

## Alterações na paisagem da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, Brasil

Eduardo Périco<sup>1</sup>  
Úrsula Arend<sup>1</sup>  
Gisele Cemin<sup>2</sup>  
Rafael Rodrigo Eckhardt<sup>1</sup>  
Fábio Júnior Secchi<sup>1</sup>  
Claudete Rempel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitário UNIVATES  
Rua Avelino Tallini, 171 - 95900-000 – Lajeado - RS, Brasil  
{perico, ursulaarend, rafare, fsecchi, crempel@univates.br}

<sup>2</sup> Universidade de Caxias do Sul (UCS)  
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - 95070-560 – Caxias do Sul – RS, Brasil  
gicemin@yahoo.com.br

**Abstract.** The Forqueta river Basin which covers three sub-basins and twenty cities has no almost areas of continuous forest, presenting mainly fragmented habitats separated by farms or urban areas. The work aims to evaluate the evolution process of the forested areas in the basin, between the years 1989 and 2008. The landscape characterization was conducted with the use of planimetric maps by DSG, scale 1:50,000, the Geographic Information Systems (GIS) ENVI and Idrisi, satellite images of Landsat 5, orbit-point 222/080, RGB bands 543 with passage of 20/09/1989 and LANDSAT 7 of 24/09/2008, respectively, GPS Garmin Vista C and landscape ecology software Fragstats 3.3. Necessary changes in the structure graphics were made in the AutoCAD Map software 2000. It was used classification supervised techniques (Maximum Likelihood-Maxlike) for generating the map of land use and occupation. After the creation of land cover and use maps of forested areas for the two years, it was calculation the landscape metrics. The results showed the regeneration of the forest in 79.9% between 1989 and 2008. In this process of growth forest, there was a decrease in the number of forest fragments in 31.1%, reducing the distance between them and a 120% increase in the core areas of the fragments. The fragments that contributed significantly to this increase were those with core area of less than 1 ha and 1-10 ha. Thus it appears that the reorganization of forested areas in the basin is going from small fragments, probably due to regeneration of agricultural or grazing areas.

Palavras-chaves: forestry areas, Geographic Information System (GIS), landscape metrics, ecology, áreas florestais, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), métricas de paisagem, ecologia,.

:

### 1. Introdução

A fragmentação de habitats pode ser entendida como um processo de transformação de uma matriz de vegetação natural em áreas menores, isoladas entre elas por ambientes diferentes do original. A fragmentação resulta, geralmente, em remanescentes florestais imersos em matriz de agricultura, vegetação secundária, solo degradado ou área urbanizada.

Esses fragmentos possuem suas margens expostas a intensidades de fatores abióticos que antes não se encontravam naquele lugar como, por exemplo, umidade, aumento da luminosidade, da temperatura e do vento, sendo que algumas destas condições alteradas podem ser fatais a algumas espécies ou favorecer a implantação de outras, principalmente oportunistas, que não ocupavam aquela área e assim acabam competindo com as espécies originais. Três elementos são essenciais para o estabelecimento e manutenção da diversidade em uma paisagem fragmentada: o número, o tamanho e a forma dos fragmentos, a distância entre eles, o efeito de borda e a forma e composição a matriz (Metzger, 2001)

A fragmentação florestal apresenta um caráter negativo, visto que altera as condições ambientais favoráveis às espécies, diminuindo a área de vida, favorecendo o endocruzamento e conseqüentemente a extinção de populações locais (Périco e Cemin, 2006).

Esses fragmentos possuem suas margens expostas a intensidades de fatores abióticos como, por exemplo, umidade, aumento da luminosidade, da temperatura e do vento, sendo que algumas destas condições alteradas podem ser fatais a algumas espécies ou favorecer a implantação de outras, principalmente oportunistas, que não ocupavam aquela área e assim acabam competindo com as espécies originais por fatores ambientais, esse é o chamado efeito de borda.

Soares Filho (1998) afirma que o tamanho de uma mancha (ou fragmento) é muito relevante, pois a capacidade de conter espécies no seu interior, quantidade de energia armazenada e até mesmo a distribuição da riqueza de espécies presentes na paisagem, dependem da área de borda em relação à área de interior, visto que fragmentos menores são compostos quase que exclusivamente por espécies de borda .

Os corredores são pequenas faixas estreitas de terra que diferem da matriz em ambos os lados, isolados em faixas ou ligados a outros fragmentos (Forman e Godron, 1986 A matriz é o elemento da paisagem mais conectado e extenso que circunda os fragmentos existentes. A matriz possui grande importância no funcionamento e sobrevivência do sistema, pois os fluxos de espécies, energia e matéria entre a matriz e seus elementos são dependentes de sua estrutura e composição (Barros, 2006).

A Bacia Hidrográfica do rio Forqueta está inserida na região geográfica Vale do Taquari (Figura 1), entre as latitudes 29° 30' e 28° 49'S e as longitudes 52°00' e 52° 45' W no nordeste do estado do Rio Grande do Sul totalizando 2.845.989 Km<sup>2</sup> de área.

As áreas de vegetação nativa são constituídas por fragmentos remanescentes de vegetação e pelos campos. Originalmente a região era constituída por duas formações florestais: a Floresta Estacional Decidual e Floresta Ombrófila Mista-Mata de Araucária que, atualmente, encontram-se fragmentadas em diferentes estádios de sucessão ecológica.

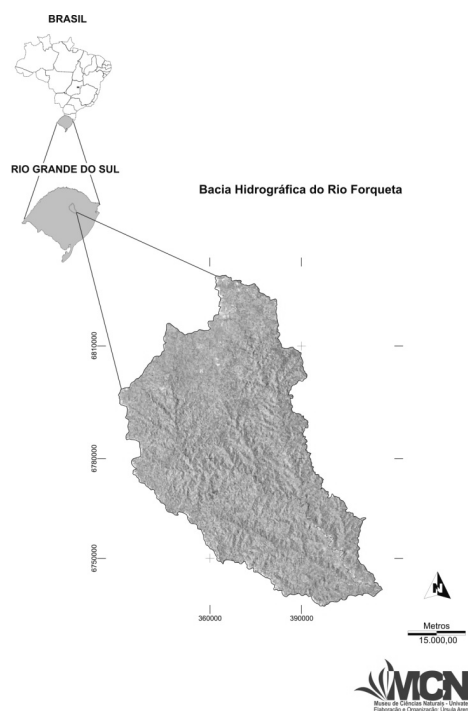


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta, RS.

O planejamento ambiental através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento, modelagem matemática e análise da paisagem, pode ser utilizado como uma importante ferramenta para a tomada de decisão na ordenação do processo de parcelamento e ocupação do solo da região, com vistas à sustentabilidade possibilitaria a distinção de áreas potencialmente agricultáveis daquelas destinadas à preservação e à recuperação ambiental, subsidiando a indicação de formas viáveis de exploração racional das terras, capazes de garantir a sustentabilidade da agricultura familiar da região.

Os dados obtidos serão disponibilizados para as prefeituras e para o Conselho de Desenvolvimento Regional (COREDE) da região. Isto viria a preservar a integridade dos ecossistemas, a sobrevivência e o bem estar das gerações atuais e futuras.

## 2. Metodologia

As imagens utilizadas foram obtidas do satélite TM Landsat 5e ETM<sup>+</sup> LANDSAT 7, gratuitamente, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. As imagens são da órbita-ponto 222/080, RGB bandas 543 com passagem em 20/09/1989 e 24/09/2008, respectivamente.

Os procedimentos metodológicos relacionados com o pré-processamento das imagens de satélite, como a correção radiométrica, normalização radiométrica, o georreferenciamento, o registro e o recorte foram realizados no *software* ENVI 4.5, enquanto que os mapas de uso e cobertura da terra foram gerados no SIG Idrisi Andes 15 (Eastman, 2006). Do conjunto de bandas do satélite Landsat disponibilizadas foram utilizadas as bandas 3 (Vermelho), 4 (Infravermelho Próximo) e 5 (Infravermelho Médio).

O georreferenciamento realizado nas imagens de 1989 e de 2008 utilizou 15 pontos de controle medidos nas cartas topográficas que cobrem toda a área de estudo, em escala 1:50.000, elaboradas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG, 1979). O erro médio quadrático (RMS) do georreferenciamento foi controlado com valor inferior a 1 pixel, ou seja, inferior a 30 m<sup>2</sup>. A distribuição dos pontos de controle foi realizada de modo que cada quadrante da área de estudo recebesse, pelo menos, 20% do total de pontos. Por último, a disponibilidade do limite da bacia hidrográfica permitiu a criação de uma máscara para realizar o recorte das bandas georreferenciadas do conjunto de imagens.

As áreas florestadas da bacia hidrográfica do Rio Forqueta foram classificadas pelo método supervisionado da Máxima Verossimilhança Gaussiana. As amostras de treinamento utilizadas para treinar o classificador foram coletadas sobre uma composição colorida procurando compreender toda a variação dos níveis de cinza das áreas florestais. As imagens temáticas resultantes das áreas florestais, para cada ano analisado, foram validadas de forma heurística.

Em virtude do presente estudo focar a análise dos fragmentos florestais, os demais usos da terra foram agrupados em uma única classe temática, representada pelas áreas de uso antrópico. Assim sendo, foram gerados os mapas temáticos do uso e cobertura da terra para o ano de 1989 e 2008. Esses mapas foram submetidos ao *software* Fragstat 3.3 (MACGARIGAL et. al.) para gerar as métricas de fragmento.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Cobertura vegetal da bacia nos anos de 1989 e 2008

A figura 2 apresenta as classes de uso e cobertura da terra na bacia no ano de 1989 e 2008. A análise heurística dos mapas do uso e cobertura da terra, nos dois anos, demonstra o aumento de áreas florestadas em praticamente toda a extensão da bacia, com exceções as regiões noroeste e sudeste da bacia, onde o incremento de floresta não é tão evidente. A maior

concentração de machas florestais está na região central, onde se encontram também as maiores declividades.

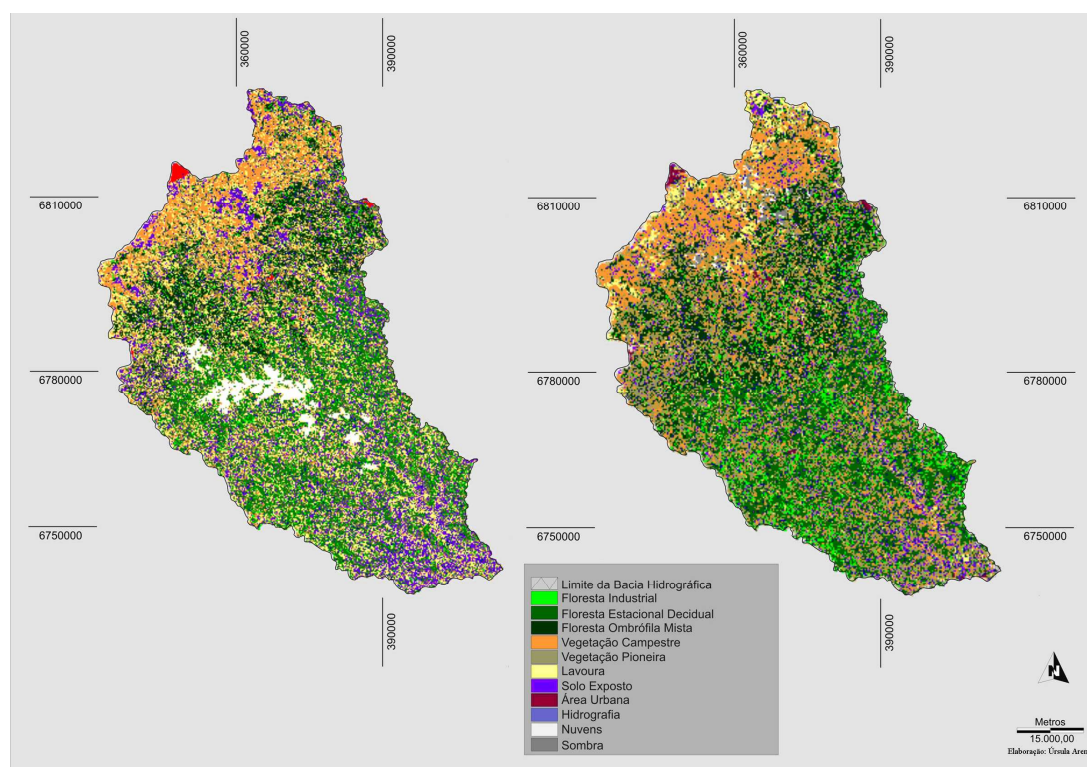


Figura 2. Classificação supervisionada de uma imagem TM do satélite LANDSAT 5 (passagem em 04/05/1989) e um imagem ETM+ do satélite LANDSAT 7 (passagem em 26/02/2008), ambas composição colorida RGB543.

Fonte: Modificada INPE (2010).

O cálculo do total de floresta e de áreas não florestadas, realizado com o *software* Fragstat 3.3 indicou um acréscimo de 79,9% sobre o total de área florestada de 1985 para 2007, apresentando um incremento médio de 6,7% de floresta por ano. As áreas não florestadas diminuíram 21,8% em 19 anos, representando um decréscimo de 1,2% ao ano.

### 3.2 Análise da fragmentação Florestal

Os índices gerados pelo *software* Fragstats 3.3 para a análise do uso e cobertura da terra pela classe Área Florestada referente aos anos de 1989 e 2008, indicam um aumento na área florestada da bacia de 21,39% em 1989 para 38,51% em 2008. A diminuição da taxa de crescimento anual da floresta deve-se provavelmente a indisponibilidade de áreas que possuam potenciais para regeneração florestal tais como os centros urbanos e áreas agriculturáveis próximas a eles.

A tabela 1 apresenta os índices da fragmentação florestal da bacia hidrográfica do rio Forqueta para os anos de 1989 e 2008.

Observa-se que o número de fragmentos diminuiu nos dois anos em estudo. Ocorreu um decréscimo de 31,1% na quantidade de fragmentos de 1989 ( $n=10.779$ ) para 2008 ( $n=7.432$ ). Essa redução na fragmentação florestal é devido, principalmente, ao processo de fusão de fragmentos vizinhos que origina fragmentos maiores.

O índice do maior fragmento quantifica o percentual da área total da paisagem composta pelo maior fragmento e apresentou aumento significativo entre os dois anos. Esse também um índice influenciado pela regeneração da matriz entre os fragmentos.

Tabela 1 - Métricas dos fragmentos de mata nos anos de 1989, 2008. Para a Distância média entre os fragmentos é indicado o desvio padrão ( $\pm$ DP).

<b>Métrica</b>	<b>1989</b>	<b>2008</b>
<b>Número de Fragmentos</b>	10.779	7.432
<b>Índice do maior fragmento (%)</b>	0,49	6,99
<b>Distância média entre fragmentos (m) (<math>\pm</math>DP)</b>	125,88 (87,21)	119,61 (76,03)

A distância média entre os fragmentos mais próximos demonstrou declínio de 125,87m em 1989 para 119,61m em 2008. Essa redução na quantidade de fragmentos menores, e o conseqüente aumento do tamanho deles, contribuíram para o acréscimo da distância entre eles.

A métrica distância média entre fragmentos vizinhos possui grande importância na manutenção da biodiversidade, pois quanto menor a distância entre dois fragmentos, maior a taxa de recolonização pela imigração de indivíduos de outras populações e também maior mobilidade de dispersores e polinizadores (Barros, 2006).

Segundo a Teoria da Biogeografia de Ilhas (Mcarthur e WILSON, 1967), fragmentos mais próximos de áreas que podem fornecer migrantes, apresentam maior diversidade. Na teoria das Metapopulações fragmentos pequenos e algumas vezes mais distantes podem apresentar mais diversidade, dependendo da espécie estudada, bem como do tamanho da área, fatores como a presença de bordas e a configuração geral da paisagem (Hansky et al., 1996).

Constata-se que o isolamento dos fragmentos é relativamente elevado (>100m). Essa distância é pouco expressiva para alguns grupos de plantas que têm a dispersão feita por mamíferos de pequeno e médio porte. Porém, para grupos mais sensíveis, pode ser considerada uma distância limitante para a movimentação de algumas espécies. Awade e Metzger (2008) observaram que algumas espécies de aves de sub-bosque evitam cruzar áreas abertas com distâncias superiores a 40 metros.

A composição da matriz também interfere nos processos de dispersão, tornando por vezes pequenas distâncias, entre fragmentos, totalmente intransponível a fauna ou a anemocoria. Ricketts (2001) verificou que a qualidade (tipo) de matriz interfere no fluxo de borboletas entre fragmentos de pradaria, influenciando significativamente no isolamento efetivo das manchas de habitat, tornando-as mais ou menos isoladas sem considerar a distância entre elas.

Antongiovanni e Metzger (2005) estudaram a influência da matriz de habitats sobre a ocorrência de sete espécies de aves insetívoras de sub-bosque em fragmentos florestais na Floresta Amazônica. Os resultados indicaram que as distâncias a partir da floresta contínua não influenciaram a frequência de ocorrências das espécies nas áreas de florestas secundárias. As espécies foram mais frequentes em pequenos fragmentos cercados por *Cecropia* spp. que por *Vismia* spp

A grande proporção de fragmentos apresenta tamanho entre menor que 1 e 10ha, 92,38% em 1989, 93,16% em 2008.

Ocorreu diminuição no número total de fragmentos, entre 1989 e 2008, na maioria das faixas de tamanho de fragmentos analisadas, no entanto as reduções significativas ( $\chi^2 = 13,706$ ,  $p < 0,0331$ ) encontram-se nos fragmentos compreendidos entre 1 a 10ha e maiores que 50ha.

Conforme aumenta a área dos fragmentos esses se tornam mais raros e assim, representam uma fração menor da cobertura vegetal da bacia. Esses índices indicam a existência de poucas áreas-fontes para a manutenção das populações estabelecidas em fragmentos menores.

Para Forman e Godron (1986) os grandes fragmentos são importantes para a manutenção da biodiversidade e de processos ecológicos em larga escala, enquanto que os pequenos fragmentos atuam como elementos de conectividade entre grandes áreas, favorecendo o fluxo de fauna e flora.

A quantidade de áreas centrais de fragmentos que uma paisagem apresenta, reflete a qualidade dos diversos habitats no interior dos fragmentos, pois é afetada pelas variações físicas e bióticas proporcionadas pelo efeito de borda.

A Tabela 2 apresenta os valores referentes à métrica Área Central dos Fragmentos, sendo considerada uma borda de 30m a partir da margem do fragmento.

Tabela 2 - Valores relativos as áreas centrais dos fragmentos.

Ano	1989	2008
<b>Total de áreas centrais (ha)</b>	35.115,30	77.439,51
<b>Média áreas centrais (ha) (<math>\pm</math>DP)</b>	3,26 (23,52)	10,42 (270,43)
<b>Percentual áreas centrais</b>	12,34	27,20
<b>Percentual de áreas centrais em relação a classe floresta</b>	57,67	70,65

Analisando a tabela 2 verifica-se um aumento significativo ( $\chi^2 = 80,531$ ,  $p < 0,0001$ ) da área central entre os dois anos estudados, com acréscimo de aproximadamente 120%, com uma taxa média de 6,4% por ano.

#### 4. Conclusões

No período estudado, de 19 anos, a Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta apresentou uma regeneração de floresta de 79%, principalmente nas áreas mais altas, onde a agricultura é mais difícil. Ocorreu uma diminuição de 31% no número de fragmentos florestais e um aumento de 120% nas áreas centrais dos fragmentos. Os fragmentos que mais contribuíram para este aumento, devido a fusão, foram aqueles com áreas entre 1 e 10ha. Os resultados indicam uma melhora, sob o aspecto ambiental, na bacia, provavelmente devido ao abandono e regeneração de áreas de agricultura e pastagens.

#### 5. Referências Bibliográficas

Antongiovanni, M.; Metzger J. P. Influence of matrix habitats on the occurrence of insectivorous bird species in Amazonian forest fragments. **Biological Conservation**, v. 122, p. 441-451, 2006.

Awade, M.; Metzger, J. P. Importance of functional connectivity to evaluate the effect of habitat fragmentation for three Atlantic Rainforest birds. **Austral Ecology**, v.33, p. 863-871, 2008.

Barros, F. Efeito de borda em fragmentos de Floresta Montana, Nova Friburgo – RJ. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro.2006.

DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro) **Cartas Topográficas**. Porto Alegre: Folhas: SH.22-V-D-I-4 de Marques de Souza, SH.22-V-D-I-3 de Sério, SH.22-V-D-I-2 de Nova Bréscia, SH.22-V-D-II-3 de Lajeado, SH.22-V-C-III-2 de Barros Cassal, SH.22-V-B-IV-1 de Nicolau Vergueiro, SH.22-V-B-IV-3 de Soledade-E, SH.22-V-B-IV-4 de Arvorezinha, SH.22-V-D-I-1 de Progresso, SH.22-V-B-IV-2 de Maria, SH.22-V-A-VI-4 de Maria. 1979.

Eastman, J. R. **Idrisi Andes Tutorial**. Worcester. Clark Labs University. 2006. 248p.

Forman, R. T. T.; Godron, M. **Landscape Ecology**. John Wiley. New York. 1986. 608p.

Hansky, I. ; Moilanen, A. ; Gyllenberg, M. Minimum viable metapopulation size. **American Naturalist**, v. 147, p. 527-541, 1996.

Macarthur, R. H.; Wilson, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. 1967.

Megarigal, K.; Cushman, M.C.; Neel, E. **FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps**, University of Massachusetts, Amherst, 2002. Disponível em: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>: Acesso em: 04 de outubro de 2006.

Metzger, J. P. O que é ecologia de paisagens? . **Biota Neotropica**, v. 1. n. 1/2, p. 271-287, 2001.

Périco, E.; Cemin, G. Caracterização do município de Arvorezinha, RS, com ênfase na dinâmica dos fragmentos florestais, por meio de sistemas de informações geográficas (SIGs), **Scientia Forestalis**, n.70, p. 09-21, 2006.

Ricketts, T H. The Matrix Matters: Effective Isolation in Fragmented Landscapes. **The American Naturalist**. v. 158, n. 1, p. 87-99, 2001.

Soares Filho, B. Modelagem da Dinâmica de Paisagem de uma Região de Fronteira de Colonização Amazônica (Tese de Doutorado), Escola Politécnica da USP. 1998

Tigas, L. A., Van Vuren, D. H., Sauvajot, R. M. Behavioral responses of bobcats and coyotes to habitat fragmentation and corridors in an urban environment. **Biological Conservation**, v.108, n. 3, p. 299-306, 2002.