

Diagnóstico da situação do entorno da Reserva Florestal Embrapa/Epagri de Caçador usando imagem de alta resolução Ikonos

Gilberto Kurasz¹
Yeda Maria Malheiros de Oliveira²
Nelson Carlos Rosot¹
Maria Augusta Dostzer Rosot²

¹Universidade Federal do Paraná –UFPR
Jardim Botânico – Campus III - 80210-170 – Curitiba – Pr, Brasil
{gil, ncrosot}@floresta.ufpr.br

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA
Caixa Postal, 319 - 83411-000 – Colombo – Pr, Brasil
{yeda, augusta}@cnpf.embrapa.br

Abstract: The Forest Reserve Embrapa/Epagri is located in the Santa Catarina State, Brazil, in an area of great economical importance. The region is under intense anthropogenic process of soil occupation, with the consequent reduction of its biodiversity. In this context, this paper objectives to analyze the pattern of forest fragmentation in the surroundings (neighborhood), defined as the landscape which is located until 2 km around the Reserve, which is one of the most important and representative remnant of the Mixed Ombrophilous Forest, also called Araucarian Forest. For the analysis it was developed a land use map by visual interpretation and field work, using a high resolution orbital digital image (Ikonos). The obtained land use classes were used to perform the analysis, which consisted of some traditional Landscape Ecology metrics. It was concluded that the surroundings quality is important for the conservation strategy of the Conservation Unit. The presence of forest plantation in the perimeter of the Reserve is strategic for the reduction of the edge effect impact. It was also verified that more than 80% of the fragments possess smaller area than 5 ha, and the form of the largest ones comes irregular, with a density of 1,02 fragments/100 ha, what indicates a high forest fragmentation. It was also possible to verify that the environmental law needs to be implemented around the Reserve, considering that the riparian areas would act as natural corridors connecting the smaller fragments to the Conservation Unit.

Palavras-chave: ecologia de paisagem, métricas, Floresta Ombrófila Mista, Floresta com Araucaria, sensoriamento remoto, landscape ecology, metrics, mixed ombrophylous forest, Araucarian Forest, remote sensing

1. Introdução

A expansão antrópica tem intensificado as pressões sobre áreas com florestas naturais que, muito freqüentemente, não resistem à rápida ampliação da fronteira agrícola e projetos urbanos. Entretanto, tem crescido também, as preocupações com a qualidade de vida e o balanço entre áreas vegetadas e áreas intensamente povoadas (Oliveira, 2000), e alguns desses esforços tem sido materializados sob a forma de Unidades de Conservação (UC's). Para Viana et al. (1998), entretanto, a definição de estratégias para a conservação da biodiversidade deve ultrapassar os limites das UC's e considerar as características e potencial de conservação dos fragmentos vizinhos. Mas, deve-se considerar que, um dos principais problemas enfrentados quando do estabelecimento de estratégias de proteção às UC's, refere-se à falta de políticas em âmbito nacional, regional e local que permitam e visem a conexão entre áreas vegetadas, o que acaba transformando essas áreas em verdadeiras "ilhas verdes" susceptíveis às influências externas totalmente desfavoráveis a sua existência (Gomes, 2001). Tal conceito foi concebido por MacArthur & Wilson, em 1967, considerando que fragmentos florestais localizados em área de intensa ação antrópica assemelham-se às ilhas oceânicas, separadas dos continentes aos quais estiveram ligadas em outras épocas. Os fragmentos remanescentes,

às vezes pequenos e muito alterados, estão normalmente ilhados em meio a grandes áreas agrícolas e sofrem assim forte pressão antrópica, onde as principais formas de distúrbios referem-se a extração de lenha, de plantas medicinais e ornamentais, fogo, invasão de espécies animais e vegetais exóticas e isolamento de outras florestas. Como consequência disso, têm-se alterações profundas nas funções ecológicas destas florestas, como extinção local de espécies, desequilíbrio nas taxas de reprodução e crescimento, o que afeta populações de espécies arbustivo-arbóreas; problemas na estrutura genética das populações arbóreas, como consequência do baixo fluxo gênico entre fragmentos, retardamento do processo sucessional pela ausência de fontes naturais de propágulos de espécies tardias e prejuízos nas interações planta-animal, com o desaparecimento de dispersores e polinizadores. Estes distúrbios tendem a ser mais drásticos quanto menor o fragmento e quanto maior o seu isolamento e são mais intensos nas suas bordas (Silva & Martins, 2001).

O entendimento das relações espaciais entre fragmentos florestais, das interações e das mudanças estruturais de uma paisagem, tem sido objeto de estudo da Ecologia da Paisagem, que analisa como os elementos da paisagem são configurados em relação aos outros, e como tal estrutura influencia os padrões e processos ecológicos (Wiens & Milne, 1989). Para Metzger (2001), a Ecologia de Paisagens é uma nova área de conhecimento dentro da ecologia, marcada pela existência de duas principais abordagens: uma geográfica, que privilegia o estudo do homem sobre a paisagem e a gestão do território; e a outra ecológica, que enfatiza a importância do contexto espacial sobre os processos ecológicos, e a importância destas relações em termos de conservação biológica. Para Forman & Godron (1986) a paisagem no âmbito geocológico, pode ser vista como um conjunto de ecossistemas que interagem em diferentes níveis hierárquicos, sendo traduzida como um mosaico de sistemas cuja estrutura é vista em relação a padrões espaciais de heterogeneidade. Neste enfoque, a escala é um elemento de extrema importância para a compreensão dos geocossistemas ou paisagens. Assim, a estrutura, a função e a dinâmica das paisagens dependerá da escala de análise (Forman, 1995).

O presente artigo tem por objetivo mapear a paisagem no entorno da Reserva Florestal Embrapa/Epagri utilizando imagem de alta resolução (Ikonos) de modo a diagnosticar o seu estado atual como “zona tampão” para a área da Reserva, isto é, sua capacidade de atuar como amortecedor para as atividades fora da área protegida.

2. Materiais e métodos

A área onde está localizada a Reserva Embrapa/Epagri foi declarada área de utilização pública há aproximadamente 56 anos, através do Decreto nº 25.407, de 30 de agosto de 1948. Esta área pertence formalmente à EMBRAPA, mas está sob contrato de comodato junto à EPAGRI (Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária) e é um dos maiores **remanescentes contínuos** (1.157,48 ha) com vegetação característica do bioma Floresta Ombrófila Mista (FOM). A Reserva Florestal localiza-se no município de Caçador, região centro-oeste do Estado de Santa Catarina (**Figura 1**), situando-se entre as coordenadas geográficas 50° 59' e 50° 53' de longitude Oeste de Greenwich e de 26° 49' e 26° 53' de latitude Sul, com altitude que varia de 900 a 1.104 metros s.n.m., nos planaltos elevados do Rio Uruguai no Alto Vale do Rio do Peixe.

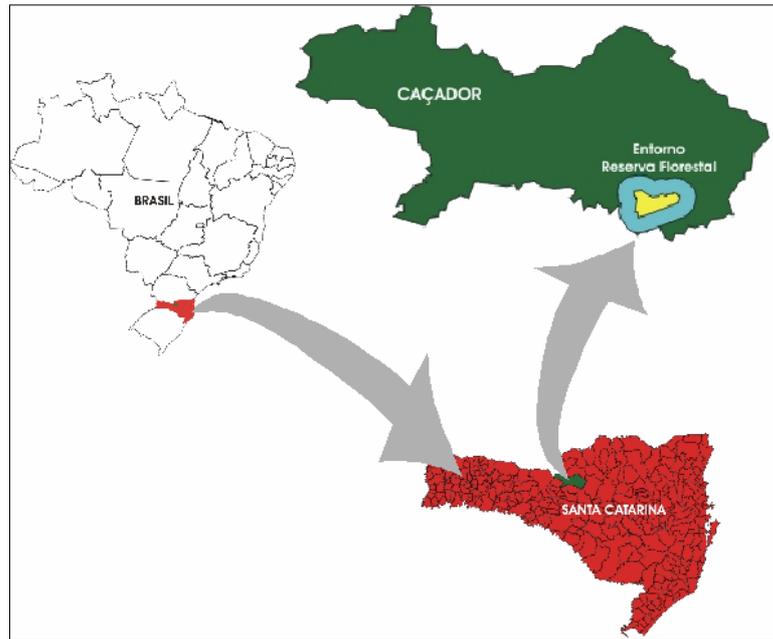


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Para realização desse estudo foi empregada uma imagem orbital digital do sensor Ikonos, composição colorida das bandas espectrais NGB, resolução espectral de 1 metro, datada de 17/02/2004, tratada no ambiente computacional do *ArcView* 3.2a (ESRI). Inicialmente gerou-se um *buffer* - zona tampão - de 2 km ao redor de todo o limite da Reserva em função das dimensões da sub-cena Ikonos. O mapa de cobertura do solo (**Figura 2**), foi obtido por meio da interpretação visual da imagem e poligonização das unidades de paisagem na tela do computador considerando-se os diferentes padrões tonais, o tamanho, a forma e a textura, no software *ArcView* 3.2a. Ao mesmo tempo em que se criavam os polígonos, possibilitou-se a edição dos atributos, referentes às categorias e tipos de cobertura (ou unidades de paisagem) ocorrentes na área de estudo.

A abstração do fenômeno vegetação visando um estudo da ecologia da paisagem exige sua discretização em unidades de paisagem, unidades básicas de trabalho, representados por polígonos com atributos. No presente trabalho, os descritores da estrutura da paisagem foram calculados com o auxílio do software *ArcView* 3.2a, ferramenta que possibilita a busca e consulta dos atributos atrelados aos polígonos que representam as unidades de paisagem.

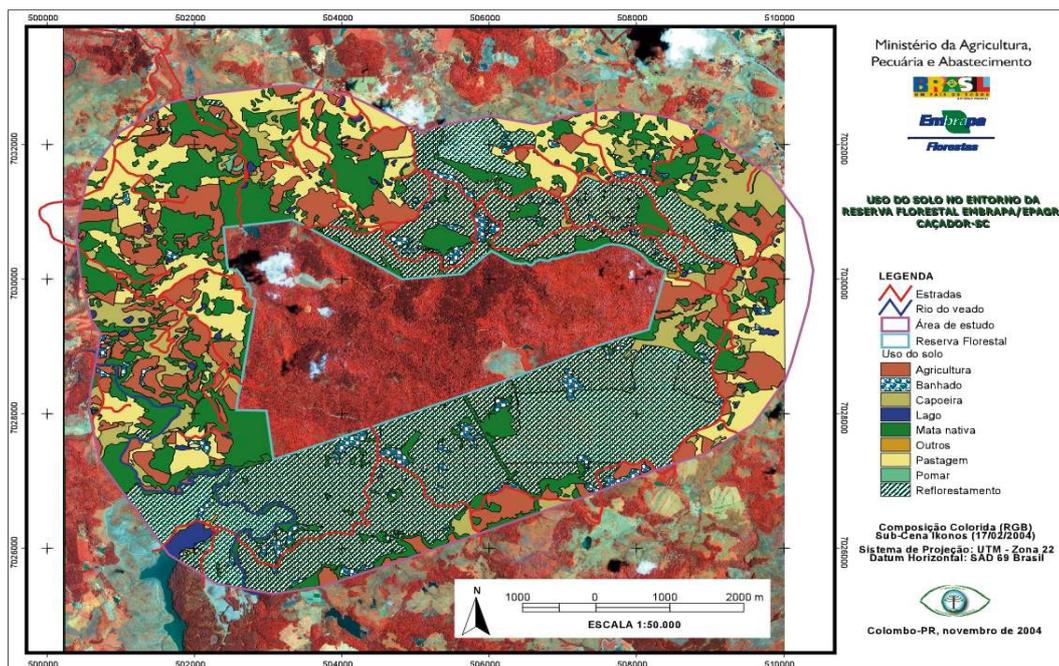


Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo no entorno da Reserva Florestal Embrapa/Epagri de Caçador-SC.

A forma vetorial de representação das informações referentes à cobertura do solo da paisagem estudada no SIG foi adotada, já que a digitalização sobre a imagem foi feita com topologia arco-nó-polígono inerente ao software utilizado. Finalmente, as informações obtidas foram integradas no SIG, que permitiu a realização das análises espaciais que possibilitaram a descrição da estrutura e o padrão da paisagem do entorno da Reserva.

3. Resultados e Discussão

A interpretação visual da imagem Ikonos resultou em um mapa temático que reflete a forma e as relações topológicas das unidades utilizadas na análise da ecologia da paisagem, representadas por polígonos e seus atributos. A metodologia de mapeamento permitiu o delineamento de unidades de paisagem com detalhamento equivalente a escala de 1:6.000. Para esse trabalho não foi realizado o cálculo da acurácia da interpretação, uma vez que a poligonização e verificação das classes foram realizadas “in loco” em paralelo às viagens de reconhecimento e coleta de dados na área de interesse (Reserva).

O uso do solo predominante no entorno da Reserva é representado pelos reflorestamentos, totalizando 37,85% de sua área (*buffer* de 2 km), seguidos de vegetação nativa (21,64%), conforme **Tabela 1**.

Tabela 1 – Uso e cobertura do solo do entorno da Reserva Embrapa/Epagri.

Classes	Área (ha)	%	Nº. fragmentos
Reflorestamentos	1.666,28	37,85	48
Vegetação nativa	952,74	21,64	248
Agricultura	628,61	14,28	130
Pastagem	625,19	14,20	66
Capoeiras	329,51	7,48	84
Várzeas	141,43	3,21	108
Corpos d' água	45,43	1,03	60
Outros	9,39	0,21	11
Fruticultura	4,26	0,10	3
Total	4.402,84	100,00	758

Como os reflorestamentos (com *Pinus* sp.) são os maiores confrontantes da Reserva, ocupando 29,53% do seu perímetro ao sul (~5093,30 m) e 30,68% ao norte (~5290,85 m), tais plantações florestais podem garantir o baixo fluxo de pessoas e caçadores circulando livremente pela área, uma vez que essas propriedades são particulares e possuem serviços de vigilância e segurança. Por outro lado, como são extensas áreas ocupadas por espécies exóticas que se adaptam facilmente às condições locais, é necessário o monitoramento e o controle de sua expansão através do Manejo Florestal. As atividades de reflorestamentos atenuam o efeito de borda em fragmentos florestais, diminuindo o risco de incêndios florestais, pois os proprietários adotam práticas de prevenção e combate (Viana et al.,1998), normalmente ausente na maior parte das propriedades agropecuárias que não possuem reflorestamentos. Os reflorestamentos como zona tampão podem, portanto, representar um grande benefício para a conservação de fragmentos florestais nativos, fato também constatado por Viana et al. (1998). Cerca de 44,21% do perímetro sul da Reserva está ocupado com plantios de *Araucaria angustifolia* em estágio avançado de desenvolvimento, o que representa um ponto positivo para sua conexão com a Reserva, já que se trata de espécie nativa com sub-bosque estabelecido. Assim, pode ser considerado uma extensão de sua área, favorecendo a manutenção e circulação da fauna existente.

A classe “vegetação nativa” apresentou o maior número de fragmentos na área estudada (248), sendo que destes apenas 45 (18,15%) possuem área maior que 5 ha (**Figura 3**). Viana et al.(1998) mapearam fragmentos com área mínima de 4 ha. O presente trabalho, entretanto, considerou fragmentos com área maior/igual a 5 ha, concordando com DITT (2002), segundo o qual, áreas menores são mais susceptíveis a erros de interpretação de imagem. Na **Tabela 2** são apresentados os resultados obtidos utilizando-se a ferramenta *Patch Analyst* do *ArcView* 3.2a.

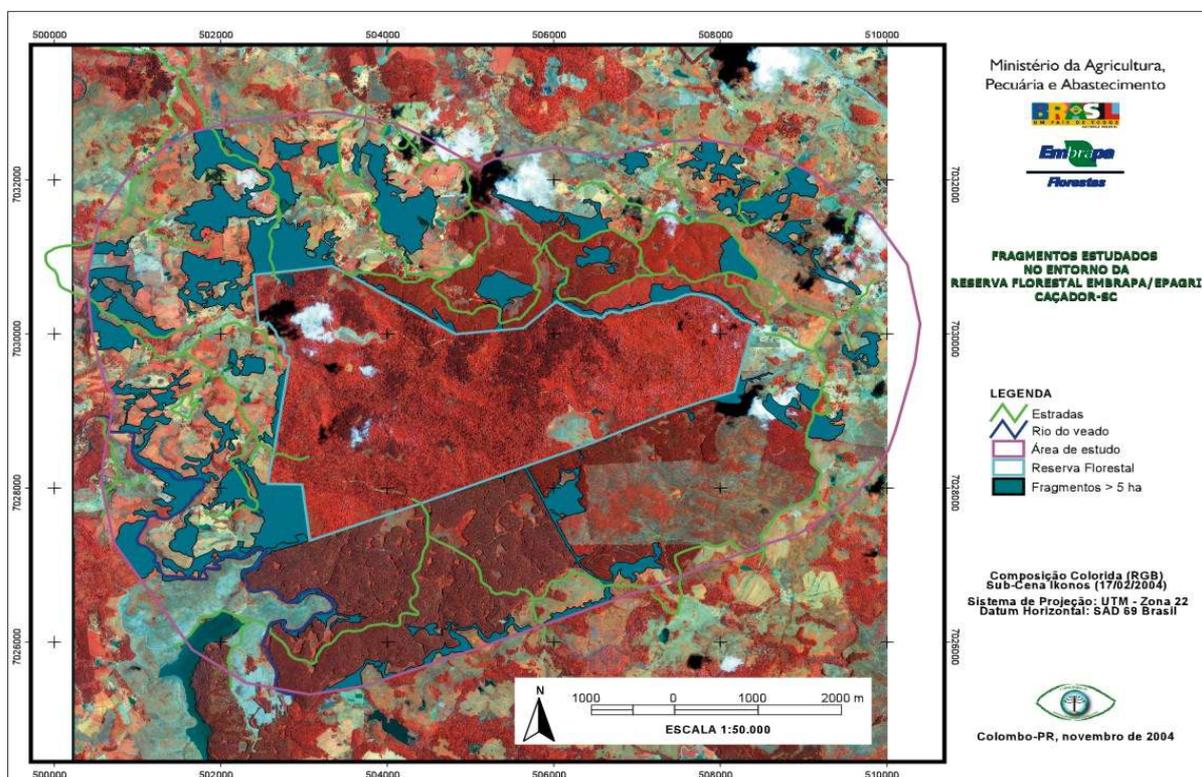


Figura 3 - Fragmentos localizados no entorno da Reserva Florestal Embrapa/Epagri de Caçador-SC.

Tabela 2 – Métricas de paisagem para os fragmentos florestais do entorno.

Métricas avaliadas	Valores encontrados
Somatório total da área dos 45 fragmentos com área > 5 ha	765,83 ha
Área total da paisagem (<i>buffer</i> de 2 km ao redor da Reserva, excetuando-se sua área)	4.402,85 ha
Percentual da paisagem coberta por fragmentos florestais nativos	17,39%
Densidade dos 45 fragmentos com área > 5 ha	1,02 / 100 ha
Tamanho médio dos 45 fragmentos com área > 5 ha	17,02 ha
Coefficiente de variação do tamanho dos 45 fragmentos com área > 5 ha	±76,53%
Desvio padrão do tamanho dos 45 fragmentos com área > 5 ha	±13,03 ha
Número de fragmentos com área de habitat interior	15
Somatória total dos 15 fragmentos com área de habitat interior	168,97 ha
Percentual da área de habitat interior dos 15 fragmentos	22,06%
Densidade considerando área de habitat interior dos 15 fragmentos	0,34 / 100 ha

O percentual de área coberta pelos 45 fragmentos (com área > 5 ha) estudados foi de 17,39%, o que indicou a ocorrência (densidade) de 1,02 fragmentos a cada 100 ha, onde o tamanho médio destes foi de 17,02 ha. O desvio padrão e o coeficiente de variação do tamanho dos 45 fragmentos com área > 5 ha foram ±13,03 ha e ±76,53%, respectivamente, os quais expressam a existência de uma grande dispersão dos valores observados (área dos fragmentos) em relação à média, já que 80% dos fragmentos apresentou área inferior a 5 ha.

O valor do índice de circularidade ou fator de forma é a relação entre a área de um fragmento e seu perímetro é um parâmetro útil para a análise da vulnerabilidade dos fragmentos a perturbações, já que dá indicativos sobre o efeito de borda (Viana et al, 1998). Para os 45 fragmentos considerados, tal índice indicou que 15,56% dos fragmentos apresentaram forma alongada ou irregular ($0,8 > \text{índice/fator} > 0,6$), enquanto 84,44% apresentaram forma bastante irregular ($\text{índice/fator} < 0,6$), forma esta que se distancia bastante do círculo. Provavelmente são unidades com maiores probabilidades de sofrerem as consequências negativas do efeito de borda, com área de hábitat interior (área muitas vezes denominada de “core”, onde há menos influência da vizinhança e ações externas) minimizada.

Com o objetivo de se investigar qual o efeito espacial da redução no tamanho dos fragmentos no contexto da paisagem local e para caracterizar melhor a análise, exercitou-se um cenário temporal bastante provável, considerando um efeito de borda que reduziria, ao longo de um futuro próximo, o tamanho de fragmentos numa razão de 50 metros a partir de sua borda. Com esta abordagem preditiva, verificou-se que apenas 22,06% dos fragmentos devem possuir área de habitat interior. Assim, em função de uma possível ação antrópica, a diminuição no número de fragmentos existentes na área estudada poderá ser acentuada no médio/longo prazo, já que a redução seria de 45 para 15 fragmentos, ou seja, de uma densidade de 1,02 fragmentos (situação atual) para 0,34 a cada 100 hectares (hipótese analisada). Tal situação também poderá estar associada ao baixo índice de circularidade da maioria dos fragmentos e às pequenas dimensões das ilhas ecológicas, o que poderá não garantir a sua permanência na área (**Figura 4**).

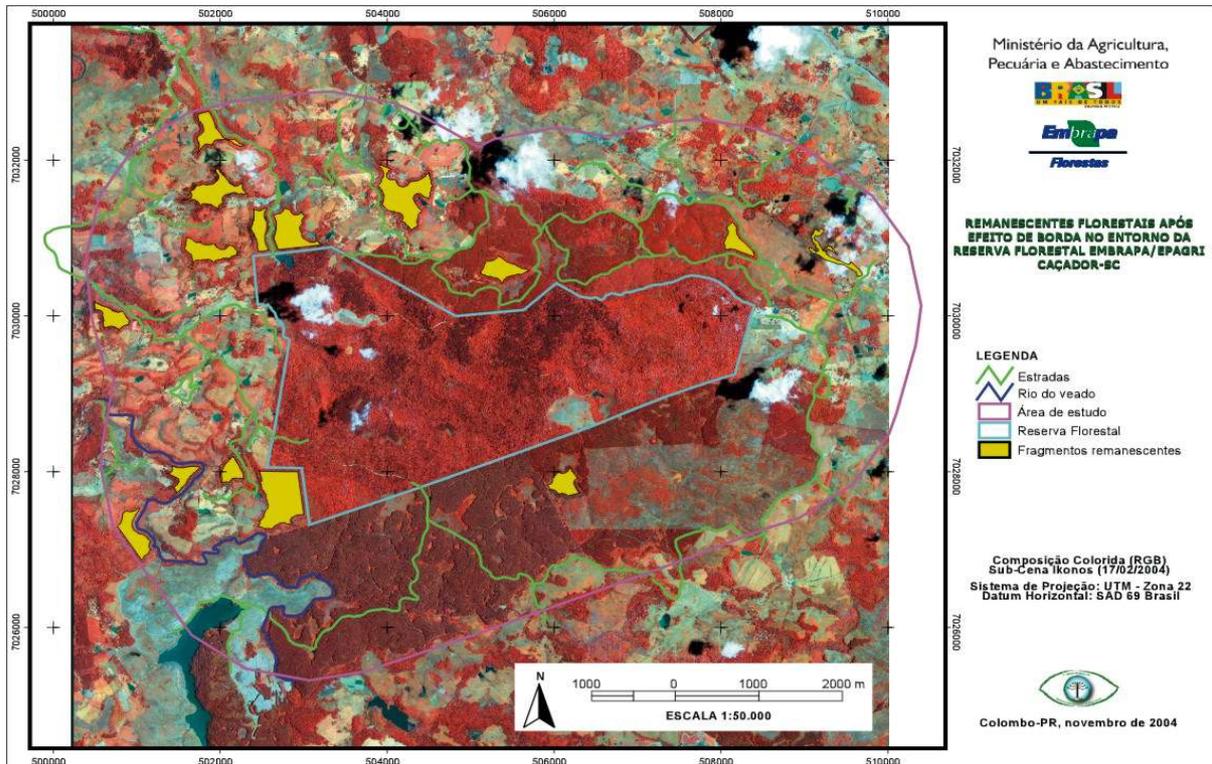


Figura 4 - Fragmentos remanescentes ao efeito de borda no entorno da Reserva Florestal Embrapa/Epagri de Caçador-SC.

4. Conclusões

A degradação de fragmentos florestais é o resultado da complexa interação entre fatores inerentes ao processo de fragmentação, como a redução de suas áreas, maior exposição ao efeito de borda e a constante pressão antrópica, que se combinam e manifestam gerando diferentes formas de degradação. A Ecologia de Paisagem, como ferramenta para o estudo do padrão de fragmentação do uso do solo, tem recebido contribuições de várias áreas da ciência e, recentemente, as facilidades patrocinadas pelo desenvolvimento da informática, permitiram a definição de métricas que usam relações espaciais como metodologia associada aos levantamentos de campo, para analisar diferentes aspectos da paisagem. O trabalho teve como foco a proteção de uma Reserva Florestal que, por seu tamanho e conservação, é de grande importância com Unidade de Conservação. Dentre os vários conjuntos de métricas, selecionou-se para o presente trabalho aquelas que envolvem as classes de tamanho dos fragmentos, forma dos mesmos, vizinhança e o risco de degradação, representado por um exercício que simula o efeito de borda envolvendo os fragmentos de maior tamanho na paisagem considerada. Concluiu-se que:

- A definição de estratégias para a proteção das UC's deve considerar os fragmentos vizinhos;
- Mais de 80% dos fragmentos vizinhos à Reserva Florestal possuem menos que 5 ha;
- Os fragmentos existentes no entorno da Reserva, em sua maioria, possuem forma bastante irregular, além das dimensões reduzidas;

- A zona tampão representada pelos reflorestamentos com espécies exóticas (*Pinus* spp) e a espécie nativa *Araucaria angustifolia* constitui-se em uma das estratégias bem sucedidas para a atenuação do efeito de borda sobre a Reserva;
- A paisagem não é homogênea, se analisados os diferentes usos do solo no entorno da Reserva, mas não apresenta um grau de isolamento preocupante, podendo-se ampliar ainda mais a conectividade entre os maiores fragmentos ao redor da Reserva, pela simples obediência à legislação que prevê matas ciliares ao longo dos cursos d'água, que podem atuar como corredores ecológicos; sistemas agroflorestais nas áreas de reserva legal também poderiam favorecer a diminuição do isolamento entre os fragmentos florestais; recomenda-se que sejam planejados corredores ao longo dos cursos d'água, como prevê a legislação ambiental;
- Uma simulação, visando analisar o efeito de borda pela diminuição do tamanho dos fragmentos numa razão de 50 metros a partir de seu limite exterior permitiu prever uma redução intensa no número de fragmentos existentes na área, em função da atividade antrópica;
- a fragmentação do entorno da Reserva está relacionada ao processo de uso e ocupação do solo, que na maioria das regiões brasileiras, privilegia o uso não planejado e não sustentável das paisagens em nível regional;
- o conjunto de descritores e índices utilizados permitiu quantificar a estrutura espacial das unidades de paisagem, além de algumas relações entre estes. Os índices de Ecologia da Paisagem, em nível de classe de uso e ocupação, permitiram analisar de maneira satisfatória a estrutura florestal do entorno, assim como conhecer seu padrão de fragmentação florestal. Entretanto, outros índices e métricas já disponíveis em literatura deverão ser incorporados aos já envolvidos no trabalho, possibilitando uma análise mais complexa da paisagem local.

5. Referências Bibliográficas

- Ditt, E.H. **Fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema**. São Paulo: Annablume/Ipê/IEEB, 2002. 140 p.
- Forman, R.T.T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge University press, 631p. 1995.
- Forman, R.T.T., Godron, M. **Landscape ecology**. New York : John Wiley, 1986. 619p.
- MacArthur, R.H. **Geographical ecology: patterns in the distribution of species**. New York : Harper & Row, 1972. 269p.
- Gomes, L. J.; Carmo, M. S. do, e Santos, R. F. dos. **Conflitos entre a conservação e o uso da terra no entorno do Parque Nacional da Serra da Bocaina**. 2001. Disponível em: <[http://mutuando.com.br/EncontroInternacional/Resumo dos Trabalhos.html](http://mutuando.com.br/EncontroInternacional/Resumo%20dos%20Trabalhos.html)>. Acesso em 01 set. 2004.
- MacArthur, R.H.; Wilson, E.O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967, 203 p.
- Metzger, J. P. **O que é ecologia de paisagens?** Biota Neotrópica. USP: São Paulo. vol. 1, n. 1 e 2, 2001.
- Oliveira, Y. M. M. de. **Investigation of remote sensing for assessing and monitoring the araucaria forest of Brazil**. Oxford, UK, 2000. 247p. Tese. (Doutorado em Ciências Florestais) University of Oxford.
- Silva, N. R. S.; Martins, S. V. Considerações sobre conservação e restauração de fragmentos florestais. **Folha Florestal**. SUPREMA: Viçosa. 2001. n.99, p.7-8.
- Viana, V.M., Pinheiro, L.A.F.V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. In: **Série Técnica IPEF** v.12, n.32, p.25-42, 1998.
- Wiens, J. A.; Milne, B. T. Scaling of 'landscapes' in landscape ecology from a beetle's perspective. **Landscape Ecology**, vol. 3(2), p. 87-96, 1989.