



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS DE DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**Análise da paisagem em apoio aos estudos de favorabilidade à
recuperação florestal na bacia hidrográfica do rio São João**

VINICIUS DA SILVA SEABRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

TESE DE DOUTORADO

ORIENTADORES

PROFA. DRA. CARLA BERNADETE MADUREIRA CRUZ

PROF. DR. RAÚL SÁNCHEZ VICENS

RIO DE JANEIRO

2012

**Análise da paisagem em apoio aos estudos de favorabilidade à
recuperação florestal na bacia hidrográfica do rio São João.**

VINICIUS DA SILVA SEABRA

Aprovada por:

Profa. Dra. CARLA BERNADETE MADUREIRA CRUZ
Departamento de Geografia / UFRJ

Prof. Dr. RAÚL SANCHEZ VICENS
Departamento de Geografia / UFF

Profa. Dra. MARIA NAÍSE DE OLIVEIRA PEIXOTO
Departamento de Geografia / UFRJ

Prof. Dr. MANOEL DO COUTO FERNANDES
Departamento de Geografia / UFRJ

Profa. Dra. SIMONE RODRIGUES DE FREITAS
Centro de Ciências Naturais e Humanas / UFABC

Profa. Dr. OTÁVIO MIGUEZ DA ROCHA LEÃO
Departamento de Geografia / UFRJ

Ficha Catalográfica

SEABRA, Vinicius da Silva.

Análise da paisagem em apoio aos estudos de favorabilidade à recuperação florestal na bacia hidrográfica do rio São João / Vinicius da Silva Seabra - 2012.

XIV, 206 f: il.

Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2012.

Orientadores: Prof. Dr. Carla Bernadete Madureira Cruz e Prof. Dr. Raúl Sánchez Vicens

1. Favorabilidade à Recuperação Florestal. 2. Análise Geoecológica 3. Evolução do Uso e Cobertura da Terra

"A sabedoria só nos é suficiente quando já não precisamos mais dela."

Che Guevara

À minha família
Aos meus amigos
Aos meus mestres

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por toda força que me tornou capaz de conseguir remover cada obstáculo posto entre a vontade de concluir este trabalho e às dificuldades que surgiam ao longo destes últimos 4 anos. Agradeço aos meus pais e minha irmã, por serem meus melhores exemplos de vida, principalmente quando falamos em humildade e dedicação.

Agradeço à minha esposa Carol, por toda compreensão, amor e paciência oferecida nos últimos anos.

Agradeço aos meus mestres e orientadores. Meu grande orientador cubano Mateo, ao meus grandes amigos e orientadores Raul e Carla Madureira.

Não poderia deixar de agradecer a todos meus queridos amigos de graduação, com carinho especial para Chico, Alba, Pedro, Ricardo, Patrícia, e Rafael Xavier. Ao grande amigo Alexandre (JG) e a todos os meus camaradas (de várias gerações) do laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto, principalmente pelas maravilhosas tardes de bate-papo e pesquisas.

Agradeço aos meus alunos, orientandos e grandes amigos da UERJ-FFP.

Agradeço também aos meus amigos cubanos Angelito, Ada, Caridad, Boris e Neysi, com um especial carinho para Maíra, Mateo e Zenaida, por terem aberto às portas de suas casas para minha longa estada em Cuba.

Agradeço ao programa de pós graduação da UFRJ e à CAPES, por toda ajuda oferecida à minha pesquisa.

RESUMO

A escolha de áreas para a recuperação deve considerar a paisagem como um todo sistêmico, constituído por diferentes elementos que se organizam em estruturas e que são responsáveis por todos os fluxos e trocas de energia. Antes de respondermos “onde” devemos recuperar, devemos entender o funcionamento do geossistema como um todo, no passado e no presente, para então entendermos os processos e elementos que podem dificultar ou facilitar o processo de recuperação florestal.

Neste sentido, compreendemos que seja fundamental focarmos com atenção especial o desenvolvimento de metodologias que permitam a análise da composição e das inter-relações (espaciais, temporais e verticais) existentes entre os componentes da paisagem relevantes ao processo de escolha de áreas favoráveis à recuperação florestal. Para tal, escolhemos a bacia hidrográfica do rio São João como área de estudo, em razão da sua grande importância estratégica para o estado do Rio de Janeiro, além de também possuir um alto grau de endemismo de espécies.

A determinação da favorabilidade à recuperação florestal considerou o desenvolvimento do mapa de evolução do Uso e Cobertura da Terra, envolveu a determinação e delimitação de diferentes unidades de análise da paisagem e ainda a representação de 16 indicadores, que posteriormente foram utilizados na formulação do modelo de favorabilidade.

A proposta de determinação da favorabilidade à recuperação florestal por análise multicriterial mostrou que as áreas mais favoráveis à recuperação estão localizadas na porção oeste e norte da bacia, estando na grande maioria associadas aos relevos de morros e morrotes, ou ainda, às vertentes e escarpas da Serra do Mar. Os resultados podem ser analisados também a partir de diferentes unidades de paisagem (regiões de paisagem, grupos de paisagem e tipologias de paisagem), geradas e analisadas no âmbito desta pesquisa.

Palavras chave: Favorabilidade à Recuperação Florestal, Análise Geoecológica, Evolução do Uso e Cobertura da Terra.

ABSTRACT

The choice of areas for recovery should consider the landscape as a systemic whole consisting of different elements that are organized in structures that are responsible for all the flows and exchanges of energy. Before we answer "where" recover, we must understand the workings of geosystem as a whole, past and present, and then understand the processes and elements that may hinder or facilitate the process of forest recovery.

In this regard, we understand that it is essential focus special attention to the development of methodologies for analyzing the composition and the inter-relationships (spatial, temporal and vertical) between landscape components relevant to the process of choosing favorable areas for forest restoration . To this end, we chose the catchment area of the São João River as study area, because of its strategic importance to the state of Rio de Janeiro, and there exist a large number of endemic species.

The determination of favorability to forest restoration involved the development of the statement of changes in the Use and Land Cover, determination and delimitation of different units of analysis of the landscape and the representation of 16 indicators, which were later used in the formulation of the model favorability.

The proposed determination of favorability to forest restoration by multicriteria analysis showed good results, generating responses that are consistent with the observed reality in BHRSJ. Their representation in landscape units allows one to look at different perspectives, being of great importance to meet the proposals set out the work.

The proposed determination of favorability to forest restoration by multicriteria analysis showed that the most favorable areas for recovery are located in the western and northern basin, while the majority associated with relief of hills and morrotes, or even the slopes and cliffs of Serra do Mar. The results can also be analyzed from different landscape units (Landscape Regions, Landscape Groups, Landscape Types), generated and analyzed in this study.

Keywords: Favorability to Forest Restoration, Geoecology Analysis, Use And Land Cover Changes

SUMÁRIO

I - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Objetivos	14
1.2.1 - Geral	14
1.2.2 - Específicos	14
1.2 - Estrutura da Tese de Doutorado	15
II - INSTRUMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA	17
2.1 - O Conceito de Paisagem numa Perspectiva Geossistêmica	17
2.2 - Propriedades de um Geossistema	23
2.2.1 - Estruturas da Paisagem	29
2.3 - Geoprocessamento como importante ferramenta para estudos da paisagem	32
2.4 - Escalas, resoluções, hierarquizações e análise da paisagem	38
2.5 - Favorabilidade à Recuperação Florestal	47
III - EVOLUÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA NA BHRSJ	51
3.1 - Classificação de Imagens Orientada a Objetos	53
3.2 - Resultados e Análises do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ	60
3.2.1 - Caracterização e Análise do Uso e Cobertura da Terra nos anos de 1975, 1985, 1995 e 2010	61
3.3.2 - Análise da Evolução do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ entre os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010	71
3.6 - Conclusões	84
IV - CARACTERIZAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DOS COMPONENTES E ESTRUTURAS DA PAISAGEM NA BHRSJ	86
4.1 - Mapeamento das Variáveis Geomorfológicas	89
4.1.1 - Cálculo de Declividade da BHRSJ	93
4.1.2 - Delimitação das Bacias de Drenagem de 3º Ordem	95
4.1.3 - Cálculo de Amplitude do Relevo da BHRSJ	96
4.1.4 - Mapa de Domínios Geomorfológicos da BHRSJ	98
4.2 - Mapeamento das Variáveis Climáticas	104
4.2.1- Classificação de Faixas Térmicas e Amplitude Térmica	106
4.2.2 - Teor de Umidade	109
4.3 - Geologia e Solos	111
4.4 - Hidrografia	115
4.5 - Análise Vertical da Paisagem através de Matrizes de Frequência de Relacionamento	117

4.6 - Análise Horizontal da Paisagem	120
4.6.1 - Análise da Dimensão do Fragmento de Uso	120
4.6.2 - Proximidade de Fragmentos Florestais	122
4.6.3 - Grau de Transformação Antrópica	123
4.7 - Análise Vetorial da Paisagem	125
4.7.1 - Indicadores de Pressão Populacional	125
4.7.2 - Proteção Legal na BHRSJ	128
4.7.3 - Radiação Solar	130
4.7.4 - Forma do Terreno	132
4.8 - Conclusões	135
V - CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA E MULTIESCALAR DA PAISAGEM NA BHRSJ	137
5.1 - Classificação da Paisagem	142
5.1.1 - Regionalização da Paisagem	142
5.1.2 - Delimitação dos Grupos de Paisagem	149
5.1.3 - Análise do estado de conservação das paisagens da bacia hidrográfica do rio São João, RJ	157
5.1.4 - Classificação das Tipologias da Paisagem	159
5.2 - Conclusões	167
VI - FAVORABILIDADE À RECUPERAÇÃO FLORESTAL NA BHRSJ	170
6.1 - Análise Multicriterial para Determinação da Favorabilidade à Recuperação Florestal	171
6.2 - Determinação da Favorabilidade à Recuperação Florestal na BHRSJ	177
6.2.1 - Distribuição Espacial da Favorabilidade à Recuperação Florestal na BHRSJ	178
6.2.2 - Favorabilidade à Recuperação Florestal por Regiões de Paisagem na BHRSJ	181
6.2.3 - Favorabilidade à Recuperação Florestal por Grupos de Paisagem na BHRSJ	184
6.2.4 - Favorabilidade à Recuperação Florestal por Tipologias de Paisagem na BHRSJ	187
6.3 - Conclusões	190
VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS	192
VIII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	196
IX - ANEXOS	207

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa de Localização da BHRSJ	6
Figura 1.1. Localização da BHRSJ em Contexto Regional	7
Figura 1.3. BHRSJ e Geomorfologia Regional	8
Figura 1.4 - Mapa dos Municípios da BHRSJ	9
Figura 1.5 - Mapa de Unidades de Conservação da BHRSJ	10
Figura 1.6. Hidrografia da BHRSJ	11
Figura 1.7. Estrutura do NUTRE e abordagens da tese	13
Figura 2.1 - Propriedades de um Geossistema	24
Figura 2.2 - Estabilidade e desequilíbrio do sistema	26
Figura 2.3 - Capacidade Adaptativa e Resistência dos Geossistemas	27
Figura 2.4 - Resiliência dos Geossistemas	28
Figura 2.5 - Alta Resiliência dos Geossistemas	28
Figura 2.6 - Classificação da Paisagem Segundo Bertrand (1971)	45
Figura 2.7 - Níveis de Classificação da Paisagem na BHRSJ	46
Figura 3.1 - Classificação Contextual	55
Figura 3.2 - Cartas-Imagem (3B4G5R) para os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010 da BHRSJ	57
Figura 3.3 - Metodologia para análise da evolução do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ	59
Figura 3.2. Chave de Interpretação de Imagem	63
Figura 3.3. Carta-Imagem de 1975	64
Figura 3.6 - Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ em 1975	65
Figura 3.7. Carta-Imagem de 1985	66
Figura 3.8 - Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ em 1985	66
Figura 3.9. Carta-Imagem de 1995	67
Figura 3.10 - Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ em 1995	68
Figura 3.11. Carta-Imagem de 2010	69
Figura 3.12 - Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ em 2010	69
Figura 3.13 - Mudanças quantitativas das coberturas naturais e áreas de pastagem, agrícolas e de vegetação secundária entre os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010	72
Figura 3.14 - Evolução da Floresta nos últimos 35 anos na BHRSJ	73
Figura 3.15 - Lagoas Artificiais de Unamar	73
Figura 3.16 - Atividades de extração de areia na BHRSJ	74

Figura 3.17 - Mudanças quantitativas das áreas ocupadas por corpos hídricos e uso urbano entre os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010	75
Figura 3.18 - Mapa de mudanças de Uso e Cobertura da Terra entre os anos de 1975 e 2010 na BHRSJ	79
Figura 3.19 - Áreas em recuperação destacadas nas figuras 5, 6 e 7	80
Figura 3.20 - Área em recuperação na unidade Poço das Antas	81
Figura 3.21 - Áreas em recuperação nos patamares residuais úmidos	82
Figura 3.22 - Área em recuperação nas colinas e morrotes do Indaiáçu-Seca	83
Figura 4.1 - Fluxograma de Análise da Estrutura Vertical da Paisagem	87
Figura 4.2 - Fluxograma de Análise da Estrutura Horizontal da Paisagem	88
Figura 4.3 - Fluxograma de Análise da Estrutura Vetorial da Paisagem	89
Figura 4.4 - Articulação dos MDEs Aster.	91
Figura 4.5 - Mapa Hipsométrico	92
Figura 4.6 - Mapa de Declividade na BHRSJ	94
Figura 4.7 - Limites de Bacias na BHRSJ	95
Figura 4.8 - Definição dos Níveis de Base	96
Figura 4.9 - Mapa de Amplitude do Relevo na BHRSJ	97
Figura 4.10 - Edição do Mapa de Sistemas de Relevo para a BHRSJ	100
Figura 4.11 - Domínios Geomorfológicos da BHRSJ	102
Figura 4.12 - Perfil Topográfico na BHRSJ	103
Figura 4.13 - Localização das estações climatológicas utilizadas para interpolação de dados de pluviosidade	105
Figura 4.14 - Mapa de faixas térmicas da BHRSJ	106
Figura 4.15 - Amplitude Térmica na BHRSJ	108
Figura 4.16 - Mapa de Teor de Umidade	111
Figura 4.17 - Mapa Geológico da BHRSJ	113
Figura 4.18 - Mapa de Solos da BHRSJ	114
Figura 4.19 - Proximidade de Corpos Hídricos Superficiais da BHRSJ	117
Figura 4.20 - Mapa de dimensão dos fragmentos de uso	121
Figura 4.21 - Distância de Fragmentos Florestais na BHRSJ	123
Figura 4.22 - Mapa do Grau de Transformação Antrópica da BHRSJ	124
Figura 4.23 - Mapa de Densidade Populacional na BHRSJ	126
Figura 4.24 - Mapa de Densidade de Domicílios na BHRSJ	127
Figura 4.25 - Mapa de Áreas Antrópicas e Proteção Legal na BHRSJ	128
Figura 4.26 - Mapa da Média Diária da Radiação Solar Global Anual na BHRSJ	130

Figura 4.27 - Mapa da Média Diária da Radiação Solar Global Anual em Área destacada da BHRSJ	131
Figura 4.28 - Formas do Terreno	125
Figura 4.29 - Mapa de forma do terreno na BHRSJ	126
Figura 4.30. Mapa de forma do terreno na BHRSJ (detalhe)	134
Figura 5.1 - Classificação dos Domínios de Paisagem no Brasil. Fonte: Mapa do Autor. Adaptado de Ab'Saber (2003).	139
Figura 5.2 - Classificação da Paisagem em Hólons na BHRSJ. Fonte: Cunha & Freitas, 2004.	140
Figura 5.3 - Classificação da Paisagem na BHRSJ	141
Figura 5.4 - Mapa de regiões de Paisagem na BHRSJ.	145
Figura 5.5 - Trajeto de Trabalho de Campo e Pontos de Observação	148
Figura 5.6 - Perfil Topográfico e Fotografias dos Patamares Residuais Hiperúmidos	149
Figura 5.7 - Planície do Médio São João à frente, seguida de Patamares Residuais e Escarpa da Serra do Mar ao fundo	150
Figura 5.8 - Mapa do primeiro nível de classificação dos grupos de paisagem	152
Figura 5.9 - Colinas Isoladas em planícies aluviais	153
Figura 5.10 - Mapa de Grupos de Paisagem na BHRSJ	156
Figura 5.11 - Localização das áreas em que as tipologias foram mapeadas (Área 1 e Área 2)	160
Figura 5.12 - Edições sobre a imagem Worldview II	161
Figura 5.13 - Tipologia de Paisagem em Poço das Antas	163
Figura 5.14 - Tipologia de Paisagem na Escarpa Transicional da Serra do Mar	165
Figura 5.15 - BDG para Tipologias da Paisagem	166
Figura 6.1 - Fluxograma de Atividades para a determinação da Favorabilidade à Recuperação Florestal	170
Figura 6.4 - Localização do Ponto de Maior Favorabilidade à Recuperação Florestal da BHRSJ	175
Figura 6.5 - Percentual de Área das Classes de Favorabilidade à Recuperação Florestal na BHRSJ	179
Figura 6.6 - Favorabilidade à Recuperação Florestal na BHRSJ	180
Figura 6.7 - Favorabilidade à Recuperação Florestal por Região de Paisagem	182
Figura 6.8 - Favorabilidade à recuperação florestal por grupos de paisagem	186
Figura 6.9 - Favorabilidade à Recuperação Florestal por Tipologias de Paisagem. Área 1.	187
Figura 6.10. Favorabilidade à Recuperação Florestal por Tipologias de Paisagem. Área 2	188

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1.1 - Níveis Espaciais e Estágios de estudo do planejamento Ecológico	43
Quadro 1.2 - Aspectos ou componentes da paisagem importantes para a determinação da favorabilidade à recuperação florestal, segundo suas estruturas.	50
Quadro 3.1 - Imagens utilizadas no mapeamento da evolução do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ	56
Tabela 3.1: Quantitativo das classes de Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ nos anos de 1975, 1985, 1995 e 2010	70
Tabela 3.2: Quantificação das mudanças de Uso e Cobertura da Terra entre os anos de 1975 e 2010 na BHRSJ	76
Tabela 3.3: Processos predominantes na BHRSJ	78
Tabela 4.1: Classes de Sistemas de Relevo para o Estado de São Paulo	98
Tabela 4.2: Classes de Sistemas de Relevo para a BHRSJ	99
Quadro 4.1: Percentual de área para cada classe de Relevo na BHRSJ	101
Quadro 4.2: Classes de Teor de Umidade	110
Quadro 4.3: Percentual de Ocorrência dos Componentes da Paisagem da BHRSJ	119
Quadro 5.1: Classificação da paisagem e respectivas escalas indicativas	138
Quadro 5.2: Matriz Geoecológica da BHRSJ	144
Quadro 5.3 - Regiões de Paisagem na BHRSJ	146
Quadro 5.4 - Atributos das regiões de paisagem da BHRSJ	147
Quadro 5.5: Subdivisão do relevo em Grupos de Paisagem	151
Quadro 5.6: Critérios para definição dos Grupos de Paisagem para a BHRSJ	154
Tabela 5.1: Análise do Estado de Conservação das Unidades de Paisagem	158
Quadro 6.1 - Indicadores de Favorabilidade à Recuperação Florestal e Método de Determinação dos Pesos e Notas	173
Quadro 6.2 - Pesos Atribuídos por Especialistas, Média Final e Desvio Padrão por Temas Indicadores de Favorabilidade à Recuperação Florestal na BHRSJ	176
Quadro 6.3 - Pesos para as variáveis não modeladas a partir dos questionários aplicados	177

LISTA DE SIGLAS

APA - Área de Proteção Ambiental

APP - Área de Proteção Permanente

BDG - Banco de Dados Geográficos

BHRSJ - Bacia Hidrográfica do Rio São João

CILSJ - Consórcio Intermunicipal Lagos São João

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento

FISRWG - *Federal Interagency Stream Restoration Working*

GPS - Sistema de Posicionamento Global

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo

MDE - Modelo Digital de Elevação

NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*

NUTRE - Núcleo de Tecnologias de Recuperação de Ecossistemas

PEC - Padrão de Exatidão Cartográfica

PDI - Processamento Digital de Imagens

RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SR - Sensoriamento Remoto

UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

UFF - Universidade Federal Fluminense

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Rio de Janeiro

I – Introdução

As consequências negativas produzidas pela ação do homem sobre a natureza, e a ameaça de extinção de recursos necessários para a vida humana, como a água potável, por exemplo, levaram à tona questões importantes envolvendo o uso racional da natureza. A magnitude dos problemas ambientais e a busca pela solução dos mesmos ganharam uma amplitude global e passaram a despertar a atenção do mundo já a partir dos anos 80, quando então foram iniciadas as tentativas de elaboração de estratégias para o uso ordenado dos recursos naturais, planejando melhor a ocupação e uso do solo e buscando a recuperação de áreas degradadas.

Passou a ser relevante pensar em formas de desenvolvimento que funcionem harmonicamente com a preservação do meio ambiente. Além disso, tornou-se necessário também que muitos dos esforços se voltassem à recuperação de áreas degradadas, que aparece neste contexto como uma importante ação para garantir a conservação de áreas, para manutenção do provimento dos recursos naturais oferecidos por estes ambientes, para mitigar impactos gerados pelas perturbações causadas pelas atividades antrópicas, ou, minimizar as pressões sobre áreas ainda preservadas.

Entra em pauta neste momento a necessidade de buscarmos conhecimentos que assegurem o sucesso das iniciativas voltadas para a recuperação de áreas degradadas e para restauração dos ecossistemas. Significa entender a estruturação e o funcionamento destes sistemas, para que seja possível reconhecer o papel que cada agente pode desempenhar nas diferentes etapas de reconstituição do sistema, entender o momento certo para realizar as diferentes intervenções e, ainda, poder predizer o tempo aproximado e necessário para que o equilíbrio funcional e dinâmico do sistema seja restabelecido.

As diferentes tentativas de recuperação de áreas, apesar de estarem sempre focadas em garantir ganhos ambientais, possuem diferentes especificidades e particularidades em suas justificativas. Quase que a totalidade destas áreas, que

experimentaram ou experimentam tentativas de recuperação, estão vinculadas à: criação de corredores ecológicos; ampliação de áreas florestadas em unidades de conservação; reflorestamento de áreas de preservação permanente; ou, recuperação de áreas que foram impactadas para realização de alguma atividade econômica (ex: mineração).

Em todos estes exemplos, a estratégia é a de recuperar áreas pré-estabelecidas, já espacialmente reconhecidas e delimitadas, cujos objetivos podem ser: restabelecer determinadas funções ou serviços ambientais; criar condições para circulação de espécies; reduzir o efeito de borda em áreas núcleo de fragmentos florestais estratégicos; ou ainda, atender à legislação, que prevê a recuperação de áreas degradadas por determinadas atividades econômicas.

Desta maneira, na grande maioria das vezes a escolha de áreas para realização de processos de recuperação florestal desconsidera as possíveis dificuldades ou facilidades que poderão ser encontradas em seu processo operacional. Na melhor das situações, os critérios de escolha obedecem apenas as características relacionadas à conectividade e proximidade de fragmentos, características do solo e matriz de Uso e Cobertura da Terra. Ou seja, podemos dizer que não existe um processo de escolha de áreas baseado na favorabilidade à recuperação dentro de um conceito mais amplo.

A escolha de áreas para recuperação baseando-se em sua favorabilidade à recuperação significaria optar em alocar os projetos de recuperação florestal em áreas que exigiriam o menor esforço econômico, ou intervenção técnica, para se alcançar o objetivo esperado. Em uma situação ideal, bastaríamos apenas proteger estas áreas das pressões a qual estão submetidas, para que este processo de recuperação ocorresse naturalmente. Alguns estudos realizados em diferentes partes do mundo (CHINEA, 2002; READ *et al.*, 2003; CRK *et al.* 2009) confirmam esta possibilidade, pois documentam a ocorrência de processos de recuperação natural (sem intervenções) de antigas pastagens ou áreas agrícolas abandonadas.

CRK *et al.* (2009) elaboraram uma proposta de análise que considera aspectos bióticos, físicos e socioeconômicos como importantes para os processos de recuperação florestal. Segundo os autores, as métricas da paisagem, os usos e coberturas vizinhos, a proximidade com estradas, a proximidade com centros urbanos, a declividade, o aspecto do relevo, o clima, o solo e outras variáveis, têm importantes papéis na determinação da favorabilidade à recuperação espontânea em ambientes florestais. Seus estudos foram elaborados em antigas áreas agrícolas de Porto Rico, que tornaram-se florestas secundárias alguns anos depois de terem sido abandonadas.

Aproximando-se um pouco desta discussão, Thom *et al.* (2011) desenvolveram uma metodologia para a escolha de áreas prioritárias à restauração no baixo curso do rio Columbia e em todo seu habitat de estuário. A escolha de uma área prioritária à restauração levaria em consideração os objetivos da restauração, os impactos existentes na área (características físicas e químicas da água e dos sedimentos, luminosidade, pressões populacionais, desenvolvimento industrial, agricultura e outros), e os cenários de restauração desejados pelo usuário, que deve considerar: as métricas e conectividade da paisagem recuperada com as paisagens vizinhas; a conectividade da área com a rede de drenagem; as funções ecossistêmicas que devem ser restabelecidas; dentre outros fatores. Thom *et al.* (2011) propõem ainda em seu modelo, a necessidade de avaliarmos a prioridade à recuperação em duas escalas de análise: local e de paisagem.

Murcia (2010) considera que os projetos de recuperação florestal devem ser elaborados considerando as características bióticas, físicas e socioeconômicas da região, sendo, portanto, imprudente a geração de modelos que oferecessem soluções para as mais variadas situações. Segundo a autora, é importante ressaltar que cada projeto de restauração precisa ser planejado, executado e avaliado dentro de seu próprio contexto. De acordo estas considerações, não somente a composição da paisagem seria importante para a recuperação florestal, como seria também fundamental a compreensão de toda a sua organização.

Rodrigues *et al.* (2011), importantes autores da Ecologia da Restauração, destacam que os projetos de recuperação florestal em grandes escalas exigem a definição de estratégias que considerem os diferentes contextos socioeconômicos e matrizes de usos em que os projetos estão inseridos. No mesmo trabalho, os autores afirmam que a indisponibilidade de sementes é um dos mais importantes fatores limitantes para a recuperação de pastagens e agriculturas abandonadas e áreas de floresta tropical na Costa Rica (HOLL, 1999; WIJDEVEN AND KUZEE, 2000), Porto Rico (ZIMMERMAN *et al.*, 2000), Panamá (HOOPER *et al.*, 2005), Colômbia (AIDE & CAVALIER, 1994) e Brasil (NEPSTAD *et al.*, 1990).

Em outubro de 1998 a FISRWG (*Federal Interagency Stream Restoration Working Group*), formada por 15 agências americanas envolvidas em estudos e projetos de recuperação de rios e canais fluviais, publicou o documento “*Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*” descrevendo a importância e a complexidade envolvida nas etapas de recuperação de canais fluviais. Estes estudos apontam que a área escolhida para a recuperação deve ser determinada fundamentalmente pelas características da paisagem, que deve apresentar fatores que favoreçam o processo de restauração. O estudo evidencia que o sucesso nos projetos de recuperação de canais fluviais depende da compreensão dos elementos e processos naturais e sociais atuantes na paisagem, tais como: as propriedades do solo, as formas dos vales, as propriedades físico-químicas da água, as espécies a serem utilizadas no processo de reflorestamento, as características culturais e socioeconômicas da região, etc.

Assim, podemos constatar que as dificuldades e/ou as facilidades à recuperação florestal de áreas envolvem critérios que vão muito além das características dos solos, da conectividade de fragmentos, da matriz de uso ou das demais características bióticas atualmente utilizadas. A escolha de áreas para a recuperação deve considerar a paisagem como um todo sistêmico, constituído por diferentes elementos que se organizam em estruturas e que são responsáveis por todos os fluxos e trocas de energia. Antes de

respondermos “onde” devemos recuperar, devemos entender o funcionamento do geossistema como um todo, no passado (antes do desmatamento) e no presente, para então entendermos os processos e fluxos que mantinham aquela floresta e os processos e fluxos que hoje podem dificultar ou facilitar a reconstituição da mesma.

Este trabalho tem o propósito de resgatar as discussões de autores que se dedicaram a fazer uso das teorias da Geoecologia das Paisagens para compreender a organização espacial dos complexos naturais, a disponibilização e distribuição dos recursos naturais e os impactos resultantes da ação humana sobre estes sistemas. Neste sentido, consideraremos importante a compreensão da composição e interação entre os elementos abióticos, bióticos e socioeconômicos para entendermos o funcionamento e a organização das paisagens, e por consequência a recuperação natural dos ecossistemas.

Outra característica importante a ser considerada é a necessidade de conduzirmos a investigação baseando-nos em diferentes escalas temporais e espaciais de análise, ou seja, numa perspectiva multiescalar e multitemporal, uma vez que o conjunto de processos e fenômenos que regem o funcionamento das paisagens apresenta-se em diferentes temporalidades, localidades, abrangências, intensidades, etc. Significa entendermos os processos globais, regionais e locais, do passado e presente, que podem favorecer ou dificultar as ações de recuperação florestal.

Para trabalharmos com esse grande conjunto de variáveis, em diferentes escalas e temporalidades, necessitamos de: dados atualizados e precisos, além de metodologias capazes de facilitar as análises espaciais, armazenar e resgatar informações com velocidade e criar ambientes de saída para os resultados gerados. Por isso, neste trabalho serão empregadas as técnicas e metodologias para aquisição e análise de dados disponibilizadas pelo geoprocessamento, sobretudo àquelas envolvidas com o processamento digital de imagens de sensoriamento remoto (PDI-SR) e pelos sistemas de informações geográficas (SIGs).

A escolha da bacia hidrográfica do rio São João (BHRSJ) como área de estudo deve-se a sua grande importância estratégica para o Estado do Rio de Janeiro, sendo uma das principais fontes de abastecimento de água para a região e para as baixadas litorâneas, além de também possuir um alto grau de endemismo de espécies. Localizada na porção leste do Estado do Rio de Janeiro (fig.1.1), a BHRSJ destaca-se ainda por abrigar grande parte dos últimos remanescentes de Mata Atlântica em áreas de baixada no estado do Rio de Janeiro, com vegetações em diferentes estados de conservação.

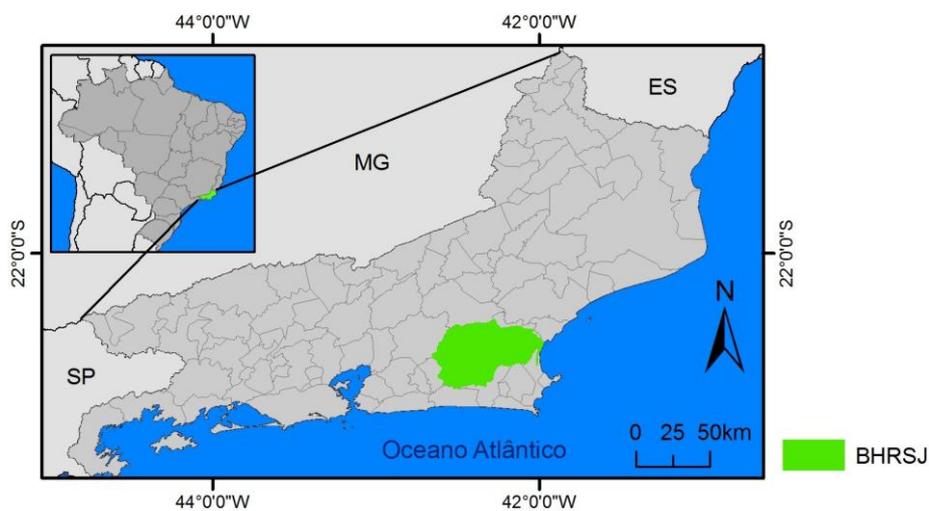


Figura 1.11. Mapa de Localização da BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas2000.

A BHRSJ localiza-se dentro do contexto da Mata Atlântica, situada entre o corredor da Serra do Mar e o litoral atlântico. Esta bacia posiciona-se à oeste da Bacia Hidrográfica da Baía da Guanabara, estando quase que em sua totalidade na Região das Baixadas Litorâneas do Estado do Rio de Janeiro (fig.1.2). Segundo o Consórcio Intermunicipal Lagos São João (CILSJ, 2007) a BHRSJ estende-se por 63 km no sentido leste-oeste e por 43 km no sentido norte-sul, possuindo uma área total de 2.160 km². A Bacia é limitada em sua porção Norte e Noroeste pelo conjunto de montanhas e escarpas pertencentes à Serra do Mar, ao Sudoeste por maciços costeiros e interiores situados nos limites dos municípios de Saquarema e Rio Bonito, e ao sul por domínios colinosos cujas amplitudes predominantes não ultrapassam a cota de 100m e as declividades geralmente oscilam entre 5% e 15% (fig. 1.3).

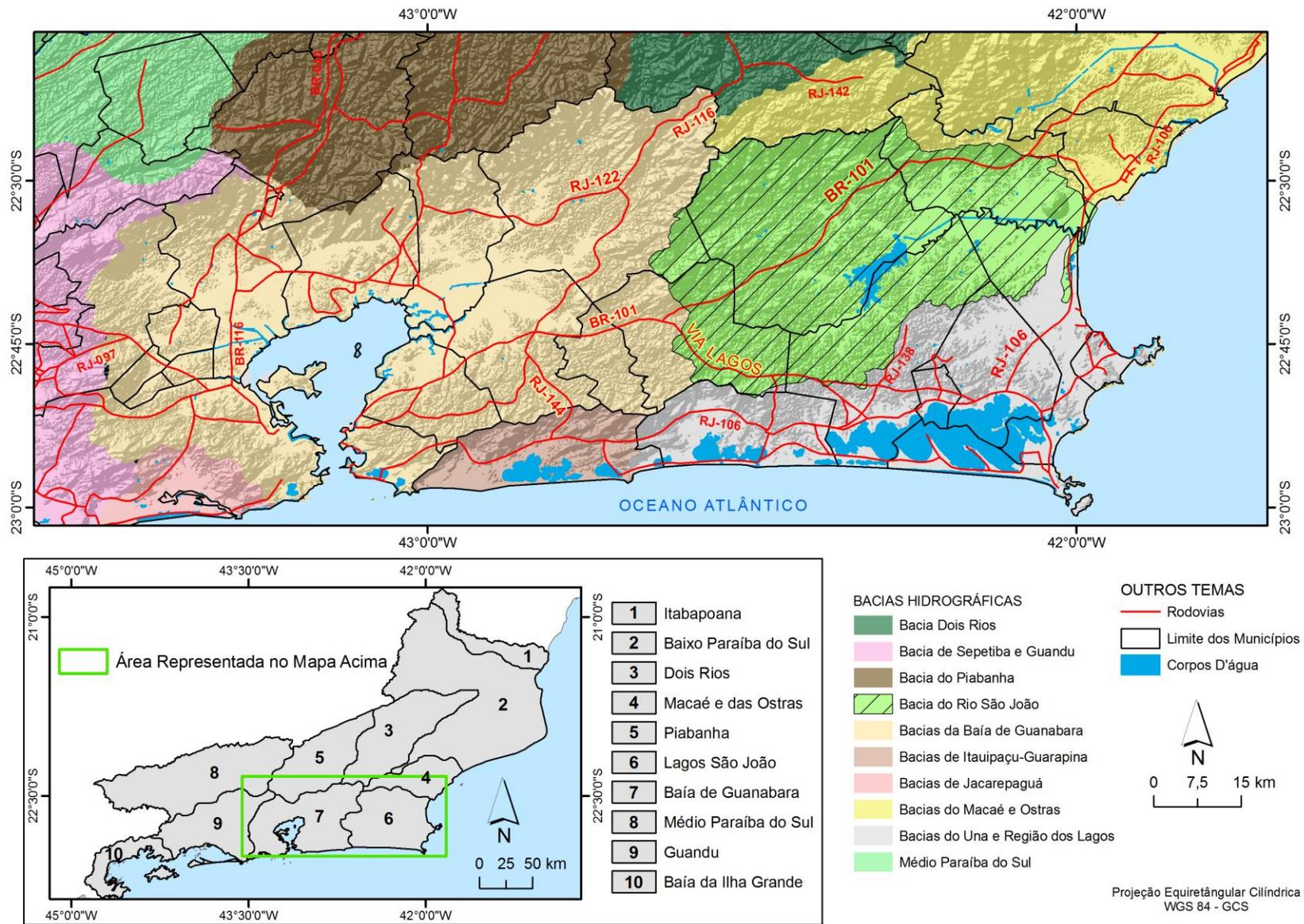


Figura 1.12. Localização da BRSJ em Contexto Regional. Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas2000.

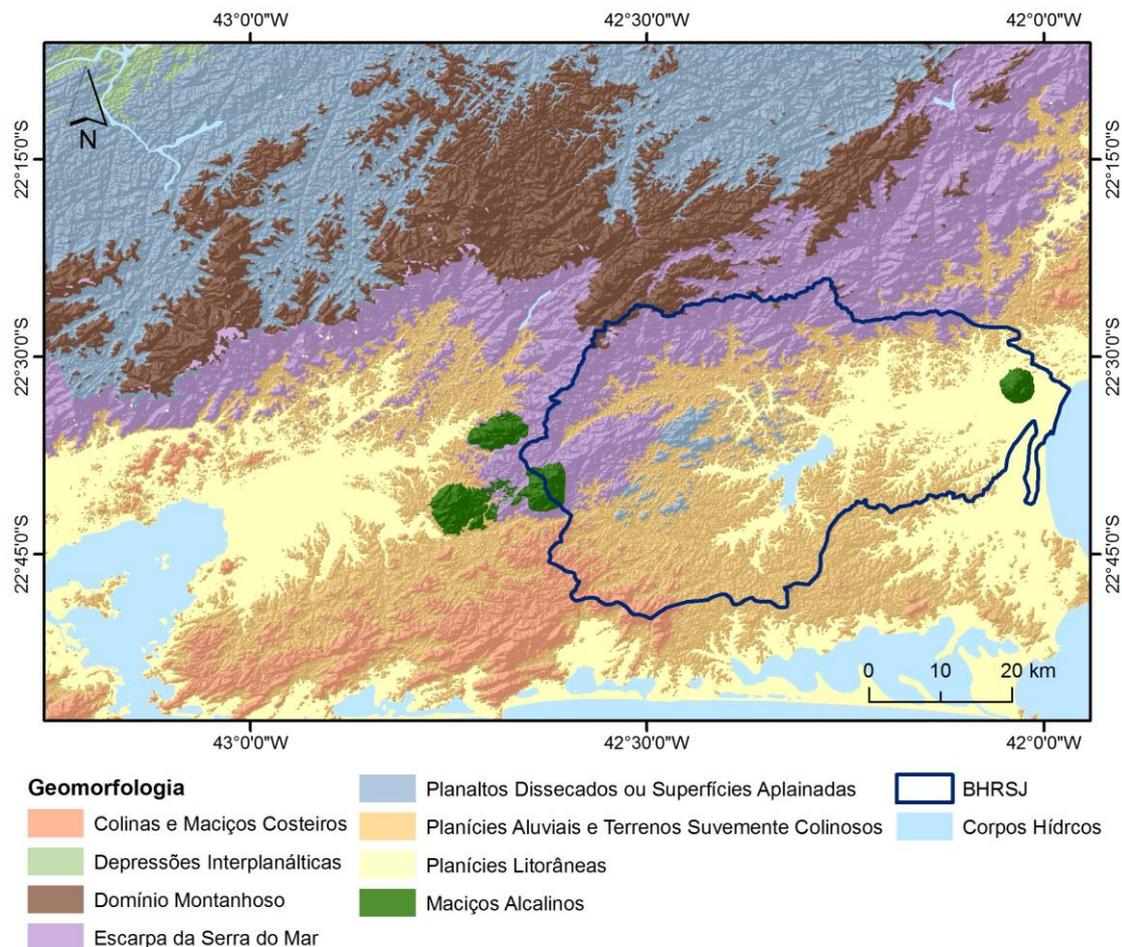


Figura 1.3. BHR SJ e Geomorfologia Regional. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000. Adaptações de Dantas (2001) e CPRM (2001).

Além da área total do município de Silva Jardim, município que abriga mais de 43% de toda a Bacia, a BHR SJ ainda abrange os municípios de Casimiro de Abreu, (16,3% da Bacia), Araruama (16,2%), Rio Bonito (12%), Cabo Frio (8,7%), Cachoeira de Macacu (2,5%), Rio das Ostras (0,45%) e São Pedro da Aldeia (0,40%), incorporando, portanto, um total de 8 municípios (fig. 1.2). De acordo com CILSJ (2007), a partir de dados da contagem populacional dos municípios brasileiros (IBGE, 2005), estima-se que na área total da BHR SJ vivam aproximadamente entre 90 e 100 mil pessoas, sendo que a maior parte desta população (cerca de 60%) reside nas cidades de Casimiro de Abreu e Silva Jardim.

As principais vias de acesso da BHR SJ são: a BR-101, que cruza os municípios de Rio Bonito, Silva Jardim e Casimiro de Abreu; a RJ-140, que cruza os

municípios de Araruama e Silva Jardim e; a RJ-106, que cruza os municípios de Cabo Frio e Casimiro de Abreu. É importante destacar também a relevância da RJ-124 (Via Lagos), que tem seu início num entroncamento com a BR-101, no município de Rio Bonito, estendendo-se até o município de São Pedro da Aldeia. Outras estradas importantes e vicinais cortam a Bacia, interligando as cidades, vilas e povoados presentes em toda área de estudo (fig. 1.4).

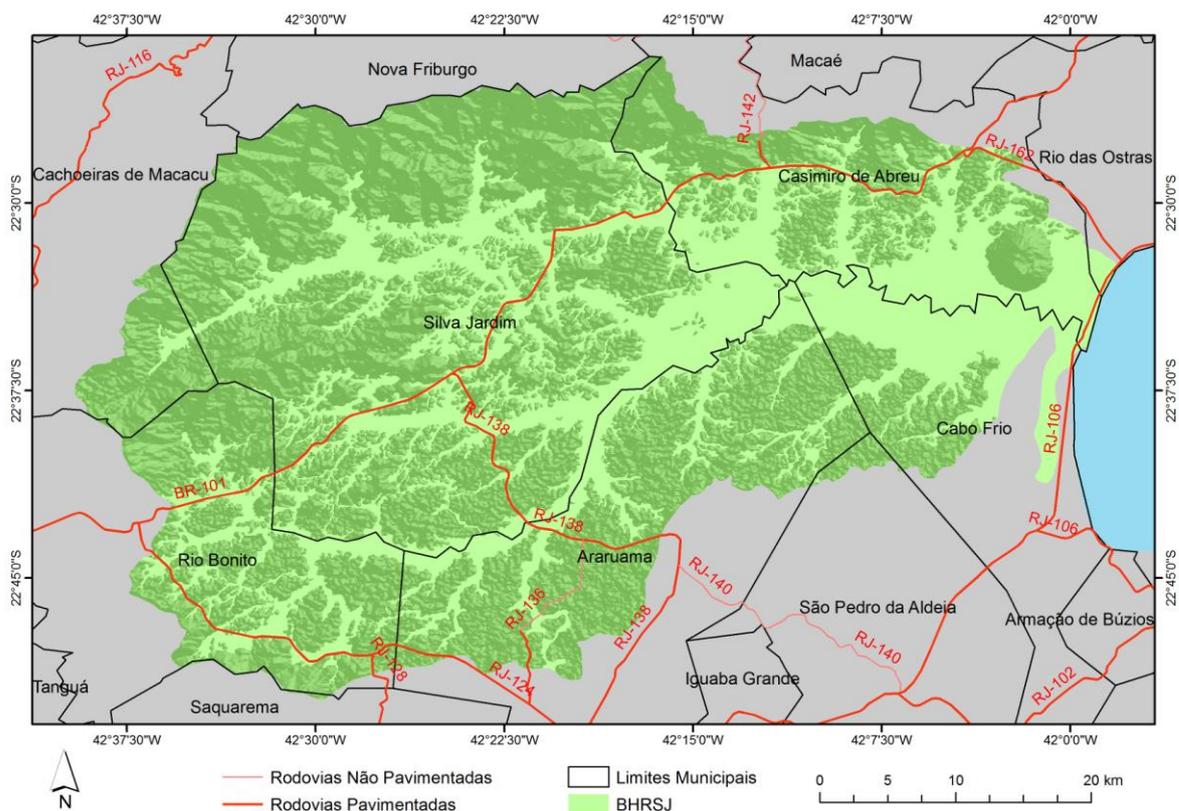


Figura 1.4. Mapa dos Municípios da BHR SJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

Devido a sua grande diversidade de ambientes e, por conseguinte, a grande biodiversidade e endemismo (ex: Mico-Leão Dourado) de espécies de flora e fauna, determinados recortes espaciais da BHR SJ foram transformados em áreas protegidas pelos governos federal e estadual. A administração federal, através do ICMbio, garante a proteção de grande parte da BHR SJ através de uma Área de Proteção Ambiental (APA São João), e da Reserva Biológica de Poço das Antas. O Governo do Estado criou o Parque Estadual dos Três Picos, cuja superfície abrange uma pequena,

mas importante parte da bacia, nas serras de Santana, São João e Taquaruçu, em Silva Jardim e Cachoeiras de Macacu. Em se tratando do nível municipal, apenas os municípios de Cabo Frio (Parque do Mico-Leão Dourado) e Rio Bonito (Parque da Caixa d'Água) criaram e administram áreas protegidas. Cabe também ressaltar que proprietários rurais têm estabelecido Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPN's, que hoje já somam 14 dentro da bacia, com destaque para a RPPN Fazenda Retiro e o Parque da Preguiça (CILSJ, 2007). A bacia ainda encontra-se no limite de outras importantes áreas protegidas, como a Reserva Biológica União (REBIO União) e a Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima (APA de Macaé de Cima). (fig. 1.5).

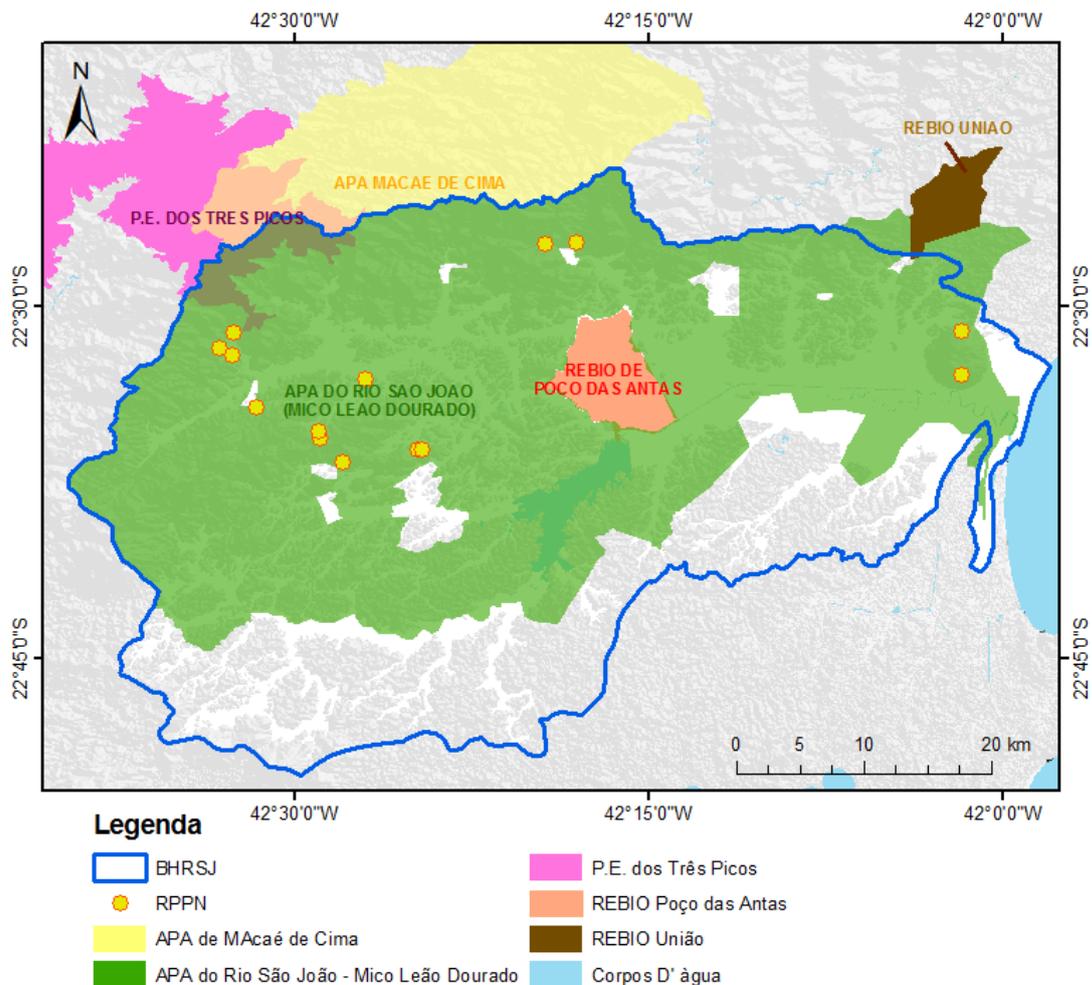


Figura 1.5. Mapa de Unidades de Conservação da BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular.
Datum: Sirgas 2000.

A BHRSJ também se caracteriza por ter sofrido ao longo dos últimos 50 anos intervenções significativas em todos os seus sistemas naturais. A CILSJ (2007) afirma que provavelmente a represa de Juturnaíba foi idealizada no fim dos anos de 1960, pois já em 1970 o DNOS (extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento) contratou a empresa de consultoria Engenharia Gallioli para desenvolver estudos e elaborar o projeto executivo da obra. As obras de construção da barragem foram executadas pela empresa Queiroz Galvão entre 1978 e 1984. Em 1982 iniciou-se o enchimento da represa, cujo nível de água operacional foi atingido em 1984, ano em que as obras foram concluídas. Ainda na década de 1980, o DNOS construiu à jusante da barragem um canal reto de 24,5 km, rasgando a baixada para escoar as águas da represa e drenar o vale. Aprofundou, alargou e retificou o baixo curso dos rios Aldeia Velha, Indaiassu, Lontra e Dourado e construiu inúmeras valas para dessecamento das imensas áreas de brejo localizadas à montante e à jusante da barragem (fig. 1.6).

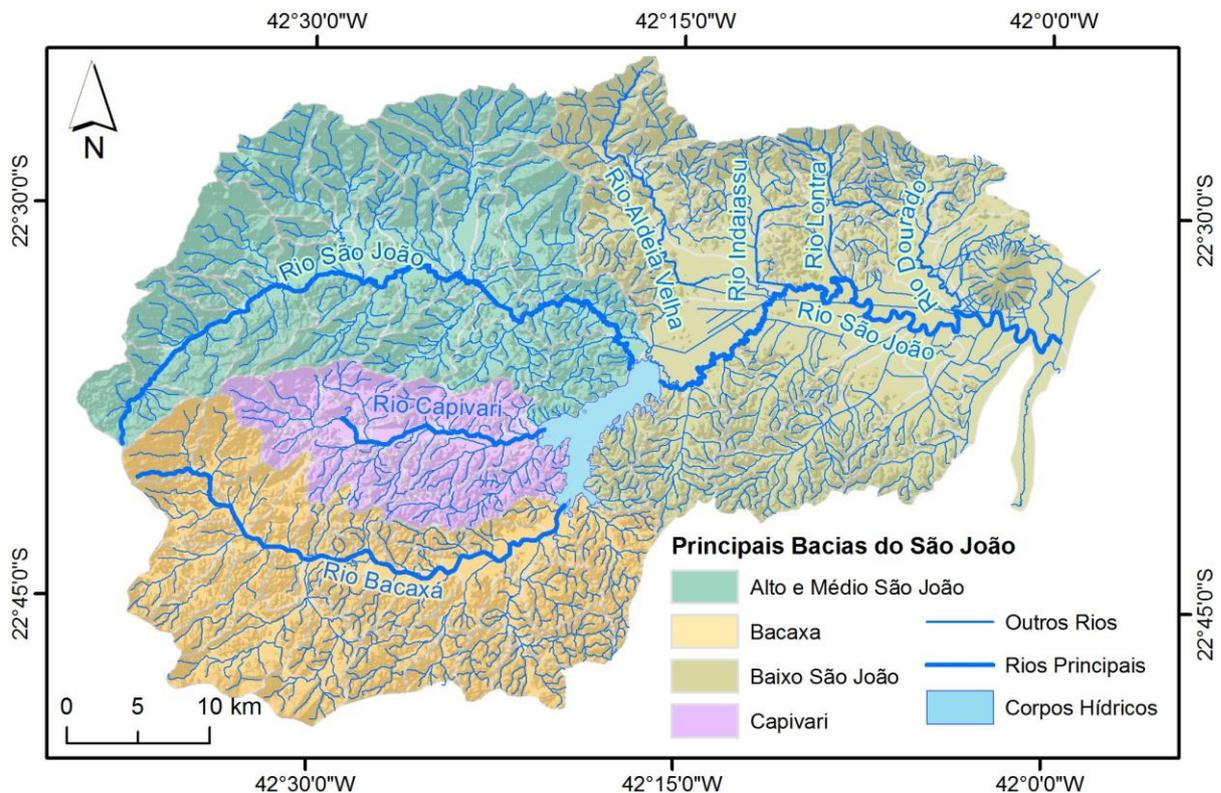


Figura 1.6. Hidrografia da BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equiretangular. Datum: Sirgas 2000.

A retificação do Rio São João e a construção da barragem de Juturnaíba para abastecimento de água para a Região dos Lagos, rebaixaram o nível do lençol freático, tornando grandes extensões das baixadas aptas ao desenvolvimento de atividades agropecuárias (CPRM, 2001). Essas intervenções desencadeiam uma série de impactos, tais como sedimentação fluvial à montante da barragem e erosão à jusante e o incremento da descarga de sedimentos fluviais na foz do Rio São João (CUNHA, 1995). É importante ainda destacar de que as alterações provocadas na bacia, principalmente a construção de valas e canais artificiais, estão diretamente correlacionadas com a perda da mata fluvial e a perda de áreas alagadas (*wetlands*) nas planícies fluviais da bacia.

Embora diversos empreendimentos tenham provocado significativos impactos em toda a região, a área de estudo ainda possui uma grande importância estratégica em termos de preservação ambiental, principalmente por ainda manter remanescentes das mais diferentes fisionomias vegetacionais típicas do Bioma Mata Atlântica. Na BHRSJ podemos encontrar: campos de altitude; floresta ombrófila densa; floresta estacional semi-decidual; floresta de terras baixas; brejos; manguezais; restingas; e matas aluviais.

Os maiores, e mais contínuos, fragmentos florestais da bacia são encontrados nas vertentes íngremes, escarpadas, e nos patamares residuais da Serra no Mar. Em suas planícies, morrotes e colinas, a vegetação apresenta-se distribuída em pequenos fragmentos florestais, num mosaico formado principalmente por extensas manchas de pastagem.

A disponibilidade de dados é um fator importante para a viabilidade da pesquisa aqui proposta, já que várias iniciativas de pesquisa que enfocam a APA e a Bacia do Rio São João vêm sendo implementadas através de orientações conjuntas, em diferentes níveis acadêmicos, por professores da UFRJ, UFF e UERJ a partir de um compromisso de cooperação conjunta com o ICMBio local, há aproximadamente 5 anos. Para a realização de tais iniciativas muitos dados e conhecimentos foram

gerados. Todo este amplo material encontra-se disponível para a realização desta Tese.

É importante ainda destacar que esta Tese de doutorado faz parte de uma pesquisa maior, intitulada "**DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE ATUAÇÃO, TOMADA DE DECISÃO E DE TRAJETÓRIAS SUCESSIONAIS PARA A RECUPERAÇÃO DE ECOSISTEMAS DO COMPLEXO ATLÂNTICO**", desenvolvido junto a NUTRE (Núcleo de Tecnologias de Recuperação de Ecossistemas), cujo o objetivo central é o desenvolvimento de metodologias/tecnologias voltadas para a recuperação de áreas degradadas (NUTRE, 2011).

Dentre os modelos desenvolvidos pelo NUTRE, este trabalho articula-se diretamente com o **MODELO DECISÃO**, que tem por objetivo o desenvolvimento de metodologias que gerem subsídios e apoiem decisões voltadas para a escolha de áreas a serem recuperadas. O Modelo de Decisão subdivide-se em 3 importantes subsistemas, que são: 1-Favorabilidade Abiótica, Favorabilidade Biótica, Favorabilidade Socioeconômica.

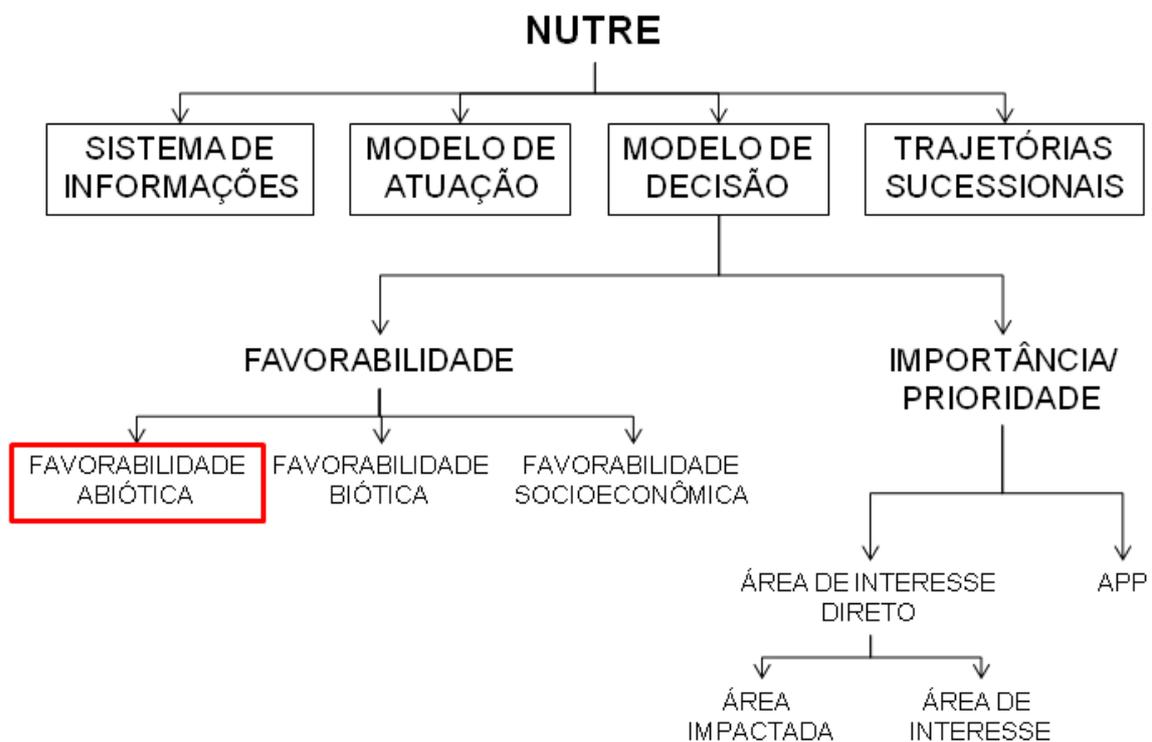


Figura 1.7. Estrutura do NUTRE e abordagens da tese.

Esta Tese considera aspectos abióticos, bióticos e socioeconômicos na geração de um modelo de favorabilidade à recuperação na BHRSJ. No entanto, devemos mencionar que sua construção foi concebida dentro do núcleo responsável pelos estudos voltados para a construção de indicadores de favorabilidade abiótica. É importante apontarmos a existência de outros núcleos voltados para análises mais profundas da favorabilidade biótica e socioeconômica. Nesta âmbito, podemos mencionar os trabalhos de RICHTER (2011) e KEIDEL et al. (2011).

1.1 - Objetivos

1.1.1 - Objetivo Geral

Desenvolvimento de metodologias que permitam a análise da composição e das inter-relações (espaciais, temporais e verticais) existentes entre os elementos ou componentes da paisagem relevantes ao processo de escolha de áreas favoráveis à recuperação florestal.

1.1.2 – Objetivos Específicos

- Analisar a evolução do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ entre os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010.
- Caracterizar e espacializar os componentes e estruturas da paisagem na BHRSJ.
- Classificar a paisagem na BHRSJ de forma hierárquica e multiescalar, fazendo uso de diferentes unidades espaciais de análise.
- Determinar e analisar a favorabilidade à recuperação florestal na BHRSJ.

1.2 - Estrutura da Tese de Doutorado

O primeiro capítulo desta dissertação, o capítulo de introdução, apresenta a importância dos projetos de recuperação florestal e a contribuição que os estudos geossistêmicos podem oferecer para análises desta natureza. Além disso, o primeiro capítulo também expõe os objetivos da Tese, que apresenta a questão central da pesquisa e as questões específicas que nortearão todas as investigações arroladas no desenvolvimento do trabalho. A instrumentalização teórico-metodológica, o capítulo dois, apresenta os conceitos abordados nesta pesquisa, apresentando os principais autores e linhas de pensamento que serão utilizados para definição dos métodos e procedimentos que serão empregados no processo de investigação.

A partir daí teremos a tese estruturada em 4 capítulos específicos, que apresentam os temas específicos dentro da seguinte abordagem: 1. Contexto, onde o capítulo será contextualizado e justificado dentro do escopo da pesquisa; 2. Objetivo, onde será apresentada a questão específica trabalhada no capítulo; 3. Metodologia, onde serão discutidas as metodologias e os procedimentos operacionais que instrumentalizaram a investigação; 4. Resultados, que discutirão os resultados encontrados na investigação; 5. Conclusão, que além de apresentar uma reflexão sobre todo capítulo, discutirá as vantagens e limitações encontradas em todo processo de pesquisa.

Os capítulos abordados na tese são:

- Mapeamento e análise da evolução do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ entre os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010.

- Caracterização e espacialização dos componentes e estruturas da paisagem na BHRSJ.
- Classificação hierárquica e multiescalar da Paisagem na BHRSJ.
- Determinação e análise da favorabilidade à recuperação florestal na BHRSJ.

Depois do desenvolvimento dos quatro capítulos específicos, apresentaremos o capítulo das considerações finais, que fará uma reflexão em torno da questão central da pesquisa, dos seus resultados, dos métodos empregados e dos limites e vantagens encontrados em todo processo investigativo. Ao final, apresentaremos as referências bibliográficas e os anexos do trabalho.

II - Instrumentação Teórico-Metodológica

2.1 – O Conceito de Paisagem numa Perspectiva Geossistêmica

A Geografia configura-se como a ciência do espaço, ou espacial, preocupando-se essencialmente como o estudo da ocorrência e distribuição de feições, fenômenos e processos na superfície terrestre. Explicar as razões que condicionam a localização espacial de objetos e eventos na esfera terrestre é um dos principais objetivos da Geografia, que desta maneira assume a responsabilidade de apresentar a razão lógica para a ocorrência dos elementos que compõem a superfície do planeta, suas inter-relações, e sua organização no espaço (GOMES, 1997).

Neste sentido, podemos afirmar que o termo “paisagem” assume uma considerável importância dentro da análise espacial, constituindo-se como um conceito fundamental da Geografia. Significa afirmar que o estudo da paisagem configura-se, em sua essência, em um estudo genuinamente geográfico, possuindo um papel relevante para a evolução desta ciência.

Segundo Rodriguez *et al.* (2007) o estudo da paisagem tem início no século XIX, já que as obras de Humboldt e Dokuchaev serviram de inspiração para diversos estudos geográficos desenvolvidos posteriormente, servindo como referenciais teóricos, principalmente, para a escola russo-soviética e alemã. Estas escolas concebiam a paisagem como um complexo natural integral formada por diferentes elementos bióticos e abióticos presentes na biosfera terrestre, e tiveram como importantes precursores autores como: Passarge (1919); Solntsev (1948); Troll (1950); Riábchicov (1976); Sotchava (1978); dentre outros.

Dentro desta concepção, as paisagens podem ser consideradas como produto da interação entre seus elementos naturais formadores e suas permanentes modificações condicionadas, ou não, pelas intervenções do homem. Riábchicov

(1976), por exemplo, aponta que a tarefa da Geografia é o estudo das paisagens naturais da superfície terrestre, considerando: suas leis zonais e condições geoestruturais de surgimento; seu desenvolvimento; sua ciclagem de substâncias e energia; e por fim, as intervenções do homem nesta paisagem (paisagem antropo-natural). O autor aponta ainda que a diversidade de paisagens depende essencialmente das interações entre: calor e umidade; as peculiaridades das morfoestruturas e litologias do terreno; assim como a crescente influência do homem na paisagem. Significa afirmar que esta diversidade está estreitamente relacionada com a história de desenvolvimento da esfera geográfica em seu conjunto, e de suas distintas partes e componentes (RIÁBCHICOV, 1976).

Baseando-se nas idéias de Troll (1950), que propôs a criação da Geoecologia da Paisagem como uma ciência que se basearia no estudo dos aspectos espaço-funcionais dos elementos que compõem e interagem na superfície terrestre, Sotchava (1978) aponta como necessária a integração da perspectiva espacial (geográfica) e funcional (ecológica) para compreensão da dinâmica dos processos que ocorrem no planeta. Para realização desta tarefa, Sotchava (1978) acabou incorporando o conceito de geossistemas dentro da análise da paisagem. Suas idéias fundamentaram a Escola Siberiana de Paisagem, que defendia a possibilidade de estudarmos a paisagem dentro de uma concepção geossistêmica, permitindo a interpretação da mesma em seu todo sistêmico e, ainda, tornando possível a compreensão de suas funções, inter-relações, distribuições, formações, estruturas e funcionamentos.

Segundo Ross (2006) a escola russo-soviético, através de Sotchava (1978), conceituava os geossistemas como sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados. Para compreensão destes sistemas em seus diferentes níveis hierárquicos, torna-se necessária a representação cartográfica em diferentes escalas (multiescalaridade) exigindo ainda análises geográficas também em diferentes escalas e categorias (níveis de complexidade). Desta maneira estabeleceram-se como

categorias de geossistema: os geômeros, que definem classes de geossistemas como estruturas homogêneas; e os geócoros que definem classes de geossistemas como estruturas heterogêneas. Estas unidades se dividem ainda em três níveis taxonômicos, segundo sua escala de investigação, em: nível topológico, nível regional e nível planetário.

Segundo Rodriguez (2004; 2007) as escolas francesa e anglo-saxônica têm a gênese do conceito de paisagem baseada nas concepções de Sauer e Vidal de La Blanche, que concebiam a paisagem como um espaço social, ou uma entidade perceptiva. A paisagem natural se traduzia acima de tudo como uma visão fragmentada dos componentes naturais. Caseti (2005) aponta que um dos maiores expoentes desta corrente, o geógrafo francês Jean Tricart (1977), resgata a discussão realizada por Deffontaine (1973), afirmando que “*a paisagem é uma porção do espaço perceptível a um observador onde se inscreve uma combinação de fatos visíveis e de ações das quais, num dado momento, só percebemos o resultado global*”.

Divergindo da proposição anterior, Ross (2006), em *EcoGeografia do Brasil*, afirma que os pesquisadores franceses Tricart e Bertrand, tiveram sua inspiração nas obras e concepções geoecológicas de Troll para desenvolverem suas próprias proposições teórico-metodológicas. Ross (2006) ainda destaca que a concepção de geossistema chega ao Brasil quando a obra original francesa de Bertrand (1968), *Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique*, é traduzida para o português em 1971.

Seguindo esta discussão, é importante destacar que Bertrand (1971) enfatiza que a paisagem não é uma simples adição de elementos geográficos disparatados. Ela compreende determinada porção do espaço resultante da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. Bertrand (1971) afirma ainda que a definição de

uma determinada unidade de paisagem é constituída em função da escala de tratamento das informações. Desta maneira, o autor aponta que a classificação das paisagens terrestres deve ser elaborada a partir de níveis taxonômicos espaço-temporais: zona, domínio, região como unidades superiores; e como unidades inferiores, teríamos: geossistema; geofáceis e geótopo.

Portanto, nos anos 70, ainda que em diferentes concepções, e sobre forte questionamento da Geografia Crítica (que focou suas interpretações geográficas priorizando o conceito de espaço, em detrimento da concepção de paisagem), os estudos de paisagem dentro de uma perspectiva geossistêmica seguiram como uma importante ferramenta para uma investigação geográfica integrada e funcional, em diferentes escolas de todo o mundo. Christofolletti (1998), por exemplo, baseava-se na concepção de que a paisagem se configura no conceito chave da Geografia que possibilita a compreensão do espaço como um sistema ambiental, físico e socioeconômico, com estruturação, funcionamento e dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos, sociais e econômicos.

Turner *et al.* (2001) destacam que as paisagens são definidas como formações caracterizadas pela estrutura e heterogeneidade na composição dos elementos que a integram (componentes geoecológicos); pelas múltiplas relações, tanto internas como externas; pela variação dos estados e pela diversidade hierárquica, tipológica e individual. Ainda segundo o autor, a Ecologia de Paisagem analisa a interação entre os padrões espaciais e os processos ecológicos existentes; ou seja, as diferenciações existentes da superfície geográfica ocorrem na forma dos sistemas naturais espaciais complexos (as paisagens), que se formam no processo de seu desenvolvimento, e que se manifestam ininterruptamente pela influência dos fatores naturais e antropogênicos. Sendo assim, os estudos que envolvem a Ecologia da Paisagem podem fornecer subsídios necessários para uma melhor caracterização ambiental, já que se baseiam na premissa de que os padrões dos elementos da paisagem

influenciam significativamente os processos ecológicos. Assim, a capacidade de quantificar a estrutura da paisagem torna-se um pré-requisito para o estudo da função e mudança da mesma.

É de considerável importância demarcarmos conceitualmente bem a diferença entre a Ecologia da Paisagem e a Geoecologia da Paisagem. A Ecologia é fundamentada na noção de ecossistema, dirigindo sua atenção maior aos seres vivos, organismos biológicos, que são o centro do sistema. Porém, a necessidade de analisar os resultados das investigações espaciais, dentro de uma perspectiva territorial, fez com que a Ecologia incorporasse à sua base conceitual o componente espacial, fazendo uso do conceito de paisagem a partir deste momento (RODRIGUEZ, 2007). Assim, surge a Ecologia da Paisagem, que se dedica ao estudo das relações entre os organismos vivos e os fatores ambientais presentes no espaço, e entorno, de onde ocorrem estas relações.

A partir dos anos 60, como já foi mencionado anteriormente, Sotchava (1978) propõe ir além, considerando a integração entre a dimensão espacial e a funcional para a compreensão da dinâmica da paisagem, fundando neste momento a Escola Siberiana da Paisagem e a escola européia-oriental. A análise complexa dos elementos que compõem o espaço geográfico, e de suas interações e funções ecológicas, dão origem à Geoecologia da paisagem.

Para Pereira *et al.* (2001), a Ecologia da Paisagem baseia-se na premissa de que os padrões dos elementos da paisagem influenciam significativamente os processos ecológicos. Assim, a capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é um pré-requisito para o estudo de sua função e mudança. Buscando uma relação entre os estudos geoecológicos e as novas geotecnologias, Frohn (1998) afirma que os indicadores da paisagem são empregados para gerar dados quantitativos de padrões espaciais, relativos a áreas, observados em um mapa ou imagem de sensoriamento remoto. Podemos observar um mapa ou imagem e notar a existência

de diversos padrões, que variam segundo a sua escala, ou resolução, de representação.

Segundo Rodriguez (2004) a paisagem é um sistema espaço-temporal, uma organização espacial complexa e aberta formada pela interação entre componentes ou elementos físicos (estrutura geológica, relevo, clima, solos, águas superficiais e subterrâneas, vegetação e fauna) que podem em diferentes graus, ser transformados ou modificados pelas atividades humanas. Sendo assim, o autor considera como o estudo da paisagem o conjunto de métodos e procedimentos técnicos e analíticos, que permitem conhecer e explicar as regularidades da estrutura e funcionamento das paisagens, estudar suas propriedades, e determinar os índices e os parâmetros sobre a dinâmica, a história do desenvolvimento, os estados, os processos de formação e transformação, assim como os aspectos relacionados com a auto-regulação e integração das paisagens.

A concepção adotada para este estudo é a de que as paisagens são formadas por diferentes fatores geoecológicos, e definidas como formações complexas caracterizadas pela estrutura e heterogeneidade na composição destes elementos que a integram (seres vivos e não vivos); pelas múltiplas relações, tanto internas como externas; pela variação dos estados; e pela diversidade hierárquica, tipológica e individual. Iremos considerar ainda as sucessivas transformações e intervenções efetuadas pelo componente antrópico, que agindo sobre estas paisagens, alteram seu estado e funcionamento.

2.2 – Propriedades de um Geossistema

Geossistema é uma dimensão do espaço terrestre onde os diversos componentes naturais apresentam-se em conexões sistêmicas uns com os outros, possuindo uma integridade definida, interagindo com a esfera cósmica e com a sociedade humana (fig. 1). As propriedades de um geossistema são aquelas que os caracterizam, que os individualizam, e que representam seu comportamento diante de pressões que sofrem ou possam vir sofrer. As pressões exercidas sobre os geossistemas podem ser de origem externa ou interna, e sob estas pressões, os sistemas podem vir a sofrer mudanças, adquirindo novas propriedades, perdendo suas características iniciais (RODRIGUEZ, 2007).

Podemos considerar como propriedades de um geossistema os seguintes aspectos: 1- Gênese; 2- Funcionamento; 3- Estrutura; 4- Estado; 5- Estabilidade; 6- Auto-Regulação; 7- Capacidade Adaptativa; 8- Resistência; 9- Resiliência. A **gênese** da paisagem está relacionada aos processos e interações responsáveis pela formação da paisagem, ao longo do espaço e do tempo. Para compreender a gênese de uma paisagem torna-se importante, portanto, estudar não só os processos atuais, como também as principais mudanças ocorridas no seu passado (Fig.4).

O **funcionamento** do geossistema constitui-se no cumprimento das funções, ações e trabalho de uma determinada paisagem. Neste processo ocorrem intercâmbios de substâncias e energia, decorrentes das interações existentes entre seus componentes e também do geossistema com o exterior. A paisagem, como um geossistema em funcionamento, cria biomassa, solo, húmus, sais e etc. e também pode armazenar e conservar energia (RODRIGUEZ, 2007). Já a **estrutura** da paisagem representa a forma pelo qual os componentes do geossistema se organizam espacialmente, e em como, em razão desta espacialização, se dão suas inter-relações e interações com o meio exterior.



Figura 2.1. Propriedades de um Geossistema

Segundo Beroutchachvili e Panareda (1977), a estrutura e o funcionamento do geossistema mudam ao longo do ano. Estas mudanças apresentam-se em uma sucessão de períodos mais ou menos curtos, durante os quais a estrutura e o funcionamento possuem características comuns. Podemos assim, definir o **estado** do geossistema como as características de estrutura e funcionamento da paisagem, em intervalos de tempo onde a energia exterior de entrada e de saída do geossistema sejam as mesmas (fig. 2.1). O estado de um determinado geossistema pode, por exemplo, se alterar da estação úmida para a estação seca, e retornar ao seu estado inicial na próxima estação úmida (estados de média duração). Ou estas mudanças podem ocorrer ao longo de um único dia, em áreas, por exemplo, sobre o constante efeito da maré (estados de curta duração). Ou até mesmo situações em que as

mudanças podem ocorrer ao longo de centenas de anos, como, por exemplo, aqueles sujeitos às mudanças geológicas ou climáticas.

No entanto, se alguma intervenção altera o funcionamento e a estrutura de um geossistema, provocando uma cadeia de mudanças que desarticule e debilite a integridade entre os seus componentes, podemos dizer que o seu estado foi perturbado, assim como a sua **estabilidade** foi comprometida. O sistema instável, ou sem estabilidade, é aquele que perdeu os seus mecanismos de auto-regulação. Quando a **auto-regulação** é afetada, as entradas e saídas do geossistema ocorrem desproporcionalmente, perdendo ainda a capacidade de retornar ao seu estado inicial no tempo previsto. Nesta situação, manifestam-se problemas ambientais de diferentes intensidades, e percebe-se ainda a incapacidade do sistema de cumprir plenamente os seus serviços ou funções ambientais (Fig. 2.2).

Tomemos como exemplo hipotético uma paisagem formada por um grande fragmento de floresta estacional decidual sub-montana. Seu funcionamento e estruturas são caracterizados por dois importantes momentos, que variam ao longo de todo ano. O primeiro momento ocorre no período de chuvas, em que podemos dizer que as espécies vegetais arbóreas possuem quase que todas as suas folhas, os níveis de evapotranspiração mantêm-se altos, a erosão dos solos é baixa, a umidade do ambiente é alta, etc. O segundo momento é caracterizado pela perda parcial das folhas, aumento (ainda que pequeno) dos níveis de erosão, menor evapotranspiração, menor umidade no ambiente, etc. As mudanças climáticas desta região condicionam estas alterações de estado, e o geossistema, a partir dos seus mecanismos de auto-regulação (ex: perda das folhas), funciona nessa estrutura ao longo de todo ano.

No entanto, se por algum motivo esta floresta for desmatada, teremos a estabilidade da paisagem comprometida. Sem floresta, todos os aspectos podem mudar nos dois momentos, onde, por exemplo, a erosão pode aumentar e se tornar mais significativa no período úmido que no período seco. Aquela antiga paisagem que

era uma importante fonte de água, que mantinha um determinado microclima, e que servia como habitat de inúmeras espécies, pode ter perdido todas das suas mais importantes funções ambientais (RODRIGUEZ, 2007).



Figura 2.2. Estabilidade e desequilíbrio do sistema.

Algumas outras intervenções, não tão expressivas como a do exemplo anterior, podem provocar mudanças que forcem o geossistema a buscar uma nova organização interna, ou uma readaptação àquele novo cenário ambiental. Se neste caso, o sistema conseguir manter algumas de suas importantes funções ambientais, podemos dizer

que possui uma considerável **capacidade adaptativa** (fig. 2.3). A **resistência** de um geossistema é a capacidade do mesmo em absorver determinadas perturbações e permanecer inalterado, sem experimentar mudanças irreversíveis (fig. 2.3). Já a **resiliência**, ou tolerância, é a capacidade das paisagens de suportar impactos internos e externos, passando de um estado de estabilidade a outro (fig. 2.4). Perante uma perturbação, a resiliência permite que o geossistema conserve as relações estruturais internas, absorvendo as mudanças e flutuando dentro de certos limites para voltar a seu estado original. Quanto mais adaptada seja a paisagem às condições abióticas externas, maior será sua capacidade de responder às pressões desestabilizadoras (RODRIGUEZ, 2007).

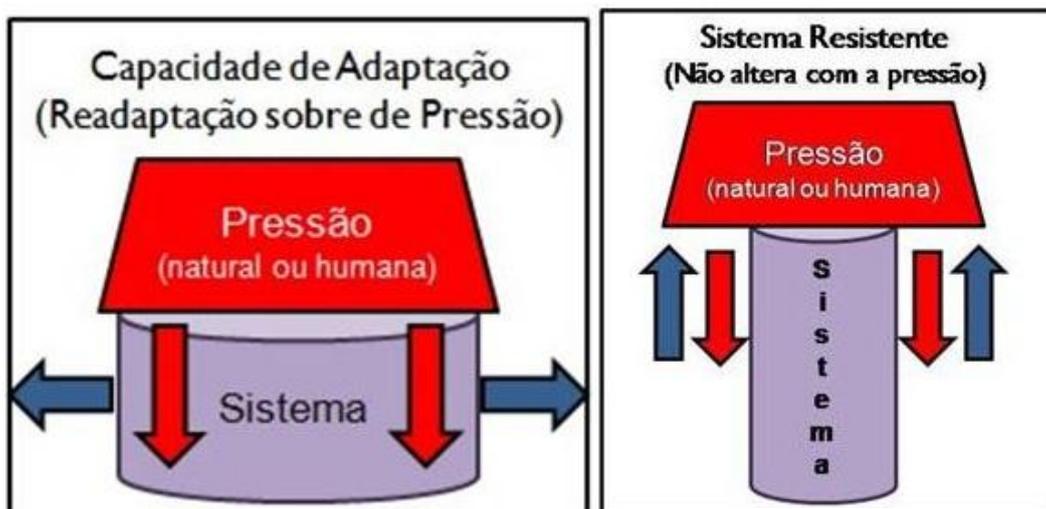


Figura 2.3. Capacidade adaptativa e resistência dos geossistemas.

Scarano e Esteves (1998) definiram resiliência como a rapidez com que as variáveis de um sistema retornam ao equilíbrio após um distúrbio, ou como a capacidade com que um ecossistema lida com flutuações internas provocadas por distúrbios naturais ou antrópicos. A resiliência é medida em quantidade de tempo, e quanto menos resiliente, mais frágil é o ecossistema. Desse modo, a velocidade de regeneração de uma floresta tropical dependerá da intensidade e do tipo de perturbação sofrida (fig. 7).

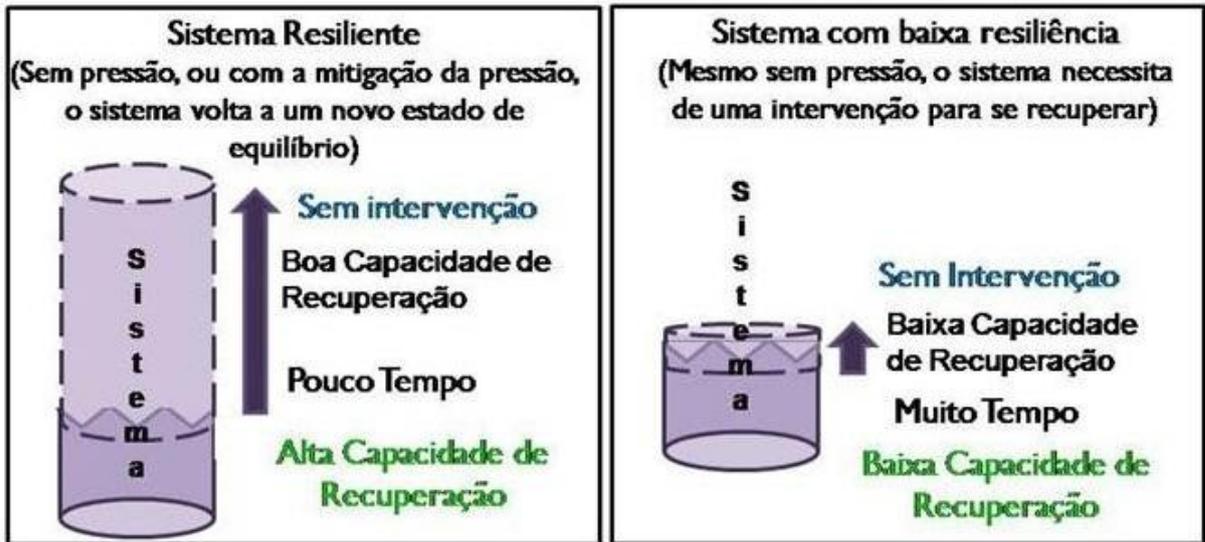


Figura 2.4. Resiliência dos geossistemas.

Seguindo estas concepções, podemos afirmar que quanto maior a resiliência de um sistema, maior será a sua capacidade de recuperação. Os sistemas com alta resiliência recuperam-se sem a necessidade de intervenções, desde que as pressões que afetaram seu equilíbrio sejam mitigadas e não ultrapassem seu limiar de estabilidade. Os sistemas que apresentam baixa resiliência necessitam de intervenções para se recuperar, mesmo depois da mitigação das pressões e perturbações que causaram seu desequilíbrio. Neste caso, o tempo para esta recuperação dependerá do nível de degradação (ou desequilíbrio) do sistema, e também da intensidade da intervenção (fig.2.5).



Figura 2.5. Alta Resiliência dos geossistemas.

2.2.1 – Estruturas da Paisagem

De acordo com Rodriguez *et al.* (2004), a superfície geográfica é constituída por paisagens de diversas ordens, complexidades e tamanhos, que se agrupam nos níveis globais, regionais e locais. As paisagens de nível local têm em sua formação a relevância não somente das diferenciações antes encontradas nos níveis regional e global, mas também os resultados do autodesenvolvimento interno próprio dos geossistemas, ou seja, a interação complexa entre os diversos geocomponentes. As paisagens de nível regional abrangem desde continentes, até regiões geográficas. São geossistemas de estruturas complexas, interiormente heterogêneas, formadas pela associação, não só de unidades ou locais elementares, como também regionais (as diversas partes constituintes têm diferentes idades e estágios de desenvolvimento). Por fim, o nível global é representado por toda Biosfera Terrestre, ou seja, por todos os espaços do planeta Terra onde é possível a ocorrência de vida.

A estrutura vai além da composição dos elementos existentes no sistema, incorporando também as relações estabelecidas entre tais elementos. A estrutura espacial define a organização da distribuição dos componentes e formas presentes na paisagem buscando, portanto, as relações espaciais que explicam o arranjo dos objetos geográficos que a compõe. Este conhecimento pode ser útil para a avaliação quantitativa do grau de complexidade da estrutura paisagística para diversos estudos de natureza científica.

Segundo Rodriguez *et al.* (2004), a estrutura da paisagem, fundamentada no sistema de relações inferiores entre suas partes componentes, podem ser diferenciadas (qualificadas e quantificadas) a partir de sua organização horizontal (estrutura horizontal), por sua organização vertical (estrutura vertical), ou ainda a partir de sua estrutura vetorial. A análise da estrutura horizontal da paisagem dá uma atenção especial às suas particularidades geométricas (métricas), que são o conjunto de propriedades que incluem apenas as características geométricas dos elementos

que formam a paisagem. Inclui-se nesta análise a composição da estrutura da paisagem (número e área de componentes e contornos); peculiaridades das formas do contorno (análise da forma dos contornos); peculiaridades da orientação dos contornos, peculiaridades da situação dos contornos, relações de posição e de contrastes (caráter de vizinhança, topologias).

A estrutura vertical da paisagem é formada pela composição e inter-relações entre os elementos e componentes da paisagem. O caráter das relações entre os componentes da paisagem pode ser caracterizado por medições da frequência de relações, analisada a partir de uma matriz de relações que indica a porcentagem de ocorrência para cada tipo de componente e as frequências de inter-relações entre estes componentes. Esta análise pode nos dizer, por exemplo, o tipo de relevo que condiciona a formação de um solo, e por consequência permite a fixação de um tipo de vegetação, ou ainda apontar os fatores limitantes, como uma formação litológica que impossibilita a formação de determinado tipo de solo, que limita a fixação de um determinado tipo de vegetação.

O componente atmosférico de uma paisagem, ainda que seja muito instável, pode ser determinado a partir de propriedades e associações particulares, caracterizados por seu microclima. Os elementos da hidrosfera (águas superficiais e subterrâneas, atmosféricas e do interior de solo), terão seu caráter de distribuição, acumulação, regime, circulação, composição química e outros fatores, dependentes das condições bióticas, sociais e físicas presentes no interior de cada paisagem. O solo de uma determinada paisagem é produto das interações existentes entre a litologia, relevo, clima, vegetação e fauna. O mesmo pode ser dito em relação à fauna e flora de outras áreas.

Rodriguez (1984) aponta ainda a existência de um terceiro tipo de estrutura da paisagem, denominada como estrutura funcional (vetorial). Esta estrutura consiste no intercâmbio (fluxos) de energia e substâncias que ocorre entre os diversos elementos que compõem esta paisagem, e desta paisagem com o exterior. São processos em

que se cumprem funções, ações e determinado trabalho. A concepção da estrutura vetorial preocupa-se em descrever o funcionamento da paisagem. Nela podemos considerar, por exemplo, os fluxos hidrológicos, fluxos hidrogeológicos, a sucessão ecológica, e até mesmo as ações humanas voltadas para a preservação e/ou conservação do funcionamento do geossistema, como por exemplo, a criação de unidades de conservação.

Odum (1971) define a como sucessão ecológica, como um processo ordenado de desenvolvimento da comunidade que envolve alterações na estrutura específica e nos processos da comunidade com o tempo, sendo razoavelmente dirigido e, portanto, previsível. Além disso, este resulta da modificação do ambiente físico pela comunidade, isto é, a sucessão é controlada pela comunidade, embora o ambiente físico determine o padrão e o ritmo de alteração e imponha com frequência limites à possibilidade de desenvolvimento. Por fim, a sucessão culmina num ecossistema estabilizado, no qual são mantidos, por unidade de corrente e de energia disponível, a máxima biomassa (ou elevado conteúdo de informação) e a função simbiótica entre os organismos

É importante, portanto, compreender que as estruturas das paisagens dependem dos processos causadores das mudanças de seus componentes e também do tempo e história de formação da paisagem. À medida que estes complexos naturais (paisagens) se tornam mais antigos, e na medida em que é menor a influência dos processos antrópicos negativos em suas diferentes partes, mais complexas serão suas estruturas.

Na paisagem constantemente se acumulam e surgem novos elementos, novas combinações, que gradativamente conduzem à formação de novas paisagens ou a conversão de uma paisagem em outra. Naturalmente ocorre o processo de autodesenvolvimento, que se concebe de maneira relativamente lenta, e muitas vezes cíclica, geralmente provocada por fatores externos. As influências externas podem, não só desviar o desenvolvimento de uma paisagem em outra direção, como pode

provocar a completa transformação de todo complexo natural. Temos como exemplo os períodos glaciais, que cobriram extensas paisagens com enormes camadas de gelo.

Podemos afirmar, portanto, que as estruturas são móveis, em curso numa longa história, e dependente de diversos processos naturais. Os deslizamentos podem, por exemplo, alterar parcialmente ou destruir por completo a estrutura dos complexos naturais. Os furacões, inundações, erupções vulcânicas também podem provocar significativas mudanças na estrutura vertical de uma dada paisagem. A atividade humana pode alterar profundamente as características de uma paisagem em todas as suas estruturas. Estas intervenções ocorrem e causam alterações em todas as escalas (locais, regionais, globais) e em diversas intensidades. Sem dúvida, as mudanças mais visíveis ocorrem nas escalas locais, ou seja, nos níveis inferiores.

As mudanças graduais das paisagens são dificilmente compreendidas graças a ocorrência de diferentes alterações cíclicas, dando ao processo de desenvolvimento da paisagem um caráter repetitivo (reversível). No entanto, atualmente, a evolução natural das paisagens tem sido diretamente alterada, principalmente em função da influência das atividades humanas, e suas mudanças na ocupação e uso do espaço geográfico.

2.3 – Geoprocessamento como importante ferramenta para os estudos de paisagem

Com a crescente escassez de recursos financeiros e de pessoal verificada nos diversos órgãos que tratam da questão ambiental, a utilização do sensoriamento remoto como fonte de dados a um custo relativamente baixo e com uma sistemática bastante satisfatória para estudos de diversas naturezas pode apresentar grande importância. Desde a década de 1970, com a aplicação do sensor MSS Landsat aos dias atuais, percebe-se uma diminuição considerável no custo dos produtos de Sensoriamento Remoto (SR), um significativo aumento na diversidade de imagens de

satélite e um relevante avanço na capacidade de processamento de softwares e hardwares capazes de possibilitar uma melhor interpretação das mesmas (HOFFMANN E SANDER, 2007).

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Dentre estas tecnologias, podemos destacar os produtos do Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto (PDI-SR), os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), os Sistemas de Posicionamento Global (ex: GPS), a utilização de modelos digitais de elevação (MDE), e os Bancos de Dados Geográficos (BDG). Os SIGs são destinados ao processamento de dados referenciados geograficamente (ou georreferenciados), desde a sua coleta até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios e arquivos digitais, devendo prever recursos para sua estocagem, gerenciamento, manipulação e análise (CÂMARA *et al.*, 2001).

O sensoriamento remoto pode ser considerado como o processo de aquisição de informação sem que seja necessário estabelecer o contato direto entre sensor e o alvo (feição, fenômeno ou objeto) que está sendo observado. A aquisição desta informação pode ocorrer de distintas formas e atender a inúmeros objetivos e escalas. Quando o sensor responsável pela geração de informação destina-se à geração de imagens de recortes da superfície terrestre, estando acoplados a satélites localizados em níveis orbitais, denominamos como sensoriamento remoto a nível orbital.

É importante ainda lembrarmos também da importância da Cartografia para os estudos geoecológicos, uma vez que esta ciência se preocupa com a representação gráfica e generalizada dos fenômenos naturais e culturais presentes na superfície terrestre, e desta maneira oferece o instrumental teórico necessário para que as representações e quantificações efetuadas sejam coerentes e reflitam o real estado da paisagem.

Segundo Menezes (2000), a Cartografia Geoecológica busca a representação cartográfica de temas ligados a análise da paisagem através do geoprocessamento que trata-

se de um conjunto de tecnologias para as análises de diversas temáticas geoecológicas como é observado na dinâmica dos incêndios, que proporciona a tomadas de decisão no instante do combate desse fenômeno tornando-se ferramenta importante na análise das interfaces existentes na paisagem.

Menezes (2003) aponta ainda que a Cartografia Geoecológica inclui as representações dos relacionamentos e inter-relacionamentos entre os componentes do meio ambiente e da paisagem. O mapeamento geoecológico, dessa forma, vai diferir do ambiental por três fatores fundamentais:

- interação homem-natureza e suas consequências para o meio-ambiente;
- ação dinâmica (representação das transformações, vetores e interações sobre o tempo);
- representação dos relacionamentos e inter-relacionamentos entre elementos da paisagem.

Nos estudos geoecológicos, percebe-se um grande potencial destas ferramentas, principalmente no que diz respeito ao uso de imagens orbitais no mapeamento de variáveis importantes para a compreensão dos elementos componentes das paisagens, assim como das interações existentes entre eles. Também é crescente a aplicação de análises espaciais e ferramentas de geoprocessamento para compreensão do funcionamento dos geossistemas, refletindo no aumento considerável do número de trabalhos e pesquisas desenvolvidos na área.

Stow (1993) afirma que a grande maioria dos estudos geoecológicos desenvolvidos atualmente faz uso das imagens de sensoriamento remoto para a tarefa de identificação e representação da distribuição de suas estruturas e funções, em diferentes escalas temporais e espaciais. O autor afirma que os dados resultantes destes levantamentos podem ser armazenados e analisados de forma mais eficiente quando são introduzidos em Bancos de Dados Geográficos (BDG) e processados através dos SIGs. Bridgewater (1993) aponta os SIGs como a principal ferramenta para a compreensão do efeito das mudanças da paisagem e seus efeitos, em diferentes escalas, nos geossistemas. O autor aponta as ferramentas de

sensoriamento remoto e SIGs como importantes instrumentos para a conservação da natureza.

Sabemos que os estudos dedicados às análises do funcionamento e estruturas dos geossistemas exigem a compreensão do comportamento e inter-relações dos diferentes componentes da paisagem, assim como a sua interação com outros geossistemas. Desta maneira, sentimos a necessidade de trabalhar com uma grande quantidade de dados, que representam em diferentes escalas e temporalidades as variáveis envolvidas com as principais propriedades destes complexos sistemas naturais.

É na necessidade de se trabalhar todo este conjunto de dados, de naturezas diversas, através de uma perspectiva integradora, que se vê uma incorporação crescente do uso das geotecnologias como suporte para análises mais consistentes (CARVALHO, 2003). O uso destes instrumentos torna-se ainda mais importante quando tratamos de estudos que envolvam análises de estrutura da paisagem e de fragmentação na Mata Atlântica, onde temos uma enorme heterogeneidade de fatores geoecológicos (litologias, estruturas geológicas, fatores hídricos, formas de relevo, climas, fatores edáficos e bióticos) envolvidos em sua formação, e diferentes condições socioeconômicas diversificando o uso da terra em seus entornos.

Devemos ainda ressaltar que a integração necessária para a realização de estudos geoecológicos é difícil e complexa, já que na grande maioria das vezes os dados apresentam-se em escalas e/ou resoluções diferenciadas, ou até mesmo em níveis de generalização distintos. Para permitir a análise conjunta dessas variáveis, que geralmente foram adquiridas a partir de diferentes métodos e condições, muitas vezes são necessários procedimentos que são viabilizados pelo uso de ferramentas disponíveis em SIGs.

LANG & BLASCHKE (2009), lembram que nos SIGs os estudos das métricas ou indicadores de paisagem, que têm sido desenvolvidos para descrever padrões espaciais tornaram-se possíveis a partir de produtos temáticos obtidos através do uso

integrado das ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Desta forma, tais ferramentas são importantes subsídios para a tomada de decisões no tocante ao ambiente natural. Além disso, a implementação de programas de conservação podem precisar unir dados gráficos (hidrografia, mapa de uso da terra) com informações cadastrais como, por exemplo, propriedade da terra. Nesses estudos, há tempos são utilizados mapas, porém com o avanço das geotecnologias, ferramentas adicionais vêm contribuindo efetivamente para a integração e análises mais complexas.

Fernandes (2009) apresenta a utilização da geoecologia com suporte do geoprocessamento como alternativa metodológica para o desenvolvimento de estudos que buscam o entendimento da estrutura, da função e da dinâmica dos elementos da paisagem para definir a espacialização de fenômenos, como os incêndios. O geoprocessamento, como um conjunto de tecnologias, funciona como suporte nas soluções operacionais de análises geoecológicas. Nesse contexto, Menezes (2000) sugere que um dos produtos dessas análises são os mapas geoecológicos, que são instrumentos para a representação cartográfica de temas relacionados à análise de uma paisagem e configuram a cartografia geoecológica.

Stow (1993) afirma que os SIGs envolvidos com o armazenamento, representação e análise dos dados geoecológicos devem oferecer as seguintes funções:

1. Disponibilizar uma estrutura eficiente de armazenamento e gerenciamento de dados para grandes regiões.
2. Permitirem a agregação e desagregação de dados de diferentes escalas.
3. Auxiliar na localização de áreas ecologicamente sensíveis
4. Apoiar em análises geoestatísticas
5. Possibilitar a extração de informações de imagens de sensoriamento remoto;
6. Fornecer subsídios para modelagem de ecossistemas.

As facilidades e potencialidades do uso dos Sistemas de Informações Geográficas nos estudos ambientais, segundo FIELDING (2002), podem ser listadas abaixo:

Facilidades:

- Processos de entrada e codificação de dados para armazenar e gerenciar eficazmente os dados de espécies e de habitats sobre grandes regiões;
- Gerenciamento de Dados, por meio da combinação em diferentes escalas;
- Recuperação flexível de dados – exportação e importação de dados em diferentes formatos;
- Manipulação e análise dos dados – para apoiar análises espaciais, detecção de áreas ecologicamente sensíveis, modelagem de ecossistemas, etc.

Potencialidades:

- Questões de localização: que habitat pode ser encontrado em um raio de 5 km a partir de um ponto de localização da espécie x?
- Questões de descobertas: onde podemos encontrar áreas com potencial de recuperação?
- Questões de tendência: quantos hectares de floresta foram perdidos na área x desde 1980?
- Questões de padrão: que padrões podemos identificar para os fragmentos da bacia y? Qual a distância média entre eles?
- Questões de modelagem: o que acontecerá se...? Quanto da floresta Montana será perdida se a temperatura aumentar em 1° Celsius. Quanto de determinado ecossistema poderá ser perdido se uma nova estrada for aberta?

A incorporação em Bancos de Dados Geográficos (BDG) dos dados levantados nos processos de mapeamento do uso e cobertura do solo, e de mapeamentos de variáveis que representam os componentes da paisagem, permite a disponibilização destes dados para análises das estruturas e funcionamento dos geossistemas. O

modelo conceitual do BDG é definido de acordo com os dados incorporados ao mesmo, considerando o tipo de dados, seus atributos não-espaciais e suas representações geométricas associadas. Este banco pode ser subdividido em projetos, compostos por níveis, camadas ou planos de informação, que variam em número, tipo de formato e temas, conforme as tarefas e necessidades de cada estudo (CÂMARA *et al.*, 2001).

Um dos aspectos mais importantes do uso das geotecnologias é o potencial dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) em produzir novas informações a partir de um banco de dados geográficos. Tal capacidade é fundamental para aplicações como ordenamento territorial e estudos de impacto ambiental, caso em que a informação final deve ser deduzida e compilada a partir de levantamentos básicos (CÂMARA, 1993). Torna-se relevante também em estudos geoecológicos, quando desejamos estabelecer indicadores que permitam uma visão quantitativa da informação espacial.

2.4 – Escalas, resoluções, hierarquizações e análise da paisagem

Huggett (1995) destaca que múltiplos processos ocorrem nos geossistemas, em diferentes abrangências e temporalidades. Desta maneira, os estudos da paisagem devem utilizar diferentes abordagens, considerando a escala geográfica de análise, a escala cartográfica de representação, as diferentes resoluções de imagens e os diferentes níveis de organização das paisagens. Lang & Blaschke (2009) apontam como importantes para a operacionalização dos estudos em paisagem, tanto na sua delimitação como categorização, a consideração de aspectos relacionados à escala, resolução, precisão e agregação.

Bertrand (1971) destaca que a representação cartográfica das paisagens exige um inventário geográfico completo e relativamente detalhado. O autor destaca a importância da consideração das escalas temporais e espaciais para os estudos geográficos, correlacionando-as a distintas etapas de análise e diferentes processos de hierarquização da paisagem. Portanto, entende-se que é fundamental a discussão

dos conceitos de: generalização; escala geográfica; escala cartográfica; escala temporal; resoluções; e hierarquizações, dentro de estudos voltados para a análise da paisagem.

A escala cartográfica, indicada nos mapas graficamente (escala gráfica) ou por números fracionados (escala numérica), é dada pela razão entre uma medida efetuada sobre o mapa e sua medida real na superfície terrestre. Significa portanto, que as medidas de comprimento e de áreas efetuadas no mapa terão representatividade direta sobre seus valores reais no terreno (PINA & CRUZ, 2000).

A visão humana é limitada pela identificação de representações lineares de aproximadamente 0,2mm. No entanto, os pontos serão somente perceptíveis se possuírem diâmetros iguais ou maiores a aproximadamente 0,2 mm de diâmetro. Com isso, adota-se o valor de 0,2mm como o menor detalhe percebido, ou seja, o menor objeto representável terá no mínimo este tamanho. Logo, a escolha da escala cartográfica deve, entre outras coisas, considerar as dimensões dos objetos que serão representados.

Escala cartograficamente maiores representam um nível de detalhamento maior que em escalas menores, abrangendo, por sua vez, áreas menores da superfície terrestre. Reduzir uma escala significa aplicar o principal fator de generalização cartográfica. Isto implicará no estabelecimento de um nível de detalhamento da própria informação que estiver sendo representada. Com isso a informação poderá ser analisada segundo diferentes níveis de detalhamento, ocasionando distintas possibilidades de interpretações (MENEZES & COELHO NETO, 1997).

Segundo Goodchild & Quattrochi (1997) o conceito de escala não se prende somente à idéia de abrangência (extensão geográfica) ou nível de detalhamento da representação (nível de resolução da informação geográfica), como também é contextualizada de outra forma pela Geografia (escala geográfica) e ainda em outras dimensões, como a que é tratada a escala temporal.

Em Geografia, e também para os estudos de paisagem, a escala é discutida como uma estratégia de apreensão da realidade, que define o campo empírico da pesquisa, ou seja, os fenômenos que dão sentido ao recorte espacial objetivado.

Mesmo sendo passível de representação cartográfica, os níveis de abstração para a representação que confere visibilidade ao real são completamente diferentes da objetividade da representação gráfica (mapa) deste mesmo real, que pode ser o lugar, a região, o território nacional, o mundo (CASTRO, 2002).

Neste caso, a escala é também uma medida escolhida para melhor observar, dimensionar e mensurar o fenômeno. O que é visível no fenômeno e que possibilita sua mensuração, análise e explicação dependem da escala de observação, além da projeção e do *datum* da representação. Assim, a análise geográfica dos fenômenos requer objetivar os espaços na escala em que eles são percebidos. O fenômeno observado, articulado a uma determinada escala, ganha um sentido particular. Tão importante como saber que as coisas mudam com o tamanho, é saber exatamente o que mudou e como.

O surgimento de novas tecnologias relacionadas à aquisição e manipulação de dados e/ou informações geográficas, destacadamente os sistemas de informações geográficas (SIGs), o sensoriamento remoto (SR) em base orbital e o GPS (*Global Position System*), introduziram outras interpretações para o conceito de escala, envolvendo questões de multiescalaridade, resolução e generalização cartográfica, além de outros significativos incrementos em percepção de detalhes e abrangência.

Goodchild & Quattrochi (1997) destacam que os SIGs abriram a possibilidade de trabalharmos a paisagem dentro de uma perspectiva multiescalar, já que tornou possível a incorporação, manipulação e visualização de informações em diferentes escalas dentro de um mesmo banco de dados geográficos (BDGs). Menezes & Coelho Neto (1997) destacam que em relação a multiescalaridade, deve-se verificar o nível de alteração que cada base de informação deve sofrer para a criação de uma base única, compatível com todas as informações analisadas. A integração de dados em diferentes escalas sob essa base única acarretará em erros e perdas de informações de diferentes níveis, que gera a necessidade de conhecimento preciso do quanto se erra neste processo de compatibilização.

O uso de novos produtos de sensoriamento remoto, sobretudo os de base orbital, também gera interessantes discussões em torno do conceito de escala. Esta discussão inicia-se com as imagens produzidas pelos sensores existentes, que nos

diversos satélites são caracterizadas por suas resoluções. A resolução espacial é definida pela capacidade do sensor em distinguir os objetos ou feições na superfície terrestre de acordo com seus tamanhos, ou seja, quanto menor o objeto que pode ser detectado na superfície, dizemos que melhor é a resolução espacial do sensor. Esta resolução é expressa em função do tamanho do *pixel* em unidades do terreno (INPE, 2008).

Deste forma, o conceito de resolução espacial se aproxima muito do conceito de escala cartográfica, apesar de seus significados serem diferentes. A capacidade apresentada pelo sensor³ em detectar feições ou objetos na superfície terrestre impõe uma discussão sobre seus limites ou erros, no que se refere a sua precisão na representação da forma e de localização, que deverão enquadrar-se dentro do que se considera aceitável.

O uso dos produtos de SR leva ainda em consideração um novo aspecto dimensional, que é o temporal. A resolução temporal de um sensor, ou o tempo de revisita de um satélite, facilita, e em alguns casos torna possível, a execução de estudos em intervalos de tempo pré-definidos (aspecto de duração ou tempo de análise). Quando consorciados, as ferramentas de análise e geoprocessamento, permitem a construção de cenários futuros, trazendo para pauta a discussão sobre a escala temporal.

A Geoecologia baseia-se na premissa de que os padrões dos elementos da paisagem influenciam significativamente os processos ecológicos. Assim, a capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é um pré-requisito para o estudo da função e mudança de paisagem. Segundo Carrão *et al.* (2001), as muitas medidas quantitativas de composição da paisagem, conhecidas como métricas ou indicadores de paisagem, ganham cada vez mais atenção, na medida em que ajudam a compreender sua estrutura complexa e a forma como esta influencia determinadas relações ecológicas.

Esta estrutura caracteriza a forma de sua organização interior, as relações entre os componentes que a formam e das subunidades de paisagens de categoria

³ A capacidade do sensor depende ainda de sua acurácia, ou seja, de aspectos relacionados à geometria de aquisição, estabilidade, etc.

inferior (níveis regionais e locais). Determinar e investigar a estrutura da paisagem significa conhecer sua essência (Rodriguez *et al.*, 2004). Metzger (2001) aponta que em estudos que objetivam estudar a heterogeneidade ou homogeneidade de um objeto devem estar indiscutivelmente atentos à questão da escala, pois praticamente qualquer porção da terra é mais homogênea numa escala mais abrangente e heterogênea quando vista numa escala mais detalhada. A observação apontada pelo autor é apropriada, levando-se em consideração os processos de generalização embutidos em cada um dos processos necessários para que ocorra a mudança de escala.

Rodriguez *et al.* (2004) afirmam a importância da representação das estruturas da paisagem em mapas, servindo como resultado das investigações e ao mesmo tempo como ponto de partida para análises futuras. Neste contexto o autor aponta a importância destes estudos para o planejamento ecológico e define as estratégias de investigação de acordo com os diferentes níveis espaciais (escalas cartográficas) e sistemas territoriais administrativos (quadro 1.1).

Segundo o autor, o processo de classificação tipológica da paisagem serve como estratégia de hierarquização, e apresenta-se como um método de distinção de classes a partir de semelhanças entre os elementos abióticos existentes em um dado recorte espacial, seguindo padrões de homogeneidade previamente definidos. Neste processo de classificação teremos a distinção da paisagem em diferentes níveis, do nível de maior a de menor complexidade.

No mapeamento tipológico das paisagens do Ceará, por exemplo, Rodriguez (2004) classificou a paisagem em: tipo, subtipo, classe, grupo, subgrupo e espécie. Para a classificação dos níveis superiores, são considerados aspectos relacionados ao clima e estrutura geológica. Nos níveis seguintes, passam a ser considerados aspectos geomorfológicos, pedológicos e outros aspectos abióticos. Por fim, no nível mais detalhado, são considerados os usos presentes em cada uma das tipologias encontradas. A partir deste mapa, foram classificadas as vulnerabilidades das diversas tipologias à desertificação, em todo estado do Ceará.

Quadro 1.1: Níveis espaciais e estágios de estudo do planejamento ecológico⁴

Sistema Territorial Administrativo	Estágio e Estudo	Escala de Nível Espacial	Informação Geoecológica Necessária
País	Esquema Geral	1:5.000.000	Regionalização geográfica (unidades superiores). Mapa de paisagens em pequena escala (nível regional) Investigações setoriais e de reconhecimento.
Estado	Esquema Regional	1:1.000.000 1:500.000	Regionalização geoecológica (unidades intermediárias e maiores). Mapa de paisagens em escala média (nível localidade). Levantamentos gerais: distinção e cartografia das unidades. Critério e propriedade ecogeográficas. Estimativa do estado.
Município	Projeto de Planejamento Municipal	1:250.000 1:100.000	Mapa de paisagens em escala média (nível localidade). Levantamentos das propriedades das paisagens (estrutura, funcionamento, dinâmica, evolução.) Avaliação do Potencial (capacidade de uso)
Distrito	Projeto de Planejamento	1:50.000 1:10.000	Mapas de paisagem em grande escala, prognóstico de mudanças, determinação de indicadores geoecológicos integrais. Investigações semi-estacionárias. Análise de susceptibilidade ambiental. Avaliação de Ambientes alternativos.
Localidade	Projetos Microregionais	1:5000 1:1000	Mapas de paisagens em escala detalhada. Intercâmbio horizontal de fluxos EMI. Investigações estacionais e semi-estacionais.

Fonte: Rodriguez *et al.* (2004)

Segundo Bertrand (1971) o sistema de classificação da paisagem comporta seis níveis espaço-temporais; de uma parte a zona, o domínio e a região natural; de

⁴ O Quadro 1.1 traz sugestões de escalas de análise considerando as particularidades do território cubano. Estas escalas podem ou não atender às necessidades da realidade brasileira, sendo recomendável a adoção de adaptações para seu uso.

outra parte, o geossistema, o geofácies e o géotopo. Zona corresponde à primeira ordem de grandeza, e é definida, primeiramente por sua zonalidade climática e secundariamente pelas megaestruturas geológicas. O Domínio corresponde à segunda ordem de grandeza e representa divisões dentro de uma mesma zona. A Região Natural compreende a terceira e a quarta ordens de grandeza, estando ela bem delimitada no interior de um domínio (fig. 2.6).

Ainda segundo Bertrand (1971), o Geossistema "resulta da combinação local e única de uma série de fatores (sistema de declive, clima, rocha, manto de decomposição, hidrologia das vertentes) e de uma dinâmica comum (mesma geomorfogênese, pedogênese idêntica, mesma degradação antrópica da vegetação que chega ao paraclimax "lande" podzol ou à turfeira)". O geofáceis, que ocorre no interior de um geossistema, e corresponde a um setor fisionomicamente homogêneo onde se desenvolve uma mesma fase de evolução geral do geossistema. O "géotopo", pode ser definido como a menor unidade geográfica homogênea diretamente discernível no terreno.

Sendo assim, considera-se de grande importância a discussão sobre o emprego correto dos conceitos de escala cartográfica, escala geográfica, escala temporal, erro cartográfico, generalização geométrica, generalização semântica e resolução espacial. A desconsideração destes importantes fatores, ou o emprego indevido destes conceitos, pode levar a análises incorretas sobre a distribuição espacial de importantes elementos da paisagem e, por conseguinte, a decisões equivocadas sobre o gerenciamento e gestão do território.

Alterações de escala, e conseqüentemente de generalização cartográfica, promovem mudanças não somente nos cálculos de área dos elementos analisados, como também alterações na área da matriz de uso e dos principais fatores relacionados à métrica da paisagem, ou de análise da sua estrutura horizontal, como

de número e área total dos fragmentos, perímetro total, área média, forma ou circularidade (área/perímetro), aspectos de vizinhança, e outros.

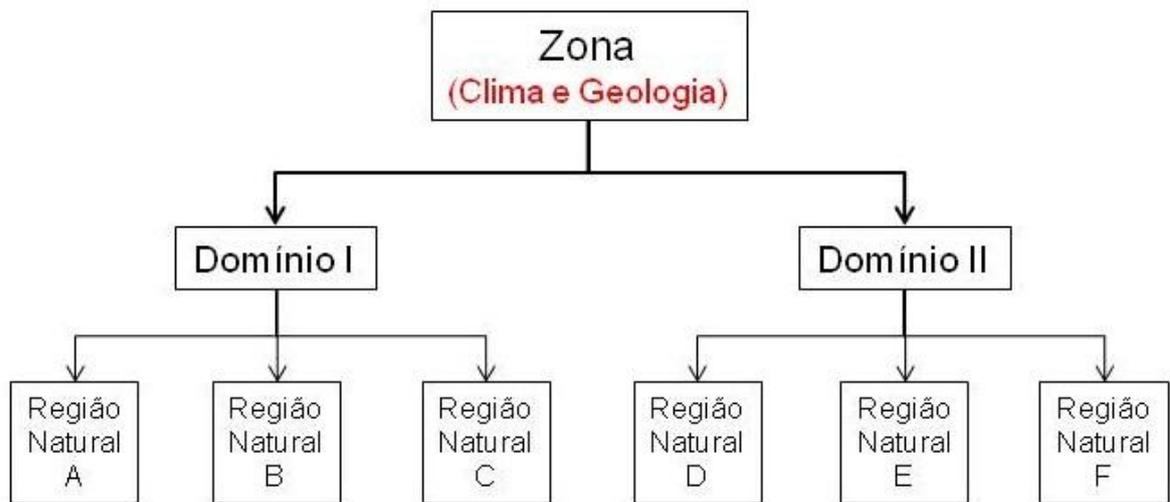


Figura 2.6. Classificação da Paisagem Segundo Bertrand (1971). Adaptações do autor.

Este trabalho tem como recorte espacial de interesse a bacia hidrográfica do rio São João (BHRSJ), que é pertencente segundo a Agência Nacional de Águas, ao complexo de bacias do Atlântico Sudeste. Esta bacia encontra-se ainda totalmente inserida na área de domínio do Bioma Mata Atlântica, abrigo de diferentes fitofisionomias. A classificação das paisagens nesta bacia ocorrerá em regiões e tipologias da paisagem. A regionalização da paisagem consiste na delimitação de áreas que possuam uma relevante interação entre seus componentes naturais, sendo desta forma inseparáveis do ponto de vista analítico e irrepetíveis no espaço. A classificação das regiões de paisagem foram elaboradas para atender à escala geográfica da BHRSJ, e à escala cartográfica de 1:250.000.

As tipologias representam os recortes espaciais que apresentam semelhanças existentes entre seus elementos abióticos sendo, portanto, "repetíveis" no espaço. As tipologias neste trabalho foram classificadas em três diferentes níveis hierárquicos, segundo a escala e a complexidade das inter-relações entre os seus componentes. O primeiro nível (paisagem) atende à escala cartográfica 1:100.000, o segundo nível

(local) atende à escala 1:50.000 e o terceiro nível (operacional) atende a escala de análise de 1:10.000 (fig. 2.7). Cabe ressaltar que as tipologias pertencem a uma única região de paisagem e, portanto, através do armazenamento de seus atributos em SIG, cada tipologia herdará os atributos da região a que pertence, numa organização hierárquica das informações.

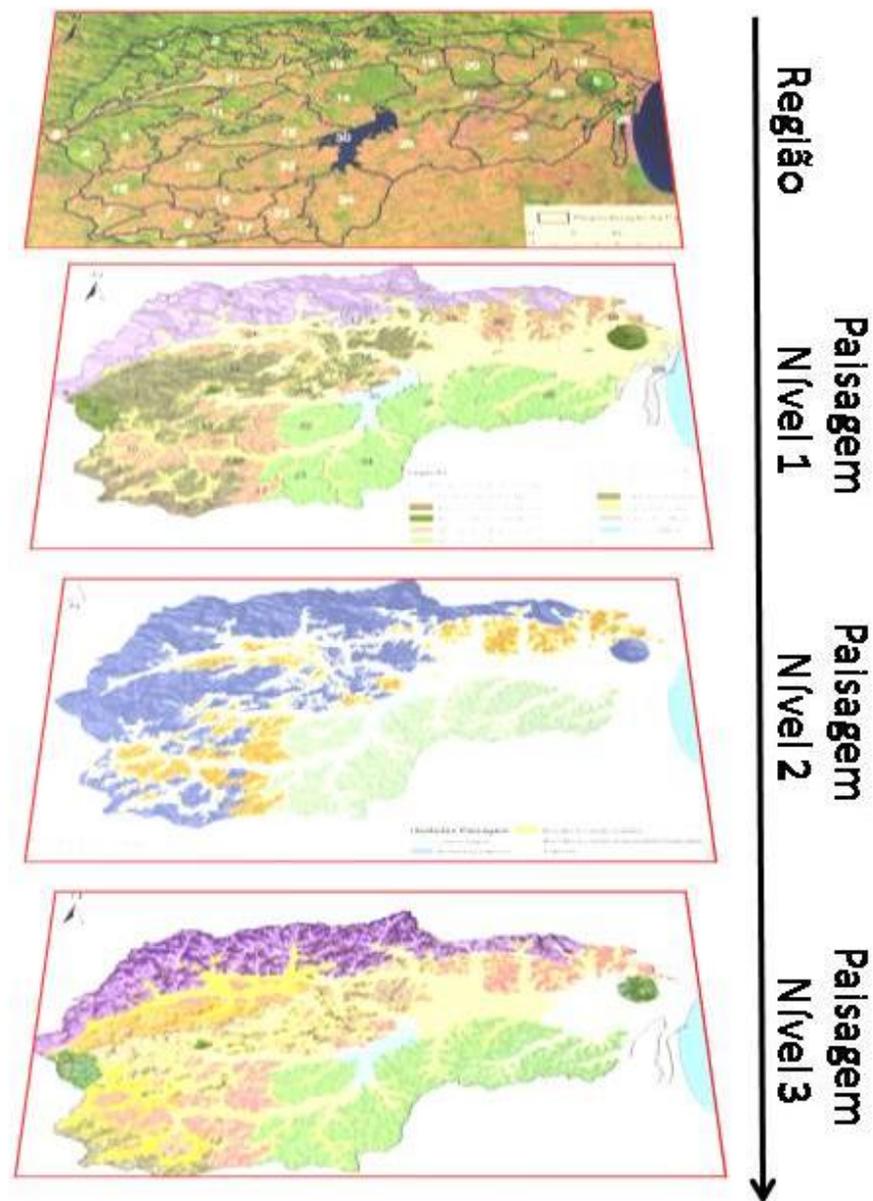


Figura 2.7. Níveis de Classificação da Paisagem na BHRSJ.

2.5 - Favorabilidade à recuperação florestal

O termo favorabilidade tem sido utilizado na literatura para indicar áreas com maiores possibilidades de ocorrência de recursos ou fenômenos naturais. Destaca-se também a utilização deste termo para classificar hierarquicamente áreas onde a ação humana se faria mais eficiente, com menores custos ambientais e econômicos, para intervenções que vão desde instalações de sites industriais, prospecções minerais, como até mesmo para escolha de áreas para recuperação.

Geralmente calculada na forma de índice, por análise de critérios múltiplos, a favorabilidade resulta da constituição e interação dos diferentes fatores naturais componentes da paisagem. Temos como exemplo disto a ação de importantes órgãos, como a CPRM (Serviço Geológico do Brasil), que se utilizam deste tipo de estudos para localização de regiões de provável ocorrência de águas subterrâneas. Nestes trabalhos leva-se em consideração a cobertura e tipo de solo, assim como a geologia e grau de fraturamento do embasamento somados aos índices pluviométricos de uma área, encontrando então diferentes níveis de favorabilidade à ocorrência de aquíferos. A própria CPRM realiza estudos aplicados à determinação de áreas que apresentem favorabilidade à ocorrência de determinados minerais, baseando-se também em aspectos relacionados à geologia destas áreas.

É importante destacar ainda, que considerar uma área muito favorável não significa ter a certeza de que se encontrará o recurso natural, o fenômeno, ou a recuperação ambiental desejada. A favorabilidade não representa a certeza de ocorrência, ou a probabilidade da existência, mas sim o quanto o ambiente reúne condições favoráveis para que o recurso, o fenômeno, ou a recuperação ocorra. Quando afirmamos que uma área apresenta condições favoráveis à existência de algo, baseamo-nos em um conjunto de fatores que consideramos relevantes, sendo impossível à consideração de todos. Encontrar as áreas ambientalmente mais

favoráveis significa sugerir que os investimentos de pesquisa e práticas de recuperação ocorram em locais onde os fatores naturais responsáveis por criar condições para o estabelecimento da vegetação interajam positivamente para o processo de recuperação.

Desta maneira, consideramos como favorabilidade à recuperação florestal a capacidade do geossistema em restabelecer as condições estruturais e de funcionamento necessárias para que ocorra a recuperação de áreas degradadas. Para compreender, portanto, a favorabilidade dos geossistemas à recuperação florestal, torna-se fundamental as análises de suas propriedades fundamentais (gênese, funcionamento, estrutura, estado, estabilidade, auto-regulação, capacidade adaptativa, resistência e resiliência), ao longo do espaço e do tempo.

Importantes estudos, como os realizados por CRK *et al.* (2009); Rudel *et al.* (2000); Chazdon (2003); apontam a importância do uso de indicadores bióticos, físicos e socioeconômicos para a compreensão dos processos e interações que ocorrem na paisagem e ressaltam a necessidade de utilização destas informações para tomadas de decisão voltadas à recuperação florestal. Estes estudos apontam que existem fortes correlações entre as áreas onde a recuperação ocorre de forma espontânea, ou das áreas onde os projetos de recuperação foram bem sucedidos, com variáveis que vão além dos aspectos bióticos isoladamente, que ainda hoje, em muitos trabalhos de recuperação, são os únicos fatores considerados.

Estes trabalhos reforçam a idéia de que a escolha correta de áreas para projetos de recuperação deve, antes de tudo, levar em consideração não somente, e isoladamente, os componentes bióticos da paisagem, como também as interações destes com os aspectos abióticos e socioeconômicos dos geossistemas. Devemos ainda, compreender as propriedades desta paisagem em seus diferentes níveis de organização, realizando estudos que vão desde sua escala de bacia, ou macrorregião, até a sua escala operacional (ou nível local).

As pesquisas voltadas para a Ecologia de Paisagem podem ancorar os levantamentos necessários para a determinação dos níveis de favorabilidade a recuperação de áreas degradadas e de fragilidade de ambientes naturais, já que analisam as diferenciações existentes nos complexos sistemas naturais espaciais (paisagens). Neste contexto, as paisagens são definidas como formações caracterizadas pela estrutura e heterogeneidade na composição dos elementos que a integram (componentes geoecológicos); pelas múltiplas relações, tanto internas como externas; pela variação dos estados e pela diversidade hierárquica, tipológica e individual (Turner *et al.* 2001).

Os estudos aqui propostos baseiam-se na premissa de que o uso dos parâmetros relacionados com a geologia, clima, geomorfologia, solos, declividade, hidrografia, vegetação e uso e ocupação do solo, podem contribuir para a construção de indicadores que permitam uma melhor compreensão das pressões e mudanças existentes na BHRSJ, fornecendo subsídios necessários para a realização de diagnósticos e levantamentos que possibilitem a classificação de unidades de paisagem segundo a sua favorabilidade à recuperação florestal. Foram desenvolvidos, portanto, estudos que consideraram aspectos relacionados às estruturas horizontal, vertical e vetorial da paisagem, apontadas por Rodriguez *et al.* (2004), Turner *et al.* (2001), Frohn (1997) e outros, como de maior relevância para a determinação da organização e funcionamento do geossistemas e, por conseqüência, fatores que estarão interligados com a favorabilidade a recuperação das paisagens (quadro. 1.2).

Quadro 1.2: Aspectos ou componentes da paisagem importantes para a determinação da favorabilidade a recuperação florestal segundo as suas estruturas.

	ASPECTOS OU COMPONENTES DA PAISAGEM
ESTRUTURA VERTICAL	<ul style="list-style-type: none"> • Fatores Geológicos - Estrutura geológica e tipo de rocha ou de sedimento (composição). • Fatores Geomorfológicos - Altitude, declividade, amplitude do terreno, morfologia do terreno e orientação das encostas (aspecto). • Fatores Climáticos – Faixa térmica, índice de pluviosidade, aridez, radiação solar, direção e intensidade dos ventos. • Fatores Pedogenéticos - Tipos de solo, características físicas e químicas (eutrofismo e distrofismo), profundidade do solo, textura e porosidade. • Fatores Hidrológicos – Proximidade com corpos hídricos superficiais, tipos de drenagem, características estacionais, características da águas subterrâneas. • Vegetação – Presença de fragmentos florestais e fitofisionomias. • Fatores Antrópicos – Tipo de uso predominante, extensão do uso, sazonalidade, aspectos de forma, histórico de uso e cobertura do solo, proximidade com rodovias e núcleos urbanos.
ESTRUTURA HORIZONTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Área e forma dos das unidades de paisagem • Pressão antrópica da matriz de uso • Conectividade\Distância às áreas núcleo (fragmentos UC's) • Diversidade
ESTRUTURA VETORIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Processos geomorfológicos predominantes • Processos hidrogeológicos predominantes • Processos sucessionais • Proteção Legal (APP e SNUC) • Número de componentes da paisagem afetados*

*Algumas intervenções só modificam diretamente um componente da paisagem (ex: Desmatamento Seletivo) e outras alterações afetam todos os componentes (ex: Mineração)

III – Evolução do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ

O uso do solo é um termo que se refere ao modo como a Terra é usada pelos seres humanos. A cobertura da Terra refere-se à distribuição dos materiais biofísicos sobre a superfície terrestre. Um parque nacional pode ter um uso de proteção e conservação, e ter como cobertura uma floresta Ombrófila (JENSEN, 2007). A cobertura da terra é considerada a expressão das atividades humanas na superfície terrestre e está diretamente ligada ao uso da terra e seu manejo. Os estudos que correlacionam a caracterização da cobertura da terra e a análise de seus diferentes usos e manejos são importantes ferramentas para a compreensão da intensidade das mudanças e o tipo das mudanças em determinadas áreas.

A análise do Uso e Cobertura da Terra é indispensável para estudos ambientais de qualquer natureza, pois retratam as pressões e impactos sobre os elementos naturais presentes na paisagem. Estes levantamentos são essenciais para a análise de fontes de poluição e compreensão das interações entre o meio biofísico e socioeconômico. Segundo Jansen (2002), as mudanças de Uso e Cobertura da Terra podem ocorrer de duas formas. A primeira seria a conversão de uma categoria de uso para outra. Como por exemplo, a mudança de cobertura florestal para pastagem. A segunda forma estaria correlacionada ao manejo, e seria a mudança dentro da própria categoria, como uma área que passa de pequenos campos agrícolas para agricultura irrigada.

A intensidade com que ocorre determinado uso também é relevante neste tipo de análise. No caso da urbanização, nem sempre o crescimento das áreas ocupadas pode ser considerado mais impactante que o aumento da intensidade das ocupações. O mapeamento de uso e cobertura realizado por Seabra *et al.* (2009) no município de

Maricá-RJ, apontou que a passagem de uma ⁵urbanização rarefeita para um nível mais intenso de ocupação em algumas áreas foi mais impactante que a expansão urbana de outras localidades.

Neste sentido, torna-se importante os estudos e pesquisas que se dediquem em promover avanços metodológicos nos mapeamentos de Uso e Cobertura da Terra, principalmente em áreas que apresentem grande dinamismo ambiental. Trabalhos como o de CRK *et al.* (2009), Rudel *et al.* (2000), Read *et al.* (2003), Hecht *et al.* (2006), por exemplo, destacam a importância do uso de variáveis socioeconômicas, percebidas a partir do Uso e Cobertura da Terra, para estudos relacionados à recuperação de áreas degradadas. A Bacia Hidrográfica do Rio São João (BHRSJ) é uma área que passou por grandes mudanças de uso e cobertura do solo, que podem ser observadas principalmente ao longo das últimas 4 décadas.

Para pesquisas relacionadas à caracterização e classificação da paisagem é imprescindível não somente a espacialização dos seus elementos e estruturas no presente, mas também a análise da evolução do Uso e Cobertura da Terra, ao longo do tempo. Além de fornecer as informações necessárias para o reconhecimento da estrutura horizontal da paisagem, da organização espacial dos elementos que compõem a paisagem, e da análise das pressões socioeconômicas atuais, a evolução do Uso e Cobertura da Terra possibilita a compreensão da intensidade das mudanças e o período em que elas ocorreram; permite a compreensão de suas estruturas no passado; e, além disso, torna viável a determinação dos vetores e tendências das pressões sobre os espaços naturais.

Neste trabalho, a análise da evolução do Uso e Cobertura da Terra foi realizada a partir de mapas (1:100.000), gerados por classificação orientada a objetos, utilizando uma imagem do satélite Landsat 4 MSS (ano de 1975) e 3 imagens do satélite Landsat 5 TM (anos de: 1985, 1995, 2010). Depois de gerados, estes mapas

⁵ A classe "Urbanização Rarefeita" representa as áreas de menor ocupação, com lotes vazios (não construídos) intercalando as casas.

foram inseridos em um ambiente SIG, onde foram processadas análises que fornecerão subsídios para a compreensão e localização das mudanças ocorridas na BHRSJ nos últimos 35 anos e, conseqüentemente, fornecerão elementos importantes para análise da favorabilidade a recuperação florestal na bacia. Neste capítulo apresentaremos os resultados encontrados com o mapeamento e análise da evolução do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ entre os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010.

3.1 - Classificação de Imagens Orientada a Objetos

A classificação digital é uma das funções prioritárias do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. A maior parte dos mapeamentos temáticos, dentre eles o de Uso e Cobertura da Terra, é embasada em alguma forma de interpretação de fotografias e/ou imagens, sejam provenientes de sensores passivos ou ativos. Esse processo pode ser totalmente visual, o que demanda muito tempo de execução e cuidados com a padronização/uniformização de critérios; automático, bastante questionado pela baixa acurácia dos resultados; ou ainda, semi-automático, que busca agregar vantagens dos dois processos anteriores, dando um espaço significativo para a etapa de edição manual (CRUZ *et. al.*, 2009).

Entendemos por classificação digital o processo de extração de informação em imagens com o objetivo de reconhecer padrões e objetos homogêneos (INPE, 2006). Os métodos de classificação de imagens são aplicados com o objetivo de criar representações temáticas de fenômenos, feições e objetos dispostos sobre a superfície terrestre. Estes métodos delimitam porções em que a resposta espectral dos alvos apresentam as mesmas características ou significados.

Depois de imageados, os alvos ou elementos presentes na superfície terrestre terão suas informações, expressas em reflectância ou radiância, convertidas em níveis de cinza dentro de uma cena (imagem), onde cada "pixel" tem as coordenadas

espaciais x , y e a coordenada espectral L , que varia de banda para banda e é representada pelos níveis de cinza. O conjunto de características espectrais de um "pixel" é denotado pelo termo "atributos espectrais".

Os classificadores automáticos podem ser supervisionados ou não supervisionados (característica relativa ao grau de interação do intérprete no processo) e, ainda, *pixel-a-pixel* ou contextuais (quando partem da segmentação). Recentemente, buscando contribuir para que os processos automatizados alcancem melhor performance, surgem os classificadores orientados a objetos que, através de critérios booleanos e/ou modelagem matemática *Fuzzy*, oferecem recursos para que o conhecimento do especialista possa ser minimamente sistematizado e reproduzido (CRUZ *et. al*, 2009).

O processo de classificação orientada a objeto utiliza os polígonos gerados na segmentação para definição dos objetos de imagem a partir de um conjunto de dados, no caso, as bandas. As características espectrais de forma e relações de vizinhança são as informações utilizadas na descrição destes objetos. A partir destes descritores os objetos podem ser agrupados em categorias com significado ou em classes temáticas (DEFINIENS, 2010).

Cruz *et. al* (2007) apontam que a classificação orientada a objeto busca simular técnicas de interpretação visual através da modelagem do conhecimento para identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores, tais como textura, cor, métrica, contexto (fig. 3.1). Segundo Campos (2005), a classificação orientada a objeto aplica as técnicas de classificação por divisão ou agrupamentos de imagens, e a partir desta segmentação, são gerados polígonos chamados também de objetos. Reis (2009) destaca que a classificação orientada a objeto veio para suprir os tradicionais classificadores que tinham como base apenas os atributos espectrais, que não permitiam o uso de dados de diferentes resoluções e que não tratavam as classes de forma individualizada. Pinho (2005) diz ainda que, diante da grande variabilidade

interna das classes, os tradicionais classificadores *pixel-a-pixel* apresentam uma eficiência reduzida em imagens de resolução espacial muito alta e uma alternativa para superar este problema é a adoção de técnicas de classificação de imagens baseadas em regiões.

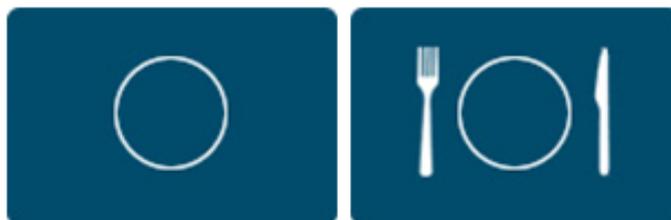


Figura 3.13. Classificação Contextual. A adição de um garfo e uma faca imediatamente classifica o círculo como um prato. Fonte: *Definiens* (2010).

A classificação orientada a objeto ainda se diferencia das demais por apresentar a possibilidade de se realizar multissegmentações, gerando níveis hierarquizados, incluindo ainda aspectos de multiresolução. A classificação orientada a objetos considera muitos tipos de descritores, tratando-os como parâmetros caracterizadores dos objetos, tais como: cor, textura, tamanho, forma, padrão, localização, contexto, etc. Portanto, a inserção destes elementos, ou seja, do conhecimento do intérprete no processo, consiste em uma alternativa para a distinção de alvos que espectralmente apresentam dificuldades de serem mapeados. A caracterização dos objetos da imagem não pode limitar-se apenas a atributos espectrais, pois estes muitas vezes não conseguem delimitar objetos complexos (DEFINIENS, 2010).

Ainda que tenhamos muitos trabalhos voltados para classificação orientada a objetos, a maioria deles é aplicada às imagens de alta resolução, e em sua maioria em áreas urbanas (DE PINHO *et al.*, 2005) e outros recentes voltados para levantamentos florestais (CARLEER & WOLFF, 2006). No presente trabalho buscaremos utilizar, e se necessário adaptar, a metodologia empregada no mapeamento da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica (CRUZ *et al.*, 2007) gerado a partir de imagens ETM

Landsat para a escala 1:250.000 e no Mapeamento do Estado do Rio de Janeiro (CRUZ *et al.*, 2009) para a escala de 1:100.000. Somam-se a estas importantes iniciativas, os trabalhos de Rosário *et al.* (2009), com a utilização de classificação orientada a objetos no mapeamento da REBIO União em escala de 1:25.000 e de Reis *et al.* (2009) com o mapeamento a APA de São João em escala de 1:50.000, fazendo uso desta mesma metodologia.

Quadro 3.1: Imagens utilizadas no mapeamento da evolução do uso e cobertura da Terra na BHRSJ

Imagem	Data de Geração da Imagem
Landsat MSS	22-08-1975
Landsat 5 TM	27-06-1985
Landsat 5 TM	07-06-1995
Landsat 5 TM	04-09-2010

Neste trabalho serão classificadas 4 imagens Landsat (fig. 3.2) dos anos de 1975 (MSS), 1985 (TM), 1995 (TM), 2010 (TM), aplicando a técnica de classificação orientada a objeto, no software Definiens®, que apresenta um ambiente para a classificação de imagens que possibilita a adoção de segmentação em diferentes níveis de escala, a utilização de descritores variados (tonalidade, textura, tamanho, vizinhança), disponibilizados ou construídos, além da hereditariedade entre níveis e/ou classes. Será dada ênfase, exclusivamente, à modelagem Fuzzy sobre descritores espectrais apoiada na seleção de áreas de treinamento (amostras). A análise Fuzzy fornece o grau de participação (pertinência) de um objeto para todas as classes definidas na legenda, cujos valores podem ser inseridos em novos contextos de classificação.

É importante destacarmos que a tentativa inicial foi de adquirir as imagens para um mesmo mês, preferencialmente no período seco, onde o estado da bacia seria bem semelhante nos diferentes anos analisados. No entanto, devido à grande cobertura de nuvens e a indisponibilidade de algumas imagens, não foi possível

adquirirmos imagens para os quatro momentos analisados dentro de um mesmo mês.

A imagem de 1975 (MSS) foi adquirida no mês de agosto, e a imagem de 2010 (TM) foi adquirida no mês de setembro, enquanto as outras duas (1985 e 1995) foram adquiridas no mês de junho (fig. 3.2 e quadro 3.1).

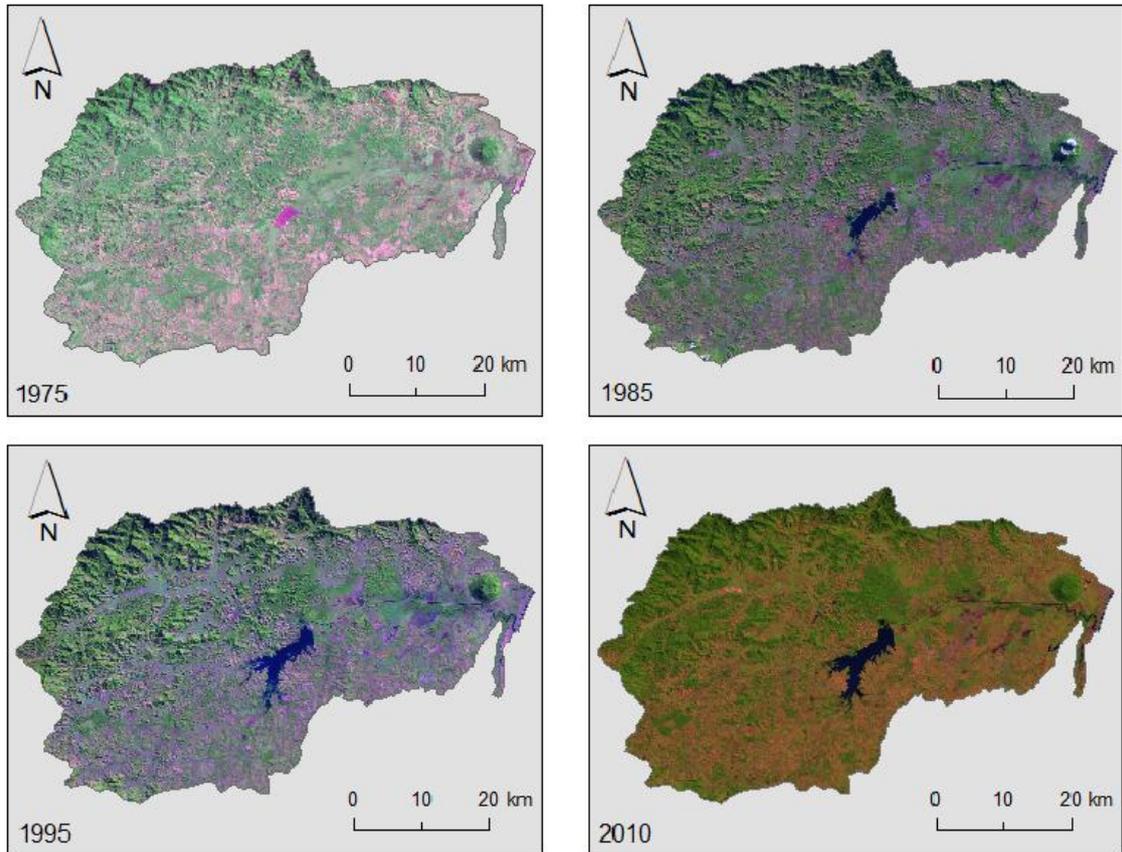


Figura 3.14. Cartas-Imagem (3B4G5R) para os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010 da BHRSJ.

As imagens Landsat (1975, 1985, 1995, 2010) foram georreferenciadas no software Spring 5.1.3 com auxílio de uma Imagem Spot 5 (ortorretificada) do ano de 2005, com resolução espacial de 2,5 x 2,5 m (aproximadamente), cedida pelo Laboratório de Geografia Física (LAGEF) do Departamento de Geografia da UFF. Os erros nos pontos de controle (RMS), apresentados pelo software Spring, não ultrapassaram o valor de 0,61 (pixel) para os sensores TM (1995) e chegaram ao valor de 0,97 (pixel) para o sensor MSS (1975).

Os maiores deslocamentos encontrados entre as imagens do sensor TM foi o de 32 m na imagem de 1995, e na imagem MSS este valor ficou em torno de 95 m. É importante ressaltar que a maior dificuldade em georreferenciar as imagens do sensor MSS justifica-se pelas menores resoluções espectrais (4 bandas) e espaciais (68x83m) deste sensor (fig. 3.3), à aspectos relacionados à aquisição da imagem, além é claro da dificuldade de encontrarmos pontos de controle na área, principalmente em razão das mudanças ocorridas na região ao longo dos últimos 35 anos.

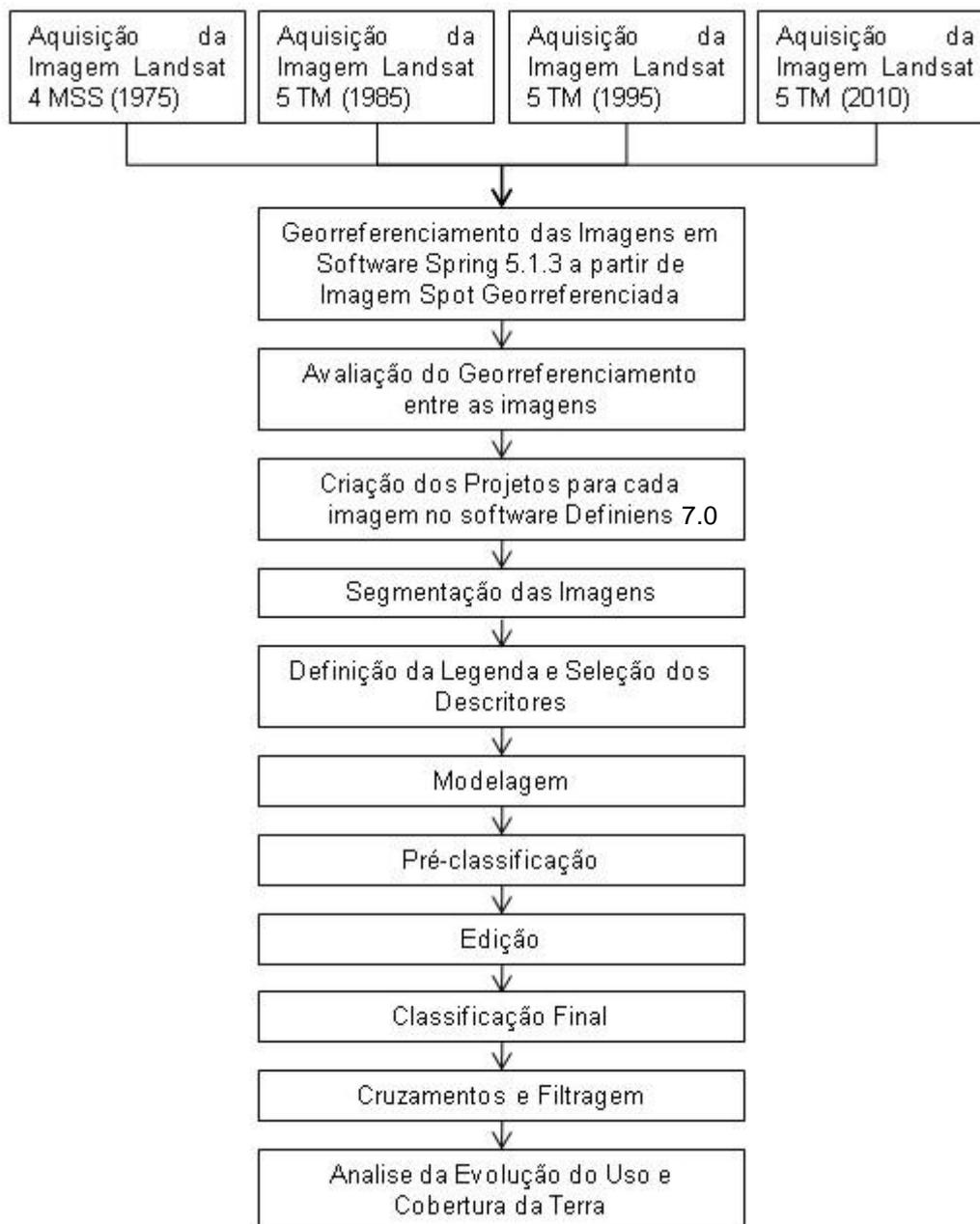


Figura 3.15. Metodologia para análise da evolução do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ.

3.2 - Resultados e Análises do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ

Para a construção dos mapas de Uso e Cobertura da Terra, foram utilizadas as cenas Landsat georreferenciadas, adotando a classificação orientada a objetos, com utilização do software *Definiens®*. A análise orientada a objetos baseia-se numa segmentação a partir de geração de bordas, de acordo com os limiares de heterogeneidade das respostas espectrais dos alvos reconhecidos na imagem. Os parâmetros de similaridade foram escolhidos a fim de atender a escala de mapeamento em 1:100.000.

É importante ressaltar que as imagens geradas a partir do Landsat 5 (TM) tem em suas bandas espectrais a resolução espacial de 30 x 30 metros (aproximadamente), e a resolução radiométrica de 8 bits. Já o sensor MSS, do Landsat 5, possui resolução espacial de 68 m X 83 m (aproximadamente), e resolução radiométrica de 8 bits. Foram utilizadas na segmentação das imagens utilizadas para geração dos mapas de uso e cobertura do solo, as bandas: 1 (azul); 2 (verde); 3 (vermelho); 4 (infravermelho próximo); 5 (infravermelho médio); 7 (infravermelho distante) da imagens dos sensores TM, e as bandas 4 (verde); 5 (vermelho); 6 (infravermelho próximo); 7 (infravermelho distante), dos sensor MSS.

A classificação supervisionada foi realizada utilizando, preferencialmente, modelagem *fuzzy* com o auxílio da análise do comportamento espectral de alvos (definido pelas áreas de treinamento a partir de dados de campo) de forma a agrupar objetos similares (CARLEER & WOLFF, 2006). A abordagem utilizada foi a *top-down*, em dois níveis de segmentação. O primeiro, restrito às bandas do infravermelho próximo e médio, objetivando a identificação de áreas de sombra e corpos d'água; enquanto o segundo, incluindo todas as bandas espectrais, embasando o detalhamento das demais classes através de uma estrutura hierárquica que garanta a herança entre os diferentes níveis.

As classes que se encontravam em um mesmo nível hierárquico foram analisadas e caracterizadas por diferentes descritores (*object features*), parte dos quais personalizados através do modo de construção disponibilizado pelo Definiens® (média e desvio padrão das bandas, razão entre bandas, brilho, NDVI, dentre outros). Neste processo também foram incorporadas algumas informações temáticas, como a geologia, geomorfologia e solos da área de estudos. A classificação produziu ao final os Mapas de Uso e Cobertura da Terra, que foram incorporados ao BDG e analisados a partir de ferramentas espaciais.

3.2.1 - Caracterização e Análise do Uso e Cobertura da Terra nos anos de 1975, 1985, 1995 e 2010.

Como mencionado anteriormente, os mapas de Uso e Cobertura da Terra para os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010 foram gerados a partir de classificação orientada a objeto no *software definiens*® com o uso das bandas do visível e infra-vermelho do sensores MSS (Landsat 4) para a cena de 1975 e TM (Landsat 5) para os demais anos. Para os processos de modelagem e classificação foram ainda utilizados os mapas de paisagem gerados no âmbito deste trabalho. Os mapas de paisagem foram úteis para classificarmos as áreas de mangue, áreas úmidas, cordões arenosos e corpos hídricos. No entanto, os principais descritores utilizados para a classificação das classes temáticas foram os valores das médias espectrais dos alvos (segmentos) nas diferentes bandas e seus respectivos desvios padrão.

A classificação da imagem Landsat MSS (1975) ofereceu maiores obstáculos para a geração do mapa temático de Uso e Cobertura da Terra, para a escala pretendida (1:100.000), justamente em razão das diferenças existentes entre as imagens produzidas por este sensor (resoluções espacial e espectral) e as demais imagens utilizadas no trabalho (Landsats TM). As dificuldades encontradas no

processamento da imagem Landsat MSS, para atender o mapeamento em escala 1:100.000, foram desde o georreferenciamento até a sua classificação e edição final.

A definição das classes, assim como a escolha das amostras que representariam cada uma destas classes, baseou-se nos dados adquiridos em trabalho de campo. Com utilização de GPS de navegação, câmeras fotográficas e observações de campo, pôde-se avaliar a distribuição dos diferentes usos na área de estudo, assim como a sua abundância na área a ser mapeada. Com isso, as classes para o mapeamento temático foram definidas como:

1 - Areia - Cordões arenosos;

2 - Água - Espelho d'água das lagoas, do oceano, ou de alguns rios;

3 - Áreas Úmidas – Para esta classe serão consideradas as áreas de inundação temporária (não permanente), que na BHRSJ são as áreas alagadas por afloramento do lençol freático (brejos) ou áreas de inundação de rios e lagoas;

4 - Mangue – Vegetação associada às margens de baías, enseadas, barras, desembocaduras de rios, lagoas e reentrâncias costeiras, onde haja encontro de águas de rios com a do mar;

5 - Floresta - Nestas classes podemos inserir as florestas, matas de restinga, matas aluviais e demais coberturas naturais arbóreas, excetuando-se apenas a vegetação de mangue;

6 - Pastagem - Áreas de vegetação rasteira ou de pequenas capoeiras, utilizadas para criação de gado;

7 - Vegetação Secundária Inicial - Áreas de vegetação de capoeira, também conhecidas como pasto sujo;

8 - Agricultura – Áreas de ocorrência de atividades agrícola, sobretudo de cana-de-açúcar. Os cultivos familiares, em pequena escala, não foram identificados nesta classe;

9 - Solo Exposto – Dentro desta classe temos as áreas de exploração de saibro e pedreiras; Os solos preparados para cultivo, quando existentes, foram incorporados à classe 8.

10 - Urbano Rarefeito – Representa as áreas de menor ocupação, com lotes vazios (não construídos) intercalando as casas;

11 - Urbano Médio – Nesta classe a ocupação se dá de forma contínua, com poucas interrupções (lotes vazios). Poucas são as construções com mais de 1 pavimento, e mais raras ainda são as que ultrapassam 2 pavimentos;



Figura 3.16. Chave de Interpretação de Imagem. Construída a partir da imagem Landsat ETM de 2010. Composição colorida 3B4G5R.

A partir da Carta Imagem de 1975 (fig. 3.5) e do mapa de Uso e Cobertura da Terra para 1975 (fig. 3.6), podemos perceber que a maior presença de fragmentos florestais é observada justamente na escarpa da Serra do Mar, no Morro de São João e em algumas formações residuais presentes na BHRSJ. Nas porções sudoeste e sul da bacia ocorre o predomínio das pastagens, que ocupam nitidamente as planícies, colinas e vales intramontanos de toda a BHRSJ. É importante chamar a atenção para a grande quantidade de áreas úmidas e de corpos hídricos existentes sobretudo nas planícies dos rios Bacaxá e São João. Devemos ainda ressaltar a presença da Lagoa de Juturnaíba na parte central da bacia.

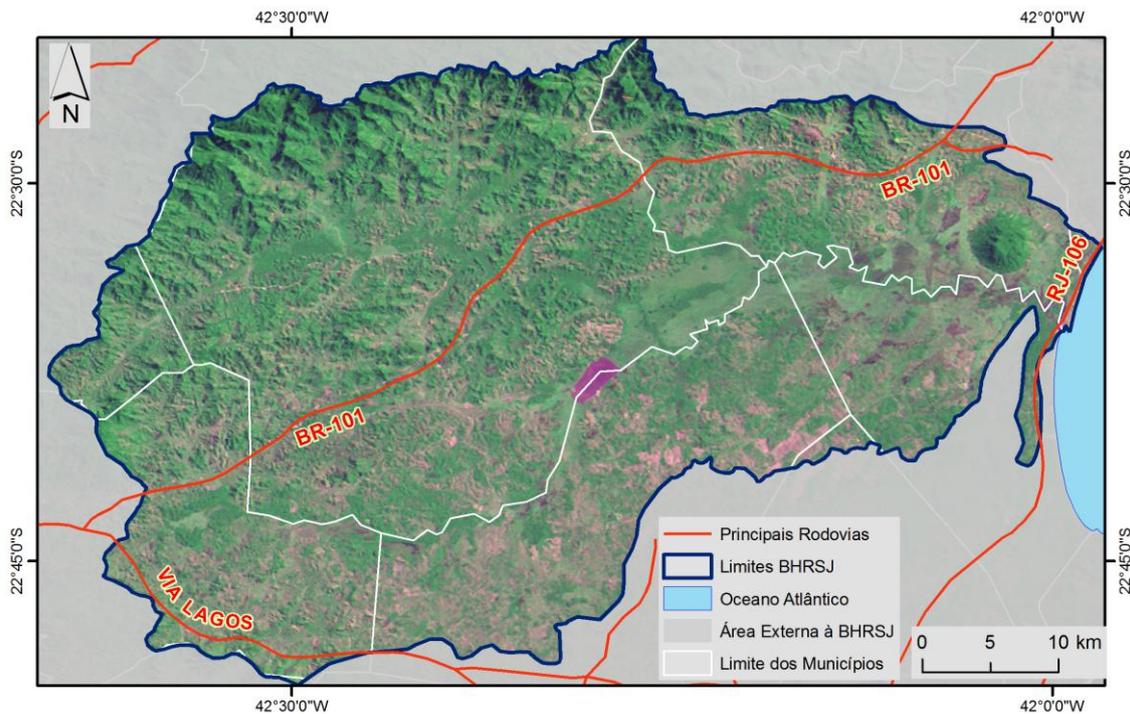


Figura 3.17. Carta-Imagem de 1975. Imagem Landsat 4B6G5R. Utilizar a chave de interpretação de imagens (Fig. 3.4) para ler corretamente esta representação. Projeção Cilíndrica Equirretangular. Datum: Sirgas 2000.

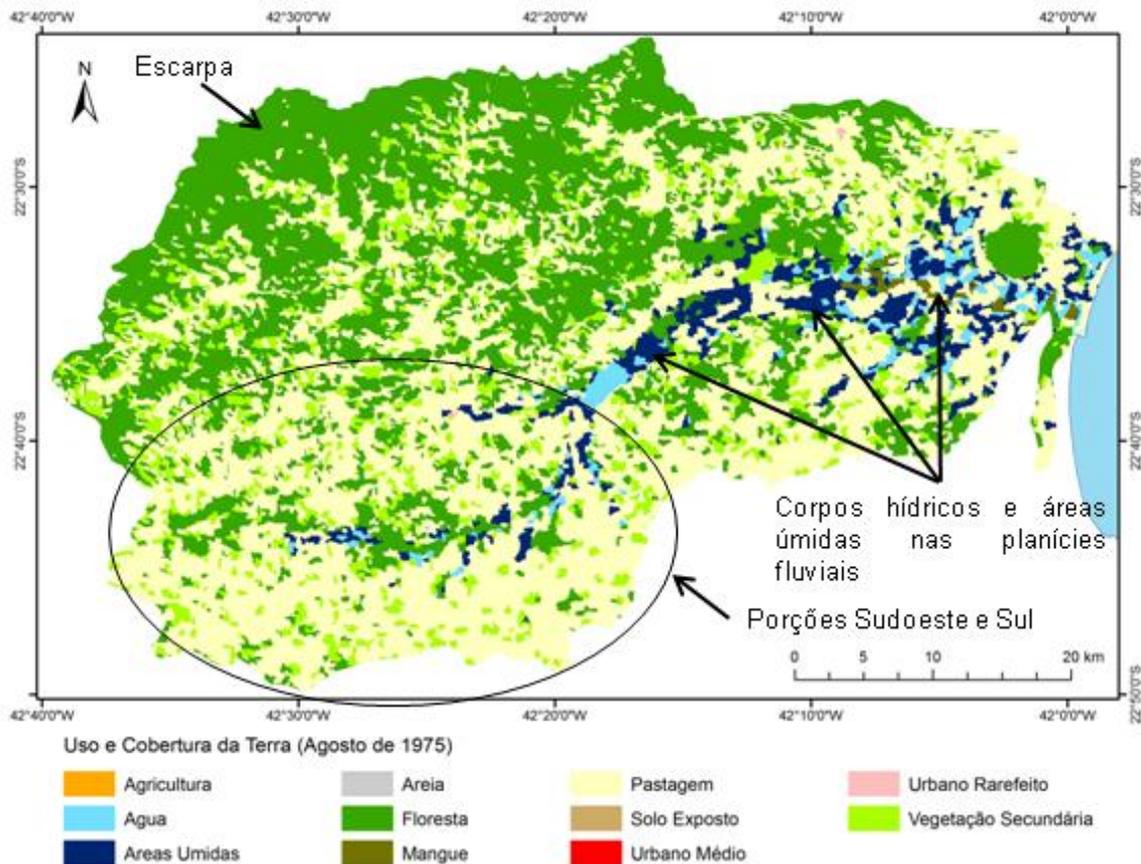


Figura 3.18. Uso e Cobertura da Terra na BHR SJ em 1975. Projeção Cilíndrica Equirretângular.

Datum: Sirgas 2000.

Na Carta Imagem de 1985 (fig. 3.7) e no mapa de Uso e Cobertura da Terra para o ano de 1985 (fig. 3.8) podemos verificar algumas das mudanças detonadas pelo conjunto de obras realizadas entre meados da década de 70 e início da década de 80, na BHR SJ. As alterações mais significativas foram a construção de canais para a drenagem de corpos hídricos e áreas úmidas que existiam nas planícies fluviais do rio São João, a retificação do rio São João e a construção da represa de Juturnaíba. Ao compararmos as duas imagens, também percebemos a redução das áreas com coberturas naturais, fato mais facilmente percebido em regiões próximas a desembocadura da bacia.

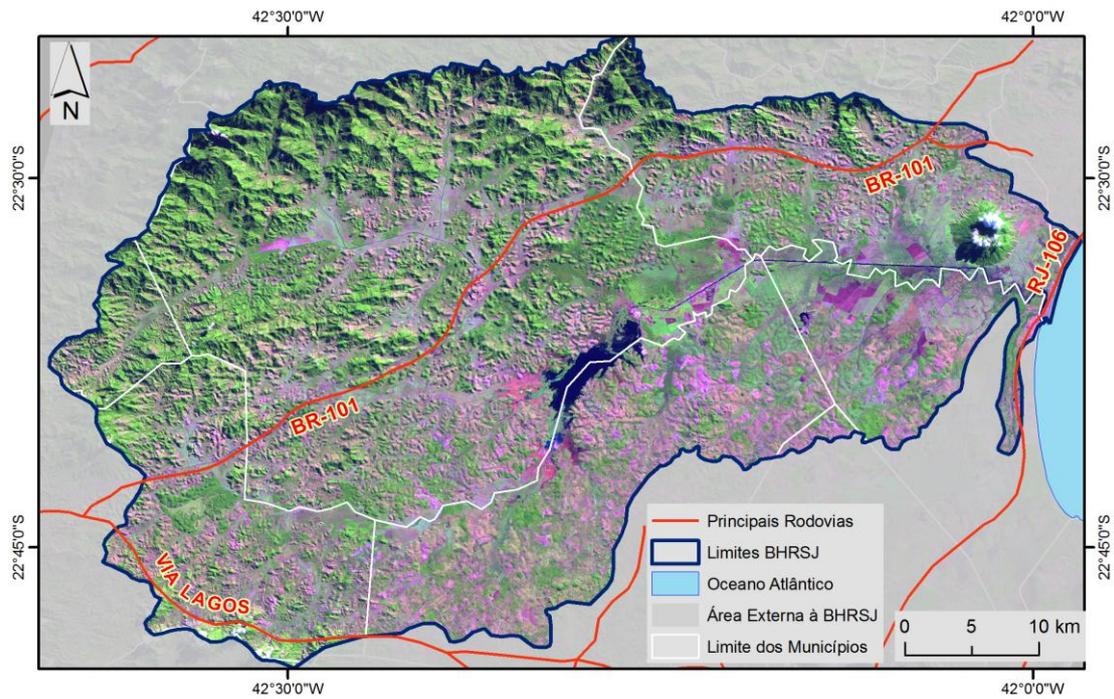


Figura 3.7. Carta-Imagem de 1985. Imagem Landsat 3B4G5R. Utilizar a chave de interpretação de imagens (Fig. 3.4) para ler corretamente esta representação. Projeção Cilíndrica Equirretângular. Datum: Sirgas 2000.

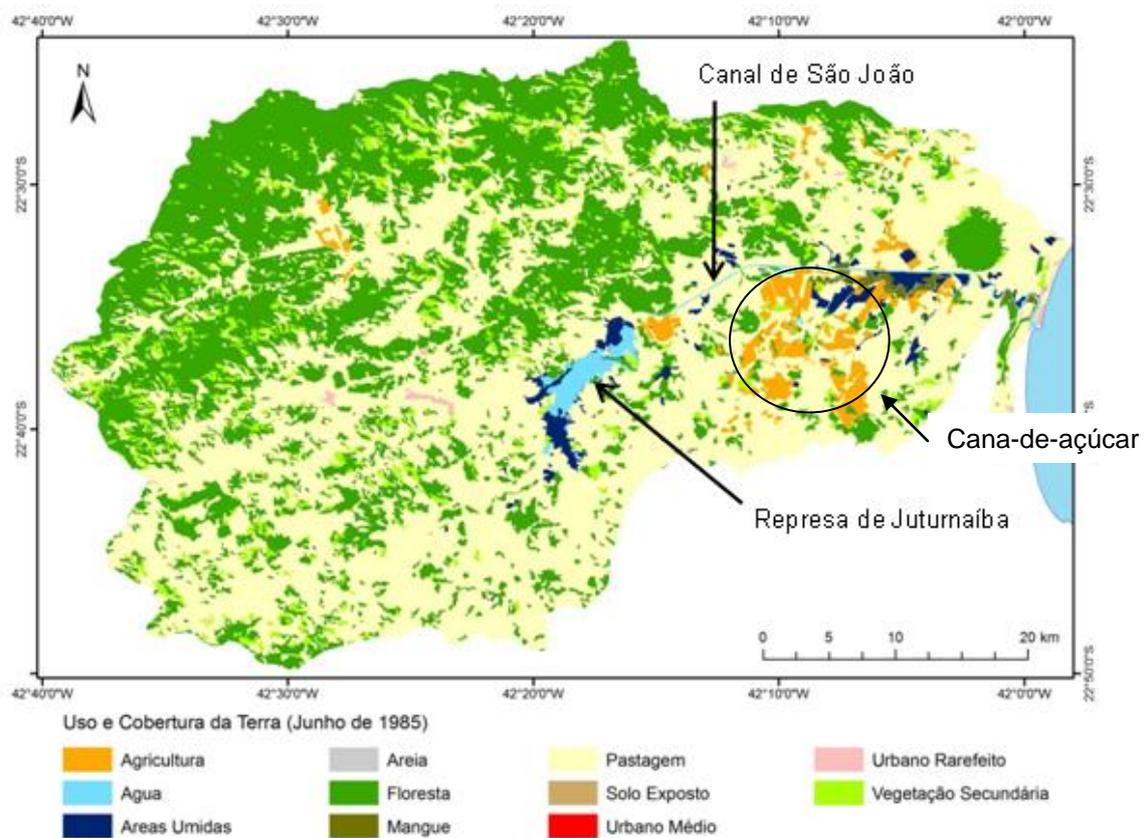


Figura 3.8. Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ em 1985. Projeção Cilíndrica Equirretângular. Datum: Sirgas 2000.

Além da progressiva redução dos fragmentos florestais, a Carta Imagem de 1995 (fig. 3.9) e a classificação da imagem Landsat TM para o ano de 1995 (fig. 3.10) indicam um significativo aumento da ocupação urbana, sobretudo na estreita faixa costeira da bacia. Também podemos perceber claramente, mais uma vez, a redução das áreas úmidas e dos mangues, presentes no baixo curso do rio São João. Também podemos perceber o aumento do espelho d'água da represa de Juturnaíba em detrimento das áreas úmidas que existiam nos vales dos rios Bacaxá e Capivari.

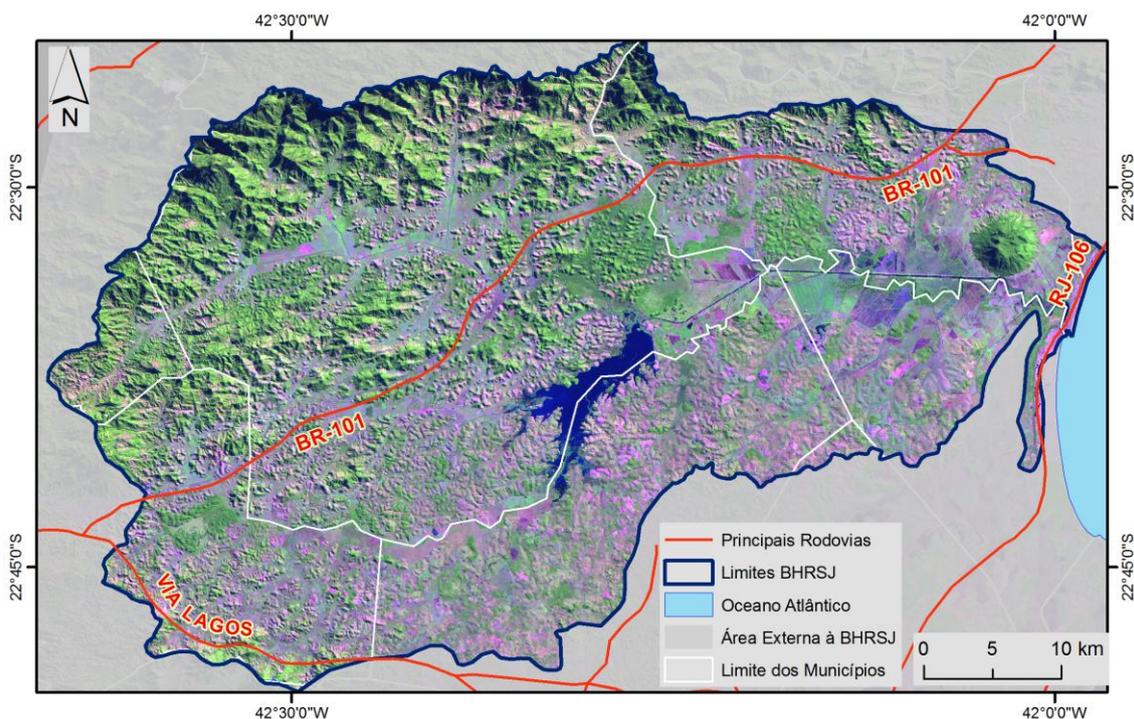


Figura 3.9. Carta-Imagem de 1995. Imagem Landsat 3B4G5R. Utilizar a chave de interpretação de imagens (Fig. 3.4) para ler corretamente esta representação. Projeção Cilíndrica Equirretângular. Datum: Sirgas 2000.

É ainda relevante chamarmos atenção para o surgimento de extensas áreas de cultivo de cana-de-açúcar na porção sudeste da bacia, próximas à margem direita do baixo São João. Nos mapas dos próximos anos estes cultivos reaparecem, alternando em alguns períodos para pastagens ou áreas alagadas.

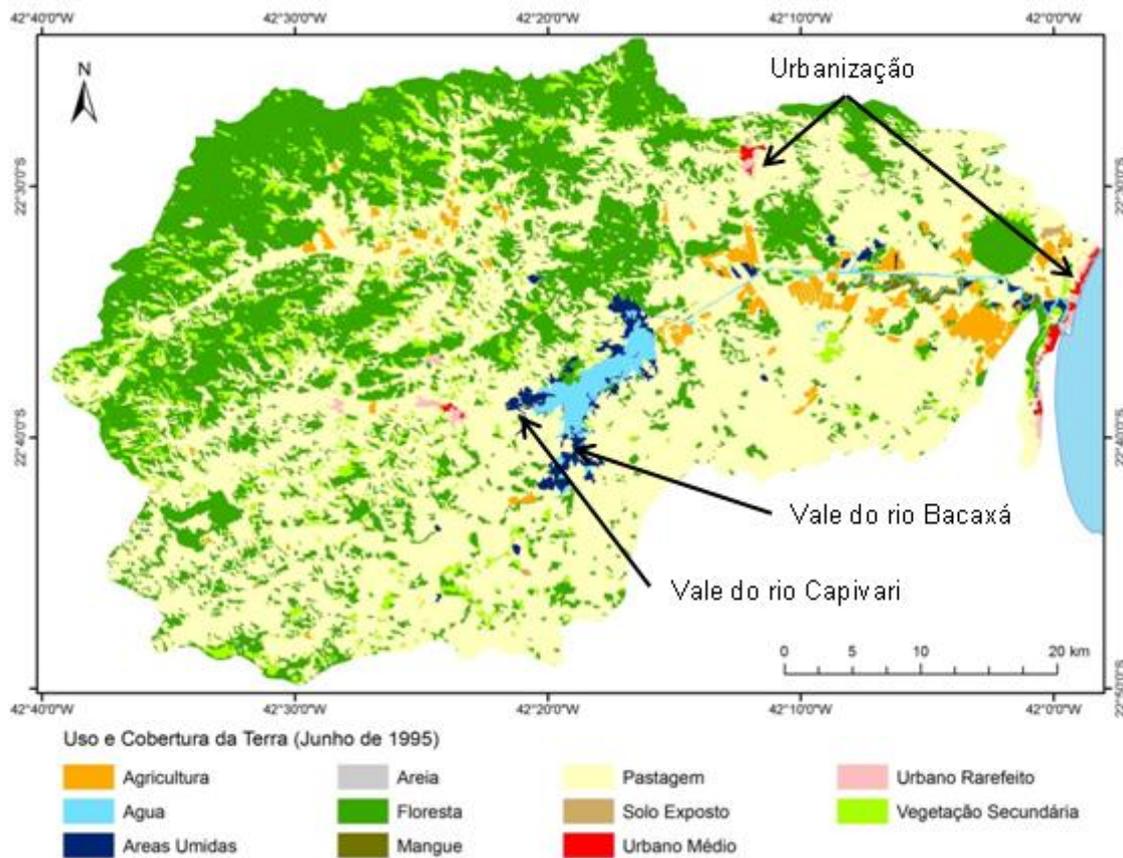


Figura 3.10. Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ em 1995. Projeção Cilíndrica Equirretângular. *Datum: Sirgas 2000.*

Os resultados obtidos com a Carta Imagem de 2010 (fig. 3.11) e a classificação temática de Uso e Cobertura da Terra para 2010 (fig. 3.12) indicam um representativo crescimento e intensificação da ocupação urbana nas localidades de Barra de São João e Tamoios, sobretudo na planície costeira. Além disso, podemos perceber a recuperação de algumas pequenas áreas de pastagem ou de vegetação secundária, sobretudo nas regiões de colinas e da escarpa da Serra do Mar. Ocorre também o crescimento do espelho d'água da represa de Juturnaíba e a consequente redução das áreas úmidas que existiam em seu entorno.

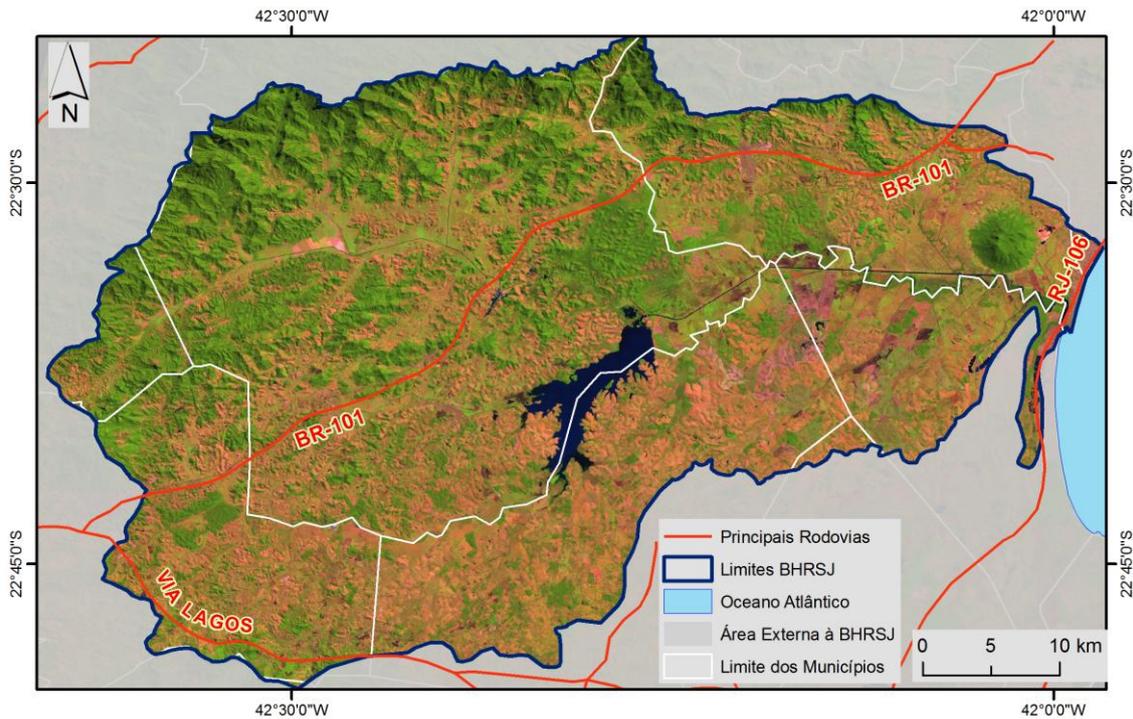


Figura 3.11. Carta-Imagem de 2010. Imagem Landsat 3B4G5R. Utilizar a chave de interpretação de imagens (Fig. 3.4) para ler corretamente esta representação. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

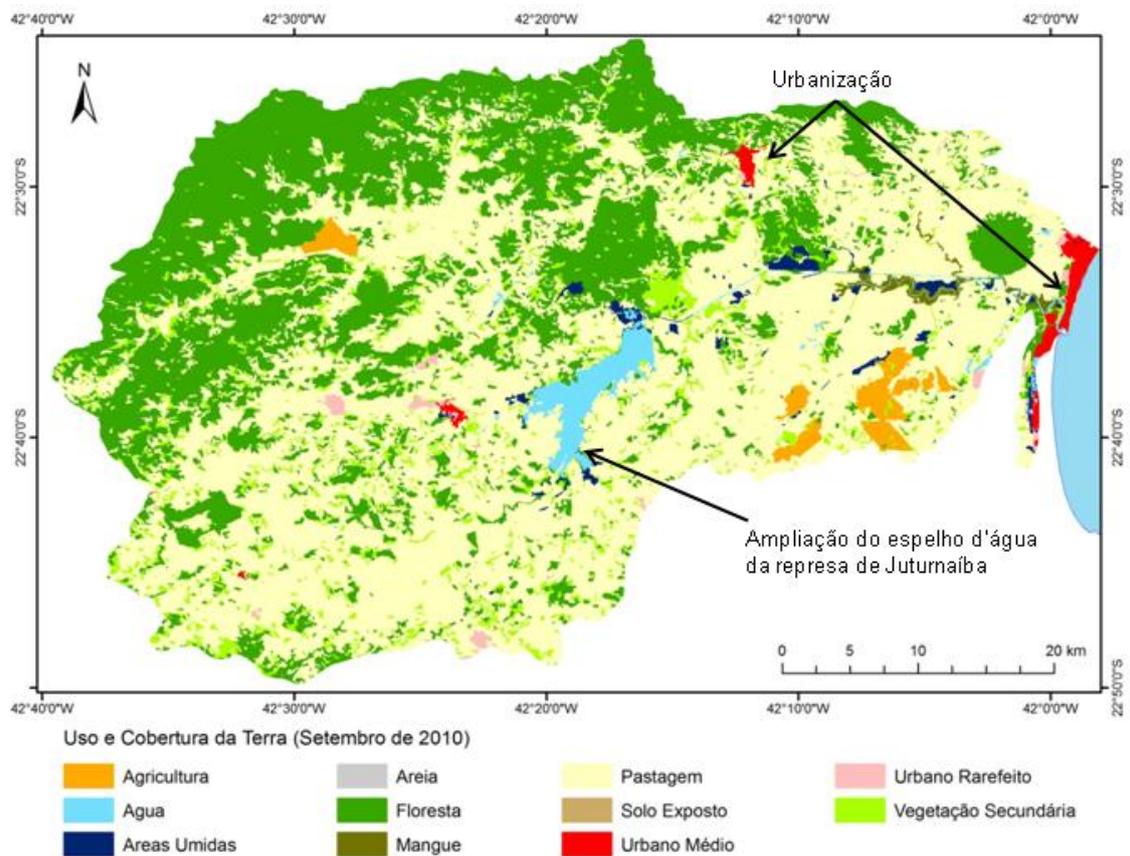


Figura 3.12. Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ em 2010. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

O cálculo das áreas das classes de Uso e Cobertura da Terra comprovam quantitativamente as mudanças percebidas a partir da observação dos mapas temáticos (Tabela 3.1). É importante chamar atenção para o crescimento das áreas florestadas entre os anos de 1995 e 2010, o progressivo decréscimo das áreas úmidas desde antes de 1975 e o acentuado aumento das áreas urbanas entre os anos de 1995 e 2010. Para todos os cálculos de área realizados foi utilizada a projeção equivalente cônica de Albers sobre vetores (*shapes*) em escala de detalhe de 1:100.000, gerados a partir de imagens Landsat 4 MSS (68 m X 83 m) e imagens Landsat 5 TM (30 x 30m).

Tabela 3.1: Quantitativo das classes de Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ nos anos de 1975, 1985, 1995 e 2010.

Uso e Cobertura da Terra	1975 (km²)	% 1975	1985 (km²)	% 1985	1995 (km²)	% 1995	2010 (km²)	% 2010
Agricultura	0,00	0,00	52,80	2,50	49,81	2,35	30,40	1,44
Água	41,62	1,97	19,09	0,90	28,58	1,35	36,18	1,71
Cordões Arenosos	0,30	0,01	0,38	0,02	0,55	0,03	0,32	0,02
Floresta	795,07	37,58	742,98	35,12	647,87	30,62	682,97	32,28
Mangue	7,11	0,34	6,91	0,33	5,57	0,26	9,20	0,43
Ocupação Moderada	0,00	0,00	0,87	0,04	4,52	0,21	15,71	0,74
Ocupação Rarefeita	0,59	0,03	5,31	0,25	8,87	0,42	10,91	0,52
Solo Exposto	0,00	0,00	0,40	0,02	1,70	0,08	0,30	0,01
Pastagem	998,37	47,19	1.141,41	53,95	1.214,87	57,42	1.174,06	55,49
Vegetação Secundária	178,04	8,42	115,81	5,47	128,60	6,08	137,12	6,48
Áreas Úmidas	94,54	4,47	29,68	1,40	24,70	1,17	18,47	0,87
Total	2.115,64	100	2.115,64	100	2.115,64	100	2.115,64	100

3.2.2 - Análise da Evolução do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ entre os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010.

O estudo da evolução do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ entre os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010 baseou-se no cruzamento (interseção) dos mapas temáticos digitais gerados. Para a melhor compreensão das mudanças, a legenda do mapa foi reclassificada, em diferentes etapas. Na primeira etapa, as classes cordões arenosos, floresta, mangue, e áreas úmidas, foram reclassificadas para Coberturas Naturais. Em seguida, as classes pastagem, agricultura e vegetação secundária foram agregadas em uma única classe, chamada de "Áreas de agricultura, pastagem ou vegetação secundária". As classes de ocupação moderada e rarefeita compuseram uma única classe, chamada de Ocupação Urbana, e as demais classes foram mantidas.

A partir deste processamento, tornou-se possível a análise quantitativa das mudanças ocorridas em todas as classes temáticas mapeadas para a BHRSJ. É relevante destacarmos as mudanças relativas às Coberturas Naturais que quantitativamente decresceram até 1995, apresentando um leve crescimento entre 1995 e 2010. Podemos perceber ainda que as mudanças observadas nas Coberturas Naturais apresentam fortes correlações com as alterações ocorridas na classe de Pastagem, agricultura e vegetação secundária. Ou seja, nos anos de decréscimo de coberturas naturais percebemos um aumento na classe Pastagem, agricultura e vegetação secundária, e vice-versa (fig. 3.13).

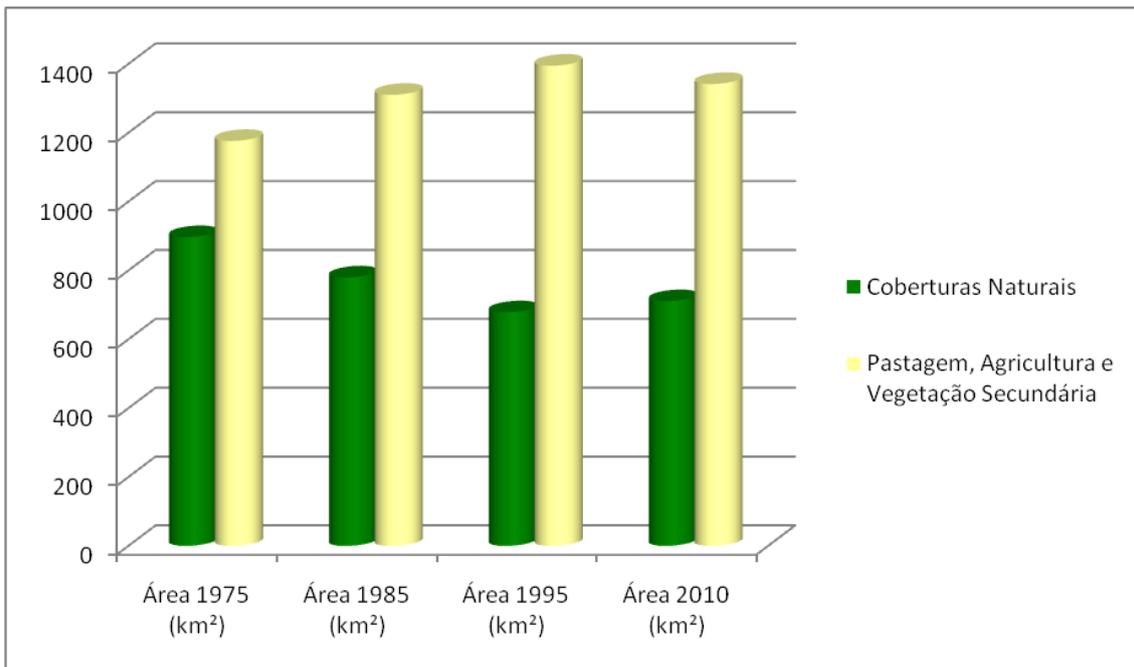


Figura 3.1319. Mudanças quantitativas das coberturas naturais e áreas de pastagem, agrícolas e de vegetação secundária entre os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010.

Quando analisamos os mapas temáticos detalhadamente, podemos verificar que o aumento de coberturas naturais entre 1995 e 2010 é impulsionado principalmente pelo significativo aumento de cobertura florestal na BHRSJ (fig. 3.14). Curiosamente, percebemos também o crescimento de áreas ocupadas por corpos hídricos, que se justificam pelo aumento da área de espelho d'água da lagoa de Juturnaíba e também pelo surgimento de significativas lagoas na zona costeira e na planície fluvial do Rio São João. Estas lagoas foram artificialmente criadas por atividades de extração de areia (figs. 3.15 e 3.16).

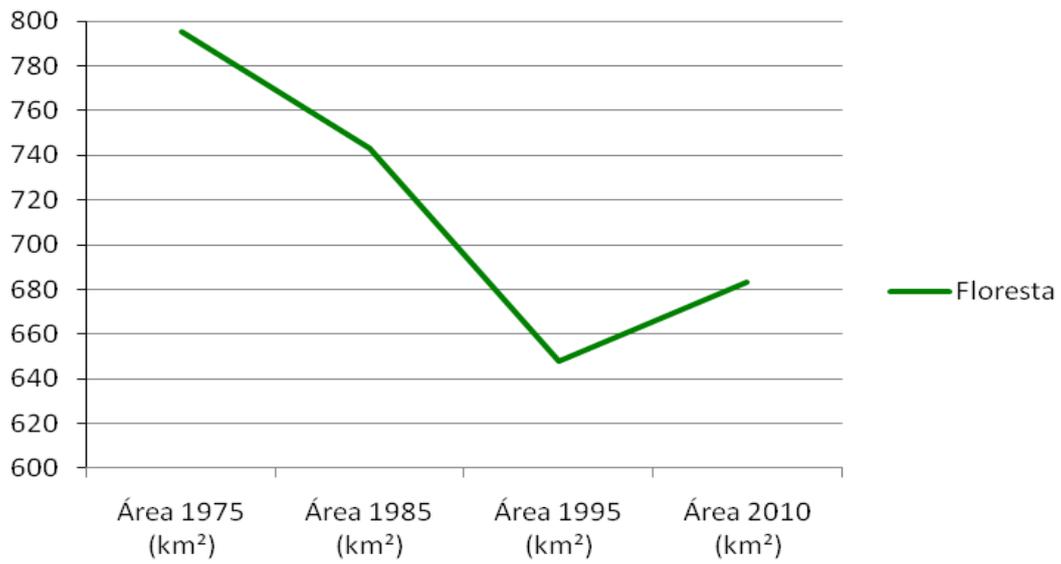


Figura 3.204. Evolução da Floresta nos últimos 35 anos na BHRSJ.



Fig. 3.15 - Lagoas artificiais na localidade de Unamar, Tamoios- Cabo Frio. A localização desta área corresponde à área 2 da próxima figura (fig. 3.16)

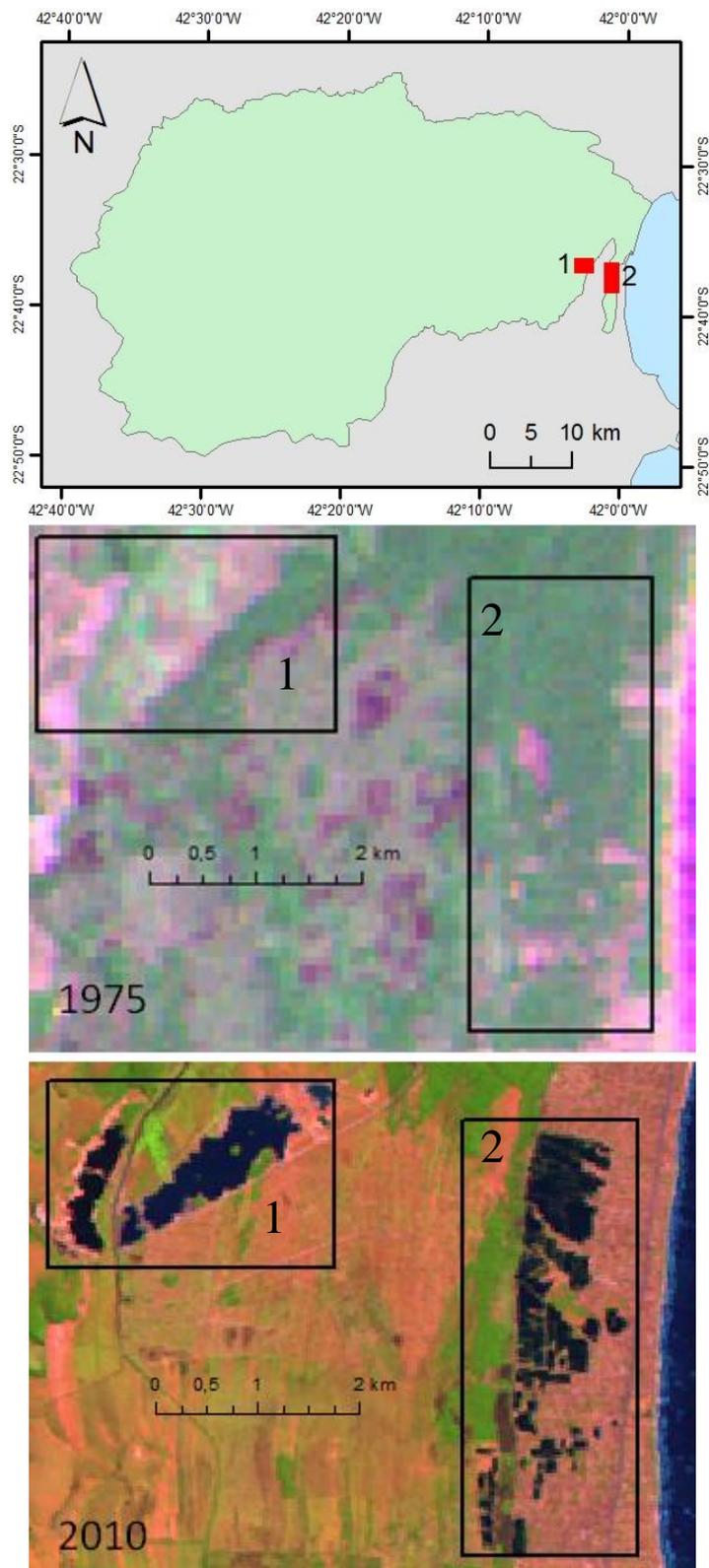


Figura 3.16. Atividades de extração de areia na BHRSJ.

O crescimento das áreas urbanas na BHRSJ também apresenta-se como uma importante mudança ocorrida na BHRSJ, principalmente entre os anos de 1995 e 2010 (fig. 3.17). É importante destacar mais uma vez que estas mudanças são mais significativas na planície costeira da BHRSJ, mais precisamente no distrito litorâneo de Barra de São João, pertencente ao município de Casimiro de Abreu. Este forte crescimento está associado, provavelmente, ao crescimento acelerado das cidades vizinhas de Macaé e Cabo Frio, impulsionado pela atividade de exploração de petróleo.

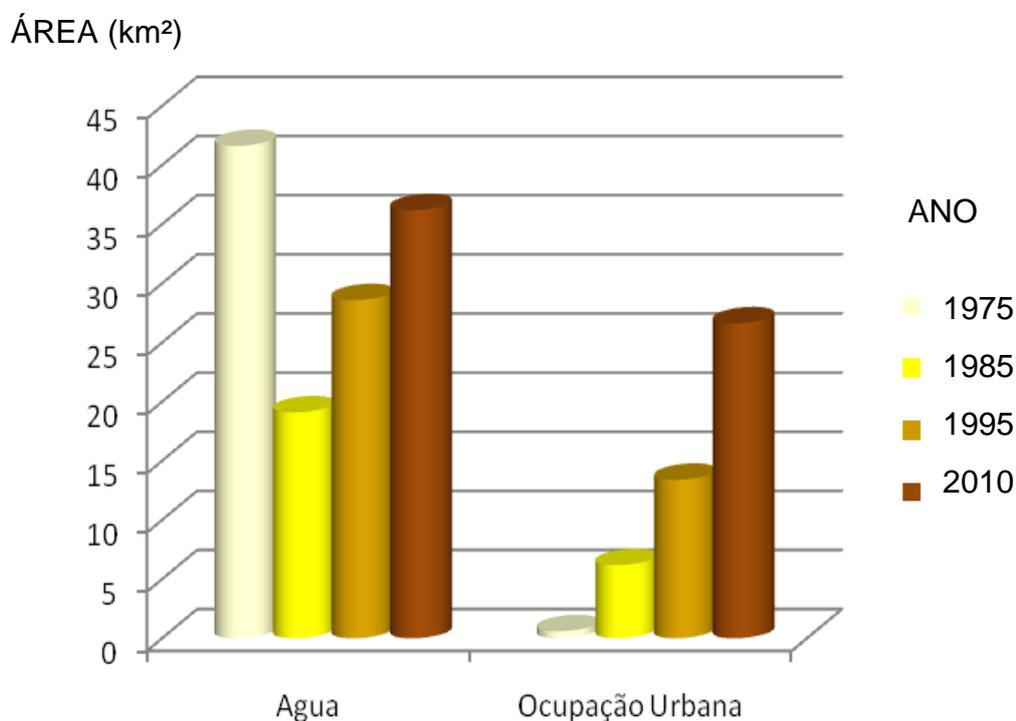


Figura 3.21. Mudanças quantitativas das áreas ocupadas por corpos hídricos e Ocupação Urbana⁶ entre os anos de 1975, 1985, 1995 e 2010.

Os dados quantitativos apresentados na tabela 2 permitem a observação e análise de outras significativas mudanças observadas na BHRSJ. Através dos valores de áreas descritos na tabela podemos verificar que aproximadamente 39% de toda a BHRSJ passou por mudanças de Uso e Cobertura da Terra nos últimos 35 anos, e

⁶ A classe Ocupação Urbana refere-se à soma de todas as classes de urbanização (rarefeita, moderada e intensa)

que pelo menos 40% de toda área da bacia já possuía cobertura de pastagens e/ou vegetação secundária antes de 1975. No entanto é relevante destacarmos ainda que 21% de toda bacia possui coberturas naturais remanescentes desde antes de 1975.

Tabela 3.2: Quantificação das mudanças de Uso e Cobertura da Terra entre os anos de 1975 e 2010 na BHRSJ

COD	Mudanças de Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ entre 1975 e 2010	Área (km²)
1	Corpos hídricos naturais mantidos até 2010	8,91
2	Corpos hídricos artificiais criados entre 1975 e 2010	27,26
3	Corpos hídricos aterrados ou assoreados entre 1975 e 2010	32,71
4	Coberturas naturais que mudaram para agricultura, pastagem ou vegetação secundária entre 1975 e 1985	309,57
5	Coberturas naturais que mudaram para agricultura, pastagem ou vegetação secundária entre 1985 e 1995	170,46
6	Coberturas naturais que mudaram para agricultura, pastagem ou vegetação secundária entre 1995 e 2010	125,66
7	Áreas de agricultura, pastagem ou vegetação secundária que regeneraram para coberturas naturais entre 1975 e 1985	195,20
8	Áreas de agricultura, pastagem ou vegetação secundária que regeneraram para coberturas naturais entre 1985 e 1995	75,42
9	Áreas de agricultura, pastagem ou vegetação secundária que regeneraram para coberturas naturais entre 1995 e 2010	163,35
10	Áreas urbanizadas entre 1975 e 2010	26,03
11	Coberturas naturais desde antes de 1975	442,64
12	Áreas de agricultura, pastagem ou vegetação secundária desde antes de 1975	839,00

A mudança de coberturas naturais para pastagens agricultura e vegetação secundária vem decaindo progressivamente no período analisado, enquanto a

regeneração de áreas, ou seja, a mudança de pastagem, agricultura ou vegetação secundária para coberturas naturais sofreu um significativo aumento entre 1995 e 2010. A partir da análise dos resultados podemos observar também que as mudanças mais significativas do Uso e Cobertura da Terra ocorreram entre os anos de 1975 e 1985, coincidindo com o mesmo período de realização das mais significativas obras de engenharia na BHRSJ.

O mapa de mudanças de Uso e Cobertura da Terra entre os anos de 1975 e 2010 na BHRSJ (fig. 3.18) revela que as áreas onde ocorreram as maiores perdas de fragmentos florestais nos últimos 35 anos foram as regiões das planícies fluviais e colinas, sobretudo nas porções orientais da bacia. Além de verificarmos a ocorrência de ocupação urbana em praticamente toda planície costeira, também podemos observar a grande quantidade de antigos corpos hídricos drenados para ampliação de áreas agrícolas ou de pastagem.

A análise das mudanças de Uso e Cobertura da Terra (1975-1985-1995-2010) indicou que ocorreram mudanças em 46,84% da área total da Bacia, sendo que o desmatamento (25,03%) e a regeneração (17,71%) de áreas foram as alterações mais significativas (tabela 3.3). Dentre as áreas que não sofreram mudanças, ou seja, permanecem com o mesmo uso desde 1975, destacam-se as áreas de pastagem e agricultura, que juntas alcançam 34,56% e as áreas com coberturas naturais, que ocupam 18,23% da área total da BHRSJ.

Tabela 3.3: Processos predominantes na BHRSJ

Trajectoria Evolutiva	Área (Km ²)	%
Desmatamento	605,59	25,03
Regeneração	433,97	17,71
Assoreamento	32,71	1,35
Expansão Urbana	26,03	1,08
Formação de Novos Corpos Hídricos	27,26	1,13
Sem mudanças (mesmo uso de 1975)	1.290,55	53,16

As áreas em que registramos a ocorrência de recuperação florestal estão localizadas principalmente nas regiões das escarpas, nos patamares residuais e nas regiões de morro, localizadas sobretudo nas porções norte e oeste da BHRSJ. Também devemos destacar no mapa a relevante presença da represa de Juturnaíba, das cavas e lagoas construídas para exploração de areia, e dos canais retelinizados que foram classificados na legenda como corpos hídricos artificiais.

As principais áreas de recuperação foram reavaliadas a partir de análises visuais mais rigorosas, realizadas sobre imagens Landsat TM, com apoio de imagens SPOT 5 disponíveis para toda BHRSJ e, ainda, com a utilização do software Google Earth. Na figura 3.19 exibimos a localização de três destas áreas, contidas em diferentes situações. A área 1 está contida na região de paisagem de Poço das Antas, caracterizada por relevos de morros e morrotes, e clima quente e úmido. A área 2 está localizada na região de paisagens dos Patamares Residuais Úmidos, de clima quente e úmido, caracterizado por presença de morros e montanhas. Já a área 3 localiza-se na região colinas e morrotes do Indaiáçu-Seca, caracterizado por um clima quente e pouco úmido e relevo com predomínio de colinas e morrotes.

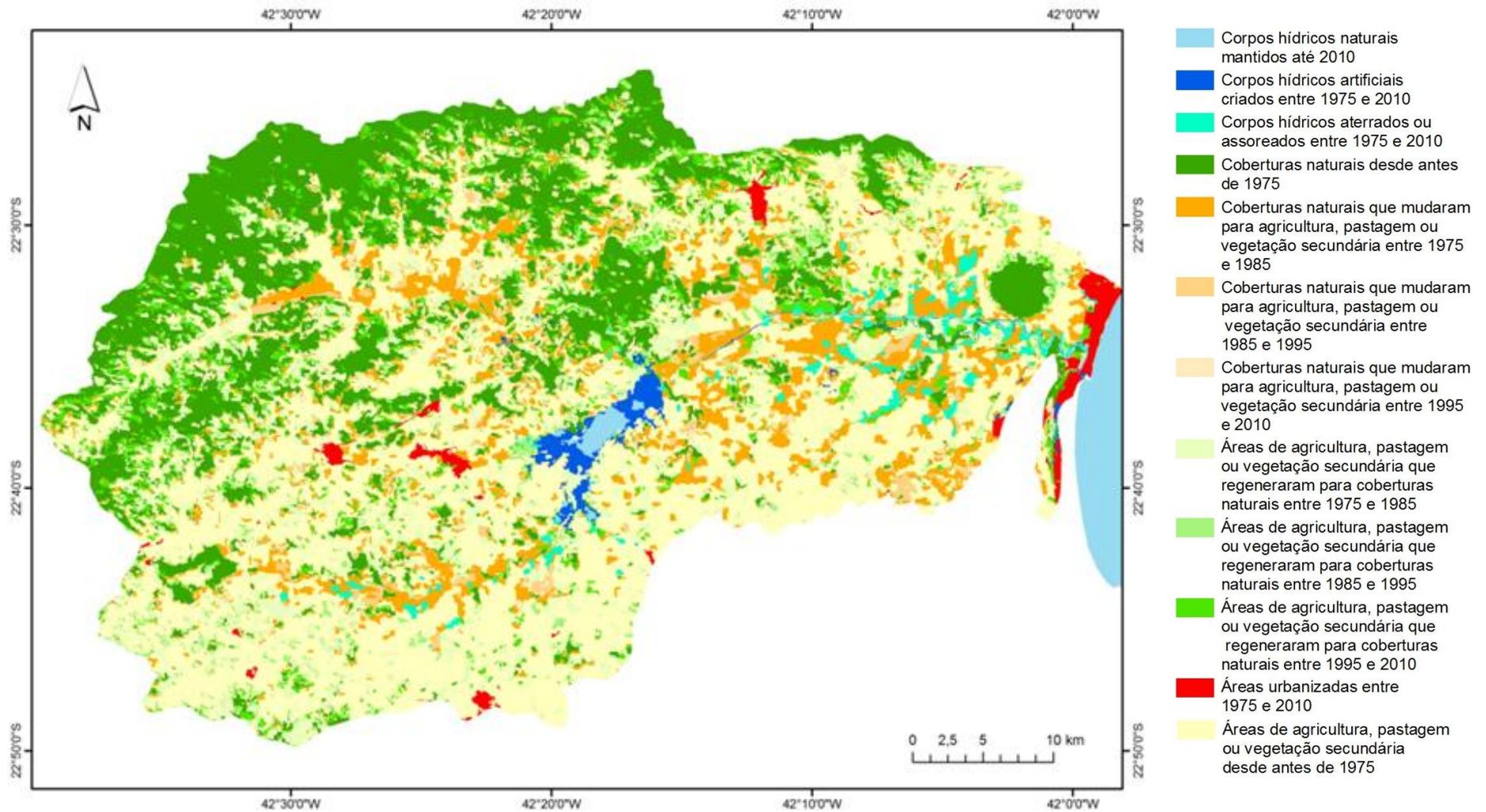


Figura 3.18. Mapa de mudanças de Uso e Cobertura da Terra entre os anos de 1975 e 2010 na BHR SJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

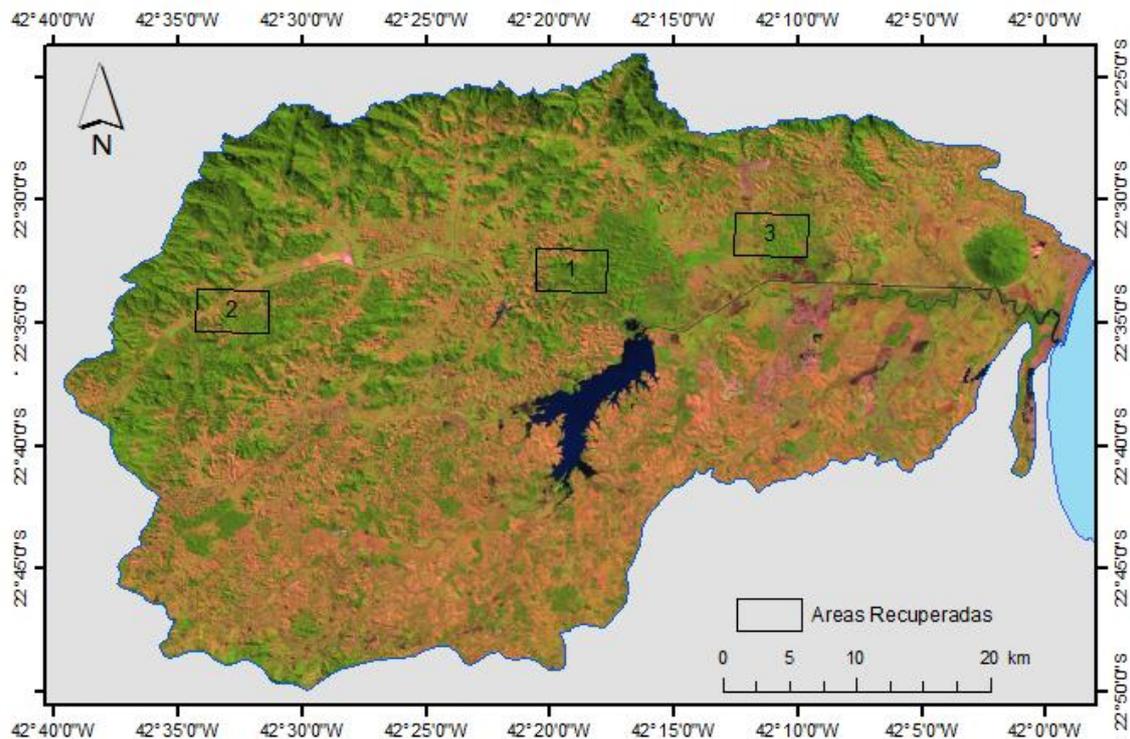


Figura 3.19. Áreas em recuperação destacadas nas figuras 5, 6 e 7. Projeção Cilíndrica Equirretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

Na figura 3.20, principalmente nas áreas em destaque, podemos perceber o crescimento gradual das bordas dos fragmentos florestais presentes nas áreas planas e/ou nas encostas dos morros da região de paisagem de Poço das Antas. Ao compararmos a imagem Landsat TM de 1985 com a imagem Landsat TM de 2010, vemos que o crescimento destas manchas ocorreu de forma significativa.

Nas figuras 3.21 e 3.22 podemos perceber o processo de recuperação em outras duas diferentes áreas da BHRSJ. Na região dos Patamares Residuais (fig. 3.21) podemos observar a recuperação de fragmentos florestais presentes em vales intramontanos e encostas que aparentemente passaram por processos de queimadas em 1985. Neste caso, podemos perceber que a recuperação ocorreu de forma sutil e gradual ao longo dos últimos 25 anos.

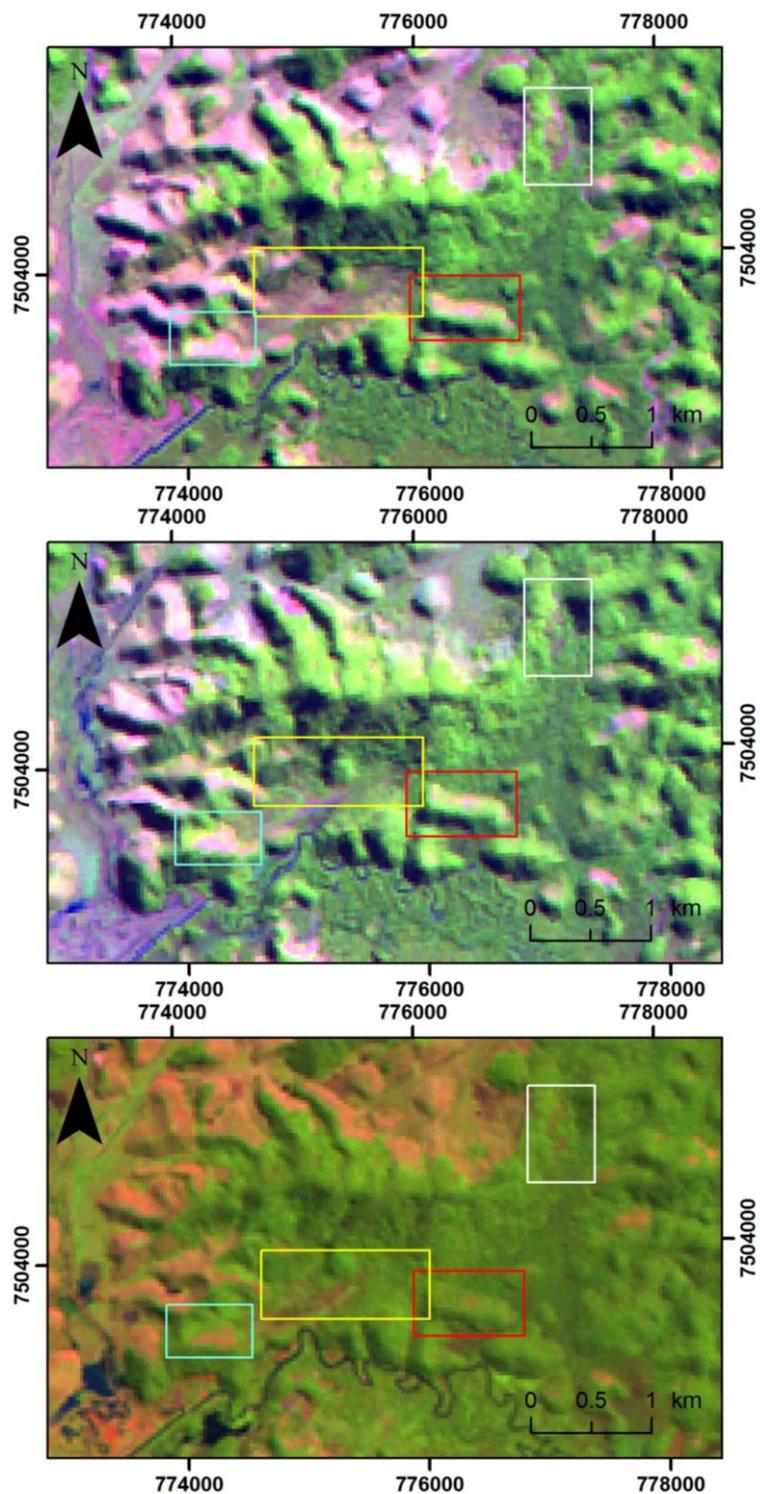


Figura 3.20. Área em recuperação na unidade Poço das Antas (1). A primeira imagem, de cima para baixo, representa o ano de 1985, a segunda 1995 e a terceira 2010. Coordenadas UTM Fuso 23 S. Datum Sirgas 2000.

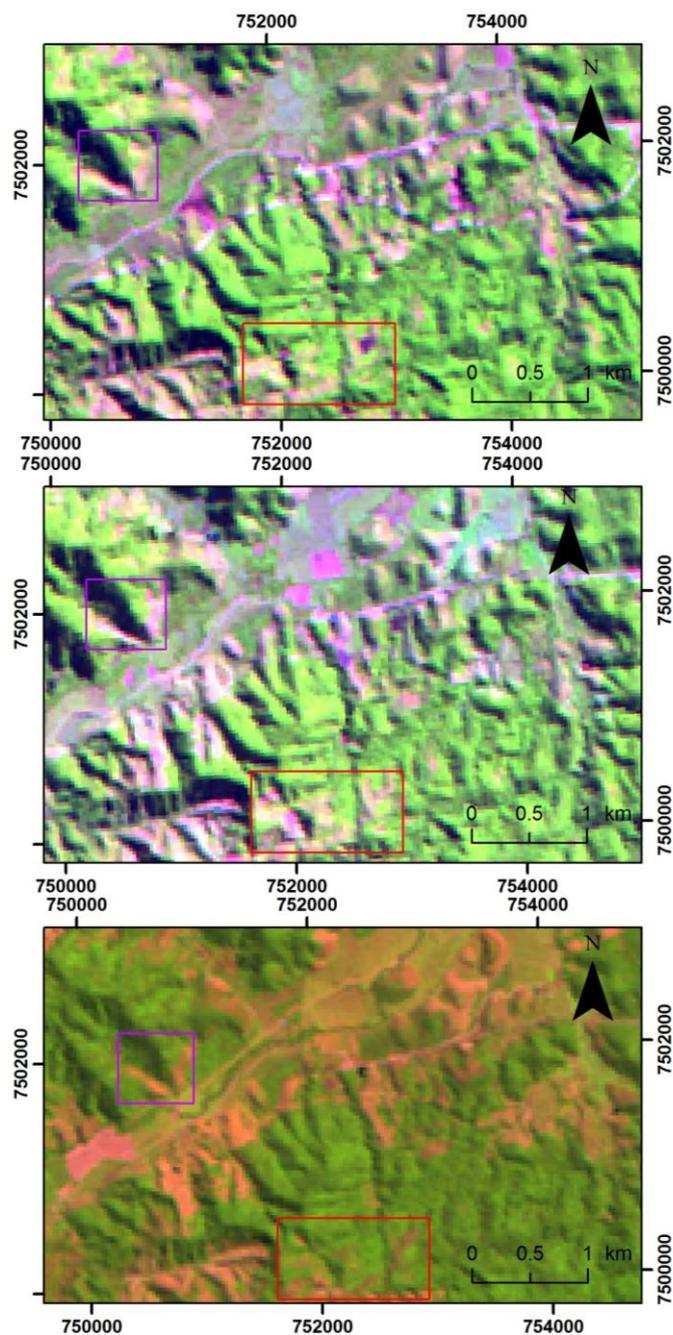


Figura 3.21. Áreas em recuperação nos patamares residuais úmidos (2). A primeira imagem, de cima para baixo, representa o ano de 1985, a segunda 1995 e a terceira 2010. Coordenadas UTM Fuso 23 S. Datum Sirgas 2000

Nas regiões de Colinas e Morrotes do Indaiçu-Seca podemos verificar mais claramente o significativo processo de recuperação que ocorreu entre os anos de 1985 e 1995, principalmente no topo de algumas colinas, como pode ser observado nas áreas em destaque da figura 3.22.

Na mesma figura podemos ainda perceber a recuperação florestal em alguns vales localizados entre as colinas e morrotes da região.

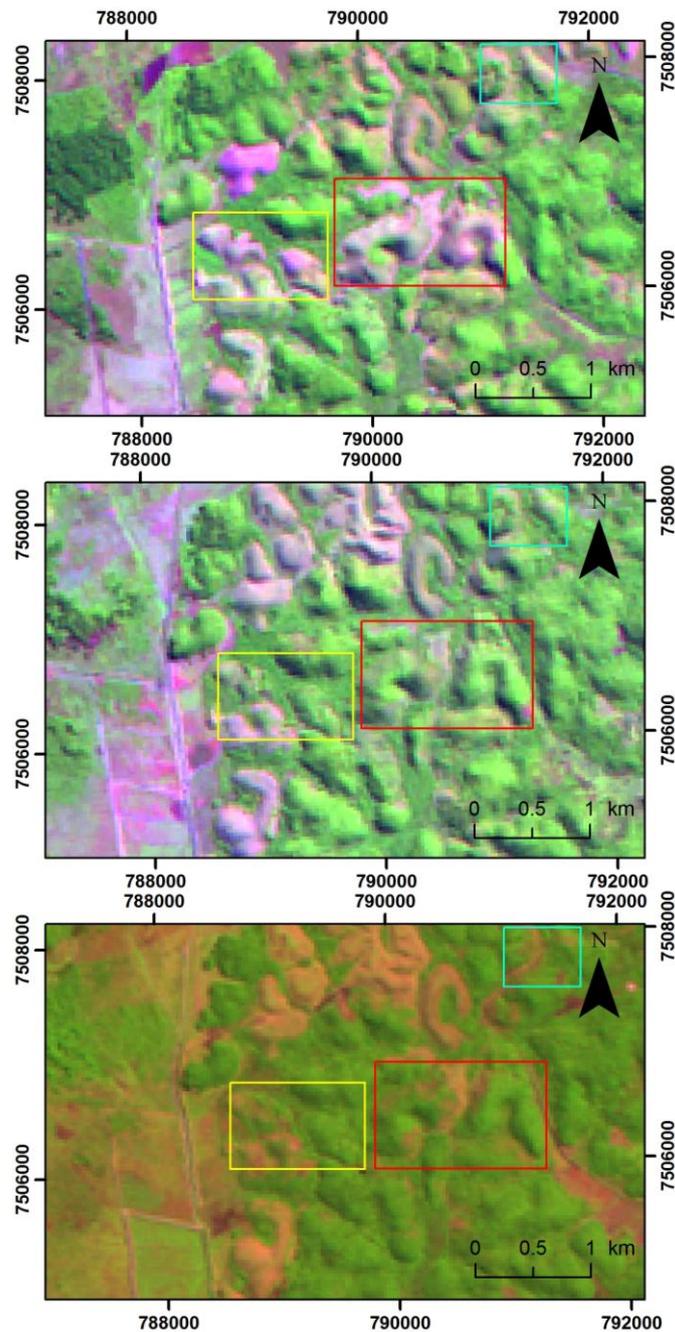


Figura 3.22. Área em recuperação nas colinas e morrotes do Indaiçu-Seca (3). A primeira imagem, de cima para baixo, representa o ano de 1985, a segunda 1995 e a terceira 2010. Coordenadas UTM Fuso 23 S. Datum Sirgas 2000.

3.6 - Conclusões

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a construção do mapa de uso e cobertura do solo, com utilização de classificação orientada ao objeto, mostrou resultados muito mais satisfatórios que os métodos tradicionais, o que refletiu num menor esforço de edição dos mapas finais. O levantamento de dados a partir das imagens, trabalhos de campo e de bibliografias existentes, assim como a inserção destes em um banco de dados geográficos, tornou possível a geração de informações capazes de nos indicar a ocorrência e localização de alterações relevantes ocorridas na área de estudo.

Os mapas de Uso e Cobertura da Terra revelaram que a BHRSJ tem a pastagem como uso predominante desde antes de 1975. Os resultados demonstram que a pastagem ocupa principalmente as áreas planas ou suavemente onduladas da bacia, chegando em muitos casos a ocupar encostas de morros e montanhas, escarpas e vales intramontanos. Também pudemos verificar que muitas destas áreas, localizadas em domínios de morros ou montanhas, já experimentaram ou experimentam algum tipo de processo de regeneração.

Os resultados confirmam uma significativa presença de coberturas florestais, ocupando aproximadamente 32% da bacia, principalmente nas escarpas e vertentes íngremes da Serra do Mar e Patamares Residuais. Os resultados ainda indicam que as planícies aluviais e costeiras são as unidades em pior estado de conservação, fato relacionado principalmente ao crescimento urbano acelerado e à drenagem artificial para ganho de áreas para pastagem realizada na década de 70.

As análises realizadas a partir do mapa de evolução do Uso e Cobertura da Terra e as quantificações das mudanças ocorridas na bacia nos últimos 35 anos permitiram uma compreensão mais detalhada do grande número de transformações que a BHRSJ passou nas últimas décadas. Dentre elas, podemos destacar a perda de coberturas naturais, a perda de corpos hídricos naturais e o surgimento de novos corpos hídricos (artificiais). Também foi interessante constatar que aproximadamente 60% da áreas de pastagem de toda a bacia está presente na paisagem desde antes de 1975.

As análises realizadas a partir do mapa de evolução do Uso e Cobertura da Terra e as quantificações das mudanças ocorridas na bacia nos últimos 35 anos permitiram uma compreensão mais detalhada do grande número de transformações que a BHRSJ passou nas últimas décadas. Dentre elas, podemos destacar a perda de coberturas naturais, a perda de corpos hídricos naturais e o surgimento de novos corpos hídricos (artificiais). Também foi interessante constatar que aproximadamente 60% da áreas de pastagem de toda a bacia está presente na paisagem desde antes de 1975.

Outro aspecto importante foi o crescimento de áreas com coberturas naturais, ocorrido entre 1995 e 2010, que foi impulsionado não somente pela queda das taxas de desmatamento, como também pelo aumento das áreas recuperadas neste período. A análise mais detalhada confirmou as expectativas de que estas áreas recuperadas estariam nas bordas de fragmentos florestais, ou ainda, seriam clareiras em áreas florestadas "preenchidas" ao longo do tempo por formações florestais.

Os resultados reforçam a hipótese de que a proximidade e contexto das áreas degradadas em relação às coberturas naturais são preponderantes para a ocorrência de recuperação florestal. As "clareiras", os vales intramontanos e as bordas de grande fragmentos florestais foram onde mais ocorreram os processos de recuperação. Além disso, também pudemos perceber que a recuperação ocorre com maior frequência em áreas onde o processo de desmatamento é recente, o que pode ser considerada uma evidência de que as áreas de desmatamento recente têm maior favorabilidade a recuperação.

IV - Caracterização e espacialização dos componentes e estruturas da paisagem na BHRSJ.

A representação dos elementos e componentes da paisagem é um importante instrumento para a compreensão de aspectos relacionados à gênese e dinâmica dos geossistemas, sendo portanto interessantes ferramentas para investigações ambientais que tenham como objetivo os mais diferentes propósitos. No entanto, neste trabalho temos como objetivo ir muito além de apenas caracterizarmos e especializarmos estes fatores, como também analisar as estruturas vertical, horizontal e vetorial das paisagens na BHRSJ. Neste sentido, podemos considerar que este capítulo tem como objetivo a caracterização e espacialização dos componentes e estruturas da paisagem na BHRSJ.

As análises destas estruturas foram efetuadas a partir da construção de gráficos e matrizes de relacionamento, da sobreposição de temas, da quantificação de atributos temáticos e de análises métricas dos componentes da paisagem. Todos os resultados gerados nestas etapas da pesquisa foram posteriormente incorporados ao Banco de Dados Geográficos (BDG) sendo então processados e utilizados para as fases seguintes do trabalho, que foram focadas na Cartografia das Paisagens e na determinação da Favorabilidade à Recuperação Florestal.

As principais informações utilizadas para a caracterização dos componentes e estruturas da paisagem na BHRSJ foram:

- 1- Dados temáticos do IBGE (1:50.000) e DRM/CPRM (1:100.000);
- 2 - Dados gerados a partir do processamento digital das imagens Landsat TM (2010);
- 3 - Dados gerados a partir do processamento de MDEs ASTER;

4 - Dados obtidos junto ao projeto WorldClim (HIJMANS et. al. 2005).

Todos os produtos gerados a partir da manipulação destes dados foram incorporados a um Banco de Dados Geográficos (BDG) para posteriormente serem processados em SIGs e utilizados no mapeamento das tipologias e regiões de paisagem e, ainda, na determinação da favorabilidade à recuperação na BHRSJ.

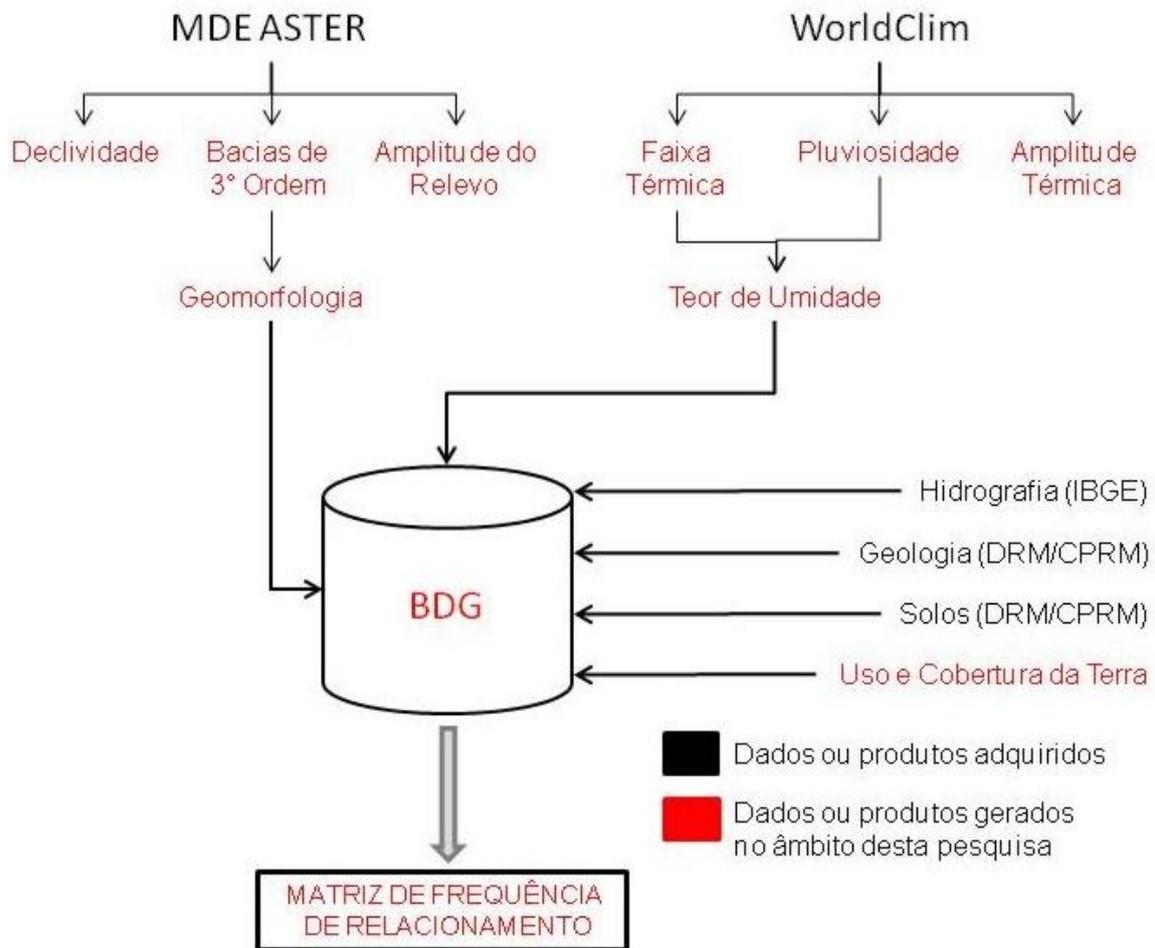


Figura 4.1. Fluxograma de Análise da Estrutura Vertical da Paisagem

A análise da estrutura vertical da paisagem (fig.4.1) foi viabilizada através da construção e interpretação de matrizes de frequência de relacionamento, enquanto a estrutura horizontal (fig.4.2) e a estrutura vetorial (fig.4.3) foram avaliadas a partir da sobreposição de temas, da quantificação de atributos temáticos e de análises métricas de seus componentes. Os capítulos a seguir serão dedicados a uma abordagem mais aprofundada sobre as metodologias aplicadas e resultados encontrados com a caracterização e espacialização dos componentes e estruturas da paisagem na BHRSJ.

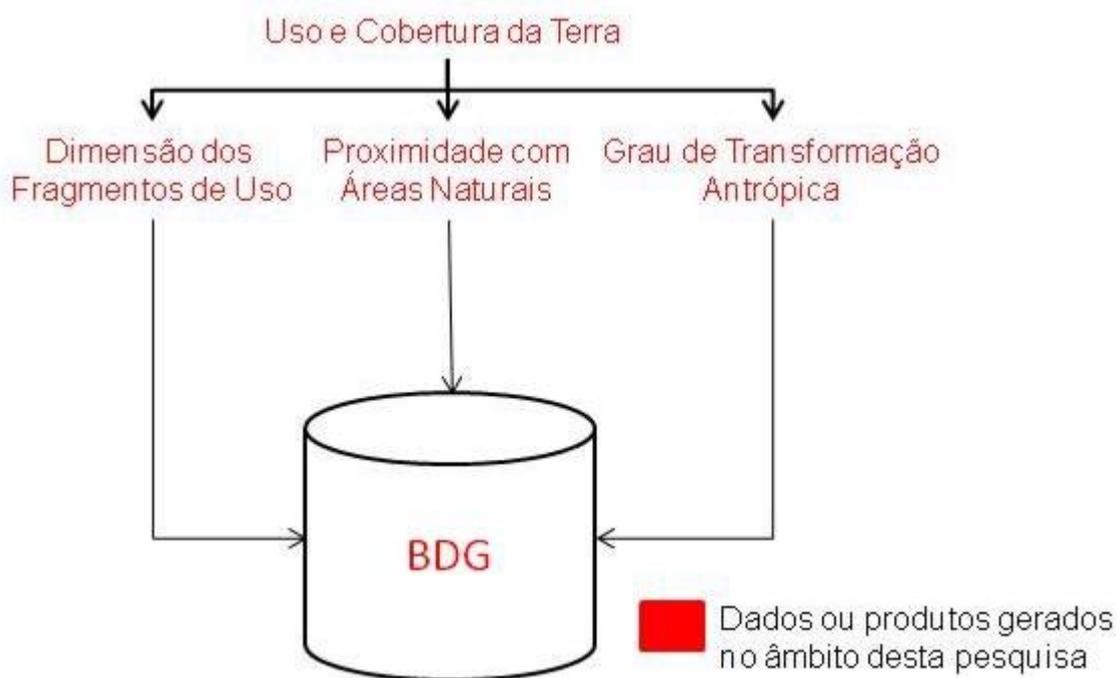


Figura 4.2. Fluxograma de Análise da Estrutura Horizontal da Paisagem

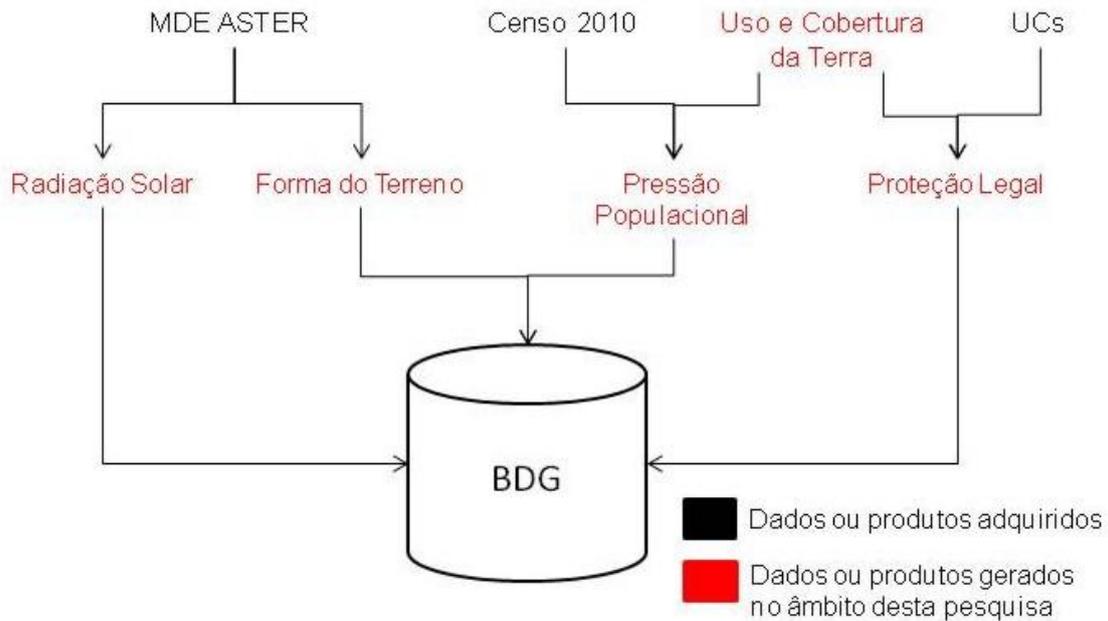


Figura 4.3. Fluxograma de Análise da Estrutura Vetorial da Paisagem

4.1 - Mapeamento das Variáveis Geomorfológicas

As análises relacionadas à gênese e formas de relevo permitem a interpretação dos processos, fenômenos e interações existentes entre o clima e as características geológicas de determinados espaços. Os estudos geomorfológicos dos terrenos possibilitam a dedução da tipologia e intensidade dos processos erosivos e deposicionais, a distribuição, textura e composição dos solos e ainda a aptidão para o seu uso. Assim como os fatores do clima, a geomorfologia serve como uma importante barreira para o estabelecimento de determinadas espécies, e também cria condições favoráveis ou desfavoráveis às atividades humanas.

De acordo com as formas do relevo, poderemos ter a formação de áreas onde o sombreamento cria condições melhores para o estabelecimento de determinadas espécies vegetacionais, ou o inverso, onde as formas do relevo expõem algumas áreas a uma maior insolação. O relevo também responde pelo estabelecimento de

áreas onde ocorre acúmulo de água e nutrientes, ou pela formação de áreas onde há dispersão de água, sedimentos e nutrientes.

Os cálculos das variáveis geomorfológicas foram elaborados a partir do uso dos dados disponibilizados gratuitamente pelo ASTER GDEM (*Advance Space Borne Thermal Emission and Reflection Radiometer – Global Digital Elevation Model*), através do *Earth Remote Sensing Data Analysis Center* (ERSDAC) do Japão, em conjunto com a *Land Processes Distributed Active Archive Center* (LP DAAC) da NASA. Estes dados dão conta da representação de toda a superfície terrestre a partir de modelos digitais de elevação (*Digital Elevation Model*) gerados pelo instrumento imageador ASTER, que se encontra a bordo do satélite TERRA lançado em 19 de dezembro de 1999, pela NASA, fazendo parte do projeto *Earth Observing System* (EOS).

O ASTER é o instrumento de melhor resolução espacial do satélite TERRA, sendo constituído por 3 diferentes subsistemas: VNIR (*Visible and Near Infrared*); SWIR (*Short Wave Infrared*); e o TIR (*Thermal Infrared*), num total de 14 bandas espectrais, cobrindo uma área de 60 x 60 Km, com possibilidade de revisita em 16 dias. O MDE ASTER é gerado a partir dos dados das bandas 3N e 3B do subsistema VNIR. Estas bandas adquirem dados na faixa do infravermelho próximo (0,78 a 0,86 μm).

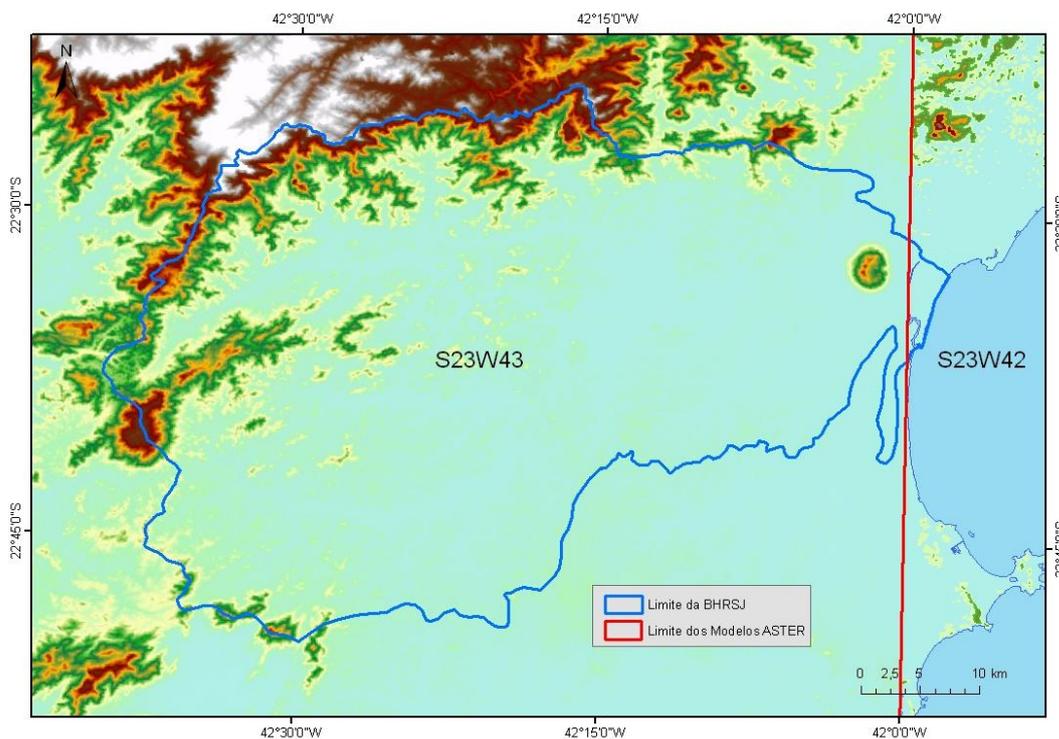


Figura 4.4. Articulação dos MDEs Aster. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

Os dados de elevação foram disponibilizados com resolução de 30 x 30 metros, o que pode ser considerado uma vantagem se comparados com os dados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que também são oferecidos gratuitamente, mas em resolução de 90 x 90 metros. Barros (2006) destaca ainda que a facilidade de manuseio dos modelos ASTER pode ser considerada uma importante vantagem para o usuário, e classifica estes modelos como adequados para a classe C, em escala de 1:50.000, no Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC C). Isto viabiliza o uso destes modelos nos mapeamentos temáticos, nas escalas desejadas (1:100.000), para este trabalho.

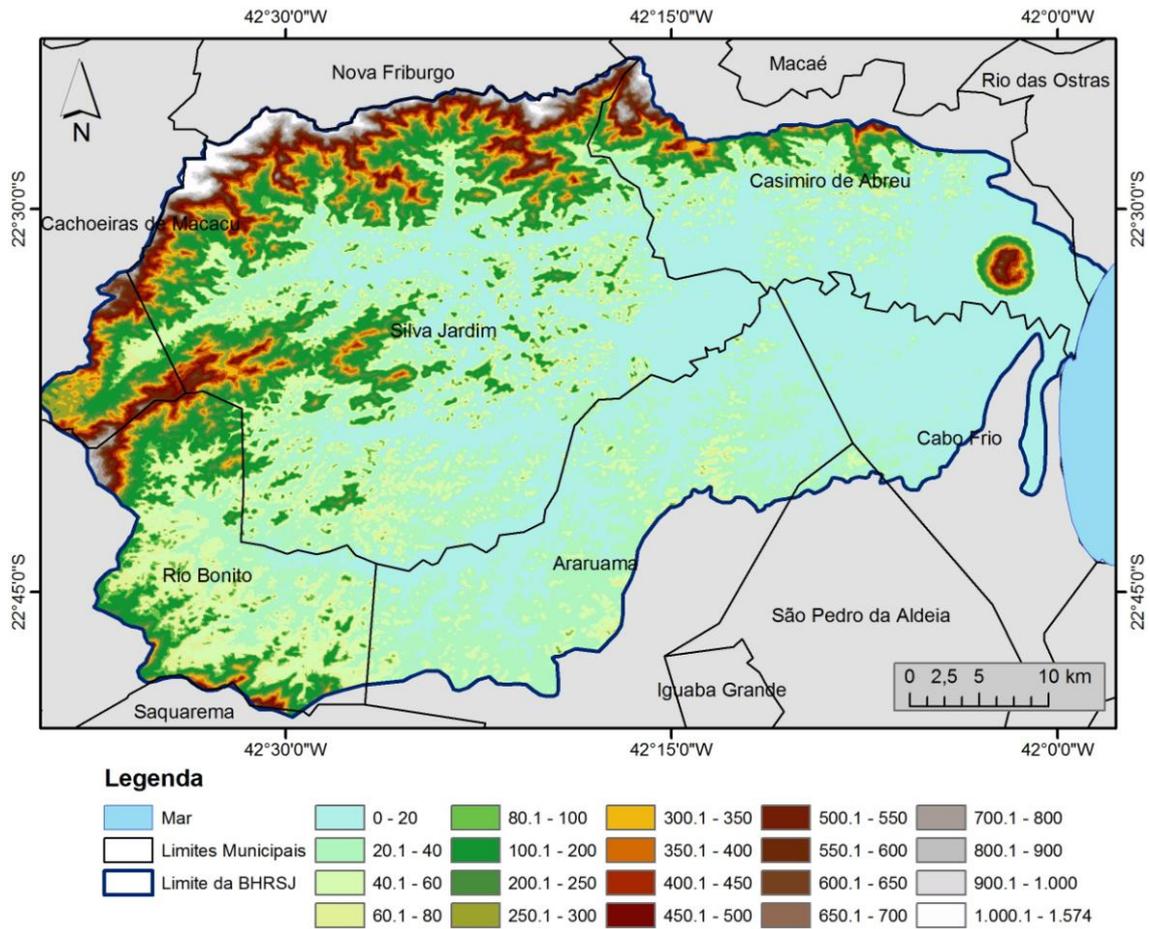


Figura 4.5. Mapa Hipsométrico. Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas 2000.

Para a Bacia do Rio São João utilizou-se duas cenas dos modelos ASTER (S23W43 e S23W42) para representação de toda a área de interesse (fig.4.4). Estas cenas foram então unidas em um único mosaico e posteriormente recortadas para a área da bacia. A partir da construção do MDE ASTER foi possível elaborar o mapa hipsométrico (fig. 4.5), de declividade do relevo, de amplitude do relevo, forma do terreno, além de possibilitar a construção de imagens sombreadas e de radiação solar. A leitura do mapa hipsométrico confirma a BHRSJ como uma bacia que possui grandes planícies fluviais, delimitadas ao norte, noroeste e sudoeste por grandes serras e maciços, e ao sul e sudeste por colinas de menor altitude.

4.1.1 - Cálculo de Declividade da BHRSJ

Declividade é a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos. Portanto, pode-se afirmar que a declividade é o grau de inclinação de um terreno em relação à linha do horizonte, podendo ser expressa também em percentagem, medida pela tangente do ângulo de inclinação multiplicada por 100. Este tema permite inferir sobre as formas da paisagem, erosão, potencialidades de uso agrícola, restrições para a ocupação, manejos e práticas conservacionistas e ainda contribuir na delimitação de áreas de proteção permanente (APP).

As áreas que apresentam altos valores de declividade criam sérias dificuldades ao estabelecimento de diversas atividades humanas, reduzindo com isso as pressões antrópicas existentes sobre os ecossistemas ali presentes, tornando mais altos os valores de favorabilidade à recuperação ambiental nestas áreas. Já nas áreas planas, ou seja, com baixos valores de declividade, as facilidades de acesso e de estabelecimento de atividades antrópicas aumentam as pressões sobre os fragmentos existentes, reduzindo assim as chances de recuperação. No entanto, nas áreas com altos valores de declividade, os processos erosivos são mais significativos e acarretam em dificuldades para o acúmulo de água e nutrientes, criando desta forma, do ponto de vista natural, uma situação desfavorável à recuperação de áreas degradadas.

No mapa de declividade da bacia (fig.4.6), podemos observar mais uma vez a presença das planícies fluviais (declividade 0-5%), com grande destaque para as planícies dos rios São João, Capivari e Bacaxá. Podemos também observar as baixas declividades (0-5%) das planícies costeiras, localizadas na foz do Rio São João. Além disso, cabe destacar as diferenças de declividade encontradas nas porções norte e noroeste (Serra do Mar), na porção Sudoeste (Maciços Costeiros) e na porção Sul e Sudeste (Relevo de Colinas). Na Região da Serra do Mar observamos um predomínio

de um relevo com declividades maiores que 15%, sendo que nas áreas mais próximas ao divisor esta declividade predominante sobe para acima de 45%. Na área dos maciços costeiros, observamos um predomínio de áreas com declividades entre 5-15%, sendo que este predomínio muda para declividades entre 15-45%, e até maiores que 45%, na medida em que nos aproximamos dos divisores. Já na área colinosa, percebemos que a declividade predominante não ultrapassa os valores de 15%, nem mesmo em seus divisores.

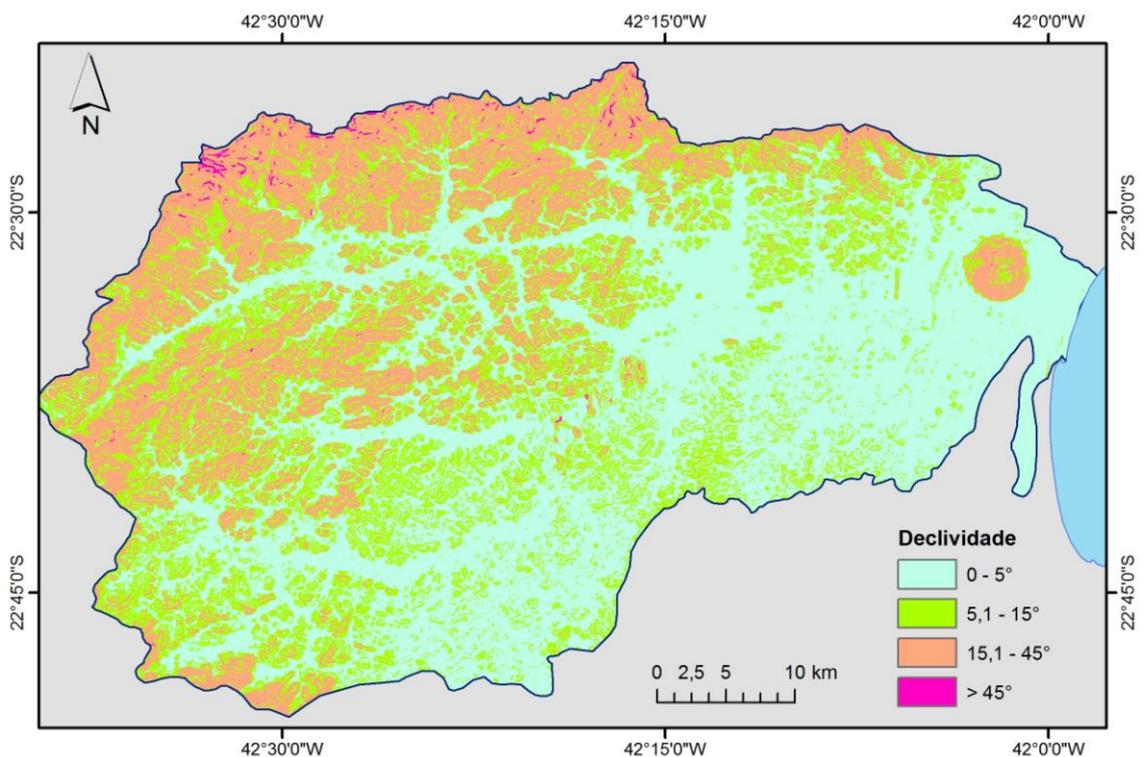


Figura 4.6. Mapa de Declividade na BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas 2000.

4.1.2 - Delimitação das Bacias de Drenagem de 3º Ordem

Foram delimitadas as bacias de drenagem de terceira ordem, e as bacias de drenagem dos rios de menor ordem que são afluentes dos rios principais (fig.4.7). A delimitação destas bacias foi efetuada de forma semiautomática (função *watershed delineation* e edição vetorial) e os dados utilizados para esta delimitação foram a hidrografia do IBGE (1:100.000) e o MDE ASTER. O objetivo de se limitar estas áreas era o de encontrar os níveis de base locais, para posterior mapeamento das amplitudes locais. Ao todo foram delimitadas 117 bacias, sendo que 35 localizadas no Alto São João (acima da represa de Juturnaíba), 28 no baixo São João (abaixo da represa de Juturnaíba), 19 bacias de rios afluentes do Rio Capivari, e 35 bacias de rios afluentes do rio Bacaxá. No banco de dados as bacias herdaram o nome de seus principais rios, e ainda carregaram informações referentes à sua bacia principal (alto São João, baixo São João, Capivari e Bacaxá).

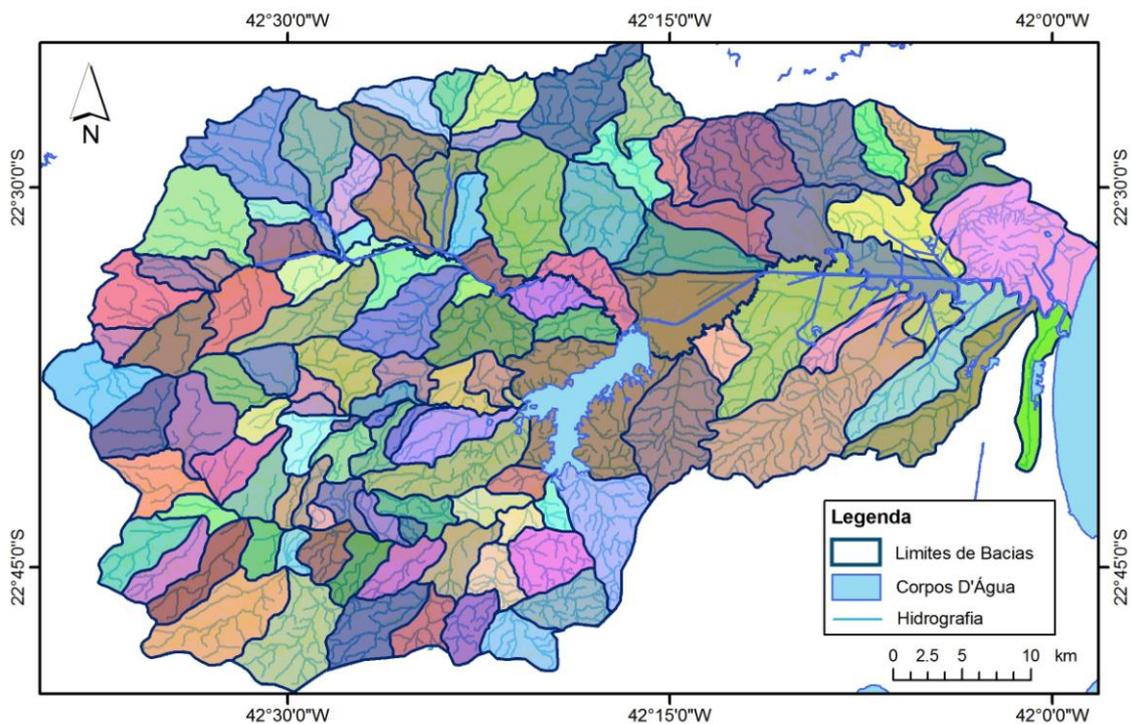


Figura 4.7. Limites de Bacias na BHR SJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas

4.1.3 - Cálculo de Amplitude do Relevo da BHRSJ

Como mencionado anteriormente, com o auxílio do MDE Aster e de dados topográficos do IBGE (1:50.000), foram traçadas as bacias hidrográficas contribuintes do Rio São João, considerando preferencialmente os limites das bacias de terceira ordem e, em seguida, dos rios contribuintes para os rios principais. Para cada uma destas bacias foram calculados os respectivos níveis de base, que foram então definidos a partir da confluência de rios de 3º ordem, ou da cota altimétrica da foz dos rios de menor ordem. Com estes limites hidrográficos e com os valores de altitude absoluta, tornou-se possível o cálculo do nível de base para cada sub-bacia e posteriormente o cálculo da amplitude do relevo em cada ponto (fig.4.8).

Devemos ressaltar que a amplitude do relevo refere-se à diferença entre a altitude de um ponto e a altitude do nível de base local. A amplitude relativa de um relevo é dada pelas alturas ou cotas relativas, que não devem ser confundidas com a altitude absoluta, que é tomada em relação ao nível do mar ou superfície de referência (GUERRA & GUERRA, 1997).

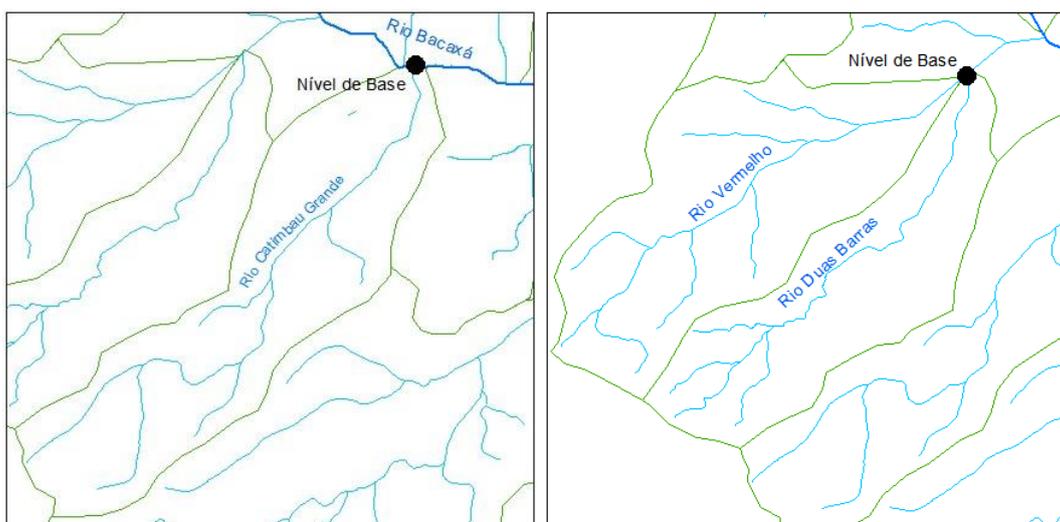


Figura 4.8. Definição dos Níveis de Base

Os maiores valores de amplitude de relevo (superior a 1000m) representam menos que 1% da área total da bacia e foram encontrados em sua porção noroeste (Serra do Mar), em áreas próximas às cabeceiras do rio Pirineus, localizando-se, portanto, nos limites dos municípios de Silva Jardim, Cachoeira de Macacú e Nova Friburgo. Nesta área temos o Pico do Faraó, que é o ponto culminante da bacia com 1.719m de altitude. Como podemos observar no mapa, existe o predomínio de áreas com amplitudes inferiores a 40m, seguido da presença de amplitudes intermediárias, onde os valores encontram-se entre 300 e 1000m (fig. 4.9).

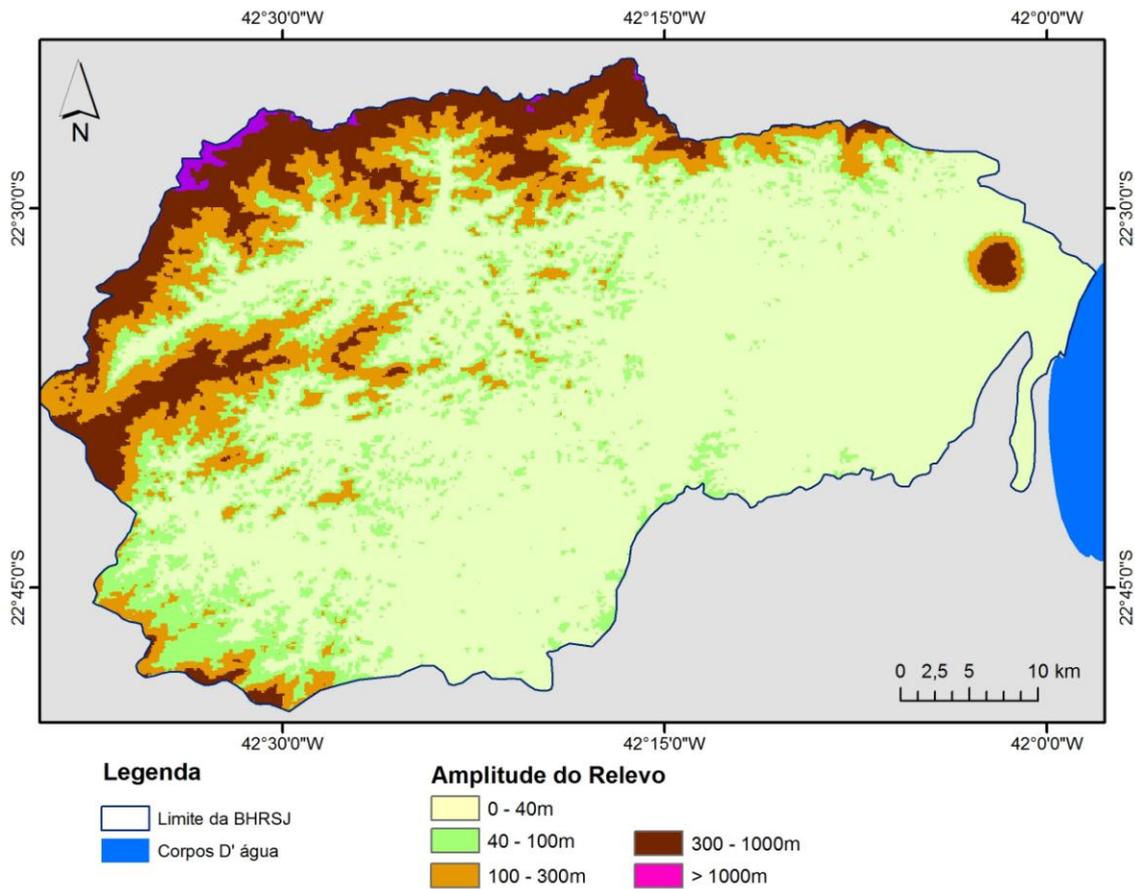


Figura 4.9. Mapa de Amplitude do Relevo na BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equirretângular.

Datum: Sirgas 2000.

4.1.4 - Mapa de Domínios Geomorfológicos da BHRSJ

Os procedimentos adotados para a identificação dos domínios geomorfológicos na BHRSJ foram construídos a partir de adaptações da metodologia empregada pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), que em 1981 desenvolveu o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (tab. 1). Esta metodologia obteve resultados bem satisfatórios para o entendimento do relevo no Estado e São Paulo, fazendo com que Florenzano (2008), Pires Neto (1992), Florenzano & Csordas (1993), desenvolvessem mapeamentos geomorfológicos em diferentes regiões do estado de São Paulo aplicando adaptações desta mesma metodologia. Os principais critérios adotados nestes trabalhos são o de declividade dominante das vertentes e amplitude do relevo.

Tabela 4.1: Classes de Sistemas de Relevo para o Estado de São Paulo

Sistemas de Relevo	Declividade	Amplitude do Relevo
Relevo Colinoso	0% a 15%	< 100m
Morros com Vertentes Suavizadas	0% a 15%	De 100m a 300m
Morrotos	> 15%	< 100m
Morros	> 15%	De 100m a 300m
Montanhoso e/ou Escarpado	> 15%	> 300m

Fonte: IPT (1981)

Para o mapeamento de sistemas de relevo para a BHRSJ foram feitas pequenas adaptações na metodologia aplicada pelo IPT (1981) no estado de São Paulo. Para a bacia em estudo, foi desconsiderada a classe de *Morros com Vertentes Suavizadas*, já que esta classe foi registrada em apenas 0,7% da área mapeada, e ainda assim de forma muito dispersa. Além disso, foi criada a classe de *Relevo Plano ou Suavemente Colinoso*, que são as áreas onde o valor de declividade não

ultrapassa o percentual de 5% e a amplitude do relevo é sempre inferior a 40m. A classe de *Relevo Colinoso* passou a ser as áreas onde a declividade das encostas está entre 5% e 15% e a amplitude do relevo sempre está abaixo de 40m (tab. 2).

Tabela 4.2: Classes de Sistemas de Relevo para a BHRSJ

Sistemas de Relevo	Declividade	Amplitude do Relevo
Relevo Plano ou Suavemente Colinoso	0% a 5%	< 40m
Colinoso	5% a 15%	< 40m
Morrotes	> 15%	De 40 a 100m
Morros	> 15%	De 100m a 300m
Montanhoso	> 15%	> 300m

Fonte: Adaptado do IPT (1981)

O produto gerado a partir do cruzamento dos mapas temáticos de amplitude do relevo e declividade das encostas, fatiados pelas classes descritas acima (tabela 2), deu origem ao mapa de Domínios Geomorfológicos da BHRSJ. Foram aplicados processos de generalização, como filtro de moda (5x5) e eliminação de áreas inferiores a 2 hectares, para supressão de ruídos surgidos após a combinação dos temas envolvidos. Por fim, todo o mapa passou por processo de edição manual com o auxílio de uma imagem Spot 5 do ano de 2005, com resolução espacial de 2,5 x 2,5 m, cedida pelo laboratório de Geografia Física (LAGEF) do Departamento de Geografia da UFF (fig. 4.10).

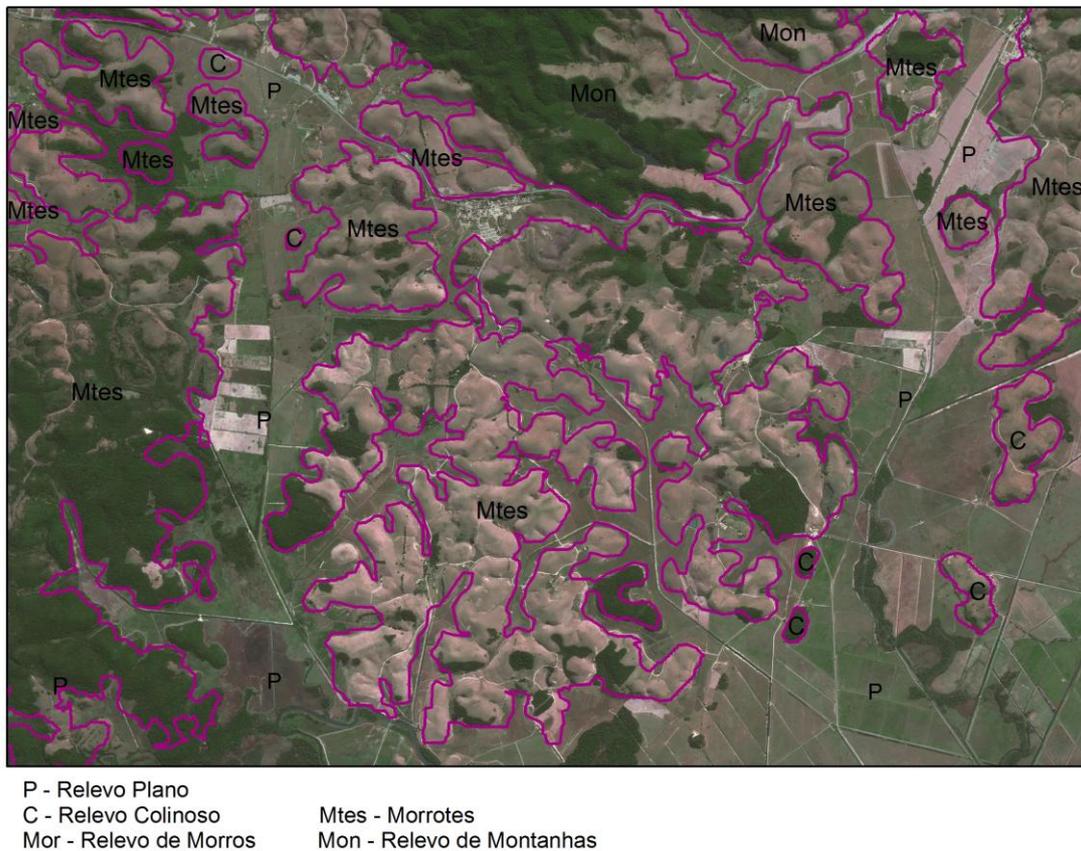


Figura 4.10. Edição do Mapa de Sistemas de Relevo para a BHRSJ

Após a edição final, o Mapa de Sistemas de Relevo mostrou-se bem compatível com a realidade da BHRSJ (fig.4.11). O resultado final aponta que o Relevo Plano ou Suavemente Colinoso predomina na Bacia do Rio São João, correspondendo a 31,14% da área total. Em seguida temos o relevo Montanhoso, que é o segundo de maior presença na bacia (30,46%), sendo representado principalmente: pelo Morro de São João, localizado próximo a foz do Rio São João; pelos Maciços da Serra do Mar, presentes na Porção Norte e Noroeste da Bacia e; por Maciços Costeiros, localizados na porção Sudoeste da BHRSJ.

Quadro 4.1: Percentual de área para cada classe de Relevo na BHRSJ.

Classe de Relevo	% de Área
Corpos d'água	1,68
Relevo Plano ou Suavemente Colinoso	31,14
Relevo Colinoso	20,03
Relevo de Morrotes	8,96
Relevo de Morros	7,73
Relevo Montanhoso	30,46

O relevo colinoso está presente principalmente na porção sul e sudeste da BHRSJ, correspondendo a 20,03% de toda a área mapeada. Os morrotes representam 8,96% de toda a área, seguidos dos morros, que contabilizam e 7,73% da bacia. Os corpos d'água, representados principalmente pela Represa de Juturnaíba, cobrem 1,68% da área total mapeada.

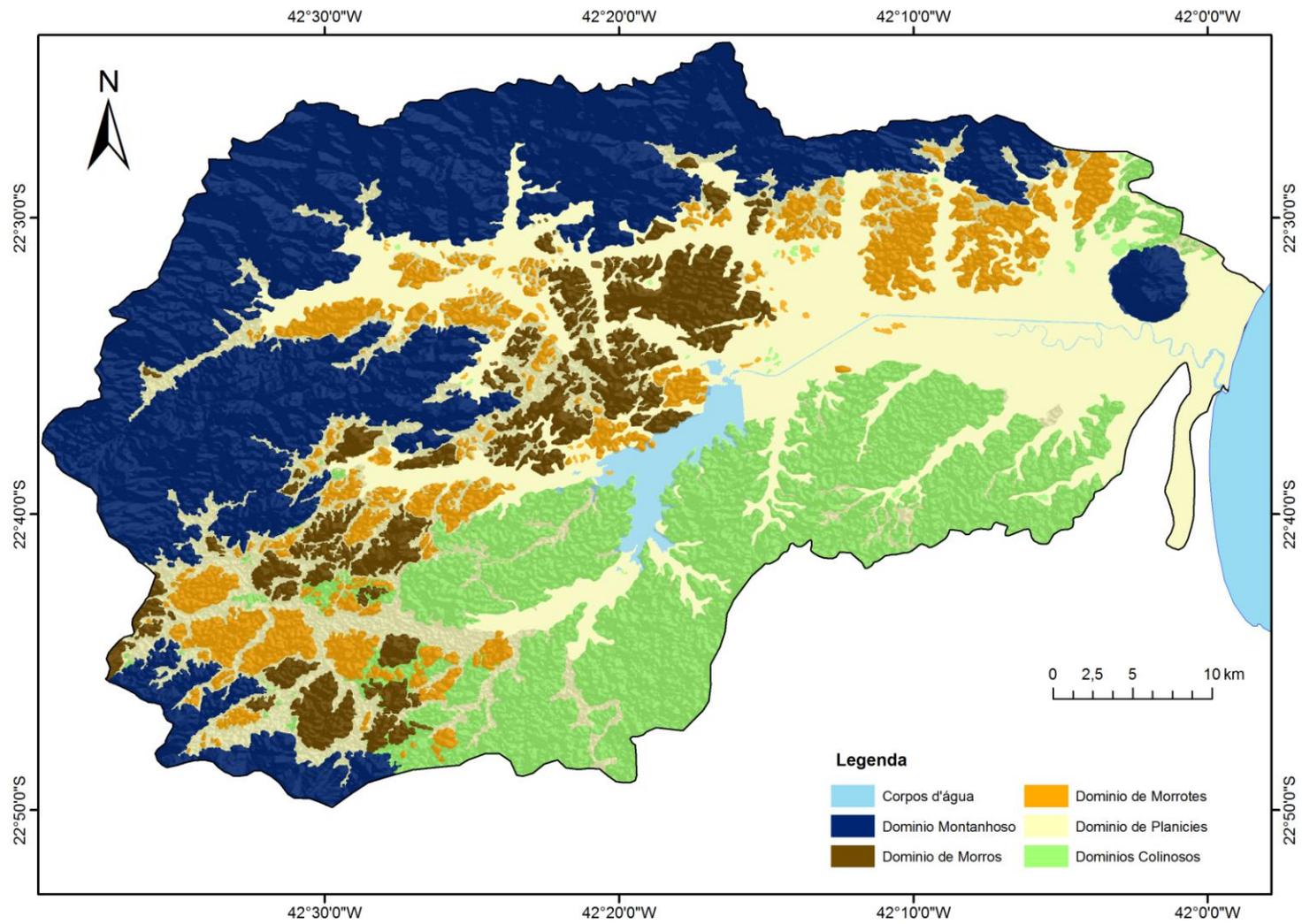


Figura 4.11. Domínios Geomorfológicos da BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

A avaliação do mapa geomorfológico a partir dos trabalhos de campo realizados na BHRSJ comprovou que a metodologia elaborada pelo IPT (1981) alcança ótimos resultados para representação do relevo, desde que seja adaptada para atender às particularidades de cada área. A construção de perfis topográficos a partir do MDE ASTER (fig. 4.12) serviu para ajustar os resultados preliminares encontrados. As edições necessárias, efetuadas com o auxílio da imagem SPOT 5, serviram para refinar o contorno dos polígonos e para definir os contornos de algumas feições (ex: linha de costa).

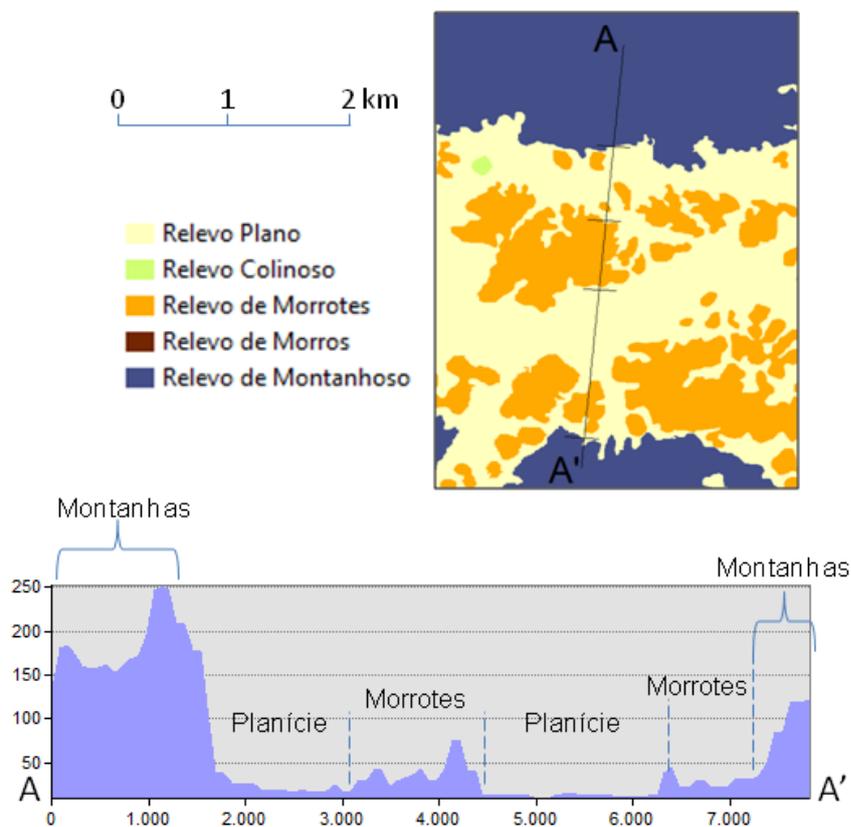


Figura 4.12. Perfil Topográfico na BHRSJ.

4.2 - Mapeamento das Variáveis Climáticas

Os estudos dos aspectos climáticos podem justificar a distribuição dos diferentes usos e atividades humanas dentro de uma determinada região, além de, em longo prazo, explicar a formação de determinados tipos de relevo, solos, recursos hídricos, etc. O uso das variáveis climáticas é imprescindível para inferirmos o grau de umedecimento, ou de aridez, de diferentes áreas, além de serem fundamentais para explicar a atual distribuição das espécies vegetacionais no planeta. Aspectos como a direção preferencial dos ventos, umedecimento, temperatura mínima do mês mais frio, temperatura máxima do mês mais quente, dentre outras variáveis climáticas, são consideradas importantes para a caracterização da paisagem e tomadas de decisão para a recuperação de áreas degradadas.

Para os estudos aqui propostos foram utilizados dados de clima disponibilizados pelo WorldClim (*Global Climate Data*), que é um portal que fornece dados climatológicos de todo o mundo, a partir de grades regulares de valores (grids) com resolução de 30 arcos de segundo (1km²). Estas grades foram geradas a partir de interpolações de dados climatológicos de estações de diversas instituições espalhadas por todo planeta (fig. 4.12), e correspondem a uma série histórica de 1950-2000 (50 anos). Dentre as variáveis climatológicas disponibilizadas, temos a pluviosidade mensal, temperatura máxima mensal, temperatura mínima mensal e outras 19 variáveis bioclimáticas, que são representativas para diferenciação de climas (ex: temperatura média anual, precipitação anual), para compreensão do comportamento climático, ou sazonalidades, de uma área durante os 12 meses de um ano (ex: série anual de temperatura, série anual de precipitação), ou ainda, a determinação de limites ambientais extremos (ex: temperatura mínima do mês mais frio, temperatura máxima do mês mais quente). Detalhes sobre a elaboração e disponibilização dos dados podem ser consultados no *International Journal of Climatology* (HIJMANS *et. al*, 2005).

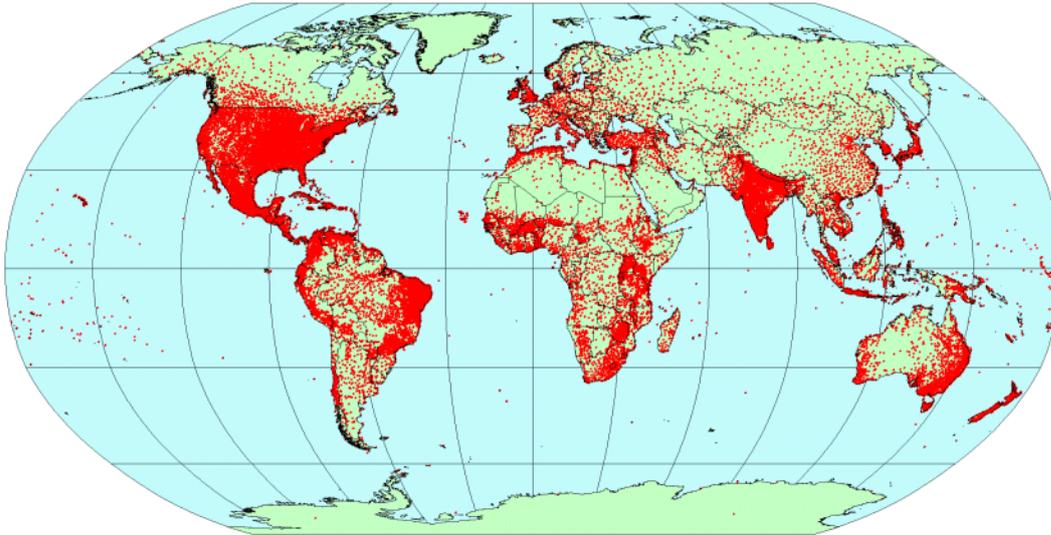


Figura 4.13. Localização das estações climatológicas utilizadas para interpolação de dados de pluviosidade. Fonte: HIJMANS *et. al.* *WorldClim* (2005).

Os dados do Worldclim foram adquiridos e recortados para a área de interesse. Em seguida todos estes dados foram ajustados para a linha de costa e reamostrados para uma resolução de 30 x 30 m, estando todas as informações, portanto, prontas para serem incorporadas ao BDG e analisadas com os demais resultados existentes. Os dados manipulados foram os valores de precipitação média mensal, a média das temperaturas máximas mensais, e a média das temperaturas mínimas mensais.

Os dados de precipitação apontam a existência de diferenças sazonais e espaciais nos regimes pluviométricos na BHRSJ. Em dezembro, que é considerado o mês mais chuvoso da região, os valores pluviométricos chegam a 264 mm nas regiões mais altas da bacia (noroeste) e 135 mm nas baixadas, que possuem os valores mais baixos de pluviosidade da bacia. No mês de julho, onde ocorrem os menores índices de pluviosidade, os valores se concentram entre 25 e 42 mm de pluviosidade.

Já os valores de temperatura máxima e temperatura mínima apresentam uma maior homogeneidade em toda bacia, com variações (menores temperaturas) encontradas também na porção noroeste, influenciadas justamente pela presença da Serra do Mar. As máximas chegam a 32°C em fevereiro, que é o mês mais quente, e alcançam 25,5°C em junho, que é o mês mais frio. Já a temperatura mínima de

fevereiro é de 14°C, na Serra do Mar, e entre 20 e 22°C em todo o resto da bacia. Em junho os valores mínimos ficam entre 15 e 17°C para quase toda a bacia, caindo até os 7°C em regiões da Serra do Mar.

4.2.1- Classificação de Faixas Térmicas e Amplitude Térmica

Os valores de temperatura atmosférica são importantes condicionantes de processos químicos, físicos e biológicos que vão de maneira direta e indireta influenciar na diferenciação da paisagem. Os valores de temperatura, assim como os de aridez, são as variáveis importantes que condicionam a distribuição das espécies vegetais e animais sobre a superfície terrestre, sendo os principais indicadores para a classificação fitoecológica da vegetação brasileira (IBGE, 1991).

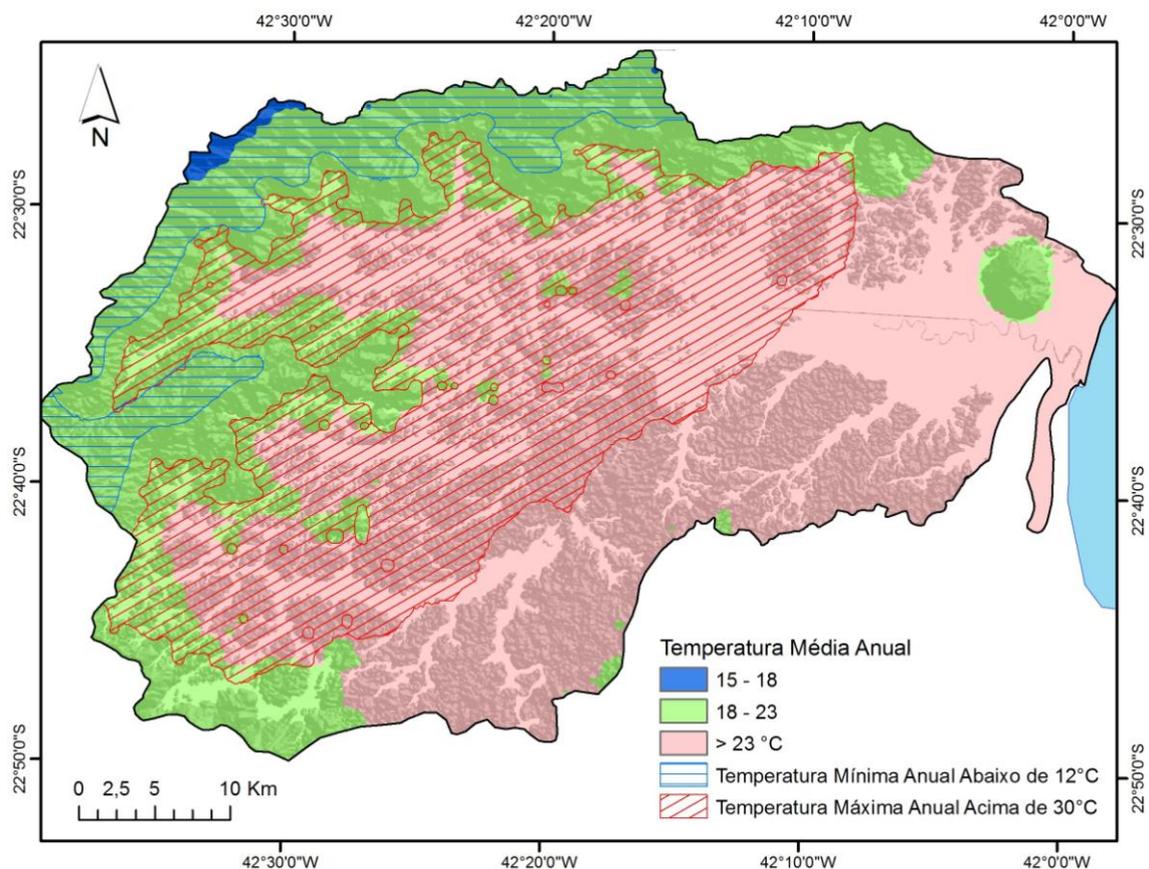


Figura 4.14. Mapa de faixas térmicas da BHR SJ. Projeção Cilíndrica Equirretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

A realização da leitura do mapa de faixas térmicas da BHRSJ (fig. 4.14) confirma a evidente relação existente entre os valores de temperatura e os tipos de relevo presentes na bacia. Os maiores valores de temperatura média anual são encontrados nas áreas planas e rebaixadas da bacia (morros, morrotes e colinas), enquanto os valores mínimos das médias anuais são encontrados nas regiões montanhosas da BHRSJ. No entanto, é importante destacarmos que os valores máximos de temperatura, registrados nos meses de fevereiro (de 30°C - 30,8 °C), são encontrados nas áreas mais rebaixadas do relevo, em faixas mais próximas às escarpas e mais afastadas da linha de costa.

Também foram calculadas as amplitudes térmicas mensais (temperatura máxima mensal - temperatura mínima mensal), a média das amplitudes térmicas mensais (\sum amplitudes térmicas mensais/12) e a amplitude térmica anual (temperatura máxima anual - temperatura mínima anual). Os meses mais frios (junho, julho e agosto) foram os que registraram os maiores valores de amplitude térmica, com valores que chegaram a 12,4 °C no mês de junho. Os meses da primavera e outono mostram-se mais estáveis, com valores baixos de amplitude térmica (mínimo de 4,9°C).

As amplitudes térmicas anuais registraram valores de até 17,8°C com mínimo de 11,6°C. Os maiores valores foram encontrados na escarpa da Serra do Mar e na vertente norte dos patamares residuais, e os valores mais baixos foram registrados nos domínios colinosos da porção sul da BHRSJ (fig. 4.14). As classes do mapeamento de amplitude térmica na BHRSJ foram organizadas na seguinte estrutura:

1 - Amplitude Térmica Anual :

A) Baixa Amplitude Térmica Anual: amplitudes anuais entre 11,6°C e 13,5°C.

B) Moderada Amplitude Térmica Anual: amplitudes anuais entre 13,51°C e 15,5°C.

C) Elevada Amplitude Térmica Anual: amplitudes anuais entre 15,51°C e 17,8°C.

2 - Amplitudes Térmicas Mensais:

I) Faixa de amplitudes térmicas mensais elevadas: predomínio de meses em que a amplitude térmica mensal ultrapassa 7,4°C, com ocorrência de 2 ou mais meses com registro de amplitudes superiores a 9,9°C.

II) Faixa de amplitudes térmicas mensais moderadas: predomínio de meses em que a amplitude térmica mensal ultrapassa 7,4°C, sem ocorrência de mais de 1 mês de amplitude superior a 9,9°C.

III) Faixa de baixas amplitudes térmicas mensais: predomínio de meses em que a amplitude térmica mensal ultrapassa 7,4°C, sem ocorrência de meses de amplitude superior a 9,9°C.

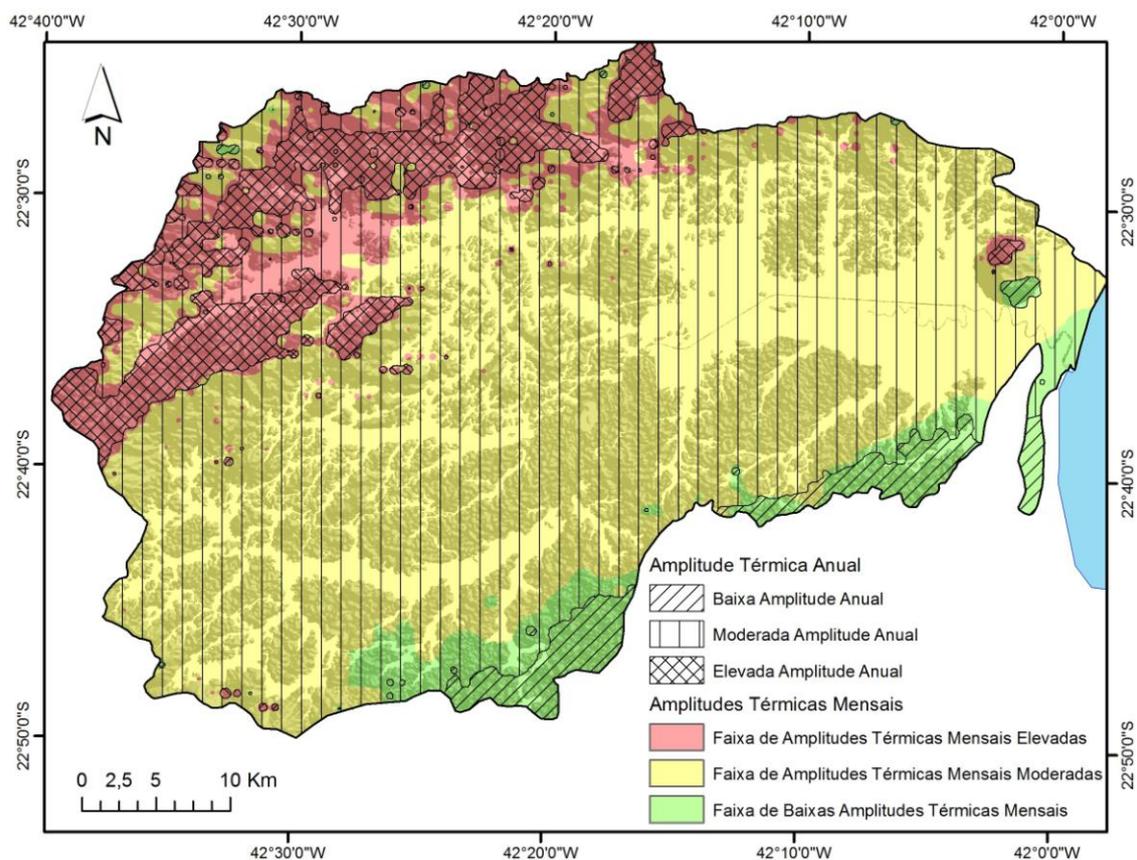


Figura 4.15. Amplitude Térmica na BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equirretangular. Datum: Sirgas

2000.

4.2.2 - Teor de Umidade

O índice de Teor de Umidade baseou-se no índice xerotérmico de Gaussen, que possibilita a construção do gráfico da curva ombrotérmica. Nestes cálculos, Henri Gaussen propôs a relação de 2 milímetros de chuva para cada centígrado de temperatura na definição de um mês seco. Ou seja, quando um total pluviométrico mensal for igual ou inferior ao dobro da temperatura média do mesmo mês, temos um mês seco (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

$$\text{Precipitação} < 2 \times \text{Temperatura Média} = \text{Mês Seco}$$

Para este trabalho foram realizadas adaptações no índice xerotérmico de Gaussen, pois foram criadas duas novas classes para a classificação do Teor de Umidade, sendo a legenda composta da seguinte forma:

- Pouco Úmido – 3 meses secos e nenhum mês hiperúmido.
- Úmido - 2 meses secos, até 1 mês hiperúmido e predomínio de meses úmidos.
- Muito Úmido – Até 1 mês seco, até 3 meses hiperúmidos e predomínio de meses muito úmidos.
- Hiperúmido – Mais de 4 meses hiperúmidos.

Para atender a legenda de classificação de Teor de Umidade na BHRSJ foram elaborados mapas para cada um dos meses do ano. As áreas classificadas como secas, num dado mês, eram aquelas em que os valores de precipitação total mensal foram inferiores ao dobro da temperatura média mensal (C°). As áreas consideradas úmidas foram aquelas em que a precipitação medial mensal foi duas vezes maior que

o dobro da temperatura média mensal, e as áreas muito úmidas e hiperúmidas foram onde a precipitação média mensal ficou quatro, e oito vezes, respectivamente, maior que o dobro da temperatura média mensal (quadro 4.2).

Quadro 4.2: Classes de Teor de Umidade

Precipitação < 2 x Temperatura Média	Seco
Precipitação > 2 x Temperatura Média	Úmido
Precipitação > 4 x Temperatura Média	Muito Úmido
Precipitação > 8 x Temperatura Média	Hiperúmido

A partir do mapa de Teor de Umidade (fig. 4.16) podemos observar que a ocorrência das áreas mais úmidas encontra-se na porção Norte-Noroeste da BHRSJ, justamente nas áreas próximas ao divisor da bacia, no complexo de montanhas da Serra do Mar. Nestes locais, a precipitação ultrapassa os valores de 1.400 mm anuais. Nos divisores da porção Sudoeste da bacia, há o predomínio de áreas muito úmidas, seguidas de áreas úmidas. Nas áreas muito úmidas, os valores pluviométricos também podem ultrapassar os 1400 mm, já nas áreas úmidas, estes níveis não chegam aos 1300 mm. Com exceção do Morro de São João, todas as áreas localizadas na porção central e leste da bacia foram classificadas como clima pouco úmido, onde os valores pluviométricos são inferiores a 1200 mm.

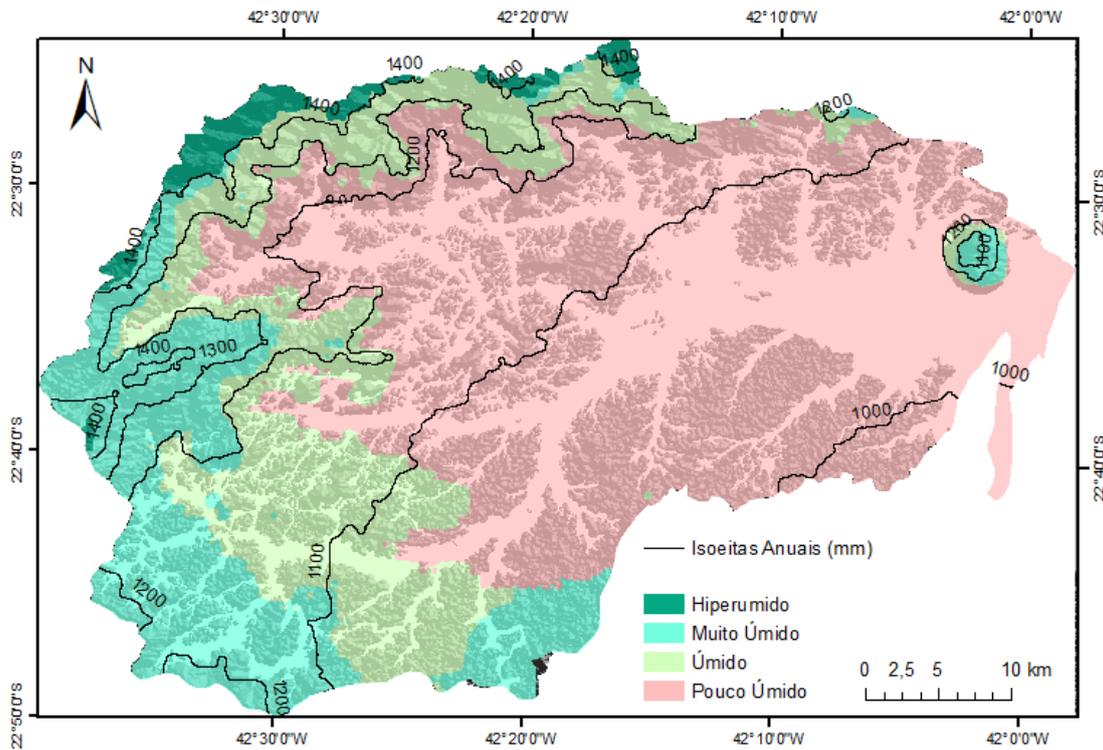


Figura 4.16. Mapa de Teor de Umidade. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

4.3 – Geologia e Solos

A construção do mapa geológico partiu da vetorização das folhas geológicas disponibilizadas pela DRM-RJ (fig. 4.17), e de processos de edição necessários para adequação da litologia do terreno às bases e temas já existentes no BDG. A escala de levantamento dos dados originais é de 1:50.000, no entanto, os dados vetoriais adquiridos respeitavam a escala de representação de 1:400.000. Por isso os arquivos foram submetidos a correções topológicas para a retirada de (ruídos) e suavização de contornos. As principais alterações, em relação à geometria dos temas correspondem, à atualização da linha de costa, dos limites dos corpos d'água (principalmente da represa de Juturnaíba) e dos limites dos depósitos sedimentares, que foram ajustados com auxílio da imagem SPOT 5 e do MDE Aster.

Elaborou-se o mapa pedológico a partir da vetorização dos dados do Estudo de Solos do Estado do Rio de Janeiro (fig. 4.18), vinculado ao Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Geologia do Estado do Rio de Janeiro (CPRM, 2001). O mapa original contém os critérios utilizados para distinção e classificação dos solos e descrições das principais características das classes dominantes no estado, com referências aos ambientes em que ocorrem de forma mais expressiva. O mapeamento original fez uso de observações de campo, fotografias aéreas 1:60.000, imagens orbitais e uma base planialtimétrica na escala de 1:50.000. Produziu-se assim um mapa de solos em escala de 1:250.000, apresentado no Estudo de Solos do Estado do Rio de Janeiro em escala de 1:500.000.

O processo de vetorização foi executado com auxílio de Imagens SPOT e do MDE Aster, já mencionados acima. Os mesmos ajustes topológicos e generalizações executadas sobre o mapa geológico foram empregados sobre os dados pedológicos. O banco de dados contém ainda informações que descrevem cada tipo de solo presente na área mapeada.

Os levantamentos geológicos que envolvem o levantamento das unidades geológicas, a estrutura geológica, a litologia e evolução são importantes para análise dos tipos e da dinâmica superficial dos terrenos. Estas informações permitem interpretações do relevo, dos solos, dos processos erosivos e de evolução das rochas e minerais. As variáveis geológicas são importantes para a análise do potencial de recuperação e favorabilidade à recuperação ambiental por responderem também pela permeabilidade dos terrenos, sobre o tipo de vegetação presente na área e a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea.

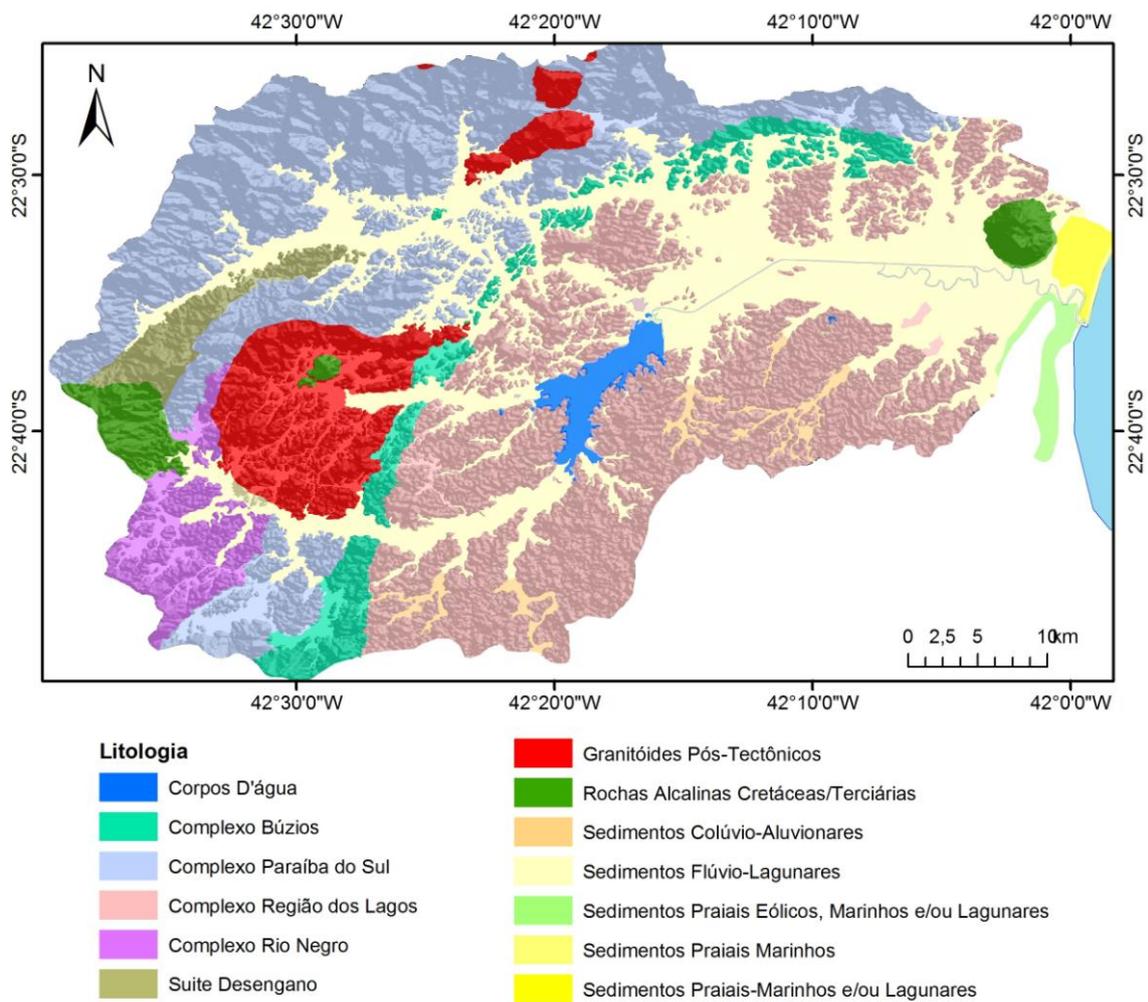


Figura 4.17. Mapa Geológico da BHR SJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

Já o solo serve como suporte para os ecossistemas e atividades humanas e, portanto, é indispensável para os estudos de natureza ambiental. O solo pode ser analisado a luz de suas potencialidades ou fragilidades, como recurso produtivo, como suporte para construções ou como um vetor de impactos. Na interpretação dos solos são utilizadas suas características físicas, químicas e os processos relacionados à sua pedogênese (formação). Identificar os solos de uma determinada área contribui também para a compreensão das interações naturais existentes nesta área, uma vez que os processos pedogenéticos são resultantes das interações que envolvem o

clima, a geologia, o relevo, os aspectos bióticos e o tempo em que ocorre sua formação.

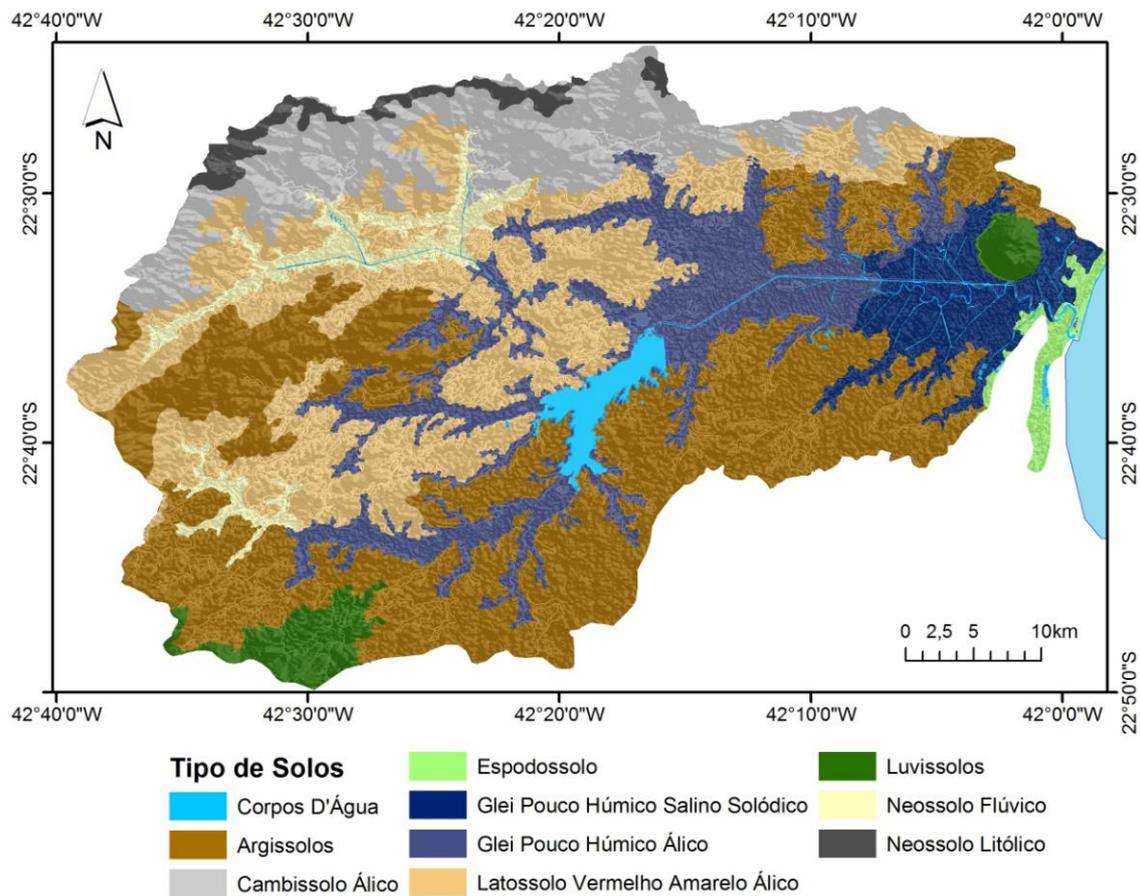


Figura 4.18. Mapa de Solos da BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

Os levantamentos dos aspectos químicos, físicos e biológicos dos solos de uma determinada área são imprescindíveis para a avaliação da favorabilidade à recuperação, já que será preciso avaliar a capacidade dos solos no fornecimento de nutrientes e água para os vegetais. Além disso, torna-se necessário ainda diagnosticar possíveis problemas relacionados à toxidez de alguns elementos, como excesso de sais ou hidromorfismo.

A interpretação dos mapas mostra que a geologia da BHRSJ é bastante diversificada, caracterizada principalmente pelo predomínio de rochas cristalinas nas escarpas e áreas rebaixadas, e coberturas sedimentares nos vales e nas planícies. Vale ainda destacar a presença de algumas intrusões alcalinas, com destaque para o Morro de São João e o Maciço Intrusivo Alcalino de Rio Bonito (Serra do Sambê). Em relação aos solos, podemos perceber que nas escarpas da Serra do Mar, predominam os cambissolos e os neossolos litólicos, caracterizados por pacotes pouco profundos e pouco intemperizados. As áreas de relevo rebaixado são preenchidas por latossolos ou argissolos, enquanto as áreas de planície são caracterizadas pelo predomínio de neossolos flúvicos, quando bem drenadas, ou gleissolos, quando mal drenadas. Outros solos encontrados na bacia são os luvisolos (morro de São João e maciços costeiros) e espodosolos (planície costeira).

4.4 – Hidrografia

As principais nascentes do rio São João localizam-se na serra do Sambê, no município de Cachoeira de Macacú, a uma altitude de cerca de 800 metros. As águas de suas nascentes percorrem aproximadamente 120 km até desaguardarem no oceano, na divisa dos distritos de Barra de São João (Casimiro de Abreu) e Tamoios (Cabo Frio). O rio São João tem como principais afluentes, pela margem direita, os rios Gavião, do Ouro, Bacaxá, Capivari e Morto; os córregos Salto d'água e Cambucás, a vala do Consórcio e o rio Gargoá e, pela margem esquerda, os rios Águas Claras, Pirineus, Taquaruçu, da Bananeira, Maratuã, Aldeia Velha, da Lontra, Dourado e a vala dos Medeiros (CILSJ, 2007).

Os vales e fundos de vales da BHRSJ são preenchidos por sedimentos de origem fluvial e flúvio-lagunar. Segundo Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - Geologia do Estado do Rio de Janeiro (CPRM, 2001), estes vales

são delimitados pelas colinas baixas da superfície aplainada da Região dos Lagos, por colinas isoladas, ou as vertentes íngremes situadas no sopé das escarpas serranas. A planície costeira foi originada a partir do empilhamento de uma seqüência de cristas de cordões arenosos, a partir do último máximo transgressivo no embaçamento compreendido entre o cabo de Búzios e o promotório de Rio das Ostras. A sedimentação marinha isolou, à sua retaguarda, corpos lagunares, que ocuparam os fundos dos vales dos rios. Posteriormente, essas lagunas foram ressecadas e parcialmente recobertas por sedimentos aluviais até os dias atuais, caracterizando as planícies fluviolagunares do baixo curso do rio São João. Ressalta-se ainda a presença de expressivas planícies fluviais representadas principalmente pelo alto curso do rio São João e pelos rios Bacaxá e Capivari.

Através dos vetores de hidrografia disponibilizados pela IBGE (1:50.000) e do uso de ferramentas de análise do *software ArcGis 9.3* foram calculadas as distâncias em que cada área da bacia se encontra em relação aos corpos hídricos superficiais (fig. 4.19). Sendo assim, pudemos determinar as áreas que se encontram próximas ou distantes de rios, canais, lagoas, represas e até da linha de costa. Em áreas planas, as áreas distantes de corpos hídricos são geralmente áreas mal drenadas, de solos alagados, com níveis altos de hidromorfismo. Já nas áreas de relevo mais movimentado, as áreas distantes de corpos hídricos podem ser áreas menos úmidas, de grande dispersão de fluxos. Podemos afirmar, portanto, que o Potencial de Recuperação da paisagem relaciona-se com a proximidade de corpos hídricos, sejam eles superficiais ou subterrâneos. É importante ainda salientar que os aspectos relacionados ao regime hídrico, ou seja, os que explicam a sazonalidade, quantidade e qualidade das águas, relacionam-se com a favorabilidade à recuperação de áreas degradadas.

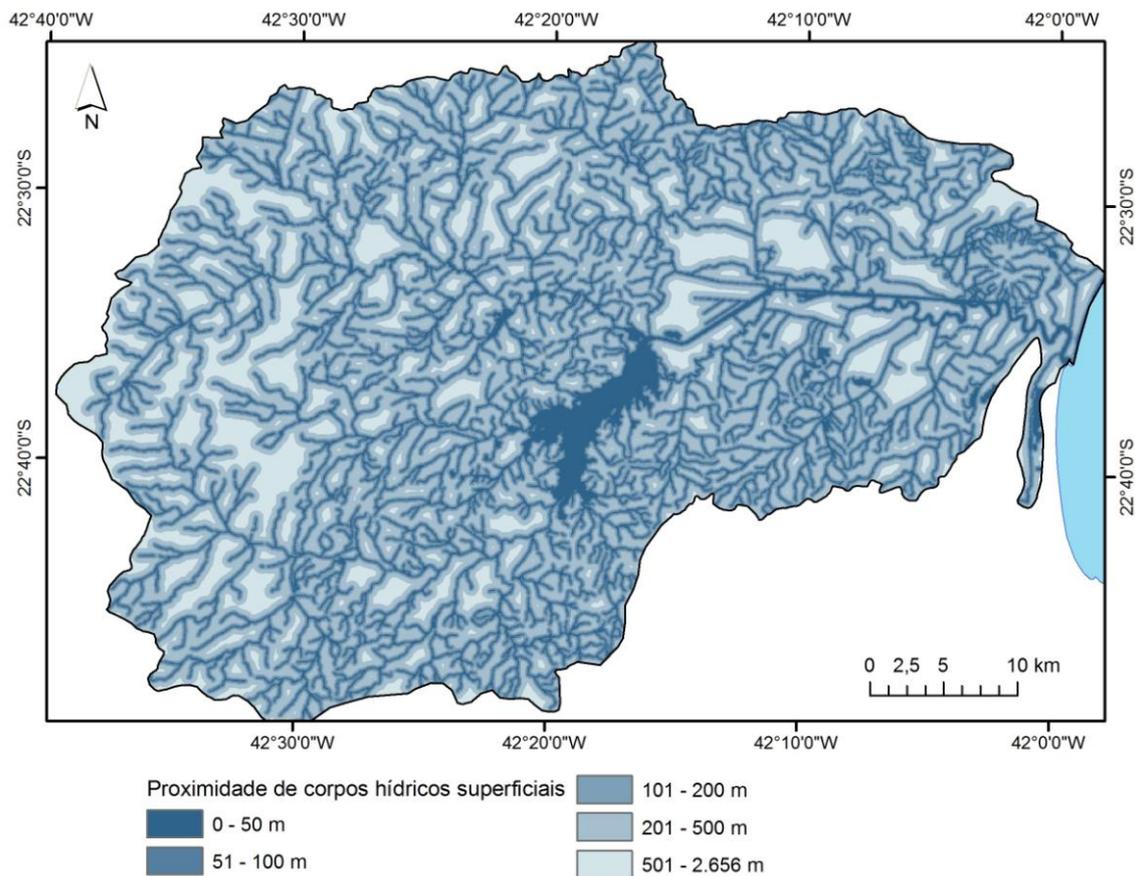


Figura 4.19. Proximidade de Corpos Hídricos Superficiais da BHR SJ. Projeção Cilíndrica Equirretângular. Datum: Sirgas 2000.

4.5 - Análise Vertical da Paisagem através de Quadros de Frequência de Relacionamento

Segundo Rodriguez *et al.* (2007) a estrutura vertical da paisagem é formada pela composição e inter-relações entre diferentes elementos presentes na paisagem, envolvendo a análise das interdependências existentes entre seus componentes e dos fatores condicionantes para a sua evolução. A análise das estruturas da paisagem, segundo o autor, é útil para a avaliação do grau de complexidade das interações existentes, para identificação da diversidade de ambientes e para a compreensão dos processos geocológicos atuantes em um determinado recorte espacial.

Para os estudos aqui propostos, foram considerados o relevo, os solos, a litologia, o clima e o Uso e Cobertura da Terra como os principais componentes da paisagem. Estes aspectos foram então organizados, sobrepostos e quantificados em ambiente SIG, para posteriormente serem analisados. Para a realização destas investigações tornou-se necessário ainda a realização de simplificação da legenda dos mapas, com agrupamento de classes, para viabilizar a representação dos resultados a partir de gráficos a matrizes.

Rodriguez *et al.*(2007) apontam que para determinarmos o caráter das relações entre os componentes da paisagem podemos utilizar como procedimento a construção da matriz de frequência de relações, proposta Richiling (1982). Nesta análise podemos quantificar, em termos relativos (percentuais), a ocorrência de cada um dos elementos da paisagem (ex: 66% da área total da bacia é composta de rochas cristalinas, enquanto 31,5% é composta de coberturas sedimentares e apenas 2,5% é composta de rochas alcalinas), além de podermos quantificar também as interações existentes entre cada um deles (ex: pouco mais de 20% da área total da bacia é composta por áreas florestadas, sobre embasamento cristalino e em relevo de montanhas e morros) (quadro 4.3). Exemplos mais detalhados destas matrizes podem ser observados nos anexos desta Tese.

Quadro 4.3: Percentual de Ocorrência dos Componentes da Paisagem da BHRSJ

Litologia	Coberturas Naturais	Usos Antrópicos	Total
Rochas Cristalinas	28,0%	38,0%	66,0%
Rochas Alcalinas	1,9%	0,6%	2,5%
Coberturas Sedimentares	4,5%	27,0%	31,5%
Total	34,4%	65,6%	100,0%
Clima	Coberturas Naturais	Usos Antrópicos	Total
Hiperúmido	2,4%	0,2%	2,6%
Úmido ou Muito Úmido	17,0%	22,7%	39,7%
Pouco Úmido	15,0%	42,7%	57,7%
Total	34,4%	65,6%	100,0%
Solos	Coberturas Naturais	Usos Antrópicos	Total
Argissolos e Latossolos	18,0%	44,3%	62,3%
Cambissolos e Neossolos Litólicos	11,4%	0,2%	11,6%
Gleissolos	0,5%	14,0%	14,5%
Outros	4,5%	7,1%	11,6%
Total	34,4%	65,6%	100,0%
Relevo	Coberturas Naturais	Usos Antrópicos	Total
Montanhas e Morros	26,0%	13,0%	39,0%
Colinas e Morrotes	4,2%	25,4%	29,6%
Planícies	4,2%	27,2%	31,4%
Total	34,4%	65,6%	100,0%

4.6 - Análise Horizontal da Paisagem

De acordo com Rodriguez *et. al.* (2007) a estrutura horizontal da paisagem é determinada principalmente pela forma e pela organização topológica de seus fragmentos. Devemos lembrar que o objetivo principal do trabalho é a determinação da favorabilidade à recuperação florestal, e desta maneira, as análises horizontais da paisagem serão realizadas apenas nas áreas antrópicas, ou seja, nas áreas candidatas à recuperação. Sendo assim, a estrutura horizontal da paisagem na BHRSJ será analisada a partir de três importantes indicadores: 1 - Dimensão do Fragmento de uso; 2 - Proximidade de Áreas Naturais; 3 - Grau de Transformação Antrópica.

4.6.1 - Análise das Dimensões dos Fragmentos de Uso

São considerados fragmentos de uso todas as áreas da BHRSJ ocupadas pelas classes de: 1- vegetação secundária; 2- pastagens; 3-áreas de agricultura; 4- áreas urbanas. As áreas de uso antrópico foram retiradas do mapa de Uso e Cobertura da Terra, gerado no âmbito deste trabalho, e suas dimensões foram encontradas a partir do cálculo de áreas totais em hectares (ha). Os resultados do mapeamento nos fazem perceber que na maior parte BHRSJ as áreas ocupadas por usos antrópicos comportam-se como matriz, existindo fragmentos destes usos apenas nas porções norte e noroeste da BHRSJ (fig. 4.22).

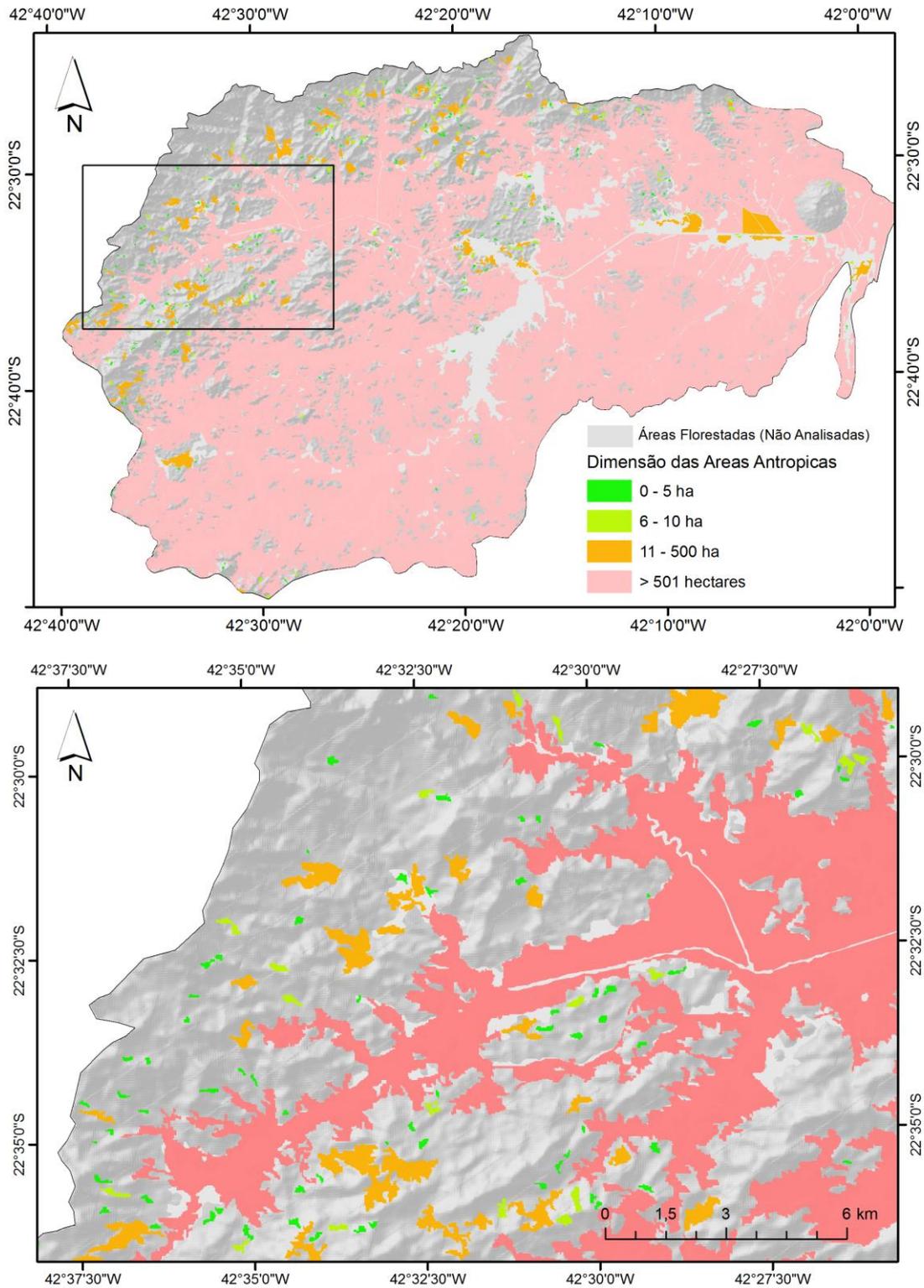


Figura 4.20. Mapa de dimensão dos fragmentos de uso. Projeção Cilíndrica Equirretângular.
Datum: Sirgas 2000.

Foram encontrados 505 fragmentos de áreas com usos antrópicos, sendo que 398 deles possuem área inferior a 5 hectares, e 96 destes fragmentos possuem tamanhos entre 5 e 10 hectares. Os fragmentos maiores estão dispostos em áreas planas, principalmente nas planícies da bacia, e os menores fragmentos são encontrados em áreas de relevo movimentado (montanhas e morros).

Os menores fragmentos são considerados mais favoráveis à recuperação, principalmente por estarem nas bordas de áreas de coberturas naturais, sendo mais susceptíveis à expansão da vegetação do entorno, e menos expostos às pressões antrópicas.

4.6.2 - Proximidade de Fragmentos Florestais

A proximidades de fragmentos florestais configura-se num dos mais importantes fatores para a favorabilidade à recuperação florestal. As áreas próximas aos fragmentos florestais estão, conseqüentemente, mais próximas de fonte de propágulos. Desta forma, podemos afirmar que a possibilidade de dispersão de determinadas espécies aumenta na medida em nos aproximamos de fragmentos florestais.

Os fragmentos florestais (mangues, florestas, restingas e áreas úmidas) utilizados para a análise de proximidade foram extraídos do mapa de Uso e Cobertura da Terra (2010), gerado no âmbito deste trabalho. Para a realização do cálculo de distância, foram ainda mapeados os fragmentos florestais localizados a uma distância de até 2km além dos limites da BHRSJ, para que não fossem cometidos equívocos na determinação da distância na faixa posicionada nas bordas da bacia.

Através do mapa de Distância de Fragmentos Florestais (fig. 4.23) podemos perceber que algumas áreas localizadas nas porções sul e sudeste da BHR SJ apresentam distâncias de fragmentos florestais de até 2,5 km. As melhores condições são encontradas nas áreas localizadas na escarpa da serra do mar e nos patamares residuais, onde, normalmente, as áreas desmatadas não distam mais de 300m de fragmentos florestais.

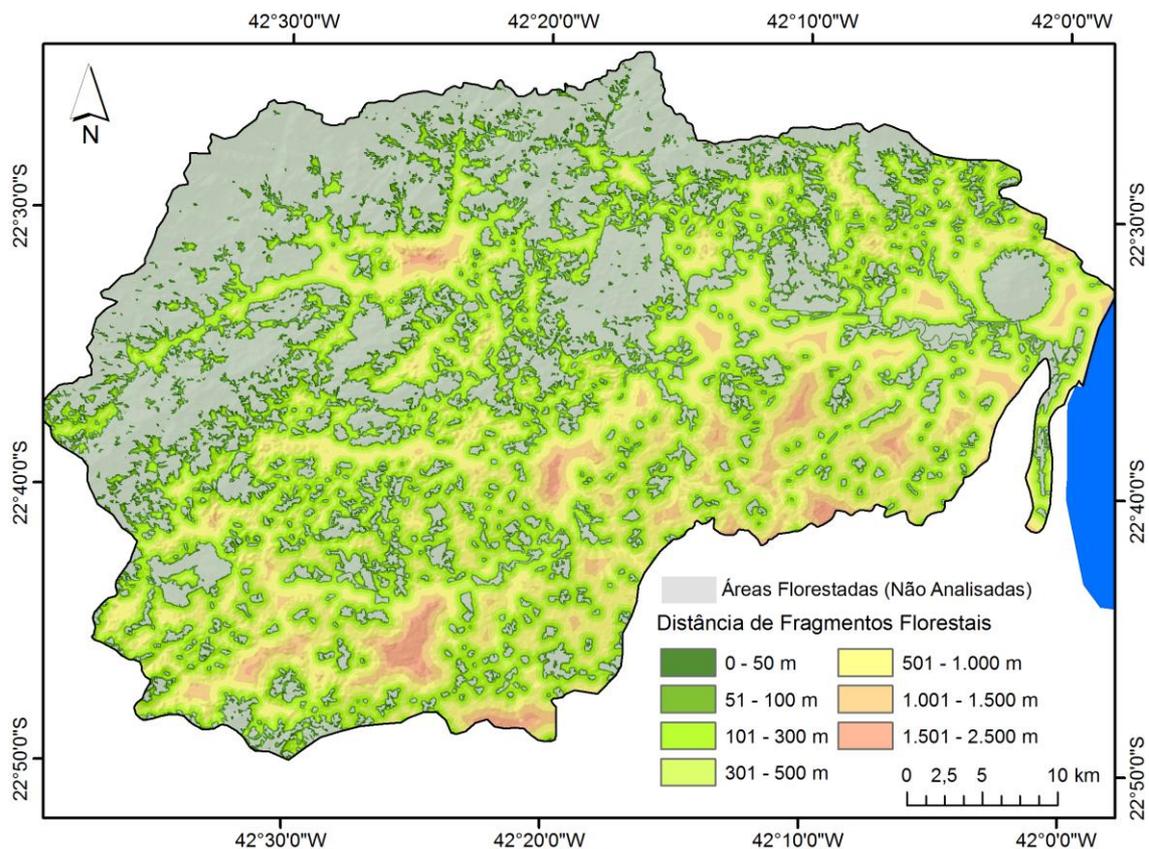


Figura 4.21. Distância de Fragmentos Florestais na BHR SJ. Projeção Cilíndrica Equirretângular. Datum: Sirgas 2000.

4.6.3 - Grau de Transformação Antrópica

As paisagens naturais são constantemente transformadas e modificadas pela ação humana, que provocam modificações na estrutura, no funcionamento, na dinâmica e, inclusive, na trajetória evolutiva das paisagens originais. Desta maneira torna-se fundamental a caracterização da intensidade da transformação dos

geossistemas, principalmente em áreas que vêm sofrendo importantes mudanças em pequenos intervalos de tempo.

O grau de transformação antrópica, como um dos elementos da estrutura horizontal da paisagem, é inversamente proporcional a resiliência dos geossistemas, ou seja, quanto mais transformada a paisagem, menor será a sua capacidade de recuperação (resiliência). Sendo assim é um importante elemento a ser considerado para a determinação do potencial, ou favorabilidade de recuperação de áreas.

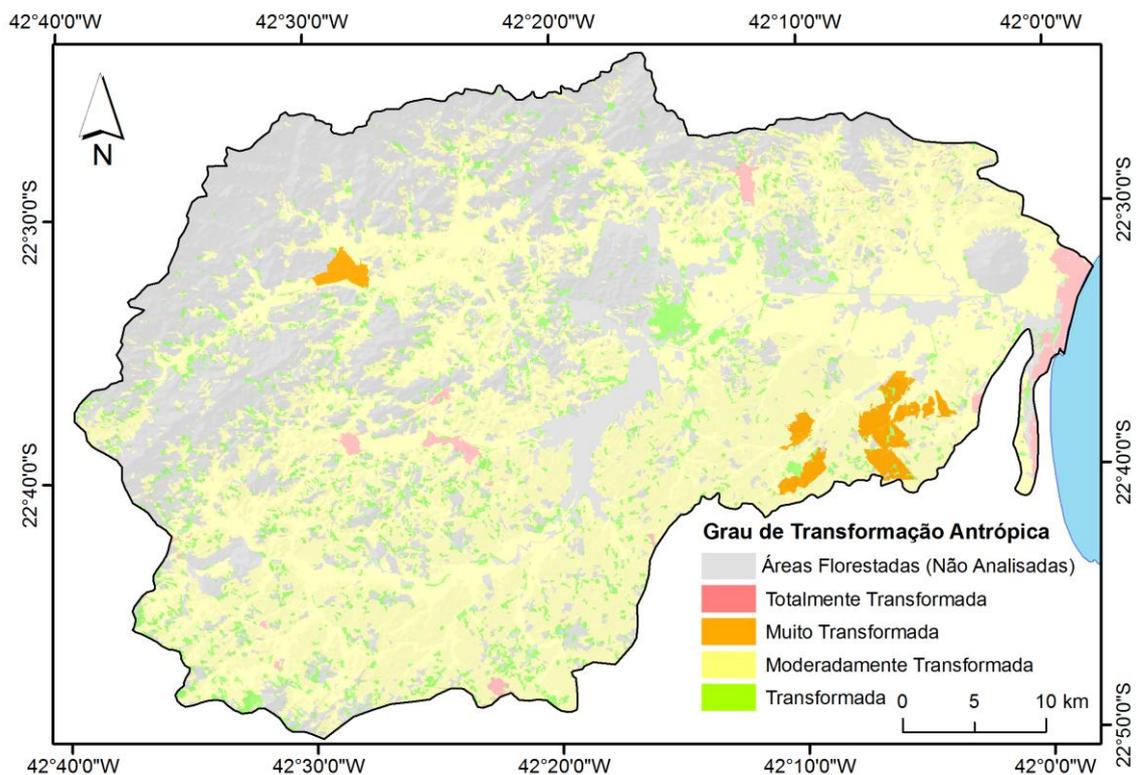


Figura 4.22. Mapa do Grau de Transformação Antrópica da BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equirretângular. Datum: Sirgas 2000.

O Grau de Transformação Antrópica (GTA) utilizado neste trabalho baseou-se no Índice de Transformação Antrópica (ITA) proposto por *Shishenko* (1988). A proposta original abre a possibilidade de quantificarmos as transformações a partir dos tipos de uso, da área ocupada pelos usos e dos componentes naturais afetados. Neste

trabalho o mapa do GTA (fig. 4.24) foi gerado a partir da reclassificação do mapa de Uso e Cobertura da Terra, onde: as áreas de vegetação secundária foram consideradas áreas transformadas; as áreas de pastagem foram consideradas moderadamente transformadas; as áreas agrícolas foram mapeadas como muito transformadas; e por fim, as áreas urbanas foram reclassificadas como áreas totalmente transformadas.

4.7 - Análise Vetorial da Paisagem

A análise vetorial da paisagem tem o objetivo de investigar os processos e fluxos, naturais e antrópicos, que ocorrem entre os elementos existentes no interior do geossistema e deste geossistema com o meio exterior. A concepção da estrutura vetorial preocupa-se em descrever o funcionamento da paisagem. Nela podemos considerar, por exemplo, os fluxos hidrológicos, fluxos hidrogeológicos, a sucessão vegetal, e até mesmo as ações humanas voltadas para a preservação e/ou conservação do funcionamento do geossistema, como por exemplo, a criação de unidades de conservação.

Neste trabalho, a análise vetorial da paisagem será realizada a partir de quatro importantes indicadores: 1 - Pressão Populacional; 2 - Proteção Legal; 3 - Radiação Solar; 4 - Forma do Terreno (Fluxos Hidrológicos).

4.7.1 - Indicadores de Pressão Populacional

A pressão populacional foi representada neste trabalho através da densidade populacional e da densidade de domicílios. Estes cálculos foram realizados a partir dos dados do último Censo Populacional (2010), executado pelo IBGE, em todo

território nacional. Foram utilizados para as análises os valores correspondentes ao número de habitantes e o número de domicílios para os setores censitários que estavam totalmente ou parcialmente dentro da BHRSJ.

Neste trabalho foram analisadas somente as áreas ocupadas pelos usos antrópicos, já que consideramos as áreas com coberturas naturais como “não ocupadas”. Para o cálculo da densidade populacional e da densidade de domicílios foram consideradas as áreas dos setores censitários sem as áreas de coberturas naturais, o que nos dá uma melhor percepção da distribuição real destas variáveis.

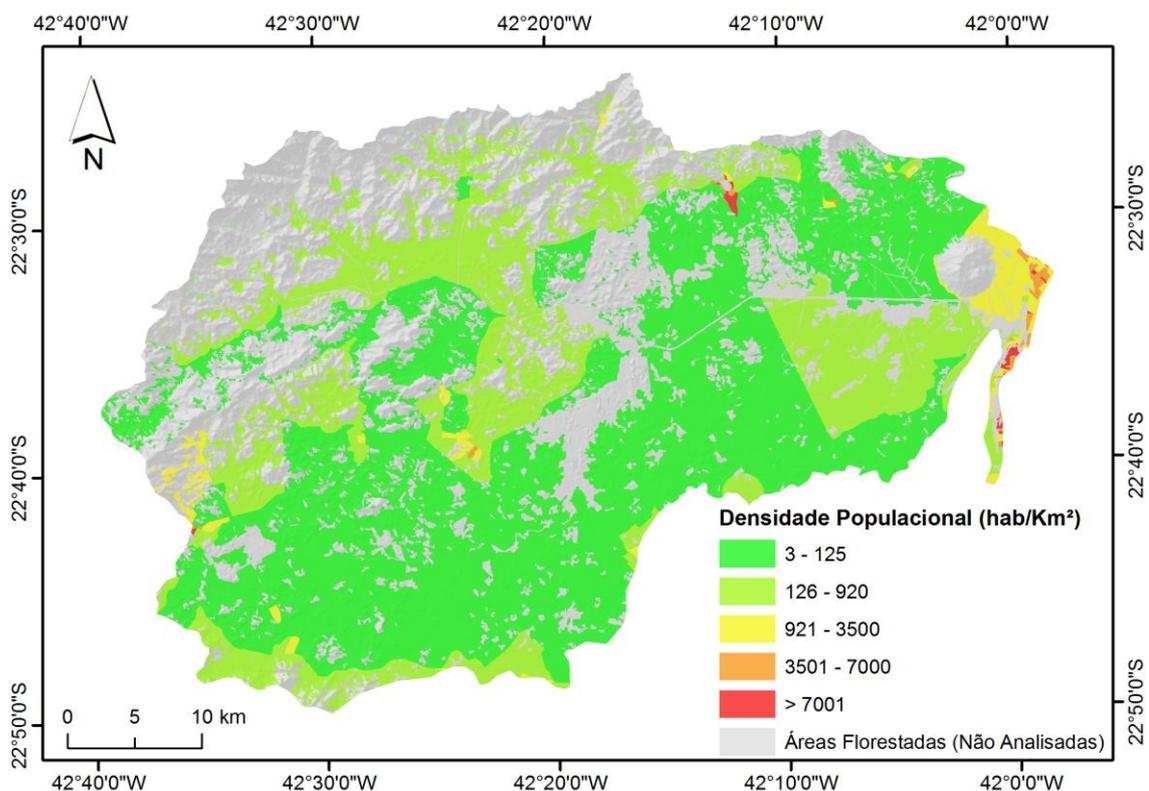


Figura 4.23. Mapa de Densidade Populacional na BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equirretângular.
Datum: Sirgas 2000.

Os mapas de densidade populacional (fig. 4.25) e de densidade de domicílios (fig. 4.26) por setores censitários na BHRSJ demonstram que as áreas próximas ao litoral, no interior e ao redor das cidades de Silva Jardim e Casimiro de Abreu, e próximas à cidade de Rio Bonito (extremo oeste da BHRSJ) apresentam-se como as

mais densamente ocupadas da Bacia. As áreas de planície, sobretudo as localizadas no Alto São João, apresentam valores de densidade que vão de pouco à moderadamente densos, enquanto as menores densidades são encontradas na porção centro-sul da BHRSJ.

As áreas de menor densidade populacional e de menor densidade de domicílios são consideradas as áreas mais favoráveis à recuperação, considerando apenas à pressão populacional, que é um elemento da estrutura vetorial da paisagem. Logo, as áreas apontadas no parágrafo anterior como as de maior pressão populacional são consideradas, dentro deste indicador, como menor favorabilidade à recuperação.

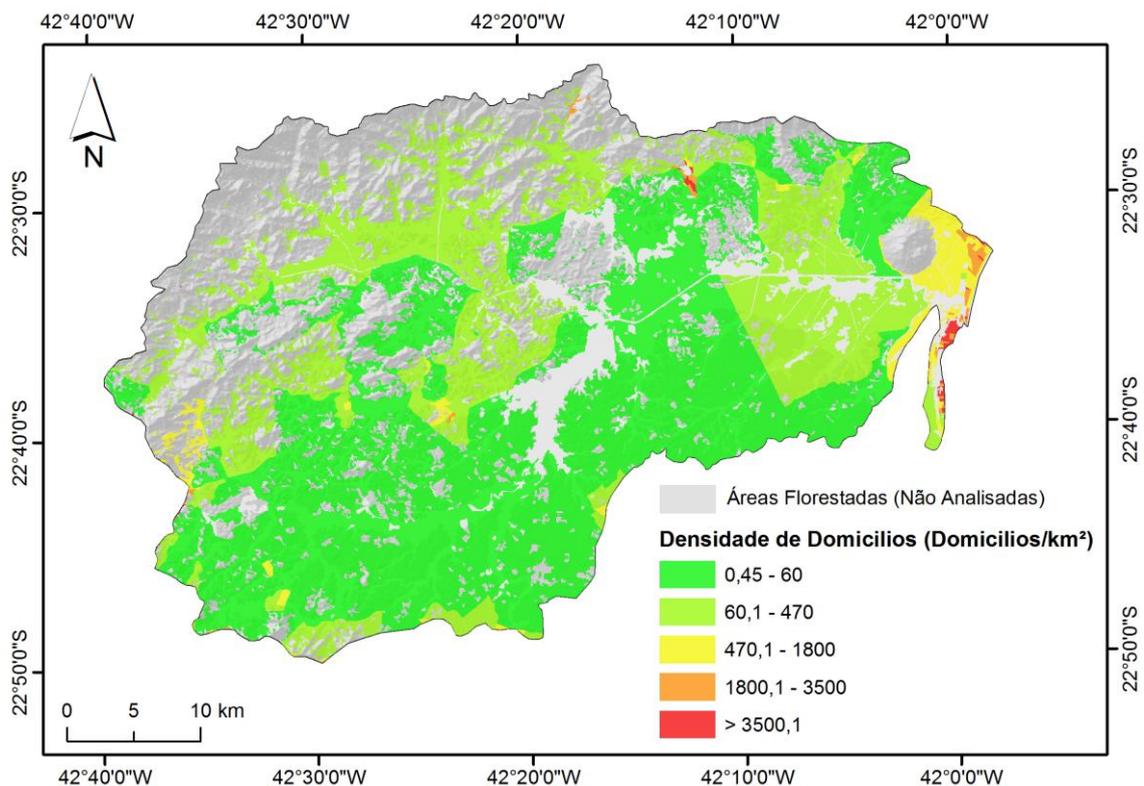


Figura 4.24. Mapa de Densidade de Domicílios na BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular.

Datum: Sirgas 2000.

4.7.2 - Proteção Legal na BHRSJ

Consideramos as áreas antrópicas localizadas dentro de unidades de conservação como as mais favoráveis à recuperação, e neste ponto de vista, as áreas de usos antrópicos foram classificadas de acordo com os seus diferentes níveis de proteção. A proteção legal, que também foi considerada como um aspecto da estrutura vetorial, foi representada da seguinte maneira (fig. 4.27):

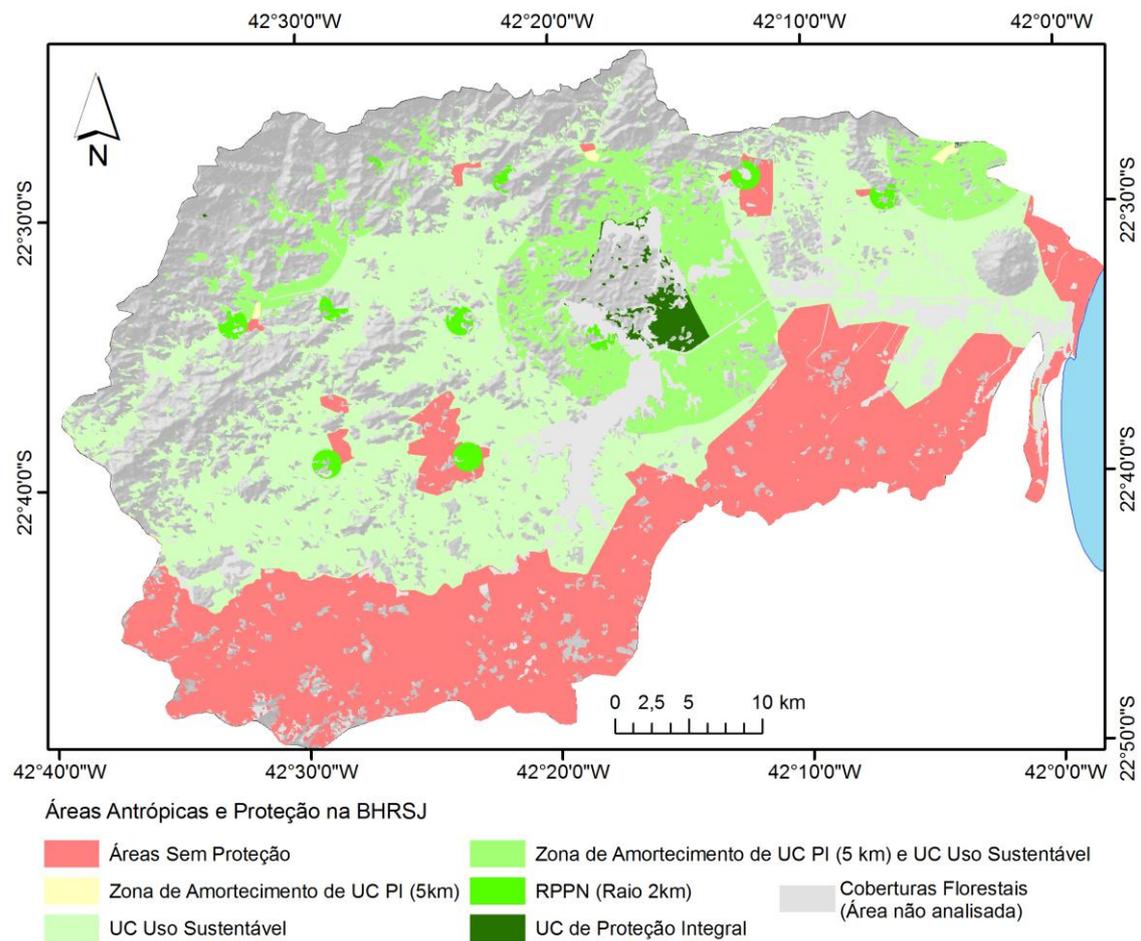


Figura 4.25. Mapa de Proteção Legal na BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

No processo de elaboração do mapa de proteção legal para as áreas antrópicas da BHRSJ foram adotados os seguintes critérios para a definição da legenda:

1 - Área sem Proteção: Áreas de uso antrópico sem proteção por unidades de conservação;

2 - Zona de Amortecimento de Unidades de Conservação (UC) de Proteção Integral (PI): Áreas localizadas no entorno de 5km de unidades de conservação de proteção integral;

3 - Unidades de Conservação de Uso Sustentável: Áreas de uso antrópico localizadas dentro dos limites de unidades de conservação de uso sustentável;

4 - Zona de Amortecimento de UC PI e UC de Uso Sustentável: Áreas de uso antrópico localizadas dentro dos limites de unidades de conservação de uso sustentável e ainda no entorno de ⁵5km de unidades de conservação de proteção integral.

5 - Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN): Por não existirem dados vetoriais que definem o entorno exato das RPPNs optou-se por adotarmos as áreas de uso antrópico localizadas num raio de 2 km de entorno do ponto de localização das RPPNs.

6 - Unidades de Conservação de Proteção Integral: Áreas de uso antrópico localizadas dentro dos limites de unidades de conservação de proteção integral.

⁵ Apesar da lei do SNUC apontar o entorno de 10km de unidades de conservação como zona de amortecimento, preferimos usar o limite de 5km por acreditar que este define melhor o contato imediato, ou seja, que de fato representa as bordas do fragmento e recebe por parte dos órgãos de fiscalização uma maior atenção.

4.7.3 - Radiação Solar

A utilização do MDE Aster possibilitou ainda a geração do mapa de radiação solar (figs. 4.28), que é expresso em valores de Watt/horas por metro quadrado (Wh/m^2). Estes valores indicam a incidência de energia solar por área, e servem como uma importante variável para a definição da umidade (ou aridez) das diferentes regiões da BHRSJ, sendo por isso um importante indicador para a favorabilidade à recuperação. O cálculo da radiação solar leva em consideração os aspectos topográficos do terreno, como: a altitude; aspecto do relevo; inclinação das encostas; e ainda a orientação do relevo. Os cálculos ainda são efetuados considerando a variação da insolação ao longo de todo o ano e do dia, simulando os movimentos aparentes do sol.

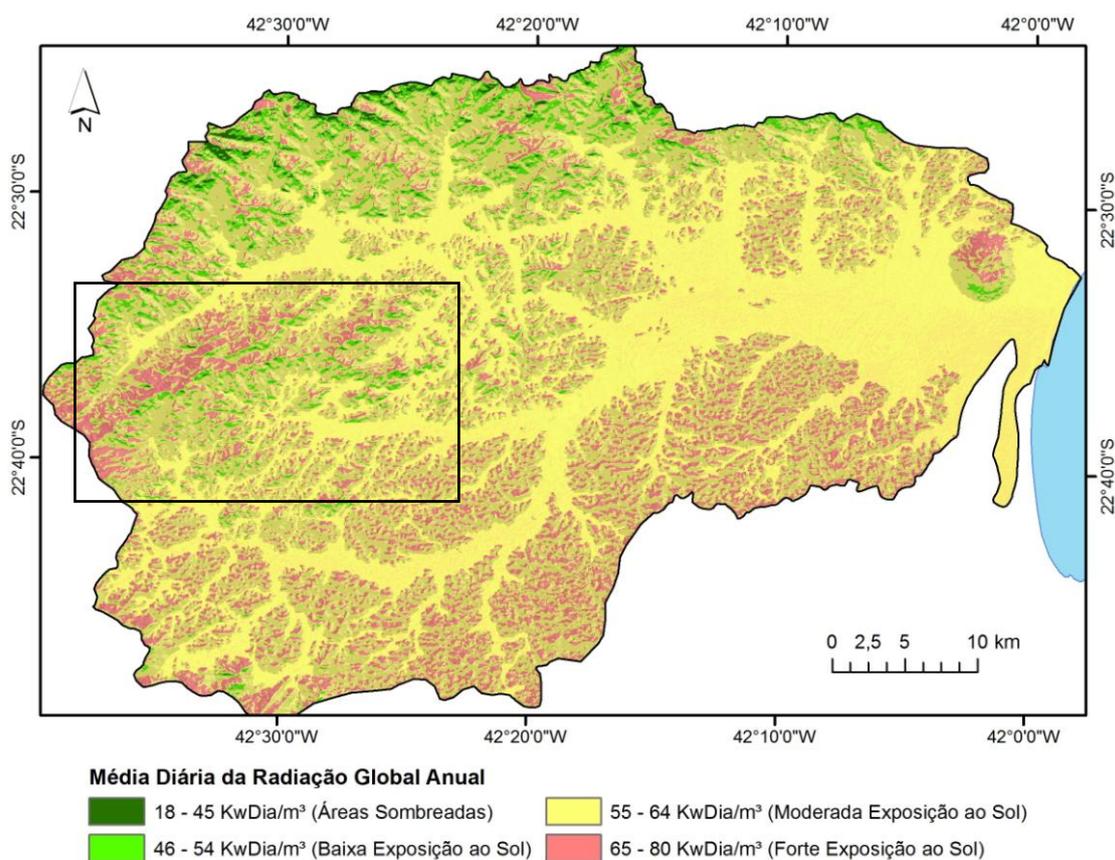


Figura 4.26. Mapa da Média Diária da Radiação Solar Global Anual na BHRSJ. Em destaque no mapa a área representada pela figura 4.29. Projeção Cilíndrica Equirretângular. Datum: Sirgas 2000.

Neste trabalho foi calculada a Radiação Global Anual (Radiação Difusa + Radiação Direta) para todo o ano de 2010, considerando as mudanças de condições de insolação em intervalos semanais, e de intensidade de insolação diária de 30 em 30 minutos. Os resultados finais foram convertidos de Wh/m² para KwDia/m², para que tivéssemos os valores médios diários da radiação solar em todo ano.

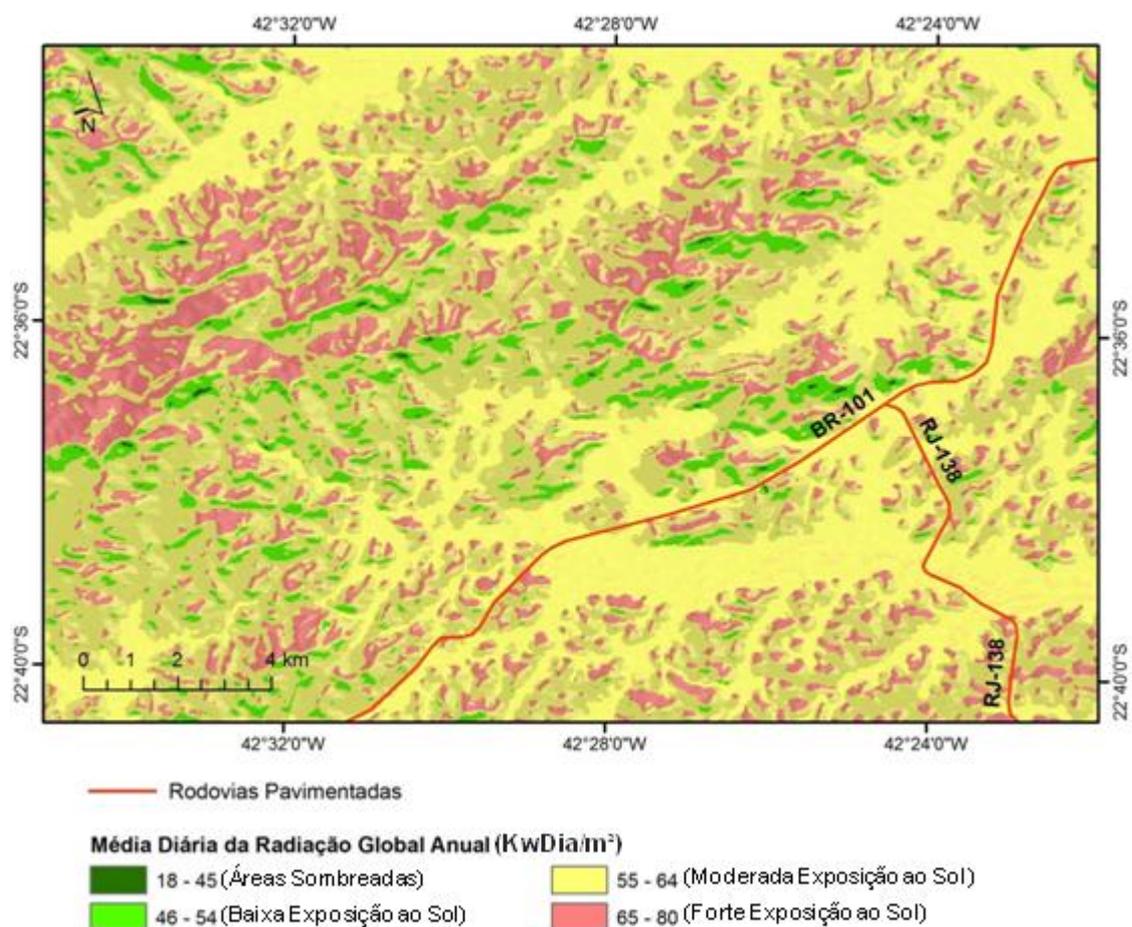


Figura 4.29. Mapa da Média Diária da Radiação Solar Global Anual na BHRSJ para a área em destaque na figura anterior. Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas 2000.

4.7.4 - Forma do Terreno

A curvatura vertical expressa o formato da vertente quando observada em perfil, ou seja, refere-se ao caráter convexo/côncavo do terreno em perfil. A curvatura vertical é expressa em diferença de ângulo dividida por distância horizontal, expressa geralmente em graus por metro. Sendo assim, curvaturas nulas ($0^\circ/\text{m}$) correspondem a retas, as curvaturas côncavas assumem valores positivos ($>0^\circ/\text{m}$) e as curvaturas convexas valores negativos ($<0^\circ/\text{m}$).

A curvatura horizontal expressa o formato da vertente quando observada em projeção horizontal. A curvatura horizontal se traduz no caráter de divergência ou convergência das linhas de fluxo (fig. 4.30). É expressa em diferença de ângulo dividida por distância horizontal, normalmente graus por metro. Esta variável está relacionada à intensidade dos processos de migração e acúmulo de água, minerais e matéria orgânica no solo através da superfície, proporcionados pela gravidade. Analogamente à curvatura vertical, desempenha papel importante sobre o balanço hídrico e o equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese (VALERIANO, 2005).

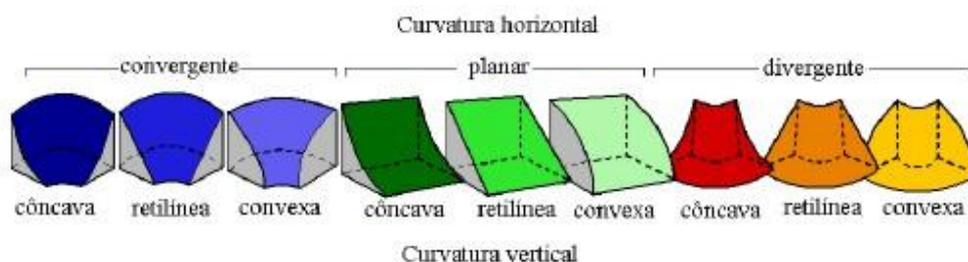


Figura 4.28. Formas do Terreno. Fonte: Valeriano (2005)

Para a determinação das formas do terreno na BHRSJ foram combinadas as curvaturas verticais e horizontais do terreno (fig. 4.31 e 4.32). Os resultados deste

mapeamento fornecem importantes subsídios para a determinação de áreas mais favoráveis a recuperação, uma vez que através do cálculo da forma do terreno, podemos encontrar as áreas onde ocorrem os maiores níveis de acúmulo ou dispersão de nutrientes, água e outros elementos importantes para a manutenção da vida de diferentes espécies vegetais.

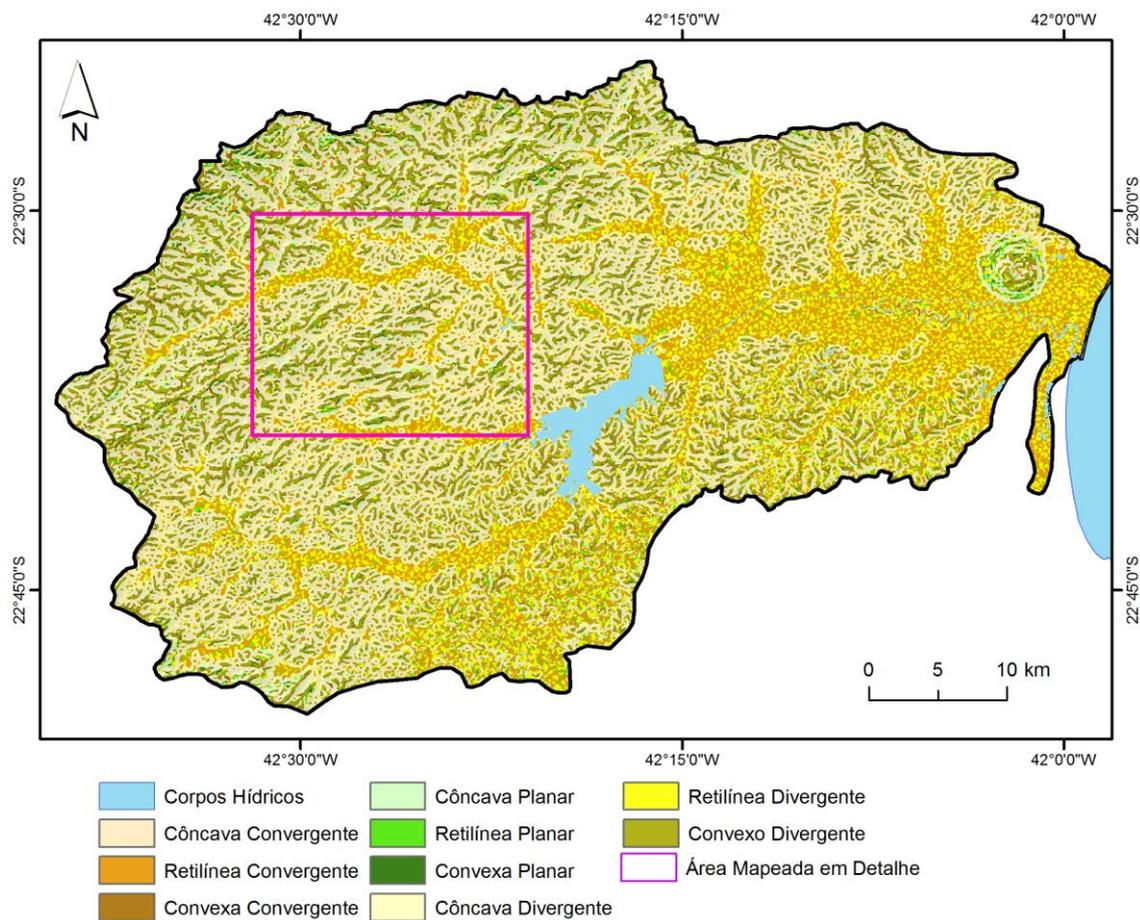


Figura 4.29. Mapa de forma do terreno na BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

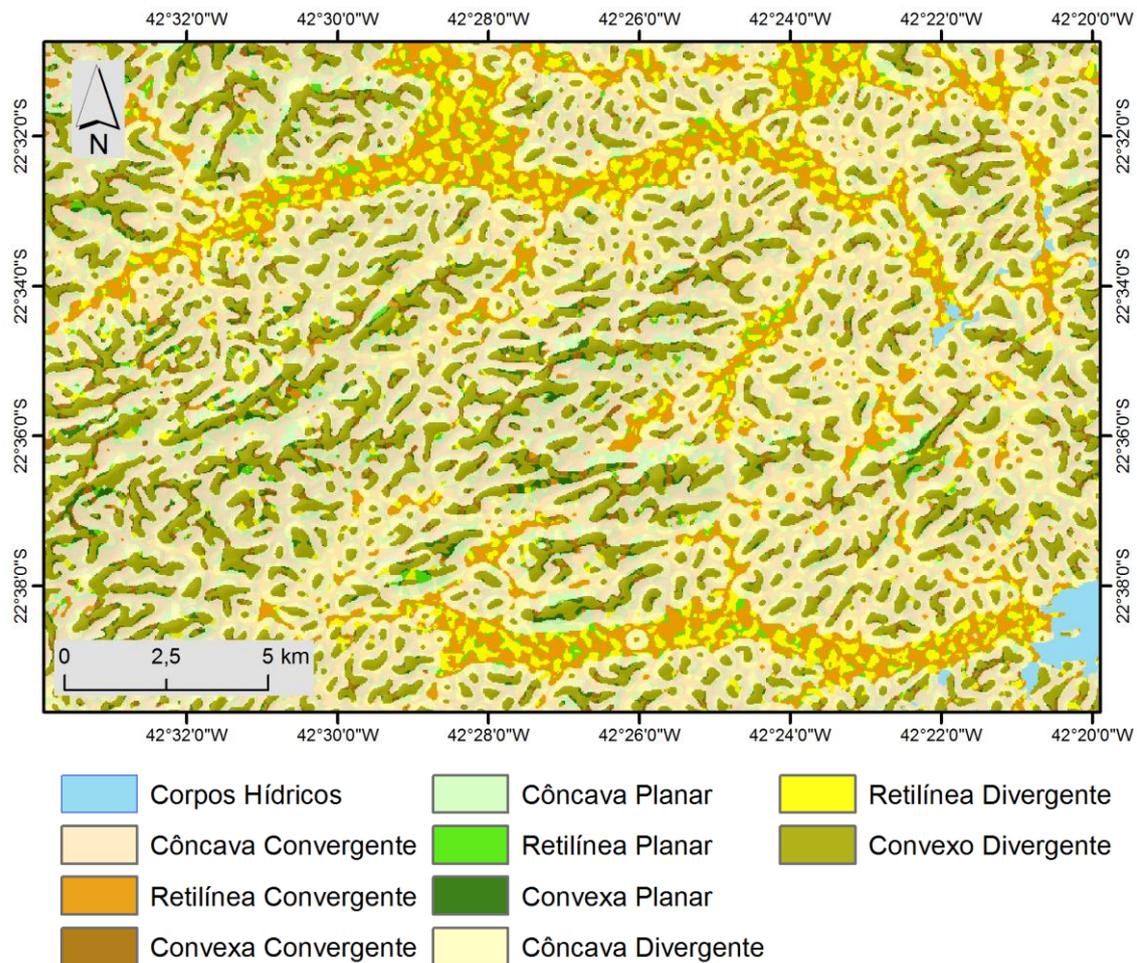


Figura 4.30. Mapa de forma do terreno na BHR SJ em área detalhada no mapa anterior. Projeção Cilíndrica Equiretângular. *Datum*: Sirgas 2000.

4.8 - Conclusões

Os levantamentos e análises realizados neste capítulo evidenciam o grande potencial que os produtos de sensoriamento remoto e as ferramentas de análise espacial presentes nos SIGs têm para os estudos voltados para a caracterização e espacialização dos componentes e estruturas da paisagem. É importante ainda salientar que todos dados utilizados nestas análises foram adquiridos gratuitamente, aumentando a viabilidade do uso destes produtos em pesquisas científicas.

A extração de informações através da manipulação do MDE ASTER apresentou ótimas respostas, o que resultou na geração dos mapas de declividade, bacias de drenagem, amplitude do relevo, radiação solar e forma do terreno bem compatíveis com as observações feitas em trabalhos de campo. A partir dos trabalhos de campo também pudemos constatar que o MDE ASTER apresentou resultados satisfatórios termos de representação temática pois identificou acertadamente as feições desejadas para o mapeamento, atendendo com isso as pretensões de escala (1:100.000).

Após a edição final, o Mapa de Sistemas de Relevo mostrou-se compatível com a realidade da BHRSJ, comprovando que as adaptações da metodologia elaborada pelo IPT (1981) e sua aplicação na BHRSJ apresentaram resultados muito satisfatórios. As edições necessárias, efetuadas com o auxílio da imagem SPOT 5, serviram para refinar o contorno dos polígonos e para definir os contornos de algumas feições (ex: linha de costa).

Os produtos gerados a partir do WorldClim, apesar de apresentarem sérias restrições em termos de escala, mostram-se muito úteis para a caracterização climática da BHRSJ. Devemos ainda destacar que os resultados encontrados nos mapas de faixa térmica, pluviosidade, amplitude térmica e teor de umidade

comprovaram que a BHRSJ apresenta grande diversidade climática e forte correlação entre os aspectos de clima e os fatores de relevo.

A incorporação dos dados temáticos de relevo, clima, geologia, solos e hidrografia e Uso e Cobertura da Terra no BDG, e seu posterior processamento, possibilitaram a construção das matrizes de frequência de relacionamento, que tornaram possível a análise integrada entre os componentes que compõe a estrutura vertical da paisagem na BHRSJ. Junto com os mapas, as matrizes nos deram a real idéia da ocorrência e distribuição destes elementos em toda área de estudo.

As variáveis de dimensão dos fragmentos de uso, proximidade com áreas naturais e grau de transformação antrópica representaram satisfatoriamente a estrutura horizontal da paisagem na BHRSJ. A partir do mapeamento destes fatores pudemos identificar as áreas em que a forma e a distribuição dos fragmentos florestais favorecem os processos de recuperação, e onde estes fatores dificultam as ações de recuperação.

Os dados censitários e os limites das unidades de conservação, além dos já mencionados mapas de forma do terreno e radiação solar, foram variáveis que somadas ao Uso e Cobertura da Terra tornaram possíveis a identificação das pressões populacionais e dinâmicas naturais que podem favorecer ou dificultar as tentativas de recuperação florestal na BHRSJ.

Todos os resultados gerados neste capítulo foram incorporados ao BDG e posteriormente utilizados nas etapas de regionalização e mapeamento das tipologias da paisagem na BHRSJ. Os dados foram submetidos a processamentos em SIG, possibilitando a realização de outras análises que forneceram os subsídios necessários para a determinação da favorabilidade à recuperação florestal na BHRSJ.

V - Classificação Hierárquica e Multiescalar da Paisagem na BHRSJ

Os processos de classificação e representação cartográfica da paisagem são etapas fundamentais para a realização de estudos voltados para a compreensão da organização e do funcionamento dos geossistemas. Este nível de investigação é viabilizado pelo reconhecimento e espacialização dos elementos e estruturas que compõem a paisagem, apresentando-se simultaneamente como resultados de uma pesquisa e ponto de partida para análises futuras.

Os processos de classificação e cartografia da paisagem estarão diretamente relacionados à escala de análise e à complexidade dos geossistemas investigados. Autores como Bertrand (1971), Sothava (1978), Ross (2006) e Rodriguez (2007) afirmam que o processo de classificação da paisagem pode ser realizado de diferentes formas, de acordo com os objetivos e escalas de representação.

Dentro desta perspectiva devemos considerar que a classificação e cartografia da paisagem têm seu início na escolha das unidades e escalas capazes de representar da melhor maneira possível o geossistema de interesse. Seguindo estes mesmos preceitos, Puzachenko (2000) afirma que as primeiras etapas no trabalho de construção de qualquer classificação e mapeamento da paisagem são: 1- Definição da Escala de Análise; 2- Determinação do Nível de Complexidade do Mapeamento; 3- Definição e Delimitação das Unidades de Paisagem.

Desta maneira considera-se importante que os processos de classificação da paisagem sejam construídos a partir de uma abordagem multiescalar e hierárquica. Seguindo esta perspectiva, Bertrand (1971) define as unidades da paisagem em diferentes escalas, que articulam-se em seis diferentes níveis hierárquicos, sendo eles: 1- Zona; 2-Domínio; 3-Região Natural; 4 - Geossistema; 5 - Geofáceis; 6 - Geótopo. Já Rodriguez *et al.* (2007) propõem uma metodologia de classificação da

paisagem brasileira a partir de seis unidades tipológicas, que são: 1- Tipo; 2- Subtipo; 3- Classe; 4- Grupo; 5- Subgrupo; 6- Espécie (Quadro 5.1).

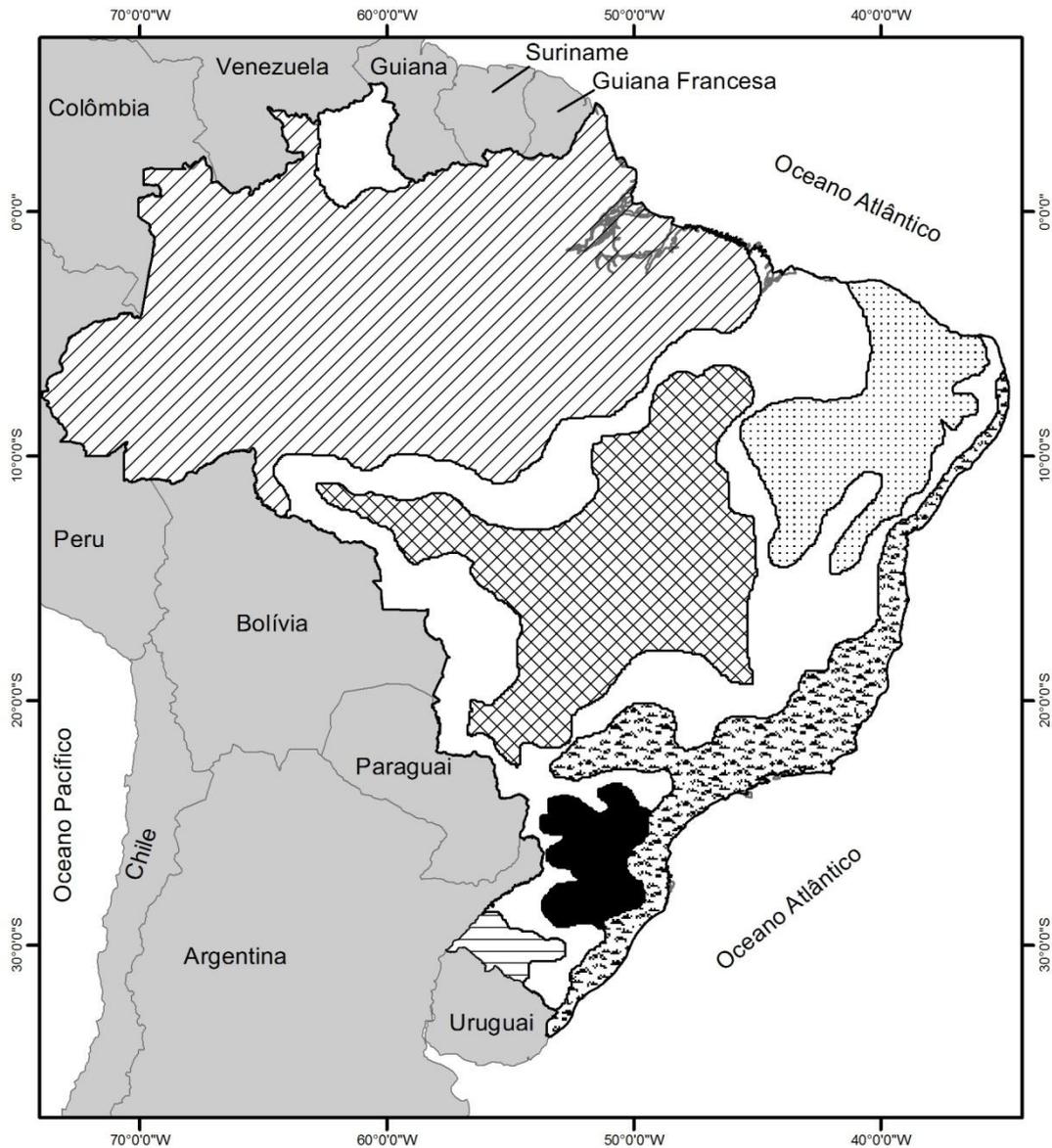
Quadro 5.1 - Classificação da paisagem e respectivas escalas indicativas

Unidades da Paisagem (BERTRAND, 1971)	Unidades Tipológicas (RODRIGUEZ, 2007)	Escalas Indicativas
Zona	Tipo	Global
Domínio	Subtipo	Macro Regional
Região Natural	Classe	Regional
Geossistema	Grupo	Subregional
Geofáceis	Subgrupo	Microregional
Geótopo	Espécie	Local

Dentro de uma proposta de classificação Macro Regional, Ab'Sáber (2003) em seu trabalho intitulado “*Os Domínios de Natureza do Brasil: Potencialidades Paisagísticas*”, reconheceu seis grandes domínios paisagísticos e macroecológicos, além de áreas de transição, em território brasileiro (fig. 5.1). Estes domínios são:

- 1 – Domínio de Terras Baixas Florestadas da Amazônia
- 2 – Domínio dos Chapadões Recobertos por Cerrados e Penetrados por Florestas-Galeria
- 3 – Domínio das Depressões Interplanálticas Semi-Áridas do Nordeste
- 4 – Domínio dos Mares de Morros Florestados
- 5 – Domínio dos Planaltos das Araucárias
- 6 – Domínio das Pradarias Mistas do Rio Grande do Sul

O autor ainda ressalta que esta classificação esconde uma variedade imensa de feições fisiográficas e ecológicas, principalmente nas zonas de contato (transição) entre as áreas centrais dos principais domínios paisagísticos brasileiros.



Domínios Paisagísticos Brasileiros

-  Domínio das Depressões Interplanálticas Semi-Áridas do Nordeste
-  Domínio das Pradarias Mistas do Rio Grande do Sul
-  Domínio de Terras Baixas Florestadas da Amazônia
-  Domínio dos Chapadões Recobertos por Cerrados e Penetrados por Florestas-Galeria
-  Domínio dos Mares de Morros Florestados
-  Domínio dos Planaltos das Araucárias
-  Área de Transição

Figura 5.22. Classificação dos Domínios de Paisagem no Brasil. Fonte: Mapa do Autor. Adaptado de Ab'Saber (2003).

Cunha & Freitas (2004) elaboraram uma classificação da paisagem na BHRSJ subdividindo-a em unidades chamadas por *hólons*, que de acordo com Koestler (1981) são "entidades auto-reguladoras que manifestam tanto as independentes propriedades

do todo como as dependentes propriedades das partes" (KOESTLER, 1981 *apud* CUNHA & FREITAS, 2004). Para a classificação da BHRSJ os autores basearam-se principalmente nas características morfológicas e ambientais marcantes de cada uma das regiões (fig. 5.2). Nesta classificação, para a BHRSJ, foram encontrados seis grandes unidades, ou *hólons*, sendo eles: 1- *hólon* serrano; 2- *hólon* de planalto dissecado; 3- *hólon* de colinas arredondadas; 4- *hólon* aluvial; e 5- *hólon* litorâneo.

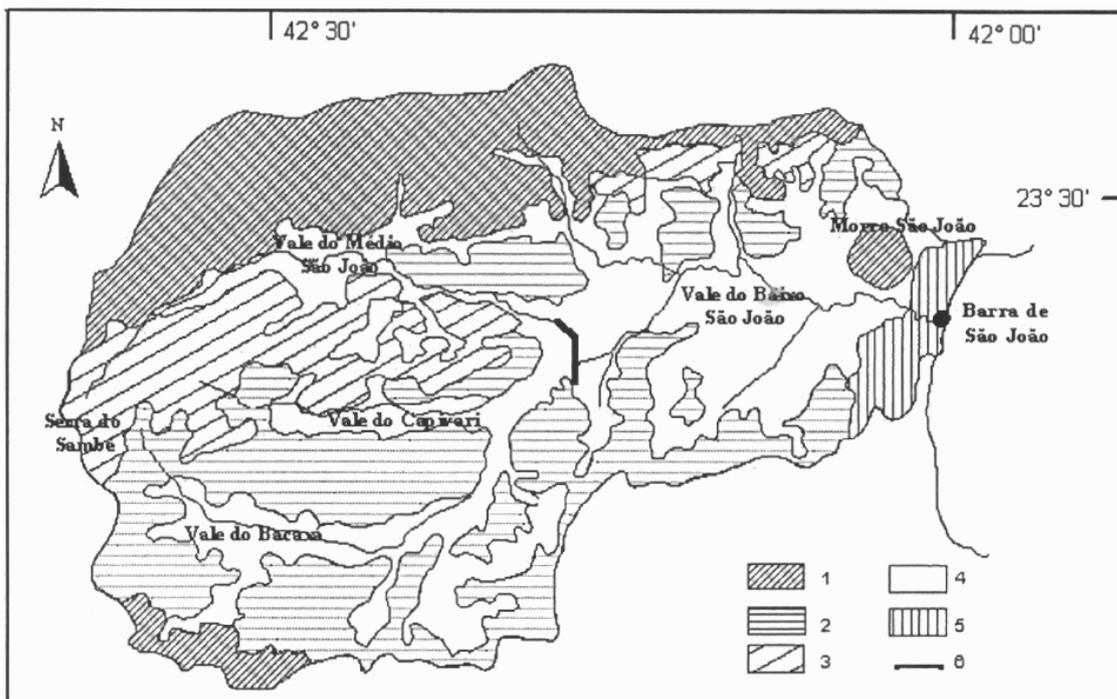


Figura 5.23. Classificação da Paisagem em Hólons na BHRSJ. Fonte: Cunha & Freitas, 2004.

Neste trabalho a BHRSJ será classificada a partir de regiões, grupos e tipologias da paisagem, baseando-se na composição e na inter-relação dos elementos abióticos, bióticos e antrópicos que a compõem, caracterizados ainda pela organização de suas estruturas verticais, horizontais e vectoriais. A BHRSJ será classificada em 30 regiões de paisagem, que serão internamente subdivididas em grupos de paisagens, que, por fim, se subdividem na menor unidade do mapeamento geossistêmico, as tipologias.

É importante ainda destacarmos que estas classificações serão hierarquicamente organizadas, onde cada grupo receberá as informações e atributos

das regiões a que pertencem, assim como as tipologias estarão associadas aos grupos, e conseqüentemente, às regiões no qual estão inseridas. Os elementos da paisagem utilizados para a distinção de cada uma de suas unidades foram chamados de fatores delimitadores, e os que foram somente incorporados ao BDG foram denominados de atributos. Nos subcapítulos a seguir apresentaremos a metodologia e resultados alcançados por estas classificações (fig. 5.3).

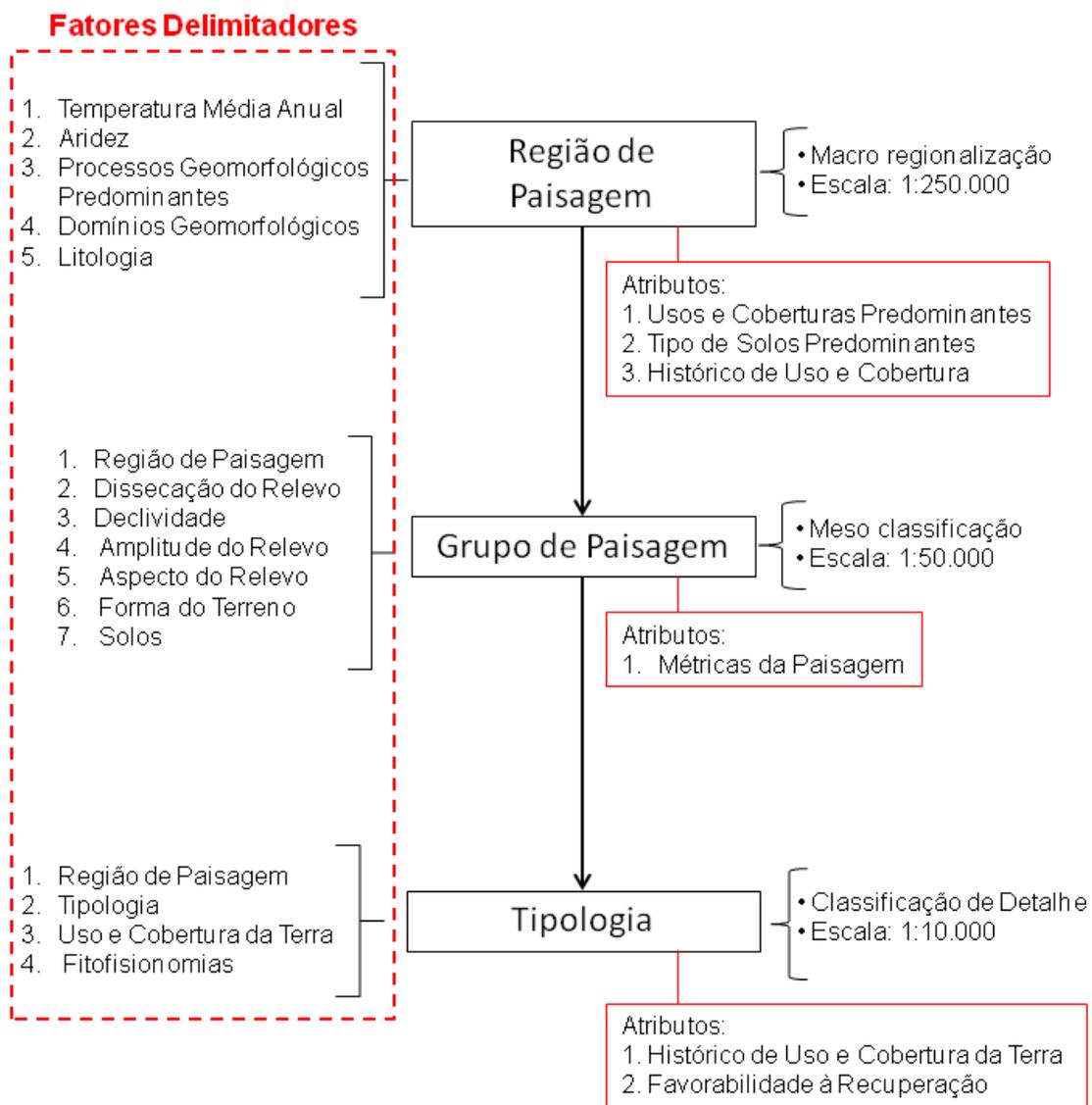


Figura 5.24. Classificação da Paisagem na BHR SJ.

5.1 - Classificação da Paisagem

Neste capítulo serão discutidos os conceitos e metodologias empregados para a classificação da BHRSJ em três diferentes escalas de análise, e níveis hierárquicos de organização da paisagem. Estes níveis são: 1- Região de Paisagem; 2 - Grupos de Paisagem; 3 - Tipologias de Paisagem. Além destas unidades de classificação da paisagem terem sido adotadas para facilitar a compreensão da organização das estruturas da paisagem na BHRSJ, também serão futuramente utilizadas para a análise da favorabilidade à recuperação florestal na BHRSJ.

5.1.1 - Regionalização da Paisagem

De acordo com Rodriguez *et. al.* (2007) a regionalização da paisagem consiste na delimitação de áreas que possuam uma relevante interação entre seus componentes naturais, sendo desta forma inseparáveis do ponto de vista analítico. Ainda que a região de paisagem possua uma homogeneidade relativa em suas propriedades naturais, e uma determinada semelhança em suas inter-relações estruturais, o que a caracteriza de fato é a sua singularidade no espaço e seu desenvolvimento histórico. Significa dizer que mais que agrupar áreas com mesmas características naturais, o processo de regionalização da paisagem objetiva a diferenciação de espaços com distintos históricos de formação, diferentes composições e processos predominantes.

O processo de regionalização começa com a elaboração, e posterior análise, de uma matriz geoecológica. A matriz geoecológica considera os principais aspectos naturais formadores da paisagem, e suas combinações, para a delimitação das regiões de paisagem. Nas colunas desta matriz são expostas as variáveis estáveis e estruturais, como o relevo e a geologia. Nas linhas expomos as variáveis de clima,

aridez e processos geomorfológicos predominantes. A partir do cruzamento destas variáveis, podemos delimitar com maior facilidade as diferentes regiões de paisagem.

Na matriz geoecológica (quadro 5.2) elaborada para a regionalização da paisagem da BHRSJ foram, portanto, considerados os seguintes aspectos naturais: Temperatura média anual; Aridez; Processos geomorfológicos predominantes; Domínios Geomorfológicos; e Litologia. Neste processo foram identificadas 30 regiões de paisagem em toda BHRSJ (fig.5.4 e quadro 5.3), que foram delimitadas com maior detalhe com auxílio de imagens Spot 5 e do MDE ASTER. Estas unidades passaram ainda por processos de edição e generalização, para que atendessem a uma escala cartográfica de 1:250.000.

Quadro 5.2 - Matriz Geocológica da BHRSJ

ASPECTOS HIDROCLIMÁTICOS			ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOMORFOLÓGICOS											
			Complexo de Planícies e Colinas				Complexos de Morros e Morrotes		Complexo Escarpado e Montanhoso					
			Planície Fluvial		Planície Costeira	Suavemente Colinoso	Morros	Morrotes	Escarpa da Serra do Mar	Patamares Residuais		Maciços Costeiros e Litorâneos		
Faixa Térmica	Aridez	Processos Predominantes	Depósitos Fluvio-Lagunares	Depósitos Alúvio-Coluvionares	Depósitos Fluvio-Marinhos	Embasamento Cristalino	Embasamento Cristalino	Embasamento Cristalino	Embasamento Cristalino	Embasamento Cristalino	Rochas Alcalinas	Maciços Alcalinos	Maciços Cristalinos	
Fria (< 18C)	H	PE								1				
Moderado (18C - 23C)	H/MU	PE								2	3	4	5	6 - 7
		PE+SAC					8 - 9	10						
	U	PE								11				
	PU	PE							12					
Quente (> 23C)	U	SAC					13							
		PE+SAC+SFL					14 - 15	16						
		SFL				17								
	PU	PE+SFL+SAC				18		19 - 20						
		SFL+SAC		21										
		SFL				22 - 23 - 24								
		SFL-Hm				25 - 26								
		Hm-Al	27											
		Hm-Sal	28											
SE-SFM				29										

Legenda: Aridez - H=Hiperúmido; MU=Muito Úmido; U=Úmido; PU = Pouco Úmido / Processos Predominantes- PE=Processos Erosivos; SAC= Sedimentação Alúvio-Coluvionar; SFL=Sedimentação Fluvio-Lagunar; Hm=Hidromorfismo; Al=Saturação em Alumínio; Sal=Salinização; Sedimentação Eólica; SFM=Sedimentação Fluviomarinha.

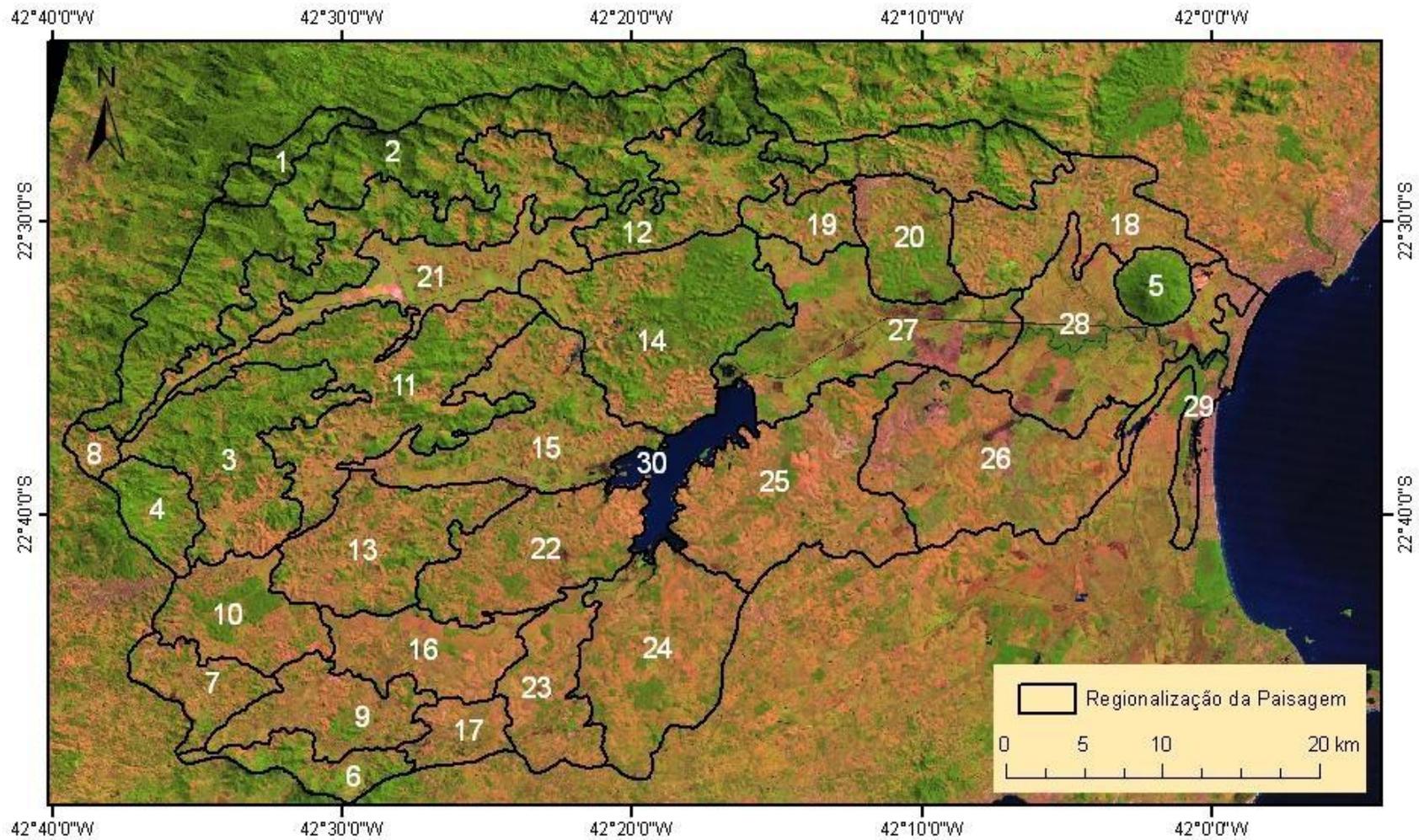


Figura 5.25. Mapa de regiões de Paisagem na BHRSJ. A codificação das regiões pode ser observada no quadro 5.3.

Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas 2000.

Quadro 5.3 - Regiões de Paisagem na BHRSJ

1 - Escarpa do Faraó e Pirineus	2 - Escarpa da Serra do Mar
3 - Patamares Residuais Hiperumidos	4 - Maciço Intrusivo Alcalino de Rio Bonito (Serra do Sambê)
5 - Morro de São João	6 - Maciço Costeiro de Boa Esperança
7 - Maciço Costeiro de Catimbau Grande	8 - Morros do Alto São João
9- Morros e Morrotes das Bacias Domingas-Pedra Oca	10 - Morros e Morrotes do Alto Bacaxá
11- Patamares Residuais Úmidos	12- Escarpa Transicional da Serra do Mar
13- Morros e Morrotes do Bacaxá-Capivari	14- Poço das Antas
15- Baixada do Capivari, Sítio d'água e Cumbucas	16- Baixada do rio Bacaxá
17- Colinas e Morrotes da Bacia do Rio do Pardo	18- Colinas e Morrotes do Jacu
19- Morros e Morrotes de Aldeia Velha	20- Colinas e Morrotes do Indaiáçu-Seca
21 - Planície do Médio São João	22- Colinas da Bacia do Rio do Ouro
23 - Colinas do Jaguaripe	24- Colinas do Piriri e Onça
25- Colinas de Juturnaíba	26 - Colinas do Baixo São João
27- Planície do Baixo São João	28 - Planície Salino-Solódica do Baixo São João
29 - Planície Costeira	30 - Lagoa de Juturnaíba

A localização das regiões de paisagem podem ser verificadas na figura 5.4.

Além dos aspectos utilizados para sua delimitação, cada uma das regiões de paisagem possuem atributos, armazenados através de um BDG, que apresentam informações relativas ao atual Uso e Cobertura da Terra, evolução do Uso e Cobertura da Terra, tipo de solo, área total da região, percentual de área protegida por unidades de conservação de proteção integral, percentual de área protegida por unidades de conservação de uso sustentável, número de reservas particulares do patrimônio natural e declividade, forma do Terreno e Radiação Solar predominantes na região. No quadro 5.4 podemos observar a descrição destes atributos para 3 unidades de paisagem da BHRSJ. A tabela completa será apresentada nos anexos desta dissertação.

Quadro 5.4 - Atributos das regiões de paisagem da BHRSJ.

Unidades de Paisagem	Uso e Cobertura	Evolução do Uso e Cobertura	Tipo de Solos	Declividade, Forma do Terreno e Radiação Solar	Área (km ²)	% UC PI	% UC US	RPPN
Escarpa do Faraó e Pirineus	Unidade integralmente preservada. As florestas (99,5%) e afloramentos rochosos (0,5%) são as coberturas presentes na área.	Matas mais antigas de toda a Bacia	Predomínio de neossolos litólicos e afloramentos de rocha. Pequena ocorrência de cambissolos álicos.	Predomínio absoluto de áreas íngremes com baixa exposição ao Sol. Ocorrência em mesma proporção de áreas com divergência e convergência de fluxos.	18,47	98,00	2	0
Escarpa da Serra do Mar	Predomínio de cobertura florestal em toda unidade (90%). Apenas 10% da unidade encontra-se com cobertura de vegetação secundária ou pastagem.	Predomínio de florestas antigas, mas em alguns vales encontramos pequenas áreas de reflorestamentos recentes, e também pequenas manchas de desmatamentos recentes.	Predomínio de cambissolos álicos. Presença menos representativa de áreas com neossolos litólicos, latossolos e afloramentos de rocha.	Predomínio absoluto de áreas íngremes com baixa exposição ao Sol. Ocorrência em mesma proporção de áreas com divergência e convergência de fluxos. Relevante presença de Vales com baixa exposição ao Sol.	201,4	8,00	92	2
Patamares Residuais Hiperumidos	Marcante presença de cobertura florestal em toda unidade (63%). Em sua porção sul, principalmente nos vales fluviais e intramontanos, a unidade apresenta predomínio de vegetação secundária e pastagens, que juntos compõem 36% da cobertura total desta unidade.	As florestas mais antigas estão localizadas nas porções mais altas (divisores) desta unidade. Em alguns vales intramontanos nota-se a presença de áreas desmatadas recentemente e reflorestamentos antigos. A pastagem presente na porção sul desta unidade são anteriores a 1975.	Predomínio de argissolos. Presença significativa de latossolos, sobretudo nas áreas mais rebaixadas dos patamares residuais.	Predomínio áreas íngremes e vales com baixa exposição ao Sol. Nestas zonas ocorrem em mesma proporção áreas com divergência e convergência de fluxos. Relevante presença de áreas planas com divergência de fluxos e baixa exposição ao Sol e ocorrência em menor quantidade de áreas íngremes com alta exposição ao Sol.	87,74	0	100	0

Obs: A tabela completa encontra-se disponível nos anexos deste trabalho.

As regiões de paisagem foram ainda analisadas a partir de trabalhos de campo (fig. 5.5) realizados em diferentes etapas, com registro de dados fotográficos e extração de coordenadas de pontos de observação com auxílio de GPS de navegação. Para algumas regiões foram ainda traçados perfis topográficos que facilitam a compreensão de alguns aspectos relacionados às feições presentes na paisagem (fig. 5.6).

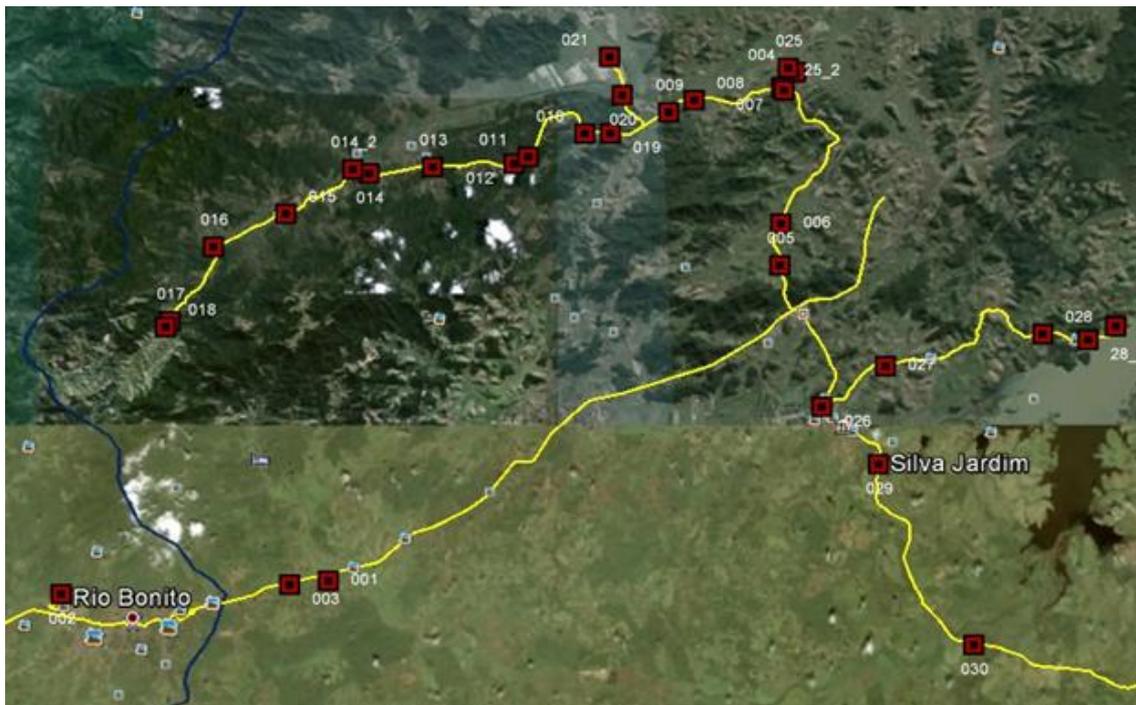


Figura 5.5. Trajeto de Trabalho de Campo e Pontos de Observação. Os quadrados vermelhos representam os pontos de observação e a linha amarela representa o trajeto percorrido em campo.

Patamares Residuais Hiperúmidos

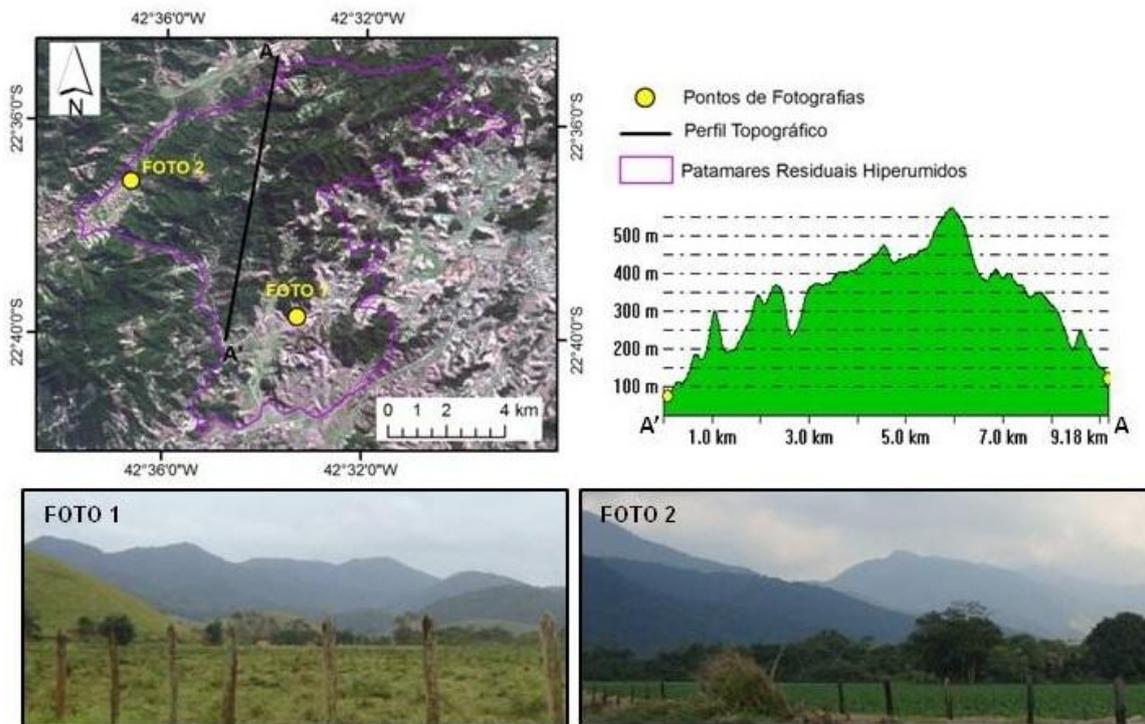


Figura 5.6. Perfil Topográfico e Fotografias dos Patamares Residuais Hiperúmidos.

5.1.2 - Delimitação dos Grupos de Paisagem

A primeira etapa de classificação dos grupos de paisagens da BHRSJ consistiu na subdivisão das regiões de paisagem por seus diferentes tipos de relevo, detalhados por informações litológicas e de gênese. Desta maneira, os domínios montanhosos e de morros, depois de agrupados, se subdividiram em: Escarpas da Serra do Mar; Maciços Costeiros e Interiores; Maciços Intrusivos Alcalinos e Patamares Residuais. Os Morrotes e Colinas foram agrupados, e posteriormente subdivididos, em: Colinas e Morrotes Isolados; e Colinas e Morrotes Suavemente Dissecados. As Planícies foram divididas em: Planícies Fluviais (fig. 5.7) e Planícies Costeiras (quadro 5.4)



Figura 5.7. Planície do Médio São João à frente, seguida de Patamares Residuais e Escarpa da Serra do Mar ao fundo.

A classificação final dos Grupos de Paisagem resultou da consideração dos dados de clima, declividade, forma do terreno, solos, hidrografia, radiação solar e orientação das encostas. Os dados de clima, radiação solar e orientação das encostas foram fundamentais para a classificação das vertentes mais e menos úmidas, e os dados de declividade foram determinantes para o mapeamento das escarpas da Serra do Mar. Já os dados de forma do terreno e hidrografia foram importantes para classificação dos topos de morros e de montanhas, além da identificação dos vales intramontanos. A utilização dos dados de solos tornou possível a subdivisão de todas as planícies fluviais presentes na BHRSJ. É importante ainda ressaltar que todas as unidades de paisagem mapeadas herdaram as informações de suas regiões de paisagem pertencentes (quadro 5.5 e fig. 5.8).

Quadro 5.5: Subdivisão do relevo em Grupos de Paisagem

Domínios	Relevos	Grupos de Paisagem
Plano	Planícies Fluviais	Planícies Alúvio-coluvionares em Neossolos Flúvicos
		Planícies Aluviais com Solos Gleí Salinos e Solódicos
		Planícies Aluviais com Solos Gleí Álicos
	Planícies Costeiras	Planícies Costeiras
Colinas e Morrotes	Colinas e Morrotes Isolados	Colinas e Morrotes Isolados
	Colinas e Morrotes Suavemente Dissecados	Colinas e Morrotes Suavemente Dissecados
Morros e Montanhas	Escarpas da Serra do Mar	Topos de Morros e Montanhas
		Vertentes Escarpadas
		Vertentes Íngremes
		Vales em Morros ou Intramontanos
	Maciços Costeiros e Interiores	Topos de Morros e Montanhas
		Encostas e Escarpadas dos Maciços Costeiros e Interiores
		Vales em Morros ou Intramontanos
	Maciços Intrusivos Alcalinos	Topos de Morros e Montanhas
		Encostas e Escarpadas dos Maciços Intrusivos Alcalinos
		Vales em Morros ou Intramontanos
	Patamares Residuais	Montanhas e Morros Rebaixados
		Vertentes Sul-Sudeste dos Patamares Residuais
		Vertentes Norte-Noroeste dos Patamares Residuais

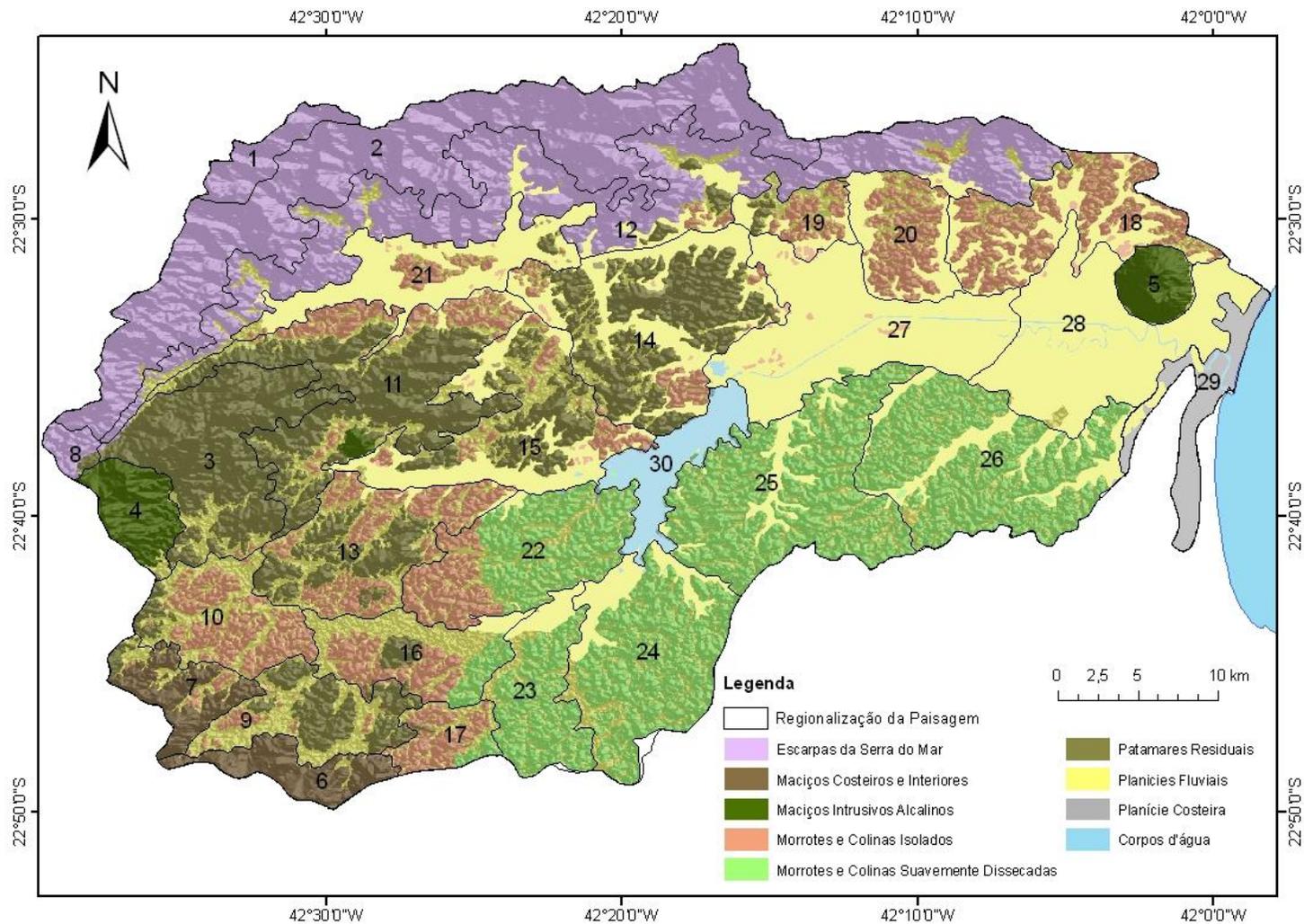


Figura 5.8. Mapa do primeiro nível de classificação dos grupos de paisagem. Projeção Cilíndrica Equirretângular. Datum: Sirgas 2000.

Os critérios adotados para a classificação dos Grupos de Paisagem (quadro 5.6) foram definidos a partir das consultas bibliográficas (RODRIGUEZ, 2004), observações de campo, análise dos dados e discussões com especialistas que atuam na área de estudo. É importante ainda ressaltar que estes diferentes Grupos de Paisagem diferenciam-se não somente por sua composição físico-química, mas também por apresentarem particularidades em seus estados, em sua interação com a vegetação, em sua dinâmica de processos e, principalmente, por serem singulares do ponto de vista Geossistêmico.



Figura 5.9. Colinas Isoladas em planícies aluviais. Exemplo de uma das classes dos Grupos de Paisagem (Colinas e Morrotes Isolados)

Quadro 5.6: Critérios para definição dos Grupos de Paisagem para a BHRSJ

Grupos de Paisagem	Critérios para Classificação no 3º Nível
Topos de Morros ou Topo de Montanhas	Áreas planas localizadas nas linhas de cumeeada, com dispersão de fluxos, em domínios de morros ou de montanhas.
Montanhas e Morros Rebaixados	Montanhas ou morros residuais, resultantes do recuo da escarpa da Serra do Mar.
Colinas e Morrotes Isolados	Colinas e morrotes residuais, circundados por planícies aluviais ou alúvio – coluvionares.
Colinas e Morrotes Suavemente Dissecadas	Colinas muito pouco dissecadas, com predomínio de vertentes convexas e topos arredondados.
Encostas e Escarpas dos Maciços Alcalinos Intrusivos	Áreas com declividades superiores a 15% nos domínios montanhosos dos maciços alcalinos intrusivos.
Encostas e Escarpas dos Maciços Costeiros e Interiores	Áreas com declividades superiores a 15% nos domínios montanhosos dos maciços costeiros e interiores.
Vertentes Escarpadas	Vertentes com declividades superiores a 45% nos domínios montanhosos da Serra do Mar.
Vertentes Íngremes	Vertentes com declividades superiores a 15% e inferiores a 45% nos domínios montanhosos da Serra do Mar.
Vertentes Norte-Noroeste dos Patamares Residuais	Vertentes dos Patamares Residuais da Serra do Mar com declividades superiores a 15% e orientação norte ou noroeste (maior radiação solar).
Vertentes Sul-Sudeste dos Patamares Residuais	Vertentes dos Patamares Residuais da Serra do Mar com declividades superiores a 15% e orientação sul ou sudeste (menor radiação solar).
Planícies Aluviais com Solos Glei Álicos	Planícies com sedimentação fluvial, com solos argilosos mal drenados e saturados de alumínio.
Planícies Aluviais com Solos Glei Salinos e Solódicos	Planícies com sedimentação fluvial, com solos argilosos mal drenados e saturados em sais e sódio.
Planícies Alúvio – Coluvionares com Neossolos Flúvicos	Planícies com sedimentação alúvio-coluvionar, com predomínio de solos jovens de origem Quaternária.
Vales em Morros ou Intramontanos	Áreas com grande acúmulo de fluxos de drenagem, com formação em V, inseridas nos domínios montanhosos ou de morros.
Planície Costeira	Planícies formadas por sedimentação flúvio-marinha, com formação de espodossolos ou areias quartzosas.
Corpos Hídricos	Representam todos os corpos hídricos superficiais, sejam eles naturais ou artificiais.

Como fora mencionado em capítulos anteriores, a BHRSJ apresenta um conjunto muito diferenciado de paisagens devido, fundamentalmente, a sua grande diversidade geológica, geomorfológica, climática, hidrológica e pedológica. Além disso não podemos deixar de mencionar aspectos da sua localização geográfica, já que seus limites se estendem desde o litoral até a escarpa da Serra do Mar, passando ainda pelos maciços costeiros do Leste Fluminense.

É importante voltarmos a mencionar estes fatores, uma vez que esta grande variação de ambientes fez com que as etapas de generalização cartográfica se tornassem muito dispendiosas. Uma destas etapas consistiu na generalização das classes espacialmente menos representativas, ou seja, que ocorrem em um percentual de área total inferior que 1% em toda Bacia. Para supressão destas classes menores foram realizados processos de generalização semântica, onde as áreas representadas por estas classes foram incorporadas pelas classes que tematicamente mais se aproximavam.

Além da supressão de classes pouco significativas, também foram eliminados os polígonos que tiveram pouca representatividade espacial, ou seja, recortes com área inferior a 1 km². Esse valor limítrofe para o tamanho das áreas foi encontrado após diferentes observações, em sucessivas tentativas, para que chegássemos ao limiar que removesse todos os ruídos do mapa, comprometendo minimamente a representação correta do tema.

Neste sentido, devemos ressaltar que as dezesseis classes que compõem a legenda dos Grupos de Paisagem (fig. 5.10) não representam toda diversidade paisagística existente na BHRSJ, mas apresenta da melhor forma possível as maiores ocorrências dentro da escala proposta para esta representação.

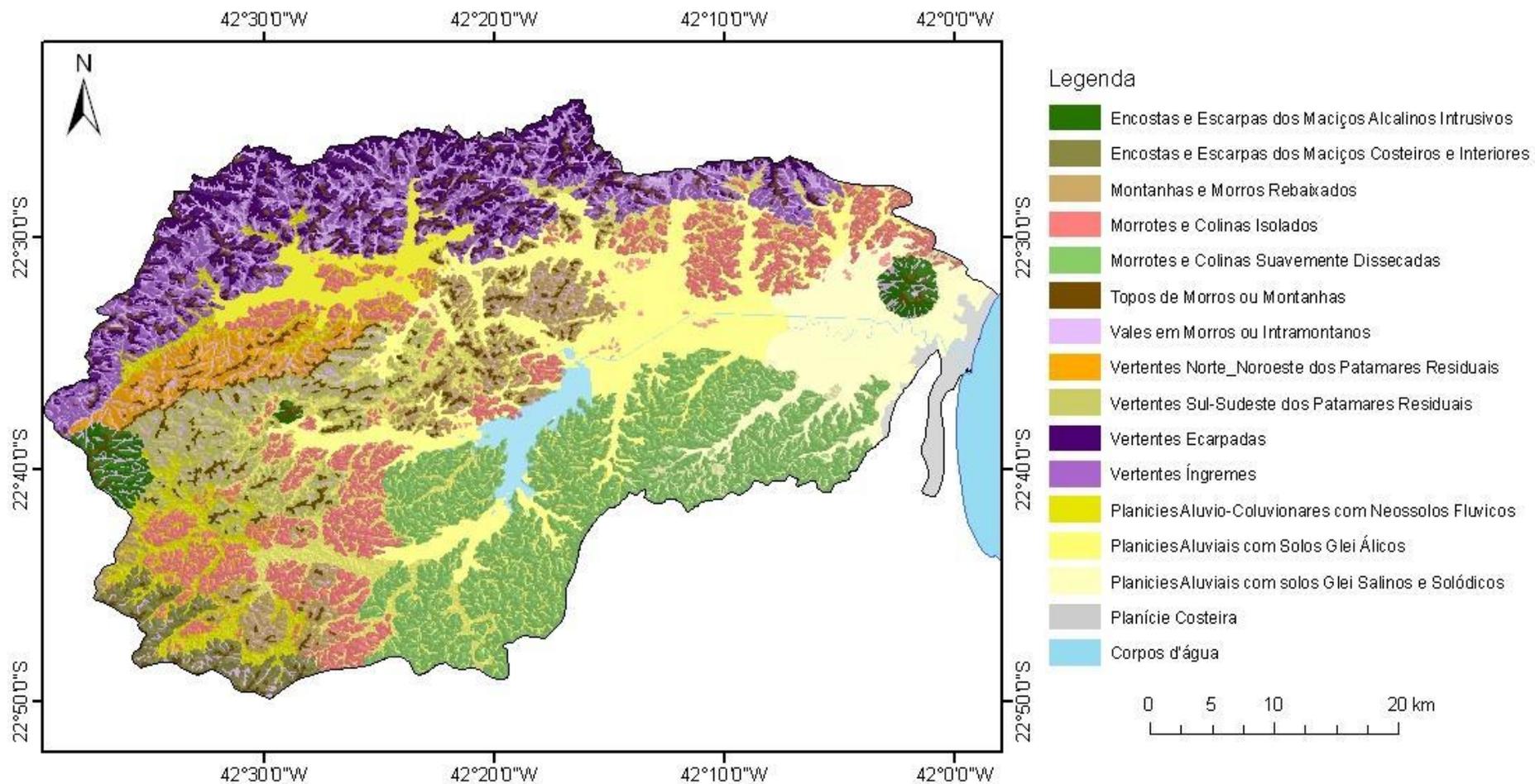


Figura 5.10. Mapa de Grupos de Paisagem na BHRSJ.

Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas 2000.

5.1.3 - Análise do estado de conservação das paisagens da bacia hidrográfica do rio São João, rj.

Os mapas de grupos de paisagem e de uso e cobertura da terra forneceram importantes subsídios para a compreensão e análise do estado de conservação da BHRSJ. Os resultados apontaram a pastagem como uso predominante na bacia, ocupando principalmente os terrenos planos e colinosos da área de estudo, com o percentual de 55,5% de sua cobertura total. Em seguida, temos 32,6% de cobertura florestal, encontrados principalmente em fragmentos florestais protegidos por unidades de conservação ou em áreas de difícil acessibilidade, ou seja, nas encostas da serra do mar, no morro de São João e na rebio poço das antas. A planície costeira da bacia encontra-se muito alterada, tendo a ocupação urbana (moderada ou rarefeita) como principal uso. Na tabela 5.1, podemos avaliar as unidades de paisagem segundo seu percentual de cobertura natural e, a partir daí, inferir o seu estado de conservação.

Os resultados ainda apontam que 33% dos fragmentos de floresta mapeados na BHRSJ são encontrados em vertentes escarpadas ou íngremes, 12% são encontrados nos vales em morros ou intramontanos, 11% são encontrados nos patamares residuais e 9% das florestas são encontradas em topo de morros ou montanhas (cristalinos e alcalinos). Aproximadamente 12% do total de cobertura florestal são encontrados nas planícies da bacia, o que pode ser considerado pouco em termos relativos, já que as planícies (fluviais e costeira) representam cerca de 35% da área total da bhर्सj. Os cálculos de área efetuados neste trabalho atendem a escala de 1:100.000, e para tal, fizemos uso da projeção cônica de Albers.

Tabela 5.1: Análise do Estado de Conservação das Unidades de Paisagem

Unidades da Paisagem	% Área UP	Área CN (m ²)	% Área CN
Vertentes Escarpadas	6,29	12.084,80	90,86
Vertentes Íngremes	7,13	10.957,65	72,60
Vales em Morros ou Intramontanos	6,10	8.268,26	64,09
Topos de Morros ou Montanhas	3,57	6.274,30	83,04
Colinas e Morrotes Isolados	10,70	5.484,98	24,24
Planícies Aluviais com Solos Glei Álicos	19,95	5.132,77	12,16
Montanhas e Morros Rebaixados	4,71	4.246,24	42,64
Vertentes Sul-Sudeste dos Patamares Residuais	4,60	4.227,26	43,41
Vertentes Norte-Noroeste dos Patamares Residuais	2,35	3.615,47	72,70
Morrotes e Colinas Suavemente Dissecadas	14,87	2.570,18	8,17
Encostas e Escarpas dos Maciços Alcalinos Intrusivos	1,50	2.394,47	75,48
Planícies Aluvio-Coluvionares com Neossolos Flúvicos	6,53	1.328,18	9,61
Encostas e Escarpas dos Maciços Costeiros e Interiores	1,81	900,94	23,48
Planícies Aluviais com solos Glei Salinos e Solódicos	7,01	1289,00	8,69
Planície Costeira	1,31	414,64	14,99
Água	1,57	0,00	0,00
Total	100	69.189,13	32,70

% Área UP = Percentual da unidade de paisagem em relação à área total da bacia. Área CN = Área total com cobertura natural. % Área CN = Percentual de cobertura natural em relação à área total de floresta na bacia. Em destaque, as classes com maior ocorrência na BHRSJ.

5.1.4 - Classificação das Tipologias da Paisagem

De acordo com Rodriguez *et. al.* (2007), o procedimento de tipificar as paisagens consiste em determinar um sistema de divisão espacial de objetos semelhantes ou análogos de acordo com aspectos naturais e modificados pela ação do homem, compreendendo a composição, estrutura, relações e desenvolvimento de cada uma das tipologias identificadas.

As tipologias podem, ao contrário das regiões de paisagem, se repetir no espaço. Significa dizer que dentro de uma determinada região de paisagem, ou até mesmo em diferentes regiões de paisagem, podemos encontrar áreas classificadas com uma mesma tipologia de paisagem. Podemos ainda afirmar que as tipologias são as menores unidades de análise geoecológica, e sua área mínima será determinada a partir da escala geográfica de análise e de acordo com a escala cartográfica de representação.

No presente trabalho, duas áreas da BHRSJ foram selecionadas para serem classificadas a partir de suas tipologias. A área 1 representa um recorte da região de paisagem de Poço das Antas, e a área 2 representa um recorte da Escarpa Transicional da Serra do Mar (fig. 5.11). A escolha destas áreas está associada à diversidade de grupos de paisagem, e tipologias, o que torna a análise bem representativa. Além disso, levamos também em consideração a disponibilidade da composição colorida (fusionada) de uma imagem WorldView II, do ano de 2010, cuja resolução espacial é de 0,5 m. Esta imagem abrange todo o município de Silva Jardim, e foi cedida pela Secretaria de Meio Ambiente deste mesmo município.

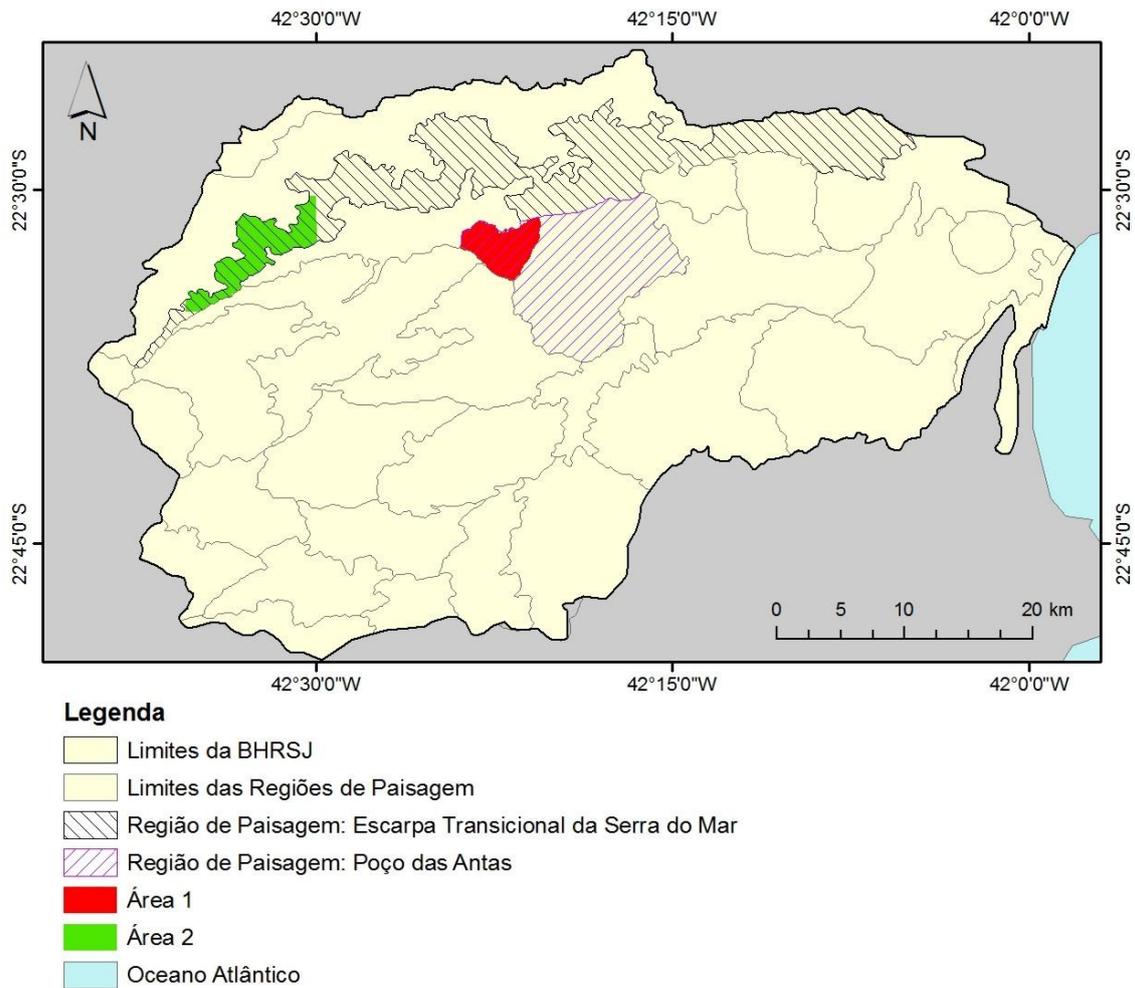


Figura 5.11. Localização das áreas em que as tipologias foram mapeadas (Área 1 e Área 2). Projeção Cilíndrica Equirretângular. Datum: Sirgas 2000.

As tipologias de paisagem foram encontradas a partir da subdivisão dos grupos de paisagem pelo Uso e Cobertura da Terra atual, editado a partir da imagem WorldView (2010). Neste processo, as unidades foram também ajustadas a partir de processo de edição, sobre esta mesma imagem (fig. 5.12).



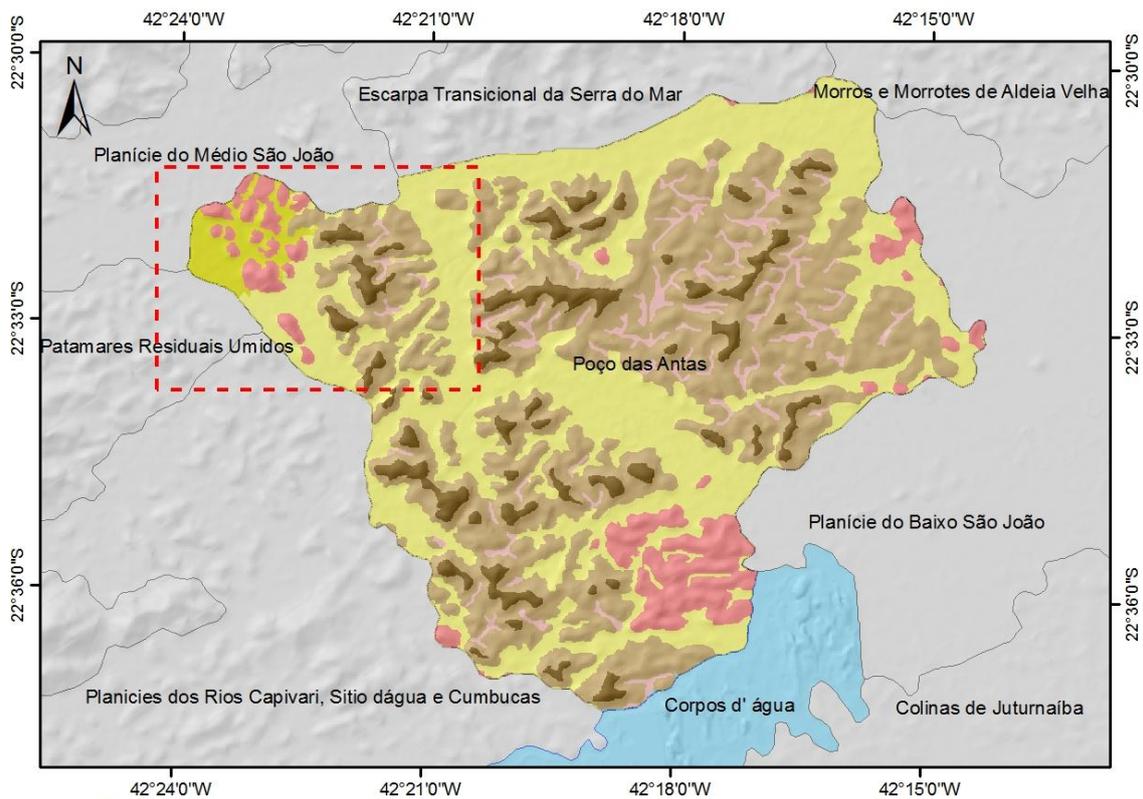
Figura 5.12. Edições sobre a imagem Worldview II. 1- Edição dos grupos de paisagem; 2- Edição do uso e cobertura atual.

Neste trabalho não foram realizados testes e mensurações capazes de elucidar com clareza se o mapeamento atendeu com eficiência a escala de representação cartográfica objetivada, 1:10.000. Porém, pudemos constatar que o nível de detalhamento encontrado atende ao objetivo desta pesquisa, que era identificar com clareza as diferentes tipologias de paisagem, que serão adotadas (e apresentadas no próximo capítulo da Tese) como unidades de representação da favorabilidade à recuperação florestal.

A área 1 está inserida na porção noroeste da região de paisagem de Poço das Antas, tendo uma área de aproximadamente 17.82 km². A escolha desta área justifica-se pela ocorrência de áreas desmatadas em um contexto de grande diversidade de ambientes, tornando interessante a posterior análise de favorabilidade (fig. 5.13).

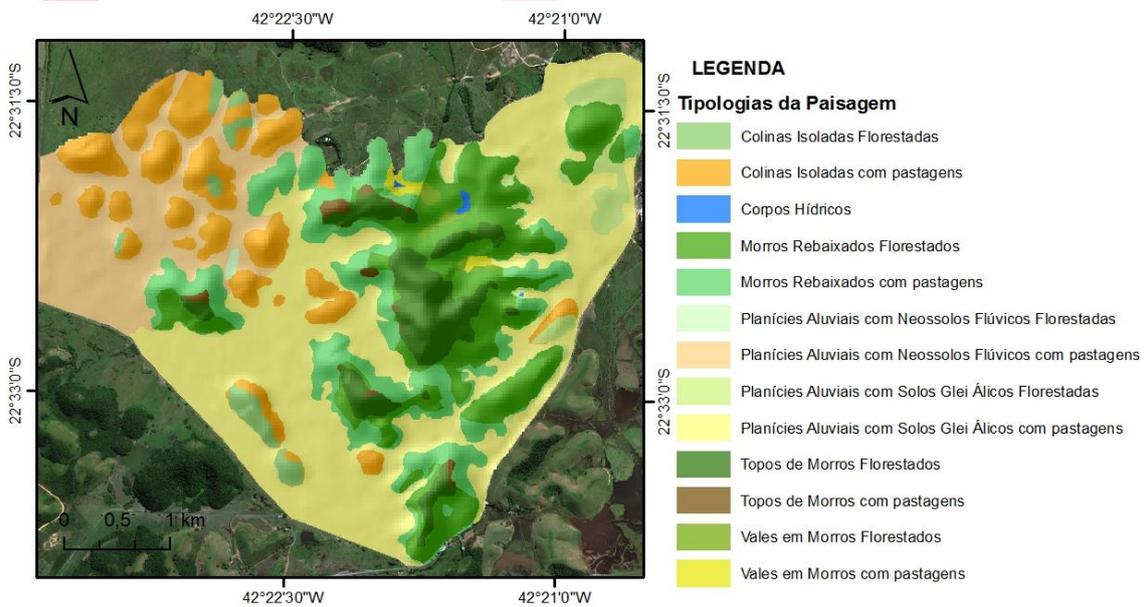
Na área 1, foram encontradas 13 diferentes tipologias de paisagem, sendo elas:

- 1 - Colinas Isoladas Florestadas
- 2 - Colinas Isoladas com Pastagens
- 3 - Morros Rebaixados Florestados
- 4 - Morros Rebaixados com Pastagens
- 5 - Planícies Aluviais com Neossolos Flúvicos Florestadas
- 6 - Planícies Aluviais com Neossolos com Pastagens
- 7 - Planícies Aluviais com Solos Glei Álicos Florestadas
- 8 - Planícies Aluviais com Solos Glei Álicos com Pastagens
- 9 - Topos de Morros Florestados
- 10 - Topos de Morros com Pastagens
- 11 - Vales em Morros Florestados
- 12 - Vales em Morros com Pastagens
- 13 - Corpos Hídricos



LEGENDA

- Corpos d' água
- Regiões de Paisagem da BHR SJ
- Grupos de Paisagem: Poço das Antas**
- Montanhas e Morros Rebaixados
- Morrotes e Colinas Isolados
- Planícies Aluviais com Solos Glei Álicos
- Planícies Aluvio-Coluvionares com Neossolos Flúvicos
- Topos de Morros ou Montanhas
- Vales em Morros ou Intramontanos



LEGENDA

- Tipologias da Paisagem**
- Colinas Isoladas Florestadas
 - Colinas Isoladas com pastagens
 - Corpos Hídricos
 - Morros Rebaixados Florestados
 - Morros Rebaixados com pastagens
 - Planícies Aluviais com Neossolos Flúvicos Florestadas
 - Planícies Aluviais com Neossolos Flúvicos com pastagens
 - Planícies Aluviais com Solos Glei Álicos Florestadas
 - Planícies Aluviais com Solos Glei Álicos com pastagens
 - Topos de Morros Florestados
 - Topos de Morros com pastagens
 - Vales em Morros Florestados
 - Vales em Morros com pastagens

Figura 5.13. Tipologia de Paisagem em Poço das Antas. Projeção Cilíndrica Equirretângular.

Datum: Sirgas 2000.

A área 2 está localizada na porção oeste da região de paisagem da Escarpa Transicional da Serra do Mar, tendo uma área de aproximadamente 25,8 km². Esta área também apresenta uma grande variedade de formações e usos, tornando o exercício de delimitação das tipologias bastante interessante (Fig. 5.14).

Na área 2, foram encontradas 19 diferentes tipologias de paisagem, sendo elas:

- 1 - Planícies Aluvio-Coluvionares com Neossolos Fluvicos Florestadas
- 2 - Planícies Aluvio-Coluvionares com Neossolos Fluvicos com Agricultura
- 3 - Planícies Aluvio-Coluvionares com Neossolos Fluvicos com Ocupação Humana
- 4 - Planícies Aluvio-Coluvionares com Neossolos Fluvicos com Pastagem
- 5 - Topos de Morros ou Montanhas Florestados
- 6 - Topos de Morros ou Montanhas com Pastagens
- 7 - Vales em Morros ou Intramontanos Florestados
- 8 - Vales em Morros ou Intramontanos com Ocupação Humana
- 9 - Vales em Morros ou Intramontanos com Agricultura
- 10 - Vales em Morros ou Intramontanos com Pastagens
- 11 - Vertentes Escarpadas Florestadas
- 12 - Vertentes Escarpadas com Agricultura
- 13 - Vertentes Escarpadas com Pastagens
- 14 - Vertentes Íngremes Florestadas
- 15 - Vertentes Íngremes com Agricultura
- 16 - Vertentes Íngremes com Ocupação Humana
- 17 - Vertentes Íngremes com Pastagens
- 18 - Área com Passagem de Gasoduto
- 19 - Corpos Hídricos

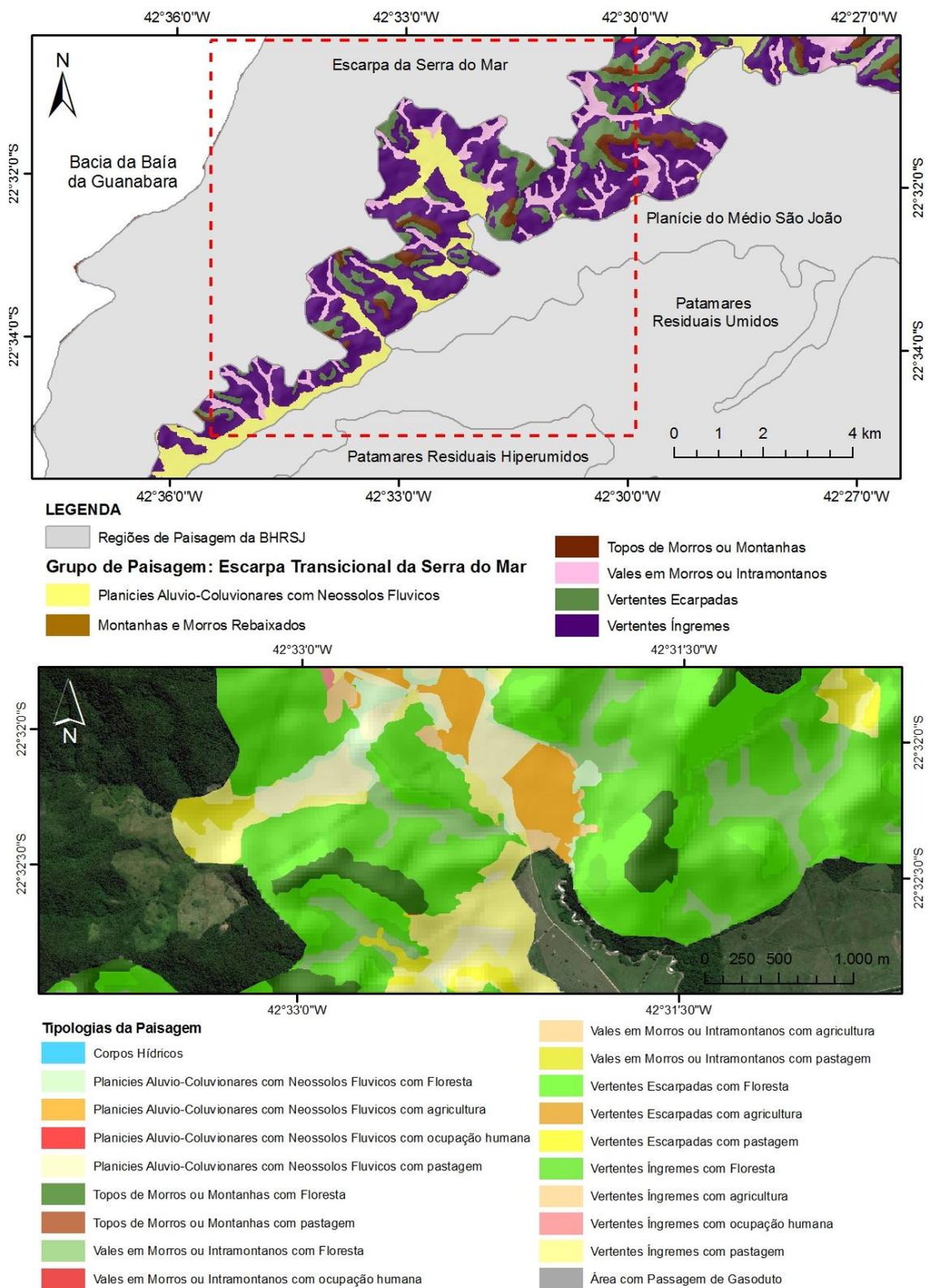


Figura 5.14. Tipologia de Paisagem na Escarpa Transicional da Serra do Mar. Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas 2000.

Cada tipologia de paisagem recebe informações relativas ao grupo e região de paisagem a que pertence, tendo estas informações armazenadas em um Banco de Dados Geográfico, em ambiente SIG (ArcGis 9.3). Além destas informações, cada tipologia armazena informações da evolução do uso e cobertura do solo do grupo de paisagem a que pertence (Fig. 5.15).

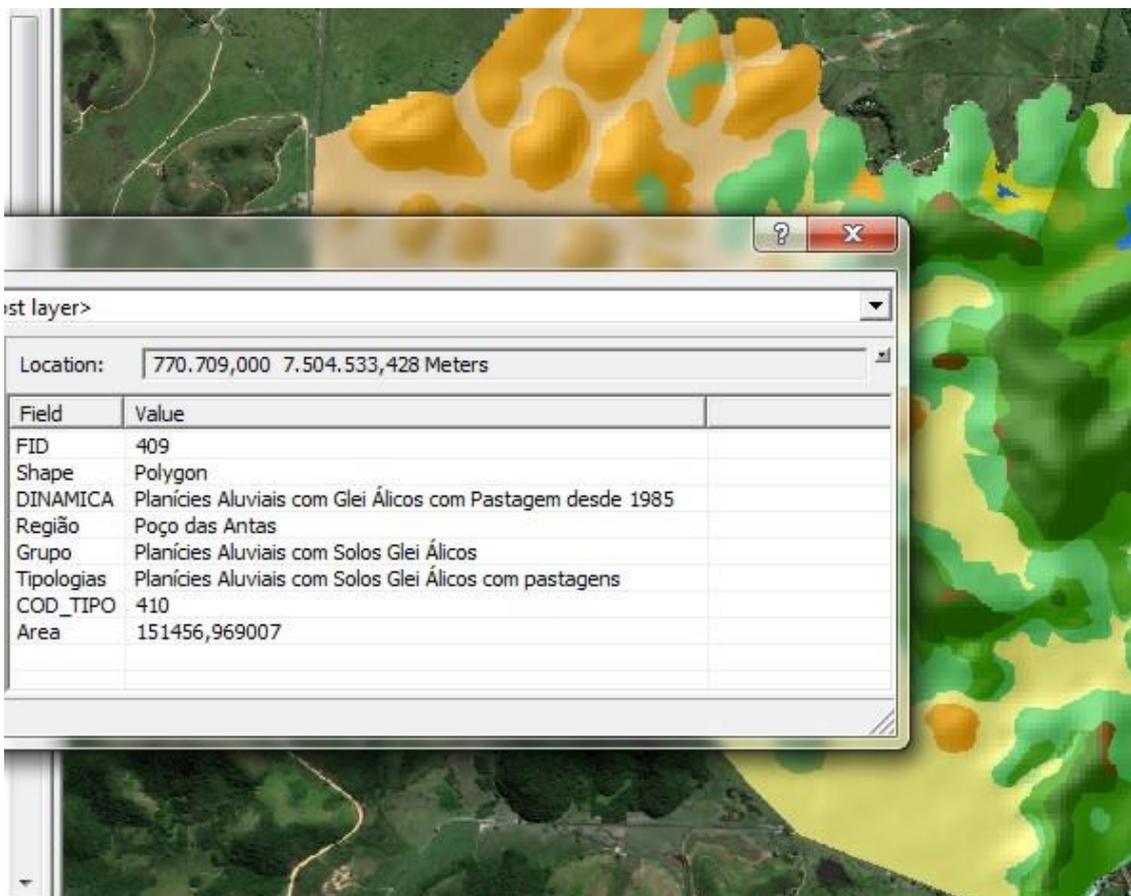


Figura 5.15. BDG para Tipologias da Paisagem

5.2 - Conclusões

A classificação multiescalar e hierárquica da paisagem tornou-se viável a partir do uso de ferramentas de consulta e análise espacial, e de manipulações em BDG a partir do uso de SIG. A utilização destes recursos possibilitou a utilização de diferentes tipos de dados, em diferentes escalas e níveis de resolução, para a definição de um sistema de classificação geossistêmica da BHRSJ.

A regionalização da paisagem baseada na interpretação da matriz geocológica para BHRSJ mostrou resultados bem coerentes e compatíveis com a realidade da bacia estudada. A homogeneidade interna relativa em cada umas das 30 regiões de paisagem, assim como a diferença entre elas, puderam ser percebidas claramente a partir das observações de campo e de análises de dados (ex: Imagens de Satélite, etc.).

A classificação da bacia a partir dos grupos de paisagem exigiu um grande esforço de compatibilização dos dados, que envolveu muitas das vezes a adoção de processos de generalização e edição de dados. O mapeamento dos grupos de paisagem apresentou resultados satisfatórios, fato que se deve, principalmente, à classificação elaborada a partir de etapas articuladas e de forma hierárquica.

A classificação por grupos de paisagem permite também uma leitura diferenciada do espaço geográfico, possibilitando um olhar mais integrado e sistêmico de grande parte os aspectos abióticos presentes na superfície analisada.

O mapeamento temático em grandes escalas, ou seja, com alta capacidade de detalhamento, mostrou-se importante para estudos voltados para o planejamento e ações voltados para a recuperação de área degradadas. Neste sentido, o mapeamento das tipologias da paisagem, consideradas neste trabalho como a menor

unidade de análise, a partir do uso do mapa de grupos de paisagem e da Imagem *Worldview II* (2010) apresentou resultados satisfatórios, atendendo às expectativas existentes. Cada tipologia armazena, a partir de sua tabela de dados, informações a respeito da região e grupo de paisagem pertencentes.

Desta maneira podemos concluir que a realização de classificações e mapeamento da paisagem em diferentes escalas, de forma articulada e hierárquica, é possível se feita dentro da perspectiva geossistêmica e fazendo uso de ferramentas de consulta e análise espacial.

VI - Favorabilidade à recuperação florestal na BHRSJ

A Favorabilidade à Recuperação Florestal representa a capacidade do geossistema em restabelecer as condições estruturais e de funcionamento necessárias para que ocorra a recuperação de áreas degradadas. Sendo assim, uma área considerada favorável à recuperação florestal apresenta características abióticas, bióticas e sócio-econômicas que oferecem boas condições para que ocorra o processo de recuperação florestal.

Para a sua determinação, torna-se imprescindível a utilização de instrumentos capazes de permitir a investigação integrada e multiescalar de diferentes variáveis, que, ao serem analisadas em conjunto, podem oferecer subsídios para a melhor compreensão das estruturas, funcionamento e dinâmica dos geossistemas que deverão ser recuperados.

Para os estudos aqui propostos foi construído um modelo de Favorabilidade à Recuperação Florestal considerando indicadores abióticos, bióticos e sócio-econômicos da BHRSJ para a classificação das áreas segundo o seu grau, ou nível, de favorabilidade à recuperação. Para tal, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento, principalmente recursos voltados para análises espaciais em SIG e sensoriamento remoto.

Seguindo esta proposta, foram aplicados questionários a um grupo de especialistas e utilizada análise multicriterial, onde pesos e notas são atribuídos para os temas e classes arrolados no modelo. Os resultados destas etapas permitiram a construção do modelo final de Favorabilidade à Recuperação Florestal, que foi então aplicado à BHRSJ.

Em seguida, a favorabilidade foi mapeada a partir de uma grade retangular regular de valores (GRID), ou seja, em superfície contínua, e posteriormente foi

calculada para as unidades de paisagem da BHRSJ (regiões, grupos e tipologias de paisagem). Desta forma, podemos considerar a favorabilidade em diferentes escalas de ocorrência, analisando-a de forma hierárquica e integrada (fig. 6.1).

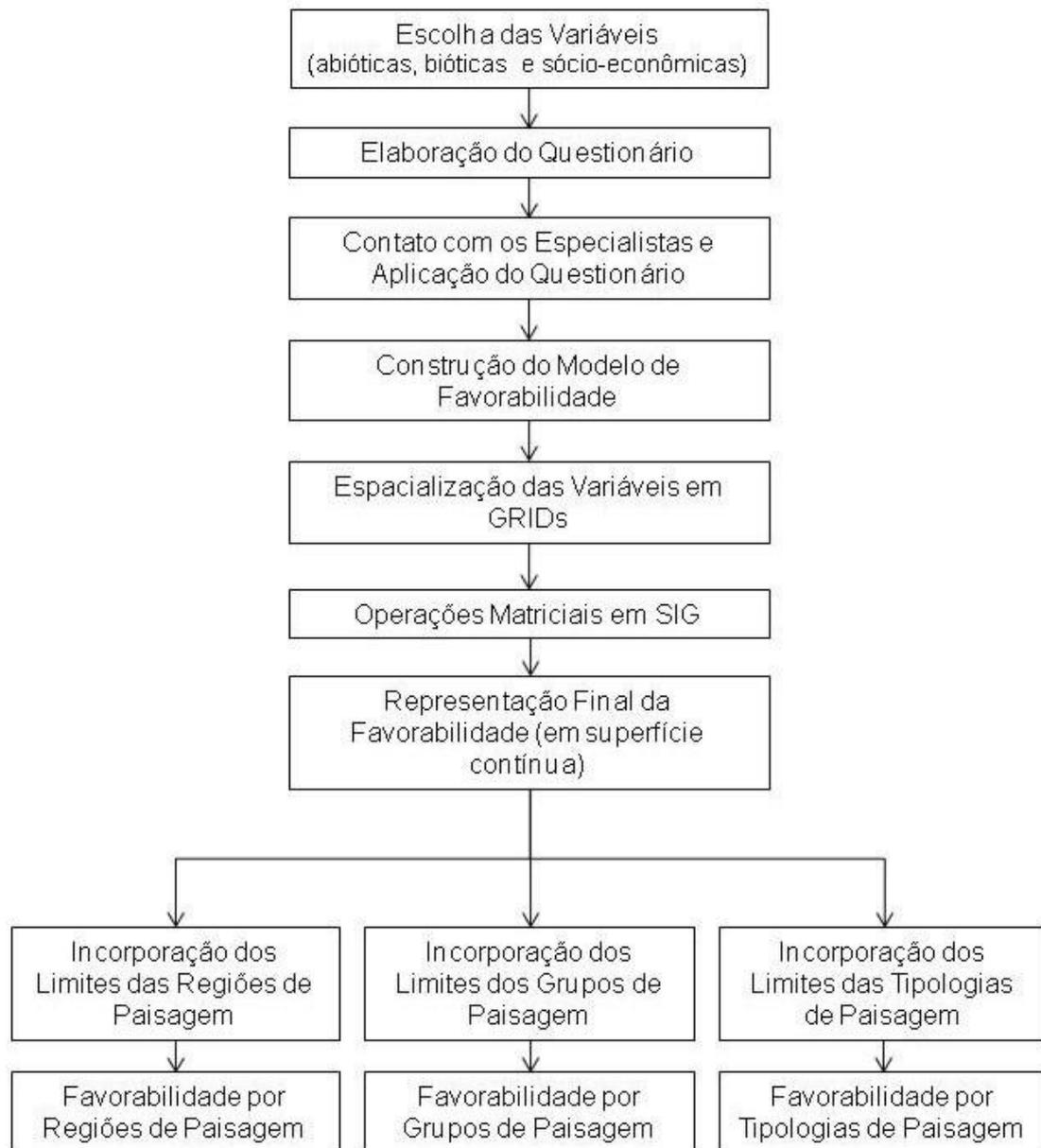


Figura 6.26. Fluxograma de Atividades para a determinação da Favorabilidade à Recuperação Florestal.

É importante ainda destacar que a favorabilidade neste trabalho foi analisada de forma relativa, e que todos os intervalos de classe definidos a partir dos níveis de

favorabilidade encontrados a partir do modelo foram convertidos em classes qualitativas. Sendo assim, seremos capazes de afirmar quais áreas são mais ou menos favoráveis à recuperação florestal considerando a realidade da BHRSJ, sendo necessários estudos de outras áreas, com diferentes características, para a definição de um modelo ou regra geral de análise.

6.1 - Análise Multicriterial para Determinação da Favorabilidade à Recuperação Florestal

Os estudos ambientais muitas vezes necessitam de resultados que permitam a avaliação geral do estado do meio ambiente, considerando os diferentes impactos e respostas existentes em determinados recortes espaciais. Para tal avaliação, é importante a utilização de mecanismos que permitam a sobreposição e valoração de diferentes tipos de variáveis. Em muitos destes estudos, é comum a utilização de análise multicriterial, que permite a valoração de diferentes temas, e suas respectivas classes, a partir de pesos e notas atribuídos por diferentes tipos de especialistas.

Na análise multicriterial, os pesos são atribuídos aos temas (ou níveis de informação) e as notas são atribuídas a cada uma das classes existentes para cada tema. Numa análise multicriterial para avaliação do potencial agrícola de uma região, por exemplo, o tema “solos” terá um peso alto por ser o mais importante critério nesta análise, e suas classes serão valoradas de acordo com sua contribuição para o potencial agrícola. Desta forma, se um tipo de solo for considerado muito desfavorável para agricultura, por exemplo, esta classe poderá receber valores muito baixos ou até mesmo negativos, para caracterizar a área de sua ocorrência como muito desfavorável para agricultura.

O resultado final da análise se dá pelo somatório dos pesos e notas de cada um dos temas, e suas respectivas classes, divididos pelo número de temas arrolados na investigação. Os resultados finais da análise podem ser apresentados em valores absolutos, ou ainda reclassificados, para que esteja adequado aos estudos que são propostos. Ainda é importante ressaltar que este critério de avaliação se aplica de forma diferente a cada problemática e área de estudos, considerando às particularidades de cada situação.

Para a determinação da Favorabilidade à Recuperação Florestal na BHRSJ foram aplicados questionários para nove especialistas, com o objetivo de encontrarmos os pesos e notas necessários para a aplicação da análise multicriterial. Estes especialistas, de diferentes áreas do conhecimento, participaram da construção dos pesos e notas de doze, dos dezesseis indicadores selecionados para esta pesquisa. Quatro indicadores foram incorporados posteriormente ao estudo, e esta é a razão para os mesmos não terem sido considerados no questionário inicial. Para estes indicadores foram considerados os resultados encontrados por Keidel *et. al.* (2011), pesquisa bibliográfica e considerações apontadas por pesquisadores que atuam na BHRSJ.

A partir do quadro 6.1, podemos observar quais indicadores foram selecionados para a determinação da Favorabilidade à Recuperação Florestal na BHRSJ, além do método de determinação de seus pesos e notas, para aplicação posterior da análise multicriterial.

Quadro 6.1 - Indicadores de Favorabilidade à Recuperação Florestal e Método de Determinação dos Pesos e Notas

Indicadores	Determinação
1 - Litologia	Questionário/Especialistas
2 - Solo	Questionário/Especialistas
3 - Clima	Questionário/Especialistas
4- Exposição ao Vento (orientação)	Questionário/Especialistas
5 - Exposição ao Sol	Questionário/Especialistas
6 - Forma do Terreno	Questionário/Especialistas
7 - Declividade	Questionário/Especialistas
8 - Altitude	Questionário/Especialistas
9 - Disponibilidade Hídrica Superficial	Questionário/Especialistas
10 - Histórico do Uso e Cobertura da Terra	Questionário/Especialistas
11 - Grau de Transformação Antrópica	Questionário/Especialistas
12 - Domínio Geomorfológico	Questionário/Especialistas
13 - Dimensão do Fragmento de Uso	Pesquisa Bibliográfica
14 - Proximidade com Fragmentos Florestais	Pesquisa Bibliográfica
15 - Pressão Populacional	Pesquisa Bibliográfica
16 - Proteção Legal	Pesquisa Bibliográfica

A partir do questionário aplicados aos especialistas foram valorados 12 pesos e 656 notas. Em uma planilha de dados, foram calculados o desvio padrão para cada peso e nota, afim de encontrarmos as possíveis discrepâncias de pesos e/ou notas atribuídos pelos pesquisadores. Em 43% dos pesos e notas, o desvio padrão das notas não ultrapassou o valor de 2 pontos, o que foi considerado um valor baixo para nossos objetivos.

Para as demais situações foram excluídas as maiores e menores notas atribuídas, tanto para os pesos quanto para as notas, e foram então recalculadas as médias finais (quadro 6.2). Nesta etapa, foram excluídas apenas 17% dos pesos e notas atribuídos pelos especialistas, e desta maneira o desvio padrão de 99,2% de notas e pesos para todos os temas e classes não ultrapassaram o valor de 2 pontos.

Em seguida foram valorados os pesos e notas¹¹ para os 4 temas restantes (Dimensão do Fragmento de Uso, Proximidade com Fragmentos Florestais, Pressão Populacional, Proteção Legal), e suas respectivas classes, incorporados posteriormente ao modelo (quadro 6.3).

Os temas foram convertidos em superfícies contínuas (MNT), em formato matricial, já com seus valores finais de favorabilidade (Peso x Nota) (fig. 6.2). Em seguida foram calculados os valores finais da favorabilidade, que é o resultado da soma da favorabilidade por tema, dividido por 16 (número de temas).

A favorabilidade à recuperação florestal por ser calculada a partir do somatório das favorabilidades específicas de cada tema, divididas pelo número de temas, e pode ser representada matematicamente a partir da seguinte expressão:

$$\text{Favorabilidade} = \left[(L_{\text{peso}} \times L_{\text{nota}}) + (S_{\text{peso}} \times S_{\text{nota}}) + (Cl_{\text{peso}} \times Cl_{\text{nota}}) + (Ev_{\text{peso}} \times Ev_{\text{nota}}) + (Es_{\text{peso}} \times Es_{\text{nota}}) + (Ft_{\text{peso}} \times Ft_{\text{nota}}) + (De_{\text{peso}} \times De_{\text{nota}}) + (Al_{\text{peso}} \times Al_{\text{nota}}) + (Dhs_{\text{peso}} \times Dhs_{\text{nota}}) + (HUC_{\text{peso}} \times HUC_{\text{nota}}) + (GTA_{\text{peso}} \times GTA_{\text{nota}}) + (DG_{\text{peso}} \times DG_{\text{nota}}) + (Dfu_{\text{peso}} \times Dfu_{\text{nota}}) + (Pff_{\text{peso}} \times Pff_{\text{nota}}) + (Pp_{\text{peso}} \times Pp_{\text{nota}}) + (Pl_{\text{peso}} \times Pl_{\text{nota}}) \right] / 16$$

Onde:

L = Litologia; S = Solos; Cl = Clima; Ev = Exposição ao Vento; Es = Exposição ao Sol; Ft = Forma do Terreno; De = Declividade; Al = Altitude; Dhs = Distância de corpos hídricos superficiais; HUC = Histórico de Uso e Cobertura da Terra; GTA = Grau de Transformação Antrópica; DG = Domínio Geomorfológico; DFU = Dimensão do Fragmento de Uso; Pff = Proximidade de Fragmento Florestais; PP = Pressão Populacional; PL = Proteção Legal.

¹¹ As notas de todas as classes consideradas no modelo de favorabilidade a recuperação florestal serão apresentadas no anexo deste trabalho.

O valor de favorabilidade máxima possível, a partir do modelo gerado, seria de 54,78. Ou seja, se um ambiente qualquer reunisse todas as melhores condições favoráveis à sua recuperação, sua nota seria de 54,78 pontos. No entanto, o maior valor de favorabilidade encontrado na BHRSJ foi de 53,77 pontos. Este valor máximo foi encontrado em uma clareira, localizada na escarpa da Serra no Mar (fig. 6.2).

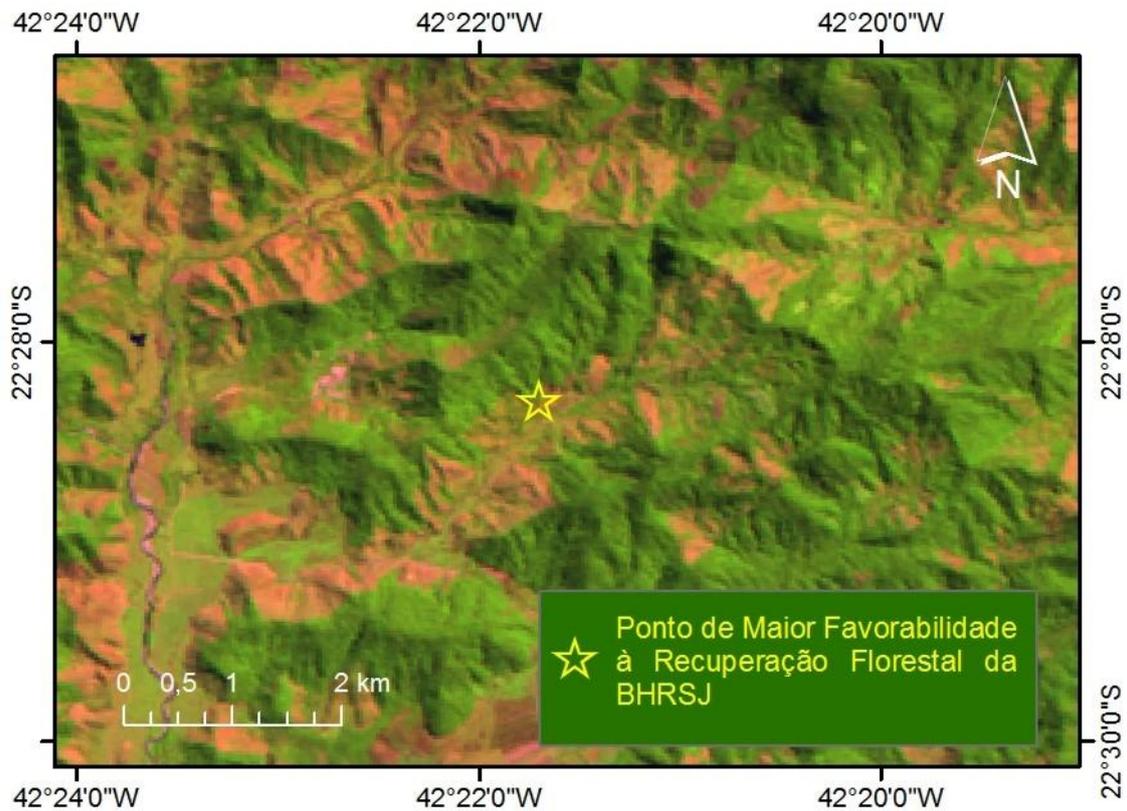


Figura 6.2. Localização do Ponto de Maior Favorabilidade à Recuperação Florestal da BHRSJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas 2000.

Quadro 6.2 - Pesos Atribuídos por Especialistas, Média Final e Desvio Padrão por Temas Indicadores de Favorabilidade à Recuperação Florestal na BHRSJ.

Temas	ESPECIALISTAS									Medias	Desv. PAD.
	ESP1	ESP2	ESP3	ESP4	ESP5	ESP6	ESP7	ESP8	ESP9		
Litologia	1	5	2	7	2	1	5	3	5	3,44	2,13
Solos	10	7	8	8	8	7	9	6	7	7,78	1,20
Aspectos Climáticos (pluviosidade e umidade)	3	7	7		9		8	6	8	6,86	1,95
Exposição ao Vento	3	5	5	8	5	4	7	4	5	5,11	1,54
Exposição ao Sol	4	5	8	9	6	6	7	4	6	6,11	1,69
Curvatura do Terreno	3		6	9		5	6	4	4	5,29	1,98
Declividade		10	8	7	10	9	9	6	6	8,13	1,64
Morfologia do Terreno	3	8	7	8	3	5	6	6	6	5,78	1,86
Grau de Transformação Antrópica	10		10	10	7	7	7	7	8	8,25	1,49
Altitude	6	3	4	7	4	5	5	4	7	5,00	1,41
Diponibilidade Hídrica Superficial (Proximidade com Corpos d'água)	7	5	3	10	6	6	8	7	7	6,56	1,94
Histórico do Uso e Cobertura da Terra	10		7	10	7.5	7	10	7	8	8,50	1,50

ESP= Especialistas; Desv. Pad.=Desvio Padrão; Em Amarelo estão assinalados os pesos deletados.

Já o valor mínimo possível, ou seja, o valor que representaria o recorte espacial que reuniria as piores condições possíveis para a recuperação seria de 17,05 pontos. No entanto, o valor mínimo encontrado na BHRSJ foi de 24,03 pontos, localizados nas manchas urbanas de Barra de São João e Silva Jardim.

Quadro 6.3 - Pesos para as variáveis não modeladas a partir dos questionários aplicados.

Tema	Peso
Dimensão do Fragmento de Uso	10
Proximidade com Fragmentos Florestais	8
Pressão Populacional	4
Proteção Legal	9

É importante ainda ressaltar que a favorabilidade à recuperação florestal foi mensurada apenas para as áreas com coberturas e/ou usos antrópicos, já que, de acordo com a proposta desta pesquisa, somente estas áreas seriam passíveis de recuperação. Ou seja, para as áreas com coberturas naturais (Florestas, Mangues, Áreas Úmidas, Cordões Arenosos e Corpos Hídricos) a favorabilidade à recuperação florestal não foi representada.

6.2 - Determinação da Favorabilidade à Recuperação Florestal na BHRSJ

A favorabilidade à recuperação florestal será apresentada e analisada em diferentes escalas e superfícies de representação. No primeiro momento, os resultados serão analisados através de uma representação em superfície contínua (MNT) gerada diretamente pelo modelo de favorabilidade e pelo cruzamento das informações temáticas, representadas a partir de GRIDS.

Em seguida, a favorabilidade será calculada para as unidades de paisagem mapeadas para a BHRSJ, ou seja, será apresentada e analisada segundo às regiões de paisagem, grupos de paisagem e tipologias de paisagem. Sendo assim, serão apresentadas as unidades de paisagem com menor e maior favorabilidade, em suas diferentes escalas de representação.

6.2.1 - Distribuição Espacial da Favorabilidade à Recuperação Florestal na BHRSJ

A favorabilidade à recuperação florestal na BHRSJ tem os seus maiores valores localizados na porção oeste e norte da bacia, estando na grande maioria associados aos relevos de morros e morrotes, ou ainda, às vertentes e escarpas da Serra do Mar. No entanto, as áreas que apresentam os níveis mais altos de favorabilidade (Favorabilidade Muito Alta) tem pouca representatividade na bacia, ocupando 3,6% de toda área mapeada (fig. 6.3).

As áreas de favorabilidade alta tem uma maior representatividade, cobrindo 13,7 % de área mapeada. Esta áreas também são encontradas nos morros e morrotes, e nas vertentes e escarpas da Serra do Mar, mas também aparecem com significativa presença em algumas planícies fluviais, principalmente na região de paisagem de Poço das Antas e na planície do Baixo São João (fig. 6.4).

As áreas com favorabilidade moderada são as mais representativas da BHRSJ, cobrindo aproximadamente 36% de toda a área estudada. Esta classe de favorabilidade é encontrada principalmente nas planícies fluviais e vales do médio e alto São João, nos vales e pequenas planícies situadas entre os morros e morrotes rebaixados da bacia do Capivari e das colinas e morrotes de Aldeia Velha e do Indaiçu-Seca.

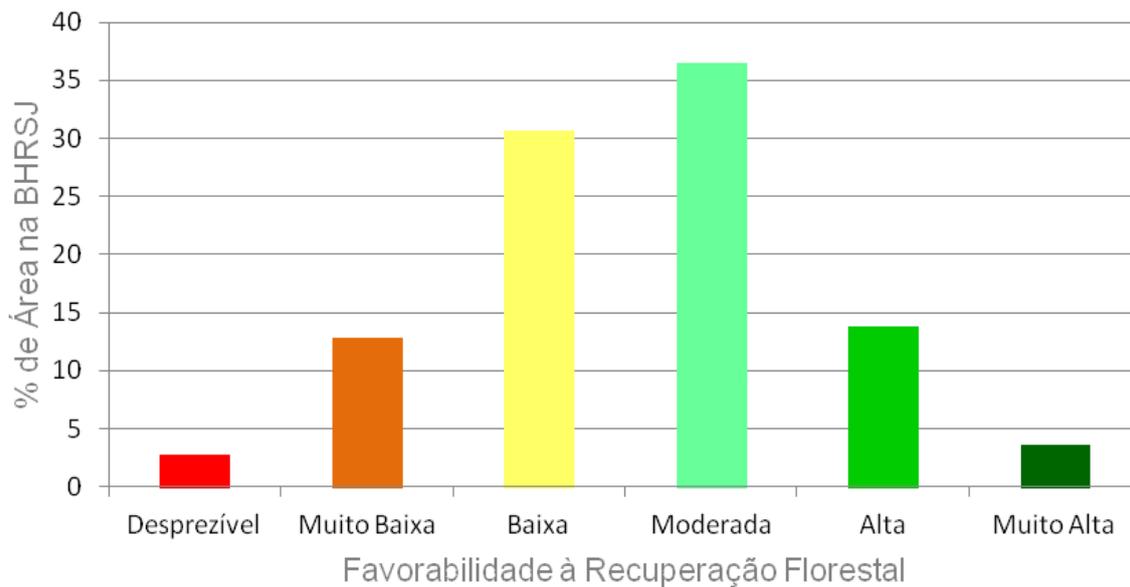


Figura 6.3. Percentual de Área das Classes de Favorabilidade à Recuperação Florestal na BHR SJ.

As áreas de favorabilidade muito baixa encontram-se distribuídas em recortes das planícies fluviais de toda a bacia, e cobrem boa parte das regiões de relevo colinoso. Esta classe também possui uma alta representatividade, estando presente em 30,6% de toda a área da BHR SJ.

Já os menores valores de favorabilidade foram encontrados nas porções leste e sul da bacia, estando associados na maioria das vezes à planície do Rio Bacaxá, às colinas dissecadas do Baixo São João e à planície costeira. As áreas de favorabilidade muito baixa ocupam 12,8% de toda a bacia, e as áreas de favorabilidade desprezível, que cobrem apenas 2,7% da BHR SJ estão quase sempre associadas às ocupações urbanas presentes na área de estudos.

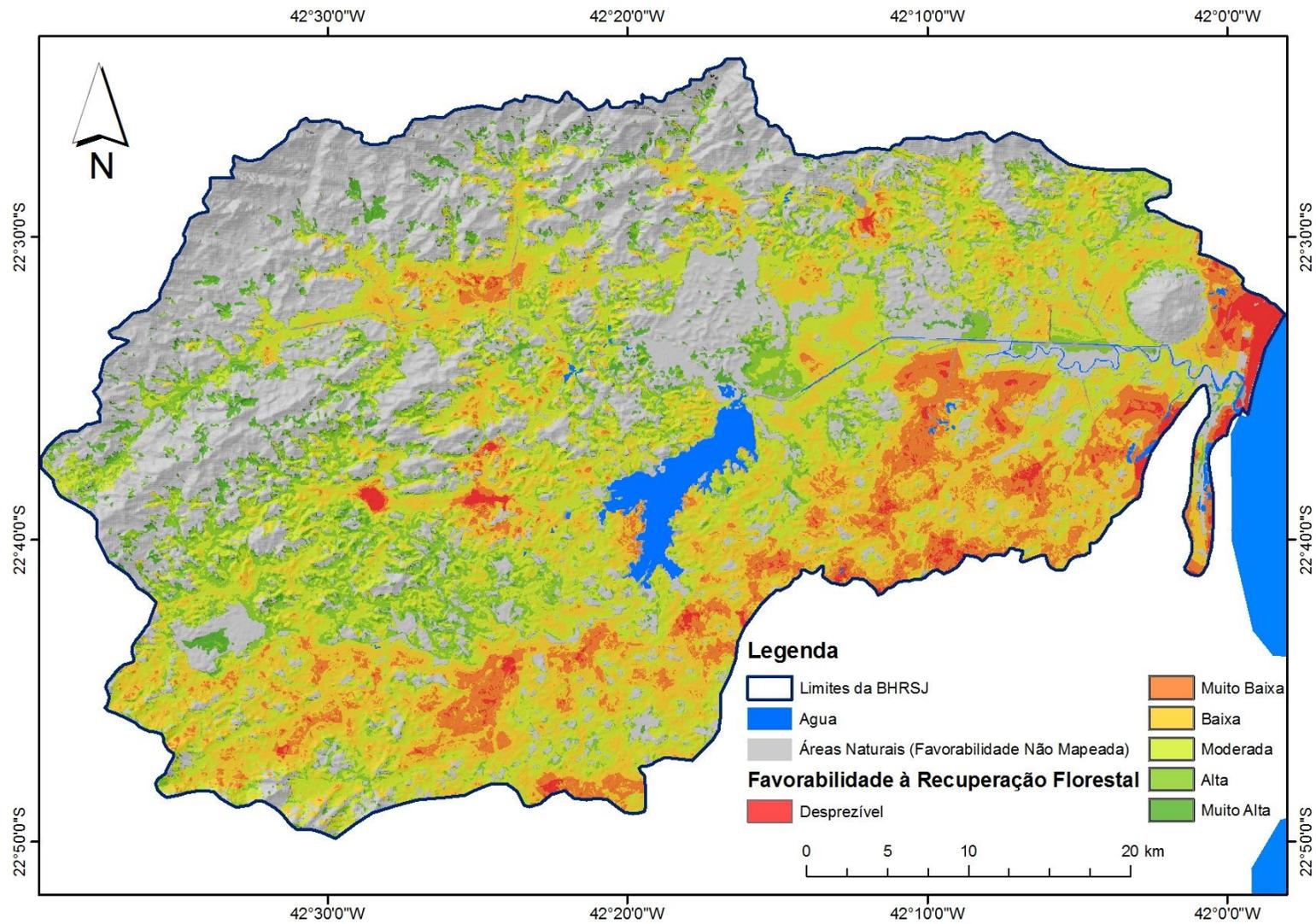


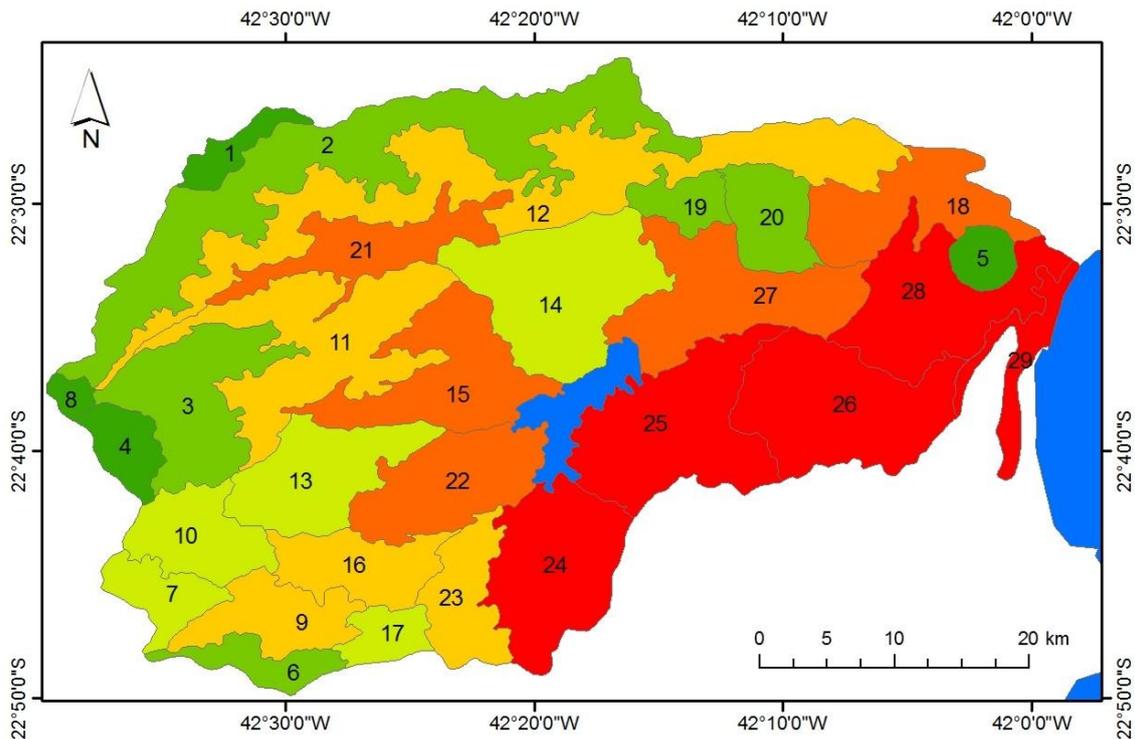
Figura 6.4. Favorabilidade à Recuperação Florestal na BHR SJ. Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas 2000.

6.2.2 - Favorabilidade à Recuperação Florestal por Regiões de Paisagem na BHRSJ

Para o cálculo da favorabilidade à recuperação florestal de cada região de paisagem, foram somados os valores de favorabilidade encontrados (em cada região) e divididos pela área a ser recuperada (sem cobertura natural) de cada uma das regiões de paisagem. Ou seja, os valores de favorabilidade de uma região de paisagem foram somados e ponderados pela área antrópica total da própria região.

Os valores encontrados foram hierarquizados e classificados a partir da leitura do histograma de distribuição. As regiões de paisagem da Escarpa do Faraó e Pirineus, do Maciço Intrusivo de Rio Bonito e dos Morros do Alto São João foram classificados como os de maior favorabilidade na bacia. Em seguida, foram classificadas com favorabilidade "Muito Alta" a região de paisagem da Escarpa da Serra do Mar, dos Patamares Residuais Hiperúmidos, Maciço Costeiro de Boa Esperança, Morros e Morrotes de Aldeia Velha e Colinas e Morrotes do Indaiçu-Seca (fig. 6.5).

Chama atenção o fato da região de paisagem de Poço das Antas ter sido classificada com Favorabilidade Alta, com nível de favorabilidade inferior das regiões citadas acima. Tal resposta correlaciona-se principalmente com o fato das principais áreas a serem recuperadas desta região estarem associadas à planícies fluviais desmatadas, que sofreram impactos com obras de retificação de canais e drenagem, o que reduziu os níveis de favorabilidade total da área. É importante ainda ressaltar que os limites da região de Paisagem de Poço das Antas não correspondem aos limites da REBIO Poço das Antas.



Favorabilidade à Recuperação Florestal por Região de Paisagem



- | | |
|--|---|
| 1 - Escarpa do Faraó e Pirineus | 16- Baixada do rio Bacaxá |
| 2 - Escarpa da Serra do Mar | 17- Colinas e Morrotes da Bacia do Rio do Pardo |
| 3 - Patamares Residuais Hiperumidos | 18- Colinas e Morrotes do Jacu |
| 4 - Maciço Intrusivo Alcalino de Rio Bonito (Serra do Sambê) | 19- Morros e Morrotes de Aldeia Velha |
| 5 - Morro de São João | 20- Colinas e Morrotes do Indaiçu-Seca |
| 6 - Maciço Costeiro de Boa Esperança | 21 - Planície do Médio São João |
| 7 - Maciço Costeiro de Catimbau Grande | 22- Colinas da Bacia do Rio do Ouro |
| 8 - Morros do Alto São João | 23 - Colinas do Jaguaripe |
| 9- Morros e Morrotes das Bacias Domingas-Pedra Oca | 24- Colinas do Piriri e Onça |
| 10 - Morros e Morrotes do Alto Bacaxá | 25- Colinas de Juturnaíba |
| 11- Patamares Residuais Úmidos | 26 - Colinas do Baixo São João |
| 12- Escarpa Transicional da Serra do Mar | 27- Planície do Baixo São João |
| 13- Morros e Morrotes do Bacaxá-Capivari | 28 - Planície Salino-Solódica do Baixo São João |
| 14- Poço das Antas | 29 - Planície Costeira |
| 15- Baixada do Capivari, Sitio d'água e Cumbucas | 30 - Lagoa de Juturnaíba |

Figura 6.5. Favorabilidade à Recuperação Florestal por Região de Paisagem. Projeção

Cilíndrica Equirretângular. Datum: Sirgas 2000.

Na porção sudoeste da bacia encontramos a maior concentração de regiões de paisagem com níveis moderados e altos de favorabilidade à recuperação florestal. Esta zona apresenta melhores níveis que o esperado devido principalmente às condições climáticas mais favoráveis (clima úmido e muito úmido), às melhores condições de relevo (morros e morrotes) e solos (argissolos). No entanto, a grande presença de planícies com solos glei hidromórficos e pastagens muito antigas ainda aparecem significativamente, reduzindo os níveis de favorabilidade.

As piores regiões de paisagem localizam-se a sudeste da bacia, estando associadas às colinas dissecadas do baixo São João, que são hoje ocupadas em grande parte por plantio de cana de açúcar e pastagens antigas, e pela planície costeira, que hoje encontra-se quase que inteiramente urbanizada.

6.2.3 - Favorabilidade à Recuperação Florestal por Grupos de Paisagem na BHRSJ

A soma dos níveis de favorabilidade de cada grupo de paisagem também foram ponderados pela sua área "recuperável", da mesma forma que foram calculados para as regiões de paisagem. Os intervalos de classes foram mais uma vez definidos a partir da leitura do histograma de classificação, já que os objetivos almejados nesta etapa de trabalho foram o de gerar resultados que permitissem uma análise comparativa entre os diferentes grupos de paisagem na BHRSJ.

Os resultados permitiram a observação do nosso objeto de estudo a partir de uma outra unidade e escala de análise, que além de tornar mais perceptível às diferenças internas de cada região de paisagem, criou ainda a possibilidade de entendermos melhor a distribuição da favorabilidade ao longo de toda a Bacia (fig. 6.6).

Sob este olhar, verificamos que os grupos mais favoráveis à recuperação são as escarpas, encostas e vales intramontanos da Serra do Mar, dos Patamares Residuais (Úmidos e Hiperumidos), Maciço Costeiro de Boa Esperança e do Maciço Alcalino de Rio Bonito. Os grupos com favorabilidade moderada são encontrados principalmente em morros e morrotes, nas colinas situadas nas porções norte e nordeste da bacia e até mesmo em algumas planícies fluviais preenchidas por neossolos flúvicos.

A planície costeira da BHRSJ aparece como a área menos favorável à recuperação, seguida das planícies fluviais com solos glei álicos e solos glei salinos-solódicos e das colinas dissecadas do baixo São João. No entorno das colinas, localizadas na porção sudeste da bacia, podemos verificar algumas pequenas planícies fluviais, que apresentam melhores condições de recuperação que o seu entorno colinoso.

Neste nível de análise verificamos ainda uma grande correlação entre a favorabilidade à recuperação e o tamanho dos polígonos que representam os grupos de paisagem. Os recortes espaciais considerados "excelentes" para a recuperação florestal têm em média 2,26 ha de área, enquanto os de capacidade "baixa" possuem em 135 ha, e os de "muito baixa" têm em média 1.443 ha de área. Isto acontece devido às das planícies da bacia do São João, que possuem grande representatividade em área e relativa homogeneidade interna, fazendo com que se subdividam em poucos grupos, com grandes extensões. Associando isso aos baixos níveis de favorabilidade encontrados nas planícies, temos os grandes valores de média mencionados anteriormente (quadro 6.4).

Quadro 6.4 - Número de polígonos, média de áreas e áreas totais das classes de favorabilidade à recuperação florestal segundo os grupos de paisagem na BHRSJ.

Classe	Número de Polígonos	Média de Áreas (ha)	Áreas Totais (ha)
Excelente	3061	2,26	6.928,46
Muito Alta	2755	5,42	14.947,00
Alta	882	13,39	11.813,34
Moderada	421	28,89	12.164,84
Baixa	330	135,74	44.793,82
Muito Baixa	33	1.443,18	47.624,96

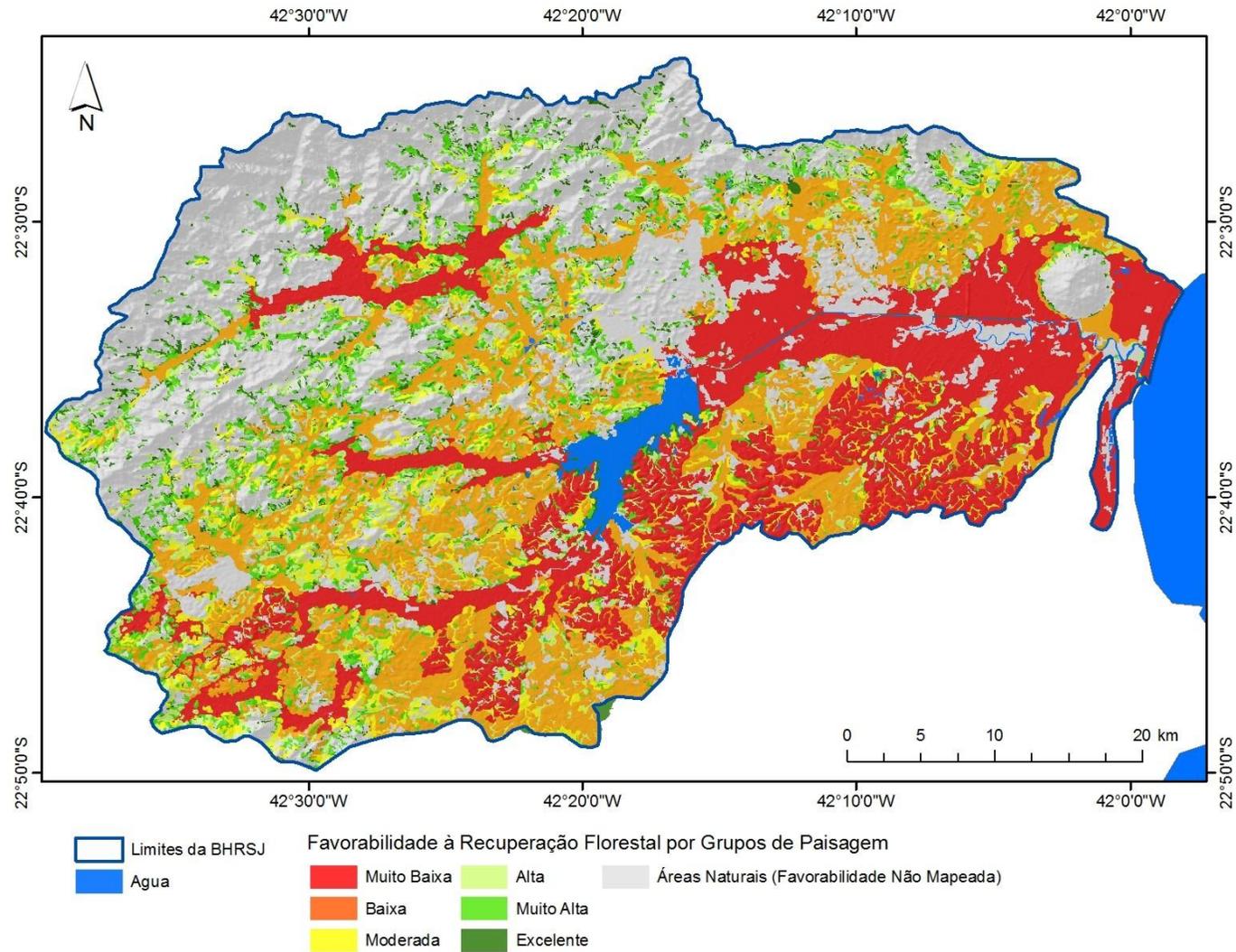


Figura 6.6. Favorabilidade à recuperação florestal por grupos de paisagem. Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas 2000.

6.2.4 - Favorabilidade à Recuperação Florestal por Tipologias de Paisagem na BHRSJ

Para a definição da Favorabilidade à Recuperação Florestal para as tipologias de paisagem na BHRSJ foi adotada a mesma sistematização aplicada às regiões e aos grupos de paisagem. As áreas classificadas neste nível de detalhe foram as mesmas áreas que tiveram suas tipologias mapeadas (Capítulo 5), ou seja, um recorte localizado à noroeste da Região de Paisagem de Poço das Antas (fig. 6.7) e um recorte à oeste da região de paisagem da Escarpa Transicional da Serra do Mar (fig. 6.8).

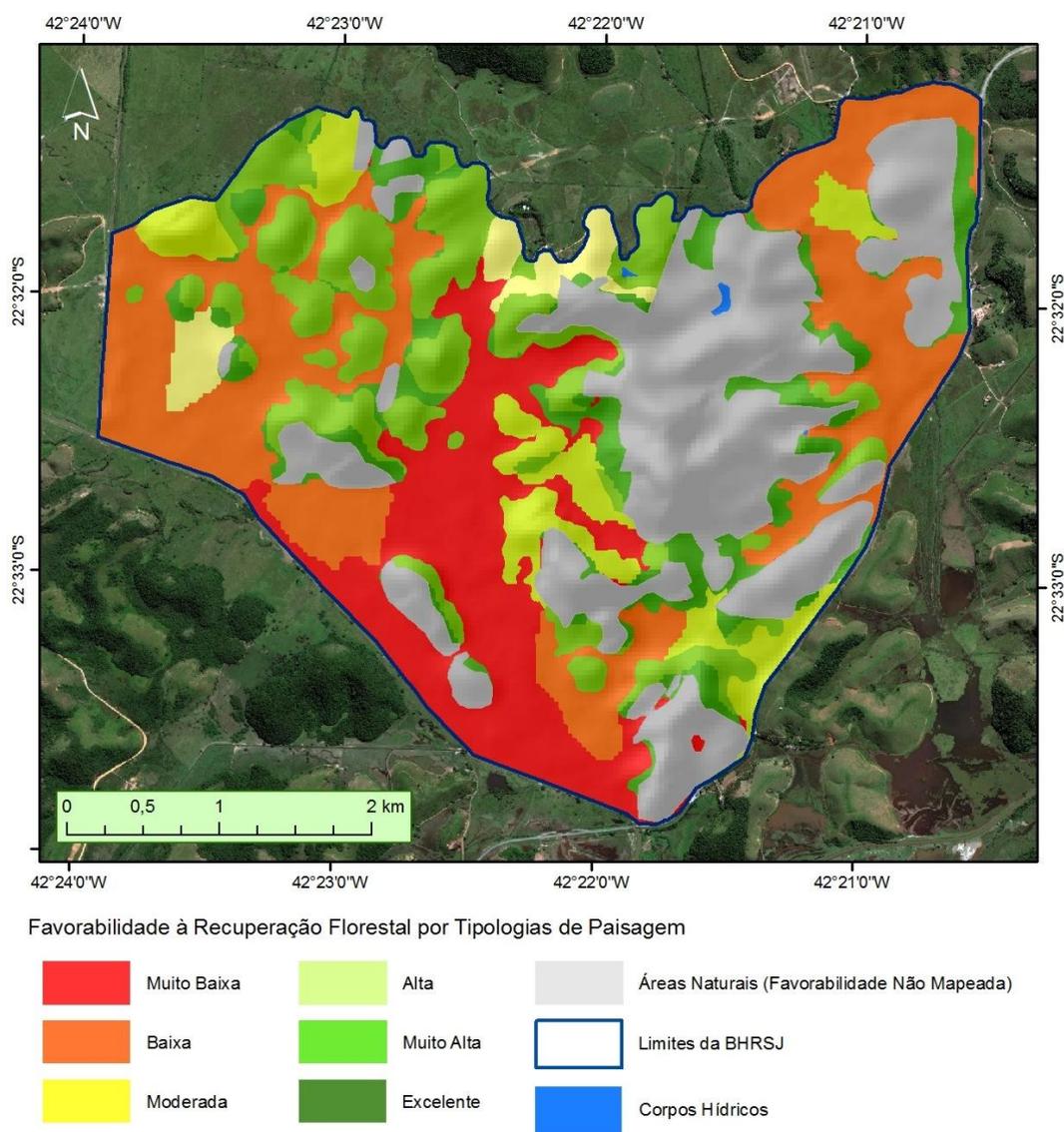


Figura 6.7. Favorabilidade à Recuperação Florestal por Tipologias de Paisagem. Área 1. Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas 2000.

Neste nível de detalhamento, observando as duas áreas mapeadas, podemos perceber que os fragmentos de melhor condição de recuperação localizam-se nas bordas dos fragmentos florestais (coberturas naturais) em áreas um pouco mais elevadas, ou seja, em situações em que o ambiente não apresenta condições hidromórficas. Nas áreas elevadas, o sombreamento topográfico, ou seja, causado pelas elevações, criam um condição de umedecimento que também eleva o grau de favorabilidade.

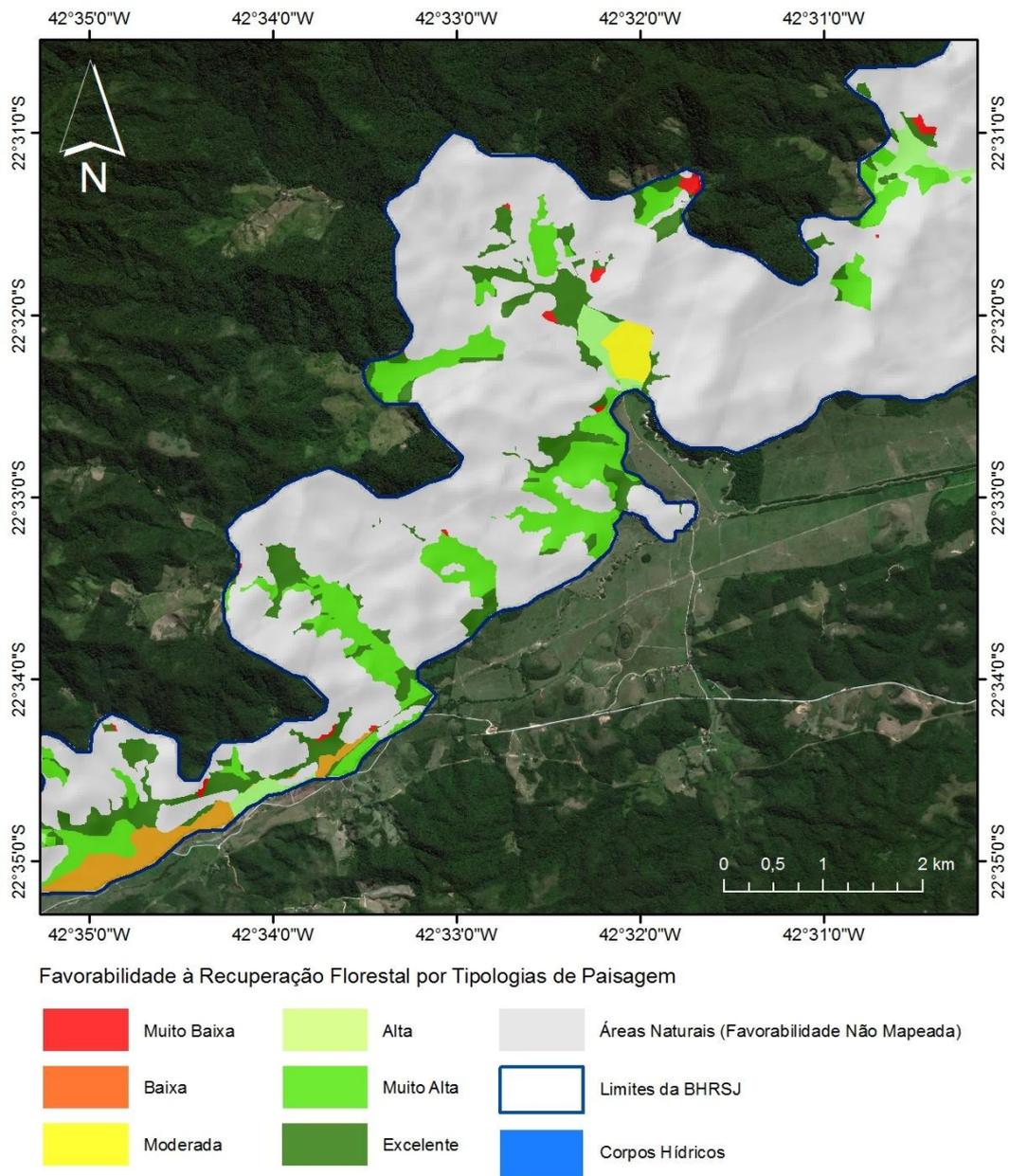


Figura 6.8. Favorabilidade à Recuperação Florestal por Tipologias de Paisagem. Área 2. Projeção Cilíndrica Equiretângular. Datum: Sirgas 2000.

No recorte da região de paisagem de Poço das Antas percebemos a presença de morros e colinas que apresentam bons níveis de favorabilidade, contrastando com áreas de planícies fluviais com condições de baixa ou muito baixa favorabilidade à recuperação florestal. Ainda que o predomínio em área seja de baixa favorabilidade, o número de tipologias que apresentam favorabilidade alta, muito alta e excelente é muito superior.

Já no recorte no recorte da região de paisagem da escarpa da Serra do Mar o predomínio em total de área e em tipologias de paisagem são de recortes de alta, muito alta e excelente favorabilidade à recuperação florestal, situadas nos vales intramontanos, encostas e Escarpas da Serra no Mar. As áreas de menor favorabilidade estão justamente próximas da planície fluvial, onde distância para os fragmentos florestais é maior e o uso do solo para pastagem é mais intenso.

6.3 - Conclusões

A metodologia aplicada para a determinação e análise da favorabilidade à recuperação florestal na BHRSJ mostra-se eficiente, levando-nos a resultados pertinentes e satisfatórios. A aplicação do questionário para os especialistas e a utilização de análise multicriterial possibilitou a construção de um modelo de favorabilidade capaz de representar coerentemente a favorabilidade à recuperação florestal.

É importante destacar que as análises realizadas nesta pesquisa seriam inviáveis sem a utilização de ferramentas de geoprocessamento, sobretudo sem as análises espaciais realizadas em SIGs. Tais recursos possibilitaram a construção de inúmeras variáveis e a integração de dados de diferentes naturezas em um único ambiente, tornando possível os cruzamentos de dados e a análise integrada dos resultados.

As respostas almejadas para este estudo não seriam obtidos se não partíssemos de pressupostos encontrados nas teorias geossistêmicas, que considera a paisagem como um produto não só dos componentes abióticos, bióticos e sócio-econômicos, como também considera a paisagem como resultante das interações e fluxos existentes entre estes componentes.

A BHRSJ mostrou um predomínio de áreas com moderada à baixa favorabilidade à recuperação, tendo suas áreas mais favoráveis localizadas em áreas mais íngremes dos morros ou morrotes, nos vales intramontanos e nas escarpas dos Patamares Residuais ou da Serra do Mar.

Também podemos observar que as áreas de menor favorabilidade estão associadas às planícies fluviais do baixo curso dos rios, onde na maioria das vezes temos a presença de solos hidromórficos, nas colinas dissecadas do baixo São João, onde encontramos as pastagens mais antigas da bacia e ainda, uma forte atividade

agrícola (cana-de-açúcar) na região, e ainda, as planícies costeiras, que encontram-se quase que inteiramente urbanizadas.

A análise a partir das regiões, grupos e tipologias de paisagem permitem a realização da leitura da favorabilidade à recuperação florestal a partir de outras escalas de observação, o que demonstrou ser muito interessante não para os estudos aqui propostos, como também podem servir como subsídios para estudos futuros e/ou para a tomada de decisão.

É importante observarmos o quanto a percepção da paisagem pode mudar de acordo com a escala de observação, sendo necessário muitas vezes mergulharmos em um maior nível de detalhe para a escolha de área a ser recuperada, ou até mesmo nos afastarmos para um olhar mais generalizado para então podermos planejar melhor as ações que deverão ser tomadas ao nível de gestão de bacia hidrográfica.

Mesmo que todos os resultados sejam coerentes com a realidade observada na área de estudos, verifica-se ainda a necessidade de encontrarmos métodos de avaliação em campo, que forneçam subsídios necessários para a validação e ajuste do modelo de favorabilidade à recuperação florestal. Neste sentido, é importante mencionarmos a necessidade de prosseguirmos estudando a favorabilidade à recuperação florestal, priorizando as análises relacionadas à evolução deste modelo.

VII - Considerações Finais

O desenvolvimento de metodologias capazes de gerar subsídios para a análise da composição e inter-relações existentes nas paisagens configura-se num importante desafio não somente para a Geografia, como também para todas as ciências que se preocupam com a atual organização do espaço geográfico. Neste sentido, este trabalho alcançou o seu objetivo central, que era o de propor formas de investigação das interações, fenômenos e objetos existentes na superfície terrestre dentro de uma perspectiva geossistêmica.

Os levantamentos bibliográficos efetuados no âmbito deste trabalho foram considerados adequados para o compromisso assumido pelos objetivos da pesquisa, ainda que grande parte da operacionalização e/ou dos procedimentos metodológicos adotados tenham passado por algumas adaptações, para que desta forma fossem ajustadas à realidade da BHRSJ.

A dificuldade na aquisição dos dados esperados para a concretização das propostas previstas para este trabalho foram na grande maioria das vezes superados pelo esforço de geração dos mesmos. No entanto, ainda identificamos a necessidade de obtermos alguns destes dados em maior nível de detalhe, como é o caso do mapa de solos, por exemplo.

A representação e caracterização da evolução do Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ configura-se como um importante resultado desta pesquisa, uma vez que não só gerou subsídios para a determinação da favorabilidade à recuperação florestal, como também abriu uma série de possibilidades relacionadas à análise e gestão ambiental. É importante ainda salientar que além dos mapas finais de evolução do Uso e Cobertura da Terra, também foi considerado como importante resultado desta pesquisa toda metodologia elaborada para a geração do mapa síntese final, principalmente para as etapas de sobreposição de dados, generalização e definição de legenda.

A caracterização e espacialização dos elementos ou componentes da paisagem na BHRSJ envolveu a representação de 16 indicadores utilizados diretamente na formulação do modelo de favorabilidade à recuperação florestal, além de disponibilizar um conjunto de outras variáveis envolvidas na formulação destes indicadores. Além de terem sido de fundamental importância para a delimitação das regiões, grupos e tipologias da paisagem, a caracterização e espacialização destes fatores contribuíram diretamente para a determinação da favorabilidade à recuperação florestal da BHRSJ. Também é importante destacarmos que todos estas variáveis encontram-se disponíveis para estudos voltados para qualquer estudo ambiental na BHRSJ.

A delimitação das regiões de paisagem, através da matriz geocológica, mostrou resultados satisfatórios, apresentando forte correspondência com aspectos observados em diferentes trabalhos de campo, e mostrando ainda forte correlação com os resultados finais encontrados nesta pesquisa. O trabalho de caracterização e evolução do Uso e Cobertura da Terra, e evolução do Uso e Cobertura da Terra, por região de paisagem, evidenciou ainda mais as diferenças existentes entre estas regiões, fornecendo ainda outros parâmetros para a compreensão da dinâmica de uso e ocupação da BHRSJ.

O processo de classificação geossistêmica através dos grupos de paisagem, de forma hierárquica e articulada, apresentou resultados satisfatórios, tendo sido necessário a adoção de critérios de edição e generalização de dados. Os resultados encontrados demonstram uma considerável heterogeneidade de ambientes existentes, já que foram mapeados 15 diferentes grupos de paisagem em toda BHRSJ.

A classificação realizada a partir das tipologias de paisagem, em duas áreas piloto, foi efetuada a partir do detalhamento do Uso e Cobertura da Terra em escala de detalhe, com o uso de imagem *Worldview II*, e os resultados encontrados foram considerados pertinentes. Cabe ainda ressaltar que cada uma destas unidades recebe

informações associadas ao grupo e região de paisagem pertencente, configurando-se em um importante recurso para a análise ambiental e tomada de decisão.

A proposta de determinação da favorabilidade à recuperação florestal por análise multicriterial mostrou que as áreas mais favoráveis estão localizadas na porção oeste e norte da bacia, estando na grande maioria associados aos relevos de morros e morrotes, ou ainda, às vertentes e escarpas da Serra do Mar. No entanto, as áreas que apresentam os níveis mais altos de favorabilidade (Favorabilidade Muito Alta) tem pouca representatividade na bacia, ocupando 3,6% de toda área mapeada. A representação da favorabilidade a partir de MNT e por unidades de paisagem, permitiu um olhar do objeto em diferentes perspectivas, tendo sido de grande relevância para atender o objetivo central do trabalho que era encontrar as áreas mais e menos favoráveis à recuperação florestal em diferentes escalas de observação.

Seria interessante iniciarmos processos de reflorestamento em áreas com diferentes níveis de favorabilidade, ou ainda, avaliar possíveis processos de recuperação já existentes, para então encontrarmos as respostas que esperamos em relação ao nível de acurácia do modelo. Além de considerarmos importante a utilização de dados empíricos e a elaboração de propostas para validação e ajustes do modelo, também é indispensável a tentativa de sua aplicação em outras áreas de estudo.

Refletir sobre os resultados encontrados fez com que despertássemos o interesse em realizar um conjunto de outras investigações. Uma destas interessantes possibilidades seria a de propor a construção de um modelo de favorabilidade natural e um outro, de pressão antrópica, onde poderíamos tratar separadamente as variáveis naturais e socioeconômicas. É ainda importante encontrarmos respostas para a resiliência, estabilidade, estado e outras propriedades da paisagem a partir de modelos ou outras análises passíveis de investigação com o uso dos resultados desta pesquisa.

Sugerimos ainda a realização da correlação entre os dados de favorabilidade à recuperação e os limites das áreas de proteção permanente (APPs), para assim podermos compreender quais áreas da BHRSJ atendem aos critérios de favorabilidade e ao de exigência legal. Talvez estas devessem ser as áreas prioritárias ao reflorestamento.

Podemos afirmar que os resultados encontrados atendem ao objetivo geral do trabalho, principalmente se levarmos em consideração a escassez de estudos voltados para a elaboração de modelos voltados para a identificação de áreas favoráveis à recuperação florestal, que considerem aspectos abióticos, bióticos e socioeconômicos.

VIII - Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A.N. Os Domínios de Natureza do Brasil: Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Atêlie Editorial. 2003.
- AIDE, T.M., CAVALIER, J. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Rest. Ecol.* 2, 219–229. 1994.
- BARROS, R. S. de Avaliação da Altimetria de Modelos Digitais de Elevação Obtidos a Partir de Sensores Orbitais [Rio de Janeiro], 2006 XIX, 172p.(IGEO/UFRJ), D.Sc., Geografia, 2006 Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, IGEO. 2006.
- BEROUTCHACHVILI, e PANAREDA, J.M. *Tendencia actual de la ciencia del paisaje en la Unión Soviética: El estudio de los geosistemas en la estación de Martkopi (Georgia)*. Revista de Geografia, Barcelona. vol. 11, n. 1-2, pp. 23-36. 1977.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global – Esboço Metodológico.in: Cadernos de Ciências da Terra, nº 13 IG/USP. São Paulo. 1971.
- BRIDGEWATER, P. B. *Landscape ecology, geographic information systems and nature conservation*. In: Landscape ecology and GIS. Ed. Haines-Young et al., Taylor & Francis: 11-21. 1993.
- CÂMARA, G. Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas : visão atual e perspectivas de evolução In : Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura, EMBRAPA, Brasília, DF, pp. 15-35, 1993.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V.; MEDEIROS, J.S. de. Fundamentos epistemológicos da ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Ed.). Introdução à ciência da Geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 16. Publicado como: INPE-8565-PRE/4309. Disponível na biblioteca digital URLib: <http://mtc-12.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.14.42>. Acesso em: 24 nov. 2006.
- CANDIDO, H.G. Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal da Paraíba, 2000.

- CARLEER, A.P. & WOLFF E. *Region-based classification potential for land-cover classification with very high spatial resolution satellite data*. In: *Proceedings of the 1st International Conference on Object-based Image Analysis*, Salzburg University, Austria. 2006.
- CARRÃO, H.; CAETANO, M.; NEVES, N. LANDIC: Cálculo de indicadores de paisagem em ambiente SIG. In: Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2001, 6., Oeiras, Portugal, 28-30 nov., 2001. Anais. Lisboa: Associação dos Utilizadores de Sistemas de Informação Geográfica - USIG, 2001. Acessível em <http://esig2001.tripod.com>. Consultado em 2/10/2007. 2001.
- CASSETI, Valter. Geomorfologia. : Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: Abril de 2011. 2005.
- CASTRO, Iná Elias. O Problema da Escala. In: *Geografia Conceitos e Temas*. 4º Ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2002.
- CHINEA J.D. *Tropical forest succession on abandoned farms in the Humacao Municipality of eastern Puerto Rico*. *For Ecol. Manag* 167:195–207. doi:10.1016/S0378-1127(01)00693-4. 2002.
- CHAZDON R.L. *Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances*. *Perspect Plant . Ecol Evol Syst* 6:51–71. doi:10.1078/1433-8319-00042. 2003.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgar Blücher, 1998.
- CILSJ - Consórcio Intermunicipal Lagos São João. Consórcio Intermunicipal para Gestão Ambiental das Bacias da Região dos Lagos, do Rio São João e Zona Costeira. Disponível em <http://www.lagossaojoao.org.br/>. Consultado em Janeiro de 2007.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Geologia do Estado do Rio de Janeiro. Orgs. Silva, L.C. & Cunha, H.C.S. Brasília, 2001.
- CRK, Tanja; Uriarte, M.; Corsi, F.; Flynn, D. *Forest recovery in a tropical landscape: what is the relative importance of biophysical, socioeconomic, and landscape*

variables? *Landscape Ecology. Landscape Ecol* 24:629–642. DOI 10.1007/s10980-009-9338-8. 2009.

CRUZ, C.B.M., ROSÁRIO, L. S., ABREU, M. B., ALMEIDA, P. M. M., VICENS, R.S., CRONEMBERGUER, F.M. Classificação Orientada a Objetos na Geração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra do estado do Rio de Janeiro. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7789-7796. 2009.

CRUZ, C.B.M., VICENS, R.S., SEABRA, V.S., REIS, R.B., FABER, O.A., RICHTER, M., ARNAUT, P.K.E., ARAUJO, M. (2007) Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil. 2007.

CUNHA, S. B. Impactos Das Obras De Engenharia Na Dinâmica do Canal e Planície de Inundação do Rio São João - RJ - Brasil. In: V Simpósio Luso Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos- IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1995. Anais do V Simpósio Luso Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos - IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Vol. 4, p.110-121.

CUNHA, S. B. & FREITAS, M. W. B. Geossistemas e Gestão Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio São João-RJ. *GEOgraphia* - Ano. 6 - Nº 12 - 2004.

DANTAS, M. E. Mapa Geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, CPRM, 417p. 2001.

DEFFONTAINE, J.P. *Analyse du paysage et etude régionale des systèmes de production agricole. Economie Rurale.* n. 98, p. 3-13, 1973.

DEFINIENS, The Principles of Definiens Cognition Network Technology. Disponível em: <http://earth.definiens.com/learn/technology>. Acesso em Janeiro de 2010.

DE PINHO, C. M., FEITOSA, F. and H. J. KUX: Classificação automática de cobertura do solo urbano em imagem IKONOS: Comparação entre a abordagem pixel-a-pixel e orientada a objetos. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Goiânia, Brasil. 2005.

FERNANDES, M. C. . Discussões conceituais e metodológicas do uso de geoprocessamento em análises geológicas. In: Paulo César da Costa Gomes; Ana Maria de Souza M. Bicalho. (Org.). Questões metodológicas e

novas temáticas na pesquisa geográfica. 1 ed. Rio de Janeiro: Publit, v. , p. 280-299. 2009.

FERNANDES, E.A., CUNHA, N.R.S., SILVA, R. Degradação ambiental no Estado de Minas Gerais. Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, DF, v.43, n.1, p.179-198, 2005.

FIELDING, A. GIS in conservation biology: Introduction. Disponível em: http://www.asio.jde.aca.mmu.ac.uk/new_gis/unitintr.htm. Acessado em abril de 2011. 2002.

FISRWG. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices. By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group. 1998.

FLORENZANO, T. G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo, Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G.;CSORDAS, S. M. Mapa geomorfológico da Região do Médio Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo. São José dos Campos: INPE, 1993.

FRANCO PA, WEAVER PL, EGGEN-MCWENTOSH S. Forest resources of Puerto Rico, 1990 Resour Bull SRS-22, USDA Forest Service, Southern Research Station, Ashville, pp 45. 1997.

FROHN, R. *Remote sensing for landscape ecology: New metric indicators for monitoring, modeling, and assessment of ecosystems*. Boca Raton, FL: Lewis, 99 p. 1998.

FUSHITA, A. T.; ARAÚJO, R. T.; PIRES, J. S. R. & SANTOS J. E. dos. Dinâmica da Vegetação Natural e das Áreas de Preservação Permanente em Função das Ações Desenvolvimentista na paisagem. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, 2007. INPE, p. 3937-3944. 2007.

GALINDO-LEAL, C. *Reunindo as peças: a fragmentação e a conservação*. In: Mata Atlântica: Biodiversidade, ameaças e perspectivas. Fundação SOS Mata Atlântica e Conservação Internacional. Cap.1. Pag3. Belo Horizonte. 2005.

- GALINDO-LEAL, C. e CÂMARA, I. G. *Status do Hotspot Mata Atlântica: uma Síntese*. In: Mata Atlântica: Biodiversidade, ameaças e perspectivas. Fundação SOS Mata Atlântica e Conservação Internacional. Cap.1. Pag3. Belo Horizonte. 2005.
- GOMES, P.C.C. Geografia fin-de-siècle: O discurso sobre a ordem espacial do mundo e o fim das ilusões. in: Explorações geográficas. (Orgs: CASTRO, GOMES & CORRÊA). Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 1997.
- GOODCHILD, M. F. & QUATTROCHI, D. A. *Scale, Multiscaling, Remote Sensing, and Gis*. In: *Scale in Remote Sensing and Gis*. CRC Press. 1997.
- GUERRA, A. J. T.; GUERRA, A. J. T. Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.
- HECHT SB, KANDEL S, GOMEZ I, CUELLAR N, ROSA H. *Globalization, forest resurgence, and environmental politics in El Salvador*. *World Dev* 34:308–323. 2006.
- HIJMANS, R.J., S.E. CAMERON, J.L. PARRA, P.G. JONES AND A. JARVIS.5. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978. 2005.
- HOFFMANN, J. e SANDER, P. *Remote sensing and GIS in hydrogeology*. *Hydrogeology Journal*, 15, 1-3p. 2007.
- HUGGET, R. J. *Geoecology an Evolutionary Approach*. 320p. Londres e Nova York. Routledge. 1995.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Os Ecossistemas Brasileiros. Acessível em www.ibama.gov.br. Consultado em 2/10/2007.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. IBGE CDDI. 1991.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Tutorial do SPRING. 2006.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. São Paulo, 1981.

JANSEN, L.J.M. & GREGORIO, A. Di. *Parametric land cover and land use classifications as tools for environmental change detection*. In: Agriculture Ecosystems e Environment. 2002.

JENSEN, JOHN R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphânio (Cor.) et al. São José dos Campos, SP. 2ª Edição. 2007.

KEIDEL, G. A., CRUZ, C.B.M., RICHTER, M. CARIS, E. A. P., SEABRA, V. S. Construção de Indicadores Favoráveis à Recuperação de Ecossistemas na Bacia do Rio São João. Anais da 1ª Jornada de Geotecnologias do Rio de Janeiro. UFRJ. Disponível em: <http://www.mundodosmapas.com/#!/outros-conteudos/vstc1=trabalhos-jgeotec>. Acessado: Dezembro de 2011.

KOESTLER, Arthur. Jano. (1981). São Paulo, Melhoramentos, 32613.

HOLL, K.D. *Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate, and soil*. *Biotropica* 31, 229–242. 1999.

HOOPER, E.R., LEGENDRE, P., CONDIT, R. *Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama*. *J. Appl. Ecol.* 42, 1165–1174. 2005.

WIJDEVEN, S.M.J., KUZEE, M.E. *Seed availability as limiting factor for in forest recovery in Costa Rica*. *Rest. Ecol.* 8, 404–414. 2000.

LANG, S. & BLASCHKE, T. *Análise da Paisagem com SIG*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MENDONÇA, F. & DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo. Oficina de Textos, 2007.

MENEZES, P.M.L. *A interface Cartografia-Geoecologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da paisagem: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 208 f., 2000.

MENEZES, P. M. L. & NETO, A. L. C. Escala: Estudo de Conceitos e Aplicações. Portal Janus. Disponível em www.cartografia.ime.eb.br/artigos. IME. Rio de Janeiro. Acessado em: 05/2008. 1997.

_____ Cartografia Geoecológica: Uma análise de Conceitos. **Cartografia Geoecológica uma Análise de Conceitos**. Revista da Pós-graduação em Geografia, Rio de Janeiro, v. 5, p. 79-81, 2002

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica*, Vol.1, números 1 e 2. Disponível em <http://www.biotaneotropica.org.br>. Acessado 05/2008. 2001.

MMA (Ministério do Meio Ambiente) e SBF (Secretaria de Biodiversidade e Florestas). *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos*/por: Conservational International do Brasil, fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, SMAD/Instituto Estadual de Florestas-MG. Brasília: 2000.

MURCIA, C. *On-the-Job Training for National Park Staff What They Need to Know about Ecological Restoration* (Colombia). *Ecological Restoration*, V. 28, N. 2, pp.139-141. University of Wisconsin Press. 2010.

NEPSTAD, D.C., UHL, C., SERRÃO, E.A.S. *Surrounding barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Pará, Brazil*. In: Anderson, A.B. (Ed.), *Alternatives to Deforestation: Steps Toward Sustainable Utilization of Amazon Forests*. Columbia University Press, New York, pp. 215–229. 1990.

NUTRE (Núcleo de Tecnologias de Recuperação de Ecossistemas). Desenvolvimento de Modelos de Atuação, Tomada de Decisão e de Trajetórias Sucessionais para a Recuperação de Ecossistemas do Complexo Atlântico. 8º Relatório Mensal. CONVÊNIO PETROBRAS/UFRJ/FUNDAÇÃO COPPETEC. 2011.

ODUM, E.P., *Fundamentals of Ecology*, 3ª ed. Sandeers, Philadelphia, Pa. (Trad. portuguesa Fundamentos de Ecologia, 5ª ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1997). 1971.

PASSARGE, S. Fundamentos da geografia das paisagens. Hamburg: L. Friederuchen & Co. 127p. 1919.

- PEREIRA, J.L.G.; BATISTA, G.T.; THALÊS, M.C.;ROBERTS, D.A.; VENTURIERI, A.V. Métricas da paisagem na Caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. *Geografia*, v. 26, n. 1, p. 59-90, abr. 2001.
- PINA, M. F & CRUZ, C. B. M. Conceitos Básicos de Cartografia para utilização em Sistemas de Informações Geográficas. In: *Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde*. Brasília, Ministério da Saúde. P.124. 2000.
- PINHO, C. M. D.de; Análise orientada a objetos de imagens de satélite de alta resolução espacial aplicada à classificação de cobertura solo no espaço intra-urbano: o caso de São José dos Campos – SP. *Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto,INPE, São José dos Campos, 2005.*
- PIRES NETO, A. G. As abordagens sintético-histórica e analítico-dinâmica: uma proposição metodológica para a geomorfologia. *Tese (Doutorado em Geografia Física) – FFLCH-USP. São Paulo, 1992.*
- PUZACHENKO, M. U. Use of quantitative estimation for the creation of landscape map In: RICHILING, A.; LECHNIO, J.; MALINOWSKA, E. (Eds.)- *Landscape Ecology. Theory and applications for practical purposes; IALE- Polish Association for Landscape Ecology; The Problems of Landscape Ecology, Vol VI; Warsaw, 343 pgs. 2000.*
- RAMOS, ANGEL.(Orgs). *Diccionario de la Naturaleza: Hombre, Ecologia y Paisage*. Ed.Espasa-Calpe. Madrid.1987.
- READ L., LAWRENCE D., FOSTER D.R. *Recovery of biomass following shifting cultivation in dry tropical forests of the Yucatan*. *Ecol Appl* 13:85–97. Walker R (1993) Deforestation and economic development. *Can J Reg Sci* 16:481–497. 2003.
- REICHMANN NETO, F. Recuperação de áreas degradadas na Região Sul. In: *Congresso Florestal Pan-americano, e Congresso Florestal Brasileiro, 7, Curitiba, 1993. Curitiba: SBS/SBEF, v.3, 1993. P.102-107.*
- REIS, R. B., CARDOSO, P. V., CRUZ, C B. M., VICENS, R. S. Classificação do Uso e Cobertura do Solo da APA do São João em uma abordagem orientada a objeto. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7087-7094. 2009.*

- RIÁBCHICOV, A.M. Estructura y Dinámica de La Esfera Geográfica: Su desarrollo natural y transformación por el hombre. Traducido del Ruso para Español por Isabel Alvarez Moran. Editorial MIR. Moscou. 1976.
- RICHLING, A. Métodos de Investigaçã dos complexos físicos-geográficos. Varsóvia, Polônia: Editora Panstwowe Wydawnictwe Naukowe, 1982. 63p. (em polonês).
- RICHTER, M. Modelagem de Indicadores Ambientais em escala de paisagem para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas: estudo de caso para a APA do Rio São João, RJ. Projeto de Pesquisa Pós-Doutorado Júnior, CNPq. Orientadora: Carla Bernadete Madureira Cruz. Geografia/UFRH. 2011.
- RODRIGUES, R. R., GANDOLFI, S., NAVE A. G., ARONSON, J., BARRETO, T. E., VIDAL, C. Y., BRANCALION, P. H. S. *Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. Forest Ecology and Management* 261. 1605-1613. 2011.
- RODRIGUEZ, J. M. *Apuntes de Geografia de Los Paisajes. Universidad de La Habana. Facultad de Geografia. Ciudad de La Habana.* 1984.
- RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E.V., CAVALCANTI, A.P.B. *Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.* 222p. Fortaleza: Editora UFC, 2004.
- ROSÁRIO, L. S., CRUZ, C. B. M., TEMPONI, L. M., SANTOS, P. R. A. Análise Orientada a Objeto no Mapeamento dos Estágios Sucessionais da Vegetação na Escala 1:25.000 – um Estudo de Caso da REBIO União, RJ. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7119-7126. 2009.
- ROSÁRIO, L. S., CUNHA, A. S., FABER, O. A., CRUZ, C. B. M., SEABRA, V. S. Classificação orientada a objeto no mapeamento do uso e cobertura do solo – uma aplicação da modelagem Fuzzy. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 6099-6101. 2007.
- ROSS, J. L. S. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental.* São Paulo: Oficina de textos. 208p. 2006.

- RUDEL TK, PEREZ-LUGO M, ZICHAL H. *When fields revert to forest: development and spontaneous reforestation in Post-War Puerto Rico*. Prof Geogr 52:386–397. doi:10.1111/0033-0124.00233. 2000.
- SANTOS, R. F. Planejamento Ambiental: Teoria e Prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- SCARANO, F.R.; RIOS, R.I E STEVES, F.A. *Tree species richness, diversity and flooding regime: case studies of recuperation after anthropic impact in brazilian flood-prone forests*. International Journal of Ecology and Environmental sciences, V. 24, p 223 – 235, 1998.
- SEABRA, V.S., SILVA G.C., CRUZ, C.B.M. The use of geoprocessing to assess vulnerability on the east coast aquifers of Rio de Janeiro State, Brazil. In: Environmental Geology, Volume 57. Number 3. Pag. 665-674. DOI 10.1007/s00254-008-1345-6. 2009.
- SHISHENKO, P. Geografia Física Aplicada (em Russo). Traduzido por José Manuel Mateo Rodriguez, Editorial escuela Superior, Kiev, Ucrânia, 191 pgs.1988.
- SOTCHAVA.V.B. Introducción a la doctrina sobre los geosistemas (en ruso). Traducción José Manuel Mateo Rodriguez. Editorial Nauka, Filial de Siberia, Novosibirsk, p. 318. 1978.
- SOLNTSEV, N. A. A paisagem geográfica natural e algumas de suas regularidades gerais. In: Trabalhos da Segunda Reunião de Geógrafos Soviéticos. Moscou. P. 53-57. 1948.
- STOW D.A. *The role of geographical information systems for landscape ecological studies*. In: Landscape ecology and GIS. Ed. Haines-Young et al., Taylor & Francis: 11-21. 1993.
- THOM R.M., HAAS E., EVANS N. R. & WILLIAMS, G. D. *Lower Columbia River and Estuary Habitat Restoration Prioritization Framework*. Ecological Restoration, 29:1–2. 2011.
- TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro. Fundação IBGE, 1977.
- TROLL, C. A paisagem geográfica. Hamburg: Stadium Generale, v.2, p. 163-181. 1950.

TURNER, M.G, GARDNER, R. H. & O'NEIL, R. V. Landscape Ecology in Theory and Practice, Pattern and Process. Spinger Verlag, New York. 401p. 2001.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia, GO. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 1-8. 2005.

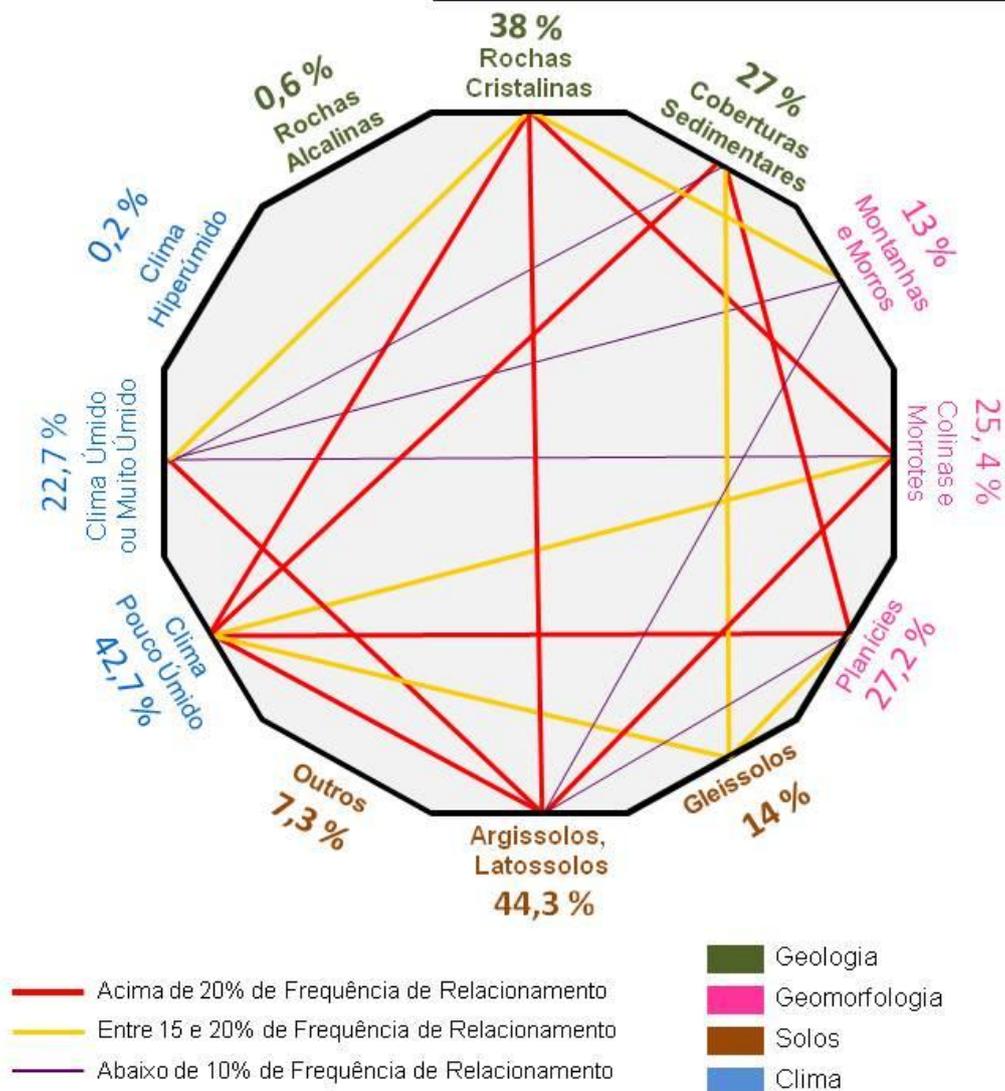
ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Rio de Janeiro. Bacia do Rio São João e Região dos Lagos. Estado do Rio de Janeiro. 2008.

ZIMMERMAN, J.K., PASCARELLA, J.B., Aide, T.M. Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. Rest. Ecol. 8, 350–360.2000.

IX - ANEXOS

9.1 - Matrizes de Frequência de Relacionamento

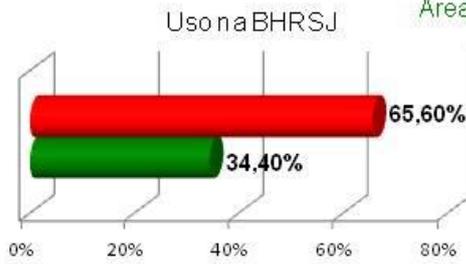
Matriz de Frequência de Relacionamento para áreas com Coberturas Naturais



Matriz de Frequência de Relacionamento para áreas com Coberturas Naturais

Matriz de Frequência

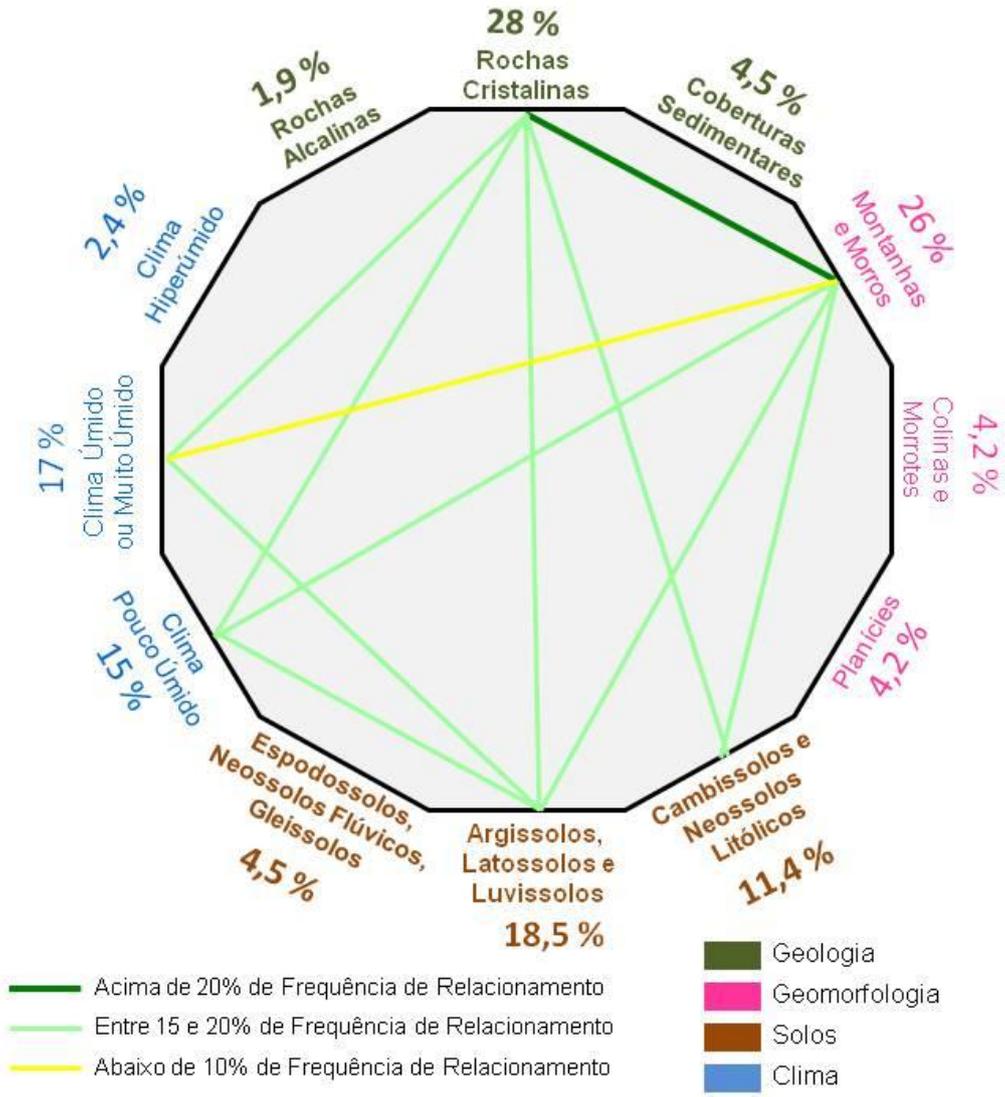
Áreas com Coberturas Naturais



- Áreas com Usos Antrópicos
- Áreas com Coberturas Naturais

O somatório do percentual de área de todas as classes de um único tema é igual a 34,4%, que equivale ao percentual total de área da BHRJSJ com coberturas naturais.

Ex: Rochas Alcalinas (1,9%) + Rochas Cristalinas (28%) + Coberturas Sedimentares (4,5%) = **34,4%**



9.2 - Notas das classes temáticas utilizadas no modelo de favorabilidade a recuperação florestal.

Classes de Litologia	Medias
Embasamento Cristalino	6,43
Rochas Alcalinas	7,88
Sedimentos Flúvio-Lagunares	7,00
Sedimentos Praiais Marinhos	3,86
Classes de Tempo de Exposição ao Sol	Medias
0 - 9 horas de exposição ao sol	8,38
9 - 10 horas de exposição ao sol	7,00
10 - 11 horas de exposição ao sol	5,89
> 11 horas de exposição ao sol	4,00
Classes de Intensidade de Exposição ao Sol	Medias
Até 3500 watt/h por m ² (muito baixa)	5,86
Entre 3500 e 4000 watt/h por m ² (baixa)	6,29
Entre 4000 e 4500 watt/h por m ² (moderada)	7,00
Entre 4500 e 5000 watt/h por m ² (alta)	5,11
> 5000 watt/h por m ² (muito alta)	2,88
Classes de Declividade	Medias
0 - 3 %	8,38
3 - 6%	8,38
6 - 12%	6,89
12 - 24%	5,33
24 - 45 %	4,25
> 45%	2,33
Classes de Exposição ao Vento	Medias
Encostas que recebem ventos com maior frequência (Barlavento)	6,63
Encostas que recebem ventos com frequência moderada	8,00
Encostas que recebem ventos com menor frequência (Sotavento)	6,88

Classes de Morfologia do Terreno	Medias
Planícies Fluviais	9,00
Vales em Colinas	7,43
Vales em Morrotes	7,22
Vales em Morros	7,22
Vales Intramontanos	8,25
Vertentes Suaves (em Colinas) < 25% Decl	6,44
Vertentes Íngremes (em Colinas) > 25% Decl	5,33
Encostas Suaves (Morros e Morrotes) < 25% Decl	6,78
Encostas Íngremes (Morros e Morrotes) > 25% Decl	5,22
Escarpas de Montanhas > 45% Decl	3,22
Topos de Morrotes	6,22
Topos de Morros	6,00
Topos de Montanhas	5,57
Classes de Uso e Cobertura do Solo	Medias
Uso Urbano	1,00
Pastagem	4,22
Áreas Agrícolas	4,00
Vegetação Secundária	8,00
Coberturas Naturais	9,78
Classes de Solos	Medias
Solos arenosos e típicos de restingas	3,89
Solos argilosos, mal drenados e com altos teores de saturação de sódio ou alumínio	3,11
Solos minerais distróficos pouco evoluídos e depósitos aluviais recentes	5,29
Solos pouco profundos, bem drenados, distróficos ou com saturação por alumínio	6,67
Solos profundos, bem drenados, com bons níveis de fertilidade	9,33
Solos profundos, bem drenados, distróficos ou com altos teores de alumínio	7,89
Classes de Aspectos Climáticos	Medias
Seco (Precipitação < 2 x Temperatura Média)	3,67
Úmido (Precipitação > 2 x Temperatura Média)	7,78
Muito Úmido (Precipitação > 4 x Temperatura Média)	7,89
Hiperúmido (Precipitação > 8 x Temperatura Média)	7,29

Classes de Curvatura do Terreno	Medias
Côncavo Convergente	8,75
Côncavo Planar	8,25
Côncavo Divergente	7,25
Retilíneo Convergente	8,13
Retilíneo Planar	7,13
Retilíneo Divergente	6,00
Convexo Convergente	6,25
Convexo Planar	5,00
Convexo Divergente	4,13
Classes de Altitude	Medias
0 - 40m	7,88
40 - 200m	8,25
200 - 500m	7,88
500 - 1200m	7,00
1200 - 1800m	6,14
> 1800m	5,00
Classes de Disponibilidade Hídrica Superficial (Proximidade com Corpos d'água)	Medias
0-50m	9,25
50 - 200m	8,22
200 - 400m	6,67
400 - 800m	5,44
> 800m	4,11

9.3 - Atributos das regiões de paisagem da BHRSJ

	Unidades de Paisagem	Uso e Cobertura	Evolução do Uso e Cobertura	Tipo de Solos	Area (km²)
1	Escarpa do Faraó e Pirineus	Unidade integralmente preservada. As florestas (99,5%) e afloramentos rochosos (0,5%) são as coberturas presentes na área.	Matas mais antigas de toda a Bacia	Predomínio de neossolos litólicos e afloramentos de rocha. Pequena ocorrência de cambissolos álicos.	18,47
2	Escarpa da Serra do Mar	Predomínio de cobertura florestal em toda unidade (90%). Apenas 10% da unidade encontra-se com cobertura de vegetação secundária ou pastagem.	Predomínio de florestas antigas, mas em alguns vales encontramos pequenas áreas de reflorestamentos recentes, e também pequenas manchas de desmatamentos recentes.	Predomínio de cambissolos álicos. Presença menos representativa de áreas com neossolos litólicos, latossolos e afloramentos de rocha.	201,35
3	Patamares Residuais Hiperumidos	Marcante presença de cobertura florestal em toda unidade (63%). Em sua porção sul, principalmente nos vales fluviais e intramontanos, a unidade apresenta predomínio de vegetação secundária e pastagens, que juntos compõem 36% da cobertura total desta unidade.	As florestas mais antigas estão localizadas nas porções mais altas (divisores) desta unidade. Em alguns vales intramontanos nota-se a presença de áreas desmatadas recentemente e reflorestamentos antigos. A pastagem presente na porção sul desta unidade são anteriores a 1975.	Predomínio de argissolos. Presença significativa de latossolos, sobretudo nas áreas mais rebaixadas dos patamares residuais.	87,74

4	Maciço Intrusivo Alcalino de Rio Bonito	Marcante presença de cobertura florestal em toda unidade (70%). Em suas áreas mais baixas, e em alguns de seus planaltos interiores, nota-se a presença de manchas de pastagens e vegetação secundária (29%). É importante destacar que ao sul desta unidade observa-se o crescimento da mancha urbana da cidade de Rio Bonito.	As florestas mais antigas estão localizadas nas porções mais altas (divisores) desta unidade. Em alguns vales intramontanos nota-se a presença de áreas desmatadas recentemente e reflorestamentos antigos. A pastagem presente nas partes mais baixas desta unidade são anteriores a 1975.	Predomínio de argissolos. Também é significativa a ocorrência de latossolos nesta unidade.	26,14
5	Morro de São João	Predomínio de cobertura florestal em toda unidade (89%). Apenas 11% da unidade encontra-se com cobertura de vegetação secundária ou pastagem.	Predomínio de florestas antigas. Encontramos reflorestamentos de diferentes idades nas partes mais baixas da montanha. A pastagem encontrada nesta unidade é anterior a 1975.	Predomínio de Luvisolos com considerável grau de eutrofismo.	17,78
6	Maciço Costeiro de Boa Esperança	Grande parte da área apresenta cobertura florestal (49%), principalmente as áreas muito íngremes, próximas aos divisores da BHRSJ. Nota-se forte presença de pastagens e vegetação secundária, que juntas somam 50% da cobertura na área. Identifica-se na região grande manchas de recentes queimadas.	Nesta área, a floresta é predominantemente antiga, mas nota-se a presença de reflorestamentos recentes (entre 1995 e 2010). As pastagens estão presentes na área desde antes de 1975.	Predomínio de Luvisolos com considerável grau de eutrofismo.	26,12

7	Maciço Costeiro de Catimbau Grande	Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (76%). Apenas 13% da área possui remanescentes florestais distribuídos em pequenos fragmentos.	Predomínio de pastagens antigas (anteriores a 1975).	Predomínio de argissolos.	31,2
8	Morros do Alto São João	Predomínio de cobertura de pastagem em toda área (74%). No entanto 25% da área possui remanescentes florestais preservados, localizados principalmente nas regiões mais íngremes da unidade.	Predomínio de pastagens antigas (anteriores a 1975) e forte presença de áreas com o reflorestamento recente (entre 1995 e 2010).	Predomínio de Latossolo Vermelho-Amarelo álico.	7,8
9	Morros e Morrotes das Bacias Domingas-Pedra Oca	Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (87%). Menos de 8% da área possui remanescentes florestais distribuídos em pequenos fragmentos. É importante observarmos a presença de pequenos núcleos urbanos, sobretudo ao longo da rodovia RJ-124 (4%).	Predomínio de pastagens anteriores a 1975.	Maior ocorrência de argissolos. Também é muito significativa a presença de luvisolos nesta unidade.	49,41

10	Morros e Morrotes do Alto Bacaxá	<p>Predomínio de cobertura de pastagem em toda área (73%). No entanto 25% da área possui remanescentes florestais preservados, concentrados principalmente em um único fragmento, localizado em sua região central. Ainda é importante destacar o crescimento da mancha urbana de Rio Bonito observado na porção norte desta unidade.</p>	<p>Forte presença de desmatamentos recentes (pós 1995) e de áreas de reflorestamento também recentes (pós 1995). O maior fragmento florestal da unidade é antigo, anterior a 1975.</p>	<p>Predomínio de argissolos. Também é muito significativa a ocorrência de neossolos flúvicos nas planícies fluviais desta unidade.</p>	51,38
11	Patamares Residuais Úmidos	<p>Grande parte da área apresenta cobertura florestal preservada (50%). Nota-se forte presença de pastagens e vegetação secundária, que juntas somam 49% da cobertura na área, ocupando sobretudo os vales fluviais e intramontanos desta unidade.</p>	<p>Predomínio de mata antiga (anterior a 1975). No entanto, encontramos áreas de reflorestamento de diferentes datas. A pastagem predominante existe desde 1975, mas também podemos encontrar desmatamentos de diferentes períodos. A área apresenta grande dinamismo (alternância) de usos.</p>	<p>Predomínio de argissolos. Presença significativa de latossolos, sobretudo nas áreas mais rebaixadas dos patamares residuais.</p>	108,51

12	Escarpa Transicional da Serra do Mar	<p>Predomínio de cobertura florestal em toda unidade (59%). São nas planícies fluviais e vales intramontanos, assim como nas vertentes menos íngrimes desta unidade que estão às áreas mais degradadas, com predomínio de pastagens (36%) e vegetação secundária (5%). Nota-se também a presença de pequenos cultivos agrícolas nesta região.</p>	<p>Predomínio de mata antiga (anterior a 1975). No entanto, encontramos áreas de reflorestamento de diferentes datas. A pastagem predominante existe desde 1975, mas também podemos encontrar desmatamentos de diferentes períodos. A área apresenta grande dinamismo (alternância) de usos. Também percebe-se um pequeno crescimento urbano em alguns pontos desta unidade.</p>	<p>Ocorrência de cambissolos álicos e latossolos vermelho-amarelo álicos com mesma intensidade. Também é representativa a ocorrência de neossolos flúvicos nos vales intramontanos.</p>	203,74
13	Morros e Morrotes do Bacaxá-Capivari	<p>Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (83%). No entanto, 15% da área ainda possui remanescentes florestais distribuídos em pequenos fragmentos. Cabe ressaltar que na porção norte e nordeste da unidade ocorre o crescimento de pequenas manchas urbanas, de localidades presentes no município de Silva Jardim.</p>	<p>Predomínio de pastagens antigas (anteriores a 1975) mas também encontramos desmatamentos de diferentes períodos. Também percebe-se o reflorestamento (de diferentes períodos) de pequenas áreas.</p>	<p>Predomínio de latossolo vermelho-amarelo álico. Também é muito significativa a ocorrência de solos glei pouco húmicos álicos e neossolos flúvicos nas planícies fluviais desta unidade.</p>	75,83

14	Poço das Antas	<p>Predomínio de cobertura florestal na unidade (51%), sobretudo em sua porção leste, onde os fragmentos apresentam-se contínuos. Em sua porção oeste predominam as pastagens (40%) e vegetação secundária (7%). Algumas planícies presentes na unidade apresentam-se como áreas úmidas (1,5%).</p>	<p>Predomínio de floresta antiga (antes de 1975). Esta unidade é marcada também por ser uma das que mais encontramos processos de reflorestamento, sobretudo recente (pós 1995). A oeste também percebemos áreas de desmatamentos recentes. No entanto a pastagem predominante é anterior a 1975.</p>	<p>Predomínio de latossolo vermelho-amarelo álico. Também é muito significativa a ocorrência de solos glei pouco húmicos álicos nas planícies fluviais desta unidade.</p>	113,95
15	Baixada do Capivari, Sítio d'água e Cumbucas	<p>Predomínio de cobertura de pastagens (73%) e vegetação secundária (5%) em toda unidade . No entanto, 15% da área ainda possui remanescentes florestais distribuídos em pequenos fragmentos. As manchas urbanas ocupam 5,5% da área, pois a unidade abriga a cidade de Silva Jardim e outros pequenos núcleos urbanos.</p>	<p>Predomínio de pastagem antigas (1975) e desmatamentos de diferentes períodos. Também é a unidade em que percebemos o maior crescimento urbano de toda a bacia.</p>	<p>Predomínio de solos glei pouco húmicos álicos. Nos morrotes e colinas existentes nesta baixada temos a ocorrência de argissolos, seguida de latossolos vermelho-amarelo álicos.</p>	90,23
16	Baixada do rio Bacaxá	<p>Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (84%). Apenas 5% da área possui remanescentes florestais distribuídos em pequenos fragmentos.</p>	<p>Predomínio de pastagens antigas (anteriores e 1975). Existem também muitas áreas de desmatamento recente e áreas inundadas e corpos hídricos que foram drenados para ampliação de áreas de pastagem.</p>	<p>Predomínio de solos glei pouco húmicos álicos. Nos morrotes e colinas existentes nesta baixada temos uma significativa ocorrência de argissolos.</p>	51,06

17	Colinas e Morrotes da Bacia do Rio do Pardo	Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (93%). Aproximadamente 6% da região possui remanescentes florestais, distribuídos em pequenos fragmentos pela unidade.	Praticamente toda área é coberta por pastagens antigas (desde 1975).	Predomínio de argissolos.	21,35
18	Colinas e Morrotes do Jacu	Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (87%). Aproximadamente 9% da região possui remanescentes florestais, distribuídos em pequenos fragmentos. Na unidade encontram-se pequenos núcleos urbanos de baixa e média intensidade, possuindo ainda planícies fluviais periodicamente alagadas, ou seja, área úmidas.	Predomínio de cobertura de pastagens antigas (desde 1975). Em alguns pontos, áreas úmidas foram aterradas para ampliação de área de pastagem.	Predomínio de argissolos. Também é muito significativa a ocorrência de solos glei pouco húmicos álicos e glei solos salinos-solódicos nas planícies fluviais desta unidade.	37,39
19	Morros e Morrotes de Aldeia Velha	Predomínio de cobertura de pastagens em toda unidade (67%). No entanto, 24% da área ainda possui remanescentes florestais distribuídos em diversos fragmentos. Significativos 8% da área são cobertos por vegetação secundária. Observa-se à leste o crescimento urbano da cidade de Casimiro de Abreu.	Predomínio de cobertura de pastagens antigas (desde 1975). Grande parte da vegetação atual é resultante de processos de reflorestamento de diferentes períodos.	Predomínio de latossolo vermelho-amarelo álico. Também é muito significativa a ocorrência de solos glei pouco húmicos álicos nas planícies fluviais desta unidade.	25,31

20	Colinas e Morrotes do Indaiáçu-Seca	<p>Predomínio de cobertura de pastagens na unidade (63%). No entanto, uma significativa porção (26%) da unidade ainda possui remanescentes florestais localizados principalmente em seus morrotes e colinas situados na sua porção mais a sudoeste. Significativos 6% da área são cobertos por vegetação secundária. Esta unidade abriga ainda a cidade de Casimiro de Abreu, que ocupa 4% de sua cobertura total.</p>	<p>O Predomínio é de pastagens antigas (desde 1975), mas encontramos desmatamentos recentes (pós 1995). Grande parte das florestas nesta área são resultantes de processos de reflorestamentos de diferentes períodos. É importante ainda relatar ue o maior período de crescimento da cidade de Casimiro de Abreu se deu no pós 1995.</p>	<p>Predomínio de argissolos. Também é muito significativa a ocorrência de solos glei pouco húmicos álicos nas planícies fluviais desta unidade.</p>	78,5
21	Planície do Médio São João	<p>Predomínio de cobertura de pastagens em toda unidade (74%). No entanto, 13% da área ainda possui remanescentes florestais distribuídos fragmentos localizados em pequenas colinas e morrotes presentes no interior da extensa planície. Apenas 4% da área são cobertos por vegetação secundária. Podemos encontrar ainda significativas áreas agrícolas (8%) nesta unidade.</p>	<p>Predomínio de pastagens antigas. O remanescentes florestais existentes nesta área desde antes de 1975.</p>	<p>Predomínio de neossolos flúvicos. Nos morrotes e colinas existentes no interior desta planície temos a ocorrência de latossolos vermelho-amarelo álico.</p>	76,35

22	Colinas da Bacia do Rio do Ouro.	Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (84%). Aproximadamente 15% da região possui remanescentes florestais, distribuídos em pequenos fragmentos a sul-sudoeste da área. A unidade possui pequenos núcleos urbanos de baixa e média intensidade, e tem em seu limite a leste-nordeste a represa de Juturnaíba.	Predomínio de pastagens antigas. O remanescentes florestais existentes nesta área desde antes de 1975.	Ocorrência de argissolos e latossolos vermelho-amarelo álicos com mesma intensidade. Também é representativa a ocorrência de solos glei pouco húmicos álicos nas planícies desta unidade.	77,06
23	Colinas do Jaguaripe	Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (88%). Aproximadamente 7% da região possui remanescentes florestais, distribuídos em pequenos fragmentos distribuídos por toda área. É importante apontar a presença de núcleos urbanos (5%) ao sul da unidade, no município de Araruama.	Predomínio de pastagens antigas (anteriores a 1975). Forte presença de áreas inundáveis que foram drenadas para a ampliação das áreas de pastagem.	Predomínio de argissolos. Também é representativa a ocorrência de solos glei pouco húmicos álicos nas planícies desta unidade.	47,33
24	Colinas do Piriri e Onça	Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (89%). Aproximadamente 10% da região possui remanescentes florestais, distribuídos em pequenos fragmentos distribuídos por toda unidade. A unidade tem em seu limite norte a represa de Juturnaíba.	Predomínio de pastagens antigas (anteriores a 1975), no entanto, também podemos encontrar áreas de desmatamento pós 1995. Forte presença de áreas inundáveis e antigas lagunas que foram drenadas para a ampliação das áreas de pastagem.	Predomínio de argissolos. Também é representativa a ocorrência de solos glei pouco húmicos álicos nas planícies desta unidade.	95,44

25	Colinas de Juturnaíba	<p>Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (93%). Aproximadamente 6% da região possui remanescentes florestais, distribuídos em pequenos fragmentos localizados sobretudo nos vales fluviais e na região nordeste da unidade. A unidade tem em seu limite oeste a represa de Juturnaíba.</p>	<p>O Predomínio é de pastagens antigas (desde 1975), mas encontramos desmatamentos recentes (pós 1995).</p>	<p>Predomínio de argissolos. Também é representativa a ocorrência de solos glei pouco húmicos álicos nas planícies desta unidade.</p>	116,8
26	Colinas do Baixo São João	<p>Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (75%). Aproximadamente 4% da região possui remanescentes florestais, distribuídos em pequenos fragmentos por toda unidade. Nesta unidade encontramos muitas áreas com extensos cultivos de cana-de-açúcar, que ocupam significativos 20% de toda unidade.</p>	<p>Predomínio de pastagens antigas e antigas áreas de pastagem que se converteram em áreas agrícolas.</p>	<p>Predomínio de argissolos. Também é representativa a ocorrência de glei solos salinos-solódicos nas planícies desta unidade.</p>	116,75

27	Planície do Baixo São João	<p>Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (67%). Aproximadamente 11% da região possui remanescentes florestais, distribuídos em pequenos fragmentos por toda unidade. Nesta unidade encontramos muitas áreas úmidas (9%) e vegetação secundária (9%) distribuídos ao longo da extensa planície.</p>	<p>Predomínio de pastagens antigas (anteriores a 1975). Forte presença de áreas inundáveis e antigas lagunas que foram drenadas para a ampliação das áreas de pastagem. Nesta unidade encontramos muitos corpos hídricos artificiais.</p>	<p>Predomínio de solos glei pouco húmicos álicos</p>	97,14
28	Planície Salino-Solódica do Baixo São João	<p>Predomínio de cobertura de pastagem em toda unidade (79%). Aproximadamente 12% da região possui remanescentes florestais, sobretudo de mangues que se localizam ao longos dos rios que formam a planície. Nesta unidade encontramos ainda áreas úmidas e pequenos corpos hídricos, que juntos somam 5% da cobertura total da unidade.</p>	<p>Predomínio de áreas inundáveis e antigas lagunas que foram drenadas para a ampliação das áreas de pastagem. Forte existência de corpos hídricos artificiais.</p>	<p>Predomínio de glei solos salinos-solódicos.</p>	31,38

29	Planície Costeira	<p>A cobertura predominante na planície costeira é de ocupação urbana, com cerca de 35% de representação na área. As pastagens ocupam 31% da área, enquanto as florestas e mangues, juntos, representam 13% da cobertura total da unidade. Cavas abertas para exploração de areia representam 8% da cobertura na planície costeira da BHRSJ.</p>	Predomínio de área urbanizadas depois de 1995.	Predomínio de espodossolos.	31,97
-----------	-------------------	--	--	-----------------------------	-------

9.4 - Registros de Campo (Fotografias)



Rio São João Retilizado - Silva Jardim



Canais de Drenagem da Planície Fluvial - Silva Jardim



Morro de São João - Barra de São João - Casimiro de Abreu



Lagoas Artificiais formadas por atividades de exploração de areia. Localidade de Unamar, Tamoios - Cabo Frio.



Represa de Juturnaíba - Silva Jardim



Ponte Sobre o Rio São João - Silva Jardim



Planície do Rio Bacaxá - Araruama



Patamares Residuais e Degraus Estruturais - Silva jardim



Agricultura no Médio São João - Silva Jardim



Patamares Residuais Hiperumidos - Vertente voltada para Rio Bonito.



Grande Fragmento Florestal nos Morros e Morrotes do Alto Bacaxá. Caminho do "Lixão" de Rio Bonito.



RPPN Reserva União - Silva Jardim