

Análise e diagnóstico ambiental do Vale do Taquari - RS - Brasil, utilizando sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento

Rafael Rodrigo Eckhardt ¹
Claudete Rempel ²
Dejanira Luderitz Saldanha ³
Teresinha Guerra ⁴
Maria Luiza Porto ⁴

1 Mestrando em Sensoriamento Remoto pelo Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - CEPSRM - da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale - Caixa Postal 15044 - CEP 91501-970 - Porto Alegre, RS, Brasil. rafaekhardt@yahoo.com.br

2 Doutoranda em Ecologia pelo Instituto de Biociências da UFRGS e Professora do Centro Universitário UNIVATES. Rua Avelino Tallini, 171 - Bairro Universitário - Caixa Postal 155 - CEP 95900-000 - Lajeado, RS, Brasil. crempel@univates.br

3 Doutora e Professora Adjunta do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM-UFRGS)

4 Doutoradas e Professoras Titulares do Instituto de Biociências da UFRGS

Abstract. The maps historically have been used as primary source of information, being a visual instrument of the perception human and a way to get the register and the analysis of the landscape. In this context, this article looks for to evidence the use of geoprocessing techniques and remote sensing with sights to the elaboration of the thematic mapping of the Taquari Valley, Rio Grande do Sul, region formed for 37 cities. The cartographic base used to generate the thematic maps had been the topographical maps elaborated by the Geographic Service of the Army, in scale 1/50,000. Images of the Landsat satellite had been used to generate the use and covering of the ground. The data presented in this article made possible to evidence the lack of planning of the use and covering of the ground. The remote sensing and geoprocessing techniques used are important to analyze the landscape and are important in the attempt to surpass the problems of the development and to reduce the deterioration of the ambient quality in the Taquari Valley.

Palavras-chave: remote sensing, geoprocessing, landscape, sensoriamento remoto, geoprocessamento, paisagem.

1. Introdução

A humanidade atravessa um momento especialmente importante em função das disparidades sócio-econômicas, confrontando problemas relacionados com a pobreza, fome, doenças, analfabetismo 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 & Câmara, 2001). Neste contexto, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento constituem-se em técnicas de grande utilidade, permitindo em curto intervalo de tempo a obtenção de uma grande quantidade de informações a respeito de registros de uso da terra (Santos *et al.*, 1981).

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, e por sua vez, constituem 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. O conhecimento do espaço geográfico é importante para ordenamento das atividades antrópicas (Zampieri *et al.*, 2000). Nesta visão, os estudos de mapeamento temático visam a caracterizar e entender a organização do espaço, como base para o estabelecimento das bases para ações e estudos futuros (Medeiros & Câmara, 2001).

Dentre as unidades de observação e análise da paisagem a bacia hidrográfica é mais utilizada pelos ambientalistas para o desenvolvimento de projetos e ações relativos aos recursos naturais. No entanto, a divisão política municipal é um fator decisivo para a implementação de ações práticas e políticas de gestão (Rempel *et al.*, 2001). Ranieri (2000), em estudo semelhante, apresenta algumas justificativas para a adoção de limites municipais como unidade territorial básica para a execução do zoneamento ambiental, ao afirmar que há “uma convergência entre os autores” (por ele estudados) “no sentido da adoção de espaços territoriais não muito extensos - para evitar excessivas generalizações e permitir a participação dos atores sociais envolvidos - e com autonomia administrativa, para tornar possível a execução das políticas públicas”. Nesse caso, considera-se que não seria muito eficiente se o zoneamento ambiental fosse elaborado para um território que apresentasse diretriz administrativa diferente (como poderia ser o caso de uma bacia hidrográfica que englobasse mais de um município, por exemplo) e trabalhar-se-á, em meso escala, com uma região político-econômica.

O Vale do Taquari é uma região reconhecida como tal pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul por força da instalação, em dezembro de 1991, do Conselho de Desenvolvimento do Vale do Taquari - CODEVAT, órgão regional que estabelece o foro de discussão do planejamento das iniciativas sócio-econômicas e culturais de abrangência supra municipal.

2. Objetivos

O presente artigo teve como objetivo realizar o diagnóstico ambiental da região geopolítica do Vale do Taquari - RS, a partir da delimitação, análise e diagnóstico do padrão de uso e cobertura do solo das áreas de preservação permanente (APPs) definidas pela legislação. No estudo foi elaborada a base cartográfica digital do Vale do Taquari, que incluiu a digitalização da hidrografia, da malha rodoviária e das curvas de nível. As informações temáticas elaboradas (malha rodoviária, hidrografia, hipsometria, declividade, uso e cobertura do solo e uso e cobertura do solo das APPs) permitiram caracterizar todo o cenário físico do Vale do Taquari e realizar o diagnóstico ambiental proposto. As informações apresentadas neste artigo são importantes na tentativa de superar os problemas do desenvolvimento e contribuir para a elaboração de índices que remetam à qualidade ambiental no Vale do Taquari.

3. Metodologia

Para execução da análise e diagnóstico ambiental proposto foi elaborada uma base cartográfica digital de informações, envolvendo o uso de cartas topográficas, elaboradas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, escala 1:50.000 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 foram escaneadas, georreferenciadas no Sistema de Informação Geográfica (SIG) Idrisi Kilimanjaro e vetorizadas no software CartaLinx 1.2, sendo dessa forma, passadas do formato analógico (impresso) para o formato digital (arquivo). Das cartas topográficas foram digitalizadas as curvas de nível, a malha rodoviária e a hidrografia. O SIG Idrisi Kilimanjaro foi utilizado para obtenção do cenário do uso e cobertura do solo, servindo

como ferramenta para o tratamento, interpretação e análise das imagens de satélite. O editor gráfico CorelDRAW foi utilizado para a edição final dos mapas temáticos e das figuras utilizadas durante o desenvolvimento do artigo. A caracterização e a análise territorial-ambiental foram baseadas no modelo operacional apresentado na **Figura 1**.

Para delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) utilizou-se os critérios considerados no Código Florestal Brasileiro. É muito importante lembrar que em 1985 foi feita uma modificação no Código Florestal Brasileiro (Brasil Lei 4771, 15/09/65). De acordo com os critérios estabelecidos pelo Código Florestal Brasileiro, foram consideradas APP, 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°, equivalente a 100% na linha de maior declividade. Com relação aos topos de morros, montes e serras foram consideradas APP o terço superior de topos de morros e das encostas (Brasil Lei 4771, 15/09/65).

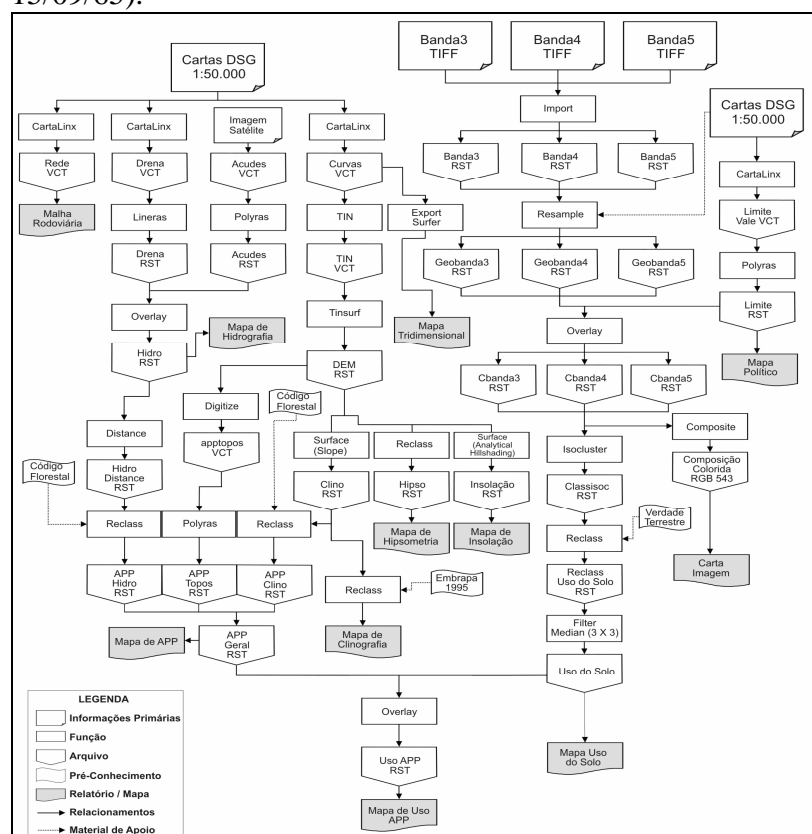


Figura 1 - Fluxograma descrevendo as etapas metodológicas envolvidas na elaboração do zoneamento ambiental do Vale do Taquari. Fonte: Adaptado de Tonial (2003).

4. Resultados

A área de estudo compreende a região geopolítica conhecida como Vale do Taquari, localizada na região Centro-Leste do estado do Rio Grande do Sul (**Figura 2**), entre as coordenadas UTM, Zona 22S, 6.695.000 N, 350.000 E e 6.830.000 N, 450.000 E. Atualmente está constituído por 37 municípios, que apresentam área territorial com média de 131,60 km² (total de 4.869,05 km²). Segundo o censo realizado pelo IBGE, em 2000, a população do Vale do Taquari é de 302.990 habitantes. A maioria dos municípios tem sua economia baseada na atividade primária, principalmente na atividade agropecuária de cunho familiar. São exceção os municípios localizados às margens do Rio Taquari, com destaque para

Lajeado, Estrela, Taquari, Teutônia, Arroio do Meio e Encantado que apresentam elevado desenvolvimento industrial e comercial.

4.1. Malha rodoviária

A malha ou rede rodoviária do Vale do Taquari contempla um total de 5.663,57 km de estradas, categorizadas em quatro classes: Estradas Locais, Estradas Municipais, Estradas Estaduais e Estradas Federais (**Tabela 1** e **Figura 3**). Somente estradas estaduais e federais construídas depois de 1980 foram atualizadas.

Tabela 1 - 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

O Vale do Taquari apresenta uma ampla e densa rede hidrográfica (**Figura 4**). A hidrografia corresponde a 2,35% da área total do Vale do Taquari. Segundo a classificação adotada em DNAEE-EESC (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 e os demais rios de terceira ordem correspondem a 64,55%. A **Tabela 2** apresenta o comprimento e a área ocupada pela rede hidrográfica.

Tabela 2 - Caracterização da rede hidrográfica do Vale do Taquari.

Ordem	Comprimento (m)	Área (km²)
Rio Taquari	156.547,16	41,77
Terceira Ordem	789.735,38	19,41
Segunda Ordem	1.876.461,47	17,40
Primeira Ordem	3.547.649,16	16,21
Açudes	-	19,17
Total	6.370.393,17	113,96

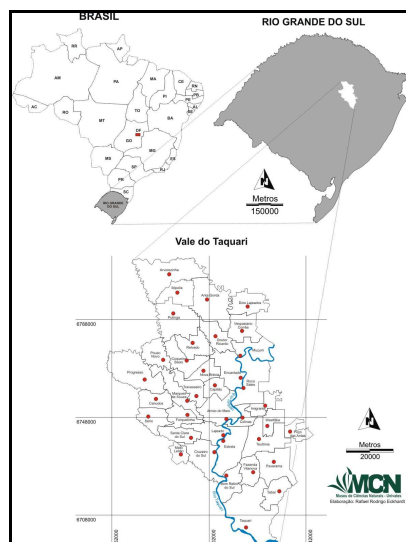


Figura 2 - Localização

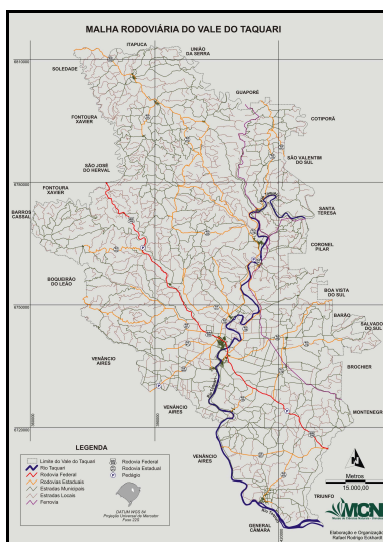


Figura 3 - Malha rodoviária

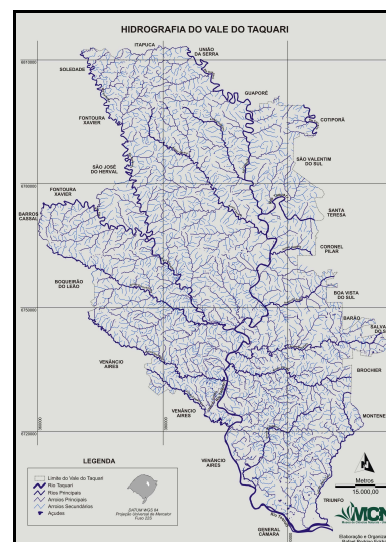


Figura 4 - Rede hidrográfica

4.3. Hipsometria

A hipsometria ou classes de altitude do Vale do Taquari foram geradas a partir do modelo digital de elevação. A cota mais baixa é a de 6 metros na área mais ao sul da área e como cota mais alta, 800 metros, localizado mais ao norte da área de estudo. As classes hipsométricas foram agrupadas em intervalos de 100 metros, gerando oito classes hipsométricas (**Figura 5**). A área correspondente de cada classe hipsométrica está apresentada na **Tabela 3**.

Tabela 3 - Caracterização das classes hipsométricas do Vale do Taquari.

Classe Hipsométrica	Área (km ²)	%
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

A clinografia ou classes de declividade do Vale do Taquari foram classificadas segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (EMBRAPA, 1995). A **Tabela 4** apresenta as classes clinográficas delimitadas para a paisagem em estudo e o mapa clinográfico do Vale do Taquari está representado na **Figura 6**.

Tabela 4 - Caracterização das classes clinográficas do Vale do Taquari.

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

Considerando o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (EMBRAPA, 1995), 41,99% (0 a 13% de declividade) da área total da paisagem em estudo compreende 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.

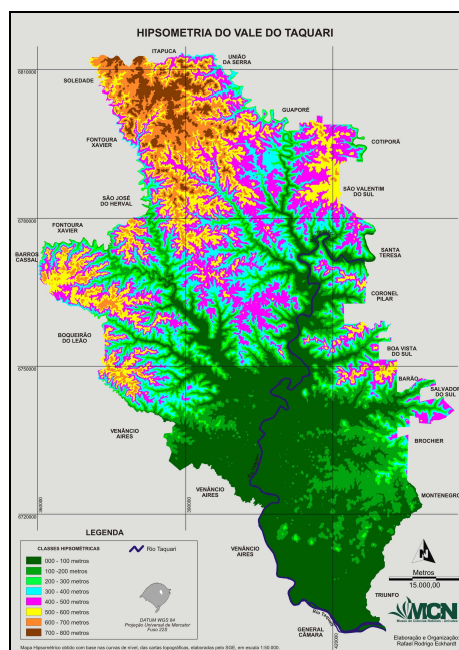


Figura 5 - Mapa de hipsometria

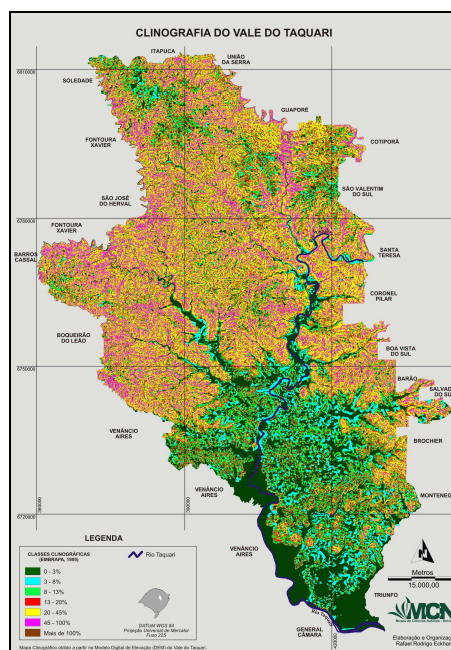


Figura 6 - Mapa de clinografia

4.5. Uso e cobertura do solo

A expressão “uso da terra” ou “uso e cobertura do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. A classificação da imagem de satélite Landsat permitiu a identificação de dez tipos de uso e cobertura do solo no Vale do Taquari, a saber: vegetação estacional decidual, vegetação ombrófila mista, vegetação energética, vegetação secundária, campos (nativos e antrópicos), agricultura, solo exposto, água, áreas urbanas e banhados (Figura 7). A Tabela 5 apresenta as classes de uso e cobertura do solo, a área mapeada e o percentual correspondente.

Tabela 5 - Cenário do uso e cobertura do solo do Vale do Taquari.

Classe de Uso e Cobertura do Solo	Área (km ²)	%
Vegetação Estacional Decidual	1.279,80	26,28
Vegetação Ombrófila Mista	419,51	8,60
Vegetação Energética	339,23	6,97
Vegetação Secundária	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

4.6. Uso e cobertura do solo das áreas de preservação permanente (APPs)

A Lei Federal N° 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal Federal, define em seu Artigo 1º, item II, como Área de Preservação Permanente (APP), a área protegida nos termos dos Artigos 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com 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. A **Tabela 6** apresenta a tipologia das áreas de preservação permanente delimitadas no Vale do Taquari e a área correspondente.

Tabela 6 - Tipologia das APPs delimitadas no Vale do Taquari.

APP	Área (km ²)	%
Ambiente Ripário	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

A delimitação das áreas de preservação permanente, seguindo as orientações da Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, resultou numa área mapeada de 690,78 km², ou seja, 14,18% da área do Vale do Taquari é APP. A **Figura 8** apresenta o mapa de uso e cobertura do solo das APPs e a **Tabela 7** a área correspondente mapeada.

Tabela 7 - Cenário do uso e cobertura do solo das APPs do Vale do Taquari.

Classe de Uso do Solo	Área (km ²)	%
Vegetação Estacional Decidual	222,51	32,21
Vegetação Ombrófila Mista	72,70	10,52
Vegetação Energética	50,94	7,37
Vegetação Secundária	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

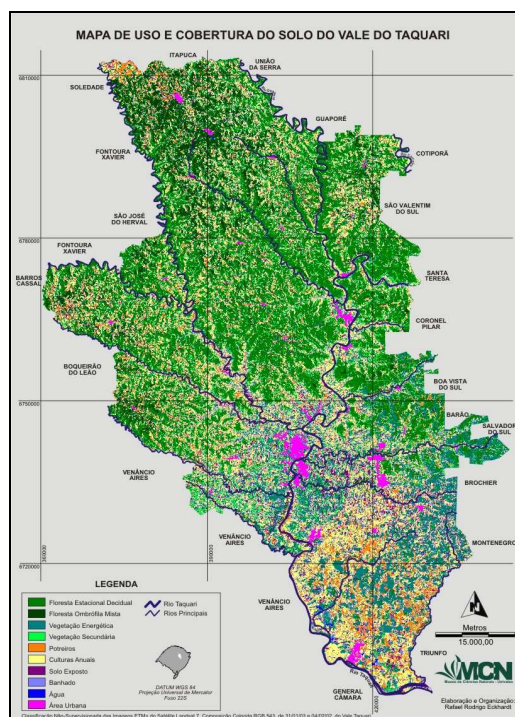


Figura 7 - Uso e cobertura do solo

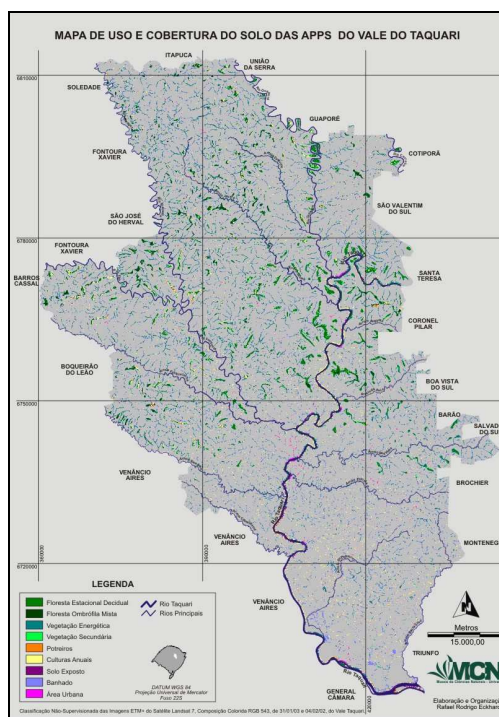


Figura 8 - Uso e cobertura das APPs

5. Conclusões

A análise do uso e cobertura do solo (**Tabela 6**) permitiu concluir que o Vale do Taquari apresenta uma cobertura vegetal significativa. A área vegetada, incluindo as áreas de vegetação energética e as áreas de vegetação secundária, soma 55,31% da área da paisagem. Este valor expressivo provavelmente está relacionado com a forma do relevo, que apresenta 43,35% da área do Vale do Taquari, classificada como forte ondulado e montanhoso, segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (EMBRAPA, 1995) e 183,5 km² formando topos de morro. São as maiores declividades e os topos dos morros as áreas que apresentam a maior densidade de vegetação nativa, devido à dificuldade de utilizar estas áreas com finalidade agrícola.

A análise da **Tabela 7** revela que 281,32 km² (40,73%) da área de preservação permanente apresenta uso e cobertura do solo em conflito com a legislação ambiental, o que corresponde a 5,78% da área do Vale do Taquari. O conflito de maior impacto nestas áreas é o do uso agrícola, abrangendo 168,75 km², valor que corresponde 24,43% da APP e 3,47% da área do Vale do Taquari. Os demais usos em conflito nas APPs são a vegetação energética, os campos antrópicos e as áreas de solo exposto, que somadas correspondem 15,50% da APP e 2,20% da área do Vale do Taquari. O restante da área de APP (59,27%) não apresenta conflito, apresentando cobertura vegetal nativa e/ou secundária.

O presente estudo explorou aspectos relativos à caracterização e diagnóstico ambiental, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento. Estes se mostraram fundamentais para a compreensão da paisagem em estudo de forma integrada, permitindo principalmente apresentar as informações na forma de mapas temáticos.

6. Referências

- DNAEE-EESC. **Bacia Experimental Rio Jacaré-Guaçu**. São Carlos: EESC-USP, 1980.
- EMBRAPA. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3 ed. ver. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995.
- Gustafson, J. E. Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art?. **Ecosystems** 1, p. 143-156, 1998.
- 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.
- RANIERI, V. E. L. **Discussão das potencialidades e restrições do meio como subsídio para o zoneamento ambiental: o caso do município de Descalvado (SP)**. 2000. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.
- Rempel, C.; Suertegaray, D.; Jasper, A. Aplicação do Sensoriamento Remoto para Determinação da Evolução da Mata Nativa da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta - RS entre 1985 e 1995. In: **Pesquisas - Botânica**, nº 51, São Leopoldo, RS, 2001.
- 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.
- 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.
- 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.