

# Análise ambiental de remanescentes do bioma Mata Atlântica no litoral sul do Rio Grande do Norte – NE do Brasil

**Frederico F. G. Oliveira**

Analista Ambiental do IBAMA/RN

**Juércio T. Mattos**

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Guaratinguetá,

p. 165–183

Artigo disponível em:

<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/81095>

## Como citar este artigo:

OLIVEIRA, F. F. G.; MATTOS, J. T. Análise ambiental de remanescentes do bioma Mata Atlântica no litoral sul do Rio Grande do Norte – NE do Brasil. *GEOUSP – Espaço e Tempo (Online)*, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 165-183, 2014.



Este artigo está licenciado sob a Creative Commons Attribution 3.0 License.

revista

**Geo**   
**USP**

espaço e tempo

Volume 18, nº 1 (2014)

ISSN 2179-0892

# Análise ambiental de remanescentes do bioma Mata Atlântica no litoral sul do Rio Grande do Norte – NE do Brasil

Frederico F. G. Oliveira

Juécio T. Mattos

---

## Resumo

O presente artigo faz uma análise ambiental dos remanescentes de Mata Atlântica no litoral sul potiguar, com identificação, mapeamento e investigação individual de cada fragmento e do todo, medidos a partir de indicadores quali-quantitativos como o número de fragmentos, tamanho, forma, densidade, proporção de borda e relação de vizinhança. O mapeamento foi realizado em escala de 1:25.000, a partir de chaves de interpretação com cruzamento de informações em sistemas de geoprocessamento. Os resultados mostram que os fragmentos de Mata Atlântica apresentam predominância de áreas muito irregulares (60,39%), muito pequenas (64,08%), proporção de borda de 54,34% e densidade mal distribuída (setor sul), indicando que devem ser considerados áreas prioritárias de conservação e preservação com vistas à manutenção de sua integridade ambiental.

**Palavras-chave:** Ecologia da paisagem. Fragmentos florestais. Índice de fragmentação.

---

## Environmental analysis of Mata Atlântica Remaining biome in the south coast of Rio Grande do Norte – NE of Brazil

---

### Abstract

The main objective of this work is to perform an environmental analysis of Mata Atlântica biome remnants in south coast of Natal (Rio Grande do Norte State – Brazil), performing the identification, mapping and research of each individual

fragment and the total measured from qualitative and quantitative indicators as: number of fragments, size, shape, density, proportion of edge and neighborhood relationship. The mapping was conducted on a scale of 1:25,000 from the keys of interpretation with cross-georeferenced information systems. The results indicate that the fragments of Mata Atlântica Biome areas show dominance of highly irregular (60.39%), small (64.08%), proportion of border (54.34%) and poor distribution of density (southern sector), exhibiting that must be considered as priority areas for conservation and preservation with the purpose of maintaining environmental integrity.

**Keywords:** Landscape Ecology. Forest Fragments. Fragmentation Index.

---

## Introdução

A biodiversidade da Mata Atlântica brasileira é condicionada por um conjunto de fitofisionomias que propiciaram uma significativa diversificação ambiental, criando as condições adequadas para a evolução de um complexo biótico de natureza vegetal e animal altamente rico. É por este motivo que a Mata Atlântica é considerada atualmente como uma das regiões ecológicas mais ricas em termos de diversidade biológica do planeta (Brasil, 2010, p. 70).

Segundo informações do MMA (Brasil, 2010), quando os primeiros europeus chegaram ao Brasil, a Mata Atlântica recobria aproximadamente 15% do território brasileiro. Nos dias atuais, ocupa somente 1,19% do território ou 7,91% de sua área original com cerca de 102.012 km<sup>2</sup> preservados. Segundo dados de Fundação SOS Mata Atlântica e do Inpe (2011), no Rio Grande do Norte, a Mata Atlântica ocupava originalmente 6% do território do estado, abrangendo uma área de 3.438 km<sup>2</sup>. Contudo, considerando a soma das matas de tabuleiro, mangues e restingas, atualmente os remanescentes ocupam somente 485,49 km<sup>2</sup>, ou seja, uma área de 14,12%, quando considerado seu estado original. Segundo Maciel (2011), esses remanescentes encontram-se altamente fragmentados, com 72% dos fragmentos menores que 10 ha e somente 3% com área maior que 100 ha. Dessa forma, a pequena expressividade espacial das florestas decíduas no estado, aliada ao intenso desmatamento que têm sofrido [...] tem tornado muito difícil a localização de fragmentos relativamente extensos e bem conservados (Cestaro, 2002, p. 1).

De acordo com Oliveira (2011), a supressão de florestas de Mata Atlântica inseridas no Rio Grande do Norte, ocorreu, basicamente, para dar suporte ao estabelecimento da cultura de cana-de-açúcar, às culturas permanentes, como frutíferas e à pecuária extensiva, repercutindo em uma grande fragmentação florestal na já estreita faixa de Mata Atlântica do estado. Atualmente, além das pressões vinculadas a estas atividades, somam-se outras influências, como as atividades ligadas ao turismo, o crescimento das áreas urbanizadas e especulação imobiliária. Campanili e Prochnow (2006, p. 158) indicam que as atividades que mais impactaram esse bioma no estado foram as atividades agrícolas, principalmente a

expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar e de frutíferas arbóreas, o desenvolvimento de atividades voltadas para a carcinicultura em áreas de manguezal e a expansão urbana em áreas litorâneas.

A fragmentação de ecossistemas foi estudada por uma série de pesquisadores interinstitucionais e publicada pelo MMA (Brasil, 2003), que produziu uma série de análises sobre as causas e efeitos na biodiversidade dos fragmentos florestais no país. Este estudo indica que o processo global de fragmentação de habitats é, possivelmente, a mais profunda alteração causada pelo homem ao meio ambiente. Muitos habitats naturais que eram quase contínuos foram transformados em paisagens semelhantes a um mosaico, composto por manchas isoladas de habitat original. O processo de fragmentação causado pelo homem tem como característica principal a sua ocorrência em grande escala espacial numa pequena escala de tempo. Durante esse processo, as manchas de habitat remanescentes, os fragmentos ao acaso, vão desfavorecer as espécies cujas manchas tenham sido destruídas em maior quantidade. Vários serviços ambientais são prestados pelos ecossistemas à sociedade humana, tais como a produção de água. Dessa forma, a alteração dos ecossistemas leva à perda desses serviços com consequências deletérias tanto a médio, quanto a longo prazo.

Nesse contexto, este artigo tem por objetivo realizar uma análise ambiental dos remanescentes de Mata Atlântica no litoral sul potiguar, considerando as atividades econômicas e os impactos ambientais aqui discutidos, com a identificação, mapeamento e análise individual de cada fragmento e o todo, a partir dos seus graus de fragmentação, medidos a partir dos seguintes indicadores quali-quantitativos: número de fragmentos; tamanho; forma; densidade; proporção de borda e relação de vizinhança.

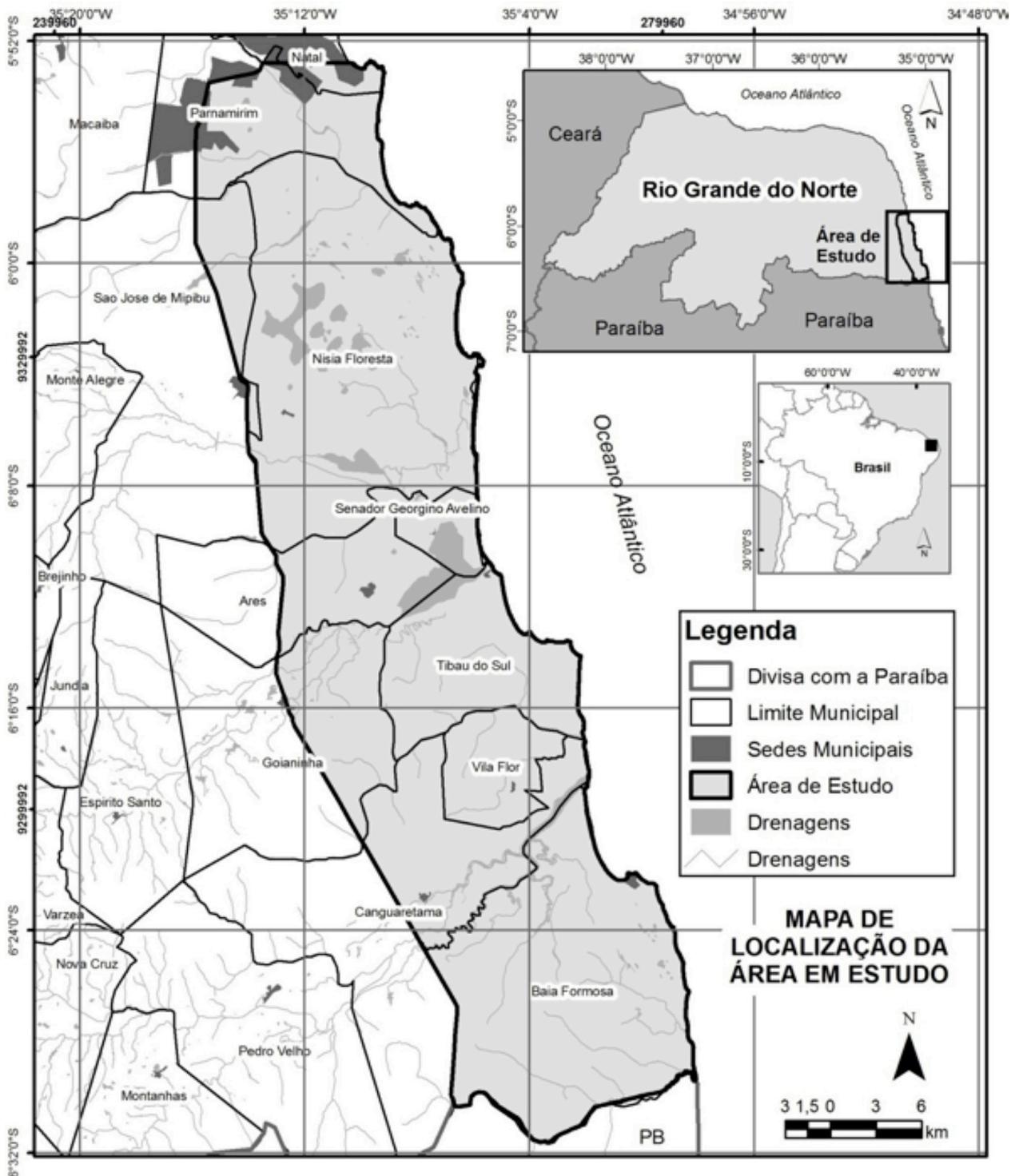
## Material e métodos

A área em estudo está situada na região Nordeste do Brasil, ocupando o trecho sul do litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte, totalizando uma área de 1.071,08 km<sup>2</sup>. Encontra-se localizada entre as coordenadas geográficas 05°52'43,1" a 6°31'39,3" de latitude sul e 34°58'04,1" a 35°15'52,3" de longitude oeste (Figura 1).

Os fragmentos mapeados abrangem especificamente as fisionomias vegetais originais classificadas como florestas estacionais semidecíduais e áreas de tensão ecológica (contato), não abrangendo formações pioneiras de restinga fixadora de dunas, manguezais, campos salinos, comunidades ribeirinhas, aluviais e lacustres. O MMA (Brasil, 2010, p. 63) define a floresta estacional semidecidual como condicionada por dupla estacionalidade climática, definida, na região tropical, por dois períodos pluviométricos bem marcados, um chuvoso e outro de estiagem, com temperaturas médias anuais em torno de 21 °C. Essa estacionalidade atinge os elementos arbóreos dominantes, induzindo-os ao repouso fisiológico, determinando uma porcentagem de árvores caducifólias entre 20% e 50% do conjunto florestal. Quanto às áreas de tensão ecológica, definem que constituem os contatos entre os tipos de vegetação que podem ocorrer na forma de ecótono, quando a transição se dá por uma mistura florística, envolvendo tipologias com misturas fisionômicas semelhantes ou claramente distintas; ou na forma de enclave, quando a distinção das tipologias vegetais, ou mosaicos entre distintas regiões ecológicas, reflete uma transição edáfica e resguarda sua identidade ecológica.

Figura 1

Localização da área em estudo no contexto nacional e estadual



Vale destacar que este artigo não objetiva o levantamento sucessional, nos fragmentos, das classes de vegetação nativa nos estágios avançado, médio e inicial de regeneração. O conceito adotado neste trabalho para fragmento florestal segue a proposição de Forman e Godron (1986) e Gorman e Karr (1978<sup>1</sup> apud Brasil, 2003, p. 32), que o considera a divisão em partes

<sup>1</sup> GORMAN, O. T.; KARR, J. R. Habitat structure and stream fish communities. Ecology, v. 59, n. 3, p. 507-515, 1978.

de uma unidade do ambiente, partes estas que passam a ter condições ambientais diferentes de seu entorno. Ainda destaca que, nesse caso, a fragmentação é o processo pelo qual um *hábitat* contínuo é dividido em manchas, ou fragmentos, mais ou menos isoladas.

A identificação e a delimitação vetorial dos remanescentes florestais considerou padrões ou chaves de interpretação distribuídas hierarquicamente, usando técnicas de visualização direta em tela, a partir de um mosaico de imagens em 1:25.000 (Rio Grande do Norte, 2006). Os limites das unidades florestais foram topologicamente estruturados para constituir os polígonos de cada fragmento, os quais foram vinculados a um conjunto de atributos quali-quantitativos, em tabelas de banco de dados a eles associadas.

Em função da imagem utilizada na delimitação dos fragmentos ser do ano de 2006, foi realizada uma atualização cartográfica para detecção da presença dos fragmentos florestais a partir de uma imagem orbital do satélite TM Landsat 5 de 06/09/2010, com órbita-ponto 214-65, com a composição e tratamento digital de variadas bandas em RGB, além de imageamentos oblíquos realizados a partir de sobrevoos aéreos por aeronave e por trabalhos de campo. A escala básica de 1:25.000 permitiu uma ampliação do detalhamento da mesma para 1:2.000, sem distorções da qualidade da imagem, possibilitando, um maior detalhamento e melhor abrangência da identificação dos fragmentos florestais. Assim, foi possível aumentar o espectro de alvos identificados e as amplitudes de áreas dos remanescentes.

A delimitação geométrica dada a cada fragmento foi feita considerando sua continuidade florestal, sem barreiras antrópicas associadas às variadas formas de uso da terra como estradas, pastos ou cidades. Seus limites foram estabelecidos pelas conexões visuais florestais existentes no próprio fragmento, independentemente de sua dimensão, mas tomando como referência princípios vinculados à existência de corredores ecológicos, mesmo que em pequena escala espacial e de biodiversidade. Dessa forma, cada fragmento mapeado tem uma continuidade vegetal, independentemente de sua dimensão, perímetro, forma ou relevância ecológica.

Sua operacionalização foi baseada nos trabalhos de Kleinn et al. apud Metzger (2003) para o grau de fragmentação/número de fragmentos (NF), Meunier (1998) para a forma dos fragmentos e Trindade et al. (2004; 2005; 2007) que, descrevem as metodologias detalhadamente. De forma geral, o trabalho foi realizado a partir da escolha das imagens, com a criação de um mosaico digital que envolve toda área de estudo em escala de 1:25.000, mas com ampliação para 1:2.000. A partir desta etapa foi realizada a vetorização dos fragmentos de Mata Atlântica existentes na área, considerando chaves de interpretação e os princípios discutidos no parágrafo anterior. Cada fragmento recebeu um identificador, aqui denominado como geocódigo, que permite separar as informações em banco de dados.

Com o mapeamento básico foi possível o cruzamento de informações em SIG (ArcGis 9.3) para o estabelecimento das etapas posteriores associadas ao grau de fragmentação, tamanho, forma, densidade e proporção de borda em software geoestatístico Surfer 9.0, com análises em estimador de densidade Kernel e do índice de fragmentação.

O grau de fragmentação foi medido através do índice do número de fragmentos (NF) (Kleinn et al. apud Metzger, 2003) que revelou através do mapeamento, o número total de fragmentos existentes na área de estudo. Estes fragmentos foram classificados quanto ao tamanho, forma, densidade e proporção de borda. Quanto ao tamanho, foram atribuídas três ca-

tegorias: pequeno (<10 ha), médio (10-100 ha) e grande (>100 ha). Quanto à forma, tomou-se como referência o trabalho de Meunier (1998) que classificou os fragmentos como “muito irregulares”, “irregulares” e “regulares”. Com este método, calculou-se o índice de fragmentação a partir da razão entre a área de um fragmento e a área de um círculo hipotético com perímetro igual ao do fragmento florestal. Dessa forma, fragmentos com índice < 0,4 foram classificados como muito irregulares, com índice entre 0,4 e 0,65, como irregulares e fragmentos com índice > 0,65, como regulares (Quadro 1).

<b>índice da forma</b>	<b>tipo</b>	<b>diagnóstico</b>
índice < 0,4	áreas muito irregulares	Maior a influência dos fatores externos sobre o fragmento com ações antrópicas sobre suas bordas. Bordas menos protegidas.
índice entre 0,4 e 0,65	áreas Irregulares	
índice > 0,65	áreas regulares	Menor influência de fatores externos. Efeito de borda menos acentuado.
índice = 1,0	áreas perfeitamente circulares	Situação ideal, mas com ocorrência pouco provável. Centro da área mais protegido.

fonte: Adaptado de Meunier (1998).

Com isso, foram atribuídos aos fragmentos, os valores referentes aos seus índices de fragmentação. Os polígonos referentes aos fragmentos passaram por um processo de conversão geométrica com a criação de pontos de centroides para cada poligonal com objetivo de se realizar uma análise geoestatística de distribuição espacial dos índices de fragmentação, a partir do método de interpolação linear de krigagem, no software Surfer 9.0. Segundo Landim (2003, p. 185), a krigagem se torna viável em função de haver a melhor estimativa possível para locais não amostrados, pela minimização da variância do erro. Após a análise geoestatística foi gerado um mapa interpolado com distribuição dos índices de fragmentação com os valores de 0 a 1 (muito irregular a perfeitamente circular) com intervalos de distribuição a cada índice de 0,01 e com variáveis visuais de cor variando do vermelho (muito irregular) ao azul (áreas perfeitamente circulares).

Para a definição dos índices de densidade dos fragmentos, foi estabelecida uma análise a partir do método de estimador de densidade Kernel que tem como conceito básico o desenho de uma adjacência circular ao redor de cada ponto ou linha das amostras observadas do projeto, aplicando a esta, uma função matemática que vai de 1 na posição do ponto a 0, na periferia da vizinhança. Segundo Camargo, Fucks e Câmara (2002, p. 8) os estimadores Kernel são uma alternativa viável a métodos mais sofisticados de interpolação, pois não requerem a parametrização da estrutura de correlação espacial (como no caso da geoestatística). As superfícies interpoladas são suaves e aproximam muitos fenômenos naturais e socioeconômicos.

Sua operacionalização foi gerada a partir dos vetores de atributo geométrico de linha dos 515 fragmentos encontrados na área de estudo. Como valor de vizinhança, foi estabelecido o raio de 500 metros ao redor de cada vetor, os quais foram distribuídos pelo método de

intervalos iguais com a definição de 10 classes espacializadas em mapa e distribuídas por gradiente de cores. A definição dos índices de densidade dos fragmentos florestais não considera a dimensão dos fragmentos, mas uma análise da concentração regionalizada dos fragmentos.

Para medir a proporção de borda dos fragmentos, foi multiplicado o perímetro total dos fragmentos em metros (obtido pela soma de todos os perímetros) por 50 m, obtendo-se a área total de bordas. O valor de 50m foi utilizado por ser essa a largura de borda geralmente encontrada em florestas tropicais (Murcia; Young; Mitchell apud Trindade et al. 2004, p. 1) e sugerida por Silva apud Trindade et al. (2004). O valor obtido foi dividido pela área total dos fragmentos e multiplicado por cem para obter a proporção de borda dos fragmentos em percentual (Metzger; Décamps apud Trindade et al., 2004, p. 1).

Essa relação significa que o tamanho de um fragmento pode ter efeito direto na sobrevivência das populações de plantas e animais nele contidas, pois representa a quantidade de habitat necessário para os organismos. 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; RANTA et al. apud TRINDADE et al., 2004, p. 2). Complementando, Trindade et al. (2004) ressaltam que a forma de um fragmento afeta diretamente a relação entre seu perímetro e sua área. Quanto menor for essa relação, menor 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 de habitat para as espécies e mais similar à vegetação pristina da região.

As diferentes formas de uso e a cobertura da terra na vizinhança ou adjacências dos fragmentos influenciam e condicionam as intensidades dos danos a que estes estão submetidos, principalmente quanto ao efeito de borda. Dessa forma, propõe-se aqui também a elaboração de uma análise a partir de uma relação de vizinhança desses remanescentes, considerando o cruzamento de informações espaciais geradas a partir de *buffer zones* com um mapeamento da cobertura e usos da terra. Sua operacionalização se deu a partir de operações de vizinhança que caracterizam-se pelo fato de os valores de atributos de novas células serem calculados com base nos valores das células que pertencem a uma vizinhança existente no plano de informação original. Elas avaliam as características da área na vizinhança de uma localização específica (Miranda, 2010, p. 103). Uma das operações de vizinhança mais usadas é a “proximidade”. Segundo Miranda (2010), uma função de proximidade muito usada é conhecida como corredor ou zona de contenção – *buffer zone*. Silva (1999) define essas áreas como uma análise de proximidade ou operação de *buffer* ou análise de corredores, que consiste em gerar subdivisões geográficas bidimensionais na forma de faixas, cujos limites externos possuem uma distância fixa  $x$  e cujos limites internos são formados pelos limites da expressão geográfica em exame.

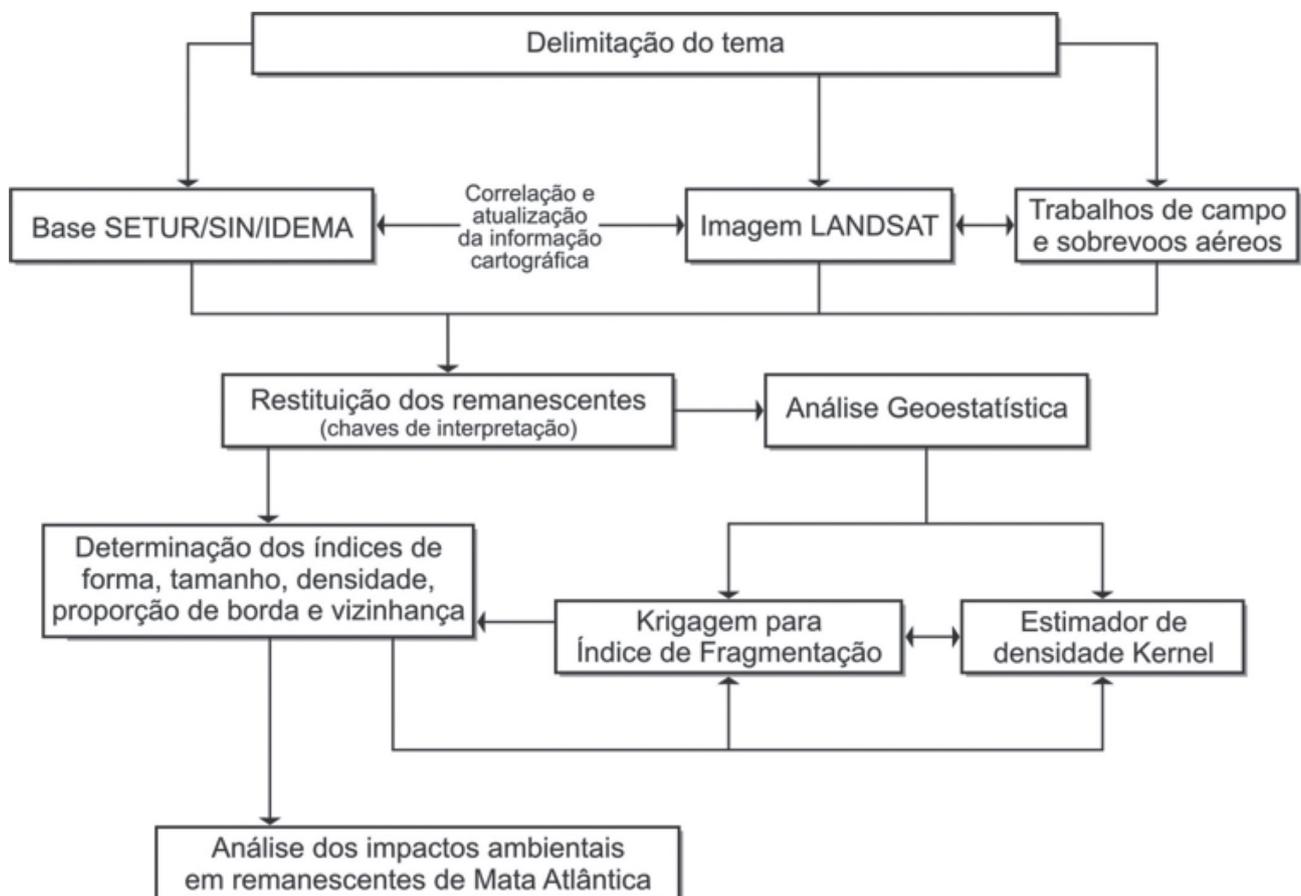
Assim, essa análise foi realizada considerando o estabelecimento de um *buffer zone*, com valor de 100 metros a partir dos limites externos ou bordas de cada segmento/polígono referente ao fragmento florestal. O valor de 100 metros foi estabelecido em função do entendimento de que é nessa faixa de terra que os diferentes usos geram, com maior intensidade,

os impactos sobre os remanescentes florestais. As *buffer zones* que ultrapassaram os limites da área de estudo foram recortadas e adequadas às análises dentro dos limites da área de interesse. Em seguida, com a criação e adequação das *buffer zone*, fez-se um corte de suas áreas sobre as classes de uso e cobertura da terra já mapeadas com o acompanhamento de seu respectivo banco de dados. Com isso, foram definidas as classes de uso na faixa de 100 metros nas vizinhanças de todos os 515 fragmentos mapeados, estabelecendo dessa forma, uma relação de vizinhança intrínseca entre cada fragmento e os usos e cobertura da terra adjacentes, e como estes, os influenciam, a partir de suas funcionalidades.

Na Figura 2, pode-se observar o encaminhamento metodológico realizado, como um todo na execução da análise ambiental sobre os remanescentes de Mata Atlântica na área de estudo.

**Figura 2**

**Fluxograma do roteiro metodológico da análise ambiental de remanescentes de Mata Atlântica na área de estudo**



fonte: Elaborada pelos autores.

**Resultados e discussão**

As atividades socioeconômicas desenvolvidas na área em análise desencadeiam processos ambientais danosos aos poucos fragmentos florestais existentes, pressionando-os demasiadamente e causando, por conseguinte a diminuição de sua biodiversidade e alteração dos seus

ciclos de regeneração. Muitos fragmentos se tornaram secundários com estágios sucessionais iniciais, médios e avançados. Dentre vários impactos ambientais desencadeados sobre os remanescentes florestais de Mata Atlântica na área de estudo, podemos destacar:

- Supressão vegetal para instalação de atividades agropecuárias como a monocultura da cana-de-açúcar; plantações de subsistência, horticultura, coqueiros, cajueiros e pecuária. Além disso, ocorrem desmatamentos para criação de estradas de ligação entre glebas, fazendas e talhões;
- Supressão vegetal com objetivo de instalação de equipamentos urbanos, como conjuntos habitacionais horizontais; loteamentos; residências particulares e comércio; além de infraestrutura básica para atender a forte demanda turística existente, como estradas; hotéis; pousadas; complexos turísticos e de lazer;
- Supressão vegetal nas margens de áreas depressivas para de liberação de bacias hidrográficas na instalação de barramentos e açudagens utilizados prioritariamente para irrigação da cana-de-açúcar;
- Extração de madeira para obtenção de carvão vegetal e lenha, para abastecimento de estabelecimentos comerciais que usam essas matérias-primas em seus fornos;
- Queimadas nos canaviais, acelerando os efeitos de borda dos fragmentos florestais, afugentando a fauna associada;
- Coleta, caça e captura de exemplares da biodiversidade, com tráfico de animais silvestres para comercialização nas feiras livres das cidades próximas e na capital do estado;
- Supressão de vegetação para abertura de áreas de empréstimo com retiradas de matéria-prima de sedimentos da Formação Barreiras para construção civil e grandes obras públicas como estradas;
- Possível contaminação do solo e das águas geradas pela vinhaça da cana-de-açúcar e pelo borrifamento excessivo de defensivos agrícolas.

Os impactos ambientais exercidos nessas áreas condicionam os remanescentes a pequenas áreas desprotegidas e desconectadas, suscitando uma maior vulnerabilidade às influências externas sobre suas bordas e uma condição ambiental mais severa ao habitat interior. Considerando esses fatores, a análise ambiental nos remanescentes de Mata Atlântica inseridos na área de estudo fica mais clara, quando medida a partir de indicadores quali-quantitativos, como tamanho, forma, densidade e proporção de borda, discutidos a seguir.

Quanto ao índice de número de fragmentos (NF), foram mapeados 515 (quinhentos e quinze), distribuídos em uma área total de 13.416,04 ha ou 134,16 km<sup>2</sup>, área que corresponde a 12,53% da área de estudo. Esta área corresponde também a 44,45% das áreas descritas como matas de Mata Atlântica no RN pela Fundação SOS Mata Atlântica e pelo Inpe (2009). O menor fragmento encontrado mede 0,0259 ha (0,000259 km<sup>2</sup>) ou 259,26 m<sup>2</sup>. O maior corresponde à área denominada Mata Estrela no município de Baía Formosa, com 1.889,55 ha ou 18,89 km<sup>2</sup>. A média dos tamanhos dos fragmentos florestais é de 26,05 ha ou 0,26 km<sup>2</sup>.

Quanto às categorias de tamanho, 330 fragmentos são <10 ha, ou seja, pequenos. Isso equivale a 64,08% do total dos fragmentos mapeados. A soma de suas áreas corresponde a 992,38 ha (9,92 km<sup>2</sup>) ou 7,4% do total de área dos remanescentes. Quanto aos fragmentos de tamanho médio (10-100 ha), foram encontrados 157 polígonos (30,48% do total de fragmentos), os quais totalizam uma área de 5.138,89 ha (51,39 km<sup>2</sup>) ou 38,30% do total da área dos remanescentes. Foram classificados como grandes (>100 ha) 28 fragmentos. Isso equivale a 5,44% do total de fragmentos mapeados. Contudo, sua área total é de 7.284,77 ha ou 72,85 km<sup>2</sup>. Essa área corresponde a 54,30% do total da área de todos os remanescentes encontrados na área de estudo. A Tabela 1 e a Figura 3 a seguir resumem a distribuição destes valores, descritos também por mapas (Figura 4).

Isso quer dizer que existe uma concentração de grandes áreas em uma pequena quantidade de fragmentos e uma grande concentração de pequenos fragmentos, mas com uma pequena totalização de área, ou seja, existe uma relação inversa entre a quantidade de fragmentos com o total da área destes, condicionando uma característica de supremacia de pequenos fragmentos florestais na área de estudo, conclusões estas semelhantes às encontradas em Uezu e Cullen Júnior (2012), Lang e Blaschke (2009) e Magnago et al. (2013). Esse é um fator negativo, pois pequenos fragmentos são mais vulneráveis a fatores externos. Scariot et al. (2003, p. 106) discorrem sobre isso, relatando que em fragmentos pequenos, a dinâmica do ecossistema provavelmente é determinada por forças externas e não internas. Ainda, segundo os autores, diversos estudos ressaltam uma maior intensidade dos efeitos de borda em fragmentos pequenos, com aumento na mortalidade de árvores e nas taxas de substituição, modificação nas taxas de recrutamento, além de alterações microclimáticas severas exibidas na temperatura e intensidade dos ventos. Por ter menor área, os fragmentos pequenos também abrigam populações pequenas e muitas vezes inviáveis para a manutenção da espécie.

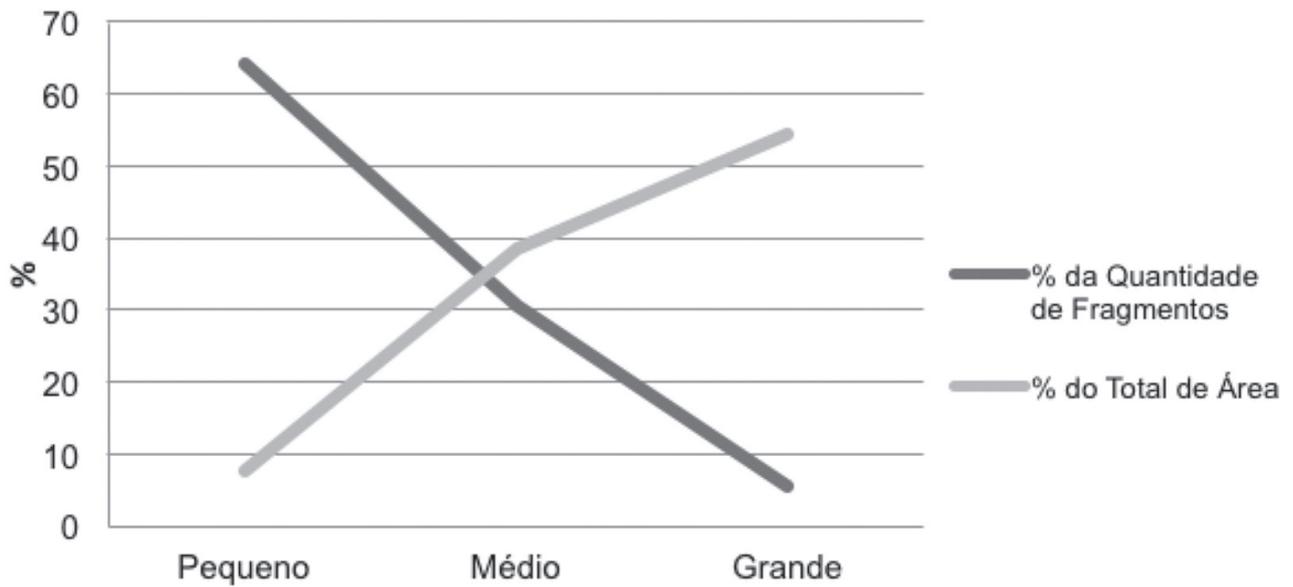
## Tabela 1

### Resumo quantitativo das categorias de tamanho nos remanescentes de Mata Atlântica encontradas na área de estudo

tamanho dos fragmentos	dimensão	número de fragmentos	% do número de fragmentos	área (km <sup>2</sup> )	área (ha)	% do total de área
pequeno	<10 ha	330	64,08	9,92	992,38	7,4
médio	10-100 ha	157	30,48	51,39	5.138,89	38,3
grande	>100 ha	28	5,44	72,85	7.284,77	54,3
<b>totais</b>		<b>515</b>	<b>100</b>	<b>134,16</b>	<b>13.416,04</b>	<b>100</b>

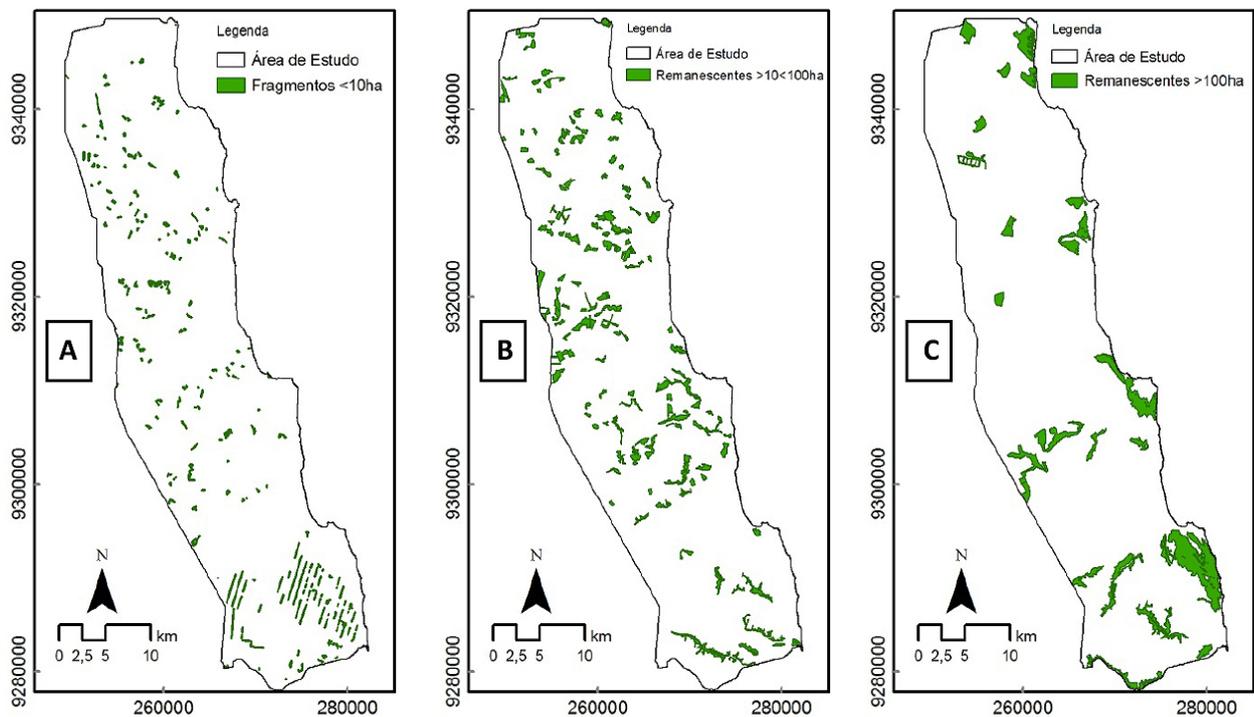
**Figura 3**

**Relação inversa entre o número de fragmentos e sua área total**



**Figura 4**

**Distribuição espacial dos fragmentos florestais de Mata Atlântica inseridos na área de estudo segundo suas categorias de tamanho: pequeno (A), médio (B) e grande (C)**



Em relação à forma ou índice de fragmentação dos remanescentes encontrados, destaca-se o grande número de áreas de forma muito irregulares (índice <0,4), com 311 fragmentos, o que equivale a 60,39% do total dos fragmentos e 89,69% ou 108,25 km<sup>2</sup> (10.825,34 ha) da área total dos fragmentos. Como comparação, os fragmentos mapeados como de forma regulares (índice >0,65) abrangem somente 3,68% ou 4,94 km<sup>2</sup> (493,82 ha) da área de estudo, com um total de 64 fragmentos ou 12,43% do seu total. Os fragmentos de forma irregulares (índice 0,4 – 0,65) somam 140, o que equivale a 27,18% do total dos fragmentos e 15,63% ou 20,97 km<sup>2</sup> (2.096,86 ha) de sua área total. A partir destes dados e considerando o cruzamento tamanho x forma dos fragmentos x quantidade de fragmentos, nota-se a existência de uma relação diretamente proporcional. Assim, os fragmentos mais irregulares são também os de maior área e em maior quantidade. Do mesmo modo, os fragmentos menos irregulares são os de menor área e menor quantidade. A Tabela 2 e Figuras 5 e 6 resumem essa relação.

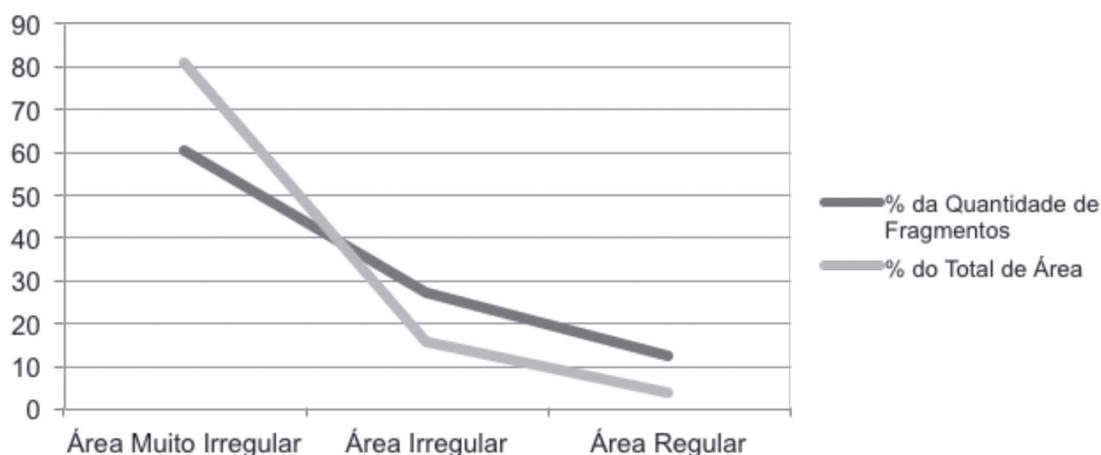
**Tabela 2**

**Resumo quantitativo das relações entre tamanho, forma e número do fragmentos de Mata Atlântica encontrados na área de estudo**

forma dos fragmentos	índice da forma dos fragmentos	número de fragmentos	% do número de fragmentos	área (km <sup>2</sup> )	área (ha)	% do total de área
área muito irregular	<0,4	311	60,39	108,25	10.825,34	80,69
área irregular	entre 0,4 e 0,65	140	27,18	20,97	2.096,86	15,63
área regular	>0,65	64	12,43	4,94	493,82	3,68
<b>totais</b>		<b>515</b>	<b>100</b>	<b>134,16</b>	<b>13.416,02</b>	<b>100</b>

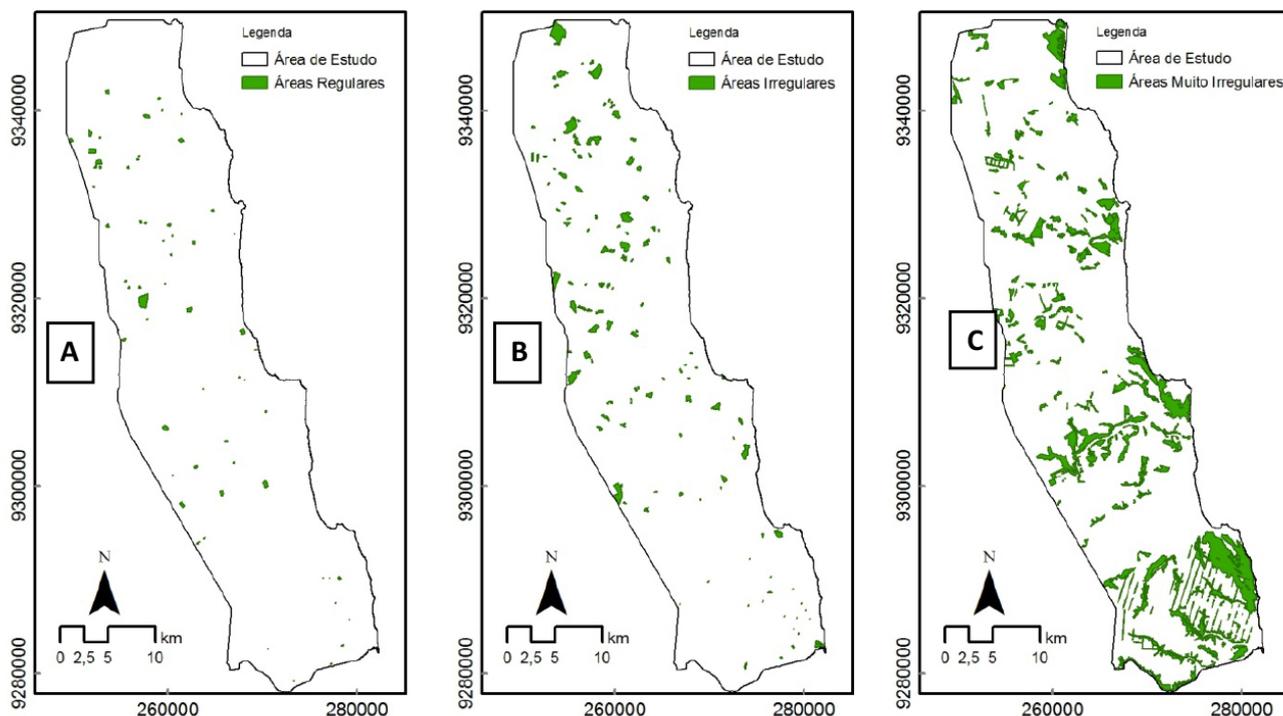
**Figura 5**

**Relações entre tamanho, forma e número de fragmentos de Mata Atlântica encontrados na área de estudo**



**Figura 6**

**Distribuição espacial dos fragmentos florestais de Mata Atlântica na área de estudo segundo os índices de formas de fragmentação: regular (A), irregular (B) e muito Irregulares (C)**



A grande concentração de área e do número total de fragmentos com índices de forma muito irregular, indica que, de forma geral, tanto os maiores remanescentes quanto o seu maior número quantitativo, sofrem intensas influências externas sobre suas bordas, uma vez que, sua irregularidade acaba determinando uma maior razão perímetro/área e conseqüentemente, maior efeito borda, ou seja existe uma maior área de contato entre o fragmento e os usos externos, provocando uma maior intensidade de ações deletérias sobre seus remanescentes. Por essas razões a proporção de borda nos fragmentos estudados é de 54,34% em relação à área total de remanescentes florestais na área em análise. Scariot et al. (2003, p. 107) destaca que, quanto maior a proporção de borda de um fragmento, menor será a área central, que é a área efetivamente preservada e a mais similar à vegetação original da região. Fragmentos de habitats 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 dos fatores externos. Áreas mais recortadas (invaginadas) têm maior proporção de bordas que as menos recortadas.

Quanto aos índices de densidade de distribuição espacial dos fragmentos florestais, percebe-se que sua maior intensidade fica no setor sul da área de estudo, muitas vezes associadas às áreas de preservação permanente (APP) de margens de rios. Esse

fato também é verificado em outros trechos. Além disso, existem grandes exemplares de fragmentos distribuídos nesse setor, mais notadamente a área conhecida como Mata Estrela e as matas associadas à bacia do rio Guaju.

As relações de vizinhança existentes entre os remanescentes e as diversas formas de uso da terra, possibilitaram saber quais, aonde e quanto, as atividades externas influenciam as bordas dos fragmentos.

Pelo cruzamento de informações sobre o mapa de uso e cobertura da terra elaborado nesta pesquisa e as informações espaciais geradas a partir de *buffer zones* com 100 metros a partir das bordas, chegou-se aos seguintes resultados: a área total de influência dos remanescentes florestais é de 131,94 km<sup>2</sup> ou 13.194,34 ha. Destes, 0,39% ou 0,51 km<sup>2</sup> (51,40 ha) são referentes à aquicultura intensiva (carcinicultura). 30,06% ou 39,66 km<sup>2</sup> (3.965,79 ha) são referentes a áreas campestres, incluindo aí solos expostos e vegetações rasteiras. Corpos d'água continentais, como lagoas e rios compreendem 1,76% ou 2,32 km<sup>2</sup> (232,14 ha). Corpos d'água costeiros como as águas estuarinas do complexo Nísia-Papeba-Guaráiras e Canguaretama compreendem 0,11% ou 0,15 km<sup>2</sup> (15,23 ha). As áreas denominadas como de cultura permanente compreendem 7,37% ou 9,72 km<sup>2</sup> (972,18 ha). Essas áreas incluem os coqueirais e demais árvores frutíferas. A cultura temporária é a grande influenciadora externa dos remanescentes, pois abrange 41,98% ou 55,39 km<sup>2</sup> (5.539,18 ha) da área. 6,71%, o que equivale a 8,85 km<sup>2</sup> ou 885,06 ha, se referem a outras fisionomias vegetais que não se enquadram nesse levantamento, como Formações Pioneiras de restinga e manguezais. A pastagem/pecuária abrange 7,95% ou 1049 km<sup>2</sup> (1048,63 ha) da área e as áreas urbanas (incluindo toda a infraestrutura), totalizam 3,67 ou 4,85 km<sup>2</sup> (484,73 ha).

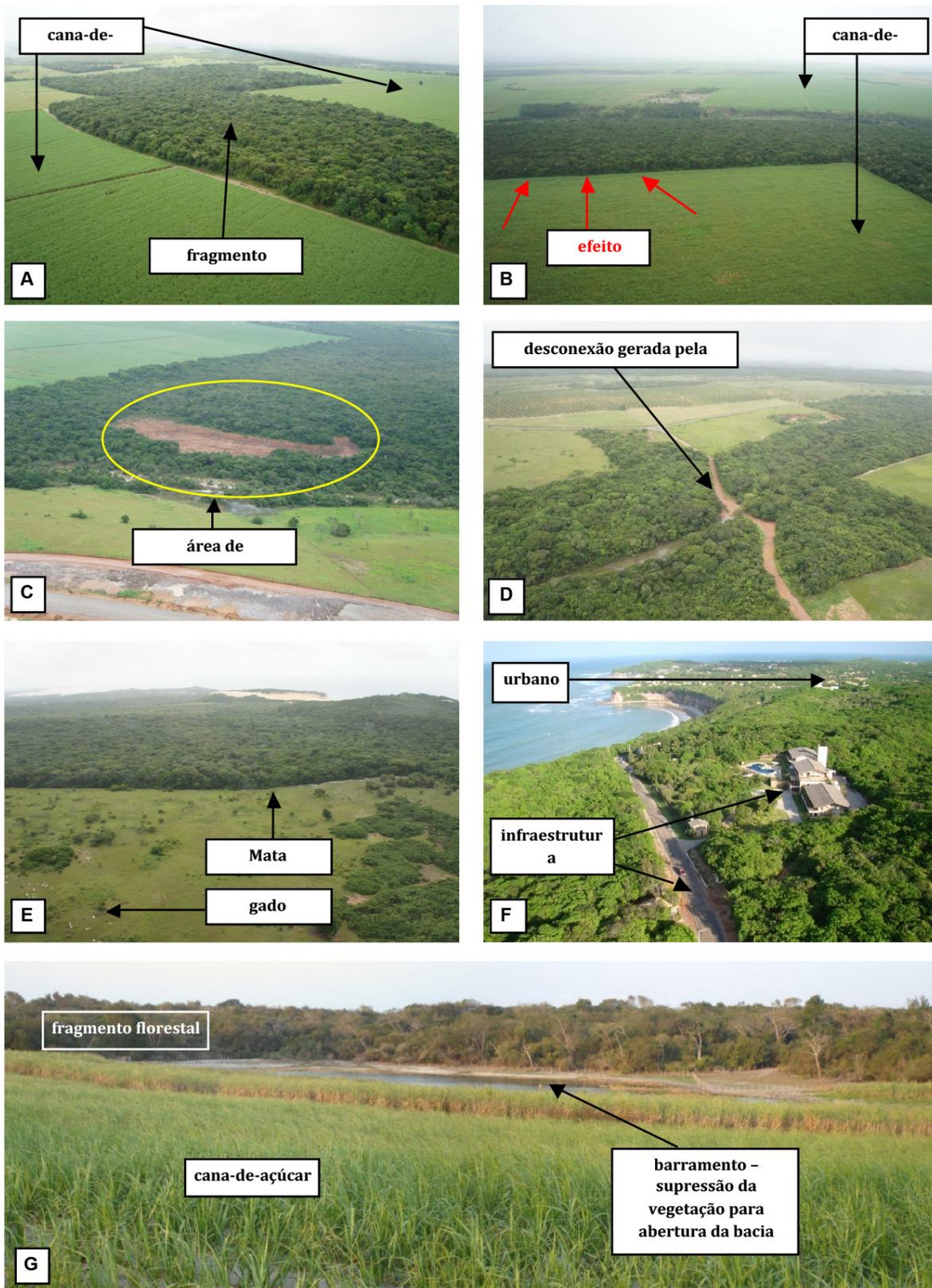
## Tabela

### Distribuição das relações de vizinhança entre os fragmentos de Mata Atlântica encontrados na área de estudo e os diferentes usos e coberturas da terra

cobertura e uso da terra	área (km <sup>2</sup> )	área (ha)	porcentagem
cultura temporária	55,39	5.539,18	41,98
campestre	39,66	3.965,79	30,06
pastagem-pecuária	10,49	1.048,63	7,95
cultura permanente	9,72	972,18	7,37
outras fisionomias vegetais	8,85	885,06	6,71
área urbanizada	4,85	484,73	3,67
corpos d'água continentais	2,32	232,14	1,76
aquicultura intensiva	0,51	51,40	0,39
corpos d'água costeiros	0,15	15,23	0,11
<b>soma dos valores</b>	<b>131,94</b>	<b>13.194,34</b>	<b>100,00</b>

## Figura 7

### Imagens de influências de remanescentes de Mata Atlântica na área de estudo

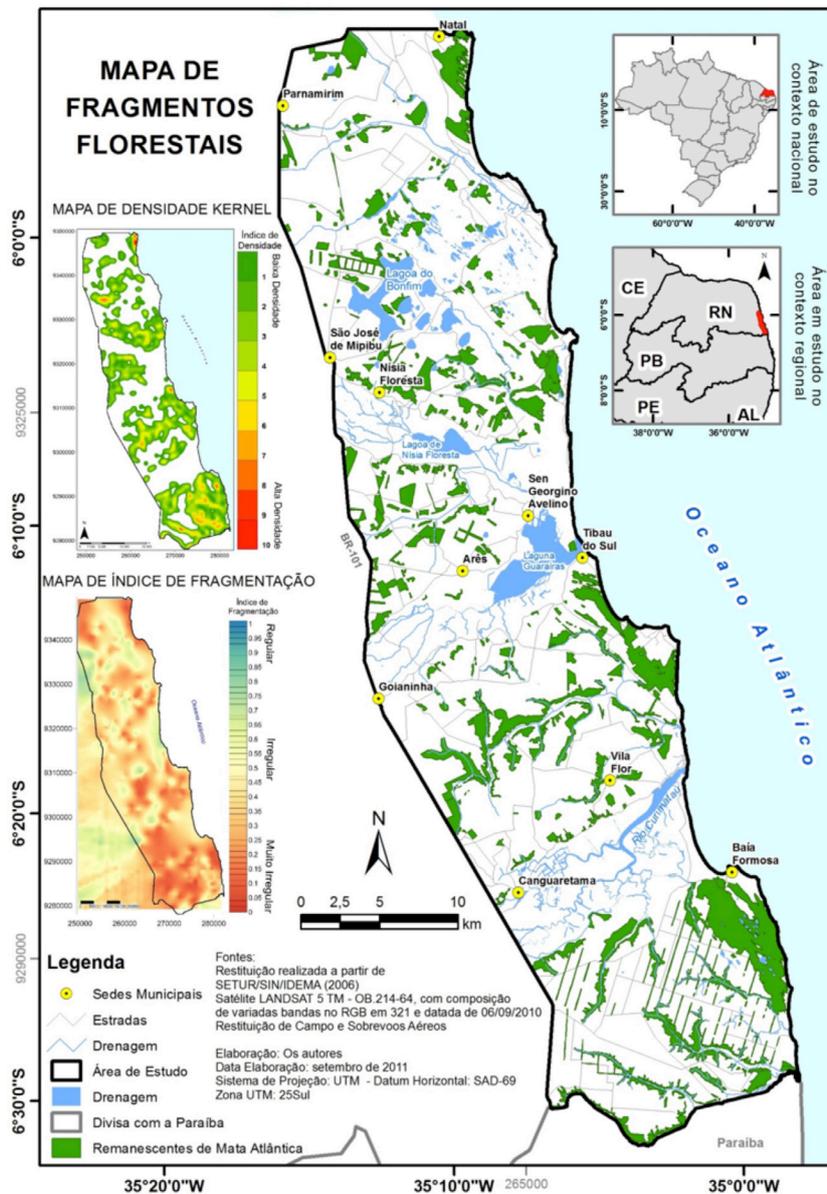


fonte: Fotos feitas pelo autor em trabalho de campo, em sobrevoos aéreos, em 24 de maio de 2011 (A, B, C, D, E) e em 12 de janeiro de 2011 (F), e em terra, em 10 de outubro de 2010 (G).

Coordenadas dos locais das fotos: foto A: 6°12'01,4" S e 35°12'21,0" O / foto B: 6°20'11,0" S e 35°10'18,2" O / foto C: 6°14'34,2" S e 35°06'23,3" O / foto D: 6°14'35,9" S e 35°04'50,7" O / foto E: 6°12'53,2" S e 35°05'13,6" O. / foto F: sem coordenadas. foto G: 6°16'27,6" S e 35°11'05,6" O.

Figura 8

Fragmentos florestais mapeados



Considerações finais

Os efeitos dos usos da terra no mosaico da paisagem incidem nas bordas dos fragmentos florestais e variam em função da intensidade de cada atividade e das diferenças entre suas próprias características. Nesta análise, pôde-se perceber a influência da cultura temporária – mais notadamente, a cana-de-açúcar – nos remanescentes. Indiscutivelmente, essa é a atividade mais danosa que se desenvolve nas bordas dos fragmentos, com desmates laterais para a construção de vias de acesso, queimadas da palha da cana e ampliação da área cultivada, sobretudo num momento de alta do valor das *commodities* do açúcar e do álcool, o que faz parecer que a legislação ambiental sobre a Mata Atlântica (Lei Federal n. 11.428/2006 e Decreto Federal n. 6.660/2008) não está sendo plenamente cumprida.

OLIVEIRA, F. G.; MATTOS, J. T.

Apesar de os fragmentos florestais de Mata Atlântica apresentarem predominância de áreas muito irregulares (60,39%), muito pequenas (64,08%), de proporção de borda de 54,34% e de densidade mal distribuída (setor sul) e de estar circundados por cana-de-açúcar e áreas campestres (72,04%), eles ainda podem exercer controle geossistêmico e ecológico da área, pois são refúgios de fauna, habitat de grande biodiversidade, cobertura de áreas instáveis (relevos fortemente dissecados) e, em algumas áreas, corredores ecológicos para o fluxo gênico regional.

Assim, os fragmentos florestais de Mata Atlântica no RN devem ser considerados áreas prioritárias de políticas públicas que visem sua conservação e preservação, a fim de manter sua integridade ambiental.

Para isso, recomendam-se estudos dos remanescentes florestais em toda a área de ocorrência de Mata Atlântica no estado do Rio Grande do Norte, com o estabelecimento de parâmetros metodológicos mais eficazes, considerando, por exemplo, se as relações de conectividade poderiam gerar um mosaico mais favorável à permeabilidade da paisagem e com a proposição de corredores ecológicos.

## Referências

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. *Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros*. Brasília: MMA, 2010. (Série Biodiversidade, 34.)
- \_\_\_\_\_. *Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. Brasília: MMA/SBF, 2003.
- CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D.; CÂMARA, G. *Análise espacial de superfícies*. São José dos Campos: Inpe, 2002.
- CAMPANILI, M.; PROCHNOW, M. (Orgs.). *Mata Atlântica: uma rede pela floresta*. Brasília: RMA, 2006.
- CESTARO, L. A.. *Fragmentos de florestas atlânticas no Rio Grande do Norte: relações estruturais, florísticas e fitogeográficas*. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – Inpe. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica – Período 2008-2010*. São Paulo, 2011.
- \_\_\_\_\_. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica – Período 2005-2008 (Relatório Parcial)*. São Paulo, 2009.
- LANDIM, P. M. B. *Análise estatística de dados geológicos*. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2003.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. *Análise da paisagem com SIG*. Trad. Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

- MACIEL, L. V. B. *Análise dos remanescentes de floresta atlântica no estado do Rio Grande do Norte: uma perspectiva em alta resolução*. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.
- MAGNAGO, L. F. S. et al. Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para a restauração florestal. In: MARTINS, S. V. (Ed.). *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. p. 69-100.
- 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: Ed. da UFPR/Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003.
- 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. (Orgs.). *Reserva ecológica de Dois Irmãos: estudos de um remanescente de Mata Atlântica em área urbana*. Recife: Imprensa Universitária/UFPE, 1998. p. 291-307.
- MIRANDA, J. I. *Fundamentos de sistemas de informações geográficas*. 2. ed. (rev. e ampl.). Brasília: Embrapa, 2010.
- OLIVEIRA, F. F. G. O. *Aplicação das técnicas de geoprocessamento na análise dos impactos ambientais e na determinação da vulnerabilidade ambiental no litoral sul do Rio Grande do Norte*. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2011.
- SCARIOT, A. et al. Vegetação e flora. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (Orgs.). *Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. Brasília: MMA/SBF, 2003.
- RIO GRANDE DO NORTE. SETUR/SIN/IDEMA. Secretaria de Estado do Turismo – Setur; Secretaria de Estado de Infraestrutura – SIN; Idema. *Polo Costa das Dunas*. Brasília: Topocart Topografia, Engenharia e Aerolevantamentos Ltda. Arquivos em formato digital (vetorial e matricial). Escala 1:25.000. 2006.
- SILVA, A. B. *Sistemas de informações georreferenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: Unicamp, 1999.
- TRINDADE, M. B. et al. Utilização de sensoriamento remoto na análise da fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Inpe, 2007. p. 1907-1914.
- \_\_\_\_\_. Uso de sensoriamento remoto na análise da fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Inpe, 2005. p. 705-712.

\_\_\_\_\_. A fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco: uma análise da estrutura da paisagem. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFRPE, 4., 2004, Recife. *Anais...* Recife: Imprensa Universitária, 2004.

UEZU, A.; CULLEN JUNIOR, L. Da fragmentação florestal à restauração da paisagem: aliando conhecimento científico e oportunidades legais para conservação. In: PAESE, A. et al. (Orgs.) *Conservação da biodiversidade com SIG*. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. p. 13-23.