

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL
PARA O MUNICÍPIO DE CAPÃO DO LEÃO – RS.**

EVERTON VIEIRA

FLORIANÓPOLIS - SC
2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL
PARA O MUNICÍPIO DE CAPÃO DO LEÃO – RS.**

EVERTON VIEIRA

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Geografia da Universidade Federal de
Santa Catarina como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Geografia.

ORIENTADOR: PROF. DR. JOEL PELLERIN

FLORIANÓPOLIS - SC
2004

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Joel Pellerin, por me orientar durante a realização deste trabalho, bem como por sua amizade e por estar sempre dispostos a ajudar no meu crescimento profissional;

Ao Dr. Jarbas Bonetti Filho e ao Dr. Roberto Verdum pela participação na banca de avaliação desta dissertação e pelas valiosas sugestões fornecidas para este trabalho;

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de demanda social que me foi concedida;

À Universidade Federal de Santa Catarina, especialmente ao Laboratório de Geoprocessamento, por proporcionar as condições necessárias para o desenvolvimento desta pesquisa;

À Coordenação do Curso de Pós Graduação Geografia por sua acessibilidade e por sempre se disponibilizar em ajudar no que fosse necessário;

À Marli, secretária do Curso de Pós Graduação em Geografia, por todo o seu auxílio e principalmente pelo carinho com que sempre me tratou;

Ao Prof. Paulino, pela disponibilidade em auxiliar os alunos e pelas conversas, dicas e explicações que contribuíram na realização deste trabalho;

A Prof. Dr. Carlos Hartmann pelos materiais cedidos, pelo apoio, incentivo e, principalmente por sua amizade;

A todos os funcionários das Bibliotecas Setorial e Central da UFSC, pelas atividades que desenvolvem;

Aos colegas de curso, pela companhia ao longo desta jornada e pelas horas de descontração e amizade.

A minha querida esposa Mônica por todo carinho, compreensão, paciência e pela sua contribuição na elaboração deste trabalho, mas principalmente por fazer parte da minha vida;

A minha linda e amada filhinha Luiza, por tornar cada instante da minha vida um momento único e especial;

A todos os meus familiares, principalmente a minha mãe Leiva e meu Pai Antônio, que sempre me deram apoio e que torceram muito para minha realização profissional;

Enfim, às demais pessoas que não foram citadas aqui, mas que de alguma forma contribuíram para a realização desta etapa, expresso aqui o meu sincero agradecimento.

Este trabalho é dedicado à
memória do meu querido e
saudoso avô Brasil.

“...vem vamos embora
que esperar não é saber
quem sabe faz a hora
não espera acontecer...”

Geraldo Vandré

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1.0 - INTRODUÇÃO	1
2.0 – OBJETIVOS	3
2.1 - Objetivo Principal	3
2.2 - Objetivos Específicos	3
3.0 - JUSTIFICATIVA	4
4.0 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
4.1 – Paisagem	7
4.1.1 - A paisagem como unidade territorial	7
4.1.2 – Abordagem metodológica da paisagem	8
4.1.3 - A estrutura da paisagem	9
4.2 – Zoneamento Ambiental	10
4.3 - O Geoprocessamento no Processo de Avaliação	12
5.0 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDO	16
5.1 – Localização	16
5.2 – Recursos Hídricos	18
5.3 – Geologia/geomorfologia	19
5.4 – Pedologia	24
6.0 - MATERIAIS E MÉTODOS	27
6.1 - Estruturação do Trabalho	27
6.2 - Materiais Utilizados	27
6.3 - Banco de Dados Geográfico	28
6.4 - Base Cartográfica	29
6.5 - Declividades	29
6.6 - Imagem Orbital (satélite)	30
6.7 - Correção Geométrica e Registro da Imagem	31
6.8 - Classificação da Imagem Orbital	33
6.9 – Determinação de Áreas de Preservação Permanente (APP's)	34
6.9.1 - Critérios de enquadramento legal	34
6.9.2 - Procedimentos operacionais na delimitação de APP's	36

6.10 - Adequação do Padrão de Uso e Ocupação do Solo frente à Legislação Ambiental	37
7.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
7.1 - Mapa de Declividades	39
7.2 - Uso e Ocupação do Solo	42
7.2.1 – Atividade Agropastoril	44
7.2.2 – Mineração	49
7.2.3 - Reflorestamento de <i>Pinnus sp.</i> e <i>Eucaliptus sp.</i>	52
7.2.4 - Áreas urbanizadas	53
7.3 - Cobertura Vegetal Natural	54
7.3.1 - Floresta Estacional Semidecidual	54
7.3.1.1 - Floresta Submontana	55
7.3.1.2 - Floresta Aluvial	56
7.3.1.3 - Mata Ciliar	57
7.3.2 - Campos Naturais (Savanas)	58
7.3.3 - Campos Litorâneos	59
7.3.4 - Vegetação de Banhados	61
7.4 – Definição das Áreas de Preservação Permanente (APP's)	62
7.5 - Proposta de Zoneamento Ambiental	64
7.5.1 - Áreas de Preservação Permanente (APP's)	66
7.5.2 - Áreas de Uso Restrito (AUR's)	66
7.5.3 - Áreas de Uso Rural (AUR's)	67
7.5.4 - Áreas de Uso Urbano (AUrb's)	67
7.5.5 - Áreas de Uso Especial (AUE's)	68
7.6 - Análise da Adequação do Padrão de Uso do Solo	68
8.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
9.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Mapa de localização da área de estudo.	17
FIGURA 2	Mapa da hidrografia de Capão do Leão.	19
FIGURA 3	Mapa geológico/geomorfológico de município de Capão do Leão.	21
FIGURA 4	Mapa pedológico do município de Capão do Leão, RS.	25
FIGURA 5	Imagem Landsat TM7 do município de Capão do Leão.	31
FIGURA 6	Tabela mostrando o RMS (Erro Médio Quadrático) total obtido na fase de registro e georreferenciamento da Imagem de satélite.	32
FIGURA 7	Mapa de declividades de Capão do Leão.	40
FIGURA 8	Detalhe do mapa de declividades, salientando as áreas de relevo mais proeminente no município (Cerro das Almas e Cerro do Estado).	41
FIGURA 9	Mapa de Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal.	43
FIGURA 10	Plantação de arroz em primeiro plano, com açude utilizado para irrigação e reflorestamento de <i>Eucaliptus</i> sp.	45
FIGURA 11	Área sendo preparada para o plantio do arroz, com utilização de maquinário agrícola.	46
FIGURA 12	Exemplo de uso inadequado do solo.	47
FIGURA 13	Placa de indicação e da central de recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos.	47
FIGURA 14	Aeronave utilizada para pulverizar defensivos químicos sobre a lavoura de arroz.	48
FIGURA 15	Vista parcial da área urbana de Capão do Leão.	49
FIGURA 16	Condições de poeira a que estão submetidos trabalhadores e a população local.	50
FIGURA 17	Atividade de um “cortador de pedras” e situação da área de exploração mineral.	51
FIGURA 18	Degradação ambiental promovida pela mineração artesanal dos “cortadores de pedra artesanais”.	51
FIGURA 19	Áreas ocupadas por atividade de reflorestamento de <i>Eucaliptus</i> sp., no Cerro das Almas.	53
FIGURA 20	Fachadas de casas açorianas e construção rústica utilizando blocos de granito, na principal rua de Capão do Leão.	53
FIGURA 21	Remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual no Cerro das Almas, alternada com pastagens.	56

FIGURA 22	Floresta aluvial relativamente bem preservada no Rio Piratini.	57
FIGURA 23	Ocorrência de mata ciliar acompanhando os interflúvios na região de relevo suave ondulado (savanas).	58
FIGURA 24	Campos naturais na região do embasamento cristalino, também denominados savanas.	58
FIGURA 25	Campos litorâneos na região da Planície Costeira Interna, utilizados para pecuária extensiva e cultivo de arroz irrigado.	60
FIGURA 26	Transição dos campos litorâneos na região da Planície Costeira Interna para as áreas de relevo mais elevado sobre o embasamento cristalino.	60
FIGURA 27	Vegetação de Banhados associado à mata de restinga, às margens do Canal São Gonçalo.	61
FIGURA 28	Áreas de Preservação Permanente no município de Capão do Leão - RS.	63
FIGURA 29	Proposta de zoneamento ambiental para o município de Capão do Leão - RS.	65
FIGURA 30	Mapa demonstrando as áreas de inadequação entre a atividade mineradora industrial de granito e a legislação ambiental (APP de Topo de Morro) sobre o Cerro do Estado.	69
FIGURA 31	Vista parcial da área de lavra da mineradora Ivaí.	69
FIGURA 32	Supressão da vegetação natural no Cerro do Estado pelo processo de mineração industrial de granito.	70
FIGURA 33	Áreas em desacordo com a legislação ambiental na região do embasamento cristalino (ênfase para margem de cursos d'água).	71
FIGURA 34	Áreas de Reflorestamento no Cerro das Almas em desacordo com a Legislação.	72

RESUMO

O município de Capão do Leão está localizado na chamada “metade sul” do Rio Grande do Sul, distante aproximadamente 258km da capital do estado, Porto Alegre, situando-se em uma área de transição entre o Planalto Sul-riograndense e a Planície Costeira Interna. Tendo em vista que esse município possui algumas atividades econômicas que, pelas suas características, apresentam risco potencial de degradação ambiental, tanto pela supressão da vegetação original, quanto pela homogeneização e/ou fragmentação de habitat's e, considerando que essa região se apresenta extremamente carente em estudos técnicos-científicos com ênfase na preservação e conservação dos ambientes naturais, este estudo teve como objetivo principal elaborar uma proposta de zoneamento ambiental a partir da análise da adequação do uso e ocupação do solo perante a legislação ambiental. O zoneamento elaborado visou fornecer diretrizes gerais de uso através de uma proposta de ordenamento territorial, definindo zonas que foram abordadas como unidades de planejamento. Para operacionalizar tais análises, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento apoiadas nos recursos disponíveis em Sistemas de Informações Geográficas, onde foram analisados aspectos relacionados ao uso e ocupação do solo e da cobertura vegetal, interpretação e espacialização das leis e decretos ambientais a nível federal e estadual, além da existência de conflitos em áreas protegidas legalmente. Os principais resultados obtidos na análise de adequação do uso do solo destacam a presença de algumas atividades produtivas em locais protegidos pela legislação, tais como mineração de granito em topo de morros e rizicultura muito próximo à margem de cursos d'água, suprimindo a vegetação natural que ocorre nesses ambientes. Tais informações foram organizadas em um banco de dados geocodificado que servirá de subsídio aos programas de desenvolvimento sustentável e ao processo de tomada de decisões municipal, tanto a nível ambiental quanto de ordenamento territorial, esperando-se, dessa forma, contribuir na melhoria da qualidade ambiental e, conseqüentemente, na melhoria da qualidade de vida da população de Capão do Leão.

ABSTRACT

The city of Capão do Leão is placed in the region called Rio Grande do Sul's "south half", distant approximately 258km from of the state capital, Porto Alegre, located in a transition area between the South-Riograndense Plateau and the Internal Coastal Plain. This region has some economical activities that presents potential risk of environmental degradation, as for the suppression of the original vegetation, as for the habitat's homogenization and/or fragmentation and, for the own alteration of the ambient a whole, etc. Considering that Capão do Leão is extremely poor on technician-scientific studies with emphasis about preservation and conservation of the natural resources, and how the Municipal Director Plan even now doesn't have a specific chapter regarding the environmental subject, this study had as main objective to elaborate a proposal of environmental zoning starting from the analysis of the adaptation of the use and occupation of the soil before the environmental legislation. The elaborated zoning aimed to supply general guidelines of use through a proposal of territorial ordening, defining zones which were treated as planning units. For operating such analyses, techniques of geoprocessing were used based in the available resources in Geographical Information Systems, where the aspects related to the soil use and occupation and the vegetable covering were analyzed laws and environmental ordinances, at federal and state level, interpretation and espacialization of the, besides the existence of conflicts in legally protected areas . The principal results obtained in the analysis of the soil adequated use shows the presence of some productive activities in protected areas by the legislation, such as granite mining on the top of hills and very close to rice culture to the river margin, suppressing the natural vegetation that occurs in those ambients. Those information were organized in a geocodificated database which will serve as subsidy to the sustainable and development programs and to the process of municipal taking decisions, so much at environmental level as territorial ordening, expecting, that way, to contribute in the improvement of the environmental quality and, consequently, in the improvement of Capão do Leão population's quality of life.

1.0 - INTRODUÇÃO

As ações humanas sobre os ecossistemas naturais têm provocado a constante degradação desses ambientes, ocasionando alterações de estruturas e processos biológicos que repercutem diretamente nos componentes físico-químicos dos mesmos. Como resultado se observa uma acentuada diminuição da capacidade desses ecossistemas em manter uma produtividade de acordo com o ambiente onde se desenvolveram, dando lugar a áreas degradadas com baixa sustentabilidade (ESTELRICH, 1998).

A sustentabilidade é a premissa básica para identificar potencialidades e limitações ecológicas, econômicas e sociais, sendo assim, os recursos naturais devem ser utilizados considerando-se os impactos diretos e indiretos para a sociedade e para a natureza. A noção de escassez relativa coloca limites nas opções atuais e futuras de ocupação do território e uso dos seus recursos. Nesse sentido, as concepções desenvolvidas atualmente a respeito da questão ambiental têm destacado a necessidade de abordagens integradas e ações conjuntas envolvendo diferentes áreas do conhecimento. Essa necessidade tem ficado clara em projetos de planejamento ambiental, zoneamento ambiental, elaboração de planos diretores, estudo de impactos ambientais, implantação de unidades de conservação, manejo dos recursos hídricos, entre outros. BANDEIRA (2000) já apontava a necessidade de fornecer um instrumento para planejar e gerir a diversidade ambiental, a partir de uma visão ecológica, política e econômica mais ampla.

Nesse sentido, o planejamento ambiental é o veículo de integração e previsão ambiental (OREA, 1994), visando (re)ordenar o uso e ocupação do solo de maneira que a intervenção humana seja a menos impactante possível (CAUBET & FRANK, 1993), podendo ser desenvolvido em vários níveis espaciais (FAO, 1994). CENDRERO (1982) considera o planejamento ambiental ou territorial como uma atividade intelectual por meio da qual se analisam os fatores físico-naturais, econômicos, sociológicos e políticos de uma zona (um país, uma região, uma província, um município, etc.) e se estabelecem às formas de uso do território e de seus recursos na área considerada.

Entretanto, para que possamos planejar adequadamente um território em bases sustentáveis, se faz necessário à aquisição e sistematização de diferentes tipos de dados e informações, referentes ao meio físico, biológico e sócio-econômico. Esses dados, uma vez processados e analisados de forma integrada, vai nos permitir conhecer a realidade da área em estudo, considerando as potencialidades e vulnerabilidades necessárias à formulação de diretrizes de uso e ocupação do solo, provendo inegáveis subsídios para o desenvolvimento e melhoria da qualidade de vida da população.

Atualmente, com o desenvolvimento das chamadas geotecnologias (Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas), existe uma série de recursos que auxiliam sobremaneira a investigação da adequação de uso do solo, sendo aplicáveis ao planejamento geográfico e à obtenção de dados voltados ao ordenamento territorial, tanto em níveis regionais quanto municipais (CATELANI *et al.*, 2003). Nesse sentido, ROSS (1994) acrescenta que as avaliações ambientais de usos, apoiadas em técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, são excelentes suportes técnico-científicos para a elaboração de zoneamentos ambientais que vão dar suporte as políticas de planejamento estratégico em qualquer nível de gerenciamento ou governo e em qualquer território político-administrativo (nação, estado, município, fazendas, núcleos de colonização, bacias hidrográficas, áreas metropolitanas, pólos industriais, etc).

Como parte de um sistema complexo de relações, o zoneamento ambiental é suporte para um planejamento ambiental e há que ser relacionado com as potencialidades e ofertas econômicas do território, bem como com os agentes e fatores sociais, para que não se exclua do mesmo o componente antrópico e seus impactos (CONHECIMENTO, 1995).

O presente estudo realizou uma análise do padrão espacial de uso e ocupação do solo no município de Capão do Leão (RS) frente à legislação ambiental brasileira e através desse processo se elaborou uma proposta de zoneamento ambiental local que definisse diretrizes gerais de ordenamento territorial.

2.0 – OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Principal

Avaliar a adequação do padrão espacial de uso e ocupação do solo no município de Capão do Leão (RS) frente à legislação ambiental brasileira, visando à elaboração de uma proposta de zoneamento ambiental de usos.

2.2 - Objetivos Específicos

- Realizar o mapeamento e caracterização dos diferentes padrões espaciais de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal natural;

- Interpretar e espacializar a legislação ambiental brasileira, delimitando as áreas definidas como sendo de “preservação permanente” (APP's);

- Realizar a integração das informações de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal com a legislação ambiental vigente;

- Analisar a adequação das formas de uso do solo identificando áreas de uso conflitantes frente à legislação ambiental vigente;

- Elaborar uma proposta de zoneamento ambiental local que defina diretrizes gerais de ordenamento territorial;

- Criar um ambiente voltado à análise dos padrões espaciais locais de uso e ocupação do solo, sob forma de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

3.0 - JUSTIFICATIVA

A escolha do município de Capão do Leão (RS) como área de estudo decorreu do fato deste município estar localizado numa zona de transição entre a Planície Costeira Interna e o Planalto Sul-riograndense, caracterizando-se como uma área extremamente sensível à ação das atividades humanas. Entre essas atividades destaca-se a presença da monocultura de arroz irrigado (rizicultura) sobre campos litorâneos (porções mais baixas do relevo), a mineração de saibro e granito a céu aberto no embasamento cristalino (porções mais elevadas do relevo), além dos reflorestamentos de *Eucaliptus* sp. e *Pinnus* sp. distribuídos por todo o território municipal.

A presença dessas atividades produtivas com grande potencial de impactos sobre o meio ambiente, podem comprometer a integridade natural dos ecossistemas gerando graves conseqüências ambientais, muitas vezes irreversíveis, se não forem tomadas medidas preventivas para mitigarem seus impactos. Podemos citar como exemplo de tais conseqüências, a fragmentação e homogeneização dos refúgios naturais para plantio de espécies exóticas, como o *Pinnus* Sp. e o *Eucaliptus* Sp., a supressão da cobertura vegetal para plantio de culturas comerciais e de pastagens, o manejo inadequado do solo, o abandono da lavra de exploração mineral de saibro e granito, sem maiores cuidados em relação a sua recuperação paisagística, entre outros.

O uso inadequado dos recursos naturais através da prática de atividades econômicas predatórias e/ou sem critérios técnicos adequados à exploração dos recursos e proteção do meio ambiente, que a princípio se mostram lucrativas, acabam por ocasionar imensos prejuízos, tanto a nível ambiental, como econômico. Este argumento é facilmente comprovado, pois na medida em que a degradação ambiental se acelera e se amplia espacialmente, numa determinada área que esteja sendo ocupada e explorada pelo homem, a sua produtividade tende a diminuir cada vez mais (questão econômica), além disso, acrescenta-se a perda da biodiversidade pela supressão de áreas com vegetação nativa, que servem de refúgios para diferentes espécies (questão ambiental).

De acordo com BLAIKIE & BROOKFIELD, (1987) a degradação ambiental é um problema social, ou melhor, sócio-econômico. Entretanto, outros autores

tais como: MORGAN (1986); GERRARD (1990) e DANIELS & HAMMER (1992), chamavam a atenção para o fato de que, o manejo inadequado do solo, tanto em áreas rurais, como em áreas urbanas, é a principal causa da degradação.

Outro aspecto relevante considerado na definição do recorte espacial em estudo foram os conflitos de uso que ocorrem em Áreas de Preservação Permanente, tais como ocupações e atividades produtivas muito próximo de nascentes e cursos d'água, que são locais onde surgem os tributários responsáveis pela disponibilidade de água no município. Segundo PINTO *et al.* (2003), as áreas localizadas ao redor de nascentes e cursos d'água, têm função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

Entretanto, não apenas as APP's relacionadas aos corpos d'água asseguram a qualidade e quantidade de água drenada por uma bacia hidrográfica. Conforme BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), nas regiões de topografia acidentada, as florestas devem ser conservadas no topo dos morros, a fim de reduzir as enxurradas que se formam nas cabeceiras, atenuando os problemas de controle de erosão nos terrenos situados mais abaixo e proporcionando, pela maior infiltração, uma regulação das fontes de água.

Dessa forma, analisar os diferentes padrões espaciais de uso e ocupação do solo e da cobertura vegetal de uma forma integrada, é uma etapa imprescindível para possibilitar o desenvolvimento sócio-econômico do município de Capão do Leão (RS), apoiado em bases sustentáveis. A relevância desse tipo de avaliação está na possibilidade de se projetarem às potencialidades dos usos futuros dos recursos naturais, identificados na pesquisa geográfica.

A iniciativa de se elaborar este trabalho apoiado na utilização de técnicas de geoprocessamento e no uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), juntamente com a interpretação e espacialização das leis e resoluções ambientais, vem ao encontro das necessidades municipais de dispor de um sistema de informações cadastradas em bases georreferenciadas, viabilizando o desenvolvimento de propostas que atendam, não apenas o crescimento econômico-social, mas que também levem em consideração as potencialidades e restrições ambientais, diagnosticadas no município. Segundo CÂMARA &

MEDEIROS (1996), tais ferramentas permitem realizar análises complexas integrando um amplo conjunto de atributos e dados espaciais, que podem ser usados no processamento e manipulação da base de dados estruturada no SIG.

4.0 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 – Paisagem

4.1.1 - A paisagem como unidade territorial

A incorporação do conceito de paisagem nos estudos acadêmicos é uma típica criação da modernidade, muito embora a idéia de paisagem já se fizesse presente na pintura e na arte dos jardins desde o período Romano. Na ciência, a idéia de paisagem evolui de uma visão cartesiana e mecanicista para uma perspectiva estruturada sobre bases sistêmicas e integrativas, acompanhando os movimentos teóricos que subsidiavam a prática científica.

Segundo DEFFONTAINES, citado por ROUGERIE & BEROUTCHACHVILI (1991:10), além da imprescindível consciência da exterioridade do observador em relação ao objeto observado, outra condição indispensável para a elevação do conceito de paisagem a um nível científico foi a incorporação da idéia de totalidade do conhecimento, ou seja, como unidade territorial concreta, a paisagem está vinculada à abordagem sistêmica. O mesmo autor define-a como:

“uma porção do espaço perceptível a um observador, onde se inscrevem uma combinação de fatos visíveis e invisíveis e, de inter-relações de que só se percebem, a um dado momento, o resultado global” (DEFFONTAINES, citado por ROUGERIE & BEROUTCHACHVILI ,1991:10).

Ao afirmar que:

“os componentes naturais e culturais não estão superpostos ou somados...”, mas sim que *“...a natureza e a cultura na maioria dos objetos geográficos se acham integradas”*, BOBEK & SCHMITHÜSEN (1982:331) chamam a atenção para a influência do papel antrópico no fato geográfico. A paisagem representa, pois, um conceito socialmente construído ao longo de um período histórico, muito embora, como nos lembra LECOEUR (1987), se constitua de uma associação de elementos concretos.

Para, LEITE (1994:07), a paisagem é:

“...um reflexo da visão social do sistema produtivo” cujas *“formas transformam-se ou desaparecem sempre que as*

teorias, filosofias e necessidades que as criaram não são mais reais...”.

4.1.2 – Abordagem metodológica da paisagem

Do ponto de vista metodológico, a análise da paisagem tem sido realizada principalmente de três maneiras. Em alguns trabalhos, a área de estudo é preliminarmente dividida em quadrículas regulares (unidades de análise ou manejo ambiental), dentro das quais cada variável é codificada e analisada segundo uma hierarquia pré-definida, através de uma análise estatística multivariável. Posteriormente, o zoneamento é feito agrupando-se as unidades que apresentam comportamento semelhante para as variáveis trabalhadas. Nesta linha aparecem, entre outros, os trabalhos de IMA & GTZ (1993); ROCHA (1995); MARQUES *et al.* (1983) e ADAMI (1995).

Outros autores, no entanto, preferem analisar o comportamento das variáveis no contexto global da área estudada ou, como afirma BRUNEAU (1980), através de uma “abordagem analítica”. Neste caso, utilizam diferentes mapas temáticos (relativos às variáveis a serem analisadas) que são cruzados entre si numa ordem preestabelecida segundo os objetivos da pesquisa. A delimitação das “*unidades de paisagem*” é dada a partir da interação entre as variáveis envolvidas nos cruzamentos, a exemplo dos trabalhos desenvolvidos por ROSA (1995) e CASSOL (1996). Nesta linha, é cada vez mais freqüente o uso do geoprocessamento como instrumento para a realização dos cruzamentos entre os diferentes mapas temáticos, face às vantagens proporcionadas no que se refere ao ganho de tempo e à possibilidade de uma análise mais complexa dos elementos e inter-relações.

Uma terceira possibilidade refere-se àquilo que BRUNEAU (1980) chama de “abordagem globalizante”, ou seja, corresponde a uma forma mais sintética de representação da paisagem. Nesta perspectiva, a pesquisa leva à elaboração de uma única carta onde aparecem representadas todas as variáveis envolvidas e sua dinâmica. Muitos trabalhos foram desenvolvidos dentro dessa linha, principalmente dentro da metodologia proposta por JOURNAUX (1980); porém,

tais trabalhos apresentam, via de regra, uma concentração tão alta de informações que acabam por dificultar a sua interpretação.

De acordo com PENTEADO-ORELLANA (1985a:134):

“Eles são mais complexos e por isso de aplicabilidade mais difícil. São mapas feitos por poucos e para uma clientela especializada e pequena, que certamente não serão utilizados por muitos especialistas em questões ambientais devido à sua complexidade e dificilmente serão difundidos, da maneira como vêm sendo elaborados”.

4.1.3 - A estrutura da paisagem

A análise ambiental de uma paisagem implica, antes de tudo, em determinar a sua estrutura (VILÁS, 1992); dentro dela passam a ser analisadas as variáveis que concorrem para o funcionamento deste sistema.

“A estrutura horizontal de um geossistema está constituída por um mosaico de geofácies (...). Essa estrutura apresenta as variações próprias dos diferentes estados em relação com determinadas entradas de energia. A diminuição ou entrada de outras energias conduzem a formação de fácies, enquanto que o desaparecimento destas entradas conduz à homogeneização de todo o sistema” (BOLÓS & CAPDEVILA, 1992:42).

Tem início assim, a primeira fase do processo de investigação referente ao diagnóstico da área de estudo, com fins a uma avaliação mais precisa sobre a dinâmica dos padrões de uso do solo e cobertura vegetal. É preciso que se delimite o sistema a ser estudado para que se possam estabelecer os elementos componentes e as relações existentes. O nível de aprofundamento ou generalização que se obtém disto depende substancialmente da capacidade intelectual e da percepção de cada pesquisador.

A afirmação acima chama a atenção para o nível de subjetividade que envolve a definição de uma metodologia para o diagnóstico ambiental. Para VILÁS (1992:143):

“Não há, em realidade, uma metodologia comum para elaborar estudos de diagnoses descritivas (...). A valoração dos elementos para estabelecer diagnósticos depende em cada ocasião da paisagem estudada e da importância hierárquica que tenham, ou que se considera que tenham, os distintos elementos”.

Entretanto, é possível perceber entre a comunidade científica envolvida com esta questão, uma tendência de adotar o “zoneamento” como uma ferramenta básica para se chegar ao diagnóstico ambiental face à variação espacial que se configura no interior do sistema, como consequência das interações entre os elementos da paisagem.

4.2 – Zoneamento Ambiental

O conceito de território, herdado classicamente da tradição jurídica como base geográfica do estado, com origem na palavra latina *Territorium* (“pedaço da terra apropriado”), tem sido reformulado pelo pensamento geográfico abarcando, além das relações de poder (RAFFESTIN, 1993), a própria definição dos agentes sociais e de suas formas de atuação sobre o espaço (SOUZA, 1995), podendo ser construído ou desconstruído em escalas temporais e espaciais diferentes.

Segundo ANDRADE (1996), o conceito de território, uma vez ligado à idéia de domínio e gestão, não deve ser confundido com o de espaço ou de lugar. O território envolve poder e, portanto, um critério político. O zoneamento ambiental pode criar, assim, um modelo de planejamento que distribua as atividades no território em função das limitações, vulnerabilidades e fragilidades naturais, bem como dos riscos e potencialidades de uso, a fim de contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população. A análise das inter-relações espaciais entre os sistemas ambientais, identificando problemas e riscos que determinada área pode sofrer pelo uso inadequado, constitui uma contribuição do zoneamento, que possibilita a visão espacial do território com seus diferentes atributos e relações.

Com a promulgação da Lei Nº 6.938/81, o Zoneamento Ecológico-Econômico é tido como um dos principais instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente (GRASSI, 1995).

“Zonear um território é diferenciar áreas neste território segundo critérios e regras que devem ser escolhidos de acordo com os objetivos a serem alcançados pelos seus responsáveis” (NEVES & TOSTES, 1992:53).

Observa-se pela definição apresentada que o “zoneamento” corresponde a um instrumento de análise, destituído de valor intrínseco quando isolado da metodologia que lhe dá suporte. Dessa constatação, decorre uma gama variada de diferentes “tipos” de zoneamentos, desde modalidades setoriais, como os zoneamentos agroecológicos que negligenciam outros níveis da dinâmica ambiental que não aqueles específicos ao qual se destinam, até os que se propõem a tratar os processos de forma mais ampla e integrada, como os “Zoneamentos Ecológico-Econômicos – ZEE” que vêm sendo promovidos pelo Poder Público brasileiro desde a década de 80, tendo como prioridade a região amazônica (AB’SABER, 1989), e que podem ser utilizados como exemplos de ordenamento territorial. Nesse sentido o ZEE é definido por SCHUBART (1994:03) como:

“o objetivo técnico do zoneamento ecológico-econômico consiste em sintetizar e modelar o conhecimento científico disponível sobre o funcionamento e distribuição espacial dos sistemas ambientais de uma região”.

Com a difusão das potencialidades metodológicas oferecidas pelo zoneamento, foram sendo criadas e testadas diferentes formas de realizá-lo. Ao nível institucional, o projeto de Lei do executivo, de Nº 4.691 do ano de 1990 estabelece as Diretrizes Básicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico. A aplicação destes princípios padronizadores acaba por transformar esta ferramenta em um “modelo universal” aplicado a todas as situações e locais de forma sistemática. Quanto a isso, comenta AJARA (1993:11):

“A adoção de metodologias aplicadas de maneira indistinta a diferentes porções territoriais, independentemente das problemáticas espaciais/ambientais específicas nelas configuradas, atribuindo à Ordenação Territorial uma neutralidade antagônica ao caráter político e estratégico que

lhe deve ser imputado, constitui, sem dúvida, a limitação maior desse instrumento orientador de ações”.

KOFFLER *et al.* (1996) empregam o termo zoneamento ecológico para o estabelecimento das diversas utilizações relativas ao levantamento da aptidão agrícola das terras e a implantação de culturas específicas, assim como a obtenção da capacidade de usos da terra relacionando-se com as medidas práticas de conservação.

SILVA (1995) utiliza a terminologia zoneamento geoambiental, que diagnostica os recursos do meio natural, fatores socioeconômicos e o suporte físico-biótico, pois considera de maior amplitude o termo "ambiental".

De acordo com a Carta dos Andes, citado por FERRARI (1979), o zoneamento é o instrumento legal de que dispõe o Poder Público para controlar o uso da terra, a densidade de população, a localização, a dimensão, o volume dos edifícios e seus usos específicos, em prol do bem-estar social.

Para SOUZA (1993) um macrozoneamento deve anteceder o zoneamento, sendo entendido por este autor como o estudo das características e o conhecimento das vocações naturais e da capacidade de suporte dos meios físico, biológico e antrópico com vistas a subsidiar planos, projetos e ações de gestão ambiental que buscam conciliar desenvolvimento social, econômico e qualidade ambiental. No entanto, se analisarmos a fundamentação teórica do ZEE, este implica um trabalho de diferentes escalas geográficas e temporais englobando o macrozoneamento.

TABACZENSKI *et al.* (1996) abarcam o zoneamento, por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG), como um instrumento de apoio da política ambiental na tomada de decisões, com vistas ao desenvolvimento econômico equitativo e a qualidade ambiental, pela simulação dos dados gerenciais, procurando reconhecer a capacidade de suporte do meio por estratégias que respeitem os limites do meio ambiente.

4.3 - O Geoprocessamento no Processo de Avaliação

O emprego de técnicas de geoprocessamento tem se mostrado de grande utilidade e eficiência, principalmente nas análises próprias aos estudos ambientais, tratando dos dados e gerando informações de análises geográficas

sob diferentes formatos, realizando o processamento de imagens, modelagem do terreno, análise de redes, geodésia e fotogrametria, produção cartográfica, etc. Além de otimizar a integração dos dados, o geoprocessamento também permite o aumento da complexidade das análises.

O termo geoprocessamento tem sido freqüentemente usado como sinônimo de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). No Brasil, em especial, o fato é constatado em praticamente todas as áreas de alguma forma envolvidas com a utilização dessa tecnologia. Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode ser entendido como qualquer conjunto de procedimentos, manuais ou auxiliados por computador, utilizados para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados (ARONOFF, 1991). Entretanto, o avanço da informática nas atividades de mapeamento e análises geográficas, acabou alterando essa definição e restringindo o conceito de SIG a sistemas baseados em computador (BURROUGH, 1992). O geoprocessamento, por sua vez, é um conceito mais global, abarcando desde a coleta da informação até a obtenção do produto gráfico final.

Em função dos recursos disponíveis, os SIG's representam uma boa ferramenta para subsidiar a avaliação, o planejamento e o monitoramento de recursos em uma série de atividades. Essas atividades podem restringir-se a um âmbito mais local até escalas de menor detalhe envolvendo uma região ou mesmo um país inteiro. O fato da informação estar georreferenciada faz com que a transição de uma escala para a outra ocorra de modo direto, desde que levado em consideração o grau de detalhamento dos dados disponíveis.

Um SIG trabalha tanto com dados espaciais de localização (atributos geográficos) quanto com dados não espaciais (atributos não gráficos de entidades geográficas), ou seja, os objetos gráficos, sobre os quais podem-se aplicar tratamentos gráficos, são ligados a uma série de atributos sobre os quais aplicam-se tratamentos numéricos e de gestão de dados. Esta integração num mesmo sistema permite trabalhar dois universos, o dos dados representados graficamente e o dos objetos gráficos dos quais podem-se conhecer as características.

Para LOPES ASSAD (1995) e CÂMARA (1993a) os SIG's correspondem a sistemas destinados especificamente ao tratamento de dados espaciais -coletar,

armazenar, recuperar, transformar e representar visualmente dados espaciais e também dados estatísticos ou textuais-, otimizando a realização de análises espaciais através da integração de dados.

Segundo BUCHE *et al.* (1992), esses sistemas (SIG's) englobam a descrição formal das organizações espaciais sob a forma de sistemas de gestão de base de dados associados a módulos gráficos, englobam métodos de análises espaciais (geoestatística, processamento de imagens, entre outros) que auxiliam na determinação da estrutura e no aumento da precisão de valores em qualquer ponto do espaço e, permitem desenvolver modelos de funcionamento de fluxos (hídrico para a cobertura pedológica, mercados para as redes econômicas, informação para o desenvolvimento rural,...) que não correspondem à reprodução simplificada de modelos locais ou de laboratório, mas que consideram diferentes níveis de percepção dos fenômenos e sua posição no espaço.

Pelas características dos SIG's torna-se possível integrar, em uma única fonte de dados, as informações de diversas origens, incluindo imagens de satélite, MNT's (Modelos Numéricos do Terreno), mapas temáticos e banco de dados; combinar vários dados e informações através de manipulações diversas, gerando mapas derivados e novas informações; consultar, recuperar, visualizar e desenhar o conteúdo da base de dados geocodificados (FELGUEIRAS & CÂMARA, 1993).

Atualmente, percebe-se que as aplicações de geoprocessamento como ferramenta de avaliação e planejamento vêm sofrendo incremento, tanto no meio acadêmico como no setor privado, abrangendo desde a identificação de locais próprios à implantação de empreendimentos (usinas de reciclagem e de geração de energia, áreas de lazer, indústrias, estabelecimentos comerciais, etc.), a avaliação de impactos ambientais (GOES *et al.*, 1995), análises de viabilidade ou planejamento agrícola (WEBER, 1995), a fiscalização de crédito agrícola (MOREIRA, 1990), a previsão de safras (FIGUEIREDO & COLLARES, 1993), até como ferramenta de apoio à decisão (VALDAMERI, 1996) e de avaliação em questões de terras (WEBER & HASENACK, 1996).

Entre as propostas metodológicas para a investigação do meio ambiente que demonstram as potencialidades da utilização de técnicas de geoprocessamento e SIG's nos estudos ambientais, principalmente no que se refere às interações entre o meio natural e a ação antrópica, avaliadas através do

uso do solo, destacam-se alguns trabalhos, entre os quais os de HADLICH (1997), TOREZAN & LORANDI (2000), RODRIGUES *et al.* (2001), entre outros.

HADLICH (1997) desenvolveu uma proposta de avaliação de riscos de contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos utilizando técnicas de geoprocessamento e cartografia digital, e aplicou-a a microbacia hidrográfica do Córrego Garuva-Sombrio (SC). Esta proposta é baseada no conceito de risco como resultado da interação intrínseca ao meio natural e a ação antrópica avaliada através do uso do solo. O risco é espacializado através de cartas de vulnerabilidade do meio (obtida a partir do cruzamento das cartas de solos, de distância do local de aplicação do agrotóxico ao curso d'água mais próximo e de declividade) e do uso do solo (obtida através da classificação supervisionada de imagem de satélite). Elaborada sob a visão sistêmica, a metodologia fundamenta-se nos processos de contaminação e no conceito de risco.

TOREZAN & LORANDI (2000), aplicaram técnicas de geoprocessamento na análise de componentes ambientais, como instrumento de planejamento de áreas com potencial de serem exploradas por atividades de mineração de areia na bacia do Rio Bonito (SP). Foram considerados componentes como formações geológicas com potencial de serem explorados por mineração, declividade, áreas urbanas, áreas de preservação permanente e fragmentos de remanescentes de vegetação natural. Os autores utilizaram técnicas de interpretação de imagens de sensoriamento remoto e análises em Sistemas de Informação Geográfica, obtendo como resultado uma carta indicando área com três classes de restrição a exploração mineral, a qual pode ser utilizada no processo de decisões sobre o planejamento da área em questão.

RODRIGUES *et al.* (2001) também utilizaram SIG's para realizar uma avaliação do uso da terra na parte inicial da Bacia do Rio Pardo, em Botucatu/Pardinho (SP), visando subsídios para o planejamento adequado do uso na área; semelhante aos trabalhos efetuados por FORMAGGIO *et al.* (1992); SILVA *et al.* (1993); LOPES ASSAD (1995) e ASSAD (1995).

5.0 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDO

5.1 – Localização

O recorte espacial utilizado no presente estudo está definido pelos limites administrativos do município de Capão do Leão (RS), localizado geograficamente pelas coordenadas UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator) 335083 - 370719 metros e 6456973 - 6493927 metros, cujo meridiano de referência é igual a 51º a Oeste de Greenwich (Fig. 1).

Capão do Leão é um dos cinco municípios que integra a porção sudoeste da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, mais precisamente entre os municípios de Pelotas a Nordeste; Arroio Grande e Pedro Osório ao Sul; o limite Leste do município está representado pelo município de Rio Grande e a Oeste o município de Pinheiro Machado.

Do ponto de vista hidrográfico, os limites naturais compreendem o Rio Piratini ao sul representando, juntamente com o Rio Jaguarão, um dos principais rios da região sul do estado; o Canal São Gonçalo a leste, que faz a comunicação entre a Lagoa dos Patos e a Lagoa Mirim; o arroio Passo das Pedras à oeste, na zona de coxilhas; e os arroios Pestana e Fragata ao Norte, utilizados na captação de água para abastecimento da cidade de Pelotas, município limítrofe (VIEIRA, 2000).

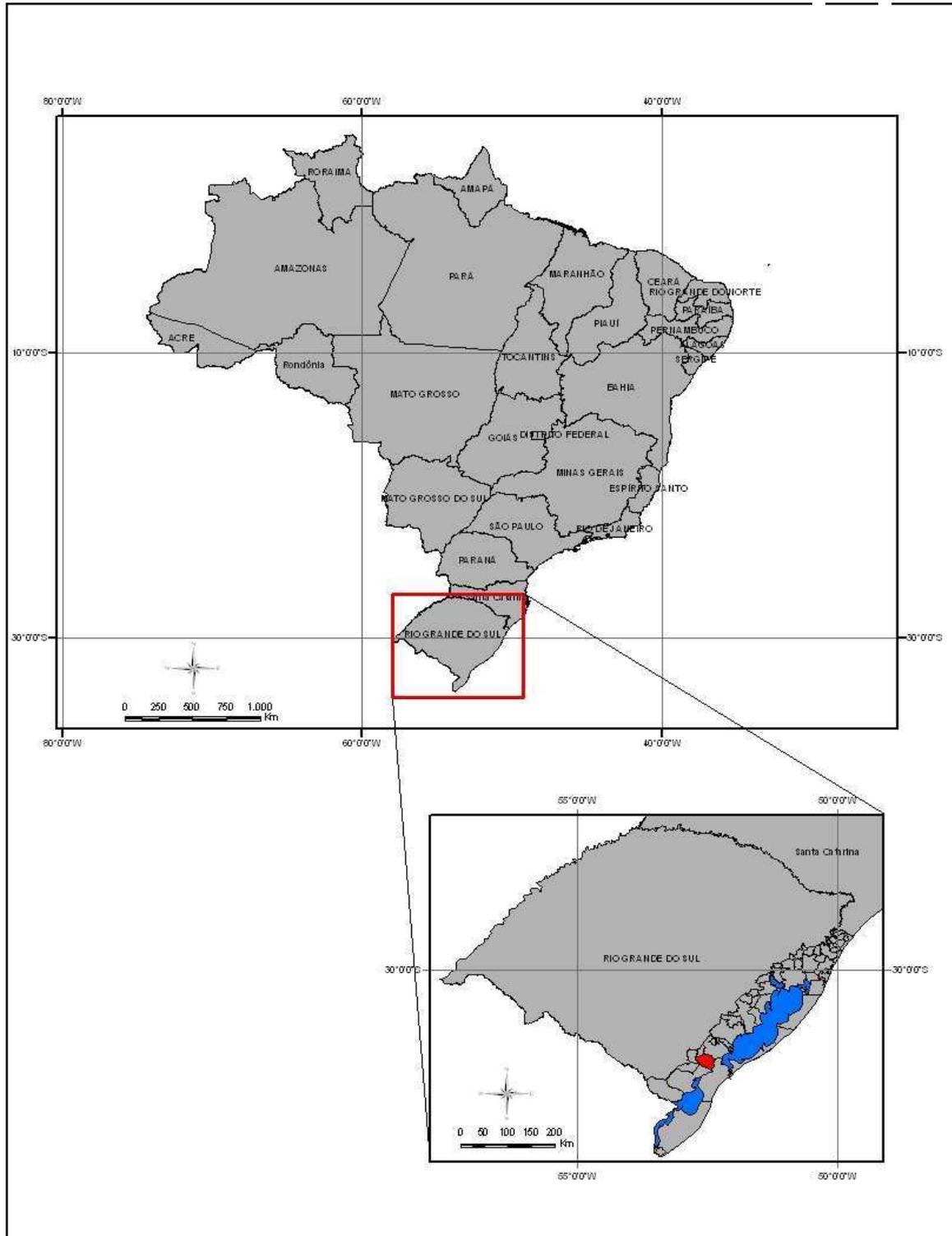


Figura 1: Mapa de Localização do Município de Capão do Leão

5.2 – Recursos Hídricos

A região pertence à bacia hidrográfica do Rio Piratini, onde os principais rios que drenam as descargas dos seus tributários em direção ao Canal São Gonçalo são: o Arroio Quilimaco, o Arroio Passo das Pedras e o próprio Rio Piratini.

Na área do embasamento cristalino, a oeste da área urbana, observa-se um padrão de drenagem dendrítico, com controle estrutural bem definido, comum em litologias granito-migmáticas em encostas não muito inclinadas, sendo o Cerro das Almas o grande dispersor de águas fluviais de Capão do Leão, onde as altitudes ultrapassam um pouco os 260 metros. A leste do embasamento a rede de drenagem é bastante diferente, já que é uma área de transição das partes altas do Planalto Sul-riograndense para as áreas rebaixadas da Planície Costeira Interna, com os principais cursos d'água seguindo na direção Oeste-Leste, conforme a Fig. 2.

Na área da planície costeira interna, o canal de São Gonçalo, que faz a ligação entre a Lagoa Mirim ao Sul e Lagoa dos Patos ao Norte, tem uma importância ímpar em vários aspectos socioeconômicos e ambientais para toda a região. É o único escoadouro da Lagoa Mirim, drenando, portanto, toda a carga hídrica do Complexo Hidrográfico Mirim, cuja superfície atinge 61.500 km². Até 1977, quando foi construída uma eclusa, havia problemas regulares de salinização da Lagoa Mirim, tornando crítica a situação das lavouras de arroz irrigadas com suas águas.

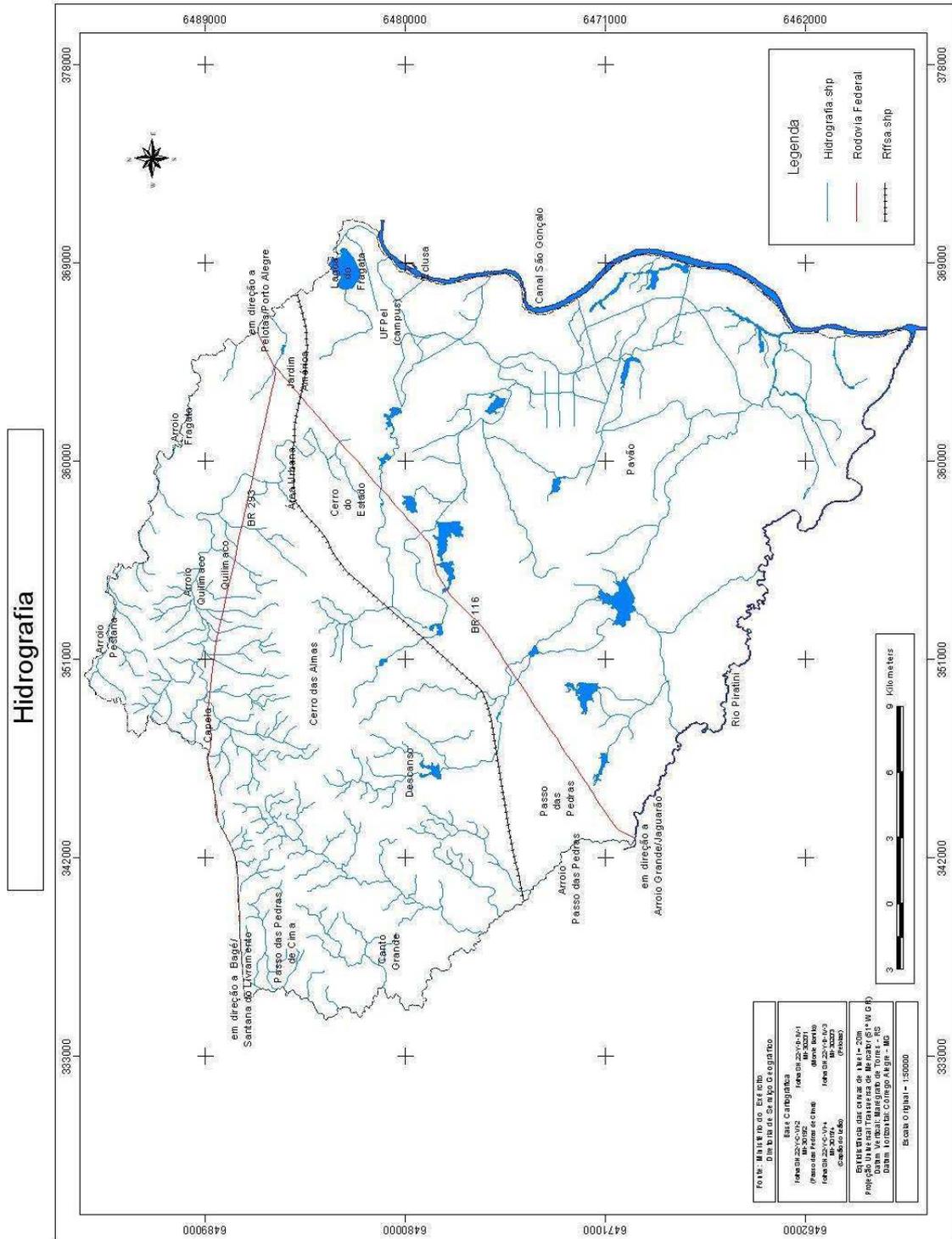


Figura 2: Mapa da hidrografia de Capão do Leão.

5.3 – Geologia/geomorfologia

O município de Capão do Leão localiza-se em uma área de transição entre o Planalto Sul-riograndense e a Planície Costeira do Rio Grande do Sul, esta

última, representa a expressão superficial emersa da Bacia Sedimentar de Pelotas. As províncias morfológicas que ocorrem neste município correspondem ao Planalto Sul-riograndense, a Formação Graxaim, Formações Aluvionares, Terraços Lagunares (T1, T2 e T5) e Depósitos Lacustres (Fig. 3).

A origem do Planalto Sul-riograndense está vinculada ao Ciclo Orogênico Brasileiro (450-700 m.a.), o evento geodinâmico mais expressivo na formação de unidades litoestruturais durante a evolução da Plataforma Sul-Americana no Brasil, constituindo faixas móveis e coberturas plataformais correlatas próximo a áreas cratônicas estáveis mais antigas (SCHOBENHAUS & CAMPOS, 1984). PICADA (1971), como resultado do estudo da tectônica de parte do Planalto Sul-riograndense, observou o desenvolvimento de um diferenciado padrão de falhas, destacando duas províncias tectônicas com histórias geológicas distintas, representadas, respectivamente, pela porção E-SE, constituída por um complexo granítico-migmatítico muito antigo, e a porção central e oeste do referido Escudo.

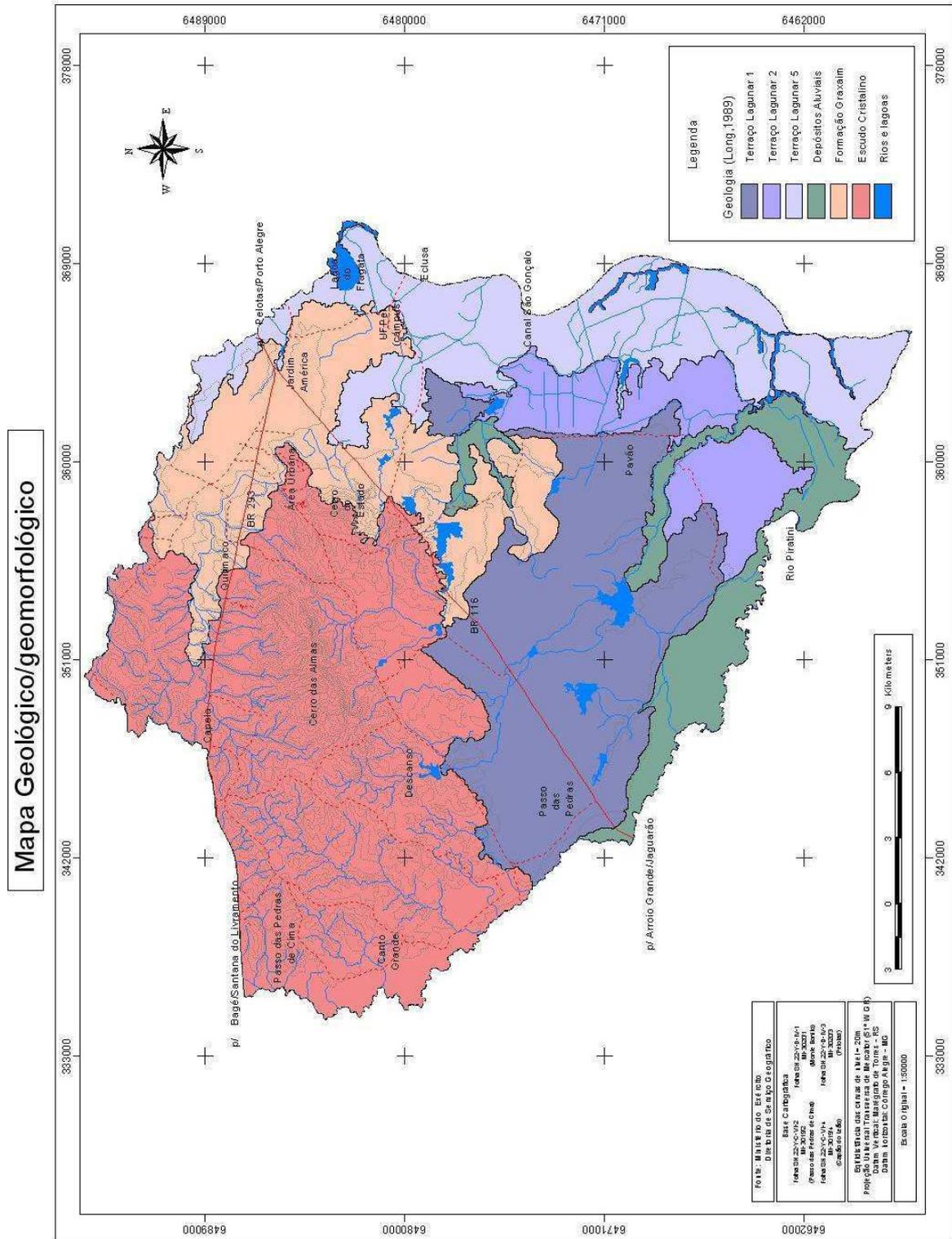


Figura 3: Mapa geológico/geomorfológico do município de Capão do Leão.

A primeira província, que merece destaque no presente estudo, foi chamada de Cráton Dom Feliciano, caracterizado por um predomínio de rochas graníticas, migmatitos subordinados e ectinitos ocasionais. Os corpos graníticos,

segundo WERNICK & PENALVA (1978), são caracterizados por granitóides de natureza polidiapírica, que apresentam fenômenos de remobilização e metassomatismo variando composicionalmente entre quartzodiorito e granito. Diques e “plugs” de microgranitos são freqüentes, assim como de rochas riolíticas. As rochas gnássico-migmatíticas, entremeadas com os granitóides, associam-se a anfibolitos, blastomilonitos, quartzitos, xistos e mármore (RIBEIRO, 1977; RIBEIRO & FANTINEL, 1978 *apud* FRAGOSO CÉSAR, 1980), ocorrendo sempre em áreas reduzidas porém de diversas localidades, mostrando uma associação constante com as rochas graníticas ao longo de toda a área de estudo. São estas litologias que ocorrem na porção oeste do município de Capão do Leão.

LONG (1989) fez uma análise da geologia e evolução do quaternário no litoral do Rio Grande do Sul onde propõe um esquema evolutivo semelhante ao de VILLWOCK (1984), apresentando adicionalmente, um detalhamento de cinco terraços lagunares em relação a aspectos litológicos, genéticos e de posicionamento estratigráfico. As unidades morfo-sedimentares da planície costeira incluem a Formação Graxaim (domínio continental), três barreiras litorâneas pleistocênicas e uma holocênica (domínio litorâneo) e cinco terraços lagunares (domínio lagunar).

A sedimentação lagunar deu-se pela decantação de material fino suprido pela rede fluvial em zonas protegidas da ação do vento (terraços horizontalizados), e pela formação de praias e pontais arenosos nas zonas de alta energia. Os terraços lagunares ocorrem em cinco níveis bordejando a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim, dispostos, respectivamente, a 8 m (T1), 6 m (T2), 2 m (T3), 0,5 m (T4), sobrepostos ao nível de deposição atual (T5). A fácies arenosa é grosseira e muito mal classificada, quando derivada da Formação Graxaim (a oeste das lagoas) e fina à média, muito bem classificada, quando se origina da erosão das barreiras litorâneas (LONG, 1989).

A Formação Graxaim distribui-se a oeste da Laguna dos Patos, desenvolvendo-se a partir do norte de Arroio Grande, e através dos municípios de Pedro Osório, Capão do Leão, São Lourenço do Sul, Camaquã, Tapes, Barra do Ribeiro e Guaíba. Exposições de litologias desta formação encontram-se ao longo da rodovia BR-116 nas localidades acima mencionadas, muitos

afloramentos ocorrendo em elevações do embasamento. DELANEY (1965) considerou a Formação Graxaim composta de areias, silte, cascalhos e argilas não consolidadas, tendo sido originada pela decomposição de rochas graníticas unidas mecanicamente numa massa de sedimentos inconsolidados não classificados, diferindo muito pouco da rocha original. A fração argilosa, ocasionalmente, seria constituída por caulinita pura. Estes sedimentos apresentam comumente cores vermelha, cinza e amarela.

Os depósitos aluvionares ocupam as calhas dos rios atuais, sendo constituídos de areias, cascalhos, silte e argilas. Os sedimentos mais grosseiros localizam-se de modo preferencial nas cabeceiras das drenagens oriundas do escudo, em função do declive mais acentuado, enquanto que a sedimentação siltico-argilosa desenvolve-se acentuadamente nas extensas planícies de inundação (várzeas) dos cursos médios e inferior das drenagens principais, locais em que se verificam condições de transbordamento. Sedimentos arenosos constituem barras de meandros, ocorrendo também, a presença de cascalheiras, conformando extensos terraços situados em cotas relativamente elevadas em relação ao nível atual dos rios. Estes depósitos ocorrem, ao longo da drenagem de maior porte que deságua no Canal São Gonçalo, como por exemplo, no Rio Piratini que limita o município de Capão do Leão ao sul. Admite-se atualmente, que os sedimentos reunidos sob a designação de depósitos aluvionares apresentem, de modo local, restos de uma sedimentação iniciada no pleistoceno superior que, em virtude do rebaixamento do nível-base de erosão, sofreu retrabalhamento generalizado.

Os depósitos lacustres são constituídos por areias, silte, argila e turfas, em parte oriundas da carga fluvial que alimenta as lagoas costeiras, e em parte, provenientes do retrabalhamento de sedimentos litorâneos mais antigos e mesmo da progressiva colmatação dos corpos lacustres. Desenvolvem-se, de modo preferencial, ao longo do Sistema Lagunar Patos-Mirim conformando faixas de exposições restritas às suas margens. Ocorrências de sedimentos lacustres localizam-se, também, ao longo do Canal São Gonçalo. As primeiras fontes dos sedimentos seriam os depósitos marginais na área da Laguna dos Patos, constituídos por acumulações costeiras cenozóicas depositadas em distintos

ambientes, tais como marinho e eólico e, em menor proporção, sedimentos depositados em ambientes lacustre, paludal, fluvial e deltaico.

5.4 – Pedologia

A caracterização dos solos do município de Capão do Leão, transcrita do “Soil Studies in the Mirim Lagoon Basin”, faz parte do acervo técnico do Projeto Regional da Lagoa Mirim.

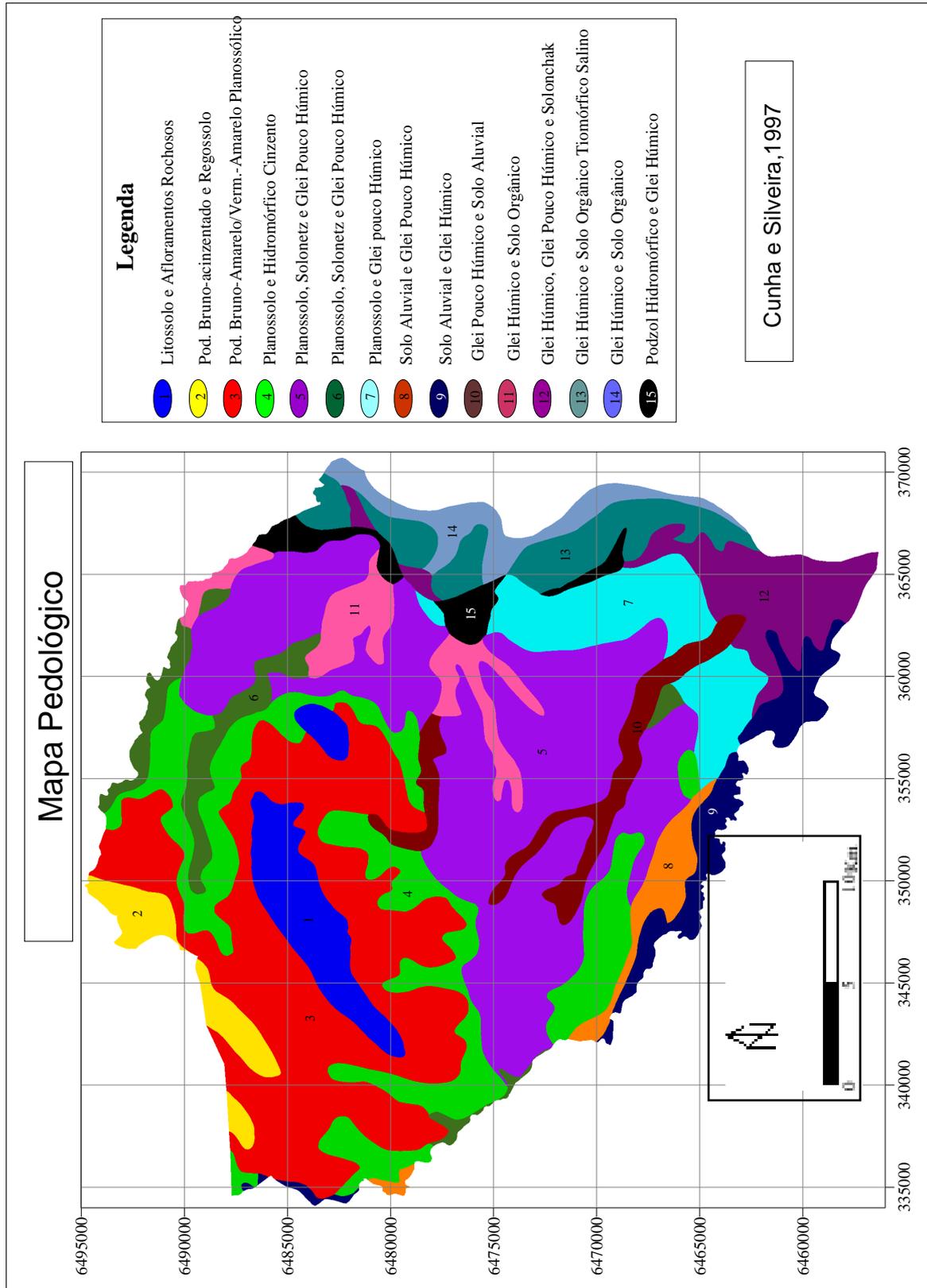


Figura 4: Mapa Pedológico do município de Capão do Leão, RS.

Neste trabalho realizado por CUNHA & SILVEIRA (1997) são relatadas as principais características pedológicas dessa área, sendo descritas as principais unidades de solos que a constituem (Fig. 4). O mapeamento de solos mostrou que uma porção dos solos do município (6,65%), que ocorrem nas porções mais elevadas de relevo ondulado e forte ondulado, com vegetação de mata, são formados por solos rasos (litossolos) e afloramentos rochosos de uso muito restrito ou sem aproveitamento agrícola. As porções médias de relevo ondulado (19,46%), regionalmente chamadas de coxilhas, cobertas por vegetação de gramíneas, possuem solo profundo, bem drenado e de média fertilidade (podzólico vermelho-amarelo planossólico). Nas porções mais baixas (45,96%), composta de lombadas e planícies não inundáveis, os solos são rasos e mal drenados (planossolo, hidromórfico cinzento e glei pouco húmico), ocupando uma grande área plana, cuja vegetação natural cedeu lugar à rizicultura. O restante dessa planície (27,91%), é ocupada por solos inundáveis (glei húmico, glei pouco húmico, aluvial e solonchack), com vegetação de gramíneas e vegetação aquática, com aproveitamento da pastagem nativa em períodos de estiagem, mas sem perspectiva de uso em cultivos

6.0 - MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 - Estruturação do Trabalho

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica onde foram consultadas dissertações, teses, artigos científicos e livros sobre o referido tema em estudo e, posteriormente executou-se a aquisição e coleta de dados, verificando a existência de materiais disponíveis em meio analógico e digital, tais como: imagem de satélite, cartas topográficas, mapas pré-existentes, entre outros. Além disso também foi realizada uma campanha de campo em Janeiro de 2003, onde foram levantadas informações sobre o uso e ocupação do solo e da cobertura vegetal, com o auxílio de um Sistema de Posicionamento Global (Garmim XL12), que se mostrou imprescindível para a individualização dos diferentes alvos.

A etapa posterior se consistiu no processamento dos dados e na criação de um Sistema de Informações Geográficas, passando a execução da metodologia propriamente dita, cujas etapas são descritas nos itens a seguir.

6.2 - Materiais Utilizados

Para a realização do presente trabalho foi necessária a utilização dos seguintes materiais:

1) Cartas topográficas na escala 1:50.000 (DSG):

- Carta Capão do Leão – Folha SH.22-Y-C-VI-4/MI-3019-4
- Carta Pelotas – Folha SH.22-Y-D-IV-3/MI-3020-3
- Carta Passo das Pedras de Cima – Folha SH.22-Y-C-VI-2/MI-3019-2
- Carta Monte Bonito – Folha SH.22-Y-D-IV-1/MI-3020-1

2) Imagem LANDSAT 7 ETM⁺ com órbita-ponto 221-082 capturada pelo sensor na data de 24/02/2000;

3) Mapas Pré-existentes

- Mapa geológico/geomorfológico elaborado por LONG (1989) para a planície costeira do Rio Grande do Sul;
- Mapa Pedológico, contendo os distintos tipos de solos que ocorrem no município, elaborado por CUNHA & SILVEIRA (1997).

4) Como ferramentas de trabalho foram utilizados os seguintes aplicativos:

- AutoCAD Map 2000, utilizado na digitalização dos arquivos vetoriais e realização da edição e limpeza topológica;
- Idrisi for Windows v. 3.2, utilizado no registro e georreferenciamento da imagem, na realização da classificação supervisionada e nas análises espaciais;
- Arcview 3.2, contendo os diferentes tipos de Informação (espaciais e tabulares), usado na espacialização das leis e decretos, na manipulação de metadados e, na criação de um banco de dados que farão parte do Sistema de Informações Geográficas municipal.

6.3 - Banco de Dados Geográfico

A criação do banco de dados geográfico se deu com o intuito de integrar a informação espacial com os seus respectivos atributos, além de gerar dados cartográficos como curvas de nível e hidrografia e, ainda, auxiliar na Correção Geométrica da Imagem LANDSAT, mediante as cartas topográficas digitalizadas. Para tanto foi necessário realizar a digitalização de todas as cartas topográficas no mesmo sistema de referência correspondente a Projeção Universal Transversa de Mercator de Zona 22 Sul (UTM-22S). Essa projeção foi escolhida em função da posição da área de estudo em relação ao sistema de referência e, também, pela facilidade em determinar áreas, extensões, perímetros e distância, uma vez que a unidade de medida utilizada na mesma é metros. Além disso todos os arquivos foram padronizados como *Byte* (Data type) e *Binário* (File type), que são os formatos utilizados pelo Idrisi 3.2.

6.4 - Base Cartográfica

A base cartográfica foi compilada a partir da aquisição das cartas topográficas supracitadas, em formato analógico, na escala de 1:50.000, elaboradas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército (DSG-POA). As informações relativas às curvas de nível, com equidistância de 20 metros, e o mapa base da área de estudo, contendo os limites municipais, rodovias federais (BR 291 e BR 116), estradas municipais, o ramal da Rede Ferroviária Federal (RFFSA), que corta o município no sentido Norte-Sul e os principais cursos d'água, naturais e artificiais, que compõem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Piratini foram digitalizados em planos de informações independentes usando-se o módulo DRAW disponível no software AutoCAD Map 2000. Depois de editar tais arquivos vetoriais e realizar a limpeza topológica no referido programa, essas informações foram exportadas para o formato .dxf e, posteriormente importadas pelo Sistema de Informações Geográficas (SIG) Idrisi v. 3.2. Na seqüência destes procedimentos, os arquivos vetoriais referentes às curvas de nível foram “rasterizados”, gerando um arquivo matricial em formato digital.

6.5 - Declividades

O mapa de declividades requer, basicamente, que o distanciamento entre as curvas de níveis seja avaliado em todo o mapa topográfico. No caso do Modelo Numérico do Terreno (MNT), o declive em qualquer célula pode ser determinado comparando a sua altitude com a altitude de cada uma de suas células vizinhas.

Para gerar este mapa, as amostras de cotas contidas nas curvas de nível foram convertidas em uma rede triangular através da triangulação do tipo *Delaunay*, sem linha de quebra e com tolerância de 20m, gerando uma imagem de superfície de relevo, através de recursos disponíveis no SIG Arcview 3.2.

Nessa imagem, os limites das cores visualizadas são similares às curvas de nível em um mapa topográfico. Isto significa que quanto mais próximas estiverem umas das outras, mais rapidamente a altitude está mudando e,

conseqüentemente, mais íngreme é a encosta. De forma similar, o mesmo módulo pode ser usado para determinar a direção de orientação da encosta

A Grade Regular, representando o MNT, foi gerada através de um interpolador linear, com a resolução de 15m, utilizando a rede triangular como dado de entrada para realização do processamento. A Grade de Declividade foi gerada a partir da Grade Retangular com seus valores representados em graus (0° a 90°).

6.6 - Imagem Orbital (satélite)

Primeiramente foi feita a aquisição da imagem do satélite LANDSAT 7 ETM⁺ de 24 de fevereiro de 2000, na órbita/ponto 221-082, e realizada a conversão das bandas, separadamente, para o formato .TIFF, através da rotina L2TIFF fornecida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e, ambas cedidas pelo Prof. Dr. Carlos Hartmann do Depto. de Geociências da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Na etapa seguinte executou-se a importação, separadamente, de cada banda espectral pelo SIG Idrisi, sendo atribuída uma cor de canal do sistema (padrão RGB), para cada um dos intervalos de comprimento de onda (bandas) que compõem o Espectro Eletro-magnético (EEM). Assim, atribuiu-se a cor vermelha (R) para o intervalo de comprimento de onda correspondente a banda 4, o verde (G) para o intervalo correspondente a banda 5, e o azul (B) para o intervalo correspondente a banda 3 do EEM, resultando em uma composição colorida 4(R), 5(G), 3(B) falsa cor, conforme a Figura 5.

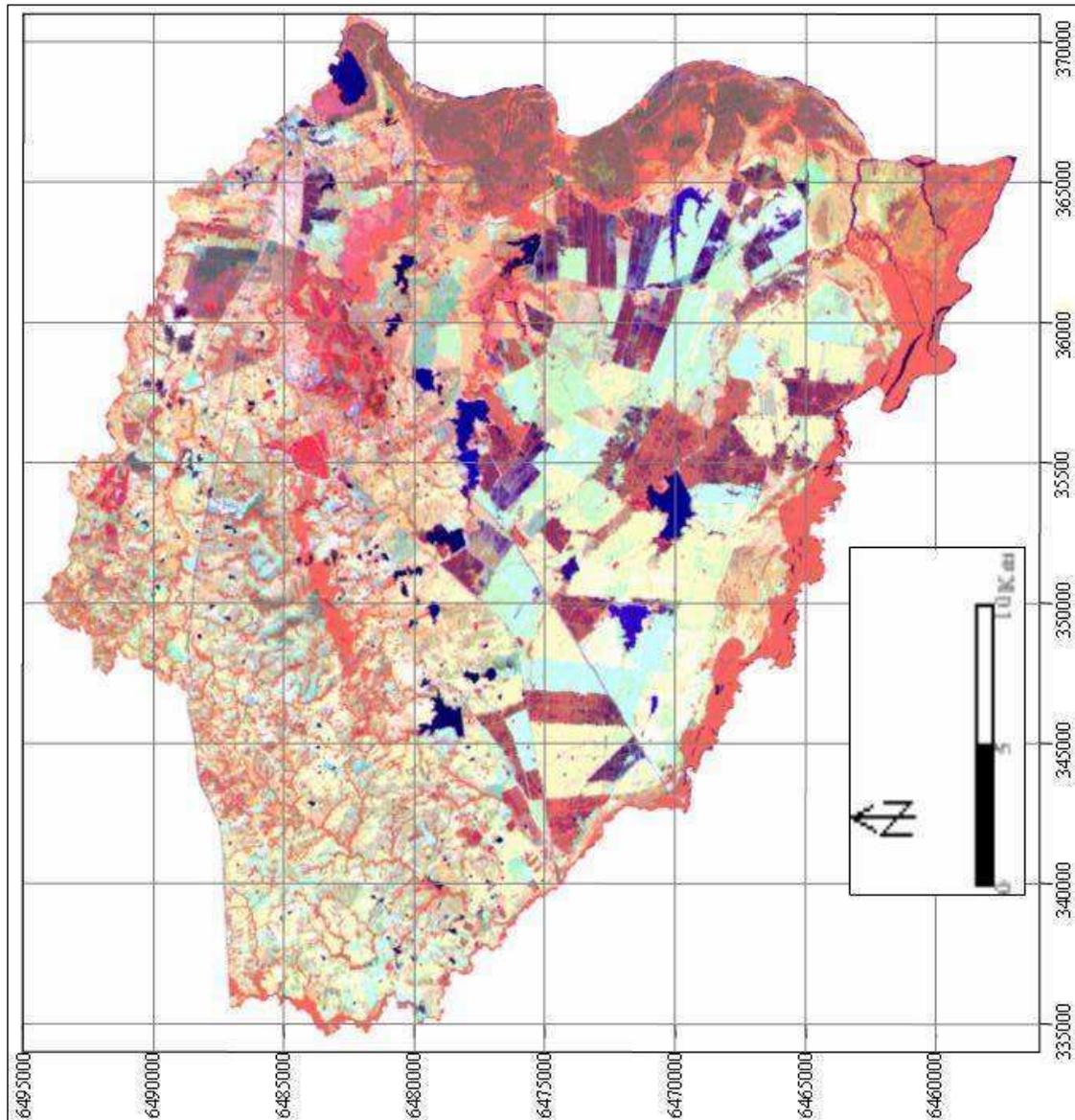


Figura 5: Imagem Landsat TM7 do município de Capão do Leão.

6.7 - Correção Geométrica e Registro da Imagem

Inicialmente realizou-se a correção geométrica da imagem para posteriormente registrá-la em um projeto que abrangesse toda a área de estudo.

Nesta etapa de processamento, foi criado um arquivo de correspondência pelo módulo EDIT do SIG Idrisi, tendo como base as cartas topográficas elaboradas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército (DSG), devidamente vetorizadas e georreferenciadas. Neste processo foram coletados pontos de controle nas cartas topográficas digitalizadas, na escala 1:50.000, e

tiradas as suas respectivas leituras em coordenadas UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator) para, posteriormente, substituírem as coordenadas cartesianas encontradas em pontos correspondentes na imagem orbital. Ao todo foram coletados 18 pontos de controle distribuídos uniformemente em toda extensão da imagem, sendo realizada a análise dos resíduos do erro desses pontos e selecionados os melhores pontos de controle, que satisfizesse a precisão cartográfica desejada, resultando em 9 pontos de controle efetivamente utilizados no registro da imagem.

Após o processo de montagem do arquivo de correspondência foi executada a transformação das coordenadas originais da imagem para as coordenadas UTM adquiridas nas cartas topográficas. Para esta etapa foi aplicada uma transformação polinomial de 2º grau, na qual se obteve uma incerteza média de 0.576 (*pixel*) em uma resolução espacial de 30 metros, ou seja, este valor representa 17,28 metros de incerteza na precisão cartográfica do registro, isto significa quase a metade da menor unidade perceptível pelo sensor do satélite (Fig. 6).

```

Resample : Summary of Transformation
Computed polynomial surface : Linear      (based on 9 control points)
Coefficient                                ×
      b0          -13229.1159627437593600      -207628.714139461536
      b1           0.0326028322635210          -0.000444181093
      b2           0.0004972878883081           0.032607440862

Note : Figures are carried internally to 20 significant figures.
      Formula shown is the back transformation (new to old).

Control points used in the transformation :
-----
      old X      old Y      New X      New Y      Residual
-----
1607.613323    3755.405236    356143.007240    6487502.039196      omitted
1683.118104    3686.117041    358492.719095    6485453.759956      0.781710
1617.507053    3635.062582    356585.157320    6483911.228676      omitted
1733.347010    3754.832176    359939.181538    6487628.476187      omitted
1727.514917    3725.241428    359787.587225    6486680.198760      0.835431
1742.459657    3595.677714    360231.316412    6482772.900649      omitted
1616.627031    3486.145058    356533.362619    6479279.841653      0.586486
1522.324161    3441.498454    353654.440189    6477901.678422      0.502819
1755.215360    3173.526618    360920.849666    6469757.571490      0.320423
1996.645970    3504.297375    368080.769598    6480099.365083      omitted
1928.858135    3723.524916    365737.324752    6486987.217793      omitted
1523.315438    3771.639286    353496.774716    6488197.259300      omitted
1223.640308    3782.332208    344501.395247    6488075.143845      omitted
1910.488065    2746.922674    365871.115102    6456753.950281      0.312482
1162.625355    3169.007887    342769.037905    6469388.437672      0.687333
1414.399652    3024.625270    350513.488529    6465094.479616      omitted
 939.602224    3745.762026    335634.326863    6486968.338319      0.232409
1127.761588    3345.760276    341579.665207    6474782.062984      0.595467

Overall RMS =      0.576112

```

Figura 6: Tabela mostrando o RMS (Erro Médio Quadrático) total obtido na fase de registro e georreferenciamento da Imagem de satélite.

O passo seguinte foi realizar um corte na cena completa da imagem LANDSAT, com órbita-ponto 221/082, utilizando ferramentas disponíveis no SIG, de modo a restringi-la a partir das coordenadas limitantes da área do município, sendo que, esse último processo teve por finalidade diminuir o esforço computacional e agilizar as análises espaciais.

6.8 - Classificação da Imagem Orbital

A classificação da imagem orbital foi elaborada enfocando os distintos tipos de vegetação natural e usos antrópicos que ocorrem no município em questão, utilizando-se a técnica de amostragem sobre a imagem orbital, onde os alvos são identificados de forma visual e mecânica. Posteriormente foi realizada a interpretação automática obtendo-se, dessa forma, uma nova imagem contendo a distribuição espacial e qualificação da cobertura vegetal natural e do uso e ocupação do solo, contendo as seguintes classes: mata ciliar/floresta aluvial, vegetação de banhados, cultivo de arroz irrigado, pastagens/campos naturais, áreas de reflorestamento, áreas urbanas, entre outros.

De acordo com o preconizado por CRÓSTA (1992), o processo de classificação consiste em associar cada *pixel* da imagem a uma determinada “classe” de informações temáticas que descrevem um objeto do mundo real. Nesse sentido, a classificação pode ser supervisionada, onde o usuário interage com o sistema na identificação das classes desejadas, ou não supervisionada, quando o processo é totalmente realizado pelo sistema. No entanto, a partir do conhecimento prévio da região de estudo, auxiliado pelos trabalhos de campo, optou-se pelo processo de classificação supervisionada como sendo mais adequado.

A classificação supervisionada foi utilizada para identificar amostras de classes de informação (tipo de cobertura do solo) de interesse da imagem. Inicialmente foram definidas as distintas classes da cobertura vegetal e uso do solo e as áreas da imagem que as representam, chamadas de “áreas de treinamento”. O sistema de processamento de imagens é, então, usado para desenvolver uma caracterização estatística das “*reflectâncias*” para cada classe

de informação, que podem ser usadas como um padrão de comparação para decidir a qual classe pertence todos os *pixels* ou regiões da imagem.

O processo completo de classificação envolveu várias etapas de ajuste para calibração das informações geradas pelo computador, sendo imprescindível um apurado conhecimento da área em questão, juntamente com trabalhos em campo auxiliados por um Sistema de Posicionamento Global-GPS, para checar a precisão dos dados e coletar posições georreferenciadas que foram utilizadas na individualização das classes pré-estabelecidas. Exemplos envolvendo esse processo de classificação podem ser vistos em YI *et al.* (1998) e MOREIRA *et al.* (1998).

6.9 – Determinação de Áreas de Preservação Permanente (APP's)

6.9.1 - Critérios de enquadramento legal

Os critérios considerados na definição das *Áreas de Preservação Permanentes (APP's)* foram baseados na interpretação e espacialização da legislação ambiental federal e estadual, destacando-se a *Lei Nº 4.771/65* que Instituiu o *Código Florestal Brasileiro* e a *Lei 7.803/89* que define suas alterações, além das *Resoluções CONAMA Nº 4/1985* e *CONAMA Nº 303/2002*, e incluindo ainda o *Código Estadual de Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Sul (Lei 11.250/00)*. A Legislação Municipal não foi considerada pois, apesar do Plano Diretor Municipal ter sido aprovado, até o presente momento este ainda não dispõe de normas específicas que contemplem a questão ambiental. Sendo assim, primeiramente foram delimitadas as *Áreas de Preservação Permanentes* com base no *Código Florestal Brasileiro (Lei Nº 4.771/65)* e suas alterações (*Lei 7.803/89*), sendo mapeadas as seguintes classes:

- *Margens de rios* - ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja: a) de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; b) de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50

(cinquenta) metros de largura; e c) de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham entre 50 (cinquenta) e 200 (duzentos) metros de largura;

➤ *Corpos d'água e Nascentes* - ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais, ainda que intermitentes e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;

➤ *Topo de Morros* - montes, montanhas e serras;

➤ *Declive Superior a 45°* - nas encostas ou partes destas com equivalente a 100 por cento na linha de maior declive;

Posteriormente, consideraram-se os critérios estabelecidos na *Resolução CONAMA nº 4/1985*, que definiu como APP's:

➤ *Morro ou monte*: elevação do terreno com cota do topo com relação à base entre 50 (cinquenta) a 300 (trezentos) metros e encostas com declividade superior a 30% (aproximadamente 17°) na linha de maior declividade; o termo monte se aplica de ordinário à elevação isolada na paisagem;

➤ *Montanha*: grande elevação do terreno, com cota em relação à base superior a 300 (trezentos) metros e freqüentemente formada por agrupamento de morros;

➤ *Base de morro, monte ou montanha*: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou nos relevos ondulados, pela cota de depressão mais baixa ao seu redor;

➤ *Linha de cumeada* - interseção dos planos das vertentes, definindo uma linha simples ou ramificada, determinadas pelos pontos mais altos a partir dos quais divergem os declives das vertentes;

Acrescentaram-se os critérios da *Resolução CONAMA n° 303/02* onde se determinou que nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros. Ainda de acordo com essa resolução, acatou-se ao disposto em seu *Art. 4º* onde fica estabelecido que “nas montanhas ou serras quando ocorrerem dois ou mais morros cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a 500 (quinhentos) metros, a área total protegida pela Reserva Ecológica abrangerá o conjunto de morros em tal situação e será delimitada a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura, em relação à base do morro mais baixo do conjunto.”

6.9.2 - Procedimentos operacionais na delimitação de APP's

Quanto ao procedimento utilizado na geração do Mapa de Áreas de Preservação Permanente, inicialmente foram utilizados os dados extraídos na base cartográfica, em escala 1:50.000, referentes às cartas topográficas mencionadas anteriormente, onde foi digitalizada a hidrografia e as curvas de nível com equidistância de 20m e, posteriormente realizadas a espacialização da legislação pertinente, conforme descrito a seguir.

As APP's de margens de rios foram obtidas através da criação de um mapa de distâncias da rede de drenagem, gerado a partir da rede hidrográfica natural e artificial presente no município de Capão do Leão (RS) e, que posteriormente foi acrescido de uma área em seu entorno com uma distância de 30 metros em ambos os lados, utilizando o recurso de “operadores de distância” disponível no SIG.

APP's de entorno de nascentes foram obtidas da mesma forma, porém utilizando-se como dados de entrada um plano de informação contendo somente os reservatórios d'água naturais e/ou artificiais (lagos, represas e açudes) criando um “*buffer*” com o valor de 50 (cinquenta) metros de raio a partir do seu entorno para os corpos d'água de até 20 ha de superfície e um outro “*buffer*” com raio de 100 (cem) metros para os corpos d'água com superfície acima de 20 ha.

As APP's de inclinação superior a 45° e as Áreas de Uso Restrito (com inclinação entre 25° e 45°) foram obtidas através da criação de um mapa de declividades, obtido de uma grade regular, os quais foram individualizados, gerando dois novos mapas temáticos com as classes pré-definidas.

Para as APP's de topo de morro (montes, serras e montanhas) foram delimitadas pelo traçado das linhas de cumeada, em toda a extensão de ocorrência no município, e pela identificação dos topos de morros mais baixos em seguimentos de 1000 (mil) metros dessas linhas e pela delimitação da cota da APP a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base.

APP's de vegetação de banhados, protegidas pelo *Código Estadual de Meio Ambiente (Lei 11.250/00)*, foi definida através da reclassificação do mapa de uso e ocupação do solo/cobertura vegetal e, sua delimitação auxiliada a partir das informações disponíveis no mapa geológico/geomorfológico e no mapa de solos, criando-se um novo plano de informação específico para essa classe.

6.10 - Adequação do Padrão de Uso e Ocupação do Solo frente à Legislação Ambiental

De posse dos mapas de Áreas de Preservação Permanente para margem de rios com *buffer* de 30 metros, margem de reservatórios d'água com *buffer* de 50 metros e 100 metros, declividades acima de 45° e vegetação de banhados, além do mapa de Áreas de Uso Restrito para declividades entre 25° e 45°, foram realizados os cruzamentos dessas áreas com o mapa de Uso e Ocupação do Solo visando identificar as áreas que se encontram em desacordo com a legislação ambiental estadual e federal.

Tal cruzamento foi obtido através da sobreposição dos distintos planos de informação, de forma que as áreas que possuíam algum dispositivo de proteção e/ou restrição segundo a legislação ambiental e que coincidiam com áreas de mata ciliar, floresta aluvial, floresta submontana e vegetação de banhados, foram classificadas como áreas preservadas e, as áreas protegidas que coincidiam com áreas de pastagem, áreas cultivadas e/ou de exploração mineral, foram classificadas como áreas em desacordo com a legislação, segundo: o Código

Florestal (Lei 4.771/65) e a Lei 7.803/89 que define suas alterações, a Resolução CONAMA Nº 004/85, a Resolução CONAMA Nº 303/02 e o Código Estadual de Meio Ambiente (Lei 11.520/00).

Entretanto, algumas áreas podem pertencer a mais de uma classe de APP. Nesse caso, foi adotado um critério de prioridade com a seguinte ordem: (1º) nascentes, (2º) margens de rios e reservatórios d'água, (3º) topo de morros e, (4º) áreas com inclinação superior a 45º, para se evitar a contagem dupla de áreas de APP's. Dessa forma, foi possível identificar a existência de conflitos em relação às restrições de uso e ocupação do solo previstas na legislação ambiental.

7.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da digitalização das informações constantes na base cartográfica da Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército tais como: rodovias, estradas municipais, rede hidrográfica, limites municipais, entre outras; verificou-se a existência de algumas inconsistências decorrentes de modificações que ocorreram no decorrer dos anos, tendo em vista que tais cartas são muito antigas, pois sua primeira edição está datada de 1979. Para corrigir tais erros, foi realizada a sobreposição da base cartográfica em formato digital sobre a imagem orbital do ano de 2000 e juntamente com o auxílio de um Modelo Numérico do Terreno e de técnicas disponíveis em ambiente SIG, foram realizados os ajustes que se fizeram necessários, como atualizar o traçado de algumas estradas municipais, redefinir cursos d'água, acrescentar represas e açudes que foram construídas posteriormente ao aerolevanteamento, etc., de modo a atualizar as informações que haviam sido compiladas. Além disso, as cartas topográficas utilizadas na elaboração do MNT, também foram avaliadas em função do nível de detalhe exigido para estudos desta natureza e, segundo o enfoque tático, preconizado pelo PZEE (Plano de Zoneamento Ecológico-Econômico), para o nível político administrativo municipal, a escala 1:50.000 é perfeitamente compatível aos objetivos desejados.

7.1 - Mapa de Declividades

A maior parcela do território municipal encontra-se em relevos planos, com declividades inferiores à 5°, que se distribuem aproximadamente até a cota dos 60m (sessenta) de altitude (Figs. 7 e 8). Este fato favorece o uso e ocupação do solo dessas regiões, sendo o principal responsável pela ampla utilização destas áreas para agricultura e pecuária, quando não estão sujeitas à restrições relativas à drenagem.

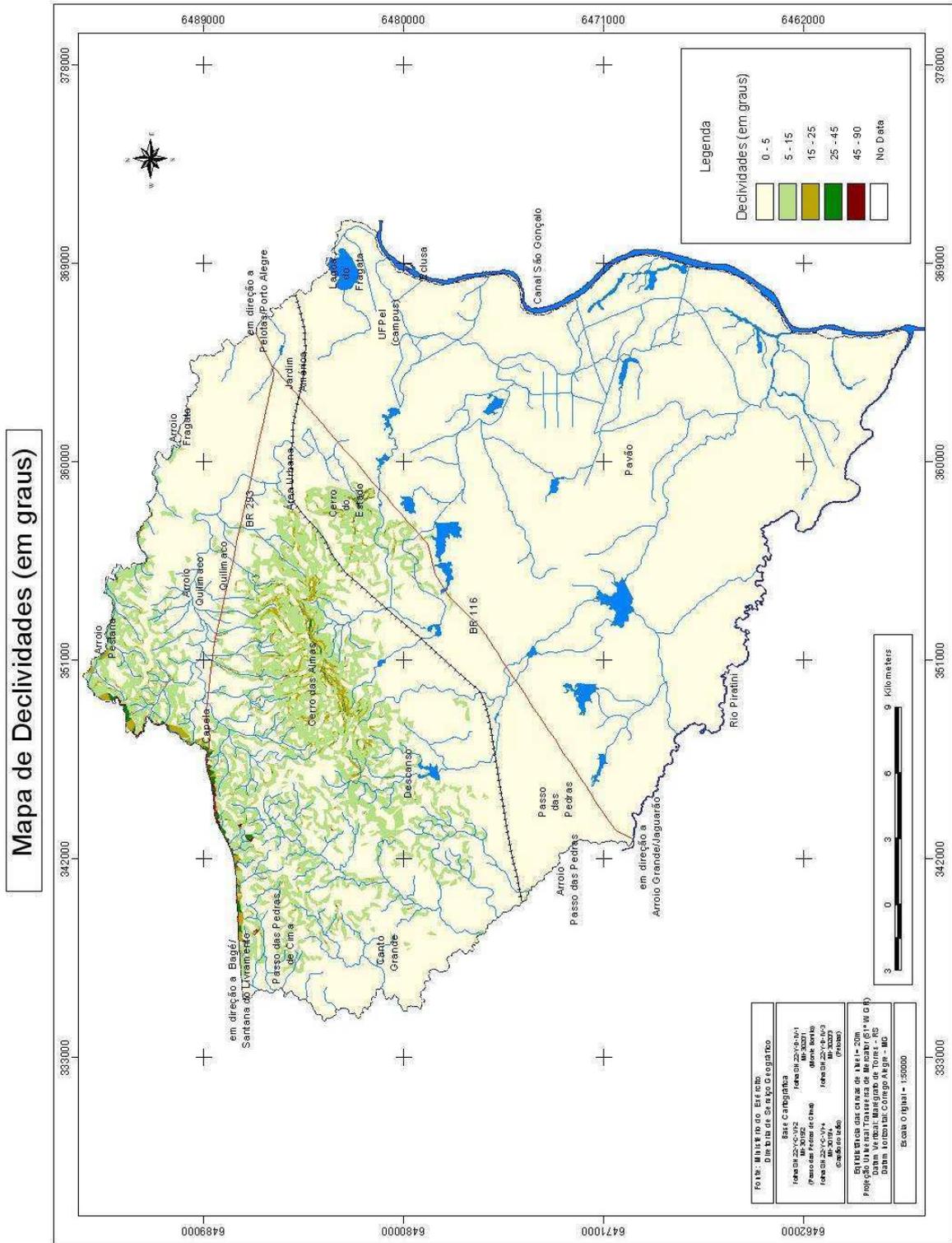


Figura 7: Mapa de declividades de Capão do Leão.

Outra porção bastante expressiva do território municipal está compreendida entre as declividades que oscilam de 5° a 10°, restringindo-se de um modo geral, as cotas entre 60m (sessenta) e 160m (cento e sessenta) de altitude, sobre os terrenos do embasamento cristalino. Esta região é mais utilizada por pequenos agricultores que praticam uma policultura variada, uma vez que existem restrições relativas à mecanização, e também para a pecuária extensiva, sobre os campos naturais (savanas).

Nas áreas onde ocorrem terrenos mais elevados, sobre o embasamento cristalino, em altitudes acima dos 160m (como no Cerro das Almas, por exemplo) as declividades são um pouco maiores, oscilando entre 10° e 25°, principalmente na sua porção E-SE. Estas regiões, praticamente não apresentam atividades produtivas e/ou extrativas, observando-se a presença de remanescentes da Floresta Submontana, relativamente bem preservada.

Quanto às regiões com declividades acima de 45°, estas praticamente não existem na área em estudo, ocorrendo somente em alguns pontos isolados, encaixados nos vales das coxilhas (cerros ou montes), resultantes do trabalho de erosão promovido pelos cursos d'água sobre o relevo, mas nada muito expressivo em termos de área.

7.2 - Uso e Ocupação do Solo

O mapeamento dos principais tipos de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal, extraído da classificação da imagem orbital, é de vital importância para o banco de dados municipais, à medida que nos permite analisar e identificar as principais formas de uso e ocupação do solo pelas atividades humanas, bem como a distribuição da vegetação natural no meio físico que ocorrem na área de interesse deste estudo.

A Fig. 10 nos mostra o mapa de uso e ocupação atual do solo e a cobertura vegetal para o município de Capão do Leão, no ano de 2000, tendo sido individualizadas as seguintes classes: Atividade Agropastoril, sobre campos litorâneos na planície costeira interna, de origem quaternária; atividades de mineração de granito (industrial e artesanal) e saibro na área do embasamento

7.2.1 – Atividade Agropastoril

Em Capão do Leão, a atividade agropastoril caracteriza-se principalmente pelo cultivo de arroz irrigado e pela criação de bovinos. As áreas agrícolas e de uso para pecuária extensiva mapeadas compreendem as lavouras anuais, principalmente arroz, bem como as áreas destinadas ao pastoreio do gado, que ocorre, via de regra, de forma extensiva, sobre áreas campestres naturais. Com o manejo e a seleção imposta pelo pastoreio e pisoteio do gado, os campos naturais vão sendo gradativamente modificados, apresentando um aspecto mais homogêneo e com sensível diminuição da diversidade específica. Sendo assim, se percebe que esse tipo de atividade já modificou sensivelmente a paisagem natural.

A monocultura de arroz irrigado representa a atividade produtiva de maior expressão areal, ocorrendo nos campos litorâneos que se desenvolveram em altitudes inferiores aos 40 metros (Fig. 10), sobre a unidade geológica/geomorfológica dos terraços lagunares, conforme análise do mapa de uso e ocupação do solo (Fig. 9).

A área apta a essa atividade, verificada no resultado da classificação da imagem orbital, corresponde a aproximadamente 19.300ha, que representa cerca de 24,68% da área total do município ocorrendo, principalmente, sobre os planossolos. Entretanto, de acordo com dados do IBGE/DIPEQ (2002), no ano de 2000 a área plantada correspondia apenas a 7.612,1ha representando 39,44% da área apta; destes 4.883,6ha (ou 64,2% da área plantada) se caracterizava por ser colheita própria e 2.728,5ha (35,8% restantes) foi colhido por terceiros que arrendavam as terras dos proprietários. Para o ano de 2002 (IBGE/DIPEQ, op. cit.) a área colhida correspondeu a 8.500ha com um rendimento médio de 5.000kg/ha, sendo que o restante da área apta ao cultivo estava sendo utilizada para a pecuária de corte praticada de forma extensiva.



Figura 10: Plantação de arroz em primeiro plano, com açude utilizado para irrigação e reflorestamento de *Eucaliptus* sp. (ao fundo).

Embora com esse pequeno incremento na área plantada do ano de 2000 para o ano de 2002, a diferença entre a área apta ao cultivo de arroz irrigado e a área efetivamente plantada, é apenas uma das evidências da forte crise e estagnação econômica em que se encontra a metade sul do Rio Grande do Sul, carente em investimentos em diversos setores.

Em relação ao número de trabalhadores empregados nesta atividade produtiva, ainda para o ano de 2000, a rizicultura empregava 155 trabalhadores permanentes (65,7% do total) e 81 trabalhadores temporários contratados, principalmente, na época de preparo do solo para o plantio (Fig. 11) que ocorre nos meses de novembro/dezembro e, durante a colheita do arroz que ocorre normalmente entre final de março e começo de abril, representando 34,3% do total de trabalhadores (IRGA, 2000).

Quanto à forma de utilização dos recursos hídricos, ainda de acordo com dados do IRGA (op. cit.), os sistemas de captação de água estão divididos em: mecanizados com motores elétricos abrangendo 71,8% da área (aprox. 5.468ha) seguidos de captação natural com 18,8% da área (1.435ha) e por último, sistemas de captação mecanizada com motores a diesel, responsável por 9,1% da área, que correspondem a 710ha do total da área plantada.



Figura 11: Área sendo preparada para o plantio do arroz com a utilização de maquinário agrícola.

Entretanto, apesar das exigências da legislação ambiental, nas áreas onde ocorre o cultivo do arroz irrigado, geralmente não são tomados os devidos cuidados/precauções em relação às Áreas de Proteção Permanentes nas margens de rios (Fig. 12), arroios e no entorno dos reservatórios d'água (lagos/açudes) que ocorrem nessa planície, conforme determina o Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/65 e a Lei 7.803/89 que define suas alterações) bem como o Código Estadual de Meio Ambiente (Lei 11.520/00).

Em relação aos principais impactos ambientais (locais) em lavouras de arroz irrigado, CHOMENKO (1997) alguns, tais como: a aquisição de terra (várzeas) e redução de ecossistemas naturais; a drenagem, compactação, redução de porosidade e permeabilidade do solo; o preparo do solo com maquinário pesado, erosão, salinização, solidificação do solo; aplicação de insumos corretivos, variação do nível do lençol freático, eutrofização e assoreamento de recursos hídricos; semeadura, escassez da oferta de água; irrigação, contaminação do terreno e da água, devido a derrames de combustíveis, insumos diversos e agrotóxicos; aplicação de agrotóxicos, transporte de elementos químicos (micro e macro-nutrientes) do solo para a água, e drenagem da área (para colheita dos grãos), perda do potencial agrícola do terreno.



Figura 12: Exemplo de uso inadequado do solo. Em primeiro plano uma plantação de arroz irrigado e, em segundo plano a presença de mata ciliar. Observa-se que não foi respeitada a distância mínima determinada por lei referente à margem de cursos d'água.

Durante os trabalhos realizados em campo verificou-se a existência de uma central de recolhimento de embalagens vazias de agrotóxicos (Fig. 13) utilizados no controle de pragas e ervas daninhas, bem como do processo de adubação de uma forma geral, que em períodos anteriores, ficavam depositados nas próprias áreas de cultivo, sujeitos a ação do tempo, sem nenhum critério técnico, acarretando, na maioria das vezes, a contaminação dos recursos hídricos e do lençol freático quando próximo da superfície.



Figura 13: Placa de indicação e Central de recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos.

Vale destacar que esse tipo de aplicação de agrotóxicos realizado em grandes propriedades, na maioria das vezes é realizado por aeronaves (Fig. 14), podendo atingir trabalhadores rurais, animais utilizados para corte e atividade leiteira e, até mesmo hortaliças cultivadas para o consumo de subsistência e abastecimento de centros urbanos, comprometendo a saúde e a qualidade de vida da população.

Segundo MONTEIRO (1996), os problemas de saúde provocados por agrotóxicos podem manifestar-se depois de longos períodos, motivo pelo qual o diagnóstico torna-se impreciso em relação aos sintomas provenientes de sua intoxicação. Doenças como o câncer, lesões hepáticas e renais, más formações congênicas, além de alterações no sistema imunológico, são alguns dos efeitos decorrentes dos agrotóxicos nos seres humanos. Dessa maneira, ainda de acordo com este autor, podemos analisar a questão ambiental como uma questão sanitária, uma vez que os efeitos produzidos pela atuação do homem na natureza recaem sobre a sua própria cabeça representando um ataque à própria vida.



Figura 14: Aeronave utilizada para pulverizar defensivos químicos sobre a lavoura de arroz.

7.2.2 – Mineração

A mineração industrial corresponde a uma atividade extremamente importante a nível municipal, ocorrendo sobre as áreas do embasamento cristalino de onde se extraem saibro e granito, muito embora compreenda uma área de apenas 48,04ha, representando menos de 1% (0,06%) da área total do município, conforme demonstram as análises espaciais realizadas no mapa de uso e ocupação do solo (Fig. 9).

Um aspecto importante a ser destacado é a presença dessas empresas mineradoras na área urbana do município (Cerro do Estado), muito próximo de áreas residenciais, conforme a Fig. 16, caracterizando um risco potencial e efetivo na qualidade de vida e a saúde da população local.



Figura 15: Vista parcial da área urbana de Capão do Leão destacando-se a atividade de mineração no Cerro do Estado (ao fundo) muito próximo das áreas residenciais.

Um dos principais problemas da atividade mineradora em áreas urbanas é a poeira liberada no processo de “britagem” (Fig. 16), pois a mesma é rica em sílica e, pouco a pouco, vai sendo absorvida na respiração e diminuindo a capacidade pulmonar de pessoas e animais. Além disso, tem mais um agravante que é o constante ruído, oriundo do grande fluxo de máquinas, de veículos

pesados e do próprio processo de desmonte explosivo na lavra, que ocorre a céu aberto. Observou-se ainda que muitos trabalhadores dessas empresas mineradoras não utilizavam equipamentos de segurança, tais com máscaras para filtrar o ar e protetores auriculares, restringindo-se apenas ao uso de capacetes e botas.



Figura 16: Condições de poeira a que estão submetidos trabalhadores e a população local. Salienta-se a presença de um operário no centro da foto à direita, operando o equipamento, sem a máscara para filtrar o ar nem protetor auricular.

Além da atividade mineradora industrial ocorre também, a extração artesanal do granito, por cortadores (Fig. 17) que transformam imensos blocos de granito (matacões), em paralelepípedos para calçamentos e construções rústicas de “pedra”, moirões para construção de cercas além de suprimento para obras de engenharia, de uma forma geral. Mesmo não aparentando, pelo seu caráter pontual, essa atividade artesanal é responsável por forte impacto e degradação ambiental, principalmente nas encostas com maior declividade que ocorrem acima da cota dos 100m de altitude (Cerro das Almas), vegetadas por remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual, justamente nas áreas onde estão os maiores contribuintes da hidrografia.



Figura 17: Atividade de um “cortador de pedras” e situação da área de exploração mineral.

Por se tratar de atividades de extração de recurso natural, todas essas atividades de mineração interferem, em maior ou menor grau, em processos ou componentes do ecossistema em que elas estão sendo realizadas (Fig. 17 e 18). Entretanto, existem técnicas de manejo que podem ser aplicadas com o objetivo de minimizar os impactos da mineração.



Figura 18: Degradação ambiental promovida pela mineração artesanal dos “cortadores de pedra”.

O surgimento de novos conceitos como desenvolvimento sustentável, e normas internacionais como a Série ISO 14000 intensificaram o debate sobre mineração e meio ambiente. Segundo CAVALCANTI (1995), a atividade mineral não deve ser considerada não-sustentável somente porque explora recursos não-renováveis. Devem-se considerar algumas características dos recursos minerais, como a possibilidade de reutilização, a reciclagem e a recuperação, que se transformaram em práticas frequentes na atualidade. Como desenvolver e

promover a indústria de mineração e ao mesmo tempo proteger o meio ambiente é o grande desafio que se coloca não só para o setor mineiro dos países ricos em recursos minerais, mas também aos governos dessas nações.

7.2.3 - Reflorestamento de *Pinnus* sp. e *Eucaliptus* sp.

O reflorestamento de *Pinnus* sp. e *Eucaliptus* sp. também ocorre em boa parte do município de Capão do Leão, sendo utilizado como matéria-prima para a indústria de celulose, e como combustível orgânico para secadores de engenhos de arroz, e estabelecimentos comerciais que utilizam forno à lenha, de uma forma em geral. Embora não conseguindo precisar suas proporções relativas, as maiores expressões em termos de área plantada são de *Eucaliptus* sp., com uma parcela menor de *Pinnus* sp. (Fig. 9).

Atualmente com a possibilidade de implantação de uma indústria de celulose na área industrial do Porto de Rio Grande (RS), distante cerca de 80km da sede do município de Capão do Leão, começam a haver incentivos para os municípios da região, vizinhos a este importante porto marítimo da região sul, dentre os quais se inclui Capão do Leão, investirem mais no reflorestamento de *Pinnus* sp. e *Eucaliptus* sp., exemplificados na Fig. 19.

Entretanto, apesar de ser uma alternativa econômica para os produtores da chamada “metade sul” do Rio Grande do Sul, essa tendência é motivo de preocupação em função do alto consumo de água do lençol freático exigido por essas culturas e da homogeneização da cobertura vegetal, da região como um todo e do próprio município de Capão do Leão, além dos possíveis efeitos sobre a fauna que utiliza essas áreas para alimentação, descanso e refúgio.



Figura 19: Áreas ocupadas por atividade de reflorestamento de *Eucalyptus* sp, no Cerro das Almas.

7.2.4 - Áreas urbanizadas

As áreas urbanizadas representam uma pequena porção do território municipal, tendo em vista que a maior parcela da população, reside em áreas rurais, ocupando-se de uma forma geral com atividades de policultivo variado e pecuária extensiva, sobre campos naturais.

Devido as suas características sócio-econômicas, o município é composto, praticamente de duas áreas principais: residencial e comercial. As atividades comerciais, bem como as instituições da administração pública (prefeitura, secretarias municipais, Emater, Postos de Saúde, Agências Bancárias...), situam-se na avenida principal (Fig. 20) que se distribui no sentido NE-SW, sendo que o restante da área urbana é ocupada por residências unifamiliares, exceto no Cerro do Estado, onde se concentra três das cinco maiores empresas mineradoras de granito.



Figura 20: Fachadas de casas açorianas (esquerda) e construção rústica tilizando blocos de granito (direita), na principal rua de Capão do Leão.

De uma forma geral, pôde-se observar no trabalho de campo que a área urbanizada estende-se ao longo do eixo das principais ruas e estradas municipais e no trevo de acesso aos municípios de Pelotas (ao norte) e Jaguarão (ao sul), além de uma pequena área onde se localiza o Campus da Universidade Federal de Pelotas e uma Estação Experimental da EMBRAPA-CPACT.

7.3 - Cobertura Vegetal Natural

Do ponto de vista do estudo dos elementos que compõem a paisagem, foram individualizadas as principais classes de cobertura vegetal natural existente em Capão do Leão, passíveis de serem diferenciadas em função da altitude e do ambiente onde ocorrem, tais como: (a) floresta aluvial - que ocorre às margens do rio Piratini e em alguns locais isolados às margens do canal São Gonçalo; (b) mata ciliar - que ocorre ao longo da drenagem de menor porte, na região das chamadas “coxilhas” em altitudes que variam entre 40m e 150m de altitude e, (c) a floresta submontana - que aparece acima da cota dos 150m, na região de relevo mais elevado do município. Entretanto, devido à estreita semelhança na resposta espectral dessas formações vegetais, ambas foram agrupadas em uma mesma classe temática durante o processo de classificação da imagem orbital, denominada “Floresta Estacional Semidecidual”.

A classificação da imagem inclui ainda outras classes como os campos naturais (savanas) onde predominam pastagens acima das cotas de 40m e a vegetação de banhados que ocorre, principalmente, às margens do Canal São Gonçalo (Fig. 9). Vale salientar que esta última classe foi definida a partir da interpretação e segmentação do mapa geológico/geomorfológico (Long, 1989). Estudos e classificação semelhante foi realizada anteriormente por TAGLIANI (2002), incluindo os municípios que se localizam na região da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

7.3.1 - Floresta Estacional Semidecidual

Foi mapeada uma parcela significativa de remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual, relativamente bem preservada, juntos à porção leste do

embasamento cristalino, principalmente, nas áreas mais elevadas do relevo (Floresta Submontana), e também uma outra parcela junto aos principais cursos d'água (Floresta Aluvial e Mata Ciliar), conforme a Fig. 9.

De acordo com TAGLIANI (2002), o que a diferencia essa formação (Floresta Estacional Semidecidual) da Floresta Estacional Decidual, com as mesmas condições climáticas, é a presença de 20 a 50% de árvores caducifólias no conjunto florestal, na época desfavorável. Nessas áreas, o clima é classificado como úmido, com temperaturas médias nos meses de inverno abaixo de 15 graus, responsável pela estacionalidade fisiológica das plantas.

No mapa de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal (Fig. 9) não foi possível diferenciar essas formações vegetais (Floresta Aluvial, Mata Ciliar e Floresta Submontana), uma vez que as mesmas possuem uma resposta espectral muito semelhante e, dessa forma, optou-se por mantê-las agrupadas em uma mesma classe (Floresta Estacional Semidecidual), que no mapa é chamado de Mata Nativa. Por razões didáticas visando melhor entendê-la e analisá-la, essa classe foi dividida em três formações com base em critérios altimétricos: Floresta Aluvial – ao longo dos cursos d'água; Mata Ciliar– até 30 m; Floresta Submontana – de 30 a 260m.

7.3.1.1 - Floresta Submontana

A Floresta Submontana (Fig. 9) foi encontrada nas zonas de altitudes acima de 200m, onde o relevo é ondulado, podendo ocorrer intercalado com pequenas áreas de campos naturais de vegetação baixa, mas com muitas leguminosas, constituindo uma pastagem de boa qualidade (Fig. 21). ROSA (1985), estudando os aspectos fitogeográficos na região de Pelotas, menciona que os resíduos dessa formação vegetal encontram-se dispersos na zona alta e ondulada sob a forma de capoeiras, em diversos estágios, ou como resíduos da floresta nativa em terrenos íngremes. O mesmo autor faz referência à “Mata Subtropical Arbustiva”, cuja presença relaciona-se com a relativa regularidade e abundância de chuvas (1500 mm) por influência da altitude.

O estudo de alguns agrupamentos remanescentes da Floresta Submontana, realizado pelo IBGE (1986), identificou espécies como tubuneira

(*Sloanea monosperma*), caixeta (*Didymopanax morototoni*), uvá (*Hirtella hebeclada*), erva-mate (*Ilex paraguariensis*), batinga (*Eugenia rostrifolia*), guajuvira (*Patagonula americana*), canjerana (*Cabralea canjerana*), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), pinheirinho bravo (*Podocarpus lambertii*), tarumã (*Vitex megapotamica*) e outras.



Figura 21: Remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual (ao fundo) no Cerro das Almas, alternada com pastagens.

7.3.1.2 - Floresta Aluvial

A Floresta Aluvial (Fig. 9) encontra-se nas várzeas dos maiores cursos d'água, principalmente do Rio Piratini e São Gonçalo (Fig. 22), desenvolvida sobre depósitos aluvionares Quaternários, encontrando-se relativamente bem preservada, devido à dificuldade de utilização agrícola nesses locais que apresentam sérias restrições à utilização agrícola em razão das dificuldades de drenagem. Nessas áreas de influência fluvial as formas biológicas ocorrentes em locais de solos hidromórficos, são espécies higrófitas, geófitas e hemicriptófitas.

Em levantamentos florísticos realizados nas várzeas dos rios Piratini e Camaquã, o IBGE (1986) identificou, entre as principais espécies, o ingá-banana (*Inga uruguensis*), ingá-feijão (*Inga marginata*), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), branquilha (*Sebastiania klotzschiana*), sarandi-amarelo (*Terminalia australis*),

salseiro (*Salix humboldtiana*), além de quantidades regulares de taquaruçu (*Bambusa trini*).



Figura 22: Floresta aluvial relativamente bem preservada no Rio Piratini.

7.3.1.3 - Mata Ciliar

Na Fig. 9 pode-se verificar que a mata ciliar ocorre nas áreas de relevo mais acentuado, acompanhando os interflúvios na região de relevo suave ondulado, onde predominam os campos naturais (Fig. 23). Nessas áreas existem grandes restrições à mecanização pela existência de afloramentos rochosos, fato que dificulta a sua utilização para fins agrícolas. Mesmo assim, as matas ciliares merecem especial atenção em relação à conservação e preservação, pois são de inegável importância na manutenção da qualidade dos recursos hídricos e ambientes associados.



Figura 23: Ocorrência de mata ciliar acompanhando os interflúvios na região de relevo suave ondulado (campos naturais).

7.3.2 - Campos Naturais (Savanas)

Os campos naturais aparecem na zona de transição entre o embasamento cristalino e a planície costeira interna, em altitudes que variam de 40 a 150 metros, aproximadamente (Fig. 9 e 24). Segundo ROSA (1985) esses campos naturais que ocorrem nas coxilhas são classificados como “campos mistos”, predominando gramíneas do gênero “paspalum”, que representam uma cobertura vegetal da ordem de 60%.



Figura 24: Campos naturais na região do embasamento cristalino, também denominados savanas, utilizados para pecuária e policultivos variados.

De acordo com IBGE (1986), a vegetação é composta por gramíneas como capim-caninha (*Andropogon lateralis*), grama estaleadeira (*Erianthus angustifolius*), flechilhas (*Stipa* spp.), barba de bode (*Aristida* spp.), grama-forquilha (*Paspalum notatum*), grama-tapete-de-folha-larga (*Axonopus compressus*), grama-jesuíta (*Axonopus fissifolius*) e outras. Entre as arbustivas destacam-se alecrim (*Heterotalamus* sp.), vassoura-vermelha (*Dodonaea viscosa*), carqueja (*Baccharis trimera*), chirca (*Eupatorium* sp.) e outras. A vegetação arbórea, constituída por florestas-galeria e moiteiros, que algumas vezes coalescem, aumentando a largura das florestas-galeria, apresenta espécies como branquilha (*Sebastiania klotzschiana*), coronilha (*Scutia buxifolia*), bugreiro (*Lithraea brasiliensis*), corticeira (*Erythrina crista-galli*), sarandi (*Calliandra tweedei*), entre outras.

Com a ocupação dessa região por colonos, a partir de meados do século 19, essa vegetação nativa foi sendo reduzida e substituída por uma policultura variada, que inclui cultivos anuais, perenes, capoeiras em diversos estágios, além de pecuária leiteira. Já na região da Planície Costeira, desenvolveu-se inicialmente a pecuária extensiva e, mais recentemente, a monocultura do arroz irrigado associada com a criação de gado (ROSA, 1985).

7.3.3 - Campos Litorâneos

Na Planície Costeira Interna, ocorre a presença de extensos campos litorâneos inundáveis, cobertos por gramíneas rasteiras (Fig. 9 e 25), sendo que, em sua transição para as áreas de relevo mais elevado, sobre o embasamento cristalino, tornam-se campos “grossos” (Fig. 26). Entretanto, apresenta uma cobertura vegetal inferior a 60%, com poucas espécies de gramíneas de baixo valor forrageiro, onde a vegetação rasteira é a grama forquilha, além da barba de bode (TAGLIANI, 2002).

Esses campos além das várzeas e banhados, que não são utilizados para agricultura devido às restrições relativas à drenagem são, no entanto, aproveitados para pastoreio do gado durante os meses de estiagem, quando o nível das águas e conseqüentemente do lençol freático permitem a ocupação dessas áreas mais baixas do relevo.

Nessas áreas mais úmidas sobre terraços lagunares, ocorre uma maior diversidade vegetal específica, salientando-se *Androtrichum trigynum*, *Andropogon arenarius*, *Imperata brasiliensis*, *Paspalum vaginatum*, *Eragrostis sp*, *Hidrocotyle bonariensis*, *Cyperus sp.* e *Eleocharis sp.* (FURG & HAR Eng., 1999 apud TAGLIANI, 2002).



Figura 25: Campos litorâneos na região da Planície Costeira Interna, utilizados para pecuária extensiva e cultivo de arroz irrigado.



Figura 26: Transição dos campos litorâneos na região da Planície Costeira Interna para as áreas de relevo mais elevado sobre o embasamento cristalino.

7.3.4 - Vegetação de Banhados

Nas margens do canal São Gonçalo ocorre vegetação de banhados (Fig. 9) com predomínio de uma flora palustre de juncáceas e ciperáceas. Segundo TAGLIANI (2002), no Rio Grande do Sul, os banhados são áreas saturadas de água, de baixa altitude, sobre planícies quaternárias e cobertas por vegetação higrófila.

As matas de restinga ocorrem associados à vegetação de banhados (Fig. 27) e são compostas de espécies arbóreas que ocupam as encostas das falésias e desníveis topográficos entre unidades geomorfológicas distintas, formando grupamentos longos e estreitos, bem como na parte inferior das encostas e em depressões úmidas ou até alagadas. É comum a ocorrência de estreitas faixas de matas de restinga (ripárias) ao longo de canais retificados utilizados para irrigação de lavouras de arroz. Espécies comuns nas matas de restinga incluem cactáceas, figueiras, jerivás e aroeiras (ROSA, 1985). Não foi possível diferenciar as classes de vegetação de banhados e matas de restinga que permaneceram agrupadas em uma única classe de cobertura vegetal.



Figura 27: Vegetação de Banhados associado à mata de restinga, às margens do Canal São Gonçalo.

7.4 – Definição das Áreas de Preservação Permanente (APP's)

A partir da interpretação e espacialização dos critérios definidos na Legislação Ambiental, foram delimitadas as seguintes áreas contempladas com algum dispositivo de proteção legal (Fig. 28):

- *buffer* de 30 metros para margens de cursos e reservatórios d'água, naturais e antrópicos, com menos de 20ha de superfície;
- *buffer* de 50m para margens de reservatórios d'água acima de 20ha situados em áreas rurais;
- vegetação de banhados em toda sua extensão;
- terço superior de topo de morros que, no Cerro das Almas foi definido a partir da cota 140m e no Cerro do Estado a partir da cota 100m de altitude.

Quanto às regiões com declividades acima de 45°, estas são pouco expressivas em termos de representatividade espacial, ocorrendo somente em alguns pontos isolados nos vales das coxilhas (cerros ou montes). Conforme foi definido na fase metodológica, utilizou-se um critério de prioridade para não haver sobreposição da legislação incidente sobre uma mesma área, sendo assim, a maior parcela dos remanescentes da Floresta Submontana que ocorrem acima da declividade de 45°, já foram enquadradas e, conseqüentemente protegidas, pelo critério de APP em Topo de Morros definido pela Resolução CONAMA Nº 303/02 em seu Art. 4 que dispõe: “...a área total protegida pela Reserva Ecológica abrangerá o conjunto de morros em tal situação e será delimitada a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura, em relação à base, do morro mais baixo do conjunto”.

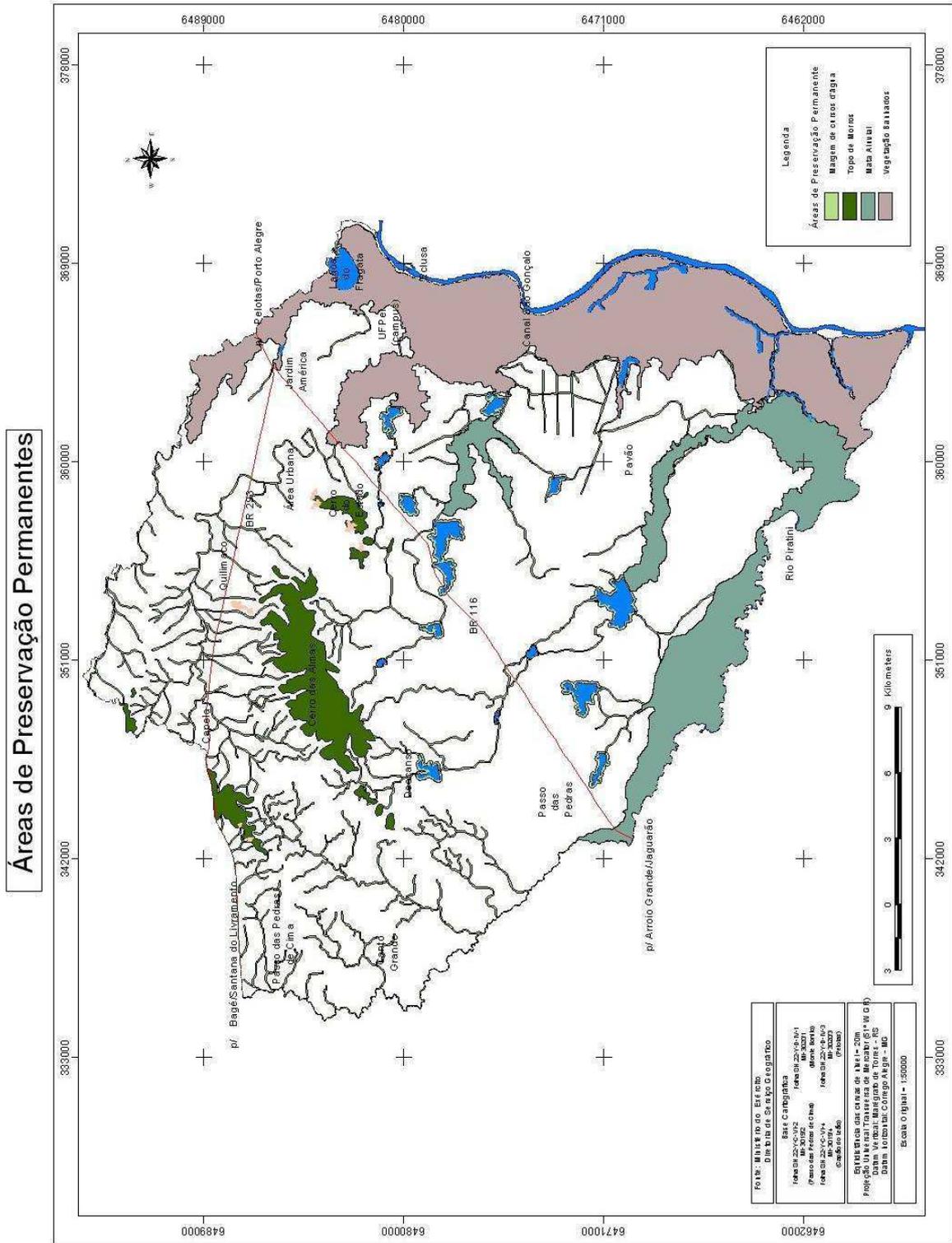


Figura 28: Áreas de Preservação Permanente em Capão do Leão - RS.

7.5 - Proposta de Zoneamento Ambiental

A proposta de zoneamento ambiental foi embasada no enquadramento de áreas como unidades de planejamento (zonas) onde foram definidas diretrizes gerais que devem orientar as formas de uso nessas zonas, conforme os critérios definidos no Plano de Zoneamento Ecológico-Econômico (PZEE) nacional e suas respectivas versões a nível estadual (São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, por exemplo), na interpretação da Legislação Ambiental e na elaboração e análise do uso e ocupação do solo e da cobertura vegetal no território municipal.

O mapa contendo a proposta de zoneamento ambiental está representado na Fig. 29 e consta das seguintes classes: Áreas de Preservação Permanente, Áreas de Uso Restrito, Áreas de Uso Rural, Áreas de Uso Urbano e Áreas de Uso Especial.

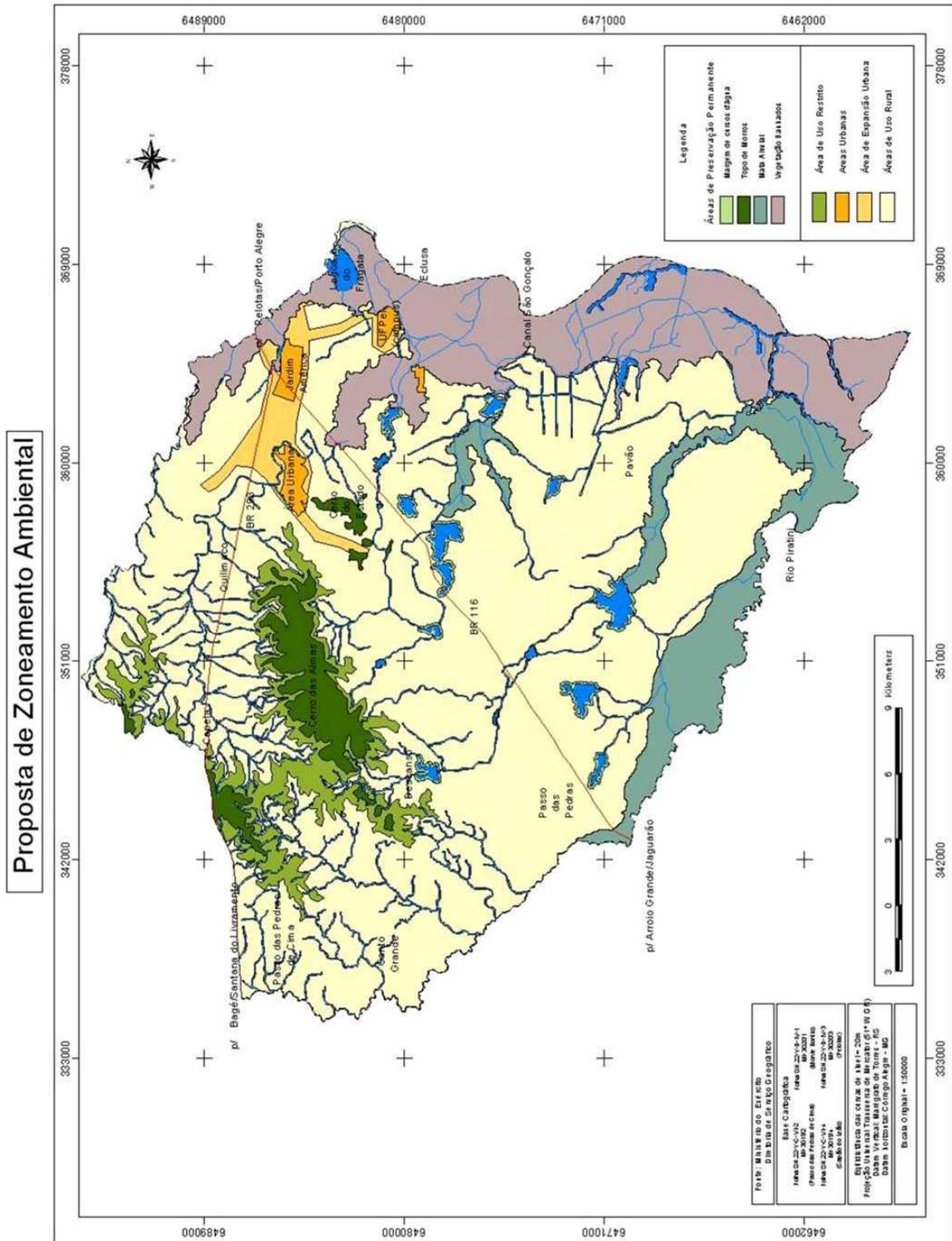


Figura 29: Proposta de zoneamento ambiental para o município de Capão do Leão - RS.

7.5.1 - Áreas de Preservação Permanente (APP's)

As Áreas de Preservação Permanente foram determinadas conforme descrito no item 7.4.

De acordo com os critérios do ZEE, as diretrizes de uso e ocupação do solo definem APP's como sendo uma área "*non-edificandi*", sendo vedada qualquer forma de parcelamento do solo, edificações e construções. Como principais atividades possíveis de serem desenvolvidas, dentro desta classe, salientam-se: atividades de preservação e conservação, pesquisa científica, educação ambiental, recreação e lazer contemplativo. Entretanto, todas as atividades que forem ser desenvolvidas em APP's dependem, obrigatoriamente, do licenciamento do órgão ambiental pertinente (federal, estadual ou municipal), sem prejuízo das demais licenças exigíveis.

7.5.2 - Áreas de Uso Restrito (AUR's)

De forma análoga ao item anterior foram definidas as Áreas de Uso Restrito a partir da interpretação e espacialização da legislação pertinente, cruzando-se tais dados com o mapa de uso e ocupação dos solos e cobertura vegetal. Como o critério de declividade (de 25° a 45°) se mostrou insuficiente para definir tal classe, utilizou-se um critério de zoneamento que considerasse uma área de amortecimento no entorno de APP's e, conseqüentemente sua delimitação ocorreu a partir da cota de 100 metros de altitude, já utilizada em outros zoneamentos como do Zoneamento Ecológico-Econômico do litoral Centro-Norte de Santa Catarina. Esta classe tem como objetivo manter e/ou recuperar 20% desta área com remanescentes de vegetação nativa em manchas contínuas, que se apresentam como ambientes de grande circulação biológica, caracterizados como "corredores ecológicos", conforme determina o Sistema Nacional de Unidades de Conservação-SNUC (Lei 9985/00).

Sendo assim, foi definido pela interpretação da legislação ambiental que, nesta área (AUR) é vedado todo e qualquer parcelamento do solo, sendo que sua taxa de ocupação deve ser igual ou inferior a 10%, com índice de construção de 0,2 e densidade urbana de no máximo 15 hab./ha. Como principais formas

permitidas de uso e ocupação do solo, destacam-se todas as atividades definidas para Áreas de Preservação Permanentes, acrescentando-se, ainda, aquicultura, uso residencial unifamiliar, recreação, lazer e turismo contemplativo.

7.5.3 - Áreas de Uso Rural (AUR's)

As demais áreas que não se encontram enquadradas em nenhum mecanismo de proteção legal, excetuando-se as Áreas de Uso Urbanas, foram definidas como Áreas de Uso Rural. Nesta classe de uso estão enquadradas atividades agropecuárias e agroindustriais, de acordo com a Lei 8.676/92 que define a Política de Desenvolvimento Rural. Vale destacar que o zoneamento das mesmas deve ocorrer em regiões homogêneas, conforme determinam o Estatuto da Terra (Lei 4.504/64) e a Política Agrícola (Lei 8.171/91). Dessa forma, são permitidos todos os usos mencionados nas classes anteriores (APP e AUR), acrescentando-se atividades de agropecuária, silvicultura, equipamentos de baixa densidade, reflorestamentos, agroindústrias e assentamentos rurais. Como diretrizes de ocupação do solo destaca-se uma densidade urbana de até 20 hab./ha, um índice de construção de 0,2 e uma taxa de ocupação de 15% , sendo permitido construir edificações com até 2 pavimentos, entretanto, a área mínima do terreno deve ser igual ou superior a 5.000 m² (cinco mil).

7.5.4 - Áreas de Uso Urbano (AUrb's)

A definição e delimitação de Áreas Urbanas utilizaram a mesma metodologia descrita anteriormente para as demais classes de zoneamento, guiando-se pelas normas e diretrizes estabelecidas no Estatuto da Cidade (Lei 10.257/01). Estão enquadradas nesta classe as áreas comprometidas com a ocupação antrópica, onde se verifica o parcelamento do solo para fins urbanos. Utilizando-se de um critério técnico proposto por MAZZER *et al.* (2004), também foi proposta uma subclasse denominada **Áreas de Expansão Urbana (AEUrb's)**, caracterizadas como áreas potenciais para onde se direcionará o crescimento urbano da cidade a médio e longo prazo. Via de regra delimitou-se esta subclasse a partir da interpretação visual da imagem orbital, juntamente com dados

levantados durante o trabalho de campo, onde pode se perceber que o crescimento da área urbana, de um modo geral, acompanha as margens da rede viária federal (BR 291) e as principais estradas municipais.

7.5.5 - Áreas de Uso Especial (AUE's)

Nesta classe foram enquadradas as seguintes áreas: uma faixa marginal de 100m (cem) ao longo da margem de rodovias federais e estaduais, em ambos os lados e, a mesma distância para as redes de abastecimento de água para consumo humano; uma faixa marginal de 50m (cinquenta) ao longo do eixo de sistemas de transmissão de energia elétrica de alta tensão, além de áreas destinadas a distritos industriais, áreas mistas de serviços públicos, áreas aeroportuárias e áreas institucionais (Adaptada de MAZZER *et al.*, 2004). Nesta área (AUE), as diretrizes de uso e ocupação do solo serão definidas em normas e regulamentos específicos, respeitando-se a competência de cada órgão.

A classe caracterizada como Área de Uso Especial não se encontra representada no mapa final, uma vez que não existem informações atualizadas sobre as mesmas. Desta forma a proposição de uma classe de enquadramento denominada "AUE" visa projetar a instalação futura de possíveis empreendimentos e/ou serviços que possuam regulamentação própria e que sejam de interesse coletivo, tais como, distritos industriais, áreas de exploração mineral, serviços aeroportuários e linhas de transmissão de energia de alta tensão, por exemplo.

7.6 - Análise da Adequação do Padrão de Uso do Solo

A partir da avaliação da situação relativa ao uso e ocupação do solo e da cobertura vegetal (Fig. 9) no município de Capão do Leão, através de rotinas disponíveis no SIG Arcview, constatou-se que as principais empresas mineradoras instaladas sobre o Cerro do Estado apresentam parte de suas lavras sobre Áreas de Preservação Permanente, definidas pelo Art. 4º da Resolução CONAMA Nº 303/02 sendo, neste caso, delimitada a partir da cota de 100 metros de altitude, conforme as Fig. 30 e 31.

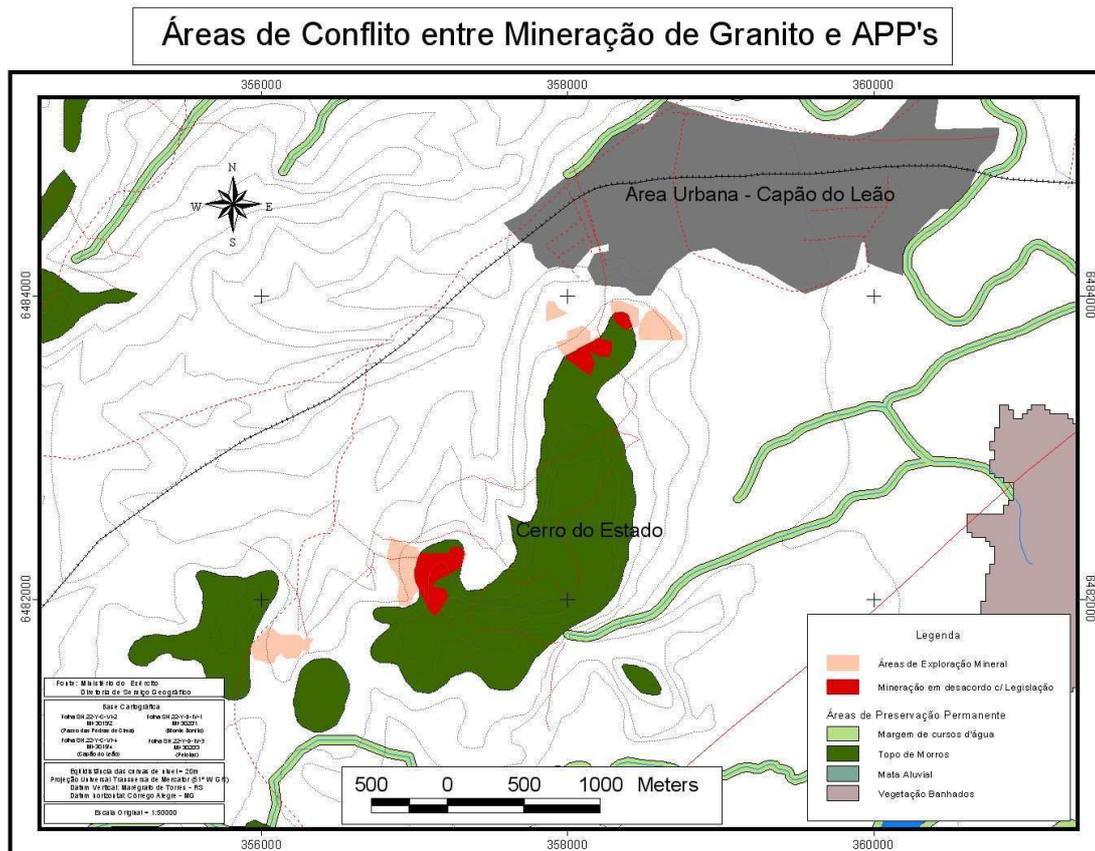


Figura 30: Mapa demonstrando as áreas de inadequação entre a atividade mineradora industrial de granito e a legislação ambiental (APP de Topo de Morro) sobre o Cerro do Estado.



Figura 31: Vista parcial da área de lavra da mineradora Ivaí.

A empresa de mineração da Pref. Municipal de Pelotas, que se localiza na porção norte do Cerro do Estado, possui uma área total de lavra correspondente a 2,52ha e destes, cerca de 0,90ha estão dispostas sobre Área de Preservação

Permanente, representando 35,57% do total. A empresa Ivaí por sua vez, situada na porção central deste mesmo cerro, possui uma área de 5,83ha sendo que cerca de 3,31ha também estão sobre APP ou 56,82% do total de sua área de exploração. Da mesma forma, a empresa mineradora pertencente ao consórcio CBPO/DEPREC, situada mais ao sul, apresenta 7,56ha de sua área de mineração sobre APP de um total de 13,46ha, ou seja, cerca de 56,18% da atividade mineradora está infringindo as normas da legislação ambiental.

Esses percentuais são realmente alarmantes e, juntamente com os levantamentos de campo, vem comprovar a supressão de importantes remanescentes da Floresta Submontana que se encontram relativamente bem preservados (Fig. 32), bem como a ineficiência dos órgãos de controle e fiscalização ambiental no sentido de fazer cumprir o que determina a legislação, seja pela falta de recursos, pela falta de infra-estrutura adequada, ou ainda pela falta de pessoal qualificado para exercer tal função.



Figura 32: Supressão da vegetação natural no Cerro do Estado pelo processo de mineração industrial de granito.

Outra constatação de áreas com uso inadequado frente à legislação, verificado nas análises do uso e ocupação do solo efetuadas no SIG (Fig. 9), dizem respeito à supressão da mata ciliar (que ocorre nas margens de cursos

o plantio de *Eucalyptus* sp., acreditamos com base na interpretação da legislação ambiental, que estas atividades não deveriam ocorrer nestas áreas.

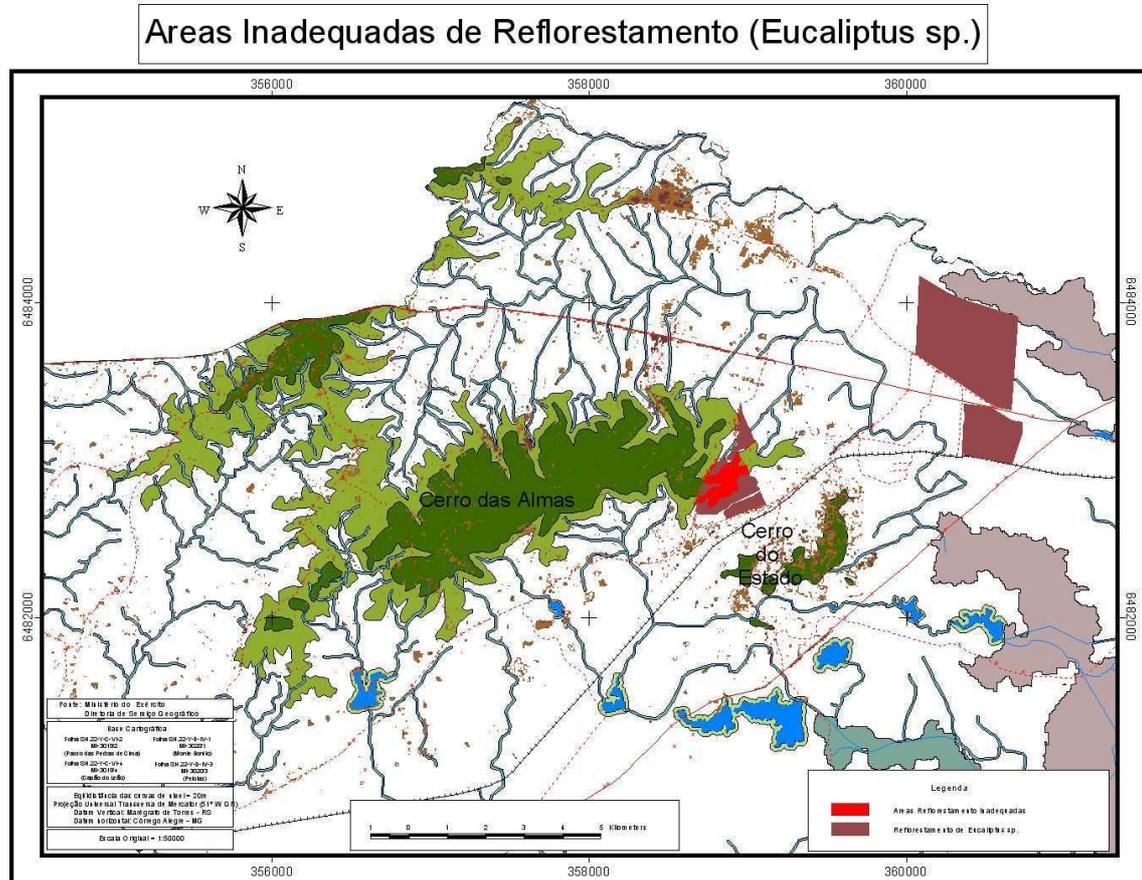


Figura 34: Áreas de Reflorestamento no Cerro das Almas em desacordo com a Legislação.

8.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O registro da imagem orbital, se mostrou satisfatório, atendendo perfeitamente os requisitos mínimos exigidos no estudo, ou seja, apresentou um nível de precisão da ordem de 0,5 pixel, que se enquadra na Classe II de precisão cartográfica.

- Foi realizada a classificação supervisionada pelo SIG Idrisi, salientando aspectos referentes à cobertura vegetal e ao uso atual do solo para o município de Capão do Leão, no ano de 2000. No mapa gerado foram destacadas as seguintes classes: policultivo variado, cultivo de arroz irrigado (rizicultura), pastagem/campos naturais, reflorestamento de *Pinnus* sp. e *Eucaliptus* sp., mata nativa, atividades de extração mineral e solo exposto.

- Nas áreas de cultivo de arroz, devido aos vários quadros em estágios diferentes de preparação do solo, o resultado do processamento digital se mostrou insatisfatório, havendo grande confusão com outros alvos, especialmente campos litorâneos secos e úmidos. Entretanto, devido ao conhecimento prévio da região e ao fácil reconhecimento visual do padrão geométrico desta classe de uso, foi possível realizar a correção para a classe temática desejada.

- Os valores de resposta espectrais encontrados para a classe de cultivo de arroz irrigado em relação aos campos litorâneos (planície costeira) e aos campos naturais (savanas) foram idênticos, mas baseado nos trabalhos de campo e nas peculiaridades de cada atividade, percebeu-se que na planície predomina o cultivo de arroz e na região das savanas a ocorrência foi, principalmente, de policultivos variados. Nesse sentido, a técnica de processamento digital de imagem de satélite utilizada para o mapeamento da cobertura vegetal e do uso e ocupação atual do solo na área de estudo, mostrou-se adequada aos objetivos do trabalho nessa escala da análise.

- Os trabalhos de reconhecimento da área de estudos mostraram-se imprescindíveis para a calibração dos dados, permitindo verificar o alto grau de coerência da realidade de uso do solo e cobertura vegetal com os resultados obtidos no processamento digital.

- Em relação ao Mapa de Declividades, este se mostrou extremamente importante na realização das análises espaciais relativas à legislação ambiental,

pois foi um dos critérios utilizado para definir áreas legalmente protegidas e com restrição de uso, nas porções de relevo mais acidentado.

- Observa-se que grande parte da superfície do município está compreendida na classe inferior a 25°, isto significa que não existem dispositivos legais que sirvam de proteção à integridade dos ecossistemas, em relação a esse critério. Por outro lado, as declividades entre 25° e 45° que, determinam Áreas de Uso Restrito estão localizadas, principalmente, na região do Cerro do Estado, e foram delimitadas a partir da cota dos 100 m de altitude, com a intenção de criar uma zona destinada à recuperação e conservação de remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual, possibilitar o intercâmbio de fauna e flora entre os distintos fragmentos florestais além de preservar alguns dos principais contribuintes da hidrografia que ocorrem nessas áreas.

- Quanto às declividades acima de 45°, definidas na legislação como Áreas de Preservação Permanente, verificou-se que estas ocorrem em porções muito reduzidas na área do município. Exatamente em virtude de sua área pouca expressividade, este critério não foi utilizado para delimitar as APP's, mesmo porque as regiões onde aparecem tais declividades foram consideradas como de Preservação Permanente por outro critério (topo de morros).

- Em função da prática de atividades agrícolas ocorre à supressão da vegetação nativa, tanto para o plantio da cultura propriamente dita, quanto para a ocupação por pastagens que serve de alimentação para o gado.

- De posse das informações de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal e das Áreas de Preservação Permanentes espacializadas na forma de mapas temáticos, foi realizado o cruzamento destas informações para avaliar a ocorrência de áreas inadequadas de uso do solo perante a legislação ambiental. As principais constatações demonstram que, em relação às atividades de mineração que ocorrem sobre o Cerro do Estado, as três maiores empresas mineradoras apresentam parte de suas lavras (em proporções variadas) sobre APP's de topo de morros e, mesmo onde se encontram em áreas permitidas, pôde-se observar a supressão da mata nativa estando, portanto, em transgressão à legislação ambiental vigente. No que diz respeito à atividade agropastoril, esta também é responsável pela remoção da mata nativa junto à margem dos cursos d'água (mata ciliar), seja para o aproveitamento da madeira, seja para a utilização

desses solos extremamente férteis, quando não ocorrem restrições relativas à drenagem.

- Elaborou-se uma proposta de zoneamento ambiental dividida em classes de uso e ocupação do solo (APP, AUR, AR, AUrb e AUE), através de critérios definidos na legislação ambiental e PZEE. Esta proposta aponta diretrizes gerais que servirão de subsídios aos planos e programas de desenvolvimento sustentável do município de Capão do Leão.

- Toda a base de informações geográficas, em formato digital, bem como as análises e levantamentos realizados, constituem um importante instrumento de apoio no processo de tomada de decisões pelos gestores municipais, de modo a subsidiar a elaboração de planos de ordenamento territorial e ações de gestão ambiental local.

- Por fim, este trabalho representou uma tentativa de contribuição do autor à melhoria da qualidade ambiental e, conseqüentemente, da qualidade de vida da população de Capão do Leão (RS), através da identificação de áreas com usos conflitantes em relação à legislação ambiental e, da proposição de um plano de ordenamento de usos e ocupação do solo, segundo as peculiaridades das áreas definidas como zonas e tratadas como unidades de planejamento.

9.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia. Questões de escala e método. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.3, n.5, p.4-20, 1989.

ADAMI, R. M. *Zoneamento ecológico da bacia de drenagem do rio Itajaí-Acú (SC), por intermédio da aplicação dos programas MULVA e CPTI*. 1995. 153p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

AJARA, C. A abordagem geográfica: suas possibilidades no tratamento da questão ambiental. In: IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Geografia e Questão Ambiental*. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. p. 9-11.

ANDRADE, M. C. Territorialidades, Desterritorialidades, Novas Territorialidades: Os limites do Poder Nacional e do Poder Local. In: *Território-Globalização e Fragmentação*. 2. ed. São Paulo: HUCITEC, 1996.

ARONOFF, S. 1991. Geographic information system: a management perspective. Ottawa: WDL, 1991. 294p. In: WEBER, E. J. & HASENACK, H. O geoprocessamento como ferramenta de avaliação. IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/ecologia>.

ASSAD, M. L. L. Uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola de terras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.19, p. 133-39. 1995.

BANDEIRA, P. S. *Reflexões sobre a redefinição das políticas territoriais e regionais no Brasil*. Rio de Janeiro: Ministério da Integração Nacional, setembro de 2000. 47p. (mimeo.).

BERTALLANFFY, L. Von. *Teoria Geral dos Sistemas*. Petrópolis: Vozes. Coleção Teoria de Sistemas, v.2. 1973.351p.

BLAIKIE, P. & BROOKFIELD, H. *Land degradation and society*. Inglaterra: Methuen Ltda., 1987.

BOBEK, H. & SCHMITHÜSEN, J. El paisaje en el sistema logico de la geografia. In: MENDOZA, J. G.; JIMENEZ, J. M. & CANTERO, N. *El pensamiento geográfico: estudio interpretativo y antología de textos (de Humboldt a las tendencias radicales)*. Madrid: Alianza Editorial, 1982. p.330-335.

BOLÓS & CAPDEVILA, M. de (org.). *Manual de ciencia del paisaje. Teoria, método e aplicaciones*. Barcelona: Masson, 1992. p.273.

BRANCO, S. M. *Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente*. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. 141p.

BRITTO, F. P. *Distribuição Espaço-Temporal da Precipitação Pluvial no Estado do Rio Grande do Sul*. Florianópolis, 2004. 65 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina.

BRUNEAU, M. Deux approches d'une cartographie de l'environnement dans les pays tropicaux. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA CARTOGRAPHIE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE SA DYNAMIQUE, 1980, Caen, França. *Anais...* Caen: União Geográfica Internacional (UGI), 1980. p.263-281.

BUCHE, P.; KING, D. & LARDON, S. (ed.). *Gestion de l'espace rural et système d'information géographique*. Paris: INRA Editions, 1992. 421p.

BURROUGH, P. A. *Principles of geographical information systems for land resource assessment*. New York: Oxford University Press, 1992. 194p.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. *Geoprocessamento para projetos ambientais*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 1996. 134p.

CÂMARA, G. Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. (ed.). *Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993. p.15-37.

CÂMARA, J. B. D. *Análise da área de proteção ambiental da bacia do rio São Bartolomeu como instrumento de planejamento e gestão ambiental*. Dissertação (Mestrado). Brasília, Universidade de Brasília, DF, 1993. 204 p.

CASSOL, R. *Zoneamento ambiental elaborado com variáveis otimizadas estatisticamente geradas por técnicas cartográficas*. 1996. 204p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

CATELANI, CELSO DE SOUZA *et al.* Adequação do uso da terra em função da legislação ambiental. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2003, Belo Horizonte. *Anais XI SBSR*, INPE, p. 559-566.

CAUBET, C. G. & FRANK, B. *Manejo Ambiental em Bacia Hidrográfica: o caso do rio Benedito (Projeto Itajaí I)*. Das reflexões teóricas às necessidades concretas. Florianópolis: Fundação Água Viva. 1993. 52 p.

CAVALCANTI, R. N. Minería, desarrollo y medio ambiente. In: REPETTO, F. L. & KAREZ, C. S. (ed.) *Aspectos geológicos de protección ambiental*. UNESCO/UNICAMP/PNUMA, v.I, 1995. 245p.

CENDRERO, A. Técnicas e instrumentos de análisis para la evaluación, planificación y gestión del medio ambiente. *Serie opiniones*, nº 6, Cifca. Madri. p. 1-67, 1982.

CONHECIMENTO CIENTÍFICO PARA GESTÃO AMBIENTAL. *Amazônia, Cerrado e Pantanal*. Coordenado por Miriam Laila Absy *et al.* Brasília: IBAMA. Tomo I, v.1. Legislação e meio antrópico. 1995. 317 p.

CRÓSTA, A. P. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas: Universidade de Campinas, 1992. 170p.

CUNHA, N. G. & SILVEIRA, J. C. S. *Estudos dos solos do município de Capão do Leão*. DOCUMENTOS-CPACT, Nº11/96, 1997.

CLIMANÁLISE. *Aspectos da Climatologia Dinâmica no Brasil*. INEMET/INPE, São Paulo: CLIMANÁLISE, 1986. 124 p.

DANIELS, R. B. & HAMMER, R. D. *Soil geomorphology*. Estados Unidos: John Willey, 1992.

DELANEY, P. J. V. *Fisiografia e Geologia de Superfície da Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. Publicação Especial da Escola de Geologia. Porto Alegre, 1965.

ESTELRICH, H. D. Introducción. In: *Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur. Recuperación y manejo de ecosistemas degradados/IICAPROCISUR*. Montevideo: PROCISUR, 1998. 112p. (Diálogo–IICA/PROCISUR; 49). p.5-7.

FAO. *Directrices sobre la Planificación del Aprovechamiento de la Tierra*. Roma: FAO, 1994. 80 p.

FELGUEIRAS, C. A & CÂMARA, G. Sistemas de informações geográficas do INPE. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. (ed.). *Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993. p.41-59.

FERRARI, C. *Curso de planejamento municipal integrado*. 2. ed. São Paulo: Livraria Pioneira Ed., 1979. 631 p.

FIGUEIREDO, D. C. & COLLARES, J. E. R. PREVSAFRA – Estimativa da produção agrícola. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1993, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 1993, p.128-131.

FORMAGGIO, A. R.; ALVES S. D. & EIPHANIO, J. C. N. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.16, p. 249-256, 1992.

FRAGOSO CESAR, A.R.S. O Cráton do Rio de la Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Camboriú-SC, 1980. *Anais...* Camboriú, 1980, Vol. 5. p. 2879-2892.

FURG & HAR Engenharia Ltda. *Caracterização e mapeamento da cobertura vegetal do trecho Tavares-São José do Norte e contorno*. Documento Técnico em atendimento da LI 1068/98 da FEPAM, referente ao EIA-RIMA da BR 101.1999.

GERRARD, D. *Mountain environments: an examination of the physical geography of mountains*. Londres: Belhaven Press, 1990.

GOES, M. H. B.; XAVIER DA SILVA, J.; FERREIRA, L. A. & BERGAMO, R. B. A. Potencial de extração de areia, áreas de incongruências de usos e impactos ambientais do município de Itaguaí (RJ). In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 1995. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, 1995. p.358-371.

GRASSI, F. D. *Directo ambiental aplicado*. Frederico Westphalen: URI, 1995. 387p.

HADLICH, G. M. *Cartografia de Riscos de contaminação hídrica por agrotóxico: proposta de avaliação e aplicação na microbacia hidrográfica do córrego Guaruva, Sombrio-SC*. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina.

IBGE. *Levantamento dos recursos naturais, Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH. 21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim*. Rio de Janeiro- RJ, 1986. v.33.

IMA – INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE & GTZ – DEUTSCHEGESELLSCHAFTÜR TECHNISCHEZUSAMMENARBEIT. *Zoneamento ambiental da APA de Santa Rita e Reserva Ecológica do Saco da Pedra*. v. I. Maceió: IMA, 1993, 58p. (mimeogr.).

JOURNAUX, A. Presentation des cartes de l'environnement de Basse-Normandie: réalisations actuelles; Premiers resultats de la teledetection. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA CARTOGRAPHIE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE AS DYNAMIQUE, 1980, Caen, França. *Anais...* Caen: União Geográfica Internacional (UGI), 1980. p.11-21.

KLEIN, A. H. F. Clima Regional. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. A. (eds.). *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Rio Grande: Ecociencia, 1998. p. 5-7.

KOFFLER, N. F.; OLIVETTI, G. S.; ANTONELLO, S. L. SAMPA 2.0 - um SIG para o planejamento do uso da terra rural. In: GIS Brasil 96. *Anais...*, 1996. p. 341-351.

LECOEUR, C. Lê paysage comme cadre physique. *Hérodote*, Paris, v.44, p.45-50. 1987.

LEITE, M. A. F. P. *Destruição ou desconstrução?* São Paulo: Hucitec, 1994. 117p.

LONG, T. *Le Quaternaire du Rio Grande do Sul. Témoin des Quatre Derniers Episodes Eustatiques Majeurs. Géologie et Evolution*. Bordeaux, France, 1989. 183 p. Tese (Doutorado) – Universidade de Bordeaux.

LOPES ASSAD, M. L. Sistema de informações geográficas na avaliação da aptidão agrícola de terras. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. (ed.). *Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1995. p.173-199.

MARQUES, J. S.; ARGENTO, M. S. F. & PEREIRA, M. L. F. Unidades de manejo ambiental no norte fluminense. *Geografia*, São Paulo, v. 8, n.15-16, p.29-73, 1983.

MAZZER, A. M.; SIQUERA, J. R. & CUNHA, J. G. W. da. Proposta de Enquadramento de Classes para o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro e Marinho do Estado de Santa Catarina. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, Itajaí, Santa Catarina, 2004. *Anais... AOCEANO - Associação Brasileira de Oceanografia*. p.409.

MONTEIRO, C. A. F. Os Geossistemas como elemento da integração na síntese geográfica e fator de promoção interdisciplinar na compreensão do ambiente. Aula inaugural do curso de doutorado interdisciplinar em Ciências Humanas – Sociedade e Meio Ambiente, em 08/03/95 – CFH/UFSC. *Revista Ciências Humanas*, Florianópolis, v.6, n.19, p.95-101, mar. 1996.

MOREIRA, M. A. Uso da expansão direta para estimar áreas de soja e milho através dos dados multiespectrais e temporais do Landsat/TM. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1990, Manaus. *Anais... Manaus*, 1990. v.3, p.781-791.

MOREIRA M.A., AULICINO L.C.M., SHIMABUKURO Y.E., DUARTE V., RUDORFF B.F.T., YI J.L.R., SOUZA I.M. Modelo de mistura espectral para identificar e mapear áreas de soja e milho em quatro municípios do estado de

Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Santos, SP, 1998. *Anais...* Santos: INPE, 1998. CD-ROM.

MORGAN, R. P. C. *Soil erosion and conservation*. Inglaterra: Longman Group, 1986.

NEVES, E. & TOSTES, A. *Meio ambiente. Aplicando a lei*. Petrópolis: Vozes/CECIP, 1992. 79p.

OREA, D.G. *Evaluacion de Impacto Ambiental*. Madrid: Editorial Agrícola Española, S.A., 2ª ed., 1994. 259 p.

PENTEADO-ORELLANA, M. M. Metodologia integrada no estudo do meio ambiente. *Geografia*, São Paulo, v.10, n.20, p.125-148, 1985a.

PENTEADO-ORELLANA, M. M. Os campos de ação da geografia física. *Boletim de geografia teórica*, Rio Claro, v.15, n. 29-31, p.29-32, 1985b.

PICADA, R. S. Ensaio sobre a Tectônica do Escudo Sul-Riograndense: Caracterização Dos Sistemas de Falhas. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. São Paulo. 1971. *Anais...* São Paulo, 1971. p. 167-191.

PINTO, LILIAN VILELA ANDRADE *et al.* Delimitação e uso conflitivo do solo das áreas de preservação permanentes da sub-bacia do ribeirão Santa Cruz. XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, Belo Horizonte. *Anais...* INPE, Belo Horizonte, 2003, p. 595-601.

RAFFESTIN, C. *Por uma geografia do poder*. São Paulo: Editora Ática, 1993.

RIBEIRO, G. L. Ambientalismo e Desenvolvimento Sustentado. Nova Ideologia/Utopia do Desenvolvimento. *Revista de Antropologia*, São Paulo: USP, n.34, p.59-101, 1991.

ROCHA, J. S. M. *Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas*. Santa Maria, UFSM, 1995. 188p. (mimeogr.).

RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, C. R. L. & PIROLI, E. L. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p.675-681, 2001.

ROSA, M. *Geografia de Pelotas*. Pelotas: Editora da Universidade Federal de Pelotas, 1985. 333p.

ROSA, R. *O uso de SIG's para o zoneamento: uma abordagem metodológica*. Tese (Doutorado em Geografia Física) – USP, São Paulo, 1995. 126p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Depto. de Geografia FFLCH – USP*, São Paulo, n.8, 1994.

ROUGERIE, G. & BEROUTCHACHVILI, N. *Géosystèmes et paysages. Bilan et methods*. Paris: Armand Colin, 1991. 302p.

SCHOBENHAUS, C. & CAMPOS, D. de A. *A Evolução da Plataforma sul americana no Brasil*. In: GEOLOGIA DO BRASIL. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente incluindo Depósitos Minerais. DNPM, 501 p. 1984.

SCHUBART, H. O. R. *O zoneamento ecológico-econômico e o ordenamento territorial: aspectos jurídicos, administrativos e institucional*. Manaus; INPA, 1994. 10p. (mimeogr.).

SILVA, J. R. C.; DEGLORIA, S. D.; PHILIPSON, W. R. & McNEIL, R. J. Estudo da mudança de uso da terra através de um sistema de análise georreferenciada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.17, p. 451-457, 1993.

SILVA T. C. da. Zoneamento geoambiental dos Cerrados. In: I SIMPÓSIO AMBIENTALISTA NO CERRADO. Goiana, 14 a 17 de novembro de 1995. *Contribuições para um novo modelo de desenvolvimento*. Centro de Estudos Regionais, CRE, UFG, 1995. p. 15-26.

SOUZA, M. P. *Metodologia de cobrança sobre os usos da água e sua aplicação como instrumento de gestão*. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo/Faculdade de Saúde Pública de São Paulo, São Paulo, 1993. 175 p.

SOUZA, M.J. "O território: sobre espaço e poder, autonomia e desenvolvimento". In: CASTRO, I.E. *et al.* (Orgs.) - *Geografia: conceitos e temas*. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 1995. p. 77 - 116.

TABACZENSKI, R. R., SOUZA, M. P., ROMA, W. N. L. A utilização do sistema de informações geográficas para o macrozoneamento ambiental. In: GIS BRASIL 96 - II CONGRESSO PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, Curitiba, 1996. *Anais...* Curitiba, 1996. p. 273-282.

TAGLIANI, C. R. *A mineração na porção média da planície costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de gerenciamento costeiro integrado*. Porto Alegre. 2002. 253p. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TOMAZELLI, L. J. O Regime de Ventos e a Taxa de Migração das Dunas Eólicas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, Porto Alegre, v. 20, n.1, p. 18-26, 1993.

TOREZAN, F. E. & LORANDI, R. Análise de restrições ambientais para o planejamento de áreas de mineração por meio da aplicação de geoprocessamento. *Geociências*, São Paulo, UNESP, v.19, n.2, p.291-302, 2000.

VALDAMERI, R. *Análise da vulnerabilidade ambiental através de técnicas de geoprocessamento: o caso do morro do Osso, Porto Alegre, RS*. Monografia

(Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996. 32p.

VIEIRA, E. *Criação de um Banco de Dados para o município de Capão do Leão-RS em um Sistema de Informações Geográficas*. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia-Bacharelado) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2000.

VILÁS, J. R. Análisis y diagnosis. In: BOLÓS y CAPDEVILA, M. de (org.). *Manual de ciencia del paisaje. Teoría, método e aplicaciones*. Barcelona: Masson, 1992. p.135-153.

VILLWOCK, J. A. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A Synthesis. *Pesquisas*, Porto Alegre, n.16, p. 5-49, 1984.

WALTER, H. *Vegetation of the earth and ecological systems of the geobiosphere*. 2. ed. New York: Springer, 1975. 274p.

WEBER, E. J. & HASENACK, H. *Análise do uso e da cobertura do solo das estâncias Jaguarão, do Fundo e da Madrugada, Hulha Negra, RS, utilizando técnicas de geoprocessamento*. Relatório Técnico. Centro de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 27p. 1996.

WEBER, E. J. *Uso de sistemas de informação geográfica como subsídio ao planejamento em áreas agrícolas: um caso no planalto do Rio Grande do Sul*. Dissertação (Mestrado) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. 104p

WERNICK, E. & PENALVA, F. Contribuição ao Conhecimento das Rochas Granitóides do Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geologia*, São Paulo, 1978. p. 113-133.

YI, J. L. R.; AULICINO, L. C. M.; SHIMABUKURO, Y. E.; RUDORFF, B. F.; DUARTE, V.; MOREIRA, M. A.; MARTINI, P. R. & SOUZA, I. M. Segmentação de imagens-fração derivadas do sensor TM/Landsat para mapeamento do uso do solo no município de Sapezal (MT). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Santos, SP, 1998. *Anais...* Santos: INPE, 1998. CD-ROM.