

## Uso de sensoriamento remoto na análise da fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil

Michelle Bandeira Trindade<sup>1</sup>  
Sandro Barbosa Figueira<sup>2</sup>  
Hernande Pereira da Silva<sup>2</sup>  
Ana Carolina Borges Lins e Siva<sup>3</sup>  
Michael Schessl<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco – Depto. de Biologia  
CEP 52171-900 Recife – PE, Brasil  
amistadmbt@bol.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco – Depto. de Tecnologia Rural  
GEOSERE - Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto  
CEP 52171-900 Recife – PE, Brasil  
hernande@ufrpe.br  
sandrofigueir@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco – Depto. de Biologia  
CEP 52171-900 Recife – PE, Brasil  
anacbls@elogica.com.br

<sup>4</sup>Universidade de Ulm, Alemanha –  
Depto. de Biologia Sistemática e Ecologia  
michaelschessl@terra.com.br

**Abstract:** This work aimed to carry out a survey and to map Atlantic Forest fragments located in the Sao Jose Sugar Mill (268km<sup>2</sup>), Municipality of Igarassu/PE. Aerial photographs were used, taken in 1975, which have been digitized, georeferenced and vectorized. Fragments have been classified according to their size into: small (<10ha), medium (10-100ha) and large (>100ha); and their form, through the calculation of the rate between the fragment area and the area of a hypothetical circle of the same size. Fragments were classified as "very irregular" (index <0,4), "irregular" (between 0,4 and 0,65) and to "regular" (>0,65). A hundred and sixty fragments were mapped, covering 134km<sup>2</sup>, corresponding to 50% of the analyzed area. Approximately 42% of the fragments are smaller than 10ha and only 15% are larger than 100ha. Fragments "very irregular" correspond to 74%, covering 98% of fragments total area. In contrast, "regular" fragments represent only 4%, covering 0,08% of the total forested area.

**Palavas chaves:** Mapping, Remote Sensing, Atlantic Forest, Mapeamento, Sensoriamento Remoto, Mata Atlântica.

## 1. Introdução

A fragmentação da Floresta Atlântica pode ser entendida como o grau de ruptura de uma unidade da paisagem, inicialmente contínua (METZGER, 2003). Um dos processos que levou à fragmentação, em particular no nordeste do Brasil, foi o cultivo de extensas áreas de cana-de-açúcar, resultando em fragmentos de diversos tamanhos, formas e distâncias entre eles. Segundo Câmara (1991), os remanescentes de Mata Atlântica somam apenas 8% da área total que esta vegetação ocupava antes da colonização portuguesa do Brasil.

O processo de fragmentação de ambientes florestais tem sido documentado por diversos autores (MURCIA, 1995; YOUNG & MITCHELL, 1994; TABANEZ, 1997), os quais têm enfatizado, principalmente, o efeito de borda. Este é um processo de mudanças bióticas e abióticas nas margens dos fragmentos que leva a borda da mata a uma condição diferente do habitat interior (MURCIA, 1995). Além disso, a fragmentação de um ambiente florestal acarreta mudanças microclimáticas nas margens dos fragmentos, como aumento de temperatura e baixa umidade (YOUNG & MITCHELL, 1994). A estrutura florestal também é fortemente afetada após a fragmentação, uma vez que aumenta a densidade do estrato arbustivo na borda, enquanto o do estrato arbóreo diminui, visto que há maior mortalidade de indivíduos arbóreos (MURCIA, 1995) e maior quantidade de trepadeiras na borda da mata (TABANEZ, 1997).

Além da evidente redução na área original dos habitats, estudos relatam extinções locais e alterações na composição e abundância de espécies que levam à alteração, ou mesmo à perda, de processos naturais das comunidades. As respostas das comunidades vegetais e de cada espécie à fragmentação variam de acordo com diversos fatores como histórico da fragmentação, tamanho e forma, impactos das ações humanas atuais, grau de isolamento e a sensibilidade da comunidade e dos indivíduos de cada espécie a estes processos (MMA, 2003).

O mapeamento de fragmentos florestais é importante porque a partir dele obtêm-se diversas informações que possibilitam possíveis planos de conservação, como a implantação de corredores ecológicos, que são essenciais no controle de fluxos biológicos na paisagem reduzindo os riscos de extinção local e favorecendo recolonizações (METZGER, 2003).

Diversos estudos foram realizados para avaliar a fragmentação de ambientes naturais. Dentre estes, pode-se destacar o trabalho de Saatchi *et al.* (2001), no sudeste da Bahia; Jorge & Garcia (1997), em Botucatu/ São Paulo; Martins *et al.* (2002), no Município de Lagoa da Confusão, Tocantins; e Ditt (2002) no Pontal do Paranapanema, São Paulo. Em Pernambuco, um importante mapeamento de fragmentos da Mata Atlântica foi realizado por Ranta *et al.* (1998), na região sul desse Estado, onde um dos destaques do seu trabalho foi quanto à forma e o tamanho dos fragmentos.

Neste contexto, objetivou-se com esse trabalho realizar um levantamento e mapeamento dos fragmentos de Mata Atlântica de uma área na região norte de Pernambuco, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto, que serve como ferramenta ou suporte na geração de informações e estudos temáticos.

É importante salientar que este trabalho está incluso em um projeto binacional Brasil-Alemanha (Ecologia das Comunidades Vegetais em Fragmentos de Floresta Atlântica, Pernambuco/Brasil).

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na Usina São José, localizada entre as coordenadas 270000mE – 290000mE, 9125000mN – 9145000mN, no município de Igarassu, região metropolitana do

Recife, Pernambuco (FIDEM, 1987) (**Figura 1**). A área analisada ocupa uma extensão de 268 km<sup>2</sup> (**Figura 2**). O clima é do tipo As' (Köppen), quente e úmido, com precipitação média anual de 1689mm (dados da Usina São José).



**Figura 1.** Localização do município de Igarassu/PE, inserido na Região Metropolitana do Recife (em vermelho), Pernambuco/ Brasil.

## 2.2. Metodologia

Utilizaram-se 16 ortofotocartas de 1975 da Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife (FIDEM) em uma escala de 1:10.000, com uma equidistância das curvas de nível de 5 metros marcadas acima do nível médio do mar (Marégrafo de Imbituba – SC) e datum Horizontal SAD 69 na Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM. A origem da quilometragem UTM é o meridiano 33° 00' 00"W. As ortofotocartas foram digitalizadas, gerando-se imagens monocromáticas com resolução de 300 e 600 dpi em formato TIFF. Utilizando-se o SPRING 3.6.03, foi feita a conversão das imagens TIFF para o formato GRIB, e posterior georreferenciamento das imagens. Nesta operação, foram utilizadas as informações contidas nas próprias ortofotocartas, ou seja, coordenadas cartográficas utilizadas como pontos de controle. A média do erro cometido neste processo foi de 0,2 pixel. Em seguida, fez-se a conversão para o formato GEOTIFF (imagens com os parâmetros de georreferenciamento) a fim de serem manipuladas no software Arcview.

Foram gerados planos de informações temáticas como limite da Usina São José, vetorização dos fragmentos de 1975, capoeiras, estradas, hidrografia, área de cana e altimetria. Esses planos de informação estão compatibilizados digitalmente pois foram georreferenciados a partir de um mesmo sistema de projeção.

Com as imagens digitalizadas e georreferenciadas, foi montado um mosaico digital que envolve toda área de estudo. A partir deste mosaico, foi feita a vetorização dos fragmentos de Mata Atlântica existentes na área. A vetorização foi realizada no mosaico com uma escala de aproximadamente 1:5.000 (na tela).

O grau de fragmentação foi medido através do índice do número de fragmentos (NF) (KLEINN *et al.* 1993 *apud* METZGER, 2003), que revela o número total de fragmentos existentes na área de estudo. Os fragmentos que ultrapassaram os limites da Usina também foram incluídos na análise.

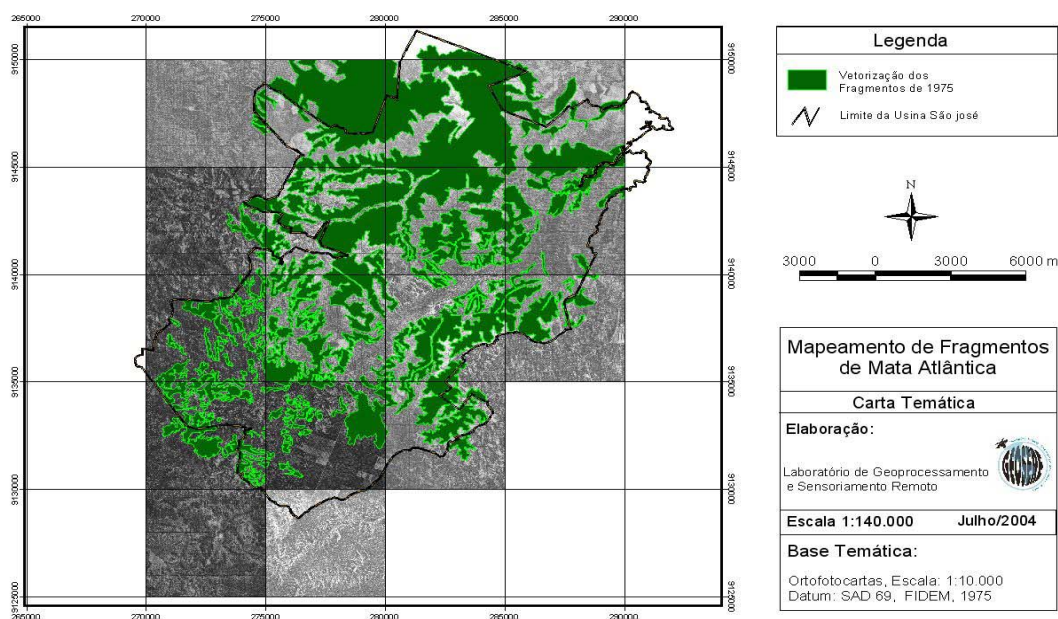
Os fragmentos foram classificados quanto ao tamanho, forma e proporção de borda. Quanto ao tamanho, foram atribuídas três categorias: pequeno (< 10ha), médio (10-100ha) e grande (> 100ha).

Quanto à forma, os fragmentos foram classificados em “muito irregulares”, “irregulares” e “regulares”, de acordo com o procedimento descrito por Meunier (1998). Com este método, calcula-se o índice de fragmentação a partir da razão entre a área de um fragmento e a área de um círculo hipotético com o perímetro do fragmento, assumindo o valor 1,0 no caso de áreas perfeitamente circulares. Portanto, fragmentos com índice < 0,4 são classificados como “muito irregulares”, com índice entre 0,4 e 0,65, como “irregulares” e fragmentos com índice > 0,65, como “regulares”.

Para medir a proporção de borda dos fragmentos (PBF), multiplicou-se o perímetro total dos fragmentos (obtido através da soma de todos os perímetros) por 50m, obtendo-se a área total de bordas (BFF). O valor de 50m foi utilizado por ser essa a largura de borda geralmente encontrada em florestas tropicais (MURCIA, 1995; YOUNG & MITCHELL, 1994) e sugerida por Silva (2002) para um fragmento situado na Usina São José. O valor obtido foi dividido pela área total dos fragmentos (AFf) e multiplicado por cem para obter a proporção de borda dos fragmentos (PBF) em percentual (METZGER & DÉCAMPS 1997 *apud* METZGER, 2003).

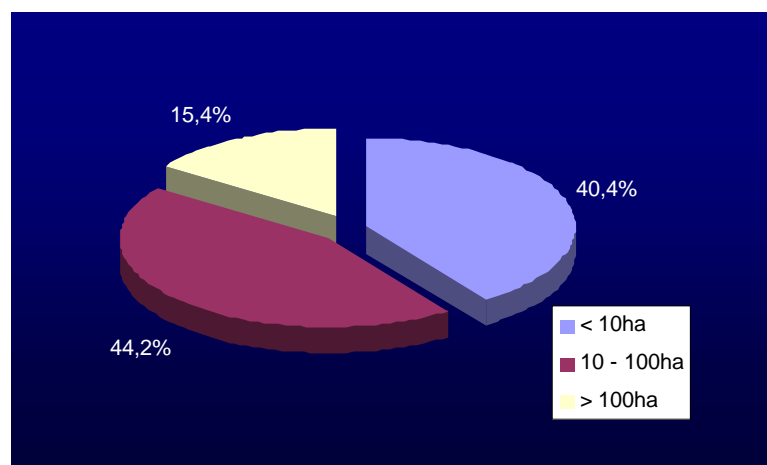
### 3. Resultados e discussão

Foi mapeado um total de 156 fragmentos, somando 135,587 km<sup>2</sup>, que correspondem a 50,6% da área total analisada (**Figura 2**). Os fragmentos, quando estão em condições de isolamento e distantes entre os demais, diminuem, provavelmente, a biodiversidade por reduzirem a troca de material genético entre populações e afetarem os processos ecológicos como polinização, predação e comportamento territorial (RANTA *et al.*, 1998; METZGER, 2003).



**Figura 2.** Vetorização dos fragmentos de Mata Atlântica, na Usina São José, Igarassu/ PE

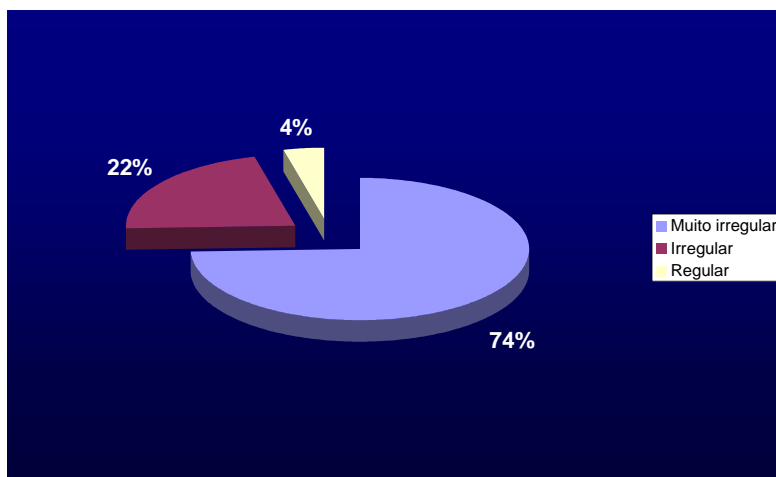
Aproximadamente 40,4% desses fragmentos são menores do que 10ha, perfazendo 2,1% da área total de floresta. Por outro lado, 15,4% dos fragmentos são maiores do que 100ha, correspondendo a 81,3% da área florestal (**Figura 3**).



**Figura 3.** Classificação quanto ao tamanho dos fragmentos na Usina São José, Igarassu/ PE

O tamanho de um fragmento pode ser efeito direto na sobrevivência das populações de plantas nele contidas. Fragmentos de habitat florestal podem não conter o tamanho mínimo de populações de determinadas espécies, simplesmente porque quando essas áreas foram isoladas não continham essas espécies de plantas ou amostraram somente um pequeno número de indivíduos da população. Esse problema pode ser especialmente crítico para espécies raras, cujo número de indivíduos por área é reduzido. Quanto menor o fragmento, maior a influência dos fatores externos sobre ele. Em fragmentos pequenos, a intensidade dos efeitos de borda é destacadamente mais evidente, como, por exemplo, aumento da taxa de mortalidade de árvores e alterações microclimáticas severas. Por possuírem menor área, os fragmentos pequenos também abrigam populações pequenas e muitas vezes inviáveis para a manutenção da espécie (MMA, 2003; RANTA *et al.*, 1998).

A forma de um fragmento afeta diretamente a relação entre o perímetro e a área desse fragmento. Quanto menor for esta relação, menor também será a borda e quanto maior a relação, maior será a borda. Quanto maior a proporção de borda de um fragmento, menor será a área central, que é a área efetivamente preservada e mais similar à vegetação original da região. Neste estudo, em relação à área/circunferência, foi revelado que 75% dos fragmentos são “muito irregulares”, cobrindo 98,4% da área total dos fragmentos. Ao contrário, fragmentos “regulares” representam apenas 3,2%, com uma cobertura de 0,08% da área total dos fragmentos (**Figura 4**).



**Figura 4.** Classificação quanto à forma dos fragmentos na Usina São José, Igarassu/ PE.

Desta forma, percebe-se que os fragmentos “muito irregulares” são responsáveis pela grande área de borda encontrada na área de estudo sendo registrado 38% de proporção de borda (PBF) em relação à área total de floresta. Segundo Murcia (1995), muitos trabalhos têm encontrado o efeito de borda nos primeiros 50 metros da margem do fragmento. Resultados semelhantes foram encontrados também por Young & Mitchell (1994) e Silva (2002). Portanto, pode-se supor que os fragmentos florestais na Usina São José sofram um acentuado efeito de borda, visto que foi constatado uma considerável proporção de borda nesta área.

Fragmentos mais próximos ao formato circular têm a razão borda-área minimizada e, portanto, o centro da área está mais distante das bordas e, conseqüentemente, mais protegido de fatores externos. Áreas mais recortadas (invaginadas) têm maior proporção de bordas que as menos recortadas, assim como um conjunto de reservas cuja área total seja igual à área de uma reserva contínua. Em um fragmento localizado na bacia do rio Macacu (RJ), com 28ha e de formato invaginado, foram encontradas maior densidade de indivíduos arbóreos e menor área basal do que em outros fragmentos da região cujos tamanhos eram similares, mas de forma mais arredondada, o que pode estar indicando um maior efeito de borda causado pela invaginação (MMA, 2003). Portanto, fragmentos com áreas maiores e menos recortadas são preferíveis, pois tem menor proporção de borda-área (MMA, 2003, RANTA *et al.*, 1998) (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Proporção tamanho/ forma dos fragmentos de Mata Atlântica na Usina São José, Igarassu/ PE.

FORMA (%)	TAMANHO (%)		
	< 10ha	ENTRE 10 E 100ha	> 100ha
MUITO IRREGULAR	19,2	40,4	15,4
IRREGULAR	18	3,8	-
REGULAR	3,2	-	-

Na Usina São José, 40,4% dos fragmentos são “muito irregulares” e estão entre 10 e 100ha indicando que há grande invaginação desses fragmentos e conseqüentemente contribuem para um maior efeito de borda na área. Além disso, fragmentos grandes (>100ha), não possuem forma regular que seria ideal para manutenção da biodiversidade local, contribuindo assim para uma maior fragmentação da área.

#### 4. Conclusão

Apesar da grande redução da área da Mata Atlântica, os resultados obtidos mostram que boa parte da área analisada está preservada, embora bastante fragmentada. Por outro lado, poucos fragmentos são considerados grandes e esses não são de forma regular, que seria o ideal para a preservação destes ambientes. Certamente, corredores ecológicos representariam uma alternativa relevante para a manutenção da biodiversidade ainda restante.

Além disso, é importante ressaltar que os resultados aqui apresentados são produtos de ortofotocartas de quase trinta anos atrás. Desta forma, uma avaliação com fotos aéreas mais recentes e imagens satélites (Ikonos 2004) são necessárias para se obter a dinâmica de uma possível diminuição das áreas ainda restantes, bem como da atual situação da floresta de Mata Atlântica.

#### 5. Referências Bibliográficas

- Câmara, I. G. **Plano de Ação para a Mata Atlântica**. Fundação SOS Mata Atlântica. São Paulo, SP. 152p. 1991.
- Ditt, E. H.. **Fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema**. Ed. Annablume. São Paulo. 140p. 2002.
- Jorge, L. A. B. & Garcia, G. J. A study of habitat fragmentation in Southeastern Brazil using remote sensing and geographic information systems (GIS). **Florest Ecology and Management** 98: 35 – 47. 1997.
- Martins, I. C. de M. ; Soares, V. P.; Silva, E. & Brites, R. S. Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais “ipucas” no município de Lagoa da Confusão, Tocantins. **Revista Árvore** 26(3): 299 – 309. 2002.
- Meunier, I. Conservação da Reserva Ecológica de Dois Irmãos – Potencial e carências para a condução de um plano de manejo de área silvestre. In: MACHADO, I. C., LOPES, A. V. & PÔRTO, K. C. **Reserva ecológica de Dois Irmãos: estudos de um remanescente de Mata Atlântica em área urbana**. Recife: Imprensa Universitária - UFPE. 1998.
- Metzger, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: JUNIOR, L. C., PÁDUA, C. V. & RUDRAN, R. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba, PR. Ed. da UFPR. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. 667p.
- MMA. **Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília –DF. 508p. 2003
- Murcia, C. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. **Trends Ecology and Evolution** 10: 58-62. 1995.
- Ranta, P.; Blon, T.; Niemelä, J.; Joensuu, E. & Siitonen, M. The fragmented Atlantic rain Forest of Brazil: size, shape and distribution of Forest fragments. **Biodiversity and Conservation** 7: 385-403. 1998.
- Saatchi, S.; Agosti, D.; Alger, K.; Delabie, J. & Musinsky, J. Examining fragmentation and loss of primary forest in the Southern Bahian Atlantic forest of Brazil with radar imagery. **Conservation Biology** 15(4): 867 – 875. 2001.
- Silva, H. C. H. da. **Caracterização fitofisionômica das bordas de um remanescente de Floresta atlântica na Usina São José, Igarassu – PE**. 2002. Recife, Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas), UFRPE.

Silva, H. P. da. “Utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto para Identificação de Manguezais na Área Estuarina do Canal de Santa Cruz, litoral Norte de Pernambuco”. Proceedings of Conference “Sustainable Use of Estuaries and Mangroves: Challenges and Prospects” Recife – PE. 2000.

Tabanez, A. A. J.; Viana, V. M. & Dias, A. S. Conseqüências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto, SP. **Revista Brasileira de Biologia** 57: 47- 60. 1997.

Young, A. & Mitchell, N. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zealand. **Biological Conservation** 67: 63-72. 1994.