



**MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO RIO SÃO FRANCISCO, SERGIPE**

**MAPPING AND CHARACTERIZATION OF FOREST FRAGMENTS IN THE LOWER  
DRAINAGE BASIN OF SÃO FRANCISCO RIVER, SERGIPE**

**CARTOGRAFÍA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS FRAGMENTOS FLORESTALES  
DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL BAJO RÍO SÃO FRANCISCO, SERGIPE**

Eduardo Marques Santos Júnior

Instituto Chico Mendes para a Conservação da Biodiversidade, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros (CPB), João Pessoa – PB, Brasil. CEP 58010-480, telefone +55 83 32411580  
eduardo.santos@icmbio.gov.br

Stephen Francis Ferrari

Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Ecologia, Campus Prof. José Aloísio de Campos, Av. Marechal Rondon s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, Sergipe, Brasil. CEP: 49100-000, telefone: +55 79 21056691,  
ferraricesad@gmail.com

Raone Beltrão-Mendes

Universidade Federal da Paraíba, Programa de Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), João Pessoa – PB, Brasil  
raonebm@gmail.com.br

Daniela Pinheiro Bitencurti

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe. Campus Prof. José Aloísio de Campos, Av. Marechal Rondon s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, Sergipe, Brasil. CEP: 49100-000  
danibitencurti@yahoo.com.br

Thiago Morato de Carvalho

Universidade Federal de Roraima, Coordenador do Lab. de Métricas da Paisagem, Dep. de Geografia/IGEO, Boa Vista, Roraima, Campus Paricarana, CEP 69300-000.  
thiago.morato@ufrr.br

## RESUMO

Este estudo teve o objetivo de quantificar e caracterizar os fragmentos de floresta no baixo rio São Francisco, porção pertencente ao Estado de Sergipe, avaliando-os quanto ao tamanho, a forma e distribuição sob o ponto de vista da conservação. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 (TM) para identificação e mapeamento dos fragmentos de mata, com base em classificação supervisionada, utilizando os programas SPRING 5.1.4 e ENVI 4.3. A região de estudo possui uma área de 6.792 km<sup>2</sup>, com ocorrência de 5.453 fragmentos, os quais cobrem uma superfície de 738,5 km<sup>2</sup>, representando 10,87% da área total. Os resultados obtidos através dos programas *Patch Analyst 4* e *Fragstats 3.3* sobre a forma e tamanho destes fragmentos indica uma média de tamanho de 13,54 ha ( $\pm 72,14$ ). Destes fragmentos, 560 são maiores que 20 ha, possuem formas irregulares conforme indicam os resultados dos índices de forma média (MSI = 2,55) e o índice ponderado pelo tamanho da área (AWMSI= 3,68).

**Palavras-chave:** Geoprocessamento; estrutura da Paisagem; fragmentação; bacia do baixo rio São Francisco; Sergipe.

## ABSTRACT

The aim of this study was the quantification and characterization of the forest fragments of the lower São Francisco river basin in Sergipe, with regard to the size, form, and distribution of fragments from the conservation viewpoint. Was used Landsat 5 (TM) image to the characterization and mapping of the forest fragments, based on supervised classification, using the programs SPRING 5.1.4 and ENVI 4.3. The region of study have an area of 6.792 km<sup>2</sup>, with 5.453 fragments, covering 738,5 km<sup>2</sup>, representing 10,87% of total area. The results obtained from the Patch Analyst 4 and Fragstats 3.3 on the shape and size of these fragments indicates an average size with 13.54 ha ( $\pm 72.14$ ). These fragments, 560 are larger than 20 ha, have irregular shapes as shown by the results of the medium index shape (MSI = 2.55) and the weighted index size of the area (AWMSI = 3.68).

**Keywords:** Geoprocessing; landscape structure; fragmentation; lower drainage basin of São Francisco river; Sergipe.

## RESUMEN

Esta investigación tuvo objetivo de cuantificar y caracterizar los fragmentos forestales de la

cuenca hidrográfica del bajo río São Francisco, região pertenciente al Estado de Sergipe, fueran analisados quanto su tamaño, forma y distribución desde el punto de vista de la conservación. Fue utilizada image satellitare Landsat 5 (TM) para la identificación y cartografía de los fragmentos florestales, con base en clasificación supervisada, en los programas SPRING 5.1.4 y ENVI 4.3. La región de estudio tiene una área de 6.792 km<sup>2</sup>, con ocurrencia de 5.453 fragmentos, estos cobrem una superficie con 738,5 km<sup>2</sup>, representando 10,87% de la área total. Los resultados obtenidos por los programas Patch Analyst 4 y Fragstats 3.3 sobre la forma y tamaño destes fragmentos indica una média de 13,54 ha ( $\pm 72,14$ ). Destos fragmentos, 560 son mayores de 20 ha, tiene formas irregulares, como se muestra por los resultados de los índices de forma promedio (MSI = 2,55) y el índice ponderado por lo tamaño del área (AWMSI= 3,68).

**Palabras clave:** Geoprocetamento; estructura del Paisaje; fragmentación; cunca baja del río São Francisco; Sergipe.

## 1. INTRODUÇÃO

O continuado aumento da demanda por recursos naturais, matéria prima, supressão da vegetação para expansão urbana ou agrícola implicou numa acelerada modificação das paisagens naturais e alteração de suas características, nas últimas décadas. Tais perturbações no meio, dependendo da intensidade espacial e temporal, podem resultar em mudanças consideráveis da paisagem, que interferem tanto diretamente na biodiversidade, quanto em seus aspectos biológicos, ecológicos e biogeográficos.

O grau de combinação dos diferentes elementos citados acima determinam a composição das paisagens naturais, que se alteram em configuração (estrutura/arranjo dos elementos) no espaço/tempo. Os processos ecológicos (natalidade, mortalidade, dispersão, etc.) representam elementos chave da heterogeneidade espacial e temporal (TURNER et al., 2001; TURNER, 2005) das paisagens biológicas. Por outro lado, a paisagem é composta por tipos de habitats que podem subsidiar a sobrevivência de uma espécie, ou uma comunidade ecológica, em condições favoráveis (METZGER, 2006).

Quanto aos aspectos abióticos, alguns mecanismos atuam na formação da fisiografia de

uma paisagem, em ordens local, regional e continental (CARVALHO;CARVALHO;MORAIS,2016). Dentre estes, podemos citar os processos hidrológicos, tendo como principal agente modelador da superfície terrestre o sistema de drenagem (compartimentado por bacias hidrográficas); processos endógenos (tectônica); e exógenos (geomorfológicos), estes atuando em conformidade com a tipologia climática regional (intemperismo químico e físico). Tais propriedades dão a uma dada paisagem características peculiares, as quais são modeladas ao longo do tempo por agentes internos e externos, sendo os externos mais atuantes e dinâmicos, não somente de ordem natural, mas também de ordem antrópica, expresso através de redes de conexão de fluxos interurbanos e meio econômico, modificando a estrutura da paisagem, principalmente sobre o uso e cobertura da terra (fragmentação da vegetação, culturas, mineração, etc.) (MORAIS; CARVALHO, 2013; CARVALHO, 2014).

Neste contexto, a ecologia da paisagem traz a possibilidade de investigação da influência do padrão espacial sobre os processos ecológicos (METZGER, 2006). Estes são motivados pela necessidade de se compreender o desenvolvimento e as dinâmicas do padrão dos fenômenos ecológicos, o papel da perturbação nos ecossistemas e as características nas escalas espaciais e temporais de eventos ecológicos.

Esta dinâmica espacial e temporal pode ser analisada através de técnicas de geoprocessamento como o sensoriamento remoto, que tem sido considerada uma tecnologia ideal para o monitoramento e mapeamento das coberturas terrestres, devido a sua capacidade de proporcionar observações sinóticas e repetitivas através das imagens de satélite (CARVALHO;CARVALHO, 2012). As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes, bem como criar bancos de dados georreferenciados. Dentre as técnicas de geoprocessamento disponíveis nos SIG, o processo de classificação de imagens de satélite se tornou uma base de produção cartográfica que demonstra ser altamente eficaz em escala regional, por suas qualidades sinóticas. A classificação de imagens de sensoriamento remoto se constitui como uma técnica utilizada em pesquisas regionais ou locais com finalidade de evidenciar, através da representação da realidade, as características físicas e antrópicas da paisagem (CARVALHO;CARVALHO,2012).

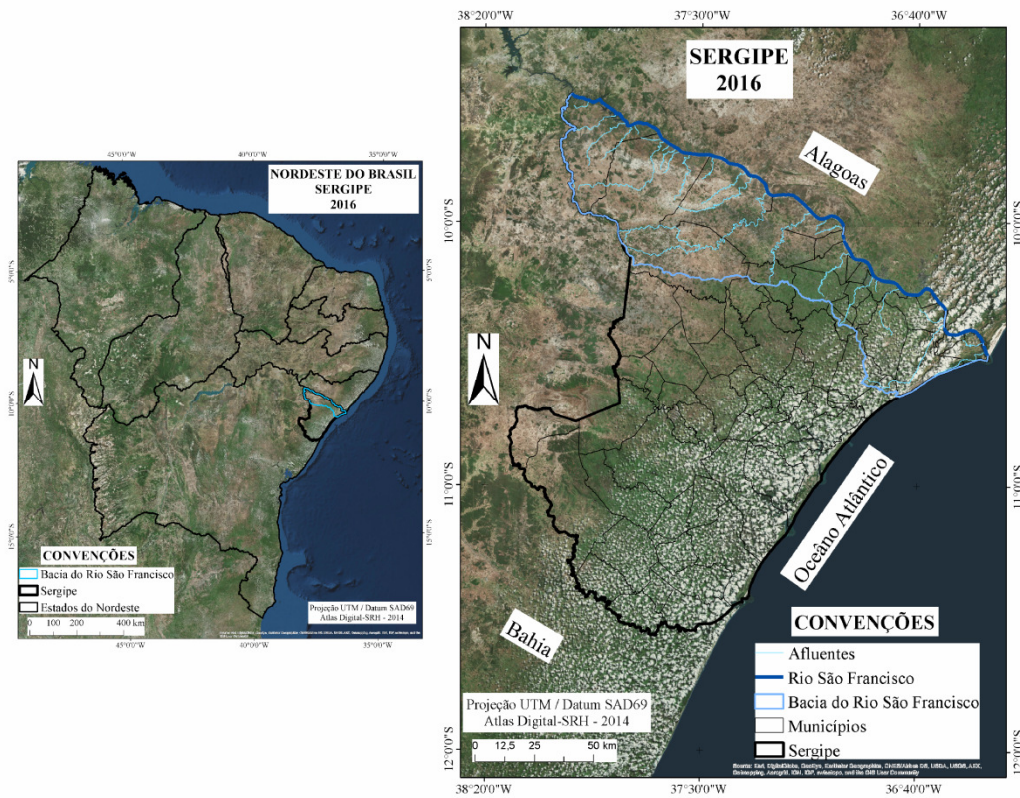
Em Sergipe estes processos de degradação ambiental são acentuados, com cerca de 10% da cobertura florestal original (SANTOS, CARVALHO, CARVALHO, 2013). Neste contexto,

buscou-se realizar o mapeamento dos fragmentos florestais remanescentes na região da bacia do baixo rio São Francisco no estado de Sergipe, com objetivo de localizar e identificar a distribuição dos remanescentes florestais, e caracterizá-los quanto ao tamanho, forma e concentração, tanto nos ambientes de Caatinga, quanto de Mata Atlântica.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

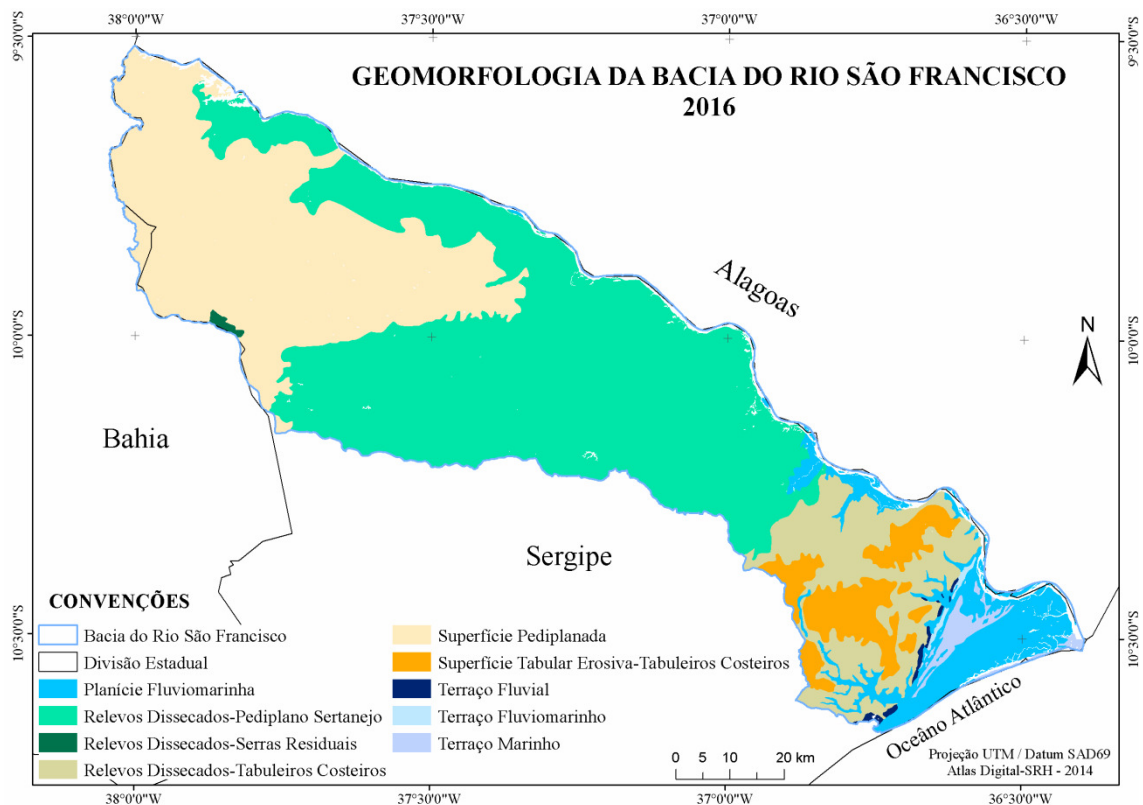
A área de estudo compreende o trecho pertencente ao sistema de drenagem do baixo rio São Francisco (flanco hidrográfico da margem direita; BSF), desde a cidade de Canindé do São Francisco – ambiente de Caatinga, até a foz do rio no Oceano Atlântico – ambiente de Mata Atlântica (localização entre 9°30'40"S/10°42'22"S e 36°13'25"W/38°10'39"W). Esta região possui uma extensão de 185 km, com largura máxima de 60 km, totalizando um perímetro de 579 km, com uma área total de 7,440.27 km<sup>2</sup> (Figura 1). Em termos de planejamento territorial, por parte da gestão pública do governo do estado de Sergipe, é uma região subdividida em 20 unidades territoriais de planejamento (UP), correspondentes a 11 sub-bacias (SEPLANTEC, 2004).



**Figura 1.** Área de estudo, bacia do baixo rio São Francisco, porção drenada no Estado de Sergipe, divisa com o Estado de Alagoas.

### Aspectos físicos e climáticos

A área de estudo apresenta nove feições geomorfológicas (Figura 2) (Atlas SRH-SEMARH, 2014). As feições de maior ocupação são o conjunto de Pediplanos Sertanejos (66.8%), seguido por Tabuleiros Costeiros (23%) e o conjunto das Planícies Costeiras (10%) (SEPLANTEC, 2004), que juntos somam quase a totalidade da superfície estudada. A área de estudo apresenta variação altitudinal desde o nível do mar, a uma média de 300 m acima do nível do mar, com áreas que atingem valores superiores a 700 m anm; o aumento gradual inicia desde o litoral e segue no sentido dos relevos escarpados da Bahia, noroeste de Sergipe.



**Figura 2.** Distribuição das feições geomorfológicas presentes na BSF.

O clima é caracterizado por médias térmicas altas sem estação fria e precipitações irregulares (PINTO, 1997). De acordo com a classificação climática de Köppen, a área de estudo apresenta duas zonas: o litoral até a porção central de clima chuvoso e verão seco (*As*); e o extremo ocidental de clima muito quente, tipicamente semiárido (*BSh*) (ALVARES et al., 2013). A sazonalidade das chuvas se acentua com a continentalidade. A estação seca é mais severa à medida que se interioriza para o território sergipano, e os índices pluviométricos decrescem rapidamente no sentido litoral-interior. Segundo Sergipe (2009) as médias anuais de precipitação acumulada para a BSF podem variar de 1,415.02 mm, no Município de Neópolis, na Mata Atlântica do nordeste do Estado, a 539.25 mm nas regiões mais secas, como as do município de Canindé do São Francisco, nas Caatingas do oeste do Estado (Tabela 1).

**Tabela 1.** Médias anuais de precipitação (mm), em quatro municípios da BSF. Fonte de dados primários: Sergipe (2009).

Precipitação Anual (mm)	Total	Mata Atlântica		Caatinga	
		Neópolis	Aquidabã	Poço Redondo	Canindé do São Francisco
2004		1,425.60	1,333.00	1,206.60	717.80
2006		1,503.10	1,251.90	514.40	440.50
2008		1,380.30	1,261.00	418.40	543.60
2010		1,715.60	1,361.20	549.90	587.10
2012		1,050.50	755.50	167.75	407.25
<b>Precipitação Anual (mm)</b>	<b>Média</b>	<b>1,415.02</b>	<b>1,192.52</b>	<b>571.41</b>	<b>539.25</b>

## Vegetação

Sergipe possui três principais ecossistemas distintos, atribuídos a tipologias vegetacionais características, que são a Mata Atlântica, o Agreste (ecótono) e a Caatinga, conforme descrito por Santos, Carvalho e Carvalho (2013) (Figura 3). Ao longo de toda a faixa litorânea, ocorre a Mata Atlântica e diversos ecossistemas associados (matas estacionais semidecíduais, restingas, mangues), onde a vegetação é constituída por árvores que podem ultrapassar 20 m de altura em algumas localidades, com presença marcante de sub-bosque. No sentido litoral-interior há uma faixa de transição entre Mata Atlântica e Caatinga localmente denominada de Agreste, com presença de serras baixas, porém, sem pedimentos marcantes, como na Caatinga, além de uma mescla fisionômica entre esparsas cactáceas e plantas de porte arbóreo, vegetação levemente encorpada, mais diversa e mais verde que a Caatinga (SANTOS; CARVALHO; CARVALHO, 2013). A oeste ocorre o domínio da Caatinga, no interior do Estado, região do sertão sergipano, com vegetação predominantemente formada por cactáceas, faveleiras e catingueiras, cujo porte são arvoretas baixas, predomínio do componente arbustivo, sendo um ambiente tipicamente de áreas abertas (savana), com afloramentos rochosos (granitos/gnaisses) formando lajedos, e pequenos riachos intermitentes.

## Base cartográfica e processamento dos dados

Foi adotada a base cartográfica do Atlas Digital de Recursos Hídricos de Sergipe (SEPLANTEC, 2004 e Atlas SRH-SEMARH, 2014), cujos dados são disponibilizados em formato vetorial. O mapeamento dos fragmentos florestais foi realizado através de imagens



Landsat 5 (TM), com 30 metros de resolução espacial e uma área de cobertura de 185 km x 185 km, compostas por sete bandas espectrais, disponíveis na Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DGI, 2009).

Para a composição colorida da imagem de satélite Landsat 5 (TM), foram utilizadas as bandas 5, 4 e 3, que representam as cores primárias (vermelho, verde e azul – RGB, respectivamente). Também foi realizada a correção geométrica da imagem, para minimizar erros de posição de objetos e então representar a realidade da melhor forma possível, ajustando-se à base cartográfica utilizada (Projeção UTM, Datum SAD/69, Zona 24 Sul), a partir do modo *imagem para imagem* da ferramenta *registration* no *software* ENVI 4.3, com pontos de controle ao nível do solo (Ground Control Point – GCP) obtidos a partir do mosaico da SEPLANTEC (2004). Os GCP mais adequados foram avaliados individualmente, de acordo com o erro quadrado médio (Root Mean Square Error – RMS), que é a medida utilizada para determinar a precisão dos GCP, eliminando altos valores e, em seguida, avaliando o RMS geral da imagem.

Após a composição e correção das imagens, foram feitas manipulações de contraste no programa SPRING 5.1.4, com o objetivo de destacar a cobertura vegetal da área de estudo. Em seguida, foram feitos recortes utilizando as Unidades de Planejamento (UP) do *Atlas digital de Recursos Hídricos de Sergipe* (SEPLANTEC, 2004), determinadas por sub-bacias hidrográficas. Com a obtenção dos recortes, foi elaborado o mosaico utilizado para mapear os fragmentos e agregar dados vetoriais em um único plano de informação.

Para o processamento foi adotada a escala de mapeamento de 1:50.000, adequada a zoneamentos para fins de gestão territorial/ambiental. A imagem foi classificada pelo método supervisionado, em detrimento da amostragem por elementos reconhecidos visualmente na cena, seguindo duas etapas: segmentação e classificação, como descrito a seguir.

Segmentação: bastante utilizada no âmbito da avaliação ambiental e do sensoriamento remoto (NASCIMENTO; FILHO, 1996; PADILHA; KURKDJIAN, 1996; COUTINHO, 1997). Nesta técnica, a imagem é fragmentada automaticamente em regiões (fragmentos) homogêneas a uma dada característica, como níveis de cinza (NASCIMENTO; FILHO, 1996), por exemplo, com o objetivo de criar regiões com pixels contíguos, quando contém informações semelhantes quanto ao comportamento espectral (INPE, 2009), baseado na descontinuidade (mudança abrupta nos valores de cinza) e a similaridade (continuidade dos valores) e seus respectivos graus de intensidade, em que se caracteriza o parâmetro similaridade.

O segundo parâmetro utilizado foi tamanho mínimo de área. Nesse caso, é representado pelo valor de área mínima, dado em número de pixels, para que uma região seja individualizada. Tais definições são críticas no processo de determinação da precisão da segmentação (INPE, 2009). De acordo com o exposto, foram testadas combinações destes dois parâmetros até conseguir um padrão razoável para ser submetido ao processo de classificação (limiar de similaridade = 15 e tamanho da área = 15).

Quanto à classificação: representa a identificação dos elementos relevantes para o objetivo do estudo, no caso as classes definidas foram: (i) floresta (FRT), representado pelas formações vegetais nativas; e (ii) não-floresta (nFRT), representado pelos demais elementos constituintes da matriz (pastagens, plantações, zona urbana, corpos d'água e nuvens). Para tanto, as amostras foram baseadas nos polígonos determinados pela imagem segmentada 15x15. Em seguida, com a ferramenta *Análise de amostras* (no SPRING 5.1.4), analisamos o comportamento dos dados coletados para cada classe, quanto a sua coerência através da matriz de erro ou de confusão (INPE, 2009). Como não houve outras categorias (p.ex. pasto, mata secundária, solos expostos), obteve-se 100% de coerência, sem haver confusão entre classes, o que garantiu a confiabilidade do processo de classificação (Tabela 2).

**Tabela 2.** Matriz de confusão para a classificação da imagem Landsat 5 (TM).

	<b>FRT*</b>	<b>nFRT**</b>	<b>TOTAL (%)</b>
<b>FRT</b>	39,589	0	39,589 (29.41%)
<b>nFR</b>	0	95,017	95,017 (70.59%)
<b>Total</b>	39,589	95,017	134,606 (100%)

\*FRT: Forest, \*\*nFRT: non-Forest; There were no abstentions.

Após esta análise, foi utilizado o classificador de Bhattacharya, com nível de aceitação de 95%. A imagem classificada resultante foi submetida ao processo de mapeamento de classes, onde foi criada uma imagem temática contendo as classes determinadas no estudo (FRT, nFRT). Com esta imagem, as classes foram convertidas separadamente em polígonos (vetorização automática raster/vetor) e foram analisados na ferramenta *Patch Analyst 4* para o

ArcGis 9.2 e o *Fragstats* 3.3 (MCGARIGAL et al., 2002).

No ArcGis 9.2, os polígonos foram convertidos em um arquivo ASCII (*conversion feature to Raster*, entrada para o *Fragstats*). Com o arquivo formatado adequadamente, foram selecionadas as métricas que permitiram realizar a caracterização dos fragmentos, baseando-se em estudos anteriores (VALENTE, 2001; BASILE, 2006, TAMBOSI, 2008; SANTOS; CARVALHO; CARVALHO, 2013). Os fragmentos de floresta (FRT) foram avaliados em três escalas (Figura 3): (i) *Escala da área de estudo*, onde foram analisados todos os fragmentos, para caracterizar os fragmentos como um todo; (ii) *Escala de domínio*, onde os fragmentos foram divididos em duas categorias correspondentes às regiões da Mata Atlântica e da Caatinga; e (iii) *Escala dos fragmentos*, onde foram avaliados os fragmentos vistoriados nesse estudo (ver item 3.6).



**Figura 3.** Escala de avaliação das métricas dos fragmentos para a região de estudo.

Foram utilizados três tipos de métricas: (i) Quantitativas, tais quais o número total de fragmentos (NP) distribuídos na região, a densidade de fragmentos (PD), que equivale ao número de fragmentos dividido por unidade de área (hectares), e o tamanho da área (AREA) dos fragmentos (hectares); Qualitativas: tais quais o índice de forma médio (SI) que expressa a

razão média de sua relação perímetro/área comparada a uma forma padrão (KAUKINEN et al., 2008), em que SI será igual a 1 quando o fragmento obtiver a forma circular perfeita e valores mais que 1 indicam irregularidade da forma; por fim, entre as qualitativas, utilizou-se a métrica taxa perímetro/área (PARA), uma medida simples de complexidade que não considera a forma Euclidiana simples.

O terceiro tipo de métricas considera as razões de Isolamento/Proximidade entre os fragmentos. Estas métricas se referem à tendência dos fragmentos de serem isolados (distantes) entre si, no espaço. Para tanto, utilizou-se o PROX (GUSTAFSON; PARKER, 1992), que representa a área do fragmento dividido pela distância borda-a-borda mais próxima (em  $m^2$ ), de acordo com um determinado raio (nesse caso, 1.000m). PROX é adimensional e será sempre maior ou igual a zero, sendo que zero representa a ausência de vizinhos de acordo com o valor de raio determinado, e aumentará seu valor como aumento do número de fragmentos em sua vizinhança, o que indica que os fragmentos estão mais próximos e contíguos (menor fragmentação da paisagem). O maior valor de PROX é afetado pelo raio de busca, o mínimo pela distância entre fragmentos (GUSTAFSON; PARKER, 1992).

Outra métrica de Isolamento/Proximidade utilizada foi a distância euclidiana do vizinho mais próximo (ENN), que quantifica a distância (m) do fragmento vizinho mais próximo, baseada na menor distância borda-borda e variando de 0 a infinito ( $ENN > 0$ ) (FRAGSTATS, 2002). Quando ENN aproxima-se de 0, a distância para o vizinho mais próximo decresce. O valor mínimo de ENN é restringido pelo tamanho da célula. É uma das mais simples métricas e tem sido muito usada para quantificar o isolamento dos fragmentos (FRAGSTATS, 2002).

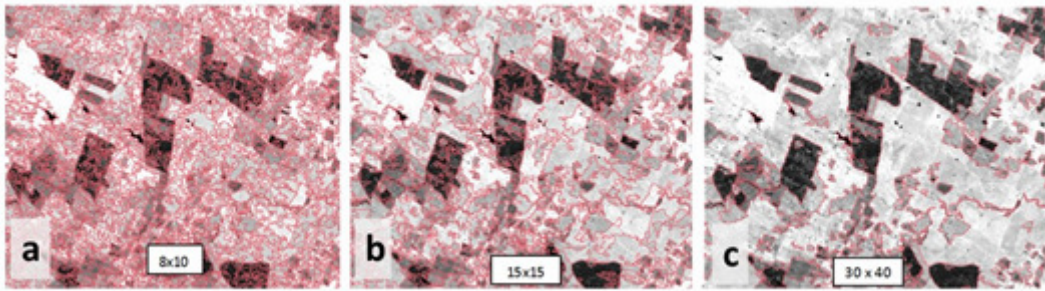
### 3. RESULTADOS

Para a classificação obtida, foram realizados nove testes (Tabela 3) com combinações utilizadas em trabalhos comparativos (NASCIMENTO;FILHO, 1996; PADILHA;KUKDJIAN, 1996; COUTINHO, 1997; INPE, 2009). De acordo com a análise visual de cada padrão obtido pela segmentação, foram selecionados três modelos para demonstrar o efeito desta técnica (Figura 4). A combinação 8x10 (Figura 4a) apresentou alta fragmentação da imagem, desta forma, foram formados pequenos grupos de pixels. A combinação 30x40 (Figura 4c), pelo contrário, formou polígonos muito abrangentes favorecendo a formação de grupos de pixels

bastante heterogêneos. A imagem segmentada com a combinação 15x15 (Figura 4b), escolhida para realizar a classificação das imagens de satélite neste estudo, apresentou um padrão intermediário, sem a excessiva fragmentação da combinação 8x10, nem agrupamentos muito heterogêneos de pixels como a segmentação 30x40.

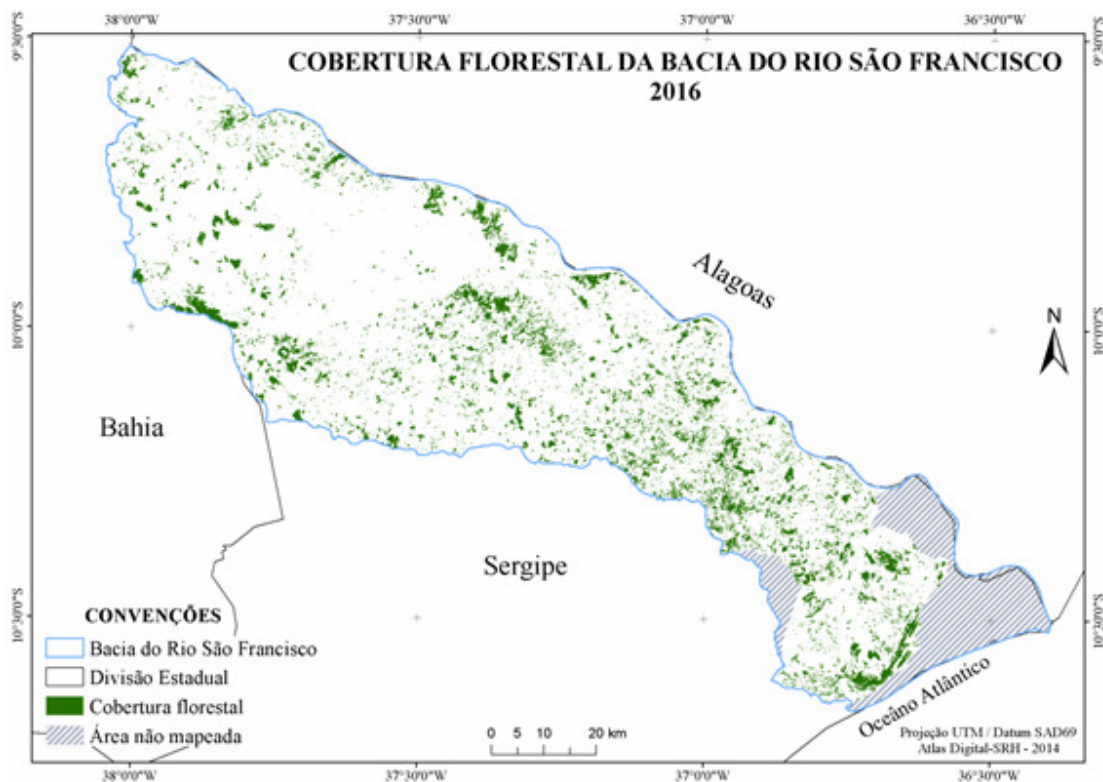
**Tabela 3.** Combinações dos limiares de similaridade e de área testadas.

Similaridade	Limite de área (n. pixels)	Referência
8	10	INPE (2009); Padilha; Kukdjian (1996)
10	8	Padilha; Kukdjian (1996)
10	12	Padilha; Kukdjian (1996); Nascimento; Filho (1996)
10	25	Padilha; Kukdjian (1996)
12	10	Padilha; Kukdjian (1996)
15	15	Padilha; Kukdjian (1996)
20	20	Coutinho (1997)
30	40	Coutinho (1997)
50	50	Coutinho (1997)



**Figura 4.** Imagens segmentadas. Três diferentes combinações dos índices de similaridade e de área, sobreposta à imagem Landsat 5 (TM) monocromática: linhas fechadas indicam os polígonos formados.

O mapa temático vetorizado foi analisado no ArcGis 9.2, com auxílio da ferramenta *Patch Analyst 4*, no qual foram mensuradas as métricas descritas anteriormente. Dos 744.522 ha que representam a área de estudo, foram analisados 91,23% (679.210 ha, área total da paisagem avaliada - TLA), caracterizados por uma cobertura florestal remanescente de 73.850,70 ha, ou 10,87 % da área mapeada (Tabela 4 e Figura 5).

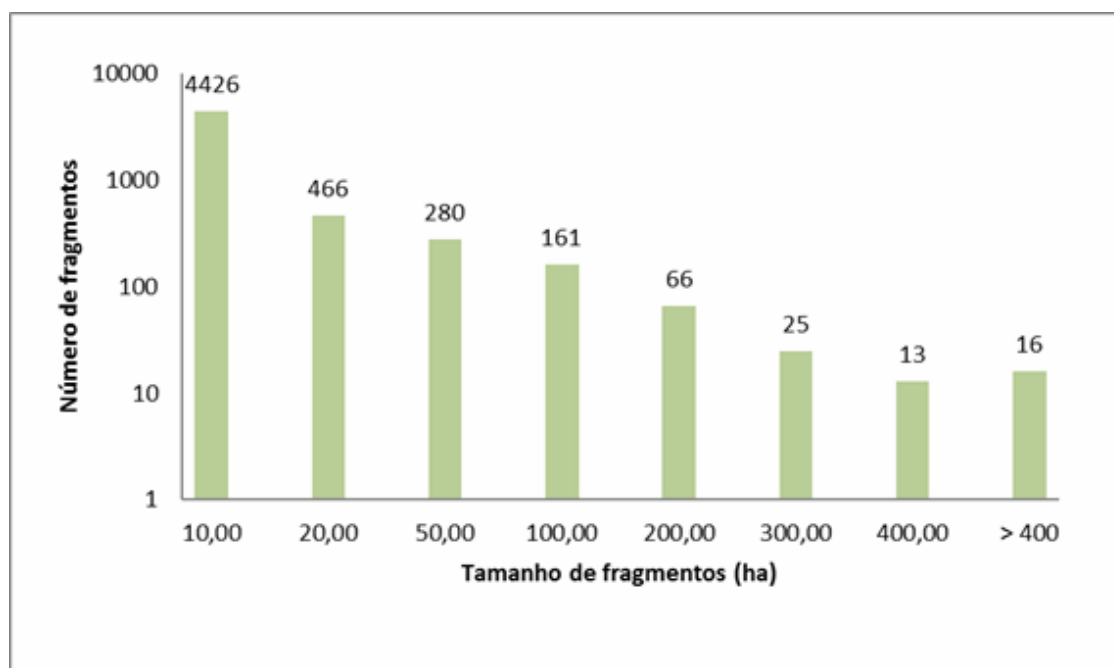


**Figura 5.** Ilustração da cobertura florestal da região de estudo, norte de Sergipe.

A vegetação mapeada corresponde a 5.453 fragmentos florestais (NumP). A menor área mapeada teve valor de 0,12 ha, enquanto o valor máximo foi de 2.036,13 ha. A maioria dos fragmentos (81%) possui menos de 10 ha, embora represente apenas 20,25% da área total analisada. Em contrapartida, os 16 fragmentos maiores que 400 ha contribuem com 21,73% da área total (Tabela 5 e Figura 6).

**Tabela 4.** Área e perímetro dos fragmentos florestais identificados na BSF.

Valor:				
Variável	Total	Mínimo	Média(±DP)	Máximo
Área (ha)	73.850,66	0,12	13,54(±72,14)	2.036,13
Perímetro (km)	10.633,14	50,91	1.949,96(±5.805,88)	228.096,0



**Figura 6.** Contribuição relativa de cada classe de tamanho de fragmento à área total da paisagem.

**Tabela 5.** Número de fragmentos (NumP) e proporção em área por classes de tamanho.

Classes de tamanho	NumP	Área %
0 - 10,0	4426	20,25%
10,0 - 20,0	466	8,84%
20,0 - 50,0	280	14,21%
50,0 - 100,0	161	10,20%
100,0 - 200,0	66	10,81%
200,0 - 300,0	25	7,67%
400,0 - 400,0	13	6,29%
> 400,0	16	21,73%
<b>Total</b>	<b>5.453</b>	<b>100%</b>

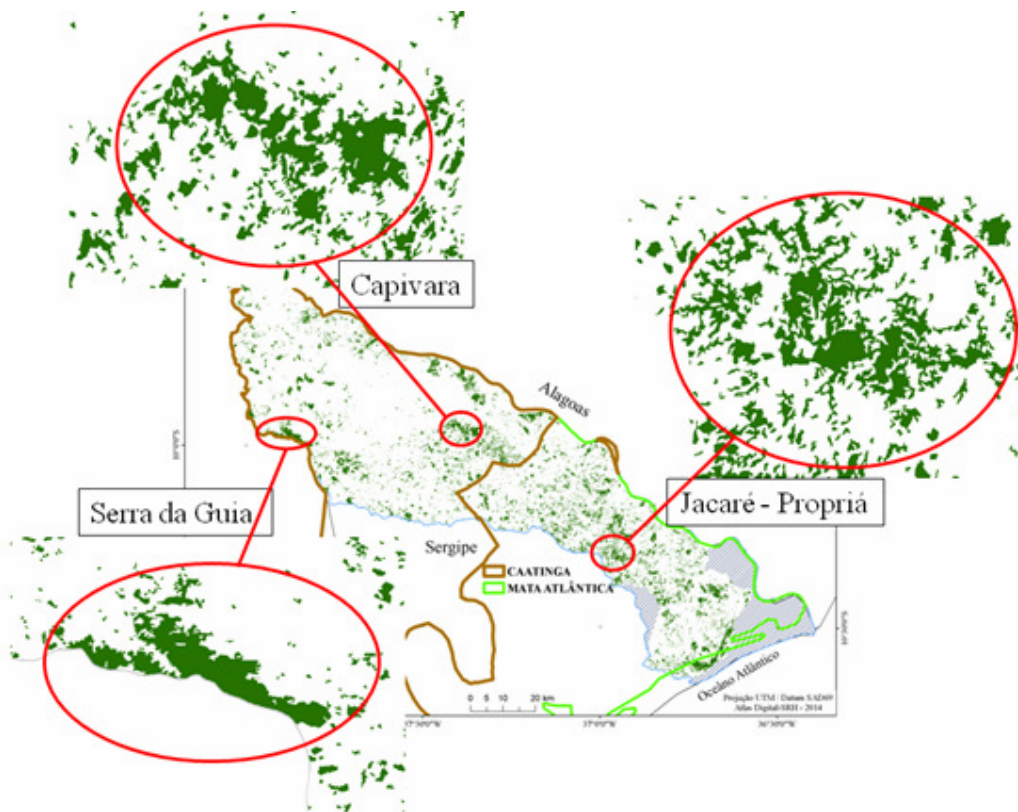
Em, seguida, adotou-se uma área mínima de trabalho de 20 ha, que visou tornar a análise mais prática quanto à quantificação, conforme Basile (2006) e Santos; Carvalho e Carvalho (2013). Outro critério utilizado para a definição dessa unidade mínima de área, para caracterização da distribuição dos fragmentos, foi determinado na perspectiva da área média de



vida dos guigós (BICCA-MARQUES; HEYMANN, 2013). Na tabela 6 são apresentados os maiores fragmentos distribuídos por classes de tamanho nos biomas abrangidos na área de estudo. Os maiores fragmentos mapeados representam juntos 5.055,35 ha dos remanescentes de vegetação (Tabela 6). Dois estão localizados na Caatinga (Figura 7), aqui denominados Capivara (2.036,13 ha) e Serra da Guia (1.650,78 ha), enquanto o terceiro está localizado no domínio de Mata Atlântica, aqui denominado Jacaré-Propriá (1.368,44 ha).

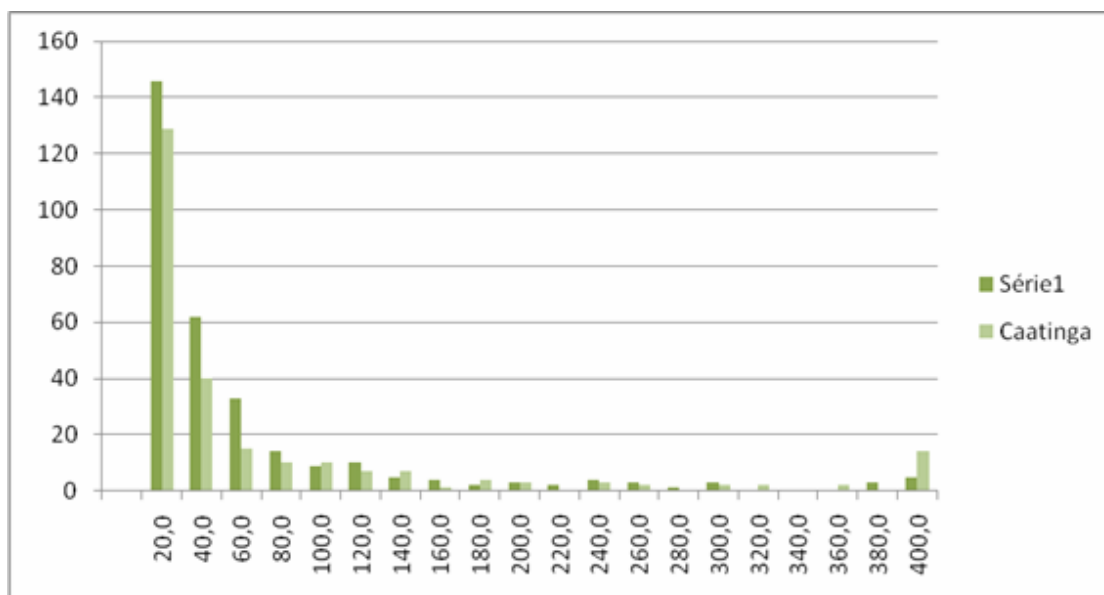
**Tabela 6.** Maiores fragmentos mapeados distribuídos por classes de tamanho nos biomas abrangidos na área de estudo.

NOME	LOCALIZAÇÃO	DOMÍNIO	ÁREA (ha)
Capivara	09° 58' 18,75" S, 37° 22' 19,12" W	Caatinga	2.036,13
Serra da Guia	09° 58' 53,73" S, 37° 50' 14,05" W	Caatinga	1.650,78
Jacaré-Propriá	10° 17' 46,96" S, 36° 56' 32,83" W	Mata Atlântica	1.368,44



**Figura 7.** Os Três maiores fragmentos mapeados para BSF.

A região de Mata Atlântica possui um maior número de fragmentos (309), comparado à Caatinga (251). Em contrapartida, na Caatinga está inclusa a maior parte dos fragmentos que possuem mais de 400 ha (Tabela 6). A distribuição desses valores é caracterizada pelo elevado número de fragmentos com área entre 20 e 80 ha, baixa representação dos fragmentos com tamanho entre 80 e 400 ha, não havendo muita variação quanto ao tamanho entre os dois biomas (Figura 8). Além disso, os fragmentos com área menor que 80 ha representam mais que 25% dos remanescentes florestais, tanto para a Mata Atlântica, quando para a Caatinga (Tabela 7).



**Figura 8.** Distribuição de classes dos fragmentos entre a Caatinga e de Mata Atlântica.

Os fragmentos maiores que 20ha totalizam uma área de 50.608,22 ha de vegetação com formas irregulares. Quanto à área por região fitogeográfica na BSF, a Mata Atlântica se estende por 322.560,00 ha, dos quais 24.477,17 ha são cobertos por vegetação (7,58%). Também é destacada a diferença entre as médias de tamanho de fragmento, indicando que os fragmentos da Caatinga, apesar de menos numerosos, são maiores em termos de tamanho médio de área

(104,11 ± 206,32), em relação os da Mata Atlântica (79,21 ± 130,65).

Os fragmentos com menos de 80 ha são os mais numerosos e totalizam 425 para toda a extensão da BSF, ou seja, 75,89% do número de fragmentos. A Caatinga possui 43,3% desses fragmentos (25% da área do domínio). Já a Mata Atlântica, com 56,70%, tem mais de um terço (33,97%) de sua área ocupada por esse conjunto de fragmentos.

**Tabela 7.** Distribuição por região em número dos fragmentos florestais (NumP) e a contribuição percentual de cada classe de fragmento para a área total da classe FRT.

Intervalo de classes	Região/Domínio			
	Mata Atlântica		Caatinga	
	NumP	Área (%)	NumP	Área (%)
20 – 40	146	14,99	129	13,72
40 – 60	62	10,92	40	7,30
60 – 80	33	8,06	15	3,99
80 – 100	14	4,5	10	3,40
100 – 120	9	3,54	10	4,32
120 – 140	10	4,62	7	3,51
140 – 160	5	2,66	7	4,06
160 – 180	4	2,44	1	0,62
180 - 200	2	1,35	4	2,88
200 – 220	3	2,33	3	2,44
220 - 240	2	1,68	0	0,00
240 – 260	4	3,51	3	2,90
260 - 280	3	2,95	2	2,05
280 - 300	1	1,04	0	0,00
300 - 320	3	3,38	2	2,39
320 - 340	0	0	2	2,50
340 – 360	0	0	0	0,00
360 - 380	0	0	2	2,83
380- 400	3	4,18	0	0,00
>400	5	27,86	14	41,11
<b>Total</b>	<b>309</b>	<b>100,00</b>	<b>251</b>	<b>100,00</b>

Quanto à forma, pode-se considerar que os fragmentos se apresentam irregulares (MSI = 2,55), o que demonstra formas pouco circulares (idealmente MSI = 1). A forma ponderada pelo tamanho da área (AWMSI) evidencia melhor essa condição, uma vez que o valor ideal também é igual a 1 (um), enquanto o valor obtido foi 3,68. Ou seja, os mesmos fragmentos quando

calculados de formas diferentes apresentam a característica geral de não possuírem uma forma circular. Separadamente os fragmentos mantiveram o padrão descrito anteriormente para BSF quanto à forma, para as duas regiões. Os índices de forma (MSI) e de forma ponderada pelo tamanho (AWMSI) variaram pouco entre biomas (Tabela 8) e pouco se distanciaram do índice global da BSF (3,68), quando ponderado pela área. Portanto, a tendência dos fragmentos é ter sempre formas muito irregulares (Tabela 8).

**Tabela 8.** Índices de forma dos fragmentos da BSF por região.

Região	Forma média (MSI)	Forma média ponderada (AWMSI)	Média de fractal (MPFD)	Média ponderada fractal (AWMPFD)
Caatinga	2,41	3,63	1,32	1,33
Mata Atlântica	2,66	3,75	1,33	1,35

#### 4. DISCUSSÃO

De acordo com o presente diagnóstico, persiste pelo menos 9,49% da cobertura florestal na BSF em Sergipe, cobrindo uma área de 70.654,66 ha. Esse resultado traz à tona uma perspectiva mais otimista, quando comparado ao valor apresentado por Siqueira e Ribeiro (2001), de 1% de remanescentes para a Mata Atlântica do Estado. Apesar do valor mais otimista registrado aqui, a fragmentação e perda de áreas florestadas ainda são críticas na BSF.

\_\_\_\_\_ De uma forma geral, esta proporção é muito próxima do padrão que é descrito para o domínio da Mata Atlântica no país, no qual os remanescentes são estimados entre 11 e 16% de cobertura original (SOS Mata Atlântica, 2015). No estudo de compartimentação dos domínios morfoclimáticos de Sergipe, levando em consideração as divisões fitogeográficas da Mata Atlântica, agreste e Caatinga, Santos; Carvalho e Carvalho (2013) registraram 403 fragmentos de Mata Atlântica em 36.000 ha estudados, considerados os fragmentos maiores que 17 ha. No presente estudo, utilizando um tamanho mínimo de 20 ha para detecção dos fragmentos florestais, e diagnosticar uma área menor foram registrados 309 fragmentos.

Avaliando uma porção da imagem que abrange as sub-bacias Cururu e Campos Novos, a região é caracterizada pela forte antropização e manchas de fragmentos distantes entre si, ou seja, pouco adensados. Esta situação parece representar o princípio do processo de desertificação nestas microrregiões que, inclusive, está inclusa no conjunto de áreas prioritárias de combate à desertificação (SANTANA, 2007), onde ações de manejo e reflorestamento têm sido implantadas.

As estratégias de manejo para as sub-bacias da BSF, no Estado de Sergipe, devem ser diferenciadas para cada região e adaptada à realidade local, conforme proposto por Moulton e Souza (2006). Portanto, pode-se especular que o modelo de manejo por sub-bacia seja uma alternativa aplicável à realidade do presente estudo, associado aos índices de forma, forma ponderada, densidade de fragmentos, entre as demais métricas apresentadas neste estudo, já que os resultados informam visualmente o número e a distribuição relativa de fragmentos.

Na Caatinga, fragmentos grandes, como a Serra da Guia (1.650,78 ha), apresentam potencial para conservação e além da quantidade de hábitat disponível, também mantém uma porção considerável da diversidade local de vertebrados, segundo estudos recentes (ROCHA et al., 2015; RUIZ-ESPARZA et al., 2012). Os demais fragmentos pequenos e próximos, por sua vez, apesar de não representarem hábitats de uso contínuo, podem servir como pontos de repouso ou passagem, auxiliando no processo de dispersão de aves migratórias (METZGER, 2006), ou mesmo para mamíferos terrestres em processo de dispersão. Como medida auxiliar de conservação, pode ser adotada a abordagem de recomposição e consolidação de matas ciliares, que uma vez reconstituídas serviriam automaticamente como corredores ecológicos (PARDINI et al., 2005), entre fragmentos de uma dada unidade da paisagem. A implementação de uma abordagem deste tipo, contemplaria as regras previstas para áreas de proteção permanente, definidas pelo Código Florestal (BRASIL, 2012).

A perda da conectividade entre fragmentos florestais acarreta consideráveis mudanças na estrutura e dinâmica das populações como, por exemplo, a redução do potencial de dispersão e colonização das espécies e, conseqüentemente, a diminuição do fluxo gênico entre populações (SANTOS; CARVALHO; CARVALHO, 2013; CARVALHO; CARVALHO; MORAIS, 2016). Nesse sentido, o mapeamento realizado aqui também apresenta relevância no planejamento e desenvolvimento de ações de conservação, importantes principalmente no contexto da biota sergipana como um todo, especialmente para espécies restritas a hábitats florestais, considerando que a conservação dessas espécies depende do manejo de ecossistemas funcionais.

Um caso específico é *Sapajus xanthosternos*, macaco-prego-do-peito-amarelo, espécie criticamente ameaçada (KIERULFF et al, 2015), que se encontra em situação ainda mais delicada no Estado, pois ocupa apenas seis localidades conhecidas, das quais duas na BSF (BELTRÃO-MENDES et al., 2009, 2011, HILÁRIO; FERRARI, 2014). A sobrevivência da espécie na BSF é tão precária quanto nas demais regiões do Estado, principalmente considerando o tamanho reduzido da maioria dos fragmentos apresentados aqui. Os macacos-prego tendem a ocupar fragmentos com mais de 100 ha, conforme sugerido por Beltrão-Mendes et al. (2011), áreas relativamente raras na área de estudo.

Estudos dentro desta temática são importantes para a descrição de habitats através de diversos pontos de vista, desde o meio físico e ecológico, levando também em consideração os aspectos socioeconômicos. Assim, através de técnicas como o geoprocessamento, podemos armazenar e associar informações, cuja finalidade imediata é a descrição destes ambientes e, posteriormente, servir de base para planejamento e tomadas de decisões, com medidas atreladas à gestão territorial/ambiental (MORAIS; CARVALHO, 2013, 2015).

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPITEC e à CAPES pela bolsa de mestrado a EMLN e RB-M, respectivamente. Ao CNPq pelo apoio a RB-M (projeto: 503372/2014-5) e SFF (Processos: 303994/2011-8 e 483220/2013-2), à CAPES pelo apoio a DPB (PNDP) e pela bolsa de Pós-Doutorado para SFF (processo 99999.001536/2015-00). RB-M e SFF também recebem suporte de Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund (Projeto: 12055114), Primate Conservation Inc. (Projeto: 1158) e Primate Action Fund (Projeto: 1001257).

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, 22: 711-728, 2013.

BASILE, A. Caracterização estrutural e física de fragmentos florestais no contexto da paisagem da bacia do rio Corumbataí. 2006. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) -

Universidade de São Paulo.

BELTRÃO-MENDES, R.; CUNHA, A. A.; FERRARI, S. F. 2011. New localities and perspectives on the sympatry between two endangered primates (*Callicebus coimbrai* and *Cebus xanthosternos*) in northeastern Brazil. *Mammalia*, v.75, p.103-105.

BELTRÃO-MENDES, R.; JERUSALINSKY, J.; CUNHA, A. A.; SANTOS Jr., E. M.; FERRARI, S. F. 2009. Padrão de distribuição de Macaco-Prego-de-Peito-Amarelo (*Cebus xanthosternos*) no estado de Sergipe. Livro de Resumo do XIII Congresso Brasileiro de Primatologia, Blumenau - SC.

BICCA-MARQUES, J.C; HEYMANN, E.W. (No prelo). Ecology and behaviour of titi monkeys (genus *Callicebus*). In: L.M. Veiga, A.A. Barnett, S.F. Ferrari & M.A. Norconk (eds.) *Evolutionary Biology and Conservation of the Titis, Sakis, and Uacaris*. Cambridge, Cambridge University Press.2013.

BRASIL. 2012. Código Florestal: Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 de maio de 2012.

CARVALHO, T.M. Sistemas e Ambientes Denudacionais e Agradacionais, uma primeira aproximação para o Estado de Roraima, Norte da Amazônia. *Revista Acta Geográfica*, v.8, n.16, p.77-98, 2014.

CARVALHO, T.M;CARVALHO, C.M Sistemas de informações geográficas aplicadas à descrição de habitats. *Acta Scientiarum. Education (Print)*, v. 34, p. 79-90, 2012.

CARVALHOT.M;CARVALHO, C.M;MORAIS,R.P. Fisiografia da paisagem e aspectos biogeomorfológicos do lavrado, Roraima, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia.* , v.17, p.94 - 107, 2016.

COUTINHO, A. C. Segmentação e classificação de imagens Landsat-TM para o mapeamento dos usos da terra na região de Campinas, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo. 150 p. 1997.

DGI. Divisão de geração de imagens. 2009. INPE. Acessado 08/10/2009. <http://www.dgi.inpe.br>

GUSTAFSON, E.J. Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art? *Ecosystems*, Vol. 1, No. 2 (Mar. - Apr., 1998), pp. 143-156. 1998.

HILÁRIO, R. R.; FERRARI, S. F. Dense understory and absence of capuchin monkeys (*Sapajus xanthosternos*) predict higher density of common marmosets (*Callithrix jacchus*) in the Brazilian Northeast. *American Journal of Primatology*, v.77, p.425-433. 2014.

INPE, 2009. Departamento de Processamento de Imagens. Manual de operação do SPRING: versão.5.1.4. São Jose dos Campos, SP. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>. Acesso: 08/10/2009.

IUCN 2008. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Acessado em 13 de Fevereiro de 2008.

KAUKINEN, R D., CARR, A., REMPEL, R., ELKIE, P., KUSHNERIUK, R., ELLIOTT, J; ROBINSONAMPEL, J. 2008. Patch Analyst 0.9.5 for ArcGis 9.1. Ontario Ministry of Natural Resources.

KIERULFF, M.C.M., Mendes, S.L; Rylands, A.B. *Sapajus xanthosternos*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T4074A70615251. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-1.RLTS.T4074A70615251.en>. Downloaded on 1 october 2016.

MCGARIGAL, K; S. A. CUSHMAN, M. C. NEEL; E. ENE. 2002. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst.

METZGER, J. P. 2006. How to deal with non-obvious rules for biodiversity conservation in fragmented landscapes? *Natureza & Conservação*, 4(2): 11-23.

MOULTON, T.P; SOUZA, M.L. Conservação com base em bacias hidrográficas. In: *Biologia da Conservação*. (ed Bergallo, H.G., Rocha, C.F.D., Alves, M.A.S. & Sluys, M.V.), pp. 45-52. Ed. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brazil. 2006.

MORAIS, R. P.; CARVALHO, T.M. COBERTURA DA TERRA E PARÂMETROS DA PAISAGEM NO MUNÍCIPIO DE CARACARAÍ - RORAIMA. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 7, n.1, p. 46-59, 2013.



MORAIS, R.P.; CARVALHO, T.M. aspectos dinâmicos da paisagem do lavrado, nordeste de Roraima. *Revista Geociências*, 34(1). 2015.

NASCIMENTO, P. S. R.; FILHO, R. A. Utilização da Técnica de Segmentação em Imagens TM/Landsat Visando Otimizar a Técnica de Interpretação Visual. In: *Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Salvador, Brasil, INPE, p. 677-680. 1996.

NEEL, M. C.; MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A. Behavior of class-level landscape metrics across gradients of class aggregation and area. *Landscape Ecol.*, 19: 435–455, 2004.

PADILHA, R. C. B. L. A. KURKDJIAN, M. L. N. O. Aplicação da Técnica de Segmentação em Imagens HRV/SPOT para a Discriminação dos Vazios Urbanos. In: *Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Salvador, Brasil, INPE, p. 241-26, 1996.

PARDINI, R., SOUZA, S.M., BRAGA-NETTO, R. METZGER, J.P. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in a tropical forest landscape. *Biol. Conserv.* 124:253-266, 2005.

PINTO, J. E. S. de S. 1997. Os reflexos da seca no estado de Sergipe. São Cristóvão; NPGeo, UFS. 179p.

ROCHA, P. A. Diversidade, composição e estrutura de comunidade de morcegos em habitats de Caatinga e Brejo de Altitude em Sergipe. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Sergipe. 2010..

ROCHA, P. A.; Ruiz-Esparza, J.M.; Beltrão-Mendes, R.; Ribeiro, A. S.; Campos, B. A. T. P.; Ferrari, S. F. Nonvolant mammals in habitats of the Caatinga scrub and cloud forest enclave at Serra da Guia, state of Sergipe. *Revista Brasileira de Zoociências*, 16: 93-103, 2015.

RUIZ-ESPARZA, J.; ROCHA, P. A.; RIBEIRO, A. S.; FERRARI, S. F. The birds of the Serra da Guia in the Caatinga of northern Sergipe. *Ararajuba*, 20: 290-301, 2012.

SANTANA, M. O. (Org). Atlas das áreas susceptíveis a desertificação do Brasil /MMA. Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília, MMA, 2007.

SANTOS, A.L.; CARVALHO, C.M.; CARVALHO, T.M. importância de remanescentes florestais para conservação da biodiversidade: estudo de caso na mata atlântica em sergipe

através de sensoriamento remoto. *Geográfica Acadêmica*, 7(2): 58-84, 2013.

SEPLANTEC. 2004. Atlas digital sobre recursos hídricos. Secretaria do Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia, Aracaju, Brasil. CD-ROM.

SERGIPE. 2009. Dados meteorológicos de precipitação. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Sergipe. Disponível em: <http://www.semarh.se.gov.br/meteorologia/>; acessado em dezembro de 2009.

SIQUEIRA, E. R.; RIBEIRO, F. E. 2001. A Mata Atlântica de Sergipe. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, Brasil. 132p.

SOS Mata Atlântica, Atlas da Mata Atlântica. [www.sosmatatlantica.org.br/?secao=atlas](http://www.sosmatatlantica.org.br/?secao=atlas)  
Acessado em: 10 de Janeiro de 2009.

TAMBOSI, L. R. 2008. Análise da paisagem no entorno de três unidades de conservação: subsídios para a criação da zona de amortecimento. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H.; and O'NEILL, R. V. 2001. *Landscape Ecology: in Theory and Practice*. Springer-Verlag, New York.

TURNER, M. G. Landscape ecology: What is the state of the science? *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 36: 319-344, 2005.

VALENTE, R. de O. A., 2001. Análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Corumbatai SP. Piracicaba. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.