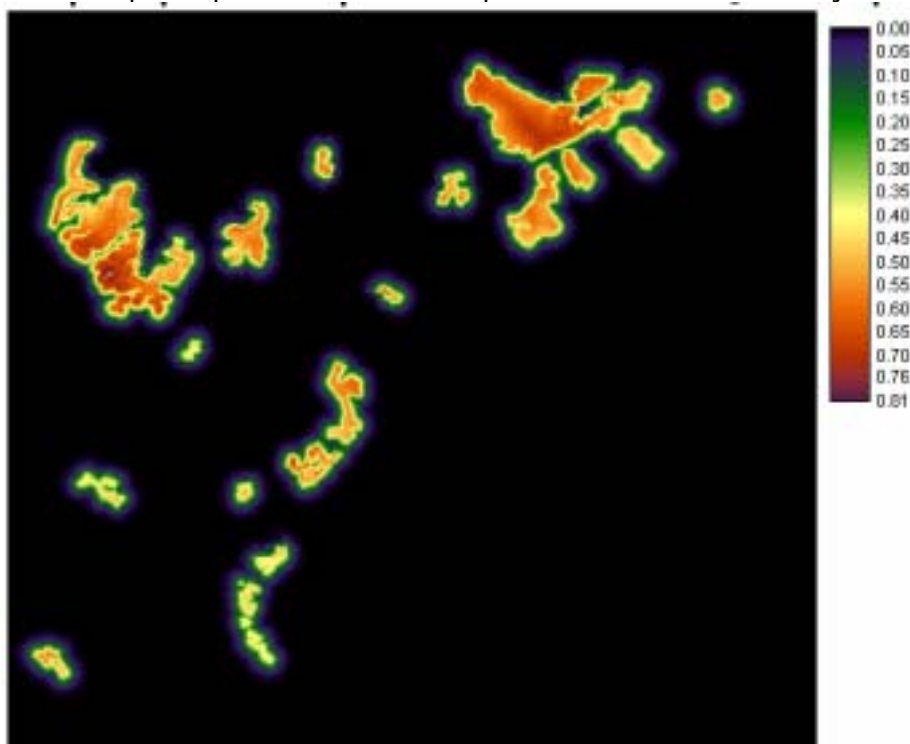
Ou seja, de acordo com os dados da Tabela acima, o potencial de cada célula representativa de uma parcela da superfície da região de estudo para conversão em Intervenção Antrópica na próxima etapa temporal é estimado através da seguinte equação:

$$\text{Logit} \quad (\text{intervenção antrópica}) = -0,4617 + 0,000013 * \text{distest} - 0,008547 * \text{altitude} + 0,032069 * \text{declividade} + 0,000142 * \text{distnucurb}_{90} + 0,006636 * \text{distinant}_{90} + 0,000116 * \text{distrestinga}_{90} + 0,000593 * \text{distmata}_{90}$$

Os indicadores de qualidade da regressão indicaram que os valores estimados de potencial locacional para este uso do solo podem ser usados para fins de investigação de indutores de mudanças de usos do solo. Obteve-se um Pseudo R_{square} de 0,6002, e um ROC de 0,9819.

A Figura 5.15 mostra o mapa de potencial locacional para Intervenção Antrópica na área de estudo.

Figura 5.15: Mapa de potencial locacional para uso do solo Intervenção Antrópica



5.6.3.3 Classe de Uso do Solo: Restinga

A análise estatística das características das áreas ocupadas por restinga na área de estudo em 1980 e 1990 considerou os seguintes fatores locais: (i) distância de estradas, (ii) distância de núcleos urbanos existentes, (iii) distância de áreas de intervenção antrópica, e (iv) distância de áreas de restinga.

A Tabela 5.9 descreve os coeficientes que formam a equação de regressão para o uso do solo 'Restinga'.

Tabela 5.9: Componentes e coeficientes da equação de regressão logística para o uso do solo Restinga

Variável	Coeficiente
Interseção de eixo	-0,07860376
Distância de estradas (distest)	-0,00001130
Distância de núcleos urbanos (distnucurb)	0,00018537
Distância de áreas com intervenção antrópica (distintant)	-0,00025255
Distância de áreas de restinga (distrest)	-0,00240787

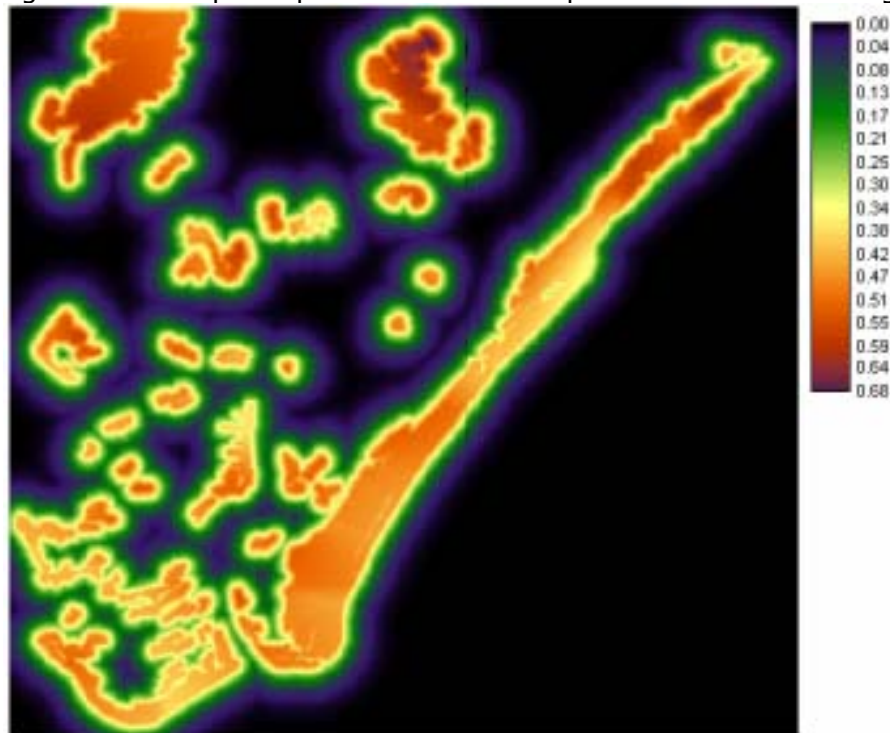
Ou seja, de acordo com os dados da Tabela acima, o potencial de cada célula representativa de uma parcela da superfície da região de estudo para conversão em Restinga na próxima etapa temporal é estimado através da seguinte equação:

$$\text{Logit (restinga)} = -0,0786 - 0,000011*\text{distest} + 0,000185*\text{distnucurb}_90 - 0,000253*\text{distintant90} - 0,002408*\text{distrestinga}_90$$

Os indicadores de qualidade da regressão indicaram que os valores estimados de potencial locacional para este uso do solo podem ser usados para fins de investigação de indutores de mudanças de usos do solo. Obteve-se um Pseudo R_square de 0,3422, e um ROC de 0,9111.

A Figura 5.16 mostra o mapa de potencial locacional para Restinga na área de estudo.

Figura 5.16: Mapa de potencial locacional para uso do solo Restinga



5.6.3.4 Classe de Uso do Solo: Mata

A análise estatística das características das áreas ocupadas por mata na área de estudo em 1980 e 1990 considerou os seguintes fatores locacionais: (i) distância a estradas, (ii) distância a núcleos urbanos existentes, (iii) distância a áreas de intervenção antrópica, e (iv) distância a áreas de mata

A Tabela 5.10 descreve os coeficientes que formam a equação de regressão para o uso do solo 'Mata'.

Tabela 5.10: Componentes e coeficientes da equação de regressão logística para o uso do solo Mata

Variável	Coeficiente
Interseção de eixo	1,08153233
Distância de estradas (distest)	0,00040040
Distância de núcleos urbanos (distnucurb)	-0,00001151
Distância de áreas com intervenção antrópica (distinant)	-0,00012224
Distância de áreas de mata (distmata)	-0,00607053

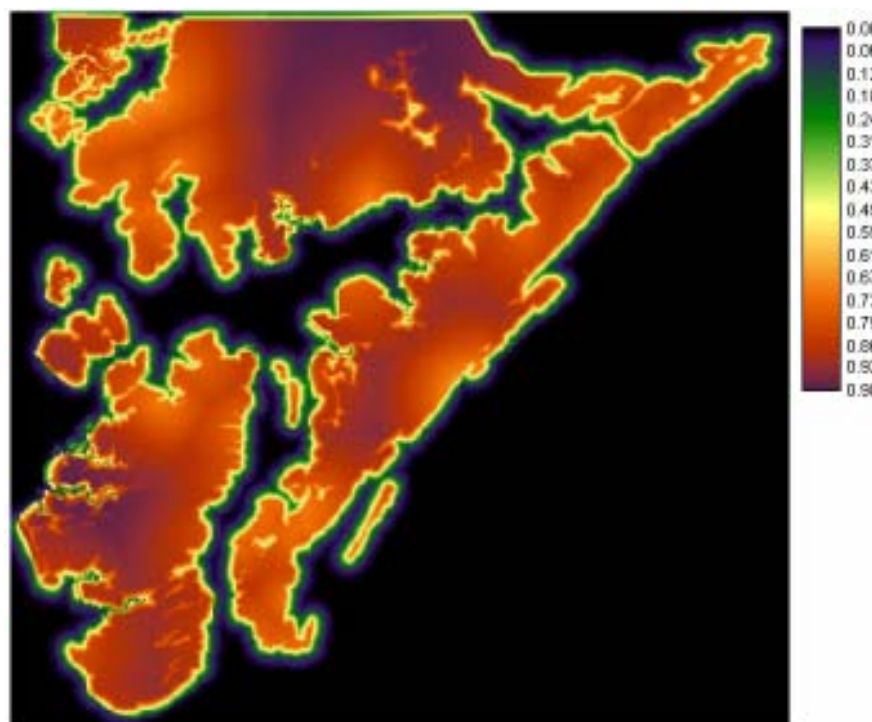
Ou seja, de acordo com os dados da Tabela acima, o potencial de cada célula representativa de uma parcela da superfície da região de estudo para conversão em mata na próxima etapa temporal é estimado através da seguinte equação:

$$\text{Logit (mata)} = 1,0815 + 0,000400 * \text{distest} - 0,000012 * \text{distnucurb}_{90} - 0,000122 * \text{distinant}_{90} - 0,006071 * \text{distmata}_{90}$$

Os indicadores de qualidade da regressão indicaram que os valores estimados de potencial locacional para este uso do solo podem ser usados para fins de investigação de indutores de mudanças de usos do solo. Obteve-se um Pseudo R_square de 0,6336, e um ROC de 0,9694.

A Figura 5.17 mostra o mapa de potencial locacional para Mata na área de estudo.

Figura 5.17: Mapa de potencial locacional para uso do solo Mata



5.6.3.5 Classe de Uso do Solo: Outros Usos

A análise estatística das características das áreas ocupadas por outros usos na área de estudo em 1980 e 1990 considerou os seguintes fatores locais: (i) distância a estradas, (ii) distância a núcleos urbanos existentes, (iii) distância a áreas de intervenção antrópica, (iv) distância a áreas de outros usos, e (v) distância ao mar.

A Tabela 5.11 descreve os coeficientes que formam a equação de regressão para o uso do solo 'Outros Usos'.

Tabela 5.11: Componentes e coeficientes da equação de regressão logística para o uso do solo Outros Usos

Variável	Coefficiente
Interseção de eixo	0,70045110
Distância de estradas (distest)	0,00057226
Distância de núcleos urbanos (distnucurb)	0,00013642
Distância de áreas com intervenção antrópica (distinant)	-0,00028566
Distância de áreas de outros usos (distout)	-0,02550544
Distância do mar (distmar)	-0,00112815

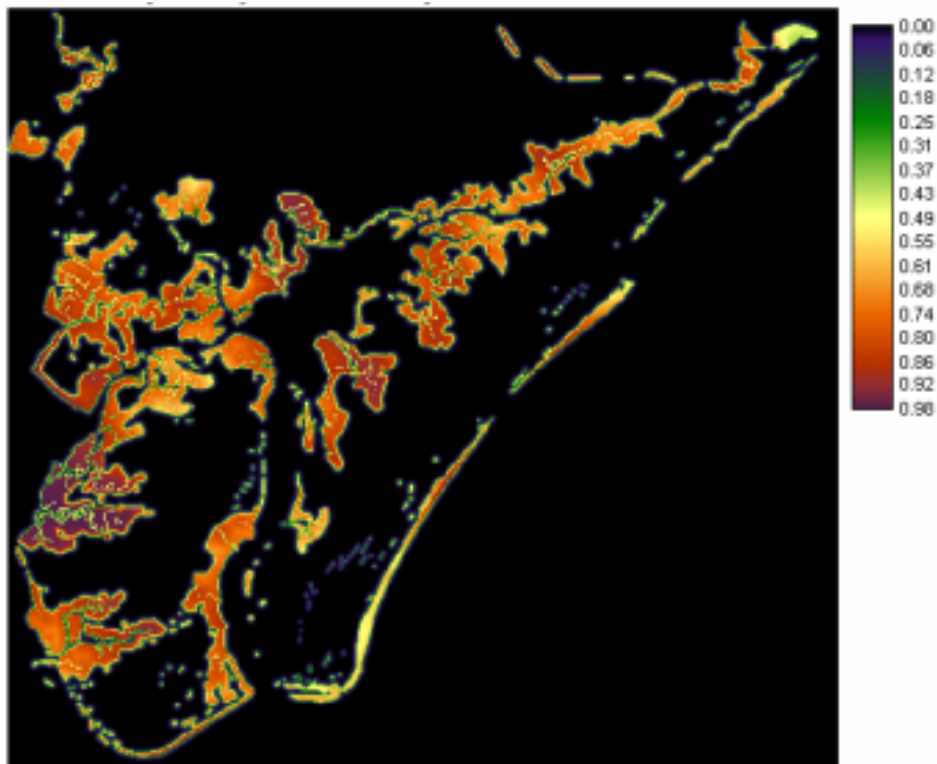
Ou seja, de acordo com os dados da Tabela acima, o potencial de cada célula representativa de uma parcela da superfície da região de estudo para conversão em outros usos na próxima etapa temporal é estimado através da seguinte equação:

$$\text{Logit}(\text{outros usos}) = 0,7005 + 0,000572 * \text{distest} + 0,000136 * \text{distnucurb}_90 - 0,000286 * \text{distinant}_90 - 0,025505 * \text{distoutros}_90 - 0,001128 * \text{distmar}$$

Os indicadores de qualidade da regressão indicaram que os valores estimados de potencial locacional para este uso do solo podem ser usados para fins de investigação de indutores de mudanças de usos do solo. Obteve-se um Pseudo R_square de 0.6995, e um ROC de 0.9873.

A Figura 5.18 mostra o mapa de potencial locacional para Outros Usos na área de estudo.

Figura 5.18: Mapa de potencial locacional para uso do solo Outros Usos



Os resultados das equações foram bastante positivos, tendo boas médias de ROC, que indica o quanto uma variável independente (um determinado uso do solo) está sendo explicada pelas variáveis dependentes (fatores locacionais). Além disso, pelo conhecimento da região, percebe-se que os resultados respondem à lógica da situação observada e são, portanto, pertinentes enquanto metodologia de análise de relação dos fatores com os usos.

5.7 Simulação das Mudanças de Uso do Solo

5.7.1 Definição dos Cenários

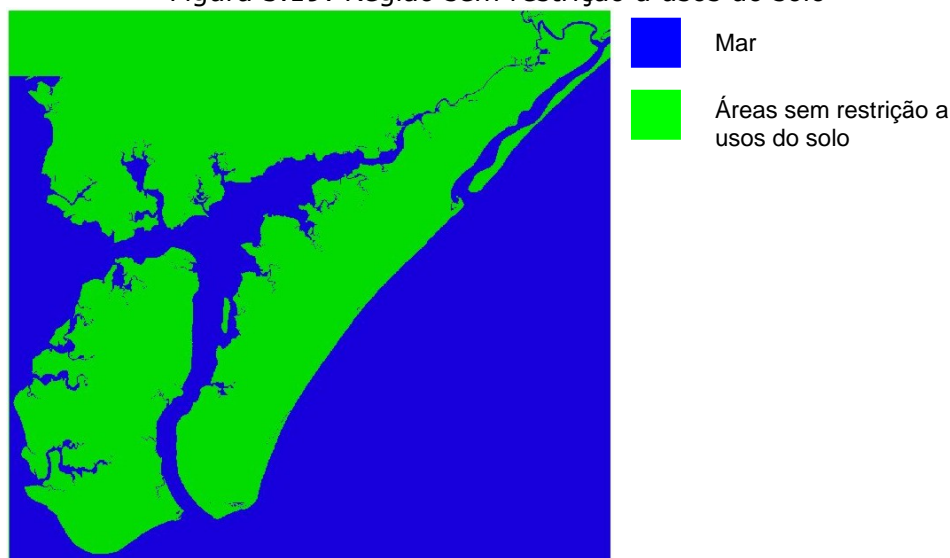
Com base nos mapas de potencial locacional para cada uso do solo, produzidos por regressão logística, e nas demandas de mudança de uso do solo, estimadas por cadeias de Markov, esta etapa de aplicação da metodologia simula a distribuição espacial dos usos do solo na área de estudo para o ano de 2002 por meio de um modelo de autômatos celulares. Três simulações são produzidas, cada uma ilustrando um cenário representativo de

diferentes níveis de restrição à atividades humanas e usos do solo. Esses cenários são descritos a seguir.

Cenário 1 - Região sem Restrição a Usos do Solo

Neste cenário considera-se que toda a área de estudo está suscetível a sofrer qualquer mudança de uso do solo. Ele ilustra a situação de inexistência de qualquer política de conservação ambiental e total liberdade de desenvolvimento (Figura 5.19).

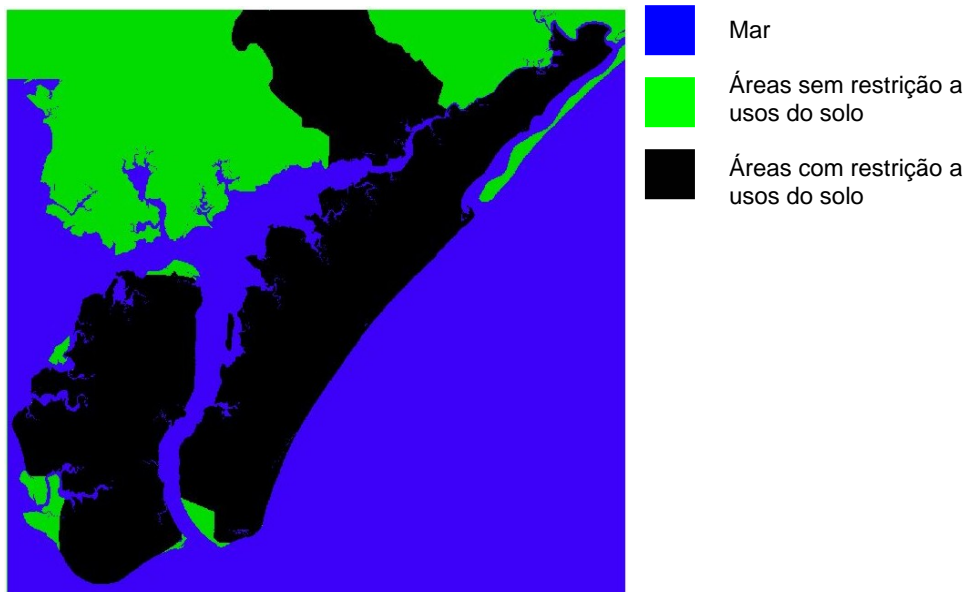
Figura 5.19: Região sem restrição a usos do solo



Cenário 2 - Região com Restrição Total a Usos do Solo

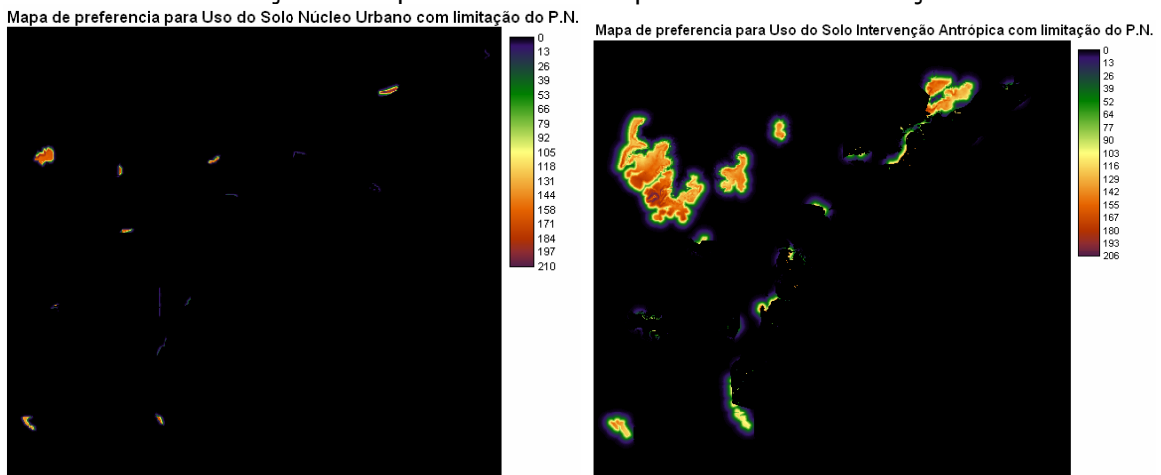
Este cenário representa a situação real existente na área de estudo desde a implantação do Parque Nacional de Superagui em 1989. A área indicada em preto na Figura 5.20 mostra a delimitação de Parque Nacional determinada por lei, onde o desenvolvimento de usos do solo relacionados com atividades humanas é restringido (núcleos urbanos e atividades antrópicas).

Figura 5.20: Região com restrição total a usos do solo



Para este cenário com restrições geográficas ao desenvolvimento foram elaborados mapas com o potencial locacional para os usos do solo Núcleos Urbanos e Intervenção Antrópica, à parte, obtidos através da multiplicação do mapa resultante da regressão logística destes usos pelo mapa de restrições, anulando assim as possibilidades de desenvolvimento destes usos dentro das áreas não permitidas (Figura 5.21).

Figura 5.21: Mapas com as preferências para os usos do solo Núcleos Urbanos e Intervenção Antrópica recalculados para a área de restrição total

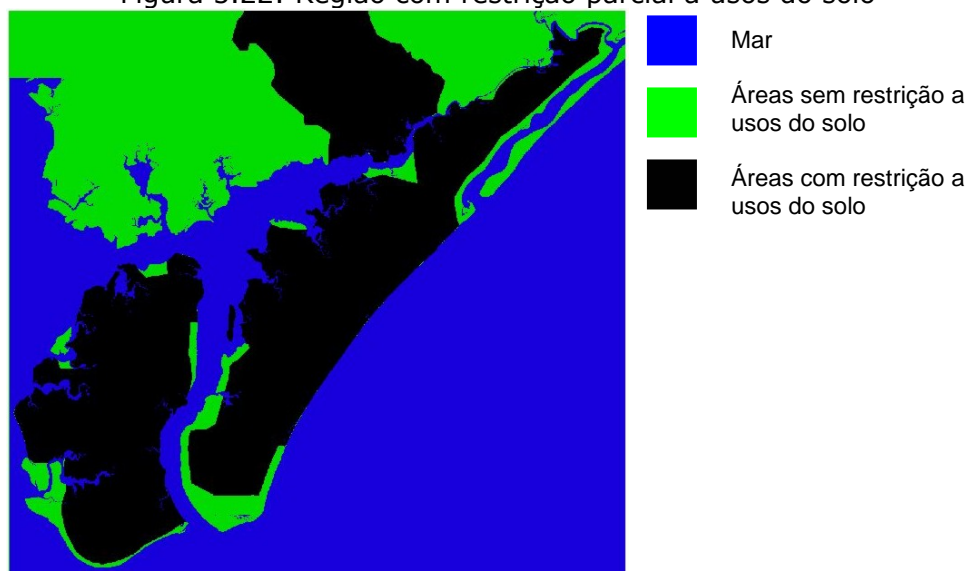


Cenário 3 - Região com Restrição Parcial a Usos do Solo

Este cenário ilustra uma política conservacionista alternativa à política atualmente adotada na área de estudo. Esta política delimita uma menor área de restrição às atividades humanas, dando maior liberdade de desenvolvimento das áreas com ocupação humana em seus locais originais de

assentamento, deixando uma pequena área no entorno de cada uma das comunidades existentes fora dos limites do Parque Nacional (Figura 5.22).

Figura 5.22: Região com restrição parcial a usos do solo



O mesmo procedimento adotado no Cenário 2 com relação aos mapas de potencial locacional para os usos do solo Núcleos Urbanos e Intervenção Antrópica ocorreu neste caso, anulando assim as possibilidades de desenvolvimento destes usos dentro das áreas não permitidas.

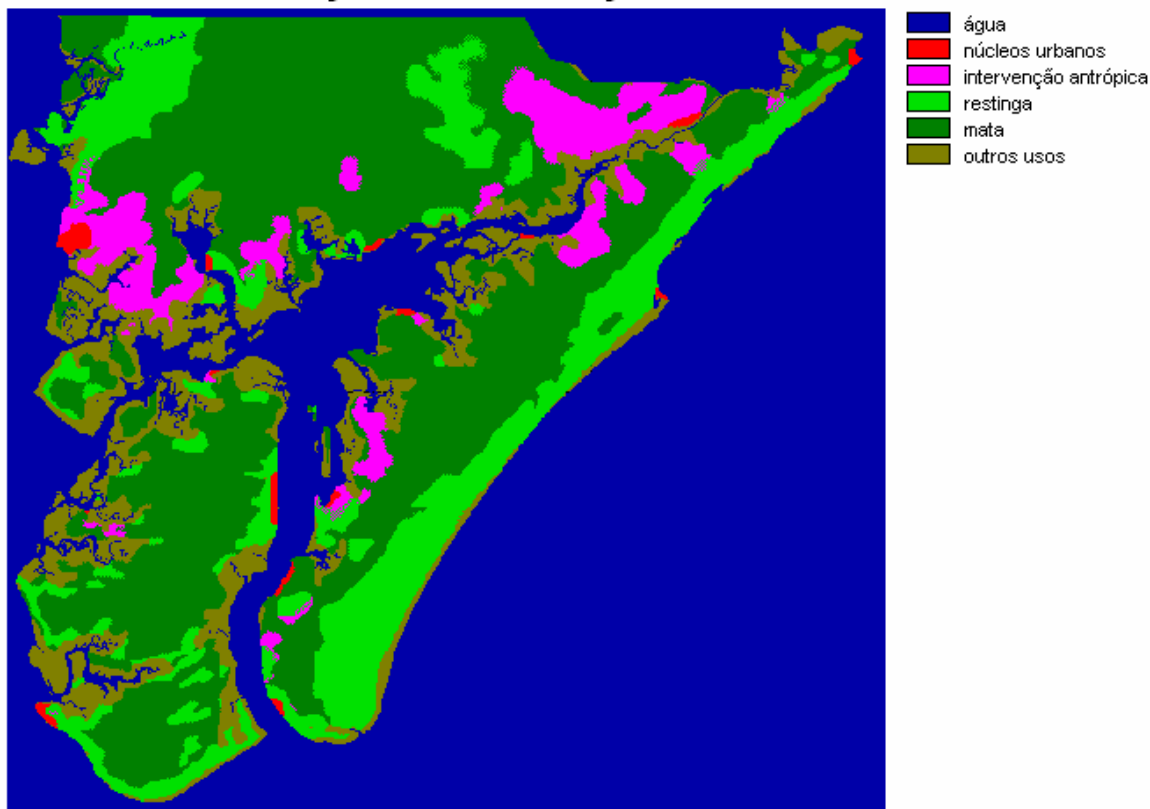
5.7.2 Simulação de cenários

5.7.2.1 Simulação 1: Região sem Restrição a Usos do Solo

Nesta simulação trabalhou-se com o cenário 1 "Região sem restrição a usos do solo", de modo a verificar a dinâmica de ocupação natural da área, sem intervenções de políticas e tampouco direcionamentos de desenvolvimento. A Figura 5.23 mostra a distribuição de usos do solo na área de estudo para o ano 2002 resultante da simulação para o cenário sem restrições geográficas a usos do solo.

Figura 5.23: Usos do solo em 2002 para a Simulação 1: Região sem restrição a usos do solo.

Simulação 1 - sem restrições



A área ocupada por cada uso do solo em 2002 é a mesma para as Simulações 1, 2 e 3, o que se altera de uma simulação para outra é o padrão espacial da distribuição de usos do solo sobre o território. A Tabela 5.12 quantifica a área de cada uso do solo para as simulações, excluindo a área de mar.

Tabela 5.12: Área ocupada pelos usos do solo em 2002 de acordo com as simulações

	Classes de Uso do Solo	Área coberta pelo Uso (hectare)	Área coberta pelo Uso (%)
1	Núcleos Urbanos	356,1	0,74
2	Intervenção Antrópica	3900,1	8,16
3	Restinga	9997,6	20,92
4	Mata	24925,1	52,15
5	Outros	8616,2	18,03

Através do processo de tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo de 1990 e da Simulação 1 para o ano de 2002, analisaram-se as principais transformações e tendências ocorridas neste intervalo. A Tabela 5.13 apresenta de forma quantificada as áreas e proporções de todas as mudanças de uso do solo possíveis entre as classes de uso utilizadas no estudo. Uma interpretação desses números é apresentada a seguir.

Tabela 5.13: Tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo de 1990 e da Simulação 1 para 2002

Tabulação Cruzada entre os usos do solo de 1990 (colunas) e 2002 (linhas)						
Unidade: hectare						
	Núcleos Urbanos	Intervenção Antrópica	Restinga	Mata	Outros Usos	Total 2002
Núcleos Urbanos	181,5	52,3	58,7	61,4	2,2	356,1
Intervenção Antrópica	0	2740,3	0,2	1156,1	3,5	3900,1
Restinga	0	347,3	8122,7	1463,6	63,5	9997,1
Mata	0	0,3	41,3	24839,8	43,7	24925,1
Outros Usos	13,7	316	317,7	145,3	7824	8616,7
Total 1990	195,2	3456,2	8540,6	27666,2	7936,9	
Tabulação Cruzada proporcional entre os usos do solo de 1990 (colunas) e 2002 (linhas)						
Unidade: %						
	Núcleos Urbanos	Intervenção Antrópica	Restinga	Mata	Outros Usos	Total 2002
Núcleos Urbanos	0,43	0,12	0,07	0,14	0	0,76
Intervenção Antrópica	0	6,34	0	2,67	0	9
Restinga	0	0,81	8,73	3,38	0,14	13,06
Mata	0	0	0,04	57,49	0,1	57,63
Outros Usos	0,02	0,74	0,34	0,33	18,1	19,54
Total 1990	0,45	8,01	9,18	64,01	18,35	100

Interpretação:

Deve-se notar que este seria o cenário mais assustador de degradação do ambiente, haja vista a inexistência de uma política reguladora de usos, especialmente tomando-se como base as taxas de crescimento observadas no período compreendido entre 1980 e 1990, que são taxas mais altas que as taxas reais, observadas no período 1990 a 2002.

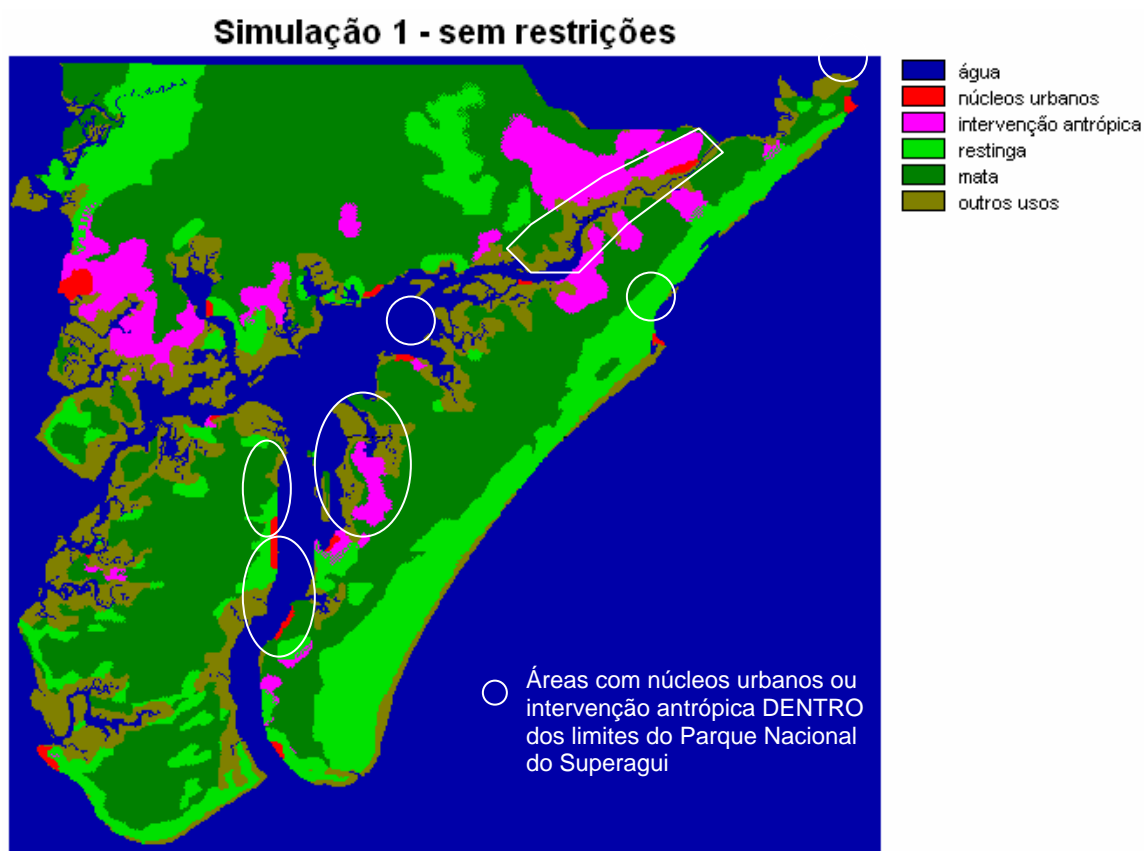
A simulação demonstrou que a área ocupada por núcleos urbanos cresceu em cerca de 80% na região de estudo ao longo dos doze anos compreendidos entre 1990 e 2002. Este crescimento ocorreu na forma de expansão das áreas já existentes na região, sem a verificação do aparecimento de novos núcleos. Cerca de 1/3 da expansão se deu sobre áreas com intervenção antrópica prévia, os restantes 2/3 da expansão se deram em áreas de mata e restinga. Parte dessa expansão (cerca de 40%, Tabela 5.14) ocorreu dentro da área atualmente delimitada como Parque Nacional (não considerada como restrição nesta simulação).

As áreas com intervenção antrópica também aumentaram, porém com uma taxa bem mais modesta (cerca de 12%). Quase a totalidade desta

expansão ocorreu sobre áreas previamente ocupadas por mata. A maior parte da expansão de áreas com intervenção antrópica ocorreu dentro da área atualmente delimitada como parque nacional (cerca de 53%, Tabela 5.14).

A Figura 5.24 indica sobre a região de estudo as áreas com núcleo urbano e intervenção antrópica existentes em 2002 de acordo com a Simulação 1 situadas dentro dos limites do Parque Nacional.

Figura 5.24: Núcleos urbanos e áreas com intervenção antrópica situados dentro dos limites do Parque Nacional em 2002 para a Simulação 1



Esta simulação mostra ainda uma perda de área de mata de 2741 hectares entre os períodos de 1990 e 2002 (Simulação 1). Metade deste 'desflorestamento' ocorreu em áreas onde os núcleos urbanos e as intervenções antrópicas expandiram-se. Na outra metade as áreas de floresta foram substituídas por restinga. Cabe salientar que 2/3 da redução de áreas de floresta ocorreu dentro dos limites do atual Parque Nacional (Tabela 5.14).

Tabela 5.14: Extensão e localização de algumas mudanças de uso do solo entre 1990 e 2002 (Simulação 1)

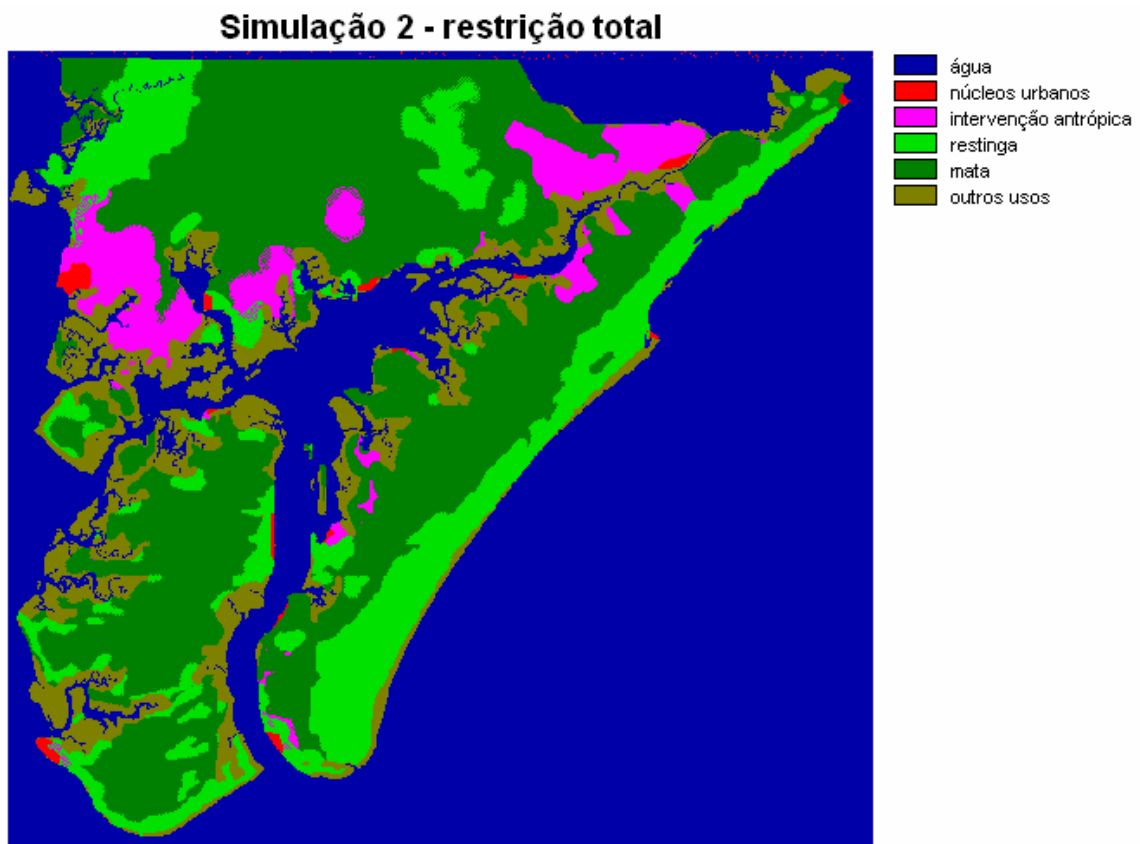
	Dentro do Parque Nacional		Fora do Parque Nacional	
	ha	%	ha	%
Expansão de núcleos urbanos	142,8	40,1	213	59,9
Expansão de intervenção antrópica	2062	52,9	1838	47,1
Redução de áreas de mata	1874	66,3	953	33,7

5.7.2.2 Simulação 2: Região com restrição total

Na segunda simulação trabalhou-se com o cenário “Região com Restrição Total”, para a verificação da dinâmica de ocupação da área, com severas restrições de desenvolvimento. Este é o cenário que busca retratar a situação real atual da região de estudo.

A Figura 5.25 mostra a distribuição de usos do solo na área de estudo para o ano 2002 resultante da simulação para o cenário com restrição geográfica total a usos do solo.

Figura 5.25: Usos do solo em 2002 para a Simulação 2: Região com restrição total a usos do solo.



Através do processo de tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo de 1990 e da simulação 2 para o ano de 2002, analisaram-se as principais transformações e tendências ocorridas neste intervalo. A Tabela 5.15

apresenta de forma quantificada as áreas e proporções de todas as mudanças de uso do solo possíveis entre as classes de uso utilizadas no estudo. Uma interpretação desses números é apresentada a seguir.

Tabela 5.15: Tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo de 1990 e da Simulação 2 para 2002

Tabulação Cruzada entre os usos do solo de 1990 (colunas) e 2002 (linhas)						
Unidade: hectare						
	Núcleos Urbanos	Intervenção Antrópica	Restinga	Mata	Outros Usos	Total 2002
Núcleos Urbanos	183,9	65,7	56,3	46,8	3,5	356,1
Intervenção Antrópica	0	2547,8	0,8	1347,4	4,1	3900,1
Restinga	0	322,2	8129,6	1484	61,9	9997,7
Mata	1,4	215,2	33,5	24632	43,4	24925,1
Outros Usos	9,9	305,3	320,5	156,4	7824,2	8616,2
Total 1990	195,2	3456,2	8540,6	27666	7936,9	
Tabulação Cruzada proporcional entre os usos do solo de 1990 (colunas) e 2002 (linhas)						
Unidade: %						
	Núcleos Urbanos	Intervenção Antrópica	Restinga	Mata	Outros Usos	Total 2002
Núcleos Urbanos	0,39	0,11	0,09	0,09	0	0,67
Intervenção Antrópica	0	5,32	0	2,82	0	8,15
Restinga	0	0,65	17,03	3,1	0,13	20,91
Mata	0	0,47	0,09	51,58	0,09	52,23
Outros Usos	0,02	0,65	0,67	0,32	16,38	18,04
Total 1990	0,41	7,2	17,87	57,92	16,6	100

Interpretação:

Com a aplicação de uma grande limitação ao desenvolvimento, observa-se uma maior concentração de células ocupadas pelos Usos Núcleos Urbanos e Intervenção Antrópica na área ocupada pela comunidade Barra do Superagui, sul da Ilha do Superagui, e na parte continental, que são justamente as áreas que ficaram fora dos limites do Parque Nacional, e resultando em um cenário semelhante à situação real ocorrida.

Além disso, pode-se observar que grande parte das áreas com intervenção antrópica no ano de 1990 dentro da área atualmente delimitada pelo parque foi coberta até o período de 2002 por mata e restinga. Este processo é reflexo da recuperação do ambiente natural visto as restrições à permanência e atividades das comunidades humanas dentro da área do parque.

A Tabela 5.16 resume a extensão e localização das principais mudanças de uso do solo na região de estudo. Importante salientar que em 1990 existiam 70,5 ha ocupados por núcleos urbanos e 1827 hectares com intervenção antrópica.

Tabela 5.16: Extensão e localização de algumas mudanças de uso do solo entre 1990 e 2002 (Simulação 2)

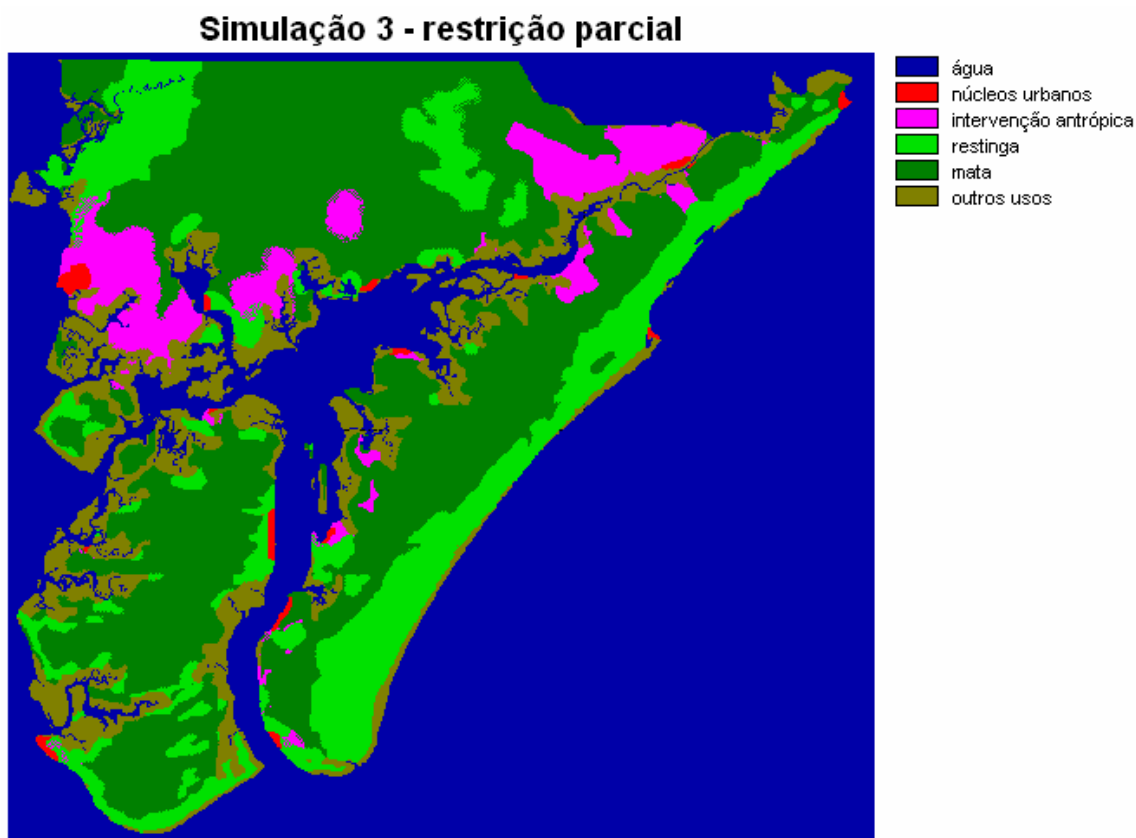
	Dentro do Parque Nacional		Fora do Parque Nacional	
	ha	%	ha	%
Expansão de núcleos urbanos	69,6	19,6	286,4	80,4
Expansão de intervenção antrópica	1213	31,1	2687	68,9
Redução de áreas de mata	1213	40,1	1812	59,9

5.7.2.3 Simulação 3: Região com Restrição Parcial

Na terceira simulação trabalhou-se com o cenário "Região com Restrição Parcial", para a verificação da dinâmica de ocupação da área, com restrições mais amenas de desenvolvimento.

A Figura 5.26 mostra a distribuição de usos do solo na área de estudo para o ano 2002 resultante da simulação para o cenário com restrição geográfica parcial a usos do solo.

Figura 5.26: Usos do solo em 2002 para a Simulação 3: Região com restrição parcial a usos do solo.



A Tabela 5.17 apresenta de forma quantificada as áreas e proporções de todas as mudanças de uso do solo possíveis entre as classes de uso utilizadas no estudo, obtidas por tabulação cruzada dos mapas de uso do solo de 1990 e 2002 (Simulação 3).

Tabela 5.17: Tabulação Cruzada entre os mapas de uso do solo de 1990 e da Simulação 3 para 2002

Tabulação Cruzada entre os usos do solo de 1990 (colunas) e 2002 (linhas)						
Unidade: hectare						
	Núcleos Urbanos	Intervenção Antrópica	Restinga	Mata	Outros Usos	Total 2002
Núcleos Urbanos	182,5	47,9	59,5	64,1	2,2	356,1
Intervenção Antrópica	0	2568,9	1,9	1325,1	4,2	3900,1
Restinga	0	321,3	8120	1492,6	63,7	9997,6
Mata	0	216,4	41,6	24624,1	43,1	24925,1
Outros Usos	12,7	301,8	317,7	160,4	7823,7	8616,2
Total 1990	195,2	3456,2	8540,6	27666,2	7936,9	
Tabulação Cruzada proporcional entre os usos do solo de 1990 (colunas) e 2002 (linhas)						
Unidade: %						
	Núcleos Urbanos	Intervenção Antrópica	Restinga	Mata	Outros Usos	Total 2002
Núcleos Urbanos	0,39	0,11	0,13	0,13	0	0,75
Intervenção Antrópica	0	5,39	0	2,78	0	8,16
Restinga	0	0,67	17	3,1	0,13	20,9
Mata	0	0,45	0,09	51,53	0,09	52,15
Outros Usos	0,02	0,62	0,67	0,34	16,37	18,03
Total 1990	0,41	7,24	17,88	57,88	16,59	100

Interpretação:

Nesta simulação, que contou com uma restrição um pouco menor (pequenas áreas no entorno das comunidades existentes deixadas como margem de desenvolvimento), obteve-se um cenário de distribuição das células ocupadas pelos usos Núcleos Urbanos e Intervenção Antrópica bastante semelhante à primeira simulação, ou seja, uma distribuição equitativa entre as áreas já ocupadas. Pode-se observar que apesar de contar com taxas altas de crescimento, comparativamente às taxas mais recentes de crescimento, as áreas desenvolvidas sob a ação humana não chegaram muito próximas das bordas, tendo-se ainda uma boa área de estoque de desenvolvimento.

Pode-se ver porém que neste caso, mesmo permitindo o desenvolvimento de comunidades tradicionais locais, a restrição de usos do

solo no interior do parque serviu para reduzir as perdas de floresta dentro desta área, assim como a recuperação do ambiente natural sobre áreas antes impactadas por intervenção antrópica.

A Tabela 5.18 demonstra que as maiores extensões de mudanças de uso do solo relacionadas à expansão de núcleos urbanos e áreas com intervenção antrópica, assim com a redução de áreas de matas se deu majoritariamente em sítios fora da área atualmente delimitada como Parque Nacional. Cabe salientar que esta Tabela, ao delimitar transformações dentro e fora do parque, considera os limites oficiais do Parque Nacional, e não aquela delimitação hipotética utilizada no cenário 3.

Tabela 5.18: Extensão e localização de algumas mudanças de uso do solo entre 1990 e 2002 (Simulação 3)

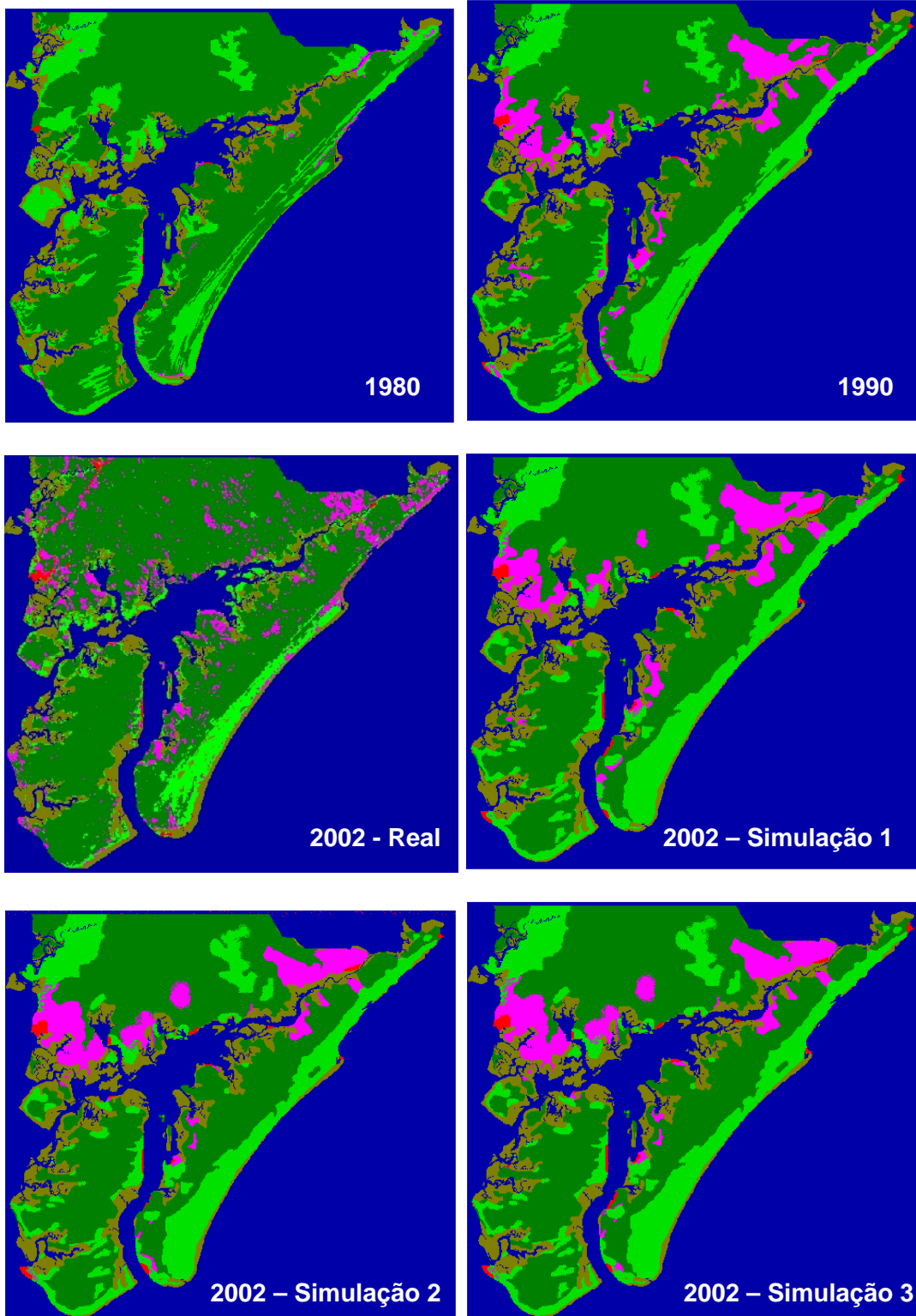
	Dentro do Parque Nacional		Fora do Parque Nacional	
	ha	%	ha	%
Expansão de núcleos urbanos	146,8	41,2	209,3	58,8
Expansão de intervenção antrópica	1267,2	32,5	2632,9	67,5
Redução de áreas de mata	1304,1	42,9	1738	57,1

5.8 Análise dos Resultados

Depois de produzidos os mapas de uso do solo para diferentes períodos históricos, assim como para diferentes cenários de conservação ambiental, abordaremos aspectos relacionados ao tema e método de pesquisa através de uma análise comparativa desses mapas.

A Figura 5.27 apresenta a distribuição espacial dos usos do solo para o ano de 1980, 1990 e 2002 (situação real e as três simulações), com o objetivo de facilitar ao leitor uma visualização comparativa dos mapas de uso do solo produzidos neste estudo.

Figura 5.27: Mapa de Uso do solo em 1980, 1990, e 2002(situação real, e simulações 1, 2 e 3).

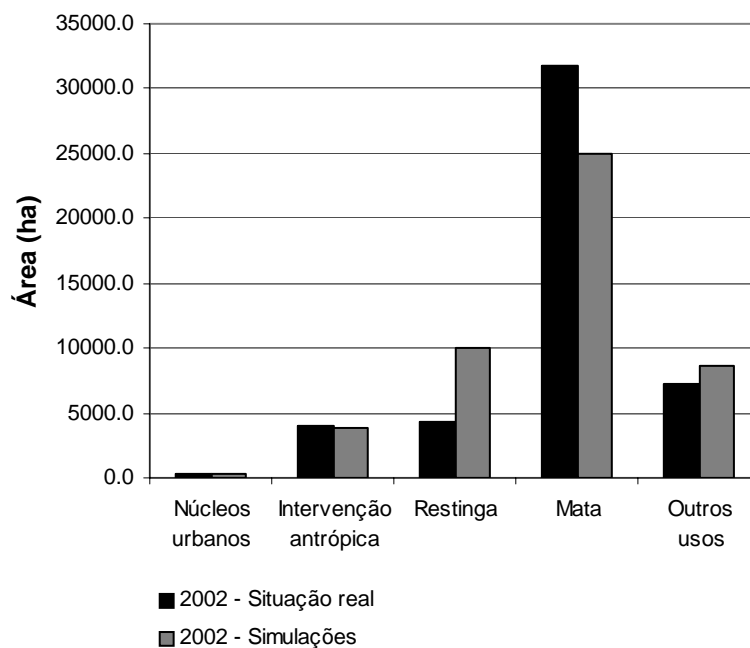


5.8.1 A Situação Real e a Simulação 2: Validação do Método

Inicialmente, comparamos o mapa de usos do solo em 2002 com a situação real da área de estudo, e o mapa de usos do solo para 2002 com a simulação 2, que busca representar a situação atual de restrição à usos e atividades humanas dentro do Parque Nacional. Esta comparação serve para analisar a validade do método empregado para as previsões feitas quanto ao tipo, extensão e localização de mudanças de usos do solo na região de estudo.

Temos abaixo um gráfico comparativo com a área ocupada por cada um dos usos do solo em 2002 (Figura 5.28), tomando a situação real e as simulações, que tiveram a demanda calculada por Markov. Nota-se que a simulação predisse bem a área de expansão de núcleos urbanos e intervenção antrópica, havendo uma pequena subestimação da área de matas e uma relativa superestimação da área coberta por restinga.

Figura 5.28: Gráfico de comparação entre as áreas ocupadas pelos usos do solo em 2002, na situação real, e nas simulações.



Existiram algumas diferenças entre a situação real e a Simulação 2 quanto ao padrão espacial das distribuições de usos do solo, principalmente quanto à grande quantidade de manchas esparsas no mapa real de 2002, que não se repetiram nas simulações. Deve-se atentar, entretanto, para o fato de o mapa de 2002, situação real, ser resultante do processo de "classificação de

imagens”, tendo como base uma imagem de satélite, o que o diferencia dos mapas de 1980 e 1990, que foram produzidos pelo IPARDES e pelo Exército, mapas estes que serviram de base para a simulação. Apesar de algumas diferenças locais entre os mapas, eles possuem uma consistência global do padrão de distribuição. Por exemplo, a localização dos mangues, os sítios com os maiores núcleos urbanos, as áreas de floresta e restinga, apresentam significativa similaridade.

5.8.2 Simulação 1 e 2: Impactos da Inexistência de Políticas Conservacionistas

As Simulações 1 e 2 representam cenários extremos. A Simulação 1 representa a inexistência de qualquer política de proteção ambiental enquanto que na Simulação 2 a delimitação do Parque Nacional com restrição total impede o desenvolvimento de diversas atividades e usos do solo.

Busca-se analisar aqui, com base nas simulações desenvolvidas, o impacto potencial da permissividade de atividades humanas em área de interesse ambiental, por um lado, e a efetividade do emprego de políticas restritivas de conservação ambiental, por outro lado.

Tendo em vista que as duas simulações apresentam as mesmas áreas de expansão para cada uso, fizemos uma análise não da extensão da mudança, mas do padrão locacional das transições de uso do solo mais significativas em termos de conservação ambiental. Analisamos a expansão dos núcleos urbanos e da intervenção antrópica e a redução das áreas de mata, separando-as entre aquelas que ocorrem dentro da área delimitada para o Parque Nacional e fora de seus limites.

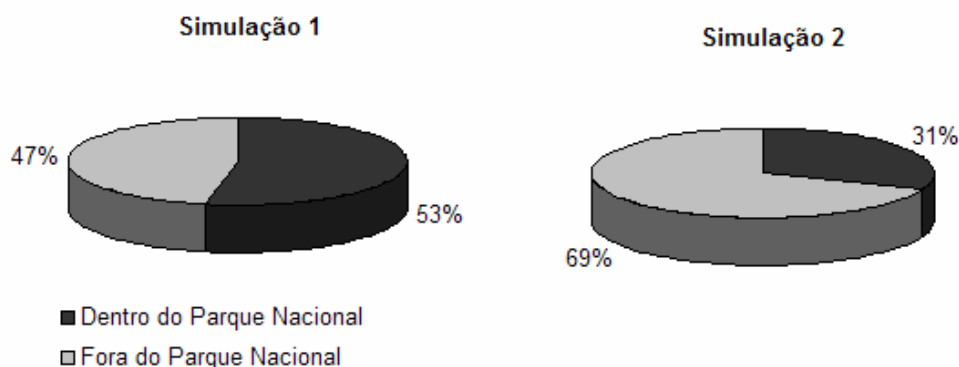
A Figura 5.29 mostra que na situação sem restrições (Simulação 1) mais da metade da expansão urbana (60%) ocorreu fora da área do parque, onde seria permitido desenvolvimento mesmo com restrições. Entretanto, observa-se também que quando a restrição total é adotada (Simulação 2), a expansão urbana dentro do parque reduz-se significativamente em relação a simulação 1 (passa de 40% para 20%).

Figura 5.29: Gráficos de comparação entre a expansão de núcleos urbanos, dentro e fora do Parque Nacional para as simulações 1 e 2



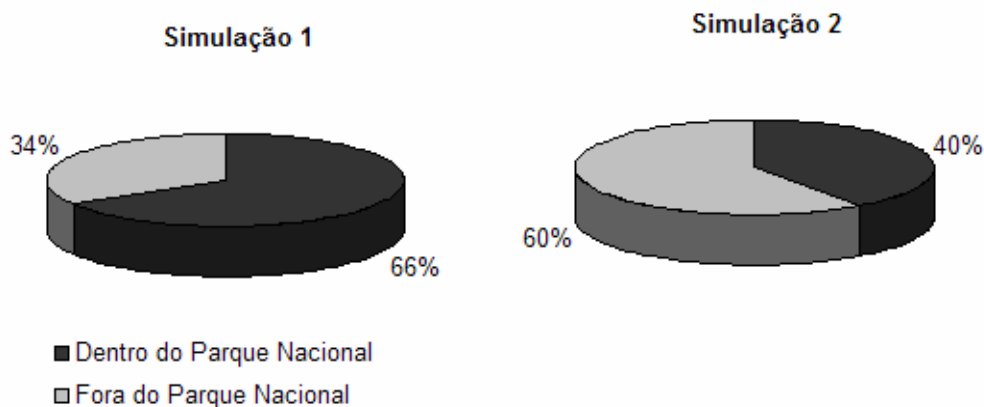
A intervenção antrópica ocorre metade dentro e metade fora da área do parque para a Simulação 1 (sem restrições). O emprego da restrição na área do Parque alterou este quadro, reduzindo para cerca de 30% apenas da expansão de intervenção antrópica dentro da área do parque (Figura 5.30).

Figura 5.30: Gráficos de comparação entre a expansão de áreas com intervenção antrópica, dentro e fora do Parque Nacional para as simulações 1 e 2



De forma semelhante, a perda de floresta dentro da área do parque é reduzida quando a política restritiva é aplicada. No cenário sem restrições quase 70% da perda florestal do período ocorreu dentro da área do Parque Nacional, enquanto que no cenário de restrição total, 60% da perda de mata ocorreu em área fora dos limites de proteção ambiental.

Figura 5.31: Gráficos de comparação entre a redução de áreas de mata, dentro e fora do Parque Nacional para as simulações 1 e 2



De modo geral, pode-se ver que a inexistência de qualquer política poderia ter sérias conseqüências ao meio ambiente da região a médio e longo prazo.

5.8.3 Simulação 2 e 3: Compatibilização entre Preservação Ambiental e Desenvolvimento de Comunidades Tradicionais

As Simulações 2 e 3 representam cenários alternativos. A Simulação 2 representa a situação atual de máxima restrição a usos do solo, enquanto que a Simulação 3 utiliza uma restrição parcial, permitindo desenvolvimento em torno de comunidades existentes.

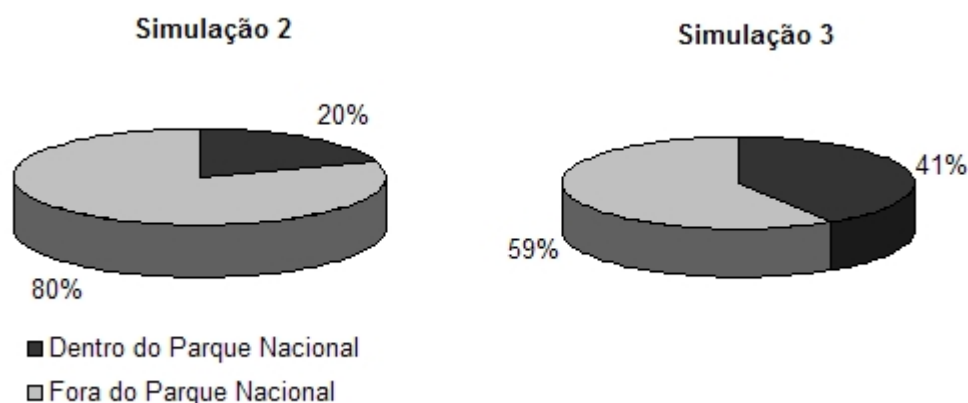
Busca-se analisar aqui, com base nas simulações desenvolvidas, a possibilidade de compatibilizar conservação ambiental com o desenvolvimento de comunidades tradicionais preexistentes na região do Parque Nacional.

Analisamos a expansão dos núcleos urbanos e da intervenção antrópica e a redução das áreas de mata, separando-as entre aquelas que ocorrem dentro da área delimitada para o Parque Nacional e fora de seus limites (considerando aqui os limites oficiais do parque).

A Figura 5.32 mostra que na situação com restrição total (Simulação 2) apenas 20% da expansão de núcleos urbanos ocorre dentro da área do parque. No caso da simulação 3, em função de permitir que as comunidades cresçam no seu entorno imediato, cerca de 40% da expansão de núcleos urbanos ocorre dentro dos limites do Parque Nacional. Pode-se verificar desse modo, que a tendência de maiores crescimentos urbanos ocorre fora da área

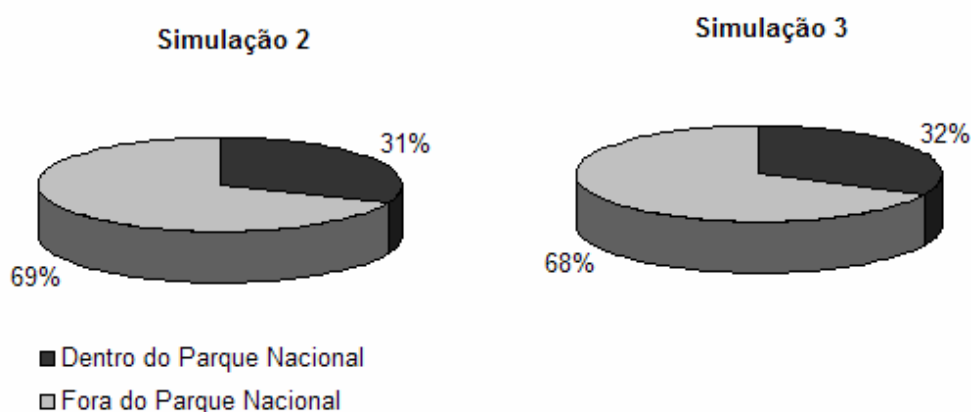
do parque. Isso se deve ao fato das comunidades dentro do parque se caracterizarem por pequenos vilarejos sem atratividade regional ao desenvolvimento.

Figura 5.32: Gráficos de comparação entre a expansão de núcleos urbanos, dentro e fora do Parque Nacional para as simulações 1 e 2



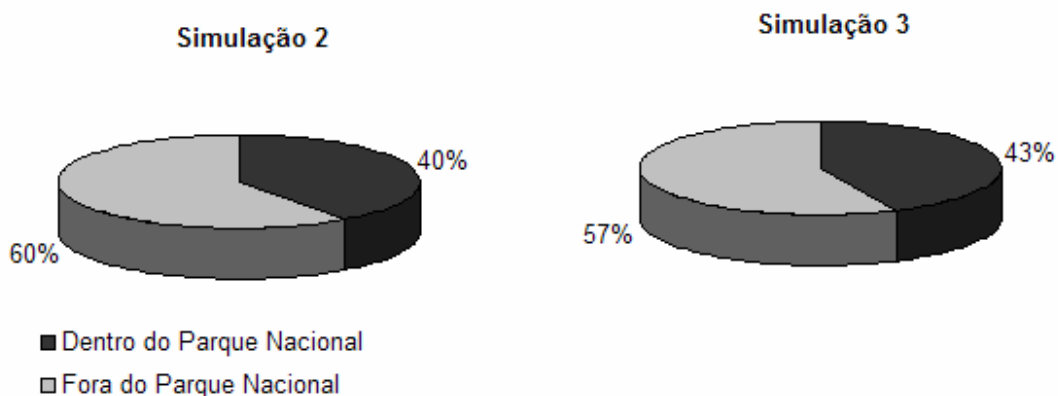
A intervenção antrópica ocorre cerca de 1/3 dentro dos limites do parque e 2/3 fora da área do parque, tanto para a Simulação 2 (com restrição total) quanto para a Simulação 3 (com restrição parcial). Isto demonstra que, mesmo com uma flexibilização caracterizada pela redução da área de restrição a presença de atividades humanas na região do parque, foi possível obter-se o mesmo nível de proteção da área de interesse ambiental em termos da expansão de áreas com intervenção antrópica (Figura 5.33).

Figura 5.33: Gráficos de comparação entre a expansão de áreas com intervenção antrópica, dentro e fora do Parque Nacional para as simulações 2 e 3



A perda de áreas de mata dentro da área do parque é bastante semelhante para as simulações 2 e 3, sendo que cerca de 60% da redução das áreas de mata ocorre fora dos limites do parque (Figura 5.34).

Figura 5.34: Gráficos de comparação entre a redução da área de matas, dentro e fora do Parque Nacional para as simulações 2 e 3



Pode-se observar através destes vários gráficos comparativos entre as simulações 2 e 3 que as políticas de restrição total e parcial tem resultados muito semelhantes em termos do resultado gerado de preservação do ambiente natural na região de estudo. As duas políticas conseguem limitar em mesmo grau a expansão de atividades antrópicas e a redução de áreas de mata dentro dos limites do parque. A política de restrição parcial permite uma maior expansão dos núcleos urbanos dentro do parque, entretanto cabe salientar que estas áreas totalizam apenas 147 hectares dentro dos 34 mil hectares do Parque Nacional e referem-se a pequenos vilarejos com comunidades tradicionais.

5.9 Conclusões

A escolha por um estudo de caso era primordial para o tipo de pesquisa que se estava querendo executar: desenvolver e aplicar uma metodologia para analisar as transformações de uso do solo em regiões com Unidades de Conservação ambiental e comunidades tradicionais nelas inseridas dentro da realidade brasileira, buscando-se uma melhor compreensão sobre a maneira como estas comunidades vem se apropriando do espaço, seu padrão de uso do solo, quais os fatores indutores de mudanças nos padrões de uso do solo, que tipos de impactos podem ser observados e também, detectar as possíveis influências e modificações de dinâmicas ocasionadas pelas políticas de preservação ambiental incidentes nestas áreas.

Assim, optou-se por uma metodologia que trabalha com dados empíricos como mapas de uso do solo, estradas, hidrografia, ocupações urbanas, etc, que são analisados através de procedimentos estatísticos (boxplots, regressão logística, e cálculo de demandas por Markov), que são posteriormente inseridos em um modelo de alocação espacial baseado em autômato celular.

Depois de rodadas as simulações e tendo-se feito diversas comparações com as tendências de mudanças de uso do solo observadas entre 1980 e 1990, e também entre a situação real e simulações em 2002, pode-se afirmar que a metodologia proposta pode servir como instrumento de apoio ao planejamento e tomada de decisão em relação à implantação de políticas de conservação ambiental.

CAPÍTULO 6

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

6.1 Introdução

Este capítulo tem a função de concluir a presente dissertação. Inicialmente, na Seção 6.2, o problema de estudo e o objetivo de pesquisa são retomados de forma resumida. A Seção 6.3 avalia o estudo desenvolvido, indicando suas principais contribuições. A Seção 6.4, por fim, recomenda rotas de pesquisa para melhoramentos futuros.

6.2 Escopo da Pesquisa

Como anteriormente abordado, os estudos realizados sobre Unidades de Conservação e a relação destas Unidades com a população que as habita trataram em sua maioria dos aspectos antropológicos da questão.

A falta de um planejamento mais abrangente tem afetado, no caso das Unidades de Conservação litorâneas, por exemplo, as cidades costeiras mais próximas das unidades. Estas cidades têm recebido as populações provenientes das Unidades de Conservação, de onde foram expulsas, e tem visto o número de ocupações irregulares crescer rapidamente, mostrando as fragilidades das políticas de reassentamento das comunidades tradicionais.

Verificou-se, portanto, a necessidade de uma melhor compreensão das relações entre comunidades tradicionais e Unidades de Conservação dentro de uma escala regional. Um aspecto pouco explorado, porém essencial neste contexto, é o processo de mudanças de uso do solo nas regiões em que se inserem estas Unidades. Esta pesquisa teve como pretensão preencher esta lacuna.

Diversas dinâmicas associadas com a presença humana em Unidades de Conservação podem ser observadas através das mudanças de usos do solo

que ocorrem em uma região, tais como a expansão das áreas habitadas por populações sobre áreas de florestas ou agrícolas, conversão de florestas e de restinga em áreas agrícolas ou pastagem, fragmentação de áreas de vegetação natural, entre outras. O potencial do impacto adverso dessas transformações depende de sua escala, extensão, padrão espacial e das dinâmicas das relações entre os usos do solo.

Dentro do enfoque de sistemas de modelagem, o presente estudo desenvolveu e aplicou uma metodologia para analisar as transformações de uso do solo em regiões com Unidades de Conservação ambiental e comunidades tradicionais nelas inseridas dentro da realidade brasileira, de modo a melhor compreender a maneira como estas comunidades vem se apropriando do espaço, seu padrão de uso do solo, quais os fatores indutores de mudanças nos padrões de uso do solo, que tipos de impactos podem ser observados e também, detectar as possíveis influências e modificações de dinâmicas ocasionadas pelas políticas de preservação ambiental incidentes nestas áreas. A metodologia foi aplicada a um estudo de caso, o Parque Nacional do Superagui e seu entorno imediato, no Paraná.

6.3 Contribuições da Pesquisa

As contribuições desta pesquisa estão divididas em duas partes. Inicialmente são descritas contribuições ao estudo de caso específico adotado. Posteriormente, contribuições gerais ao campo do Planejamento Ambiental Regional providas por este estudo são indicadas.

A aplicação da metodologia na região do Parque Nacional do Superagui, no Paraná resultou nas seguintes contribuições:

- A metodologia se mostrou válida para retratar a distribuição de usos do solo em diferentes períodos, assim como para analisar as mudanças ocorridas e seus principais condicionantes. Por exemplo, a análise da distribuição de usos do solo na região em diversos períodos revelou a existência de enormes vazios populacionais, observados antes da incidência de legislação restritiva, e que se mantiveram após a incidência, demonstrando que é um padrão de ocupação das comunidades ali inseridas:

esparso e de lento crescimento. Observou-se uma tímida expansão urbana, com tendência de ocupação das áreas próximas ao mar e aos canais, e uma monotonia das tendências de uso do solo em geral. A ocupação por áreas de Intervenção Antrópica se deu principalmente em áreas anteriormente ocupadas pela Mata, já os Núcleos Urbanos ocuparam áreas de Mata e Restinga de forma igual, demonstrando assim quais são as áreas mais sensíveis à ação humana.

- A metodologia se mostrou válida para avaliar conseqüências de diferentes políticas conservacionistas referentes à restrição geográfica a usos do solo. Por exemplo, a inexistência de qualquer política conservacionista acarreta potencialmente em uma significativa expansão de áreas com intervenção antrópica e perda de áreas de mata dentro da área atualmente delimitada como Parque Nacional, que é a área de interesse de preservação ambiental. Por outro lado, a política de restrição total teve impacto significativo na preservação do ambiente natural da área de interesse ambiental delimitada pelo Parque Nacional. Por fim, a política hipotética de restrição parcial apresentou a mesma efetividade da política de restrição total em termos de redução da expansão de áreas com intervenção antrópica e de perda de florestas. A restrição parcial permitiu uma maior expansão de núcleos urbanos dentro da área do parque, porém, por tratarem-se de pequenos vilarejos de comunidades tradicionais, sua extensão é diminuta em relação a área total do parque. Demonstrou-se dessa forma, a potencialidade de compatibilização entre preservação ambiental e preservação social de comunidades tradicionais.

As avaliações descritas acima dizem respeito ao contexto local e regional da área de estudo, não podendo ser diretamente generalizada para outras regiões de interesse ambiental com incidência de populações residentes. Os tipos de mudanças de usos do solo, seus indutores e condicionantes, assim como a efetividade de diferentes políticas conservacionistas dependem grandemente das características do local em

estudo. Entretanto, podemos elencar um conjunto de contribuições gerais ao campo do Planejamento Ambiental, Planejamento Regional e Gestão de Unidades de Conservação com base no estudo aqui desenvolvido. São elas:

- Uma nova abordagem metodológica no estudo das Unidades de Conservação Brasileiras, que contribua para a discussão acerca das políticas incidentes nestas Unidades;
- Uma ferramenta de suporte a decisão para os proponentes de políticas não somente de Unidades de Conservação como para outras áreas de preservação ambiental;
- A elucidação dos padrões de dinâmicas de uso do solo na área, servindo de base para estudos futuros na região;

6.4 Recomendações para Trabalhos Futuros

A disponibilidade de base de dados dita muito sobre a condução do tipo de análise desenvolvido neste estudo. Fotografias aéreas ou imagens de satélite com alta resolução espacial, por exemplo, facilitariam grandemente a caracterização da localização dos usos do solo e também um número maior de classes representativas de diferentes usos do solo da região, atribuindo assim maior precisão ao estudo.

Outro possível melhoramento da análise desenvolvida no presente estudo relacionado aos dados está na inclusão de informações sobre a demografia da região. O presente estudo considerou os núcleos urbanos da região de estudo de modo uniforme, variando apenas em sua extensão. Sabe-se, porém, que em certas regiões núcleos urbanos de mesma extensão podem ter densidades populacionais bastante diferentes, o que se reflete sobre o ambiente natural do entorno de forma diferenciada.

No Brasil o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) disponibiliza a base de dados demográficos do Censo em formato digital a partir da década de 90. Dados demográficos não foram utilizados neste estudo em função da dificuldade de disponibilização das informações de forma espacializada para a década de 80, além da característica da área de estudo de relativa homogeneidade das densidades populacionais das comunidades.

Outra sugestão para trabalhos subseqüentes a este é a aplicação da metodologia em outras Unidades de Conservação no Brasil. Através da análise dos padrões apresentados por ocupações nestas áreas de interesse ambiental por comunidades tradicionais, pode-se investigar se a mesma monotonia e timidez de mudanças de usos do solo também se repete em outras áreas, podendo-se então chegar a uma certa generalização no trato destas comunidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS, Cristina. **Caiçaras na Mata Atlântica: Pesquisa Científica versus Planejamento e Gestão Ambiental.**São Paulo: Annablume: FAPESP: 2000.
2. AGUIAR, Ana Paula Dutra de. **Modelagem de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia:Questões Gerais** (Capítulo 4). In:Gilberto Camara, Antonio Monteiro (orgs). Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 2003: "Introdução à Modelagem Dinâmica Espacial."
3. ALMEIDA, C. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G. SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C.; ARAÚJO, W. L. E PANTUZZO, A. D. **Simulating urban land use change through CA-based modelling and logistic regression.** Anais XI SBRS: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte, Brasil, 5 a 10 de abril, pag. 1687 – 1994, 2003.
4. AMBIENTE BRASIL. Disponível em <<http://www.ambientebrasil.com.br> > Acesso em: 08/2004.
5. BANCO MUNDIAL. **Manual de operações do banco mundial. Diretiva operacional 4.20 –populações indígenas.** 1991. Disponível em: <[http://ifcln1.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/AttachmentsByTitle/pol_IndigPeoples_Portuguese/\\$FILE/OD420_Portuguese.pdf](http://ifcln1.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/AttachmentsByTitle/pol_IndigPeoples_Portuguese/$FILE/OD420_Portuguese.pdf)> Acesso em: 01/2005
6. BATTY, M. AND XIE, Y. **Possible Urban Automata.** Environment and Planning B, vol. 24: 175–192. London: 1997
7. **BOXPLOTS.** Disponível em: <<http://www.estadistica.eng.br/Boxplotmelhor.htm>> Acesso em: 06/2005
8. BRASIL, IBAMA. **Contexto federal.** 2000. Disponível em: <www.ibama.gov.br/unidades/geralucs/encarte_federal/index.htm> Acesso em: 06/2004
9. BRASIL, IBAMA. **Guia do Chefe.** Brasília: IBAMA/GTZ, 2000. Disponível em: <<http://www2.ibama.gov.br/unidades/guiadechefe/guia/gerala.htm>> Acesso em: 29/06/04
10. BRASIL, IBAMA. **Unidades de Conservação do Brasil vol. 1 . Parques Nacionais e Reservas Biológicas.** Ibama: Brasília , 1989.
11. BRASIL, IBAMA; PARANÁ, IPARDES. **Caracterização Sócio - Econômica e Cultural da População Tradicional da APA de**

- Guaraqueçaba. Zoneamento Ecológico Econômico da APA de Guaraqueçaba.** Curitiba: IPARDES/ IBAMA, 1996.
12. BRASIL, MMA. **Saberes tradicionais e biodiversidade no Brasil.** Antonio Carlos Diegues e Rinaldo S.V. Arruda (orgs). Brasília: Ministério do Meio Ambiente; São Paulo: USP, 2001.
 13. BRIASSOULIS, E. **Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches.** In: Web Book of Regional Science. ed. S. Loveridge. West Virginia: West Virginia University, Regional Research Institute, Morgantown, 2000. Acessível em: <<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>> acesso em: 06/2004
 14. BRITO, M. C. W. de. **Unidades de Conservação: Intenções e Resultados.** 2ª edição - São Paulo: Annablume: FAPESP, 2003.
 15. BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assesment.** Oxford: Clarendon Press, 1986.
 16. BURROUGH, P.A. **Principles if Geographical Information Systems.** Peter A. Burrough and Rachel A. McDonnell. Oxford University, New York: 1998.
 17. CÂMARA, Gilberto; PEDROSA, Bianca Maria. **Modelagem Dinâmica: conceitos básicos e exemplos de sistemas** (capítulo 1). In: Gilberto Câmara e Antônio Miguel Vieira Monteiro (orgs). Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 2003: "introdução à Modelagem Dinâmica Espacial." INPE: 2003.
 18. CLARKE, K. and GAYDOS, L. **Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore.** International Journal of Geographical Information Science, vol 12 (7): 1998, p.699-714.
 19. CLARKE, K., BRASS, J. A. and RIGGAN, P. J. **A cellular automaton model of wildfire propagation and extinction.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 60 (11): 1994. p.1355-1367.
 20. COLCHESTER, M. **Self determination or environmental determinism for indigenous people in tropical forest conservation.** Conservation Biology, vol.14, nº5, October 2000.
 21. COUCLELIS, H.. **From Cellular Automata to Urban Models: New Principles for Model Development and Implementation.** Environment and Planning B: Planning and Design 24: 165-174. London: 1997
 22. DIEGUES, Antonio Carlos Sant'Ana. **O mito da Natureza Intocada.** 2ªedição - São Paulo: Hucitec, 1996.
 23. DIEGUES, Antonio Carlos Sant'Ana. **Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar.** São Paulo: Ática, 1983.
 24. DURIEUX, Everton. **La famille Durieu(x).** 2ªedição. Curitiba: Editora Wunderlich, 2001.

25. EASTMAN, J. Ronald. . **IDRISI Kilimanjaro - Guide to GIS and Image Processing**. Worcester: Clark LabsClark University, 2003. Acessível em: <<http://www.clarklabs.org> acessado em 11/2004> Acesso em 05/2005
26. ENGELEN, G.; WHITE, R.; ULJEE, I. **Integrating constrained cellular automata models, GIS and decision support tools for urban planning and policy-making** (Chapter 8). In: Harry Timmermans (Ed). *Decision Support Systems in Urban Planning*. London, UK : E & FN Spon, 1997.
27. ENGELEN, Guy; ULJEE, Inge; WHITE, Roger. **Vulnerability Assessment of Low-lying Coastal Areas and Small Islands To Climate Change and Sea Level Rise**. PHASE 2: CASE STUDY ST. LUCIA. Report and SIMLUCIA User Manual. Maastricht: 1997.
28. FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA; Center for Tropical Conservation – Duke University; The Nature Conservancy do Brasil. **Fortalecimento do sistema nacional de Unidades de Conservação - parkswatch/Brasil - Parque Nacional do Superagui. Perfil da Unidade de Conservação – Avaliação 2003**. Disponível em: <http://www.fundacaoboticario.org.br/site/br/areas/PN_Superagui_2003_perfil_ilustrado.pdf > Acesso em: 01/2005
29. GARSON, G.B. **Statenotes: An online textbook**. February, 2002. Disponível em : <<http://www2.chass.ncsu.edu/garson/pa765/logistic.htm>> Acesso em: 05/2005
30. IBAMA. **Informações sobre as Unidades de Conservação**. <http://www.ibama.gov.br> acessado em 07/2005.
31. IUCN and the World Conservation Monitoring Centre. **Guidelines for Protected Area Management Categories**. Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 1994.
32. IUCN. Beltrán, J. (Ed.). **Indigenous and Traditional Peoples and Protected Areas: Principles, Guidelines and Case Studies**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and WWF International, Gland, Switzerland, 2000.
33. LANDIS, J; ZHANG, M. **The second generation of the California urban futures model**. *Environment and Planning A*. volume 30, 1998. pgs. 657-666.
34. LEÃO, S. Z. 2002. PHD Thesis - **Spatial-temporal model for demand and allocation od landfills I growing urban regions**. Department of Geomatics Engineering, The University of Melbourne, Austrália: 2002.
35. LEÃO, Simone Zarpelon. 1997. Dissertação (mestrado) – **O Planejamento locacional urbano em um contexto de disputa pelo uso do solo: Seleção de áreas para aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos em Porto Alegre, RS**. UFRGS / PROPUR, Porto Alegre, 1997.

36. LEVEQUE, Christian. **La biodiversité**. Paris: Presses Universitaires de France, 1997.
37. LI, X.; YEH, A. G-O. **Modelling sustainable urban development by integration of constrained cellular automata and GIS**. International Journal of Geographical Information Science, Vol. 14, 2000. p. 131-152.
38. MIRANDA, F.C. **Processos Estocásticos**. Disciplina: Est0035 – Processos Estocásticos. UFRN. Disponível em: <<http://www.est.ufpr.br/~benito/est0035-fcesar-apostila1.doc>> Acesso em: 07/2005.
39. NUPAUB-USP. **Os Saberes Tradicionais e a Biodiversidade no Brasil**. Antonio Carlos Diegues (ORG). São Paulo, 2000.
40. PARANÁ, IAP. **Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba, Paraná. Plano de Gestão Ambiental Versão Preliminar**. Curitiba: IAP, 1995.
41. PARANÁ, IPARDES. **Zoneamento da APA de Guaraqueçaba**. Curitiba: IPARDES, 2001.
42. PARANÁ, SEMA. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/meioambiente/sema/index.shtml>> Acesso em: 07/2005.
43. PHIPPS, M., LANGLOIS, A. **Spatial Dynamics, cellular automata, and parallel processing computers**. Environment and Planning B: Planning and Design 24. London: 1997.p. 193-204.
44. SOCIEDADE PROTETORA DA VIDA SELVAGEM (SPVS). **ATLAS Ambiental da APA de Guaraqueçaba**. Curitiba: SPVS, 2000.
45. SOCIEDADE PROTETORA DA VIDA SELVAGEM (SPVS). **Guaraqueçaba: Nada Acontece de Repente**. Curitiba: SPVS, 1994.
46. SOEPBOER, Welmoed. **CLUE-S- An application for Sibuyan Island , The Philippines**. Laboratory of Soil Science and Geology - Environmental Sciences. The Netherlands: Wageningen University, 2001. Disponível em: <<http://www.dow.wau.nl/clue/philippines/Sibuyan.pdf>> Acesso em: 06/2004.
47. THE AUSTRALIAN NATIONAL UNIVERSITY, Centre for Resource and Environmental Studies - Canberra. **ANUDEM**. Disponível em: <<http://cres.anu.edu.au/outputs/anudem.php>> Acesso em: 02/2005.
48. THE UNIVERSITY OF MELBOURNE, Department of Geomatics. Disponível em: <<http://www.sli.unimelb.edu.au/gisweb/menu.html>> Acesso em: 02/2005.
49. TORRENS, P.M. **How cellular models of urban systems work (1.theory)**. Paper 28. Centre for Advanced Spatial Analysis. University College London. 2000.
50. UNEP. **Convention on Biological Diversity**. Nairobi: UNEP, 1992.

51. VERBURG, Peter; VELDKAMP, Tom. **Program Support of CLUE-S.** The Netherlands: Wageningen University, 2003. Disponível em: <<http://www.dow.wageningen-ur.nl/clue/>> Acesso em: 08/2004
52. VON BEHR, Miguel. **Guarakessaba - Paraná – Brasil: Passado, Presente, Futuro.** São Paulo: Ed. Empresa das Artes, 1998.
53. WAGNER, D. F. **Cellular automata and geographic information system.** Environment and Planning B. Vol 24: 1997. p.193–204.
54. WCED - World Commission on Environment and Development (CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento). **Nosso Futuro Comum.** Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.
55. WHITE, R.; ENGELEN, G. **Cellular automata as the basis of integrated dynamic regional modelling.** Environment and Planning B, vol 24. London: 1997. p. 235–246.
56. WILSON, Alan Geoffrey. **Urban and regional models in geography and planning.** London: J. Wiley, 1974.

ANEXOS

Anexo 1: Legislação incidente no Parque Nacional do Superagui

Decreto nº 97.688, de 25 de abril de 1989

Cria, no Estado do Paraná, o Parque Nacional do Superagui, e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, usando das atribuições que lhe confere o art. 84, inciso IV, da Constituição, e considerando o que dispõe o art. 5º, alínea a, da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965,

DECRETA:

Art. 1º Fica criado, no Estado do Paraná, o Parque Nacional do Superagui, abrangendo terras do Município de Guaraqueçaba, com o objetivo de proteger e preservar amostra dos ecossistemas ali existentes, assegurando a preservação de seus recursos naturais, proporcionando oportunidades controladas para uso pelo público, educação e pesquisa científica.

Art. 2º O Parque Nacional do Superagui está localizado no limite dos Estados de São Paulo e Paraná, abrangendo uma parcela da APA de Guaraqueçaba com as coordenadas extremas norte 25°15'20"S e 48°06'06"WGr; leste 25°18'52"S e 48°15'00"WGr; sul 25°28'38"S e 48°18'50"WGr; oeste 25°20'29"S e 48°17'22"WGr e tem os limites assim descritos, a partir da carta na escala 1:100.000 MI-SG 22-X-D-III, editada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército, ano 1971: Área I Ilha do Superagui área aproximada: 11.000ha perímetro 110km. Partindo do ponto 1 de coordenadas geográficas aproximadas 25°15'20"S e 48°06'06"WGr, localizado na margem direita do Canal da Draga, próximo à localidade Porto do Varadouro; daí, segue no rumo sul até o ponto 2 de coordenadas geográficas aproximadas 25°17'16"S e 48°06'06"WGr; daí, segue no rumo

oeste até o ponto 3 de coordenadas geográficas aproximadas 25°17'16"S e 48°06'20"WGr; daí, segue no rumo sul até o ponto 4 de coordenadas geográficas aproximadas 25°18'52" e 48°06'20"WGr, localizado próximo à Barra do Ararapira; daí, segue na direção geral sudoeste, acompanhando a orla marítima do Oceano Atlântico em uma faixa de 500,00 metros eqüidistante da preamar, passando pela Barra do Superagui até o ponto 5 de coordenadas geográficas aproximadas 25°25'15"S e 48°15'00"WGr, localizado na margem oriental do Canal do Superagui, junto ao Morro das Pacas; daí, segue direção geral nordeste pela escarpa ocidental do Morro das Pacas até o ponto 6 de coordenadas geográficas aproximadas 25°24'14"S e 48°14'11"WGr, localizado na margem do citado canal; daí, contornando a linha d'água do canal em questão até o ponto 7 de coordenadas geográficas aproximadas 25°23'19"S e 48°13'57"WGr, localizado próximo ao Morro do Superagui; daí, segue na direção geral nordeste pela escarpa ocidental do citado morro até atingir novamente o mencionado canal no ponto 8, de coordenadas geográficas aproximadas 25°22'41"S e 48°13'08"WGr; daí, segue pela linha d'água do citado canal até o ponto 9 de coordenadas geográficas aproximadas 25°19'32"S e 48°12'02"WGr, localizado junto ao Morro do Canudal; daí, segue na direção geral norte pela escarpa ocidental/setentrional do citado morro até o ponto 10 de coordenadas geográficas aproximadas 25°19'44"S e 48°11'02"WGr, localizado na margem do canal; daí, segue acompanhando a linha d'água do citado canal até o ponto 11 de coordenadas geográficas aproximadas 25°17'46"S e 48°09'16"WGr; daí, segue por uma linha reta no rumo leste até o ponto 12 de coordenadas geográficas aproximadas 25°17'46"S e 48°08'24"WGr; daí, segue por uma linha reta até o ponto 13 de coordenadas geográficas aproximadas 25°17'25"S e 48°08'24"WGr, localizado na margem do canal da Draga; daí, segue pelo citado canal até o ponto 1, inicial da descrição. Área II Ilha das Peças área aproximada: 10.400ha perímetro aproximado: 110km. Partindo do ponto 1 de coordenadas geográficas aproximadas 25°20'22"S e 48°15',29"WGr, localizado no canal que liga a Baía das Laranjeiras à Baía dos Pinheiros, próximo da localidade Tibicanga; daí, segue pela linha d'água do citado canal em direção ao Canal do Superagui, e por este até o ponto 2 de coordenadas geográficas aproximadas 25°22'16"S e 48°14'44"WGr, localizado próximo à localidade de Bertioaga; daí, segue por uma linha reta no rumo oeste até o

ponto 3 de coordenadas geográficas aproximadas 25°22'16"S e 48°15'04"WGr; daí, segue por uma linha reta no rumo sul até o ponto 4 de coordenadas geográficas aproximadas 25°23'21"S e 48°15'04"WGr; daí, segue por uma linha reta no rumo leste até o ponto 5 de coordenadas geográficas aproximadas 25°23'21"S e 48°14'43"WGr, localizado no Canal do Superagui; daí, segue por este canal contornando o limite sul da Ilha das Peças até o ponto 6 de coordenadas geográficas aproximadas 25°28'38"S e 48°18'50"WGr; daí, segue por uma linha reta no rumo norte até o ponto 7 de coordenadas geográficas aproximadas 25°27'30"S e 48°18'50"WGr, localizado na linha d'água da baía; daí, segue em direção ao Rio das Pacas e contornando este até atingir a linha d'água até o ponto 8 de coordenadas geográficas aproximadas 25°20'29"S e 48°17'22"WGr, localizado no canal que liga a citada baía à Baía dos Pinheiros; daí, segue pelo citado canal até o ponto 9 de coordenadas geográficas aproximadas 25°20'41"S e 48°16'35"WGr; daí segue por uma linha reta no rumo leste até o ponto 10 de coordenadas geográficas aproximadas 25°20'41"S e 48°15'45"WGr; daí, segue por uma linha reta no rumo norte até o ponto 1, inicial da descrição.

Art. 3º Fica estabelecido o prazo de cinco anos para a elaboração do Plano de Manejo do Parque Nacional do Superagui.

Art. 4º As terras e benfeitorias localizadas dentro dos limites descritos no art. 2º deste Decreto ficam declaradas de utilidade pública, para fins de desapropriação.

Art. 5º O Parque Nacional do Superagui fica subordinado ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, que deverá tomar as medidas necessárias para sua efetiva implantação.

Art. 6º Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 7º Revogam-se as disposições em contrário.

Brasília, 25 de abril de 1989; 168º da Independência e 101º da República.

JOSÉ SARNEY

João Alves Filho

LEI Nº 9.513, DE 20 DE NOVEMBRO DE 1997

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA , faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art 1º Os limites do Parque Nacional do Superagui, criado pelo Decreto nº 97.688, de 25 de abril de 1989, ficam redefinidos e ampliados de acordo com o disposto nesta Lei.

Art 2º Os limites do Parque Nacional do Superagui, descritos a partir das cartas topográficas em escala 1:50.000 nºs SG.22-X-D-III-2 (1º edição, 1987), SG.22-X-D-III-3 (2º edição, 1992) e SG.22-X-D-III-4 (2º edição, 1992), editadas pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, passam a ser os seguintes:

I - Área I: começa no ponto de coordenadas planas aproximadas N=7180375 e E=769650, situado no litoral sudoeste da Ilha das Peças (ponto I-1); segue por uma linha reta de distância aproximada de 1300 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7181700 e E=769650, situado na confluência de dois cursos d'água (ponto I-2); daí segue por uma linha reta de distância aproximada de 1050 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7182650 e E=770000, situado na margem esquerda do Rio das Peças (ponto I-3); segue a jusante, por esta margem, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7183625 e E=769150 (ponto I-4), segue por uma linha reta de distância aproximada de 900 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7183650 e E=768250, situado na extremidade sul de um curso d'água (ponto I-5), segue a jusante pela margem direita deste e continua para o norte contornando a Ilha das Peças, ultrapassando a Ponta das Palmeiras e atingindo o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7187150 e E=767550 (ponto I-6); segue por uma linha reta de distância aproximada de 1800 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7188850 e E=768250 (ponto I-7); segue contornando o litoral da ilha, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7189300 e E=769650 (ponto I-8); segue por uma linha reta de distância aproximada de 650 metros, até o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7188750 e E=770000 (ponto I-9); segue por uma linha reta de distância aproximada de 500 metros,

até o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7188950 e E=770300, situado na margem esquerda do Rio das Laranjeiras (ponto I-10); segue ajusante por esta margem, cruza a foz do Rio das Laranjeiras e segue contornando a Ilha das Peças no rumo norte, cruzando a foz dos rios Guapicum e da Fonte, e atingindo o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7193050 e E=772200 (ponto I-11); segue por uma linha reta de distância aproximada de 125 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7193450 e E=772275 (ponto I-12); segue contornando a ilha pela linha d'água, no rumo norte, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7194000 e E=772950 (ponto I-13); daí, segue por uma linha reta de distância aproximada de 2525 metros, até o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7194100 e E=775500, situado na cabeceira no Rio Mãe Luzia (ponto I-14); segue pela margem direita do Rio Mãe Luzia até sua foz e segue contornando a Ilha das Peças, em direção sul pela linha d'água do Canal do Superagui, até atingir, o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7191200 e E=777175 (ponto I-15); segue por uma linha reta de distância aproximada de 475 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7191200 e E=776700 (ponto I-16); segue por uma linha reta de distância aproximada de 1625 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7189300 e E=776650 (ponto I-17); segue por uma linha reta de distância aproximada de 500 metros, até o ponto de coordenadas planas aproximadas N=718900 e E=777150 (ponto I-18), segue no rumo sul, contornando a Ilha das Peças pela linha d'água do Canal do Superagui até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7187000 e E=776600 (ponto I-19); segue por uma linha reta de distância aproximada de 925 metros, até o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7186300 e E=776000 (ponto I-20); segue por uma linha reta de distância aproximada de 2100 metros, até o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7184375 e E=775225, situado na foz do Rio Boguaçu (ponto I-21); daí segue contornando a Ilha das Peças, no sentido horário, cruzando a foz do Rio Bandarra e contornando a Ponta do Superagui até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7180375 e E=769650, ponto inicial desta descrição, fechando o perímetro da Área I;

II - Área II: começa no ponto de coordenadas planas aproximadas N=7180475 e E=778000, situado no litoral sul da Ilha do Superagui (ponto II-1); segue por uma linha reta de distância aproximada de 1500 metros, até o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7182000 e E=778000 (ponto II-2); segue por uma linha reta de distância aproximada de 1525 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7182500 e E=776575 (ponto II-3); segue por uma linha reta de distância aproximada de 2050 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7184575 e E=776600, situado na margem esquerda do Rio das Pacas (ponto II-4); segue pela margem esquerda do Rio das Pacas até sua foz, cruza-a e segue no rumo norte pela linha d'água do Canal do Superagui, costeando a ilha, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7187475 e E=778000, situado na base norte do Morro do Superagui (ponto II-5); segue por uma linha reta de distância aproximada de 245 metros, até o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7187550 e E=778200 (ponto II-6); segue pela linha d'água do Canal do Superagui, na direção norte, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7189700 e E=778550 (ponto II-7); daí segue por uma linha reta de aproximadamente 3350 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7193100 e E=778300, situado na extremidade noroeste da Ilha do Pinheiro (ponto II-8); segue por uma linha reta de distância aproximada de 1550 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7194625 e E=779325 (ponto II-9); segue no rumo norte contornando a Ilha Olaria pela linha d'água até o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7195050 e E=779700 (ponto II-10); segue por uma linha reta de distância aproximada de 175 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7195200 e E=779800, situado na Ponta do Morro (ponto II-11); segue pela linha d'água costeando a Ilha do Superagui até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7195450 e E=780440, situado no extremo oeste da Enseada do Engenho (ponto II-12); segue por uma linha reta de aproximadamente 1500 metros, até o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7196800 e E=781075, situado na Ponta da Lage (ponto II-13); segue pela linha d'água costeando a ilha, até a Ponta do Canudal, ponto de coordenadas planas aproximadas N=7197000 e E=781100 (ponto II-14); segue por uma linha reta de aproximadamente 1550 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7197400 e

E=782825, situado na extremidade sudoeste da Ilha do Segredo (ponto II-15); segue costeando o litoral oeste desta ilha até o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7197650 e E=783000 (ponto II-16); segue por uma linha reta de distância aproximada de 725 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7198225 e E=783500 (ponto II-17); daí segue costeando o litoral da ilhota, no rumo norte, até o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7198650 e E=783275 (ponto II-18); segue por uma linha reta de distância aproximada de 1300 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7199375 e E=784325, situado no extremo oeste da Ilha Mimosa (ponto II-19); segue por uma linha reta de distância aproximada de 825 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7200250 e E=784225, situado no topo de uma elevação de cota aproximada de 72 metros (ponto II-20); segue por uma linha reta de distância aproximada de 1200 metros, até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7201400 e E=784350 (ponto II-21); daí, segue pelo divisor de águas entre as bacias dos rios dos Patos e Branco e as bacias dos rios Sebui, Poruquara e Utinga, a leste e ao norte, até atingir o divisor entre a Bacia do Rio Branco e a Bacia do Rio Varadouro, na Serra do Rio Branco, divisa entre os Estados do Paraná e São Paulo (ponto II-22); segue pela divisa dos dois Estados até atingir o ponto de coordenadas planas aproximadas N=7204000 e E=790650, situado no topo do Morro do Costa ou da Caçada (ponto II-23); desse ponto, segue pela margem esquerda de um curso d'água sem denominação que desce a encosta do morro, pela sua face sul, até sua foz no Canal do Varadouro, ponto de coordenadas planas aproximadas N=7203150 e E=790800 (ponto II-24); segue pela margem direita do Canal do Varadouro, em direção nordeste, até atingir a divisa dos Estados do Paraná e São Paulo, no ponto de coordenadas planas aproximadas N=7204725 e E=793850 (ponto II-25); segue pela divisa dos Estados do Paraná e São Paulo, contornando a Ilha do Superagui até a embocadura no oceano Atlântico do Canal do Ararapira, ponto de coordenadas planas aproximadas N=7197550 e E=792600 (ponto II-26); daí, segue em direção sudoeste, contornando a Ilha do Superagui pela orla marítima da Praia Deserta, até a Ponta Inácio Dias (ponto II-27), segue pela orla, contornando a Ilha do Superagui na direção oeste, até atingir o ponto de coordenadas planas

aproximadas N=7180475 e E=778000, ponto inicial desta descrição, fechando o perímetro da Área II.

Art 3º São excluídas da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba, criada pelo Decreto nº 90.883, de 31 de janeiro de 1985, e da Estação Ecológica de Guaraqueçaba, criada pelo Decreto nº 87.222, de 31 de maio de 1982, todas as áreas pertencentes originalmente a essas unidades incluídas nos novos limites do Parque Nacional do Superagui, bem como as porções das ilhas do Superagui e das Peças não integrantes do Parque Nacional.

Art 4º Os acréscimos de terra que vierem a sofrer as ilhas do Superagui e das Peças, ao longo do perímetro do Parque Nacional que acompanha a orla marítima, em decorrência da deposição de sedimentos e ação das correntes marinhas e marés, ficarão automaticamente incluídos na área do Parque.

Art 5º A navegação pelo Canal do Varadouro será permitida de acordo com as normas e condições estabelecidas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

Art 6º (VETADO)

Art 7º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

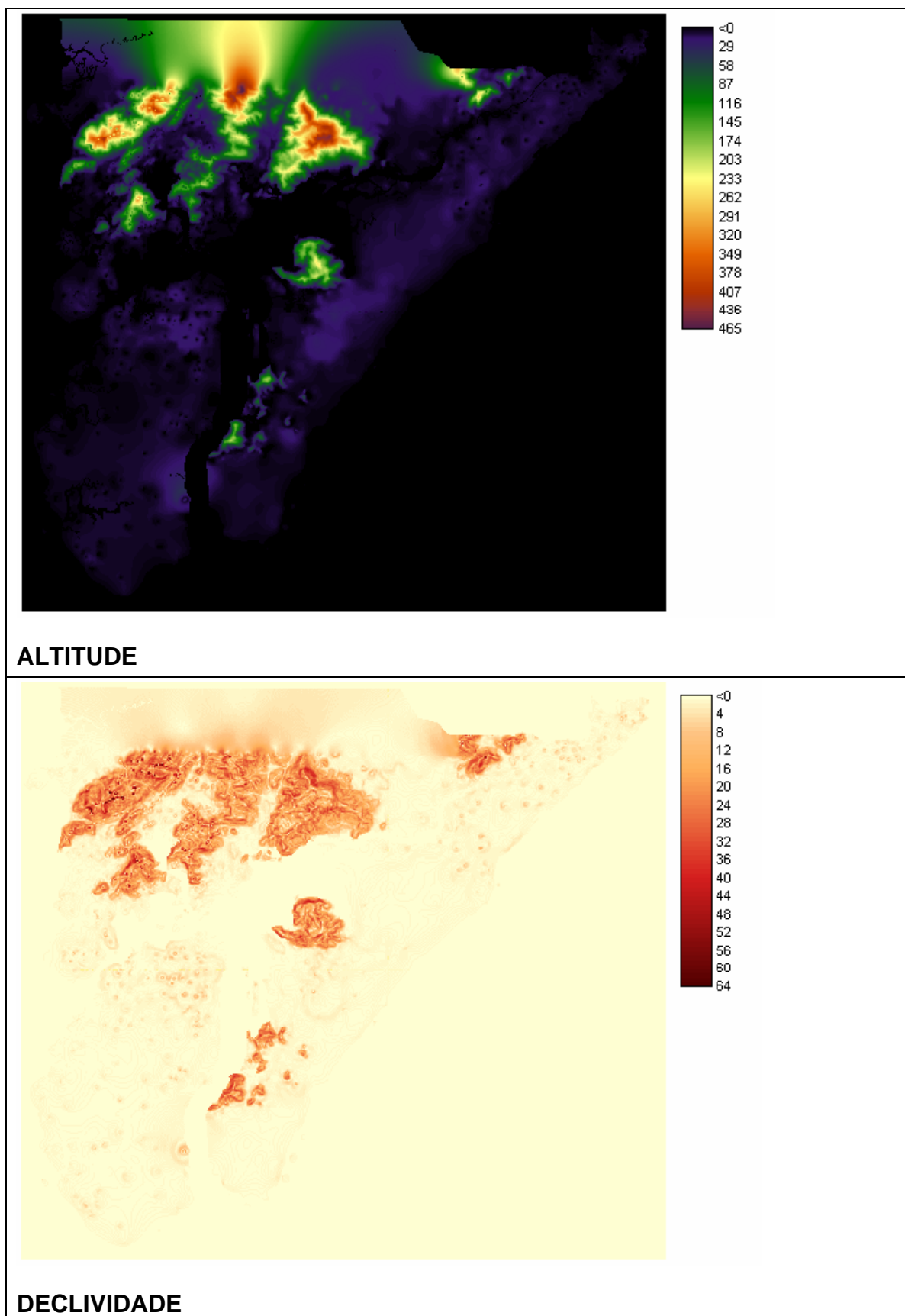
Art 8º Revogam-se as disposições em contrário.

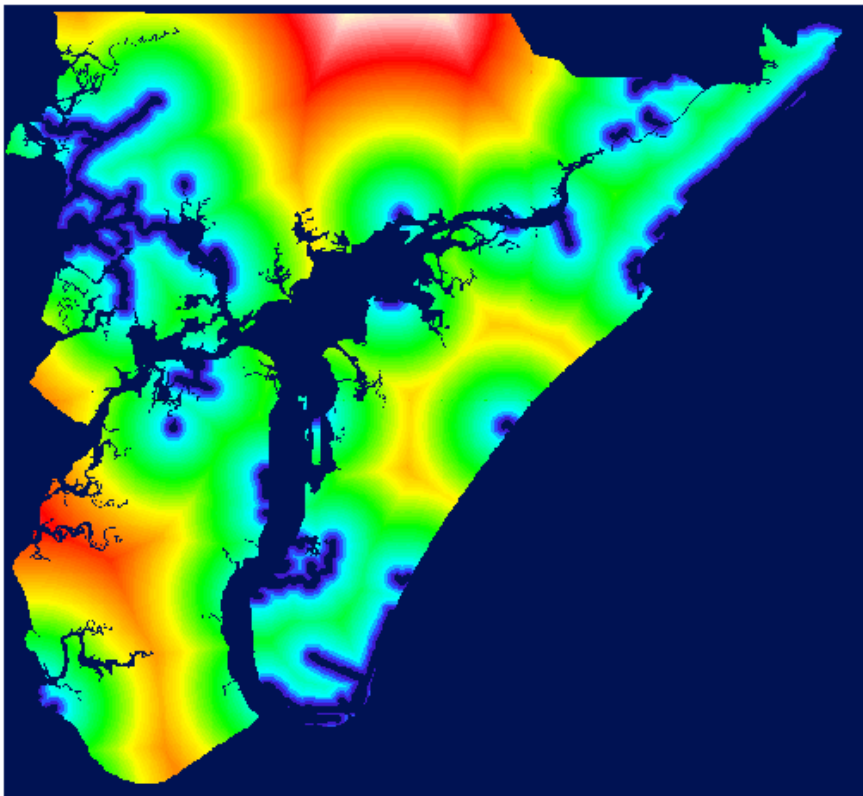
Brasília, 20 de novembro de 1997; 176º da Independência e 109º da República.

FERNANDO HENRIQUE CARDOSO

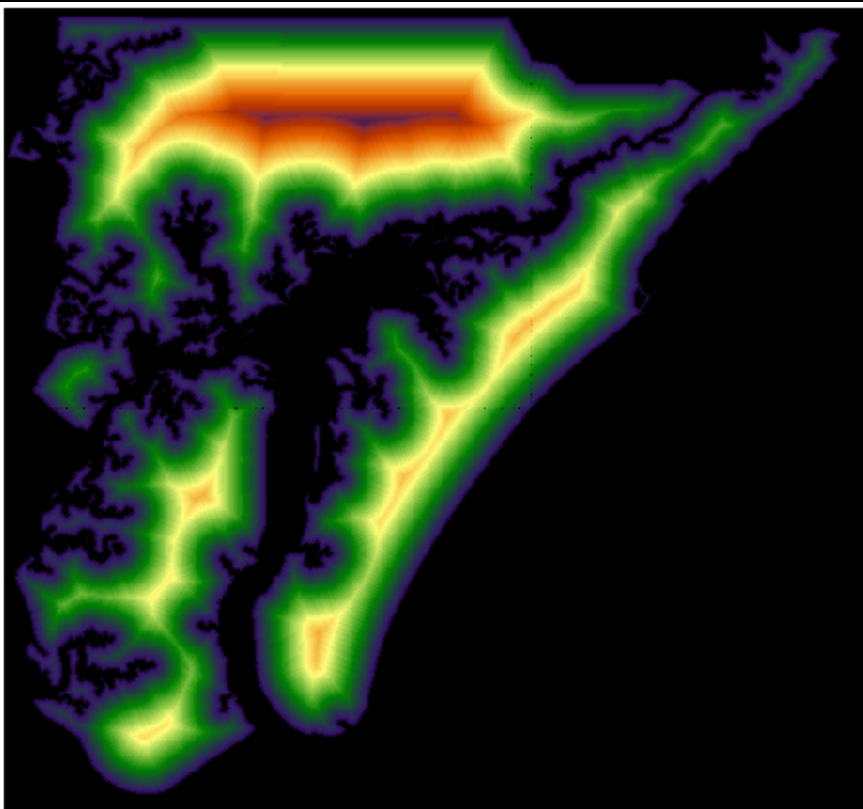
Gustavo Krause

Anexo 2: Mapas com os fatores locacionais

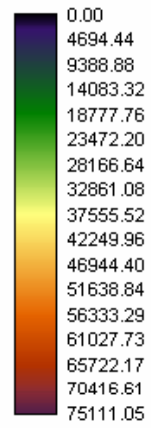




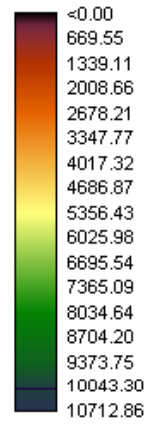
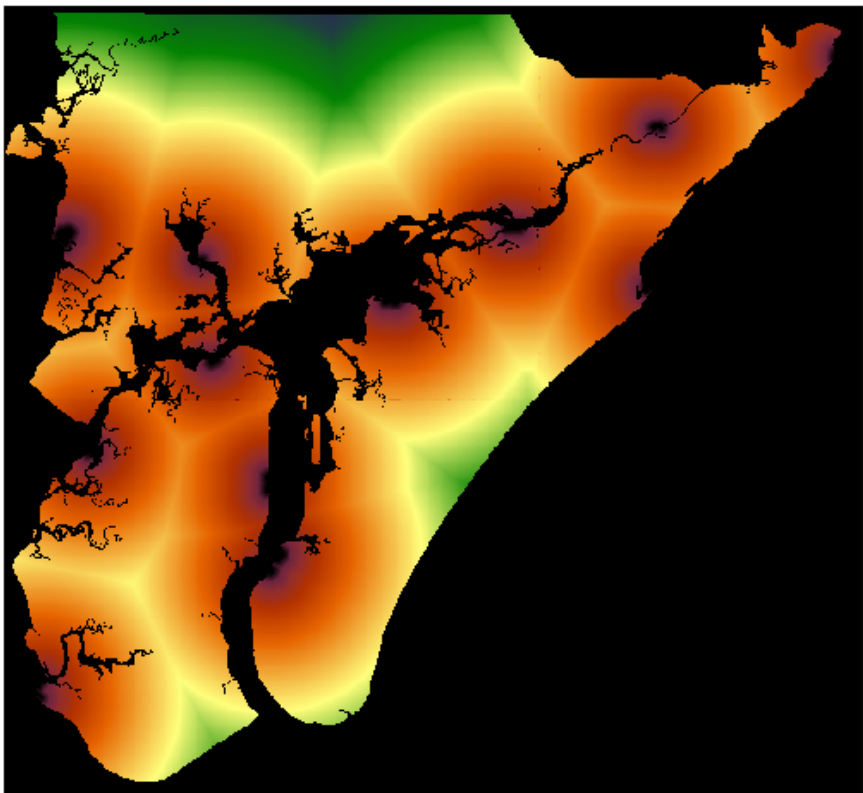
DISTÂNCIA DAS ESTRADAS



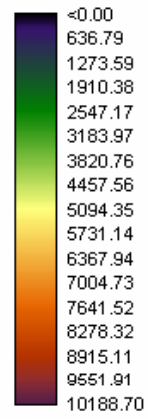
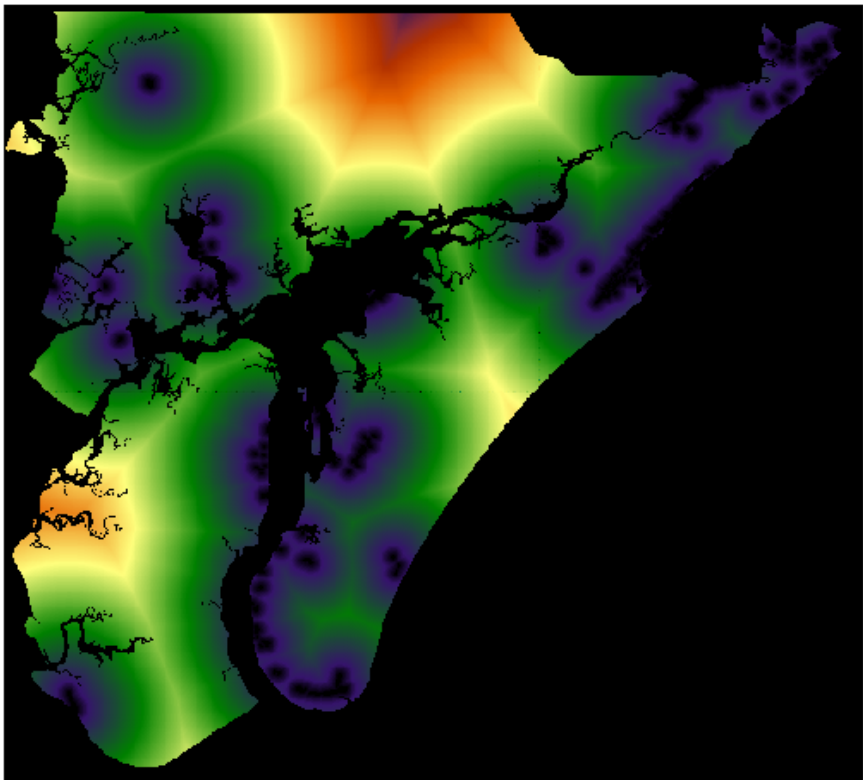
DISTÂNCIA DO MAR



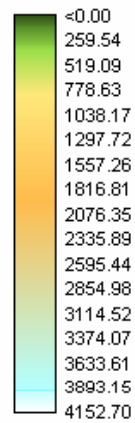
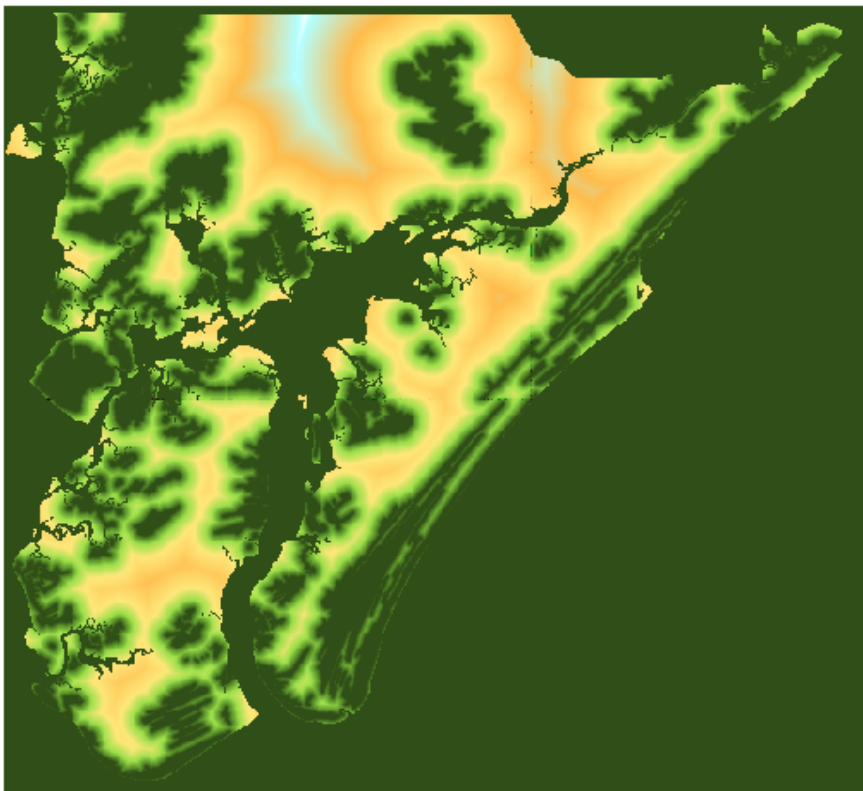
DISTÂNCIA DE PARANAGUÁ



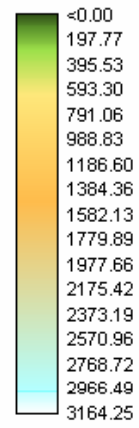
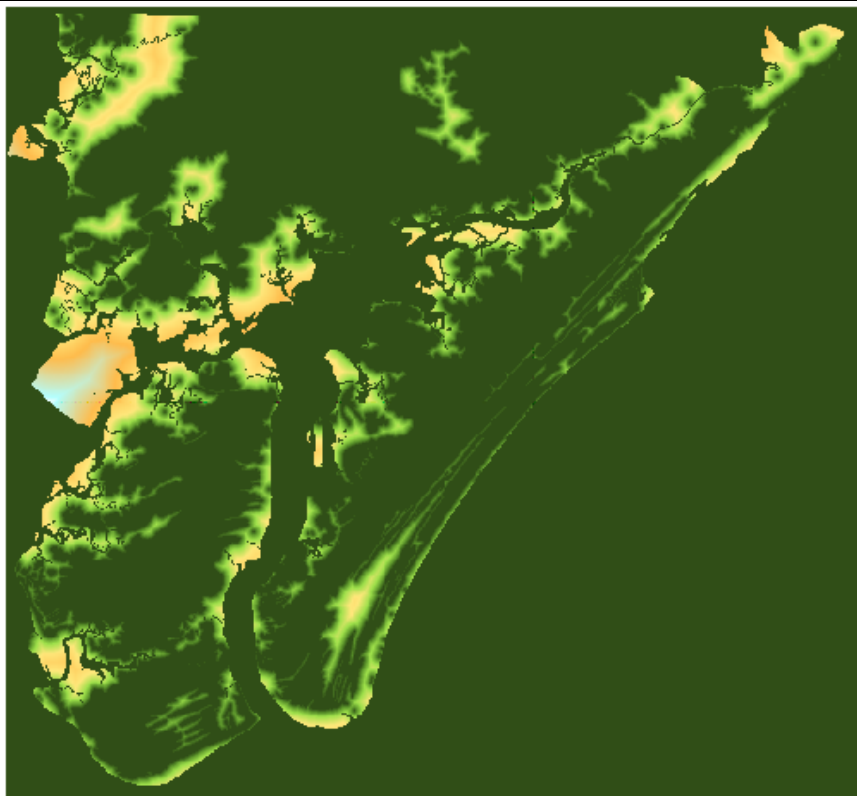
DISTÂNCIA DOS NÚCLEOS URBANOS



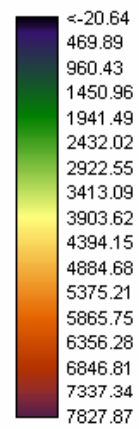
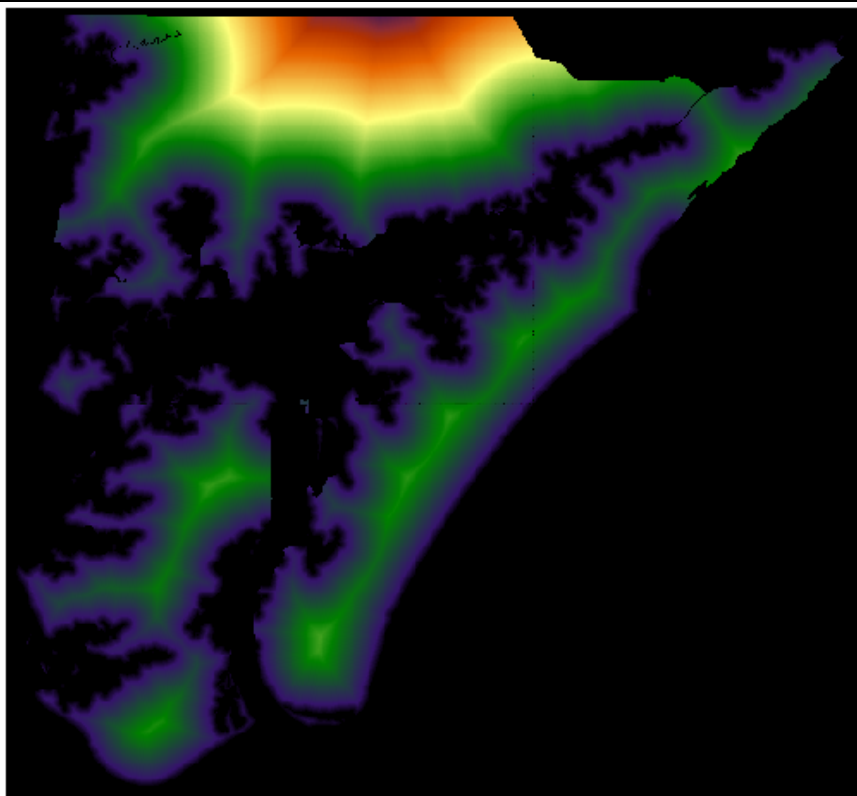
DISTÂNCIA DAS ÁREAS DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA



DISTÂNCIA DAS ÁREAS DE MATA



DISTÂNCIA DAS ÁREAS COM RESTINGA



DISTÂNCIA DAS ÁRES COM OUTROS USOS