

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO E TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NO ZONEAMENTO AMBIENTAL DO VALE DO TAQUARI / RS

Rafael Rodrigo Eckhardt ¹

Claudete Rempel ^{2 e 3}

Teresinha Guerra ³

Maria Luiza Porto ³

RESUMO

Os mapas, historicamente, têm sido utilizados como fonte primária de informação, sendo um instrumento visual da percepção humana e um meio para obter o registro e a análise da paisagem. Neste contexto, este artigo procura evidenciar a utilização de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento com vistas à elaboração do zoneamento ambiental do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, região formada por 37 municípios. A base cartográfica utilizada para gerar os mapas temáticos foi retirada das cartas topográficas elaboradas pelo Serviço Geográfico do Exército, na escala 1/50.000. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat para gerar o uso e cobertura do solo. O zoneamento ambiental possibilitou evidenciar a falta de planejamento do uso e cobertura do solo. Os dados apresentados neste artigo são importantes na tentativa de superar os problemas do desenvolvimento e reduzir a deterioração da qualidade ambiental no Vale do Taquari.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto, Paisagem, Zoneamento Ambiental, Vale do Taquari

ABSTRACT

USE OF REMOTE SENSING AND GEOPROCESSING TECHNIQUES IN THE TAQUARI VALLEY/ RS ENVIRONMENTAL ZONING

The maps, historically, have been used as primary source of information, being a visual instrument of the human perception and a way to get the register and the analysis of the landscape. In this context, this paper aims to evidence the use of remote sensing and geoprocessing techniques with sights to elaboration of the environmental zoning of the Taquari Valley, region formed by 37 cities and located at Rio Grande do Sul State. The cartographic base used to generate the thematic maps was extracted from topographical maps elaborated by Geographic Service of the Army, in 1/50,000 scale. Landsat satellite images were used to generate the land use and land covering. The environmental zoning evidenced the lack of planning of land use and land covering in the study area. The results presented in this paper are important in the attempt to surpass the problems of the development and to reduce the deterioration of the environmental quality in the Taquari Valley.

KEYWORDS: Remote Sensing, Landscape, Environmental Zoning, Taquari Valley

1 Mestre em Sensoriamento Remoto e Coordenador do Núcleo de Geoprocessamento da UNIVATES. Rua Avelino Tallini, 171 - Bairro Universitário - Caixa Postal 155 - CEP 95900-000 - Lajeado, RS, Brasil. rafare@univates.br

2 Doutoranda em Ecologia pelo Instituto de Biociências da UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale, Setor 4, prédio 43422 - Caixa Postal 15007 - CEP 91540-000 - Porto Alegre, RS, Brasil. crempel@univates.br

3 Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências da UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale, Setor 4, prédio 43422 - Caixa Postal 15007 - CEP 91540-000 - Porto Alegre, RS, Brasil. tg@ufrgs.br; mlporto@ecologia.ufrgs.br

1. INTRODUÇÃO

A humanidade atravessa um momento histórico que apresenta elevadas disparidades sócio-econômicas: confronta problemas relacionados com a pobreza, com a fome, com doenças, com o analfabetismo, com os desastres naturais e com a degradação ambiental. Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento (MEDEIROS e - 94 -¹ CÂMARA, 2001). Neste contexto, de acordo com Santos *et al.* (1981), o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento constituem-se de ferramentas com grande utilidade, permitindo em curto intervalo de tempo à obtenção de uma grande quantidade de informações a respeito de registros de uso da terra.

Segundo Gustafson (1998), a análise de mapas temáticos é uma das formas para estudar as alterações que ocorrem na estrutura da paisagem em determinado período de tempo. Os mapas podem ser úteis para ordenar, planejar e inferir, constituindo um suporte indispensável para o planejamento, ordenamento e do uso eficaz dos recursos da terra para diferentes unidades territoriais (países, estados ou municípios), desde que observados os paradigmas relacionados com o desenvolvimento sustentável. De acordo com Zampieri *et al.* (2000), o conhecimento do espaço geográfico é importante para o ordenamento das atividades antrópicas. Nesta visão, os estudos de mapeamento temático visam a caracterizar e entender a organização do espaço, como base para o estabelecimento de ações e de estudos futuros (MEDEIROS e CÂMARA, 2001).

Dentre as unidades de observação e análise da paisagem, Os estudos de gerenciamento ambiental através da gestão de bacia hidrográfica apresentam inúmeras vantagens para o desenvolvimento de projetos e ações relativas aos recursos naturais, uma vez que ela integra os processos naturais, sociais e políticos, sendo este um método geográfico por excelência (THERY, 1997). No entanto, de acordo com Ranieri (2000), a divisão política municipal é um fator decisivo para a implementação de ações práticas e políticas de gestão, evita excessivas generalizações e permiti a participação dos atores sociais envolvidos. O Vale do Taquari é uma região política formada por 37 municípios e é reconhecida pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul como a unidade que estabelece o foro de discussão e de planejamento das iniciativas sócio-econômicas, culturais e ambientais de abrangência supra-municipal.

O zoneamento ambiental, instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), consiste em procedimento de divisão de determinado território em zonas ou áreas onde se autorizam determinadas atividades ou se interdita, de modo absoluto ou relativo, o exercício de outras atividades (MACHADO, 2003) em razão das características ambientais e sócio-econômicas do local. Pelo zoneamento ambiental são instituídos diferentes tipos de zonas, nas quais o Poder Público estabelece regimes especiais de uso, gozo e fruição da propriedade na busca da melhoria e recuperação da qualidade ambiental e do bem-estar da população. Suas normas, que deverão obrigatoriamente respeitar o disposto em legislação ambiental, vinculam todas as atividades exercidas na região de sua incidência, o que implica na inadmissibilidade de ali serem exercidas atividades contrárias a elas (CAMARGOS, 2006).

As diferentes ações antrópicas sobre o meio ambiente conduzem a conseqüências ambientais também diferenciadas. Este fato, imposto pela ocupação do espaço e pela necessidade de uso dos recursos naturais da região, reflete na utilização do território ao longo dos anos, compondo o quadro ambiental. É neste momento que a avaliação dos riscos ambientais é tratada como um possível instrumento de intervenção futura, dado o conjunto de informações agregadas para configurar o quadro atual da área de estudo. Assim sendo, em virtude do Vale do Taquari ser uma região formada por diversos municípios, heterogêneos tanto no aspecto ambiental, como no aspecto social e econômico, o zoneamento ambiental proposto por Eckhardt (2005), dividiu o território em 4 amplas zonas ambientais:

- **Área de Preservação Permanente:** Por se tratarem de áreas frágeis, do ponto de vista ambiental, as áreas de preservação permanente têm a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas. São definidas pelo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 1965; 1989) e regulamentadas pelas resoluções CONAMA 302/02 e 303/02.
- **Área de Uso Restrito:** Por apresentarem uma relativa fragilidade ambiental, são bastante seletivas quanto aos usos à que podem ser submetidas, porém isto não implica na inviabilização do uso deste território. Em termos práticos, o uso destas áreas requer uma série de restrições, condicionantes de manejo, bem como o emprego de modelos ou tecnologias de exploração adequadas. São atividades aceitáveis das áreas de uso restrito: turismo, recreação, lazer, viticultura, olericultura associada a estufas e sistemas especiais de irrigação, pastoreio extensivo, fruticultura e silvicultura;
- **Área de Uso Intensivo:** As áreas de uso intensivo não oferecem maiores restrições à gama de atividades potenciais da região, como, por exemplo, o desenvolvimento de agroindústrias, urbanização, implementação de agricultura e pecuária intensiva, turismo e outros regimes de utilização.
- **Hidrografia:** Formada pelos ambientes hídricos do território. Estão incluídos nesta zona os córregos, os arroios, os rios, as nascentes e os reservatórios naturais e artificiais. Consiste de uma zona onde o uso antrópico é regulamento por licença ambiental.

O estabelecimento das zonas ambientais acima descritas para o Vale do Taquari segue as orientações da legislação ambiental brasileira e do sistema de aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), que indica que as principais restrições econômicas e ambientais para o uso antrópico de determinada área, estão relacionadas com a declividade da área. Na medida em que aumenta a declividade do solo, aumentam os custos da produção e os riscos de serem registrados danos ambientais em função do uso, caso não sejam adotadas práticas conservacionistas.

Zonas que apresentam usos específicos, como as zonas urbanas, zonas industriais, entre outras zonas, não serão avaliadas neste estudo em virtude de diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada município. Estas zonas geralmente são estabelecidas para cada município por legislação municipal, em função de critérios que não podem ser generalizados para grandes áreas.

2. OBJETIVO

A utilização de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento permitirá a elaboração de uma cartografia temática básica do Vale do Taquari, possibilitando a caracterização e o diagnóstico do cenário físico da região de estudo em toda a sua amplitude. Esta cartografia consistirá dos seguintes planos de informação: malha rodoviária, hidrografia, hipsometria, declividade e uso e cobertura do solo. Estas informações serão a base para alcançar o objetivo principal do estudo, que consiste em realizar o zoneamento ambiental da região do Vale do Taquari e diagnosticar o padrão de uso e cobertura do solo existente em cada zona ambiental estabelecida.

3. METODOLOGIA

Para execução do zoneamento ambiental na região de estudo foi elaborada uma base cartográfica digital de informações, envolvendo o uso de cartas topográficas analógicas, elaboradas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, escala 1/50.000 (DSG, 1979), e imagens ETM+ do satélite Landsat 7, compostas pelas bandas 3, 4 e 5, órbita-ponto 222/080 de 04/02/02, órbita-ponto 221/080 de 31/01/03 e órbita-ponto 221/081 de 31/01/03.

As cartas topográficas em formato analógico foram convertidas para o formato digital por *scanner* de mesa, georreferenciadas no Sistema de Informação Geográfica (SIG) Idrisi Kilimanjaro e vetorizadas as curvas de nível, a malha rodoviária e a rede hidrográfica no software CartaLinx 1.2.

As imagens do satélite Landsat foram georreferenciadas no SIG Idrisi com apoio de pontos de controle medidos nas cartas topográficas. Foi utilizada classificação supervisionada da Máxima Verossimilhança Gaussiana para obtenção do cenário do uso e cobertura do solo da área de estudo. Foram delimitadas as seguintes classes de uso e cobertura do solo no Vale do Taquari: Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Industrial, Vegetação Pioneira, Campos (nativos e antrópicos), Agricultura, Solo Exposto, Água, Áreas Urbanas e Banhados. A classificação foi validada com pontos de controle dos diferentes tipos de uso e cobertura do solo do Vale do Taquari, medidos em campo com GPS.

A vetorização da hidrografia permitiu a obtenção de dados referentes à extensão, área e densidade da rede de drenagem do Vale do Taquari. Além disso, a hidrografia foi necessária para a delimitação da Área de Preservação Permanente (APP) no entorno de cursos de água, estabelecida pela Lei Federal nº. 4.771 de 15 de setembro de 1965 que institui o Novo Código Florestal do Brasil (BRASIL, 1965). Mais detalhes da delimitação das APPs serão vistos adiante.

As curvas de nível, a partir da rede irregular triangular, geraram o modelo digital de elevação (MDE) do Vale do Taquari. As elevações foram reclassificadas em 8 classes hipsométricas, em intervalos regulares de 100 metros, permitindo a obtenção do Mapa de Hipsometria. O MDE ainda também permitiu a obtenção da declividade do solo do Vale do Taquari. Os valores de declividade foram gerados em percentual e reclassificados para classes temáticas, em intervalos irregulares, de acordo com as orientações de Ramalho Filho e Beek (1995).

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) foram delimitadas pelos critérios estabelecidos pela Lei Federal nº. 7.803, de 18 de julho de 1989 (BRASIL,

1989), que alterou a redação do Novo Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei Federal nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965).

De acordo com os critérios estabelecidos pelo Código Florestal Brasileiro foram consideradas APPs, as florestas e demais formas de vegetação natural, situadas ao longo dos rios ou qualquer curso de água, desde o seu nível mais alto em uma faixa marginal variável (30 a 500 metros) em função da largura do curso e nas encostas com declividade superior a 45° (BRASIL, 1965; 1989). A APP dos reservatórios artificiais e dos topos de morros, montes, montanhas e serras foi delimitada, respectivamente, de acordo com as orientações das resoluções 302 e 303 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 20 de março de 2002 (CONAMA, 2002).

As Áreas de Uso Restrito (AUR) e as Áreas de Uso Intensivo (AUI), excluídas a hidrografia e as APPs, foram consideradas respectivamente as áreas compreendidas entre 20 - 100% de declividade e 0 - 20% de declividade (ECKHARDT, 2005).

O cruzamento do Mapa de Uso e Cobertura do Solo com as zonas ambientais (APP, AUR e AUI) permitiu obtenção do cenário de uso e cobertura do solo em cada zona ambiental. Em função do potencial de provocar ou estar causando dano ambiental, cada classe de uso e cobertura do solo foi enquadrada na condição de conflito ambiental, risco ambiental e sem risco ambiental (TABELA 01).

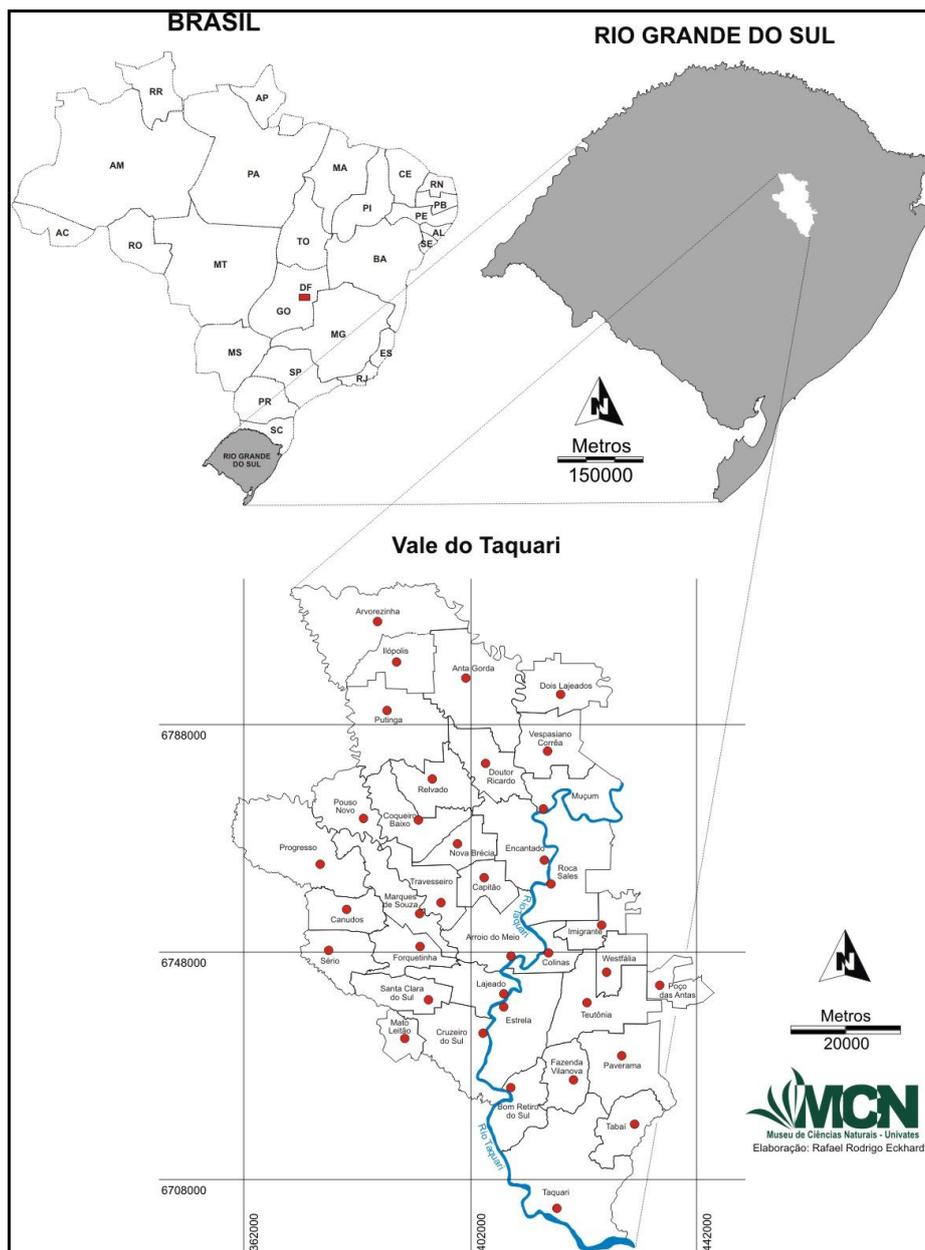
TABELA 01 - Condição ambiental dos regimes de uso e cobertura do solo nas APPs, AUR e AUI do Vale do Taquari.

Classe de Uso e Cobertura do Solo	Condição Ambiental		
	APP	AUR	AUI
Floresta Estacional Decidual	Sem Risco	Sem Risco	Sem Risco
Floresta Ombrófila Mista	Sem Risco	Sem Risco	Sem Risco
Floresta Industrial	Conflito	Risco	Sem Risco
Vegetação Pioneira	Risco	Risco	Sem Risco
Campos (Nativos e Antrópicos)	Conflito	Risco	Sem Risco
Agricultura	Conflito	Risco	Sem Risco
Solo Exposto	Conflito	Risco	Sem Risco
Áreas Urbanas	Conflito	Risco	Sem Risco

Fonte: Eckhardt, 2005

A FIGURA 1 apresenta o fluxograma descrevendo as operações e etapas metodológicas envolvidas na elaboração do zoneamento ambiental do Vale do Taquari.

FIGURA 01 - Fluxograma descrevendo as etapas metodológicas para a realização do zoneamento ambiental do Vale do Taquari.



Fonte: dos Autores

4.1 Malha Rodoviária

A malha rodoviária do Vale do Taquari contempla um total de 5.663,57 km de estradas, categorizadas em quatro classes: Rodovias Federais, Rodovias Estaduais, Rodovias Municipais e Rodovias Locais. Somente rodovias estaduais e federais construídas depois de 1980 foram atualizadas. A TABELA 02 apresenta a extensão da malha rodoviária do Vale do Taquari:

TABELA 02 - Extensão da malha rodoviária do Vale do Taquari.

Categoria	Pavimentação	Extensão (km)	%
Rodovias Federais	Presente	95,58	1,69
Rodovias Estaduais	Presente	558,62	9,86
Rodovias Municipais	Presente / Ausente	2.487,98	43,93

Rodovias Locais	Ausente	2.521,41	44,52
Total		5.663,57	100,00

4.2 Hidrografia

A área ocupada pela hidrografia corresponde a 2,35% da área total do Vale do Taquari. Segundo a classificação adotada por Righetto e Foresti (1980), a rede hidrográfica do Vale do Taquari é classificada como mediana, apresentando densidade de 13,08 metros por hectare. De modo geral predominam arroios de até 10 metros de largura. Porém, em termos de área coberta por lâmina de água, o Rio Taquari, que é o principal rio da região, e os demais rios de destaque correspondem a 64,55%. A TABELA 03 apresenta o comprimento e a área ocupada pela hidrografia no Vale do Taquari.

TABELA 03 - Caracterização da hidrografia do Vale do Taquari.

Classificação	Comprimento (km)	Área (km²)
Rio Taquari	156,55	41,77
Rios Principais	789,74	19,41
Arroios Principais	1.876,46	17,40
Arroios Secundários	3.547,65	16,21
Açudes	-	19,17
Total	6.370,39	113,96

4.3 Hipsometria

O Vale do Taquari apresenta como altitude mais baixa, 6 metros na área mais ao sul da área e como altitude mais alta, 800 metros ao norte da área. A metade sul do Vale do Taquari apresenta altitudes que variam até os 200 metros. Da região central até o norte do Vale do Taquari, ocorre uma variação grande na altitude, provocada pela Formação Serra Geral (FIGURA 03). A área correspondente a cada classe hipsométrica está apresentada na TABELA 04.

TABELA 04 - Caracterização das classes hipsométricas do Vale do Taquari.

Classe Hipsométrica	Área (km²)	%
006 - 100 metros	1.461,65	30,00
100 - 200 metros	655,71	13,45
200 - 300 metros	463,16	09,50
300 - 400 metros	628,31	12,89
400 - 500 metros	785,35	16,11
500 - 600 metros	478,88	09,83
600 - 700 metros	281,98	05,79
700 - 800 metros	118,56	02,43
Total	4.873,60	100,00

4.4 Clinografia

As classes de declividade do Vale do Taquari foram classificadas segundo as orientações de Ramalho Filho e Beek (1995). A TABELA 05 apresenta as classes

clinográficas delimitadas para a paisagem em estudo e o mapa clinográfico do Vale do Taquari está representado na FIGURA 04.

TABELA 05 - Caracterização das classes cinográficas do Vale do Taquari.

Classe de Declividade	Característica do Solo	Área (km ²)	%
0 - 3 %	Plano	1.079,08	22,19
3 - 8 %	Suave Ondulado	435,70	8,96
8 - 13 %	Moderado Ondulado	527,45	10,84
13 - 20 %	Ondulado	690,07	14,19
20 - 45 %	Forte Ondulado	1.501,79	30,88
45 - 100 %	Montanhoso	606,77	12,47
Mais de 100 %	Escarpado	22,80	0,47
Total	-	4.863,66	100,00

Considerando o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), 41,99% (0 a 13% de declividade) da área total do Vale do Taquari compreendem solos aptos à agricultura, desde que com uso de práticas conservacionistas simples. 14,19% (13 a 20% de declividade) dependem de práticas intensivas de controle à erosão e em 30,88% (20 a 45% de declividade), o controle à erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico. Em 12,47% (45 a 100% de declividade) da área deve ser mantida cobertura vegetal de preservação ambiental. A classe com mais de 100% de declividade, com apenas 0,47% da área total da paisagem em estudo, foi subestimada, provavelmente à inadequação da escala.

FIGURA 03 - Mapa de Hipsometria

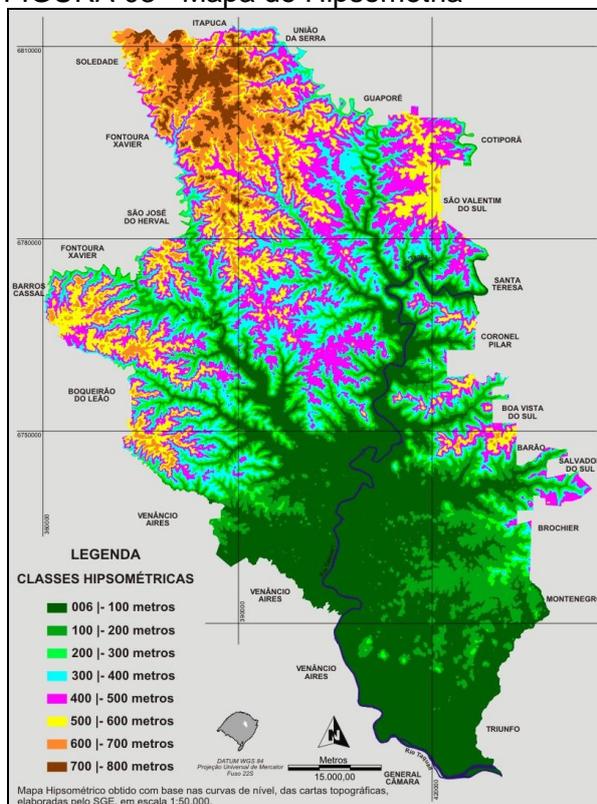
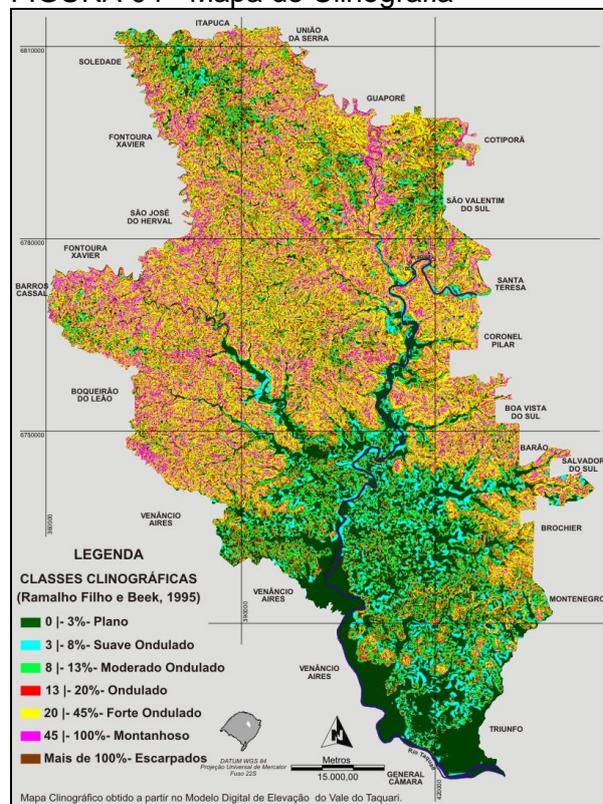


FIGURA 04 - Mapa de Clinografia



Fonte: dos Autores

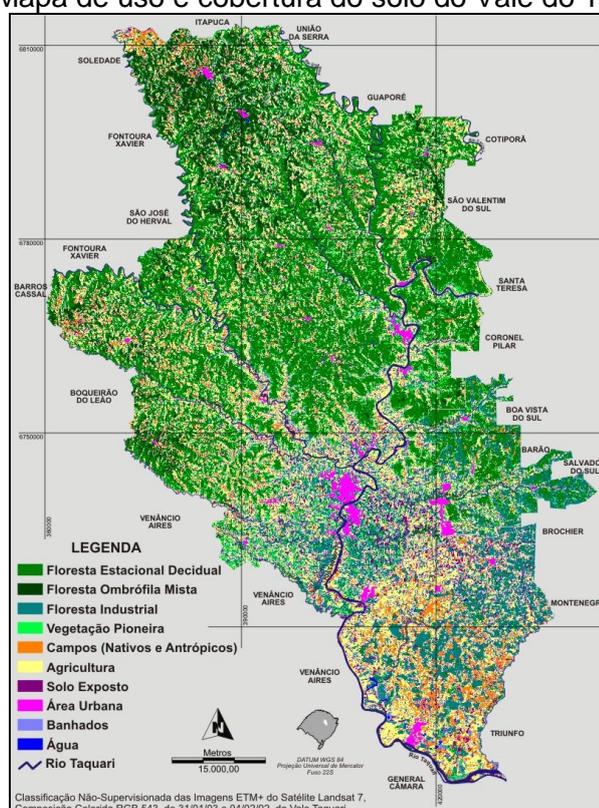
4.5 Uso e Cobertura do Solo

A expressão “uso da terra” (*land use*) pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem enquanto que a “cobertura do solo” (*land cover*) se caracteriza por seu revestimento (NOVO, 1992). A TABELA 06 e a FIGURA 5 apresentam o cenário de uso e cobertura do solo do Vale do Taquari, obtido a partir da classificação de imagens ETM+ do satélite Landsat 7.

TABELA 06 - Cenário do uso e cobertura do solo do Vale do Taquari.

Classe de Uso e Cobertura do Solo	Área (km ²)	%
Floresta Estacional Decidual	1.279,80	26,28
Floresta Ombrófila Mista	419,51	8,60
Floresta Industrial	339,23	6,97
Vegetação Pioneira	656,19	13,46
Campos (Nativos e Antrópicos)	338,91	6,96
Agricultura	1.397,98	28,71
Solo Exposto	243,69	5,00
Água	113,96	2,35
Áreas Urbanas	59,03	1,21
Banhados	22,75	0,47
Total	4.869,05	100,00

FIGURA 05 - Mapa de uso e cobertura do solo do Vale do Taquari.



Fonte: dos Autores

O Vale do Taquari apresenta uma paisagem heterogênea. Na metade sul do Vale do Taquari tem destaque o plantio de florestas industriais, a agricultura temporária e os campos antrópicos, utilizados como pastagens permanentes para o gado leiteiro e de corte. Na metade norte do Vale do Taquari tem destaque a ocorrência de formações florestais (nativas e em regeneração) e atividade agropecuária familiar. As elevadas declividades que ocorrem nesta região dificultam o uso antrópico do solo, de modo que as florestas são preservadas.

Considerando todo o Vale do Taquari, nota-se que a região apresenta uma cobertura vegetal ainda significativa. A área vegetada, incluindo as áreas de floresta industrial (Eucaliptos, Pinus e Acácia) e as áreas de vegetação pioneira, soma 55,31% da área da paisagem. Este valor expressivo de floresta está relacionado com a forma do relevo do Vale do Taquari, que apresenta 43,35% classificadas como forte ondulado e montanhoso (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995). São as maiores declividades e os topos dos morros as áreas que apresentam a maior densidade de florestas nativas, devido à dificuldade de utilizar estas áreas com finalidade agrícola.

4.6 Zoneamento Ambiental

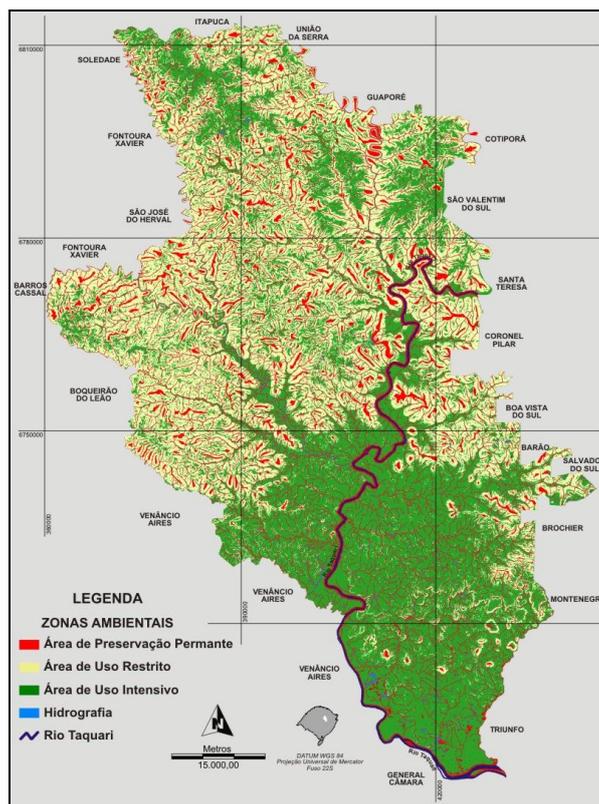
De acordo com Camargos (2006), a divisão de determinado território em zonas com diferentes regimes de uso, gozo e fruição da propriedade será fruto de estudos ambientais e socioeconômicos e de negociações democráticas entre o governo, o setor privado e a sociedade civil sobre estratégias e alternativas que serão adotadas para que se alcance o objetivo maior desse instrumento que é a promoção do desenvolvimento sustentável.

Conforme descrito nos capítulos anteriores, o território do Vale do Taquari foi dividido em 4 zonas ambientais: Área de Preservação Permanente (APP), Área de Uso Restrito (AUR), Área de Uso Intensivo (AUI) e Hidrografia. A TABELA 07 apresenta a área mapeada para cada zona ambiental e a FIGURA 06 apresenta o Mapa do Zoneamento Ambiental do Vale do Taquari.

TABELA 07 - Área mapeada para cada zona ambiental do Vale do Taquari.

Zona Ambiental	Área (km²)	%
Área de Preservação Permanente	690,78	14,19
Área de Uso Restrito	1.869,24	38,39
Área de Uso Intensivo	2.195,06	45,08
Hidrografia	113,96	2,34
Total	4.869,04	100,00

FIGURA 06 - Mapa do Zoneamento Ambiental do Vale do Taquari.



Fonte: dos Autores

A análise do Mapa de Zoneamento Ambiental do Vale do Taquari (FIGURA 06) mostra que a metade sul consiste de áreas enquadradas na zona de uso intensivo, enquanto que a metade norte está enquadrada, predominantemente, na zona de uso restrito. Com relação às áreas de preservação permanente, na metade sul ocorrem principalmente no entorno dos cursos de água e nos banhados, enquanto na metade norte, ocorrem nos topos dos morros e nas declividades acima de 45°.

4.6.1 Uso e Cobertura do Solo das Áreas de Preservação Permanente

Segundo Costa (1995), as APPs foram criadas para proteger o ambiente natural, o que significa que não são áreas apropriadas para serem utilizadas, independente do uso, devendo estar cobertas com a vegetação original. A cobertura vegetal nestas áreas irá atenuar os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos, contribuindo também para regularização do fluxo hídrico, redução do assoreamento dos cursos de água e reservatórios, e trazendo benefícios para a fauna.

A delimitação das APPs, seguindo as orientações da legislação ambiental (BRASIL, 1965; 1989), resultou numa área mapeada de 690,78 km², área que corresponde a 14,18% do Vale do Taquari. A APP de hidrografia representa 66,84% do total da APP, enquanto a APP dos topos de morros soma 26,56%. Os banhados e a APP das declividades maiores que 45° correspondem a 6,59% da APP mapeada (TABELA 08). O cruzamento do mapa de uso e cobertura do solo com a APP, permitiu a obtenção do cenário de uso e cobertura do solo das APPs (TABELA 09).

TABELA 08 - Tipologia das APPs delimitadas no Vale do Taquari.

APP	Área (km ²)	%
-----	-------------------------	---

Hidrografia	461,73	66,84
Topo de Morro	183,5	26,56
Declividade maior que 45°	22,80	3,30
Banhados	22,75	3,29
Total	690,78	100,00

TABELA 09 - Cenário do uso e cobertura do solo das APPs do Vale do Taquari.

Classe de Uso do Solo	Área (km²)	%
Floresta Estacional Decidual	222,51	32,21
Floresta Ombrófila Mista	72,70	10,52
Floresta Industrial	50,94	7,37
Vegetação Pioneira	91,50	13,25
Campos (Nativos e Antrópicos)	31,60	4,57
Agricultura	168,75	24,43
Solo Exposto	24,50	3,55
Áreas Urbanas	5,53	0,80
Banhados	22,75	3,29
Total	690,78	100,00

Observando a TABELA 09 observa-se que 59,28% das APPs apresentam classes de uso e cobertura do solo adequados, não estando em desacordo com a legislação ambiental que regulamenta as APPs (BRASIL, 1965; 1989). As classes de uso e cobertura do solo que estão na condição de conflito ambiental são os usos antrópicos decorrentes da expansão agrícola e urbana: as florestas industriais, os campos antrópicos, as áreas agrícolas, as áreas de solo exposto e as áreas urbanas, que somadas representam 40,72% da APP.

4.6.2 Uso e Cobertura do Solo das Áreas de Uso Restrito

Seguindo as orientações de Ramalho Filho e Beek (1995), neste estudo foram consideradas como áreas de uso restrito as declividades localizadas no intervalo de 20 a 100%, apesar de outras variáveis serem também importantes, como o tipo de solo, permeabilidade, espessura do solo etc. A área mapeada como área de uso restrito foi de 1.869,24 km², o que representa 38,39% da área do Vale do Taquari. A TABELA 10 apresenta o cenário do uso e cobertura do solo das áreas de uso restrito do Vale do Taquari.

TABELA 10 - Cenário do uso e cobertura do solo das Áreas de Uso Restrito do Vale do Taquari.

Classe de Uso e Cobertura do Solo	Área (km²)	%
Floresta Estacional Decidual	749,45	40,09
Floresta Ombrófila Mista	211,94	11,34
Floresta Industrial	65,76	3,52
Vegetação Pioneira	267,76	14,32
Campos (Nativos e Antrópicos)	78,36	4,19
Agricultura	454,45	24,31
Solo Exposto	38,98	2,09
Áreas Urbanas	2,54	0,14
Total	1.869,24	100

A soma de todas as formas de vegetação, incluindo a floresta industrial, representa 69,27% da área de uso restrito, sendo que 51,43% apresentam floresta nativa. A área ocupada por vegetação pioneira corresponde a 14,32%. Ocorre também o cultivo de floresta industrial, com valores pouco expressivos. Contudo, sabe-se que esta atividade vem sendo ampliada no Vale do Taquari. A atividade agropecuária representa 30,59% da área de uso restrito, sendo que as áreas agrícolas perfazem 24,31%. Como o uso agrícola tradicional destas áreas é dificultado pelo relevo ondulado a montanhoso, predominam áreas com floresta na zona de uso restrito.

São consideradas como atividades aceitáveis nas áreas de uso restrito o turismo, a recreação, o lazer, a viticultura, a olericultura associada a estufas e sistemas especiais de irrigação, pastoreio extensivo, fruticultura e a silvicultura. Quando da urbanização destas áreas, o processo seguramente deve ocupar-se de aspectos relativos ao abastecimento de água, ao tratamento de efluentes e a disposição e destinação de resíduos sólidos. Contrapostos aos usos supracitados, são considerados como inadequados: a implantação de pólos industriais, pólos de beneficiamento e extração mineral, sistemas agrícolas intensivos não tecnificados e urbanização descontrolada.

4.6.3 Uso e Cobertura do Solo das Áreas de Uso Intensivo

A área mapeada na zona uso intensivo foi de 2.195,06 km², área que corresponde a 45,08% do Vale do Taquari. A TABELA 11 apresenta o cenário do uso e cobertura do solo da área de uso intensivo do Vale do Taquari.

TABELA 11 - Cenário do uso e cobertura do solo das Áreas de Uso Intensivo do Vale do Taquari.

Classe de Uso do Solo	Área (km²)	%
Floresta Estacional Decidual	303,85	13,84
Floresta Ombrófila Mista	134,86	6,14
Floresta Industrial	218,04	9,93
Vegetação Pioneira	296,92	13,53
Campos (Nativos e Antrópicos)	235,46	10,73
Agricultura	774,75	35,30
Solo Exposto	180,21	8,21
Áreas Urbanas	50,97	2,32
Total	2.195,06	100,00

A análise da TABELA 11 revela que, do total da área mapeada como zona de uso intensivo, 19,98% da área apresenta floresta nativa e 13,53% de vegetação pioneira. Em virtude do terreno desta zona apresentar característica plana a ondulada, não existem tantas dificuldades humanas e econômicas para a implantação e manutenção de regimes de uso antrópico. Desta forma, esta zona apresenta 66,49% da sua área ocupada por usos antrópicos, dentre os quais, a agricultura tem destaque. Nesta zona estão localizadas as maiores cidades do Vale do Taquari, apresentando desta forma, a maior densidade populacional.

4.7 Diagnóstico das Zonas Ambientais

O zoneamento ambiental, como instrumento de organização do território, objetiva assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos, do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população (BRASIL, 1981). Assim sendo, cada zona ambiental apresenta características econômicas, sociais e ambientais que determinam aptidões para determinados regimes de uso do solo. Caso estes regimes de uso não estiverem enquadrados na zona ambiental indicada, ocorre uma situação de conflito ou risco ambiental, que podem gerar impactos e degradação ambiental.

Segundo Veyret (2007), os riscos ambientais resultam da associação entre os riscos naturais e os riscos decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e pela ocupação do território. A conceituação de conflito ambiental considera como risco toda e qualquer ação ou situação que extrapole a resiliência ecossistêmica, não possibilitando o restabelecimento natural das condições de equilíbrio do meio. Cabe a ressalva de que, de fato, a abordagem dada a esta análise de conflitos encontra-se limitada aos parâmetros utilizados na caracterização da fragilidade ambiental, estando como esta, restrita uma abordagem de nível bastante geral.

No Vale do Taquari, as classes de uso e cobertura do solo que representam regimes de uso antrópico do solo, localizados nas áreas de preservação permanente, foram consideradas como as áreas que estão na situação de conflito ambiental. As áreas de risco ambiental são as que apresentam classes de uso e cobertura do solo antrópicas com potencial de causar dano ambiental, de modo que a condição de equilíbrio não seja mais alcançada naturalmente. Por sua vez, as áreas sem risco ambiental são as que suportam, no longo prazo, os usos que atualmente lhe estão imputados e novos regimes de uso do solo.

A TABELA 12 apresenta a situação geral da condição ambiental das classes de uso do solo presentes nas áreas de preservação permanentes (APPs), nas áreas de uso restrito (AUR) e nas áreas de uso intensivo (AUI). A TABELA 13 apresenta a área total do Vale do Taquari que está enquadrada na condição de conflito ambiental, risco ambiental e sem risco ambiental. A FIGURA 11 apresenta uma vista parcial do mapa da condição ambiental dos regimes de uso do solo do vale do Taquari, apresentando as áreas que estão na situação de conflito ambiental, risco ambiental e sem risco ambiental.

TABELA 12 - Condição de risco e conflito ambiental das classes de uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente (APP), das Áreas de Uso Restrito (AUR) e das Áreas de Uso Intensivo (AUI) do Vale do Taquari.

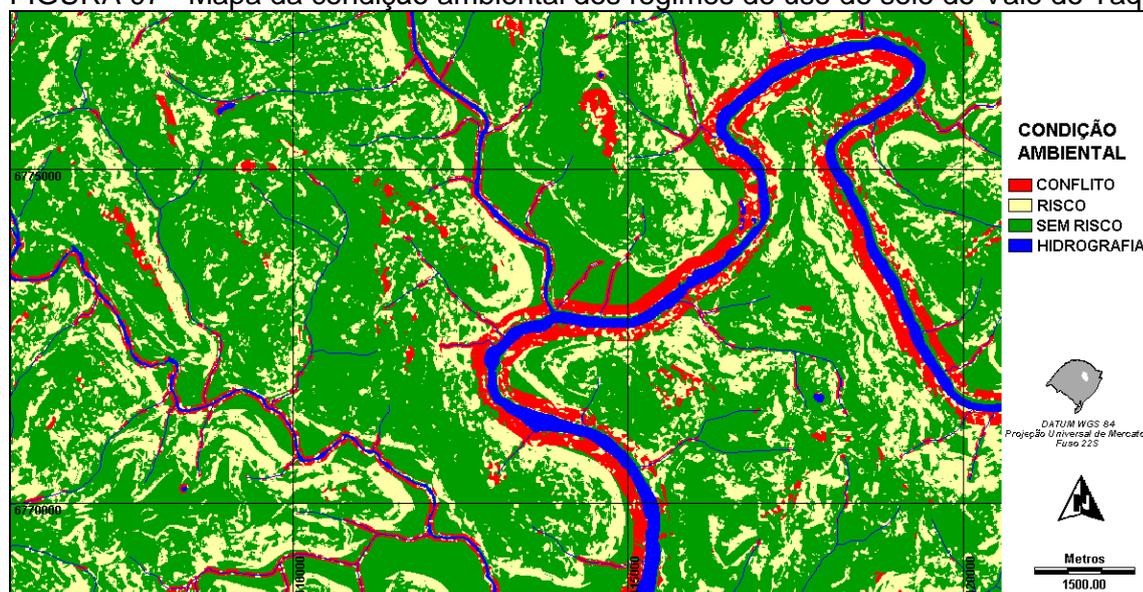
Classe de Uso do Solo	APP			AUR		AUI
	Sem Risco	Risco	Conflito	Sem risco	Risco	Sem Risco
Floresta Estacional Decidual	222,51	-	-	749,45		303,85
Floresta Ombrófila Mista	72,70	-	-	211,94		134,86
Floresta Industrial	-	-	50,94		65,76	218,04
Vegetação Pioneira	-	91,50	-		267,76	296,92
Campos (Nativos Antrópicos)	-	-	31,60		78,36	235,46
Agricultura	-	-	168,75		454,45	774,75
Solo Exposto	-	-	24,50		38,98	180,21
Áreas Urbanas	-	-	5,53		2,54	50,97
Banhados	22,75	-	-			

Classe de Uso do Solo	APP		AUR		AUI	
Total	317,96	91,50	281,32	961,39	907,85	2.195,06
Total Geral	690,78		1.869,24		2.195,06	
%	14,19%		38,39%		45,08%	

TABELA 13 - Condição ambiental dos regimes de uso do solo do Vale do Taquari.

Condição Ambiental	Área Total (km ²)	%
Sem Risco	3.474,41	71,36
Risco	999,35	20,52
Conflito	281,32	5,78
Hidrografia	113,96	2,34
Total	4.869,04	100

FIGURA 07 - Mapa da condição ambiental dos regimes de uso do solo do Vale do Taquari.



Fonte: dos Autores

A análise da TABELA 12 e da FIGURA 07 permite constatar que as áreas agrícolas são as mais críticas dentre os diversos regimes de uso enquadrados na situação de conflito ambiental. A ocupação agrícola até às margens dos cursos hídricos e nos topos dos morros é o principal problema que afeta a qualidade ambiental do Vale do Taquari. Ao mesmo tempo, a presença das principais áreas urbanas nas proximidades dos rios contribui para acelerar a degradação da qualidade ambiental da água superficial.

Regimes de uso antrópico nas áreas de uso restrito deveriam depender de práticas intensivas de controle à erosão. Como no Vale do Taquari, praticamente não são implantadas nem medidas simples de controle à erosão, o valor 24,31% de uso agrícola na área de uso restrito é preocupante. Os demais usos antrópicos que apresentam risco ambiental são pouco significativos, representando 9,8% da zona de uso restrito.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo explorou aspectos relativos à realização do zoneamento e diagnóstico ambiental da região geopolítica conhecida no estado do Rio Grande do

Sul como Vale do Taquari, utilizando dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento.

O diagnóstico ambiental das zonas ambientais do Vale do Taquari mostrou que as áreas florestadas são mais representativas nas áreas de uso restrito (65,75% da zona), seguido das áreas de preservação permanente (55,98% da zona) e por último, das áreas de uso intensivo, onde as áreas florestadas correspondem a 33,51% da zona. Estes dados novamente reforçam que a declividade do terreno é um dos principais fatores que afetam a implantação e manutenção de regimes de uso antrópico do solo, fato que, em termos, justifica e valida a proposta do presente zoneamento ambiental.

As declividades elevadas consistem de um atributo natural que tende a dificultar o uso antrópico do solo, preservando as áreas florestais. Ao mesmo tempo, há a necessidade de considerar que a existência de regimes de uso do solo em áreas com elevadas declividades, sem planejamento destes usos, elevam geometricamente os riscos de ocorrer algum tipo de degradação ambiental. Por sua vez, as baixas declividades tendem a facilitar a implantação de usos antrópicos, tanto no que se refere ao manejo, na relação dos custos da produção e também, devido ao risco de provocar danos ambientais ser menor.

Este estudo torna-se um suporte importante para o planejamento, ordenamento e do uso eficaz dos recursos da terra, uma vez que apresenta a descrição detalhada da unidade de paisagem do Vale do Taquari, fundamentado em mapas temáticos recentes, essenciais à elaboração de uma infra-estrutura básica de dados para a interpretação, avaliação e decisão à respeito do manejo da unidade em questão, expresso pelo zoneamento ambiental.

6. REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei Federal nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasil, DF, 16 set. 1965. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm#art2i> Acesso em: 13 ago. 2008.

BRASIL. Lei Federal nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasil, DF, 02 set. 1981. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm> Acesso em: 13 ago. 2006.

BRASIL. Lei Federal nº. 7.803, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nº.s 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasil, DF, 20 jul. 1989. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7803.htm#art2> Acesso em: 13 ago. 2008.

CAMARGOS, M. N. Desafios da implementação do zoneamento ambiental: preservação dos manguezais e exploração de seus recursos naturais por população tradicional. **Anais** do Congresso Brasileiro de Advocacia Pública, Paraty, RJ. 10: 1 - 12, 2006.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasil, DF, 13 mai. 2002. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>> Acesso em: 13 ago. 2008.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasil, DF, 13 mai. 2002. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>> Acesso em: 13 ago. 2008.

COSTA, T. C. C.; SOUZA, M. G.; BRITES, R. S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). In: **Anais** do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, São Salvador, BA. 8: 172 - 175, 1996.

DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro). Cartas Topográficas. Porto Alegre: DSG, 1979. Folhas: Soledade-E MI 2934/3, Arvorezinha MI 2934/4, Guaporé MI 2935/3, Progresso MI 2951/1, Nova Bréscia MI 2951/2, Encantado MI 2952/1, Bento Gonçalves MI 2952/2, Sério MI 2951/3, Marques de Souza MI 2951/4, Lajeado MI 2952/3, Garibaldi MI 2952/4, Santa Cruz do Sul MI 2968/1, Venâncio Aires MI 2968/2, Estrela MI 2969/1, Brochier MI 2969/2, Montenegro MI 2970/1, Taquari MI 2969/3, São Jerônimo MI 2969/4.

ECKHARDT, R. R. **Zoneamento Ambiental do Vale do Taquari - RS**. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Lajeado / RS: UNIVATES, 2005. 67 p.

GUSTAFSON, J. E. Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art?. **Ecosystems** 1, p. 143-156, 1998.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal Digital do Brasil**: situação em 2001. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em: 25 jan. 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem da População de 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em: 25 jan. 2008.

LANDSAT ETM+ 7: imagem de satélite. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, órbita/ponto 222/080, de 04/02/02; órbita-ponto 221/080, de 31/01/03; órbita-ponto 221/081, de 31/01/03. Composição colorida RGB543. GeoTiff. CD-ROM.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 11ª ed. São Paulo: Malheiros, 2003. 177 p.

MEDEIROS, J. S. de; CÂMARA, G. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 1 - 36. Capítulo 10: Geoprocessamento para Estudos Ambientais, 2001. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap10-aplicacoesambientais.pdf>> Acesso em: 05 de maio de 2006.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 308 p.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995.

RANIERI, V. E. L. **Discussão das potencialidades e restrições do meio como subsídio para o zoneamento ambiental: o caso do município de Descalvado (SP)**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: USP, 2000. 87 p.

RIGHETTO, A. M.; FORESTI, E. **Bacia Experimental Rio Jacaré-Guaçu**. São Carlos: EESC-USP, 1980. 114 p.

SANTOS, A. P.; NOVO, E. M.; LOMBARDO, M. A. A Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações no Uso da Terra. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, São José dos Campos, SP. 7: 172 - 175, 1981.

THERY, H. Bacia hidrográfica como unidade de pesquisa e gestão ambiental. In: **Seminário sobre meio ambiente**. École Normale Supérieure e Instituto de Estudos Avançados, São Paulo: USP, 1997.

TONIAL, T. M. **Dinâmica da Paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul**. 2003. 97 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, SP.

VEYRET, Y. (Org.) **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007. p. 23-79.

ZAMPIERI, S. L.; ROSOT, N. C.; DUARTE, S. B.; LOCH, C. Mapas Sugeridos para Implementar Cadastros Técnicos Multifinalitários para o Meio Rural em Apoio aos Sistemas Integrados de Gestão Ambiental. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, 2000.

Recebido em janeiro de 2007
Aprovado em setembro de 2008