

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

## A ECOLOGIA DA PAISAGEM COMO BASE PARA O ZONEAMENTO AMBIENTAL DA REGIÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA – VALE DO TAQUARI – RS – BRASIL – UM MODELO DE PROPOSTA METODOLÓGICA

CLAUDETE REMPEL<sup>1</sup>, TERESINHA GUERRA<sup>2</sup>, MARIA LUIZA PORTO<sup>2</sup>, EDUARDO PÉRICO<sup>1</sup>, RAFAEL RODRIGO ECKHARDT<sup>1</sup>, GISELE CEMIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Professores do Centro Universitário UNIVATES

Rua Avelino Tallini, 171 - Bairro Universitário - Caixa Postal 155 - CEP 95900-000 - Lajeado, RS, Brasil

[crempel@univates.br](mailto:crempel@univates.br) [perico@univates.br](mailto:perico@univates.br) [rafare@univates.br](mailto:rafare@univates.br)

<sup>2</sup> Professoras do Instituto de Biociências da UFRGS

Av. Bento Gonçalves 9500, setor 4, prédio 43422 Caixa postal 15007, 91540-000 Porto Alegre, RS, Brasil

[tg@ufrgs.br](mailto:tg@ufrgs.br) [mlporto@ufrgs.br](mailto:mlporto@ufrgs.br)

<sup>3</sup> Técnica da Universidade de Caxias do Sul

[gicemin@yahoo.com.br](mailto:gicemin@yahoo.com.br)

### RESUMO

Dentre os mecanismos de planejamento ambiental passíveis de serem utilizados a ecologia de paisagem e o zoneamento ambiental têm se destacado como estratégicos, pois buscam a compatibilização entre o desenvolvimento econômico e a qualidade ambiental. O presente trabalho apresenta uma metodologia que alia à legislação a ecologia de paisagem e, desta forma, um zoneamento ambiental que conserve áreas florestadas mesmo que fora das áreas de proteção permanente (APP) impostas pela legislação, utilizando como modelo a região político-administrativa denominada o Vale do Taquari, RS, Brasil. Os resultados encontrados demonstram que 45% das terras são indicadas para uso intensivo (AUI), 38% para uso restrito (AUR), 14% são APPs e 2,3% correspondem à drenagem. No entanto, na AUI há 74,85km<sup>2</sup> de área florestada que, de acordo com os critérios de ecologia de paisagem, deveriam ser conservados.

Palavras chave: Ecologia de paisagem, zoneamento ambiental, legislação ambiental, métricas de paisagem

LANDSCAPE ECOLOGY AS FOUNDATION FOR AN ENVIRONMENTAL ZONING OF ADMINISTRATIVE REGIONS – TAQUARI VALLEY – RS - BRAZIL

### ABSTRACT

Among the existing mechanisms for environmental planning that can be adopted, the landscape ecology and environmental zoning have been highlighted as strategic, as they search to

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

balance the economic development and the quality of the environmental. This paper presents a methodology that combines legislation with landscape ecology, and thus an environmental zoning that preserves forest areas even outside permanent protected areas (PPA) imposed by legislation, taking as a study area the Taquari Valley, RS, Brazil. The results show that 45% of the lands are indicated as intensive use (AUI), 38% for restricted use (AUR), 14% are PPAs and 2.3% correspond to the drainage. However, in AUI and AUR are 19.05% and 9.05% respectively, of forested area that, according to the criteria of the landscape ecology, should be preserved.

Keywords: Landscape ecology, environmental zoning, environmental legislation

## 1. Introdução

A expansão não planejada e o modo como a cidade ordena seu próprio território não podem mais ser entendidos, nas palavras de Porto & Menegat (2004), dentro dos cânones conceituais dos planos diretores urbanos. Essas funções e formas podem ser melhor entendidas quando agrupadas e hierarquizadas à luz de conceitos como metabolismo urbano, desenvolvimento sustentável e àqueles de Ecologia de Paisagem (Porto & Menegat, 2004).

Uma paisagem é definida por Forman & Godron (1986) como uma região, onde um conjunto de área, manchas (*patches*) em interação, ou com ecossistemas, se repete de forma similar. Para Zonneveld (1979), a paisagem é como uma parte da superfície terrestre abrangendo um complexo de sistemas caracterizados pela atividade geológica, da água, do ar, de plantas, de animais e do homem e por suas formas fisionômicas resultantes, que podem ser reconhecidos como entidades. Para Metzger (2001) paisagem é um conjunto de unidades naturais, alteradas ou substituídas por ação humana, que compõe um intrincado, heterogêneo e interativo mosaico.

A ecologia de paisagem é um ramo da Ecologia, cujos resultados provêm da interrelação entre o homem e a paisagem (Porto e Menegat, 2004). Ela possibilita que a paisagem seja avaliada sob diversos pontos de vista, permitindo que seus processos ecológicos possam ser estudados em diferentes escalas temporais e espaciais, o que justifica as variadas definições que, na atualidade, têm-se de paisagem (Risser, 1987 *apud* Turner, 1987). A interação, para Primack & Rodrigues (2001) dos padrões especiais, fica evidente na disciplina de ecologia da paisagem.

Para a realização de um diagnóstico ambiental que possibilite aos tomadores de decisão elaborar seus planos de desenvolvimento é necessária a elaboração de zoneamentos ambientais. Zoneamento, segundo Santos (2004) é a compartimentação de uma região em porções territoriais, obtida pela avaliação dos atributos mais relevantes e suas dinâmicas. Cada compartimento é apresentado como uma "área homogênea", ou seja, uma zona (ou unidade de zoneamento) delimitada pelo espaço, com estrutura e funcionamento uniforme. Cada unidade tem, assim, alto grau de associação entre si, com variáveis solidamente ligadas, mais significativa diferença entre ela e os outros compartimentos. Isso pressupõe que o zoneamento faz uma análise por agrupamentos passíveis de ser desenhados no eixo horizontal do território e numa escala definida.

Este conceito, ainda segundo Santos (2004), exprime de forma muito clara que, para promover um zoneamento, o planejador deve reconhecer, suficientemente, a organização do espaço

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

e sua totalidade e as similaridades dos elementos componentes de um grupo. Ao mesmo tempo, deve perceber claras distinções entre os grupos vizinhos, fazendo uso de uma análise múltipla e integradora. É através desse exercício de agrupar e dividir que se obtém a integração das informações e o diagnóstico da região planejada.

Assim como o planejamento, o zoneamento também é freqüentemente adjetivado, dando uma conotação específica às respostas esperadas. Independentemente dos adjetivos associados aos zoneamentos (agroecológicos, ambiental, ecológico-econômico etc. (Santos, 2004)), todos têm um resultado em comum – a delimitação de zonas definidas a partir de uma homogeneidade determinada por critérios pré-estabelecidos.

O zoneamento ambiental no Brasil (Lei Federal nº 6.938, de 31/08/81, publicada no D.O.U. em 02/09/1981) ou Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE (Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002) prevê preservação, reabilitação e recuperação da qualidade ambiental. Sua meta é o desenvolvimento socioeconômico condicionado à manutenção, em longo prazo, dos recursos naturais e melhoria das condições de vida do homem. Trabalha, essencialmente, com indicadores ambientais que destacam as potencialidades, vocações e fragilidades do meio natural. Pela sua própria concepção, é muito usado pelos planejadores ambientais.

Embora se saiba que, dentre as unidades de observação e análise da paisagem, a bacia hidrográfica é a mais utilizada (Argento & Cruz, 1996), Ranieri (2000) 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 diretrizes administrativas diferentes (como poderia ser o caso de uma bacia hidrográfica que englobasse mais de um município, por exemplo). O presente trabalho apresenta uma proposta de zoneamento ambiental para uma região reconhecida pelo Governo do Estado, 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 socioeconômicas e culturais de abrangência supra-municipal, composta por 37 municípios – denominada Vale do Taquari, no estado do Rio Grande do Sul, na região sul do Brasil. Região esta que apresenta três características fisiográficas bem definidas: depressão, escarpa e planalto.

Até o momento não foi realizado nenhum estudo em meso escala, como o proposto, que envolvesse o zoneamento das características físicas e ambientais do Vale do Taquari, apesar de já terem sido realizados diversos trabalhos específicos e de caráter local, entre os quais podemos citar: a avaliação da evolução da cobertura vegetal entre os anos de 1985 e 1999 na Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta (Rempel *et al.*, 2001), a identificação de áreas aptas à implantação de áreas de proteção ambiental (Périco *et al.*, 2002), o mapeamento e diagnóstico dos problemas decorrentes da atividade suinícola no Vale do Taquari (Cemin *et al.* 2003), o levantamento de áreas aptas para o cultivo de erva-mate no município de Arvorezinha (Rempel *et al.*, 2003), o zoneamento ambiental, baseado na legislação vigente (Eckhardt *et al.*, 2007).

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

O zoneamento ambiental, apenas considerando as áreas de proteção previstas em lei e na metodologia proposta pela EMBRAPA (Ramalho Filho & Beek, 1995) preserva prioritariamente as áreas ao longo dos cursos de água e em declividades superiores a 100% (45<sup>0</sup>). No entanto, a importância ecológica de áreas que não estão situadas nos parâmetros estabelecidos na Lei não são protegidas. A conceituação de conflito ambiental adotada considera como risco toda e qualquer ação e/ou situação que extrapole a resiliência ecossistêmica, não possibilitando o restabelecimento natural das condições de equilíbrio do meio (Eckhardt *et al.*, 2007).

Por isso, a elaboração de zoneamento ambiental com base em teoria da ecologia de paisagem, conforme preconizado pelo presente trabalho poderá ser utilizado visando ao desenvolvimento sustentável, uma vez que apontará área de risco ambiental, áreas sem risco e áreas em conflito com a legislação. Desta forma a tomada de decisão não se baseará apenas na questão legal e sim será valorada por parâmetros ambientais que demonstrem a necessidade de conservação, ou não, do ambiente em questão.

Assim, a presente proposta metodológica objetiva mostrar um caso de aplicação de ecologia de paisagem, em meso escala, que qualifica o zoneamento ambiental proposto pela legislação e metodologias vigentes.

## 2. Materiais, dados e métodos

Para a execução do estudo proposto no Vale do Taquari foi elaborada uma base cartográfica digital de informações, envolvendo o uso de cartas topográficas analógicas, elaboradas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, em escala 1/50.000 (DSG, 1980), que classifica o estudo como sendo semi-detalhado ou de meso-escala (Foods and Agriculture Organization - FAO, 1982) e imagens TM 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, com resolução espacial de 30m.

As cartas topográficas, em formato analógico, foram convertidas para o formato digital por *scanner* de mesa e georreferenciadas, utilizando a grade original das coordenadas, no Sistema de Informação Geográfica (SIG) Idrisi Kilimanjaro (Eastman, 2003). Das cartas topográficas foram vetorizadas, no *software* CartaLinx (Hagan *et al.*, 1998), a malha rodoviária, a rede hidrográfica e as curvas de nível.

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 pelo Código Florestal do Brasil (Brasil, 1965), cujos detalhes serão vistos adiante.

As imagens do satélite Landsat foram georreferenciadas no SIG Idrisi com apoio de 15 pontos de controle medidos nas cartas topográficas em escala 1:50.000. A distribuição dos pontos de controle sobre a imagem de satélite foi realizada de modo que cada quadrante da área de estudo

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

recebesse, pelo menos, 20% do total de pontos. O georreferenciamento consiste em um processo que concede a uma imagem um sistema de coordenadas do mundo real e corrige eventuais deformações decorrentes do processo de aquisição da imagem de satélite. O erro médio quadrático (RMS) do georreferenciamento foi controlado com valor inferior a 1 pixel, ou seja, inferior a 30 metros. Depois que as 3 imagens foram georreferenciadas, foi realizado o mosaico das imagens e, posteriormente, com a máscara da área de estudo, o recorte da área geográfica do Vale do Taquari.

A classificação digital das imagens de satélites, que envolve a utilização de métodos pelos quais pixels são associados a classes de uso e cobertura do solo, foi realizada de forma supervisionada pelo método da Máxima Verossimilhança Gaussiana. Este classificador utiliza apenas a informação espectral de cada pixel para definir regiões homogêneas e se fundamenta em métodos estatísticos (Ponzoni & Chimabukuru, 2007). As amostras de treinamento utilizadas para treinar o classificador foram coletadas sobre uma composição colorida RGB 543 e fundamentado nos 100 pontos de controle medidos aleatoriamente em campo com GPS, que representam os diferentes tipos de uso e cobertura do solo presentes na área de estudo. A validação da classificação foi realizada de forma heurística e matemática, cujo índice Kappa deu 0,83 (83%) de acurácia.

De acordo com as definições de Teixeira *et al.* (1986) existem na área de estudo as classes de uso e cobertura da terra relacionadas na seqüência, que foram reconhecidas *in loco* pelas atividades de campo, mapeadas, caracterizadas e quantificadas pelos métodos de classificação digital.

As classes obtidas para a classificação são:

A – Áreas de vegetação natural:

1. Floresta Ombrófila Mista (FOM) – Mata de Araucária
2. Floresta Estacional (FE)
3. Campos (nativos e antrópicos) (denominados de savana na referência utilizada). Devido à escala de trabalho, não é possível diferenciar campos nativos de antrópicos

B – Áreas antrópicas agrícolas:

4. Vegetação Pioneira – Estágio Secundário em nível primário de reconstituição
5. Floresta Industrial
6. Agricultura
7. Solo exporto

C – Área antrópica não agrícolas:

8. Área urbana

D – Água:

9. Água
10. Banhado

Cabe o comentário que, há autores que afirmam existir ilhas de Floresta Estacional Semi-Decidual dentro Floresta Estacional Decidual (Freitas & Jasper, 2001). No entanto, por não se conseguir distinguir uma da outra nas imagens trabalhadas, classifica-se apenas como Floresta Estacional.

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

A área de solo exposto deve-se, principalmente, ao preparo do solo para o plantio. Assim, a área de agricultura é seguramente maior que a apresentada no trabalho.

As curvas de nível, a partir da rede irregular triangular, geraram o modelo digital de elevação (MDE) da área de estudo. As elevações foram reclassificadas em 8 classes de altitude, em intervalos regulares de 100 metros, permitindo a obtenção do Mapa de Hipsometria. O MDE também permitiu a obtenção da declividade do terreno, as quais foram geradas em percentual e reclassificadas para classes temáticas, em intervalos irregulares, de acordo com as orientações de Ramalho Filho & Beek (1995), gerando o Mapa de Clinografia da área de estudo.

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).

O estabelecimento das zonas ambientais para o Vale do Taquari, proposto neste estudo, seguiu as orientações da legislação ambiental brasileira (Brasil, 1965; 1989) e do sistema de aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho & 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.

**Área de Preservação Permanente (APP):** 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. Uma vez que a legislação brasileira estabelece a figura das APPs, os usos permissíveis nestas áreas são somente coberturas naturais, sendo vedados os usos antrópicos. Naturalmente, considerando os conceitos associados com os zoneamentos ambientais, estabelece-se uma zona ambiental com alta restrição ao uso antrópico.

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 esses critérios foram consideradas APPs, as florestas e demais formas de vegetação natural, situadas ao longo dos rios ou qualquer curso de água, desde o

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

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°. 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).

A delimitação das APPs envolveu a utilização de operações de álgebra de mapas e interpretação dos planos de informação referidos pelo Código Florestal Brasileiro. Foram delimitadas as APPs no entorno dos recursos hídricos, as APPs dos topos dos morros, as APPs em declividade e os Banhados, considerados como APP pela legislação.

**Área de Uso Restrito (AUR):** 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. De acordo com Ramalho Filho & Beek (1995), as declividades que apresentam as características acima estão compreendidas entre 20 a 100%, que consistem de terrenos classificados como Forte Ondulado a Escarpado, respectivamente.

**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. De acordo com Ramalho Filho & Beek (1995), as declividades que suportam a maioria das ações antrópicas estão compreendidas 0 a 20%, que consistem de terrenos classificados como Planos a Ondulados, respectivamente.

**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 regulamentado por licença ambiental.

O cruzamento do Mapa de Uso e Cobertura do Solo com as zonas ambientais (APP, AUR e AUI) permitiu a 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 1](#), permitindo diagnosticar a situação ambiental de cada classe de uso e cobertura do solo em cada zona ambiental.

Os dois arquivos foram sobrepostos individualmente com o arquivo "uso da terra", pela função *Overlay*, gerando respectivamente os arquivos AUI e AUR, que resultaram nos mapas propostos.

O procedimento metodológico para obtenção do mapa de zoneamento ambiental consistiu na identificação das áreas sem risco, das áreas de risco e das áreas de conflito, com base nos tipos

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

de uso e ocupação da terra presentes nas áreas de proteção permanente, nas áreas de uso restrito e nas áreas de uso intensivo.

Foi considerado como "conflito" a região que, de acordo com a classificação, não correspondia à classe de uso da terra esperada na zona delimitada; por exemplo, agricultura na área de proteção permanente. Foi considerado como "risco" o tipo de cobertura de solo que apareceu na área de preservação permanente ou de uso restrito e que pode facilmente ser removida ou provocar alteração das características originais da região, o que interferiria na composição do solo, dos fragmentos florestais remanescentes, erosão etc. Já "sem risco" foi considerado o uso e cobertura do solo das regiões que não estão em "conflito" com a legislação nem em áreas de declividade superior a 20% (~35°). Assim, as áreas "sem risco" são as que suportam, no longo prazo, os usos que atualmente lhe estão imputados. Assim, as áreas de "conflito" são as que apresentam usos antrópicos localizados em área de preservação permanente. As áreas de "risco" são as que apresentam uso e ocupação da terra com potencial de causar dano ambiental de modo que a condição de equilíbrio não seja mais alcançada naturalmente, seguindo os critérios apresentados na [tabela 1](#) (Ramalho Filho; Beek, 1995).

Cabe a ressalva de que esta classificação, utilizada pela Embrapa, não leva em conta a composição da paisagem, ou seja, havendo fragmentos florestais significativos para conservação em área de uso intensivo, estes fragmentos não estão protegidos por não se encontrarem nas áreas de proteção permanente e, portanto, podem ser removidos. No entanto, esta abordagem vai de encontro ao que está escrito no Decreto que define o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE (Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002), portanto, a metodologia aqui apresentada propõe-se a aliar a ecologia de paisagem na definição das áreas prioritárias de conservação ambiental.

Após a geração do mapa do "Zoneamento Ambiental do Vale do Taquari", em meso escala - semi detalhada (Cendrero, 1989), foi feita a análise da ecologia de paisagem, através das métricas da paisagem apresentadas pelo software Fragstat 3.1 (McGarigal *et al.*, 2002).

De posse dos mapas de uso e cobertura do solo, de uso e cobertura do solo nas APPs, AUR e AUI, foi possível calcular os índices de ecologia de paisagem para as quatro imagens. Estes mapas foram reclassificados através dos comandos Edit e Assign, identificando as áreas de FE com o valor 1, as áreas de FOM com valor 2 e as demais classes de uso e cobertura do solo com valor 99. Para o fundo preto, foi colocado o valor -99, por ser representado pelo background externo, área esta que não faz parte da paisagem de interesse. O valor negativo é para que o software entenda que esta área é externa a área de estudo. As demais classes foram também consideradas como background, porém, o valor positivo indica que estas classes pertencem a paisagem, portanto, todas as métricas que tiverem em sua composição dados referentes a área total da paisagem, esta área de background interno será considerada. Após a reclassificação, todas as imagens foram convertidas para o formato ASCII, pelo comando Convert, presente no Idrisi. Foi elaborado um arquivo \*.txt com as informações referentes as classes presentes na imagem reclassificada. Este arquivo deve apresentar, nesta seqüência, o identificador da classe, nome da classe, se será ou não processada e acrescentada nos resultados (utilizando true ou false) e por último, se será (true) ou não (false) considerada como background. No caso das classes de uso e cobertura do solo referente a FE, FOM, outras classes e background, a linha que as descrevem devem ser apresentadas uma abaixo da outra, da seguinte

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

forma: 1, FE, true, false; 2, FOM, true, false; 99, outras classes, false, false; -99, background, false, true. Para a definição dos fragmentos, foi selecionada a regra de 8 pixels adjacentes, o qual considera 4 pixels na ortogonal e 4 pixels na diagonal da mesma classe para formar um fragmento.

Os parâmetros métricos para os fragmentos florestais utilizados no presente trabalho, gerados pelo Fragstats, foram: tamanho dos fragmentos (AREA); número de fragmentos de classe em 100ha da paisagem (%) (PD); Percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento (%) (LPI); Tamanho médio dos fragmentos (ha) (AREA-MN); Índice de forma médio ( $\geq 1$ , sem limite) (SHAPE-MN); Porcentagem da paisagem com área de interior (CPLAND) e Distância média do fragmento mais próximo (m) (ENN-MN) (McGarigal *et al.*, 2002).

Para o cálculo do índice CPLAND é necessário que o usuário informe uma determinada faixa de borda. O valor utilizado neste trabalho foi de 45 metros, o que representa 3 pixels (resolução espacial das imagens utilizadas é de 15 metros). A área sob efeito de borda é bastante complexa de se estimar, já que depende das condições do meio, da espécie avaliada e fatores ecológicos considerados. O valor do efeito de borda utilizado neste trabalho foi levando em conta somente a condição do meio, já que não se tem por objetivo estudar nenhuma espécie específica e por não ter dados ecológicos, como temperatura, insolação, vento, umidade, entre outros, de toda a área de estudo (McGarigal *et al.*, 2002).

O tamanho médio (AREA-MN) e a densidade de fragmentos (PD) são parâmetros que estão diretamente relacionados à qualidade de habitat, pois quanto maior o tamanho dos fragmentos e quanto mais próximos uns dos outros, maior a possibilidade de intercâmbio genético entre eles e, portanto, maior a persistência e estabilidade dos processos ecológicos atuantes na paisagem.

O índice de forma dos fragmentos (SHAPE-MN) é amplamente utilizado na pesquisa em ecologia da paisagem. Conforme McGarigal *et al.* (2002) baseia-se na relação entre o perímetro e a área dos fragmentos de mata da paisagem, medindo a complexidade de forma dos fragmentos em função de uma forma padrão. Neste trabalho, a forma básica é um quadrado, em virtude da utilização da imagem em formato raster (matricial). O índice de forma sempre será igual ou maior que 1, e aumenta, de forma ilimitada, à medida que a irregularidade da forma dos fragmentos for aumentando. É importante ressaltar que quanto mais distante os fragmentos estiverem da forma básica, mais recortado ele se torna, sendo mais suscetível ao efeito de borda. O formato do fragmento define primordialmente a composição das espécies em seu interior, pois formas isodiamétricas (círculo perfeito) têm uma relação maior de espécies de interior do que aquelas que tendem ao retângulo, que podem chegar ao extremo de possuírem somente espécies de borda (Forman & Godron, 1986; Odum, 1988). Fragmentos com formas mais alongadas tendem a servir como corredores para espécies e fragmentos com forma mais circular tendem a apresentar uma diversidade de espécies e forrageamento no interior maior (Forman & Godron, 1986).

A distância média do fragmento mais próximo (ENN-MN) define-se com a distância de uma mancha a mais próxima da mesma classe, sendo baseada na distância de margem a margem, quantificando a configuração da paisagem.

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

Após a geração das métricas para os fragmentos florestais (FE e FOM), foi feito o levantamento do uso e cobertura das terras nas áreas indicadas pela metodologia como sendo áreas com fragmentos consideráveis para conservação.

Um esquema resumido da metodologia apresentada no presente trabalho pode ser observado na [figura 1](#).

O procedimento metodológico para obtenção do mapa de zoneamento ambiental consistiu na identificação das áreas sem risco, das áreas de risco e das áreas de conflito, com base nos tipos de uso e cobertura do solo e com base nos índices de ecologia da paisagem selecionados como importantes para conservação de áreas florestadas.

A região de estudo, denominada pelo CODEVAT de Vale do Taquari, [figura 2](#), está a nordeste do estado do Rio Grande do sul, é constituído por 37 municípios, cuja área total é de 4.869,05 km<sup>2</sup>, com uma população: 315.530 habitantes e com uma densidade demográfica alta (cerca de 65,7 hab/km<sup>2</sup>), segundo o IBGE, por não se tratar de uma região metropolitana.

### 3. Descrição e análises de resultados

A delimitação das APPs, seguindo as orientações da Lei Federal nº 4.771, resultou numa área mapeada de 690,78 km<sup>2</sup>, que corresponde a 14,18% da área do Vale do Taquari. A [tabela 2](#) apresenta a tipologia das áreas de preservação permanente delimitadas no Vale do Taquari e a área correspondente. A [tabela 3](#) apresenta o uso e cobertura do solo das APPs e a área correspondente de cada uso. De acordo com esta tabela observa-se que aproximadamente 60% da APP apresentam uso ou cobertura do solo adequado, não estando em conflito com a legislação que regulamenta as APPs. As áreas que estão em conflito são os usos antrópicos decorrentes da expansão agrícola e urbana: floresta industrial, campos (nativos e antrópicos), agricultura e áreas urbanas, representando 40,50% da área de APP em conflito. Destes, o uso e cobertura do solo mais problemático são as áreas de agricultura que representam 24,43% da área das APPs.

A Floresta Industrial apresentou considerável incremento na região de estudo a partir do final da década de 1990 e início de 2000. Por isso, a área atual desta cobertura do solo é ainda maior, dados este observado em campo, considerando que, em várias áreas onde hoje se comprovou existir floresta industrial, em 2002 e 2003 (ano das imagens trabalhadas) apresentava solo exposto ou floresta industrial com alturas das árvores inferiores a 1m, além de, muitas vezes, estar em meio à floresta estacional e, portanto, de difícil mensuração nas imagens trabalhadas. Esta mesma constatação foi feita por Rempel *et al.* (2001) em análise da evolução da mata de 1985 a 1995.

Para a definição de áreas de uso restrito, outras variáveis, além da declividade, também são importantes, como o tipo de solo, permeabilidade, espessura do solo, fragmentos florestais etc. A área mapeada como área de uso restrito foi de 1.869,24 km<sup>2</sup>, o que representa 38,39% da área do Vale do Taquari.

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

A soma de todas as formas de vegetação, incluindo a floresta industrial, representa 69,27% da área de uso restrito do Vale do Taquari. A [tabela 3](#) indica que 51,43% da área mapeada como área de uso restrito apresentam floresta nativa. A área ocupada por Vegetação Pioneira corresponde a 14,32%. Ocorre também o cultivo de floresta industrial, porém, por se tratarem de áreas pequenas, inseridas na Vegetação Pioneira ou na floresta clímax, o valor é pouco expressivo. 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, predominam áreas com vegetação arbórea.

A área de uso intensivo (0 a 20% de declividade) mapeada foi de 2.195,06km<sup>2</sup>, o que corresponde a 45,08% da área do Vale do Taquari. Na [tabela 3](#) também é possível verificar o cenário do uso e cobertura do solo das áreas de uso intensivo do Vale do Taquari. Do total da área mapeada como área de uso intensivo, apenas 19,98% apresenta floresta nativa e 13,53% de vegetação pioneira. O restante da área (66,49%) apresenta usos antrópicos, sendo que a atividade agropecuária representa 54,24%.

A [tabela 4](#) apresenta a situação geral da condição de uso das APPs, AUR e AUI. Pela tabela, observa-se que 71% da cobertura do solo apresentam uso sem conflito, 21% apresenta algum risco, 6% estão em conflito com a legislação e 2% representam a drenagem do Vale do Taquari.

As [tabela 5](#) e [tabela 6](#) apresentam os parâmetros métricos gerados pelo *software* Fragstats para a análise da fragmentação das classes de uso e cobertura do solo referente à Floresta Estacional (FE) e Floresta Ombrófila Mista (FOM) nas três zonas (APP, AUR e AUI).

Analisando a [tabela 5](#) verifica-se que existem na paisagem 77.840 fragmentos de Floresta Estacional e 17.128 fragmentos de Floresta Ombrófila Mista – Mata de Araucária. O grande número de fragmentos de mata encontrados nesta paisagem deve-se ao fato da região de estudo ser extensa e também por estar, ao longo de toda sua extensão, bastante antropizada, indicando uma perda na qualidade do habitat. Porém, a densidade de fragmentos em 100 ha da paisagem, principalmente de FE, é relativamente alta, sugerindo que existe uma maior possibilidade de intercâmbio gênico. No entanto, a manutenção e a sustentação dos processos ecológicos podem estar afetadas, já que a área dos fragmentos de mata é pequena.

Pode-se observar que, para as duas formações florestais, FE e FOM, a maior parte de fragmentos encontrados possuem área menor que 1ha. Apenas 1,53% e 3,70% dos fragmentos de mata de FE e FOM, respectivamente, apresentam área maior que 1 ha.

A [tabela 6](#) apresenta os valores dos índices calculados para as áreas de vegetação nativa (FE e FOM) nas APPs, AUR e AUI. Observa-se que o número de fragmentos em 100ha de área (PD) de FE nas APPs e AUI são relativamente semelhantes, sendo 32,28 e 33,87, respectivamente, e nas AUR, o valor deste índice é praticamente metade (17,83). Os índices AREA-MN e CPLAND corroboram o valor encontrado para PD nas AUR, indicando que nesta área os fragmentos são maiores (AREA-MN= 2,21) e os que mais apresentam área interior (CPLAND= 6,87), apesar do valor de LPI ser maior nas APPs (1,06 contra 0,81 nas AUR). Embora as APPs e as AUI terem praticamente o mesmo valor de PD, elas diferem no restante dos índices, principalmente em LPI,

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

AREA-MN e CPLAND, onde as APPs apresentam valores que indicam uma melhor qualidade ambiental. Os valores de SHAPE-MN são semelhantes para todas as áreas, sendo que as APPs é que apresentam uma forma mais distante a do padrão, que no presente caso é 1. A distância média entre os fragmentos (ENN-MN) também é semelhante para todas as áreas, sendo que a maior distância é nas APPs (82,22m).

Analisando os índices para as áreas com a presença de FOM na [tabela 6](#), evidencia-se que, assim como na FE, os valores de PD nas APPs e nas AUI são semelhantes, e nas AUR, o menor valor. Entretanto, os valores de LPI se invertem, quando comparado com FE, as AUI apresentam 0,74% da paisagem ocupada pelo maior fragmento, seguido pelas APPs (0,54% da paisagem) e AUR (0,28% da paisagem). Apesar das AUI apresentarem o maior fragmento, o tamanho médio dos fragmentos (AREA-MN) é maior nas AUR (1,70ha) e nas APPs (1,58ha), sendo um melhor indicativo de manutenção de espécies de fauna e flora. É importante ressaltar que os fragmentos de AUI não podem ser considerados de menos importância, tanto para FE como para FOM, já que estes podem servir como pontos de ligação para a fauna. A forma dos fragmentos, assim como na FE, é semelhante para todas as áreas, sendo que as APPs apresentam a forma mais irregular. Diferentemente do que aconteceu com a FE, as APPs é que apresentam a maior porcentagem de fragmentos com área interior (CPLAND), seguido pelas AUI e, por último, as AUR. Apesar das APPs apresentarem CPLAND maior, a distância entre os fragmentos (ENN-MN) é praticamente três vezes maior em relação as AUR e mais de duas vezes em relação as AUI. Este dado não é um bom indicativo de qualidade, pois é mais interessante que esta distância seja menor, permitindo assim, uma maior facilidade no descolamento das espécies.

É importante ressaltar que os índices LPI, AREA-MN e CPLAND nas APPs estão sob grande influência da faixa delimitada no entorno dos recursos hídricos (ambiente ripário). O ambiente ripário ocupa aproximadamente 66% da área de APPs, sendo composto, em sua maioria, por recursos hídricos que apresentam uma faixa de preservação de 30m para ambas as margens. Isso significa dizer que podem existir fragmentos mais contínuos e maiores que vão além desta faixa, porém, acabam sendo interrompidos, o que influencia diretamente no cálculo dos índices. Entretanto, através da análise dos índices PD e ENN-MN, verifica-se que a área apresenta-se fragmentada, já que foram encontrados valores altos para ambos os índices.

A forma dos fragmentos de FE e FOM é semelhante, indicando a presença de fragmentos mais alongados. Como um grande número de fragmentos apresentam área menor que 1ha, a tendência é encontrar um número menor de fragmentos com área de interior, já que existe uma relação entre o tamanho do fragmento e sua proporção entre borda e interior. Para Odum (1988) quanto menor for o fragmento, maior o efeito de borda observado e também a proporção de número de espécies, pois, quanto maior o fragmento maior o número de espécies esperado.

Hargis *et al.* (1998) coloca que o índice ENN-MN apresenta valores baixos quando os fragmentos de mata estão mais agregados e, em paisagem atropizadas, o valor tende a ser mais elevado, diminuindo à medida que os distúrbios são controlados. O grau de isolamento afeta diretamente a qualidade de um fragmento de mata, por afetar a movimentação de organismos e a dispersão das espécies. Quanto maior for o grau de isolamento de um fragmento, maior será a taxa de crescimento de espécies de borda, que podem chegar a ocupar todo o remanescente (Jarvinen,

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

1982). Pelos valores do índice ENN-MN encontrados serem elevados, tem-se mais um indicativo de que a paisagem de estudo está bastante antropizada e os fragmentos bastante desagregados.

Com base nos dados discutidos acima, pode-se inferir que na região de estudo não existem mais grandes áreas de mata nativa a serem conservadas e sim, fragmentos de mata inseridos em uma matriz de uso antrópico, principalmente lavoura. Uma paisagem ideal, de acordo com Soares Filho (1998) seria aquela que além de grandes fragmentos de mata, contenha vários outros fragmentos de mata pequenos, em geral, menores que 1ha e, de preferência, conectados por corredores, para que sirvam como pontes ambientais (*stepping stones*) no deslocamento da fauna.

Fazendo um paralelo dos dados encontrados com índices de ecologia da paisagem com os dados encontrados no zoneamento ambiental, evidencia-se que existe uma correlação entre ambos, já que no zoneamento ambiental priorizou a verificação de áreas sem conflito com a legislação ambiental, como as áreas de preservação permanente do entorno de recursos hídricos, principalmente, que apresentam uma forte função no fluxo de fauna neste trabalho.

A [figura 3](#) mostra o mapa de uso e cobertura do solo da área de estudo, indicando as áreas mais adequadas à conservação, seguindo os parâmetros métricos encontrados neste trabalho.

Já a [figura 4](#) apresenta o mapa de zoneamento ambiental, baseado na legislação vigente e na metodologia proposta pela EMBRAPA, com as áreas adequadas à conservação de acordo com os critérios de ecologia de paisagem. A maior parte das áreas apresentadas nas elipses caracteriza-se como, segundo a legislação vigente, de uso intensivo e de uso restrito, porém os índices de ecologia de paisagem demonstram serem áreas com grande potencial ecológico, com 3,47% e 8,59%, respectivamente da área do Vale do Taquari, com cobertura vegetal nativa e por isso deveriam ser conservadas (ver dados na [tabela 7](#)). Há 1.695,31km<sup>2</sup> de FE e FOM no Vale do Taquari, destes, 295,21km<sup>2</sup> (17,4%) estão na APP, 961,39km<sup>2</sup> (56,7%) estão na AUR e 438,71km<sup>2</sup> (25,9%) estão na AUI. Pela metodologia proposta, a zona de conservação aliará à APP 74,5km<sup>2</sup> presentes na AUI. Esta área corresponde à área ocupada pelos fragmentos maiores que 5ha nesta zona (AUI). Cabe ressaltar que há 961,39km<sup>2</sup> de florestas na AUR, porém, considerando que já há recomendação de não retirada destas florestas nesta zona (AUR), em virtude da declividade superior a 20%, pode-se concluir que além da área de proteção permanente, a região do Vale do Taquari tem 1.035,89km<sup>2</sup> de cobertura florestal nativa a ser conservada. Um exemplo de área a ser conservada na AUI pode ser observado na [figura 5](#).

#### 4. Conclusões

O zoneamento ambiental atual, proposto pelos órgãos licenciadores (federais, estaduais e municipais), estabelecido pela Lei 6.938 de 31/08/81 e pelo Decreto 4.297 de 10/07/89, para definição das aptidões e vulnerabilidades do uso da terra em relação ao desenvolvimento de atividades específicas, não protege as áreas realmente frágeis ou importantes, sob o ponto de vista ambiental, e este zoneamento é qualificado com a utilização de ferramentas de ecologia de paisagem. A metodologia de zoneamento ambiental proposta conjuga a legislação vigente com ecologia de paisagem, apontando áreas de risco ambiental, áreas sem risco ambiental, áreas em

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

conflito com a legislação além de áreas prioritárias para conservação, vindo ao encontro no preconizado nos quatro primeiros artigos do Decreto 4.297 para a implantação de zoneamentos econômico-ecológicos. Desta forma a metodologia utilizada facilita a tomada de decisão dos gestores municipais que poderá ser baseada na questão legal e nos parâmetros ambientais que demonstram a real necessidade de conservação das áreas em questão.

Essa visão do espaço é um salto de qualidade em relação ao zoneamento ambiental tradicional, pois, quando utilizada, reflete melhor a dinâmica das áreas estudadas e resulta na sugestão de medidas mais concretas de manejo, de aproveitamento e conservação dos recursos da terra. As estratégias de conciliação entre as necessidades humanas e os interesses da conservação nessas áreas não protegidas são primordiais para o sucesso dos planos de conservação.

### Referências bibliográficas

- 7ª DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro). Cartas Topográficas. Porto Alegre: DSG, 1980. 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, Venâncio Aires MI 2968/2, Estrela MI 2969/1, Brochier MI 2969/2, Taquari MI 2969/3, São Jerônimo MI 2969/4.
- Argento, M. S. F. & Cruz, C. B. M. (1996): "Mapeamento Geomorfológico" in Cunha, S. B. & Guerra, A. J. T. (org.): *Geomorfologia – Exercícios, Técnicas e Aplicações*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, pp. 239-249.
- BRASIL. Lei Federal 4.771, de 15 de setembro de 1965. *Novo Código Florestal*. D.O.U. 16/09/1965.
- BRASIL. Lei Federal 6.983, de 31 de agosto de 1981. *Política Nacional do Meio Ambiente*. D.O.U. de 02/09/1981.
- BRASIL. Lei Federal 7.803, 18 de julho de 1989. *Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986*. D.O.U. 20/07/1989.
- BRASIL. Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002. *Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências*. D.O.U. de 11/07/2002.
- Camargos, M. N. (2006): "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.
- Cemin, G.; Périco, E.; Eckhardt, R. R.; Rempel, C. (2003): "Uso de rotinas de apoio à decisão na avaliação de áreas críticas com o desenvolvimento de suinoculturas no Município de Roca Sales, RS", *Anais do GIS BRASIL*, São Paulo, meio digital.
- Cendrero, A. (1989): "Mapping and evaluation of coastal areas for planning", *Ocean And Shoreline Management*, 12.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002): Resolução nº. 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

---

- 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 (2002). 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.
- Eastman, J.R. (2003): *Idrisi Kilimanjaro Tutorial*. Worcester, Clark Labs University.
- Eckhardt, R. R.; Rempel, C.; Saldanha, D. L.; Guerra, T.; Porto, M. L. (2007): "Análise e diagnóstico ambiental do Vale do Taquari - RS - Brasil, utilizando sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento", *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, pp. 5191-5198.
- FAO ap Küchler, A. W.; Zonneveld, I.S. (1982): *Project on classification of tropical vegetation types in Asia. Methodology an application: first draft*. Project FAO, 20, 1986.
- Forman, R.T.T. & Godron, M. (1986): *Landscape ecology*. New York, John Wiley & Sons.
- Freitas, E.M. & Jasper, A. (2001): "Avaliação da Flora *Orchidaceae* em uma porção de Floresta Estacional Decidual no município de Lajeado, Rio Grande do Sul", *Pesquisas - Botânica*, 51, pp. 113-127.
- Hagan, J. E.; Eastman, J. R.; Auble, J. (1998): *CartaLinx, the spatial data builder user's guide*. Worcester, Clark University.
- Hargis, C. D.; Bissonette, J. A.; David, J. L. (1998): "The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation", *Landscape Ecology*, 13, pp. 167-186.
- Jarvinen, O. (1982): "Conservation of endangered plant populations: single large or several small reserves?", *Oikos*, 38, pp. 301-307.
- Machado, P. A. L. (2003): *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2003, 177 p.
- McGarigal, K. S. A.; Cushman, M. C.; Neel, E. (2002): *FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps*. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: [www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html)
- Metzger, J. P. (2001): "O que é ecologia de paisagens?", *Biota Neotropica*, 1, 1/2. Disponível em <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12>, 2001
- Odum, E. P. (1988): *Ecologia*. Rio de Janeiro, Guanabara.
- Périco, E.; Rempel, C.; Eckhardt, R.R.; Cemin, G. (2002): "Determinação de possíveis áreas de proteção ambiental (APAs) na região da bacia hidrográfica do Rio Forqueta – RS, utilizando métodos de sensoriamento remoto", *Anais do Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental*, 3, pp. 5.
- Ponzoni, F. J.; Chimabukuru, Y. E. (2007): *Sensoriamento remoto no estudo da vegetação*. São José dos Campos, Parêntese, 136 p.
- Porto, M.L. & Menegat, R. (2004): "Ecologia de paisagem: um novo enfoque na gestão dos sistemas da terra e do homem". In MENEGAT, R. & ALMEIDA-SILVA, G. *Desenvolvimento sustentável e gestão ambiental nas cidades: estratégias a partir de Porto Alegre*. Porto Alegre, UFRGS, pp. 361-375.
- Primack, R. B. & Rodrigues, E. (2001): *Biologia da conservação*. Londrina. Planta.
- Ramalho Filho, A. & Beek, K.J. (1995): *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras*. Rev. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPQ.

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. e Cemin, G. (2008): “A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

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

Rempel, C.; Suertegaray, D.M.A.; Jasper, A. (2001): “Aplicação do Sensoriamento Remoto para Determinação da Evolução da Mata Nativa da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta - RS entre 1985 e 1995”, *Pesquisas - Botânica*, 51, pp. 101-112.

Rempel, C.; Périco, E.; Eckhardt, R.R.; Cemin, G. (2003): “O uso de técnicas de sensoriamento remoto na determinação de áreas de proteção ambiental (APAs) em fragmentos de mata: uma ferramenta para políticas públicas de implantação”, *Estudo & Debate*, 10,1, pp. 103-116.

Risser, P. G. (1987): “Landscape ecology: state-of-the-art” in TURNER, M. G. (Ed.): *Landscape heterogeneity and disturbance*. New York, Springer-Verlag, pp. 3-14.

Santos, R.F. dos. (2004): *Planejamento ambiental: teoria e prática*. São Paulo, Oficina de Textos.

Soares Filho, B. S. (1998): *Análise de paisagem: fragmentação e mudanças*. Belo Horizonte, DC/IG/UFGM. 90 p.

Teixeira, M.B.; Coura Neto, A.B. & Pastore, U. et al. (1986). “Vegetação” in IBGE: *Levantamento de Recursos Naturais*, v. 33, pp. 541-620.

Zonneveld, I. S. (1979): *Land evaluation and landscape science*. Enschede, International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, 134 p.

## TABELAS

**Tabela 1. Condição de risco e/ou conflito dos usos das áreas de proteção permanente (APP), das áreas de uso restrito (AUR) e das áreas de uso intensivo (AUI)**

Classe de Uso da Terra		Condição do Uso		
		APP	AUR	AUI
Área de vegetação natural	Floresta Estacional	Sem Risco	Sem Risco	Sem Risco
	Floresta Ombrófila Mista	Sem Risco	Sem Risco	Sem Risco
	Campos (Nativos e Antrópicos)	Conflito	Risco	Sem Risco
	Floresta Industrial	Conflito	Risco	Sem Risco
Áreas antrópicas agrícolas	Vegetação Pioneira	Risco	Risco	Sem Risco
	Agricultura	Conflito	Risco	Sem Risco
	Solo Exposto	Conflito	Risco	Sem Risco
Área antrópica não agrícola	Áreas Urbanas	Conflito	Risco	Sem Risco

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

**Tabela 2. Tipologia das Áreas de Preservação Permanente delimitadas no Vale do Taquari**

APP	Área (km <sup>2</sup> )	%
Ambiente Ripário *	461,73	66,85
Topo de Morro	183,5	26,56
Declividade maior que 100% (45°)	22,80	3,30
Banhados	22,75	3,29
<b>Total</b>	<b>690,78</b>	<b>100,00</b>

\* Foi considerada a calha do rio para a determinação do ambiente ripário e não a quota máxima de enchente, como sugerido pela legislação.

**Tabela 3. Cenário do uso e cobertura do solo das áreas de proteção permanente (APP), uso restrito (AUR) e uso intensivo (AUI)**

Classe de uso da terra	APP		AUR		AUI	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Floresta Estacional	222,51	32,21	749,45	40,09	303,85	13,84
Floresta Ombrófila Mista	72,70	10,52	211,94	11,34	134,86	6,14
Floresta Industrial	50,94	7,37	65,76	3,52	218,04	9,93
Vegetação Pioneira	91,50	13,25	267,76	14,32	296,92	13,53
Campos (Nativos e Antrópicos)	31,60	4,57	78,36	4,19	235,46	10,73
Agricultura	168,75	24,44	454,45	24,31	774,75	35,30
Solo Exposto	24,50	3,55	38,98	2,09	180,21	8,21
Áreas Urbanas	5,53	0,80	2,54	0,14	50,97	2,32
Banhados	22,75	3,29	0	0	0	0
Hidrografia	113,95	14,16	0	0	0	0
<b>Total (4.755,08)</b>	<b>690,78</b>	<b>100,00</b>	<b>1.869,24</b>	<b>100,00</b>	<b>2.195,06</b>	<b>100,00</b>
	<b>14,53%</b>		<b>39,31%</b>		<b>46,17%</b>	

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

**Tabela 4. Condição de uso da terra (em km<sup>2</sup>) nas APPs, AUR e AUI**

Classe de uso da terra	APP			AUR		AUI	Total	%
	Sem risco	Risco	Conflito	Sem risco	Risco	Sem Risco		
Floresta Estacional	222,51			749,45		303,85	1.275,81	26,8%
Floresta Ombrófila Mista	72,70			211,94		134,86	419,5	8,8%
Floresta Industrial			50,94		65,76	218,04	334,74	7,0%
Vegetação Pioneira		91,50			267,76	296,92	656,18	13,8%
Campos (Nativos e Antrópicos)			31,60		78,36	235,92	345,88	7,3%
Agricultura			168,75		454,45	774,75	1.397,95	29,4%
Solo Exposto			24,50		38,98	180,21	243,69	5,1%
Áreas Urbanas			5,53		2,54	50,97	59,04	1,2%
Banhados	22,75						22,75	0,5%
<b>Totais parciais</b>	<b>317,96</b>	<b>91,50</b>	<b>281,32</b>	<b>961,39</b>	<b>907,85</b>	<b>2.195,52</b>		
<b>Total geral</b>		<b>690,78</b>		<b>1.869,24</b>		<b>2.195,52</b>	<b>4.755,54</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>		<b>14,53%</b>		<b>39,31%</b>		<b>46,17%</b>		

**Tabela 5. Valores relativos à área dos fragmentos de mata**

Métrica	Área (ha)	Tipo de cobertura vegetal			
		FE <sup>1</sup>		FOM <sup>2</sup>	
		Nº frag.	%	Nº frag.	%
	< 1	71.775	92,21	15.318	89,43
Classe de tamanho (ha)	1 a 5	4.871	6,26	1.177	6,87
	> 5	1.194	1,53	633	3,70
<b>Total</b>		<b>77.840</b>	<b>100</b>	<b>17.128</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup>Floresta Estacional

<sup>2</sup>Floresta Ombrófila Mista-Mata de Araucária

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

**Tabela 6. Valores dos índices ecológicos selecionados para as classes de uso e cobertura do solo referente a FE e FOM**

Parâmetro	Classes de uso do solo						
	FE <sup>1</sup>			FOM <sup>2</sup>			
	APP	AUR	AUI	APP	AUR	AUI	
PD	Número de fragmentos da classe em 100ha da paisagem (%)	32,28	17,83	33,87	10,28	6,86	12,39
LPI	Porcentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento (%)	1,06	0,81	0,13	0,54	0,28	0,74
AREA-MN	Tamanho médio dos fragmentos (ha)	0,96	2,21	0,48	1,58	1,70	0,88
SHAPE-MN	Índice de forma médio ( $\geq 1$ , sem limite)	1,61	1,43	1,32	1,53	1,47	1,35
CPLAND	Porcentagem da paisagem com área de interior	2,84	6,87	0,83	2,37	1,67	1,80
ENN-MN	Distância média do fragmento mais próximo (m)	82,22	70,17	75,18	188,60	62,43	74,35

<sup>1</sup> Floresta Estacional

<sup>2</sup> Floresta Ombrófila Mista – Mata de Araucária

**Tabela 7. Condição de uso da terra (em km<sup>2</sup>) nos fragmentos indicados pelo FRAGSTAT nas APPs, AUR e AUI**

Classe de uso da terra	APP			AUR		AUI	Total	%
	Sem risco	Risco	Conflito	Sem risco	Risco	Sem Risco		
Floresta Estacional	81,41			292,02		87,25	460,68	33,8%
Floresta Ombrófila Mista	42,19			126,22		81,94	250,35	18,4%
Floresta Industrial			13,17		4,16	5,54	22,87	1,6%
Vegetação Pioneira		27,05			101,47	64,58	193,1	14,2%
Campos (Nativos e Antrópicos)			5,97		29,07	32,19	67,23	4,9%
Agricultura			44,49		166,48	123,14	334,11	24,6%
Solo Exposto			2,37		9,08	14,87	26,32	1,9%
Áreas Urbanas			0,46		0,61	3,68	4,75	0,4%
<b>Totais parciais</b>	<b>123,61</b>	<b>27,05</b>	<b>56,46</b>	<b>418,24</b>	<b>310,87</b>	<b>413,19</b>		
<b>Total geral</b>		<b>207,12</b>			<b>729,11</b>	<b>413,19</b>	<b>1.359,41</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>		<b>15,35%</b>			<b>54,03%</b>	<b>30,62%</b>		

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

## FIGURAS

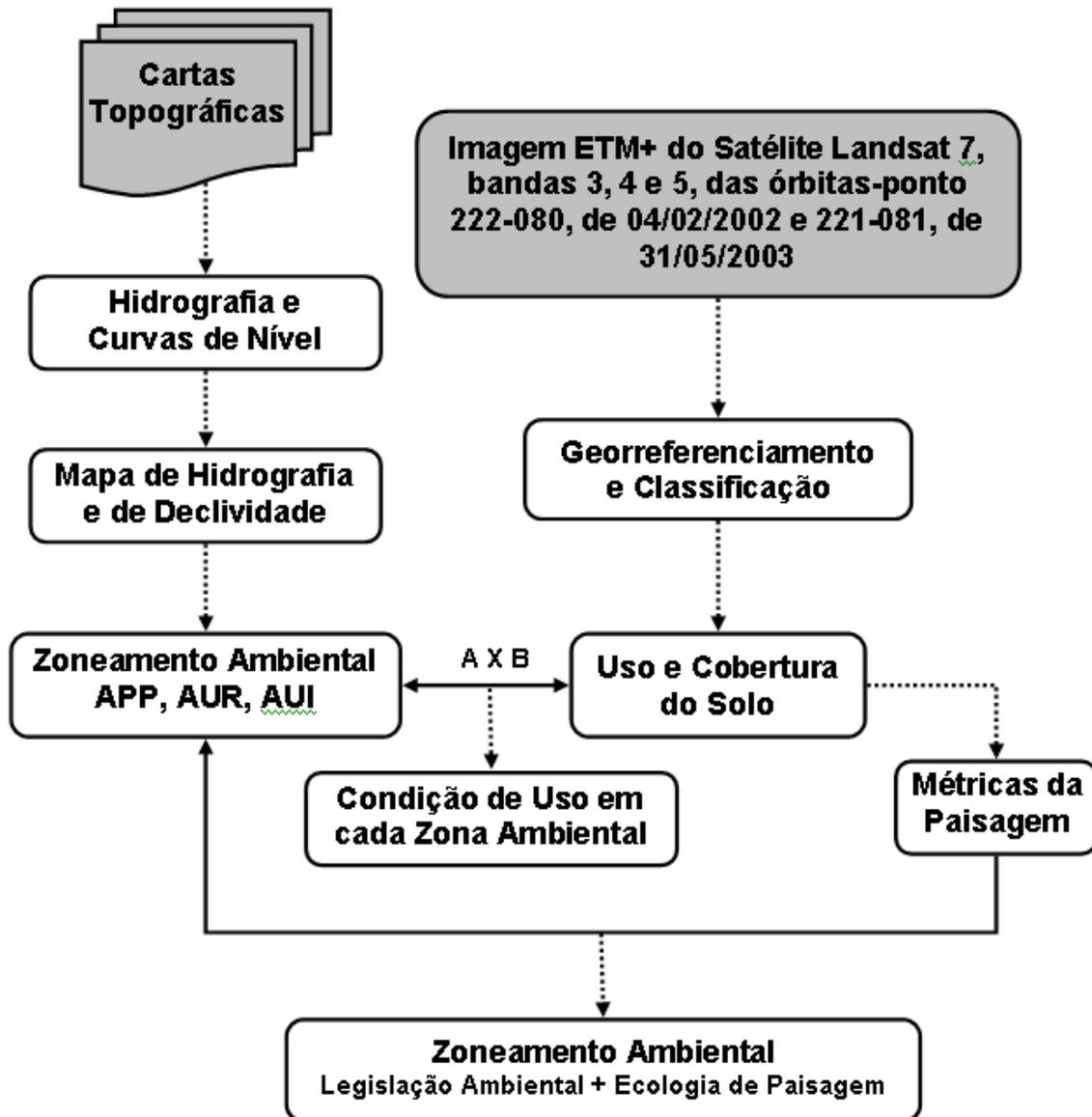


Figura 1. Fluxograma descrevendo as etapas metodológicas envolvidas na elaboração do zoneamento ambiental do Vale do Taquari.

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

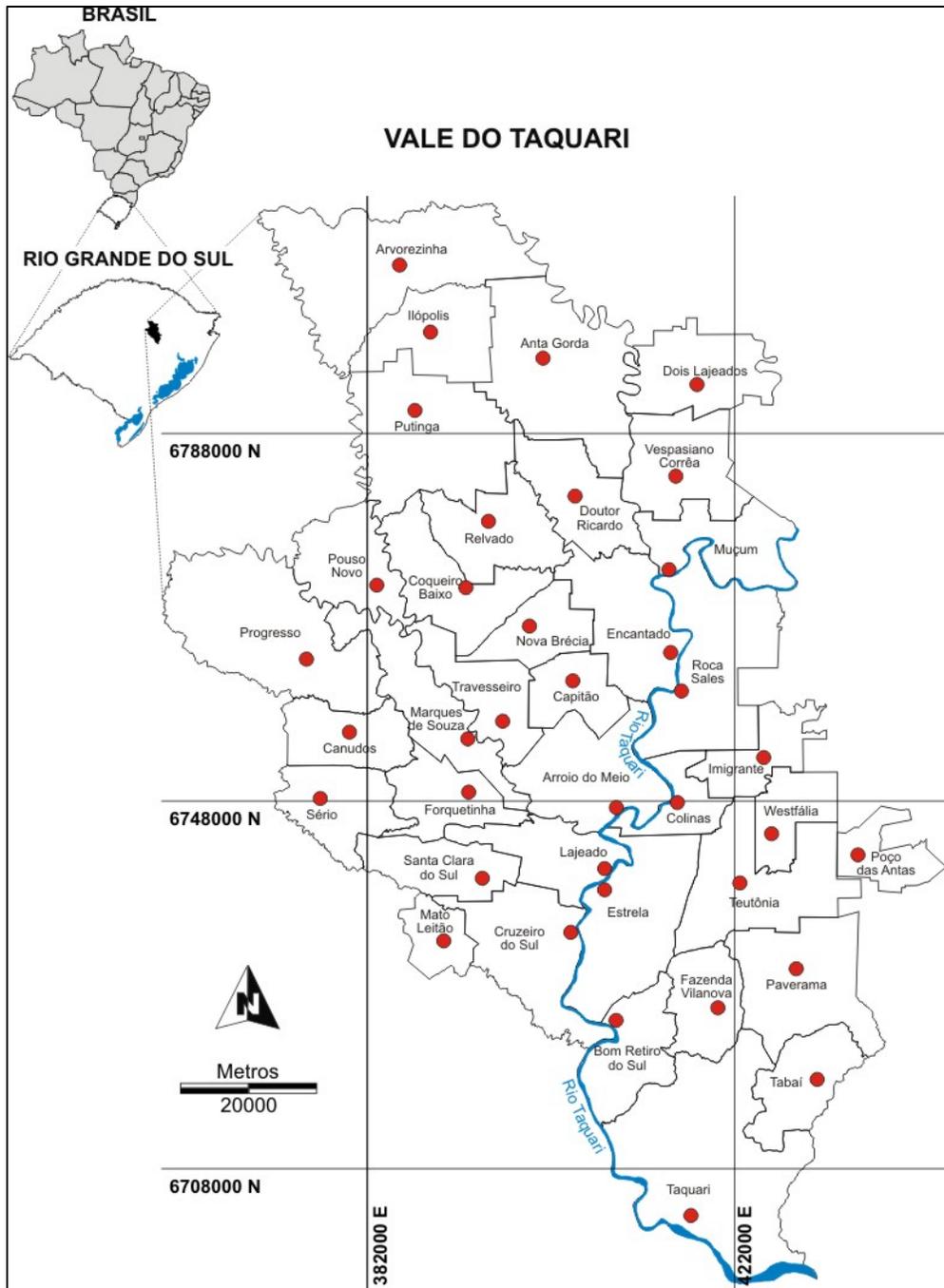
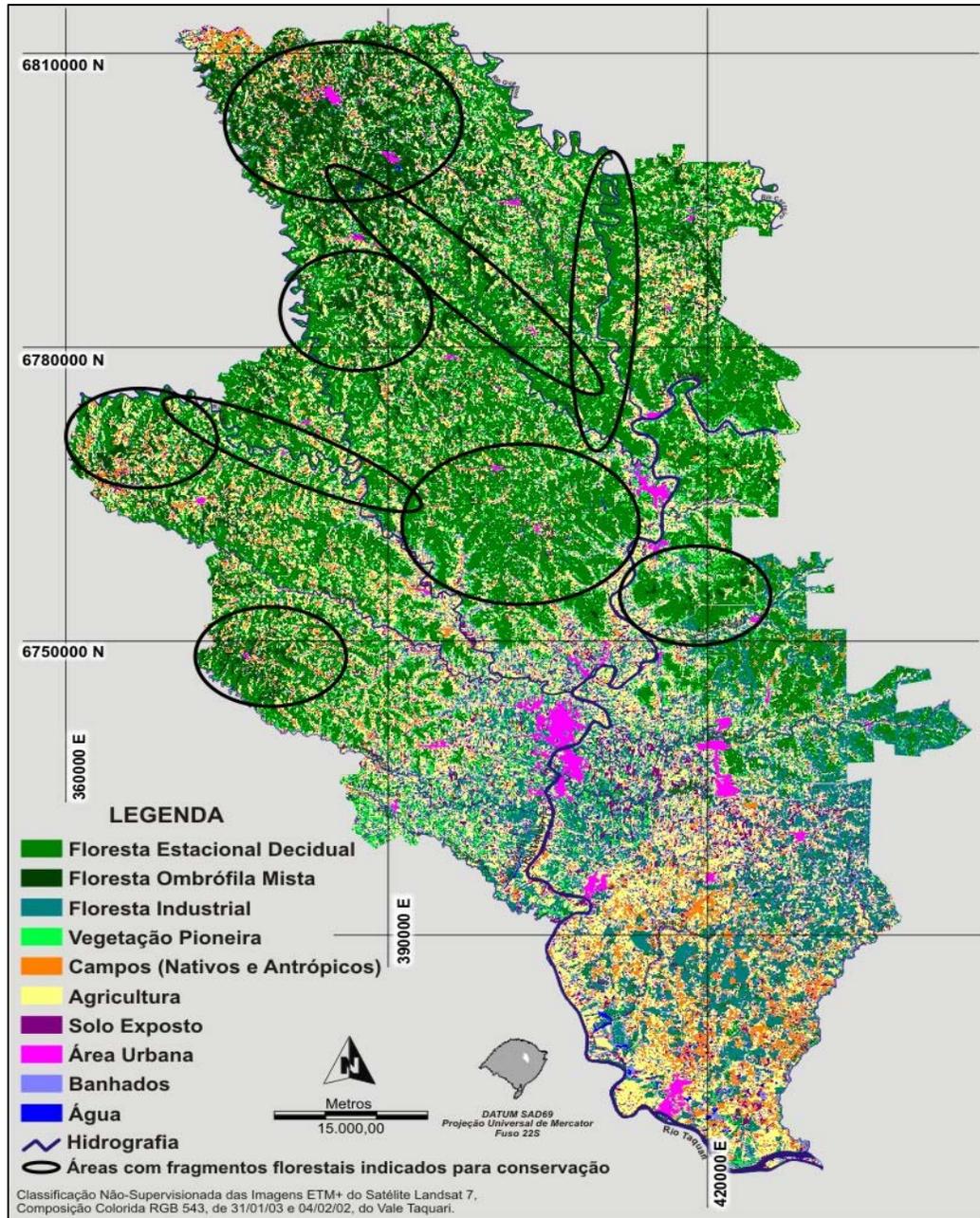


Figura 2. Localização da área de estudo – Vale do Taquari.

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157



**Figura 3. Mapa de uso e cobertura da terra do Vale do Taquari.**

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

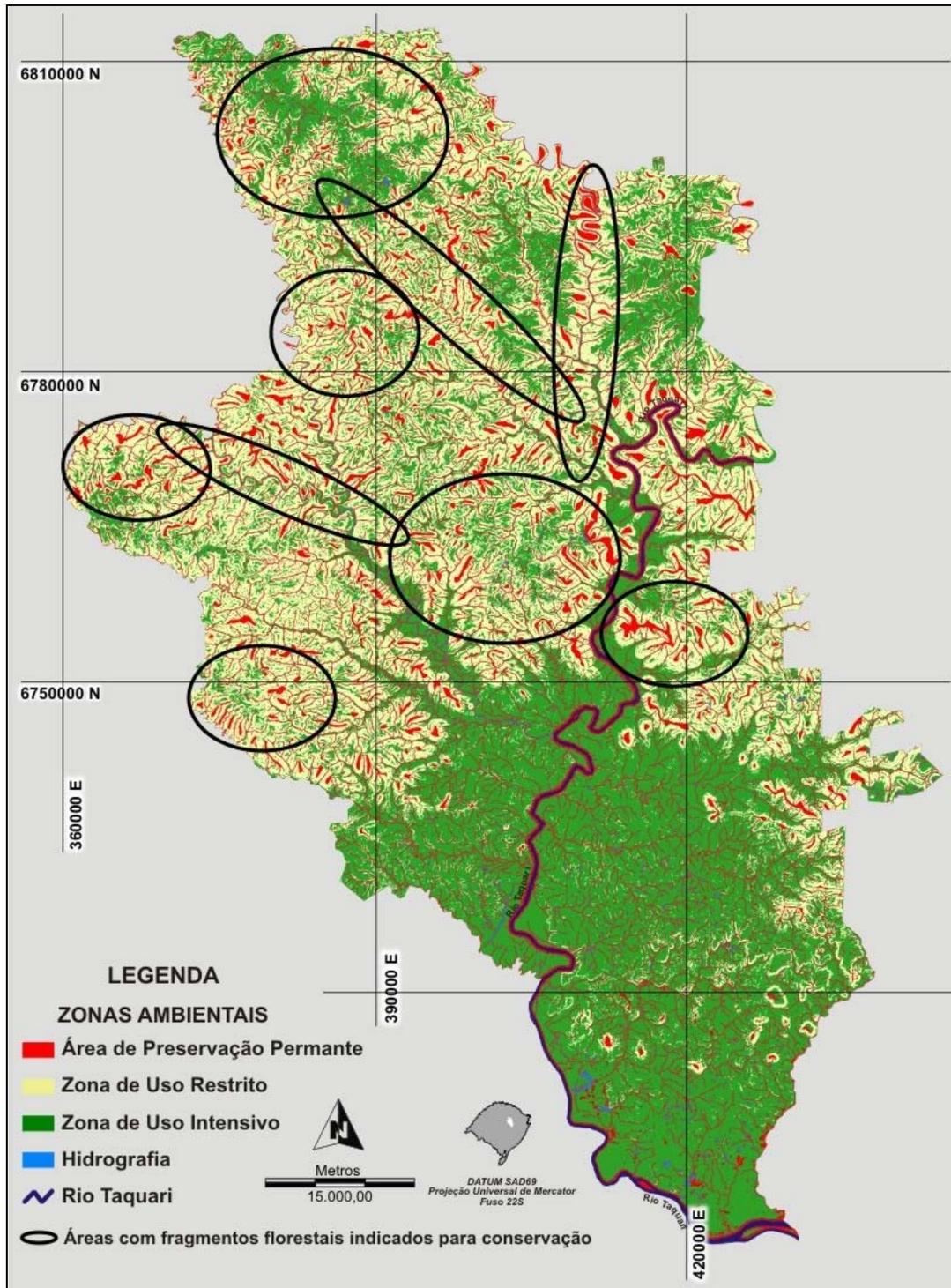


Figura 4. Zoneamento ambiental do Vale do Taquari.

Rempel, C., Guerra, T., Porto, M. L., Périco, E., Eckhardt, R. R. e Cemin, G. (2008): "A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale do Taquari – RS – Brasil – um modelo de proposta metodológica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 102-125. ISSN: 1578-5157

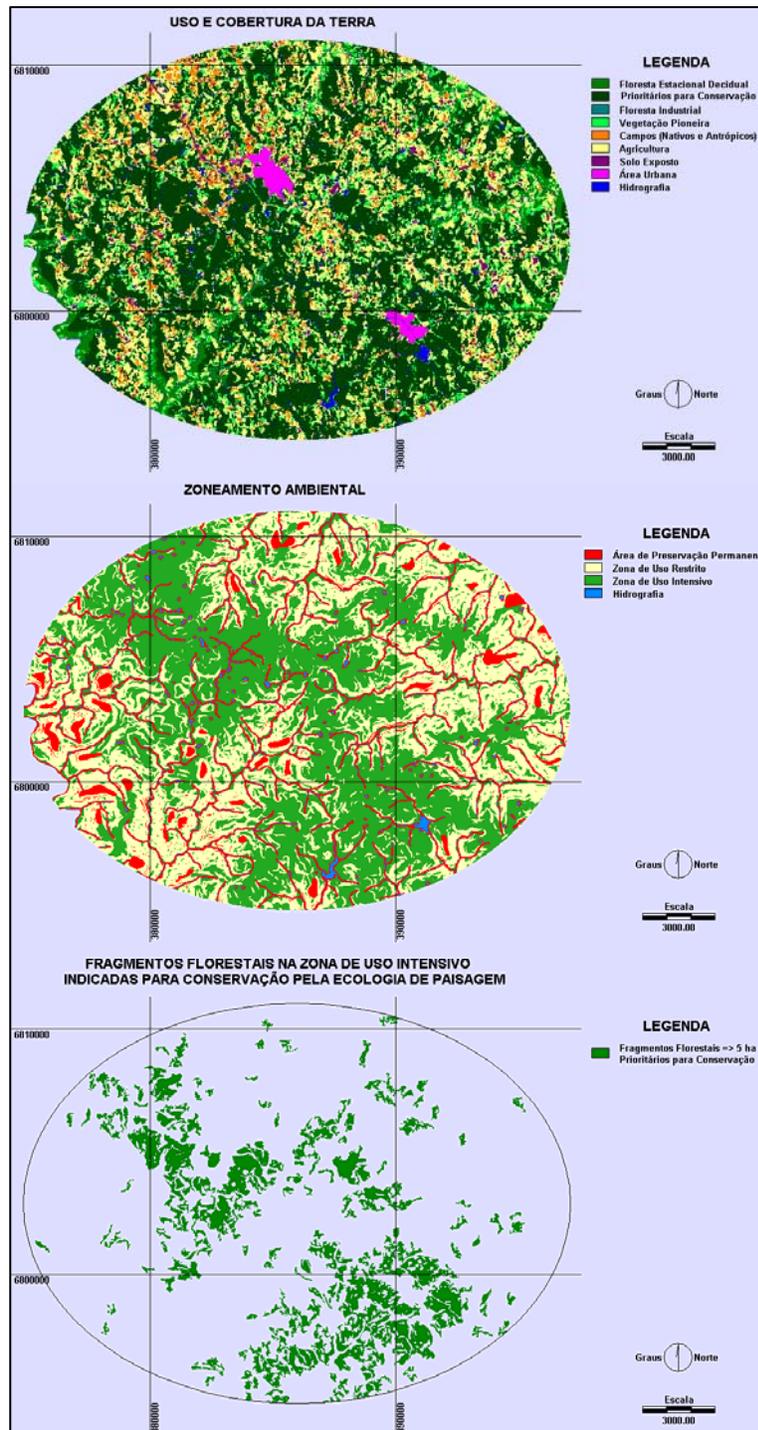


Figura 5. Demonstração da área de conservação na área de uso intensivo.