



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO**

EM

DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DESENVOLVIMENTO REGIONAL

PROGRAMA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

**DIAGNÓSTICO DOS FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA DE SERGIPE
ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Autor: André Luiz Conceição Santos

Orientador: Pós-Doutor Celso Morato de Carvalho

Co-orientador: Doutor Adauto Souza Ribeiro

Abril - 2009

São Cristóvão – Sergipe

Brasil



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO**

EM

DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DESENVOLVIMENTO REGIONAL

PROGRAMA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

**DIAGNÓSTICO DOS FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA DE SERGIPE
ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Autor: André Luiz Conceição Santos

Orientador: Pós-Doutor Celso Morato de Carvalho

Co-orientador: Doutor Aduino Souza Ribeiro

Abril - 2009

São Cristóvão – Sergipe

Brasil

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Santos, André Luiz Conceição
S237d Diagnóstico dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe
através de sensoriamento remoto / André Luiz Conceição Santos.
– São Cristóvão, 2009.
74 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)
– Universidade Federal de Sergipe, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Celso Morato de Carvalho

1. Mata atlântica. 2. Sensoriamento remoto. 3. Sergipe. I.
Título.

CDU 528.8(813.7)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO

EM

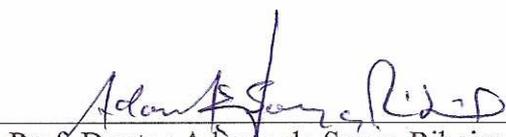
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DESENVOLVIMENTO REGIONAL

PROGRAMA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

DIAGNÓSTICO DOS FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA DE SERGIPE
ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO

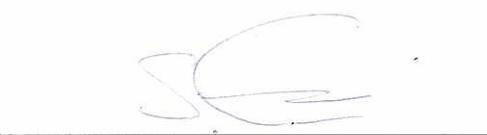
Dissertação de Mestrado defendida por André Luiz Conceição Santos e aprovada em 15 de abril de 2009 pela banca examinadora constituída pelos doutores:



Prof. Doutor Adauto de Souza Ribeiro
Universidade Federal de Sergipe



Prof. Doutor Mário Jorge Campos dos Santos
Universidade Federal de Sergipe



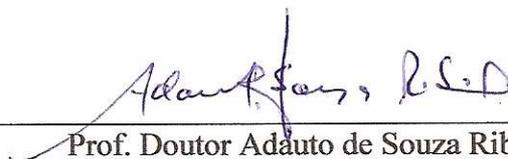
Prof. Doutor Stephen Francis Ferrari
Universidade Federal de Sergipe

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente.



Prof. Pós-Doutor Celso Morato de Carvalho

Universidade Federal de Sergipe



Prof. Doutor Adauto de Souza Ribeiro

Universidade Federal de Sergipe

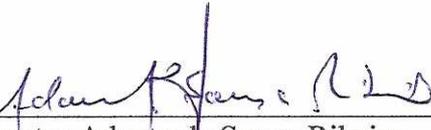
É concedida ao Núcleo responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe permissão para disponibilizar, reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias.



André Luiz Conceição Santos
Universidade Federal de Sergipe



Prof. Pós-Doutor Celso Morato de Carvalho
Universidade Federal de Sergipe



Prof. Doutor Adauto de Souza Ribeiro
Universidade Federal de Sergipe

Dedico ao que tenho de mais precioso – à minha família: meus pais, Luiz Carlos e Glícia Maria, ao meu irmão Júnior, e especialmente a minha irmã Grace Kelly e ao meu cunhado Moacir Caetano pela força e incentivo a mais que me deram, à minha namorada Gabriela Oliveira, a minha avó, Dina, aos meus tios e primos, de modo particular a minha prima Lela ... e a minha posteridade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus especialmente pela dádiva da minha vida. Agradeço-Lhe também por ter colocado no meu caminho tantas pessoas maravilhosas, que tive a grata satisfação de conhecer e que tanto me ajudaram durante a realização deste trabalho.

Meus maiores agradecimentos vão para o meu orientador, professor Pós-Doutor Celso Morato de Carvalho, pela orientação, paciência e dedicação que me direcionaram ao êxito da conclusão deste trabalho. Um grande profissional e amigo. Valeu Celso! Obrigado por tudo.

Sou muitíssimo grato ao Geomorfólogo e Mestre Thiago Morato de Carvalho pela doação gratuita do seu tempo, orientação, treinamento e sugestões durante os trabalhos de processamento e na interpretação dos dados orbitais. Sem a sua colaboração este trabalho, Thiago, não seria possível. Valeu!

À Superintendência de Recursos Hídricos – SRH, da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe, na pessoa do João Carlos Santos da Rocha (Diretor da SRH), pela gentileza em disponibilizar as imagens de satélites, essenciais à realização deste estudo, e a estrutura física necessária ao desenvolvimento das etapas de geoprocessamento. Agradeço também as simpáticas Fabiana (Técnica do SRH) e Ana Paula (Hidrologa da SRH), que foram tão atenciosas comigo durante a fase que passei no SRH.

À Secretária de Estado do Planejamento Maria Lúcia Falcón pela sua importante parceria com os Cursos de Pós-graduação da Universidade Federal de Sergipe.

À Gerência de Informações Geográficas e Cartográficas – GIGEC, da Secretaria de Estado do Planejamento de Sergipe, na pessoa da Flávia Dantas Moreira (Gerente da GIGEC) por ceder o material cartográfico que tanto auxiliou na etapa de interpretação de dados.

À Coordenação do Curso de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

Às todos que fazem parte da Secretaria do Curso de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe, em especial a Najó pela dedicação e atenção para com os alunos do Curso.

Aos colegas da turma 2007/1 pelos momentos alegres e difíceis que passamos juntos. A todos vocês desejo muitas felicidades.

Finalmente, agradeço a todas aquelas pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O trabalho consiste em caracterizar morfológicamente os remanescentes de mata atlântica da região de Sergipe. As descrições são orientadas por cinco questões elaboradas antes da coleta de dados: i) Quantos fragmentos florestados ainda ocorrem na região sergipana de mata atlântica? ii) Como estão distribuídos os remanescentes de mata atlântica na região de Sergipe? iii) Como caracterizar os fragmentos de mata atlântica de Sergipe com relação ao tamanho? iv) Como caracterizar os fragmentos com relação à conectividade entre si? v) Qual o formato dos remanescentes florestados de Sergipe? As análises morfológicas dos fragmentos foram feitas através de técnicas de sensoriamento remoto, utilizando-se o programa ENVI e composição colorida RGB para discriminar os alvos nas imagens. As análises das imagens, obtidas do satélite Spot 5, foram complementadas por fotografias aéreas. Foram considerados os fragmentos maiores do que 17 ha de área. A delimitação da área de estudo foi feita através da interpretação do relevo obtido pelas imagens de satélite. Com relação ao número de fragmentos, composição da primeira pergunta, foram mapeados 403 fragmentos que perfazem juntos 36.000 ha. Sobre a distribuição dos fragmentos, composição da segunda pergunta, foram reconhecidos cinco grupamentos, denominados de acordo com a localização: i) Santa Luzia do Itanhy-Estância, ii) Aracaju-São Cristóvão-Itabaiana, iii) Rosário do Catete, iv) Japaratuba, v) Pacatuba-Japoatã. Com relação ao tamanho (ha), a maioria dos fragmentos tem cerca de 17 - 70 ha; os grupamentos situados entre Aracaju e Santa Luzia do Itanhy estão entre os maiores. A conectividades entre os fragmentos, composição da quarta pergunta, variou de 2 - 19 km entre os grupamentos e entre os fragmentos as distâncias médias ficaram ao redor de 1 km. Com relação ao formato, composição da quinta pergunta, adotou-se a verificação para a circularidade dos fragmentos, cujos índices variaram entre 0,006 - 0,31, mostrando que as bordas se afastam da circularidade. Sobre cada pergunta foram discutidos temas pertinentes. Do ponto de vista da conservação, apesar de bastante perturbados, os fragmentos de mata atlântica de Sergipe guardam ainda condições satisfatórias de formato e conectividade.

Palavras-chave: mata atlântica, sensoriamento remoto, conservação, Sergipe.

ABSTRACT

The work characterizes morphologically the atlantic forest remnants of Sergipe. The descriptions are guided by five questions prepared before collection of data: i) how many rainforest fragments still occur in Sergipe? ii) How the rainforest remnants are distributed in Sergipe region? iii) How could the Atlantic forest fragments be characterized by size in Sergipe? iv) How to characterize the fragments with respect to the connectivity between them? v) What is the remnant Atlantic forest fragments` shape in Sergipe? The morphological analysis of the fragments were made using techniques of remote sensing; ENVI program and RGB color composition were used to discriminate targets in the images. Analysis of images were obtained from the Spot 5 satellite and were supplemented by aerial photographs. Fragments larger than 17 ha in area were considered. The delimitation of the study area was made through the interpretation of the relief obtained by the satellite images. Answering the first question, 403 mapped fragments make up together 36.000 ha. About distribution of the fragments, answering the second question, five groups were recognized and named according to the location: i) Santa Luzia do Itanhy-Estância, ii) Aracaju-São Cristóvão-Itabaiana, iii) Rosário do Catete, iv) Japaratuba, v) Pacatuba-Japoatã. Regarding the size (ha), most of the fragments is about 17 - 70 ha; the largest groups are located between Aracaju and Santa Luzia do Itanhy. Answering the forth question, the connectivity between the grous of fragments varied from 2 - 19 km; and the distance between the fragments themselves was about 1 km. Regarding the format, composition of the fifth question, it was adopted the verification for the circularity of the fragments, whose rates ranged from 0,006 - 0,31, showing that its borders differ from the edges of circularity. Relevant issues were discussed about each question in this work. About conservation, in spite of the atlantic forest fragments are disturbed, Sergipe still keep a satisfactory format and connectivity.

Keywords: rainforest, remote sensing, conservation, Sergipe.

SUMÁRIO

	Pág
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
INTRODUÇÃO.....	1
JUSTIFICATIVA.....	3
OBJETIVOS.....	5
LITERATURA.....	6
MÉTODOS.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	54
REFERÊNCIAS.....	56
APÊNDICE A.....	67
APÊNDICE B.....	68
APÊNDICE C.....	69
APÊNDICE D.....	70
APÊNDICE E.....	71
APÊNDICE F.....	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág
1- Domínios morfoclimáticos brasileiros.....	9
2- Localização da área de estudo.....	21
3- Caracterização do relevo de Sergipe.....	23
4- Perfil topográfico, transecto AB, 10°15' S, mata atlântica, agreste e caatinga.....	23
5- Perfil topográfico, transecto CD, 10°50' S, mata atlântica, agreste e caatinga.....	23
6- Perfil topográfico, transecto EF, 11°00' S, mata atlântica, agreste e caatinga.....	23
7- Mosaico de imagens Landsat-7.....	25
8- Mosaico de imagens Spot-5.....	25
9- Articulação das cenas orbitais utilizadas no estudo.....	25
10- Imagem Spot-5 sem tratamento de filtro.....	28
11- Imagem Spot-5 tratada com filtro.....	28
12- Exemplo de vetores dos fragmentos florestais isolados.....	28
13- Imagem de satélite Spot-5.....	29
14- Imagem de fotografia aérea.....	29
15- Regiões de referência para os grupamentos de fragmentos de mata atlântica de Sergipe.....	35
16- Distribuição dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe.....	36
17- Distribuição dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe.....	37
18- Grupamento fragmentos florestados Santa Luzia do Itamhy/Estância.....	38
19- Grupamento fragmentos florestados Aracaju – São Cristóvão – Itabaiana.....	39
20- Grupamento fragmentos florestados Rosário do Catete.....	40
21- Grupamento fragmentos florestados Japarutuba.....	41
22- Grupamento fragmentos florestados Pacatuba – Japoatã.....	42
23- Fragmentos isolados de mata atlântica da região de Sergipe.....	43
24- Distâncias entre os grupamentos.....	47
25- Forma dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe.....	51
26- Perfil esquemático da vegetação de um fragmento de mata situado no grupamento Japarutuba, região de Capela, mata do Junco.....	53

LISTA DE TABELAS

	Pág
1- Classes de tamanho (ha) dos fragmentos de floresta atlântica de Sergipe (agrupados).....	45
2- Distribuição de frequências das classes de tamanhos (ha) dos fragmentos de floresta atlântica de Sergipe.....	45
3- Tamanho (ha) dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe: estatística das distribuições de frequências.....	45
4- Análise de variância entre as médias dos tamanhos (ha) dos grupamentos de fragmentos de mata atlântica de Sergipe.....	45
5- Classes dos índices de circularidade dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe.....	50
6- Distribuição de frequências das categorias dos índices de circularidade dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe.....	50

INTRODUÇÃO

O estudo analisa os fragmentos de mata atlântica na região de Sergipe. Diversas abordagens podem ser feitas com relação ao tema, como por exemplo, sobre os aspectos da morfologia dos fragmentos, avaliação da diversidade florística e estrutura da vegetação, determinação dos agentes polinizadores, fauna de vertebrados terrestres associada, solos, hidrografia, relevo e clima. Cada uma destas aproximações gera informações específicas, cujo conjunto permite a descrição das áreas e formulação de hipóteses sobre o funcionamento e monitoramento destes ambientes (Lorena *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2002; Batistella & Moran, 2007). O presente estudo é direcionado para aspectos relacionados à morfologia dos fragmentos, com relação à distribuição e tamanho dos remanescentes de mata atlântica regionais.

Dois exemplos gerais – biodiversidade e conservação – situam bem a importância de conhecermos a morfologia de fragmentos florestais. Com relação à biodiversidade, nós sabemos que animais e plantas têm diferentes níveis de sensibilidade, a qual está intimamente relacionada com o tamanho das áreas onde vivem. Áreas maiores proporcionam mais diversidade de habitats e de recursos alimentares, comportando maior diversidade de espécies. Com relação à conservação, áreas fragmentadas que se interconectam apresentam maior potencial para a conservação de muitas espécies, porque os animais podem transitar e trocar genes entre populações, além de aumentar as chances de polinizações entre vegetais de fragmentos florestais distantes (Ranta *et al.*, 1998; Primack & Rodrigues, 2001; Metzger, 2003).

Existem várias formas de obtermos dados sobre a morfologia de um fragmento florestal, que vão desde as verificações pontuais, com base em observações e levantamentos, até os dados de literatura, inspeções cartográficas, fotografias aéreas e técnicas atuais de sensoriamento remoto. O ideal é que utilizem todos os métodos, mas nem sempre as abordagens de cada um são equitativas, geralmente a ênfase é para um dos métodos. Um dos estudos mais completos realizados sobre as regiões brasileiras foi o projeto Radambrasil, do Ministério das Minas e Energia, realizado nas décadas de 1970 - 1980 (Brasil, 1987). Este projeto deu a base para entendermos a distribuição e a morfologia dos fragmentos de mata atlântica, utilizando todos os métodos ao alcance.

Uma das aproximações mais eficientes para entendermos a morfologia e a distribuição dos remanescentes de mata atlântica é através de geotécnicas. O uso de imagens de satélites permite, entre outras aplicações, monitorar o uso da terra e descrever vegetação. Assim, à preocupação gerada pelo uso da terra da forma atual, criou-se a demanda para maior conhecimento sobre a dinâmica das transformações da paisagem (Batistella & Moran, 2007). Foi desta forma que se quantificou o quanto se destrói e já foi destruído de mata amazônica, o quanto do cerrado e caatinga já foi transformado para agricultura e o quanto de mata atlântica já foi utilizado sem planejamento de conservação, restando deste domínio pouco mais de um décimo da sua estrutura original (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2007).

Neste contexto situa-se a presente dissertação. Quatro perguntas básicas balizam o estudo: Quantos fragmentos de mata atlântica restam na região de Sergipe? Como estão distribuídos regionalmente estes remanescentes de floresta? Quais os tamanhos destes fragmentos? Qual a conectividade entre os fragmentos de mata? A expectativa do estudo foi gerar dados que possam se somar a outros que são utilizados para fortalecer as iniciativas de conservação da mata atlântica de Sergipe.

JUSTIFICATIVA

Diversos argumentos podem justificar a realização deste projeto. Três destes argumentos são suficientemente fortes para habilitar o estudo, como por exemplo, as contribuições que os resultados gerados trarão para os meios acadêmicos e órgãos públicos, e a inserção do projeto nas recomendações oficiais sobre o tema, e a viabilidade do projeto no contexto da pós-graduação em meio ambiente da UFS.

1. Geração de conhecimento no meio acadêmico e outras instituições oficiais

Um dos incentivos para a realização de estudos regionais sobre os fragmentos florestais, através de análises de satélite, é a geração de informações que podem tomar dois caminhos no ciclo da formação do conhecimento. O primeiro diz respeito aos meios acadêmicos, onde poderão circular os conhecimentos básicos gerados pelo estudo, enriquecendo argumentos sobre conservação, biodiversidade e uso racional dos recursos naturais. A outra via que os resultados gerados pelo estudo é direcionada para os meios oficiais e não governamentais dos tomadores de decisões, os quais vêm intensificando projetos e discussões que visam o planejamento regional para uma política ambiental coerente e eficiente.

Colaborar com informações sobre os remanescentes regionais de mata atlântica nos permite elaborar projeções futuras de possíveis cenários, nos quais cabem as participações dos meios acadêmicos e dos tomadores de decisões para políticas ambientais. Ao nível de ecossistemas continentais estas informações se somam a outras para contribuir na caracterização do que restou de mata atlântica ao longo dos anos de utilização, requisito importante para a modelagem e o entendimento dos processos de mudanças globais.

2. Inserção do projeto nas recomendações de políticas públicas sobre o tema

Os recursos florestais são os primeiros que sofrem com o uso indiscriminado dos recursos naturais, porque têm uma capacidade máxima de aproveitamento, limitada por fatores físicos e biológicos. Esta preocupação teve um marco histórico durante a conferência de Estocolmo em 1972, na qual foi discutida a importância e a problemática da

expansão agrícola, e seus processos negativos ao meio ambiente. Vinte anos após a conferência de Estocolmo esta discussão foi retomada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento. Nesta mesma década de 1990 a comunidade científica criou um grupo internacional responsável por elaborar um projeto dedicado ao estudo dos processos de ocupação das terras e cobertura do solo. Desta iniciativa foi elaborado o projeto International Land Use and Land Cover Change. Este plano foi criado e gerenciado pela International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, associado a diversas instituições internacionais (Lambin *et al.* 1999, Geist, 2002).

O governo brasileiro vem intensificando as recomendações para que sejam feitos estudos e avaliações da cobertura vegetal de todos os ecossistemas brasileiros (Brasil, 2006). Isto tem uma razão, porque são cada vez maiores os clamores para os problemas causados pela descaracterização dos ambientes naturais, levando à perda da diversidade e do patrimônio genético. Na mata atlântica, por exemplo, intensivamente explorada desde as primeiras décadas de 1500, quase nada sobrou de cobertura vegetal. No cerrado a situação não é diferente desde que a soja passou a ser sinônimo de dólar no mercado internacional. Isto dá motivo para uma pergunta: E nos níveis regionais, qual a situação com relação aos fragmentos florestais? As Secretarias Estaduais de todas as regiões brasileiras estão empenhadas em responder estas perguntas.

3. Viabilidade do projeto no contexto da pós-graduação em meio ambiente da UFS

Este estudo contempla as linhas de pesquisas do curso de pós-graduação em meio ambiente da UFS, porque aborda explicitamente aspectos sobre a dinâmica ambiental e entendimento dos ecossistemas. Um projeto como este só poderia ser exequível se amparado pelo uso de geoprocessamento e sensoriamento remoto, o que foi feito através da internet e da Seplan em Sergipe. Na internet várias instituições disponibilizam imagens de acesso gratuito, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e a National Aeronautics and Space Administration. Regionalmente nós temos as Secretarias de Planejamento que têm excelentes imagens, as quais podem ser consultadas para estudo, dependendo de solicitações prévias. Em Sergipe a Seplan é uma ótima parceira dos cursos de pós-graduação da UFS, permitindo com que o acervo de imagens possa ser consultada por estudantes, como foi o caso deste projeto.

OBJETIVOS

1. Geral

Avaliar os fragmentos de mata atlântica de Sergipe, através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto, com vistas à conservação deste ecossistema.

2. Específicos

- 1 – Mapear os fragmentos de mata sergipana através da interpretação visual de imagens Spot.
- 2 – Verificar a distribuição dos remanescentes ao longo da costa atlântica.
- 3 – Determinar o tamanho, a forma e as distâncias entre os remanescentes de mata.
- 4 – Verificar a conectividade entre os fragmentos.
- 5 – Caracterizar a fisionomia da vegetação de um fragmento.

LITERATURA

1. Mata atlântica e conservação

O que chamamos de mata atlântica é a formação vegetal que ocorre da costa sul do Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul. Um dos ecossistemas do mundo mais afetados por ações antrópicas, a devastação desta floresta teve início nas primeiras décadas de 1500 e o que restou da sua cobertura vegetal original foram fragmentos com diversos graus de isolamento e conectividade. Boas descrições ecológicas das regiões e ecossistemas compreendidos na mata atlântica, bem como os problemas regionais, fisionomias das matas, efeitos das devastações e aspectos geográficos gerais podem ser encontrados em Gascon *et al.*, (2000), Coimbra-Filho e Câmara (1996) e Ab'Sáber (2003).

A mata atlântica é considerada um *hotspot* para a conservação da biodiversidade do planeta (Tabarelli *et al.*, 2005). Este termo, *hotspot*, é utilizado por ambientalistas para identificar áreas prioritárias para a conservação, porque representam regiões com alto grau de perda da biodiversidade. Para que seja considerada *hotspot*, a área deve ter pelo menos 1.500 espécies de plantas endêmicas e ter perdido mais de 75% de sua cobertura vegetal original (Mittermeier *et al.*, 1999).

Atualmente a mata atlântica brasileira cobre menos de 8% do seu território original (Myers *et al.*, 2000; site Fundação SOS Mata Atlântica, 2007), e ainda assim possui rica biodiversidade e alto endemismo. Das 1.711 espécies de vertebrados, estima-se que cerca de 700 são endêmicas. Estima-se também que este domínio abrigue 20.000 espécies de plantas vasculares, dentre as quais 8.000 são endêmicas (Myers *et al.*, 2000).

Em toda região na qual são realizados estudos, não basta apenas reconhecer as peculiaridades locais da área, mas é imprescindível localizar a área maior onde aquela em particular está inserida geograficamente. Neste presente estudo é essencial definirmos a situação geográfica da mata atlântica, para compreendermos a região de Sergipe onde o estudo foi desenvolvido. Muitos modelos são utilizados para situar uma determinada região. Qual destes modelos melhor define e situa a mata atlântica?

2. Mata atlântica e os domínios morfoclimáticos brasileiros

O geógrafo brasileiro Professor Aziz Nacib Ab'Sáber (1967) foi quem propôs um dos modelos mais completos para caracterizar a paisagem brasileira. O trabalho do Professor Ab'Sáber teve como base as relações existentes entre cinco fatores de escala subcontinental – relevo, clima, solos, vegetação. Quando estes fatores se sobrepõem indicam que estamos na área core de um grande ecossistema (core, de coração). Este modelo foi denominado de domínios morfoclimáticos por Ab'Sáber, que reconhece seis domínios: mata atlântica, caatinga (o menor deles), cerrado, amazônia e as feições mais regionais das áreas abertas dos campos sulinos e as matas de araucária. A mata atlântica está inserida no domínio denominado por ele de “mares de morros” florestados (Figura 1), devido às feições de relevo suavemente amorreados, formados em climas úmidos (Ab'Sáber, 2003).

O domínio morfoclimático da mata atlântica vai da latitude aproximada de 5° S até cerca de 30° S, no Rio Grande do Sul. É a área de influência do domínio tropical atlântico, que compreende toda a costa do Brasil. As constantes chuvas e a alta umidade fizeram da água o principal agente modelador da paisagem do domínio atlântico, de modo que o relevo adquiriu formas similares a “meias laranjas”. Assim, o relevo da mata atlântica é caracterizado pela presença de morros de cumes arredondados, o que Ab'Sáber chamou de “mares de morros”. O clima quente e bastante úmido, com temperaturas médias elevadas o ano todo, foi o principal fator para o desenvolvimento das então densas florestas costeiras, hoje muito depauperadas.

Uma peculiaridade interessante e de importância prática muito grande, é que dentro dos domínios morfoclimáticos ocorrem paisagens de exceção, como por exemplo, os enclaves de cerrado dentro da caatinga na região de Mucugê na Bahia. A explicação para tais enclaves está na ocorrência local de fatores de exceção de ordem geomorfológica e paleobotânica, influenciados principalmente pelas oscilações climáticas do passado. Dentre estas flutuações do clima, as mais recentes ocorreram aproximadamente entre 20.000-10.000 anos atrás. Neste período, durante as épocas glaciais houve retração de florestas e durante as interglaciais as matas coalesceram.

Este vai e vem da floresta deixa vegetações relictuais. Assim, podemos reconhecer os enclaves de cerrado dentro da mata atlântica e da caatinga como relictos de vegetação, entretanto não se conhecem bons exemplos de relictos de caatinga dentro da mata atlântica ou do cerrado (Ab'Sáber, 1977). Não há enclaves de caatinga, porque esta não se estabelece em regiões com pluviosidade acima de 800 mm (Vanzolini, 1986).

Uma das formas para perceber a presença de uma vegetação semi-árida onde hoje é floresta, é através das linhas de pedra. Uma linha de pedra é o chão do passado evidenciado num corte de barranco. O chão sob um clima semi-árido é pedregoso, formado por quartzo ou quartzito irregulares, como é hoje o chão da caatinga. Na amazônia temos muitos exemplos de linhas de pedra, indicando que a região já foi mais seca do que é hoje e que a mata amazônica já foi bem mais restrita, ocorrendo em grandes fragmentos (Vanzolini & Williams, 1970; Haffer, 1969). Outra forma para reconhecermos a presença de áreas abertas onde hoje é mata, é através da paleobotânica (pólenes fósseis) e por métodos radioativos, como as relações entre C13 e C14 (Pessenda *et al.*, 2004).

O modelo das províncias fitogeográficas, proposto por Carlos de Toledo Rizzini (1963), também descreve as paisagens brasileiras, com base em similaridades florísticas regionais. É um modelo muito compartimentado, porque por si só a florística não deixa claro o contexto geral onde um ambiente em particular está geograficamente inserido. A mata de Mucugê, na Bahia, é um bom exemplo. Se utilizarmos critérios florísticos para situá-la, uma espécie rara que ali ocorresse estaria distribuída no cerrado ou na caatinga?

Neste sentido, o modelo de Ab'Sáber é mais completo para definir ecossistemas, pois considera a sobreposição de fatores geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, pedológicos e botânicos em escala subcontinental. Esta escala é uma ordem de grandeza abaixo da continental, o que permite abrigar várias fácies regionais de vegetação dentro de um mesmo domínio. Isto garante a unidade e integridade dentro de ecossistemas, permitindo melhor entendimento das variações existentes.



Figura 1. Domínios morfoclimáticos brasileiros. 1 Amazônia, 2 Cerrado, 3 Mata Atlântica, 4 Caatinga, 5 Araucária, 6 Pradarias (Ab'Sáber, 1965)

3. Outros termos utilizados para definir regiões geográficas

Outros termos são também utilizados para definir regiões geográficas ou ecossistemas, como por exemplo, biomas, ecorregiões e savanas. O termo bioma é freqüentemente citado na literatura para descrever unidades ecológicas, definidas apenas pela fisionomia da vegetação, às vezes com algumas referências a fauna associada e ao clima geral (Coutinho, 2006). Um bom exemplo disto, tirado da literatura, caracteriza certas áreas de mata atlântica de Sergipe, como sendo “bioma cerrado” (Franco, 1983). O cerrado mais próximo de Sergipe está na região de Mucugê, Bahia, é uma vegetação relictual dentro da caatinga (Harley & Simmons, 1986).

O termo ecorregião é também citado na literatura e tem sido utilizado como unidade de análise de paisagem. Congrega este termo grupos de comunidades de regiões distintas, mas que têm processos ecológicos interligados (Dinnerstein *et al.*, 1995). O termo savana é mais amplo ainda, utilizado para se referir a qualquer área aberta recoberta por gramíneas, ciperáceas e arvoretas. O que serve para tudo pode não ser adequado para nada, porque são tantas as feições que recebem o nome de savana, que fica difícil decidir sobre qual ecossistema está sendo feita a referência (Eiten, 1992). Por exemplo, seria complicado conceituarmos como savana todas as áreas abertas da mata atlântica. Este

ecossistema perderia a sua identidade, que é dada pela sobreposição de fatores definidores, tais como, clima, vegetação, relevo, solos e hidrografia.

4. Remanescentes de mata atlântica e biogeografia de ilhas

O que restou hoje de mata atlântica está espalhado em fragmentos de tamanhos variados, freqüentemente separados entre si por paisagens degradadas, cultivares diversos, como a cana de açúcar e o cacau, e criação de animais (Ranta *et al.*, 1998). Uma forma de entender ecologicamente estes remanescentes de mata atlântica é tentar olhar para eles sob a ótica do modelo da biogeografia de ilhas de MacArthur & Wilson (1967). Este modelo tem como base o número de espécies que uma ilha poderá suportar, dependendo da área, com base no balanço entre as taxas de imigração e extinção. Como os fragmentos de floresta podem ser visualizados como “ilhas”, o modelo de MacArthur e Wilson foi adaptado para entender o que sobrou de mata atlântica (Gascon *et al.*, 2001).

As questões que este modelo de biogeografia de ilhas incluem são: Qual o tamanho mínimo que devem ter os fragmentos para manter as espécies abaixo de taxas de extinção? O que pode ser melhor, fragmentos próximos uns dos outros ou distantes, isolados ou interligados por corredores? Com relação ao tamanho, áreas maiores comportarão maior número de indivíduos do que áreas menores? Isto se deve a existência de uma maior variedade de habitats e disponibilidade de recursos alimentares nessas áreas. Além disto, uma ampla área poderá comportar diversas populações, portanto a perda de uma população provavelmente não levará a espécie à extinção. Ao contrário, pequenas áreas tendem a abrigar tanto um menor número de indivíduos quanto menores populações, que são mais vulneráveis às mudanças genéticas, à deriva genética e aos demais problemas relacionados ao tamanho reduzido de populações (Primack & Rodrigues, 2001).

Com relação à conectividade, nós sabemos que a perda da ligação entre os fragmentos florestais acarreta consideráveis mudanças na estrutura e dinâmica das populações. Dentre estas principais mudanças podemos citar a redução do potencial de dispersão e colonização das espécies e, conseqüentemente, a diminuição do fluxo gênico entre populações. Isto certamente afeta diversas interações ecológicas, como polinização,

competição, predação, e afeta também o comportamento das espécies mais sensíveis (Ranta *et al.*, 1998; Metzger, 2003).

As barreiras na paisagem modificada geralmente aparecem como faixas de ambiente aberto entre dois fragmentos. Estas áreas abertas entre fragmentos florestados podem impedir a travessia de espécies de vertebrados e invertebrados, principalmente insetos. Isto dificulta a recolonização dos fragmentos por outras espécies, após a população original ter desaparecido (Lovejoy *et al.*, 1986; Bierregaard *et al.*, 1992). Portanto, áreas fragmentadas interconectadas apresentam maior potencial para a conservação, porque a fauna pode transitar entre fragmentos florestais e com isso levar polens e sementes, o que aumenta as chances de restauração vegetal de áreas degradadas, além de promover a troca de genes entre as populações (Metzger, 2000).

Outro modelo relacionado aos fragmentos de mata é o de metapopulações (Metzger, 1999a). Este modelo se baseia no pressuposto que as extinções locais podem ser balanceadas por recolonização proveniente de populações de fragmentos florestais vizinhos. Neste ponto uma pergunta é pertinente: Quais os fatores que levam uma metapopulação a extinguir-se? A extinção de uma metapopulação se deve a dois fatores principais: a diminuição do tamanho médio do fragmento e a redução da densidade (aumento do grau de isolamento) do fragmento. Assim, quanto maior o tamanho (área) e conectividade entre fragmentos, mais robusta a conservação das espécies. Neste aspecto ambos os modelos – biogeografia de ilhas e metapopulações – se assemelham, o primeiro se fundamenta na ecologia de comunidades e o segundo é baseado no estudo da dinâmica de populações.

Os modelos apresentados neste tópico fazem referência à influência da configuração dos fragmentos florestais na dinâmica de populações e ecologia das comunidades. Outra questão pertinente sobre a mata atlântica reduzida a fragmentos é: Quais fatores estão relacionados à diversidade de espécies?

5. Biodiversidade nos remanescentes de mata atlântica

São vários os fatores que promovem a diversidade biológica de uma região, hábitat ou comunidade. No caso específico da mata atlântica, um dos fatores que promoveram a diversidade biológica presente neste domínio é consequência das variações climáticas do Pleistoceno, de 20.000-10.000 anos atrás (Ab'Sáber, 1967; Vanzolini, 1986). Neste contexto, a história evolutiva da mata atlântica tem sido caracterizada por diferentes graus de conexões com outras florestas sul-americanas, como a amazônica e a atlântica. Estas conexões entre florestas resultaram em intercâmbio ou isolamento da biota, que levaram à diversidade genética e especiação geográfica (Silva *et al.*, 2004). Assim, a biota da mata atlântica é formada por elementos muito antigos que trocaram genes em toda a extensão das áreas florestadas, como também por elementos que se diferenciaram mais recentemente durante o Pleistoceno (Silva & Casteleti, 2005).

A diversidade de espécies e os endemismos da mata atlântica podem também estar relacionada a outros fatores, como latitude, longitude e altitude. Com relação à latitude, a mata atlântica se estende por cerca de 25 graus seguindo a costa, abrangendo várias zonas climáticas e formações vegetais. Se considerarmos que: i) as espécies apresentam cada uma o seu conjunto de adaptações, ii) este conjunto de adaptações está em sintonia direta com o ambiente imediato, iii) o ambiente não é uniforme ao longo das variações de latitude, então nós temos algumas considerações importantes. Por exemplo, podemos entender porque espécies se substituem de sul para norte da mata atlântica (vicariância), como ocorre, por exemplo, com algumas espécies de lagartos do gênero *Anolis*. Também temos variações clinalis (Vanzolini, 1988), as quais são variações em alguns caracteres morfológicos que são definidores da espécie.

Com relação à variação longitudinal, tomemos como exemplo a Serra do Mar. Nós podemos observar que, à medida que nos deslocamos para o interior do continente, os índices de pluviosidade caem de 4.000 mm para 1.000 mm em algumas áreas (Oliveira-Filho & Fontes, 2000; Mantovani, 2003). É claro que isto afeta várias adaptações das espécies, como os aspectos reprodutivos. A altitude também exerce influências sobre a diversidade, porque a mata atlântica cobre terrenos que variam do nível do mar até 2.700 metros, com mudanças abruptas na temperatura média do ar (Mantovani, 2003). A junção

desses três fatores cria uma variedade de paisagens e situações, cuja diversidade de ambientes explica, pelo menos em parte, a diversidade biológica deste domínio atlântico.

Estima-se que existam hoje no domínio da mata atlântica, cerca de 1.023 espécies de aves (Marini & Garcia, 2005), 350 de peixes de água doce, 475 de anfíbios, 263 espécies de mamíferos, 306 de répteis, e cerca de 20.000 espécies vegetais (Conservation International, 2005). Outro comentário pertinente neste contexto sobre a biodiversidade da mata atlântica, se refere aos endemismos. Das espécies presentes na floresta atlântica são endêmicas: 188 espécies de aves, 133 de peixes, 286 de anfíbios, 71 de mamíferos e 94 de répteis. Da flora, 55% das espécies arbóreas e 40% das não arbóreas são endêmicas. Estima-se ainda que 8.000 espécies de vegetais sejam endêmicas da mata atlântica.

6. Inserção geográfica da mata costeira de Sergipe

Nem toda mata costeira brasileira faz parte do mesmo sistema. Para compor um sistema as regiões precisam ter continuidade e compartilharem fatores climáticos e geomorfológicos. As matas litorâneas do Piauí e do Maranhão, por exemplo, fazem parte de um sistema diferente das matas do Alagoas. Há indícios de que estas áreas piauienses e maranhenses já fizeram ponte ligando a mata amazônica e a mata costeira da latitude aproximada 5° para o sul, como mostra a presença de certas espécies amazônicas que ocorrem em Sergipe. Podemos citar neste caso a serpente surucucu pico de jaca (*Lachesis muta*) e lagartos do gênero *Anolis*, que se distribuem amplamente na amazônia e vão aparecer nas matas sergipanas (Carvalho, com. pes.). Então, a pergunta que podemos fazer é a seguinte: Em qual ecossistema ou domínio morfoclimático se insere a região de Sergipe?

Olhando para a região sergipana, nós só vemos fragmentos de mata, rodeados por áreas totalmente descaracterizadas da sua vegetação original. De fato, o processo de ocupação da região de Sergipe foi estabelecido de forma desordenada desde o início. Assim, a maior parte da cobertura florestal do estado foi substituída por uma paisagem fragmentada, constituída por remanescentes florestais desarticulados e cercados por pastagens, áreas urbanas e um complexo de pequenas e médias propriedades agrícolas, além de outras formas de uso da terra. Originalmente as áreas florestadas de Sergipe

ocupavam toda a faixa litorânea do estado. Com a chegada dos colonos europeus, na primeira metade do século XVI, teve início o processo de devastação das florestas atlânticas sergipanas, primeiramente com a exploração do pau-brasil e depois com o ciclo da cana-de-açúcar.

Então, geográfica e ecologicamente, onde está inserida a floresta úmida de Sergipe? Antes de respondermos esta pergunta, será interessante situar o estado de Sergipe como um todo, para entendermos o particular. Uma boa maneira de se fazer isto é através da geomorfologia e ecologia da região. Por exemplo, do município de Aracaju em direção noroeste, a vegetação é composta por uma estreita faixa de áreas abertas das restingas litorâneas, paralela à costa, e de fragmentos de matas desarticulados por entre morros em forma de meia laranja.

O clima regional nestas feições amorreadas é litorâneo úmido, sob forte influência dos ventos alísios de sudeste. A precipitação pluviométrica varia entre 1.000 e 1.400 mm anuais, enquanto que no sertão a precipitação anual é inferior a 800 mm. Com relação à hidrografia, os rios sergipanos são alóctones, nascem em outras regiões, como por exemplo, o rio São Francisco que tem suas nascentes na Serra da Canastra, em Minas Gerais. Um ecossistema peculiar da zona costeira de Sergipe é constituído pelos manguezais, os quais estão localizados no rio São Francisco, nos estuários dos rios Japarutuba, Sergipe, Vaza-Barris e Piauí, Fundo e Real.

Este conjunto de características permite situar a região de Sergipe em três ecossistemas distintos. Do sertão em direção ao litoral, nós temos um conjunto de serras baixas e planícies, assentado sob um chão pedregoso (quartzo e quartzito), onde ocorrem afloramentos rochosos conhecidos como lajeiros. A vegetação predominante é de cactáceas, faveleiras e catingueiras, que são arvoretas baixas e ficam brancas na seca. Os corpos d'água são alóctones e os pequenos riachos são intermitentes, só têm água durante curto período de chuvas. As chuvas variam entre 500-800mm ao ano. Este é o domínio morfoclimático da caatinga.

Prosseguindo para o litoral, nós temos uma região mais plana, onde ocorrem serras baixas também, mas sem formar os característicos pedimentos, porque estes são formados

apenas nos climas semi-áridos. A vegetação é mais verde, mas ocorrem também cactáceas esparsas e arvoretas diversas, bem como algumas árvores mais encorpadas. A impressão que dá é que este ambiente parece uma caatinga, mas é mais verde, a temperatura é mais amena, a vegetação é mais diversa e mais verde. Os riachos aparecem com mais água e o chão não tem as pedras fragmentadas de quartzo ou quartzito, como é na caatinga. Este ecossistema só ocorre no nordeste, é o agreste.

Já chegando próximo ao litoral, os ventos são percebidos como mais úmidos. O relevo é constituído por morros com os cocurutos arredondados, a maioria sem vegetação. Os riachos ficam mais encorpados e estão sempre com água, mesmo que pouca, dependendo da época do ano. Ocorrem cordões litorâneos de lagoas compridas e areias brancas. As cactáceas são raras, não ocorrem faveleiras ou catingueiras. A presença de gramíneas é bastante evidente. As árvores são bem encorpadas, mesmo que depauperadas, formando folhiço no chão, onde não ocorrem pedras fragmentadas. O dossel das árvores maiores forma um conjunto que às vezes dá impressão de formarem um conjunto quando ocorrem agrupadas. Ocorrem muitas epífitas na mata. Esta é a descrição típica do domínio morfoclimático da mata atlântica, respondendo à pergunta inicial em qual ecossistema ou domínio está situada a região de Sergipe, em particular a mata costeira sergipana.

7. As primeiras citações sobre a mata atlântica

Os recursos naturais brasileiros sempre despertaram a curiosidade dos governantes. A história dos levantamentos da biodiversidade brasileira começa oficialmente com a chegada da família real portuguesa ao Rio de Janeiro, escapando estrategicamente da invasão que os exércitos de Napoleão fizeram em 1807 sobre Portugal. Nesta época tiveram início os primeiros levantamentos da fauna e flora brasileiras, com destaque para pessoas como o Conde de Langsdorff, que era russo, para o alemão Sellow e para o francês Saint-Hilaire. Estes primeiros naturalistas compuseram o corpo diplomático da sede do governo português no Rio de Janeiro. Os levantamentos visavam descobrir riquezas.

Um outro evento marcante para o conhecimento da fauna e flora brasileira foi a vinda da arquiduquesa Leopoldina, da Áustria para o Brasil, para se casar com o príncipe regente D. Pedro. A arquiduquesa gostava das artes e das ciências naturais e junto à

comitiva que acompanhava a sua vinda estavam alguns naturalistas, como Carl von Martius, Johann Baptist von Spix, Schott, Mikan e Pohl.

Dentre estes, se destacam as viagens dos naturalistas Martius e Spix. Suas descrições e coleções da flora brasileira resultaram de excursões que eles realizaram nas matas brasileiras. Dessa atividade resultou o trabalho de Martius, denominado *Reise in Brasiliae*, publicado em 1824, quando foi elaborado o primeiro esboço da compartimentação fitogeográfica do Brasil. Este trabalho situou pela primeira vez a floresta atlântica brasileira (Nogueira, 2000).

Após a visita de Spix e Martius, foram realizadas outras atividades botânicas na primeira metade do século XIX. Durante este período, várias promoções científicas foram realizadas ao interior do país. Estas comitivas exploradoras tinham como principal objetivo fazer o levantamento das riquezas, como de costume na época. Dentre estas, destacamos a chamada Comissão Científica de Exploração. Esta Comissão, organizada pelo Instituto Histórico Geográfico Brasileiro, constituiu o primeiro grupo de pesquisadores brasileiros a sair em reconhecimento das paisagens naturais dos Sertões do Nordeste, de 1859 a 1861 (Braga, 1962).

Algumas décadas mais tarde, o aprimoramento dos levantamentos sobre os recursos naturais brasileiros veio com o surgimento das geotécnicas. Assim, em outubro de 1970 criou-se o projeto Radam (Radar da Amazônia). Este trabalho foi um dos mais completos realizados no Brasil, porque ele teve como prioridade a coleta de dados sobre os recursos minerais, solos, vegetação, uso da terra e cartografia da amazônia e áreas adjacentes da região nordeste. Em virtude dos bons resultados do projeto, em julho de 1975 o levantamento de radar foi expandido para todo o território nacional, com o objetivo de realizar o mapeamento integrado dos recursos naturais destas regiões. Nesta nova etapa o projeto passou a ser denominado de Radambrasil. A descrição da região de Sergipe foi publicada em 1983 e integra o vol. 30. Folha SC.24/25 Aracaju/Recife (Radambrasil, 1983).

Em 1967, com a criação da Universidade Federal de Sergipe, foram realizados estudos mais detalhados sobre a vegetação do estado, com destaque para os professores

Dárdano de Andrade Lima (1977) e Emmanuel Franco (1983). Alguns anos mais tarde, um projeto de destaque na região foi o projeto da Agência de Cooperação Internacional do Japão, Jica. Este projeto, desenvolvido na década de 1990, resultou de um acordo de cooperação técnica entre o Brasil e o Japão. O projeto Jica fez um levantamento muito bom sobre os recursos naturais de Sergipe, com enfoque para os mananciais aquíferos.

Além do projeto Jica, vários outros projetos interinstitucionais também resultaram em informações sobre a vegetação de Sergipe, em particular da mata atlântica. Dentre estes podemos destacar o zoneamento ecológico-florestal, elaborado pela extinta Sudene e o Governo do Estado (Governo de Sergipe, 1976), o atlas elaborado pela Universidade federal de Sergipe e Secretaria Estadual do Planejamento (Governo de Sergipe, 1979) e o levantamento da biota, em 2005. A elaboração do levantamento da biota contou com a participação de várias instituições, como a Universidade Federal de Sergipe (coordenadora do projeto), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Ibama, e colaboradores de outras instituições (ver Carvalho & Vilar, 2005). Neste estudo sobre a biota foram feitos levantamentos botânicos no Parque Nacional Serra de Itabaiana (Vicente 1999; Vicente *et al.*, 1997).

8. Sensoriamento remoto como ferramenta para estudos de fragmentos de mata atlântica

Muitas são as definições para sensoriamento remoto. Dentre estas, sensoriamento remoto pode ser definido como a ciência de aquisição, processamento e interpretação de dados relacionados a dados de imagens de satélite, ou de fotografias aéreas (Sabins, 1996). As técnicas de sensoriamento remoto têm papel fundamental no entendimento sobre a dinâmica das transformações da paisagem, permite monitorar o uso e cobertura da terra (Batistella & Moran, 2007). Assim, com a utilização de dados gerados a partir de imagens de satélite é possível analisar a configuração dos fragmentos florestais, além de outras coberturas da terra, através de métricas específicas. As métricas mais comuns são: o número de polígonos (fragmentos florestais), o tamanho médio, a forma e a conectividade dos polígonos de floresta (Batistella *et al.*, 2000; Metzger, 2003).

Dentre os estudos realizados em fragmentos de mata utilizando sensoriamento remoto, podemos destacar o de Ranta *et al.* (1998), que realizou o primeiro mapeamento de fragmentos de mata atlântica na região sul de Pernambuco, o de Saatchi *et al.* (2001), que utilizou imagens de radar para o mapeamento de diversos ecossistemas no sudeste da Bahia e o de Batistella *et al.* (2002), que estruturou um sistema de monitoramento da expansão agropecuária na região oeste da Bahia, fundamentado em sensoriamento remoto orbital e técnicas de geoprocessamento.

9. O uso de geotecnologias para estudos ambientais em Sergipe

O uso de técnicas de geoprocessamento em Sergipe começou em 2000, com o apoio da Embrapa Tabuleiros Costeiros e da Fundação de Amparo à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAP-SE). Neste período tiveram início os debates para a efetivação da implantação de uma parceria interinstitucional, denominada Rede Sergipe de Geotecnologias (Resgeo), com vistas à racionalização de recursos financeiros e operacionais na execução de projetos de pesquisa e desenvolvimento na área de geotecnologias no estado de Sergipe.

Dentre os objetivos destas parcerias destacam-se o levantamento da base de dados dos projetos desenvolvidos, a disseminação dos conhecimentos gerados e prestação de serviços à comunidade sergipana. Esta rede é composta por órgãos governamentais, não governamentais e mistos, tais como a Embrapa, Seplan, Petrobras, Universidade Federal de Sergipe, Banco do Nordeste, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Administração Estadual do Meio Ambiente.

Neste contexto local foi organizado o Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, em 2002, que teve sua primeira edição organizada pela Embrapa Tabuleiros Costeiros. Temas como agricultura de precisão, gestão de recursos hídricos, monitoramento florestal, planejamento urbano, entre outros, foram discutidos em mesas-redondas, além das apresentações de palestras e trabalhos através de pôsteres. Em 2004 a Embrapa organizou o II Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, desta vez em parceria com a Rede Sergipe de Geotecnologias e apoio institucional do Instituto de Pesquisas Espaciais, Agência Espacial Brasileira, Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística e Sociedade de Especialistas Latino-Americanos em Sensoriamento Remoto. Em outubro de 2006 foi realizado o III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, agora também referenciado como Geonordeste, e a quarta edição ocorreu em agosto de 2008. Informações sobre a Geonordeste podem ser acessadas na página www.cpatc.embrapa.br/geonordeste.

Esta parceria interinstitucional tem possibilitado o desenvolvimento de projetos e trabalhos técnico-científicos na área de planejamento, mapeamento e monitoramento ambiental, que resultam em inúmeras informações e publicações. Dentre estas, citamos o trabalho Dias Júnior *et al.* (2006), sobre gestão do turismo a partir de um banco de dados geográficos (BDG) e de uma aplicação WEBGIS; Lima *et al.* (2006), que analisaram a importância da cartografia digital como ferramenta de auxílio ao planejamento ambiental da sub-bacia do rio Cotinguiba; Santana *et al.* (2006), que analisou a utilização de modelos digitais de elevação interferométricos (SRTM) e suas aplicações nos estudos geomorfológicos em Sergipe; e o trabalho de Almeida *et al.* (2006), sobre mudanças na paisagem na foz do rio São Francisco, no período de 1986 a 2005, através da utilização de imagens dos satélites Landsat e Cbers.

Todos estes usos sobre geotecnologias têm a participação e o apoio da Seplan, Sergipe. Esta secretaria estadual, entre outras competências, desenvolve pesquisas na área de geografia e cartografia, através da Gerência de Informações Geográficas e Cartográficas – GIGEC e a Superintendência de Recursos Hídricos – SRH, da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH). Estas secretarias têm sido ótimas parceiras dos cursos de pós-graduação da UFS, permitindo com que o acervo de imagens e outros materiais cartográficos possam ser consultados por estudantes, como foi o caso deste projeto.

10. Os fragmentos florestais de mata atlântica e unidades de preservação em Sergipe

Em virtude do atual estado de fragmentação e degradação da mata atlântica, o Ministério do Meio Ambiente, por intermédio do Projeto de Conservação e Utilização da Diversidade Biológica Brasileira (Probio), promoveu uma avaliação da biodiversidade e dos condicionantes socioeconômicos para sua utilização, identificando áreas prioritárias e

estratégias para a conservação da mata atlântica e campos sulinos. A avaliação do MMA identificou 198 áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade nesta região e ainda recomendou ações dos demais órgãos governamentais e da sociedade na busca da conservação e utilização sustentável da mata atlântica (MMA, 2000). Seguindo as recomendações do Ministério do Meio Ambiente foram criadas em Sergipe diversas Unidades de Conservação para a preservação de áreas com importante representatividade de mata atlântica.

Os fragmentos de mata atlântica sergipana se distribuem numa estreita faixa da zona costeira. As matas da região sul estão principalmente protegidas pela Unidade de Conservação denominada APA Litoral Sul, que abrange uma extensa área entre os rios Real e Vaza-Barris. Já as matas da região sudeste do Estado são abrangidas por quatro Unidades de Conservação: i) o Parque Nacional Serra de Itabaina, localizado no município de mesmo nome, ii) a Floresta Nacional do Ibura, em Nossa Senhora do Socorro, iii) a Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fonte da Bica, em Areia Branca, iv) a Área de Proteção Ambiental Morro do Urubu, na zona urbana de Aracaju. As demais Unidades de Conservação abrangem as matas da região nordeste: v) o Refúgio de Vida Silvestre da Mata do Junco, situada no município de Capela, vi) a Reserva Biológica Santa Isabel, que abrange os municípios de Pirambu e Pacatuba, vii) a APA Litoral Norte, região formada por partes dos municípios de Pirambu, Japoatã, Pacatuba, Ilha das Flores e Brejo Grande.

MÉTODOS

1. Localização geográfica e delimitação da área de estudo

i) Área de estudo

A região onde o projeto foi realizado está situada entre a foz do rio São Francisco ao norte e o complexo de manguezais dos rios Piauí-Fundo e Real ao sul (Figura 2). É uma área complexa, constituída por ecossistemas semi-áridos, floresta atlântica e uma área de transição entre estes dois sistemas, conhecida regionalmente como agreste, que funciona como uma caatinga mitigada (Carvalho & Vilar, 2005). A área de interesse neste estudo é a parte da mata atlântica situada na região sergipana. Esta formação, outrora florestada, se estende aproximadamente entre as latitudes 5° e 16° sul.



Figura 2. Área situada entre a foz do rio São Francisco (A) e o complexo de manguezais dos rios Piauí/Fundo e Real (B), Sergipe – (aproximadamente 1:1000000). Os rios menores em azul fazem parte da floresta atlântica, área de estudo.

ii) Delimitação da área de estudo

Para delimitar a região da mata atlântica de Sergipe foi utilizado o modelo de domínios morfoclimáticos de Aziz Ab'Saber (1967, 2003). Este modelo apresenta algumas limitações práticas para ser aplicado na região de Sergipe, porque as áreas de mata estão bastante descaracterizadas, devido às transformações em pastagens, agricultura e retirada de madeira. Então sobraram os fragmentos em pequenas porções, com diferentes níveis de articulações entre estes. Desta forma, a melhor caracterização da mata atlântica foi utilizar

as características do relevo, conforme descrito para determinar os domínios. O relevo da mata atlântica é constituído por morros em forma de meia laranja, carácter geomorfológico que permite determinar a região de estudo. Os demais descritores de um domínio – hidrografia, solos, clima e vegetação – fornecem baixo poder de determinação nesta região, porque a escala é muito grande e estes descritores são eficientes para caracterizar grandes ecossistemas. Já o relevo é excelente para caracterizar a mata atlântica da área de estudo, apesar de a região ser pequena.

2. Geomorfologia e Geoprocessamento

i) Determinação do relevo da área de estudo

A determinação do relevo da área de estudo foi feita através da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) – Missão Topográfica de Radar Transportado. As imagens SRTM, são modelos digitais de elevação (MDE), cujo relevo é apresentado em três dimensões: latitude, longitude e altitude. São dois os produtos SRTM distribuídos pela United States Geological Survey Eros Data Center – USGS EDC: os da SRTM-1, somente para os Estados Unidos e os produtos da SRTM-3, que são distribuídos globalmente. Estas imagens são disponibilizadas gratuitamente nos formatos HGT (Height), TIFF (Tag Image File Format), ARCGRID (Arc/Info), BILL (Band Interleaved by Line) e GRIDFLOAT (Floating Point Data). As imagens são disponibilizadas em diversos endereços eletrônicos (exemplo da Embrapa). As imagens utilizadas neste estudo foram da SRTM-3, obtidas através da página da Embrapa <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Elas foram utilizadas para caracterizar o relevo da mata atlântica da região de Sergipe (Carvalho, 2007).

Os perfis topográficos são importantes para identificar variações (irregularidades) do relevo das diferentes unidades geomorfológicas de determinada região (Carvalho & Bayer, 2008). Neste estudo foi utilizado o software de sensoriamento remoto ENVI 4.3, para a interpretação, geração do mosaico de imagens SRTM da região de Sergipe e obtenção dos perfis. Dessa forma, foram traçados três perfis topográficos na imagem para caracterizar o relevo da mata atlântica sergipana (Figuras 3-6).

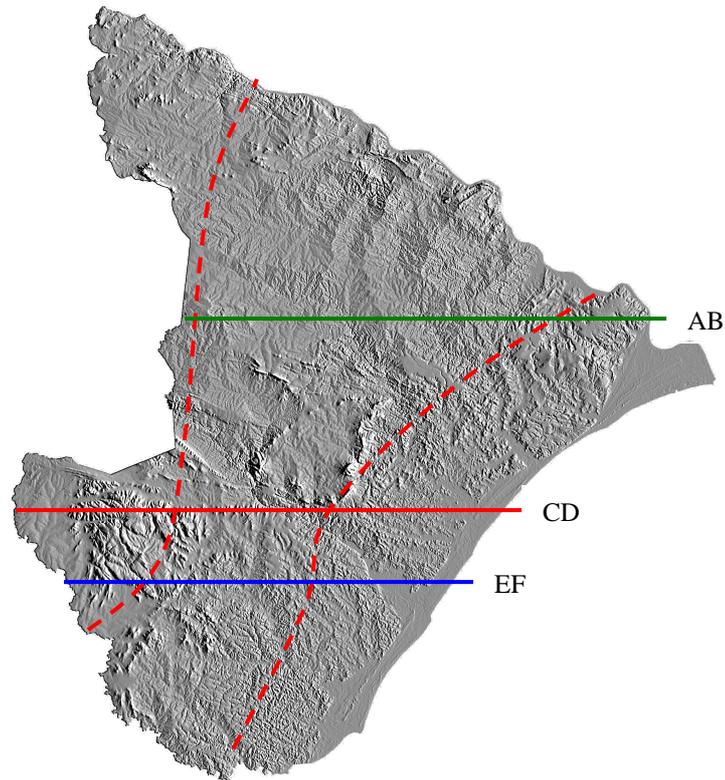


Figura 3. Imagem SRTM, transectos para caracterização do relevo de Sergipe: AB 10°15' S mata atlântica, agreste e caatinga - CD 10°50' S mata atlântica, agreste e caatinga - EF 11°00' S mata atlântica, agreste e caatinga.

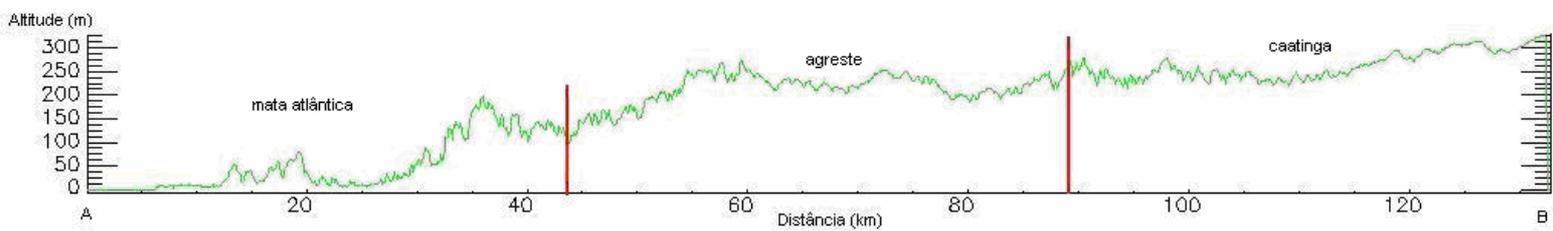


Figura 4. Perfil topográfico, imagem SRTM, transecto AB, 10°15' S, mata atlântica, agreste e caatinga.

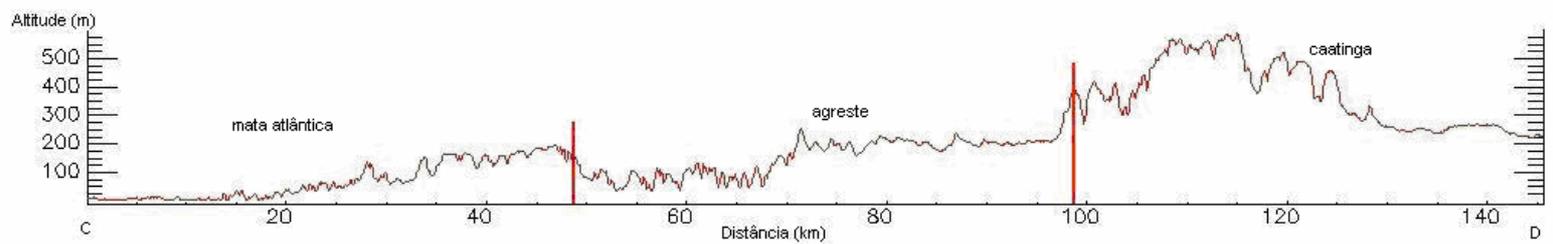


Figura 5. Perfil topográfico, imagem SRTM, transecto CD, 10°50' S, mata atlântica, agreste e caatinga.

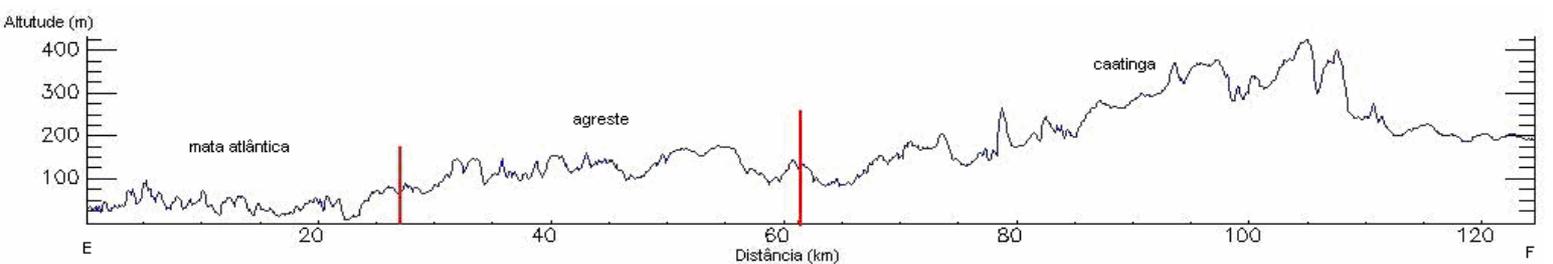


Figura 6. Perfil topográfico, imagem SRTM, transecto EF, 11°00' S, mata atlântica, agreste e caatinga.

ii) Geoprocessamento

Todo o trabalho foi feito com base nos modelos de geoprocessamento, um conjunto de ferramentas de processamento de dados georreferenciados. Dentre estas ferramentas destaca-se o sensoriamento remoto, que é um sistema para a aquisição, análise e visualização de dados geográficos.

O programa de sensoriamento remoto utilizado no estudo foi o ENVI – The Environment for Visualizing Images, versão 4.3 –, que realiza o processamento e visualização de imagens orbitais, coleta, análise e apresentação de dados obtidos das imagens de satélite. O programa foi desenvolvido pela Sulsoft – Porto Alegre, RS, e tem linguagem de programação IDL - Interactive Data Language para o tratamento espectral de dados (Sulsoft, 2000).

iii) Obtenção das imagens de satélite

As imagens foram cedidas pela Superintendência de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe. Inicialmente foi utilizado um mosaico digital gerado a partir de imagens do ETM+/Landsat-7, datadas de 01/08/2000 (Figura 7). Porém, em virtude da intensa cobertura de nuvens, este mosaico foi inviável para a realização do estudo. Depois foram utilizadas imagens do satélite Spot-5, perfeitas para o estudo, porque apresentaram pouca ou nenhuma cobertura nuvens (Figura 8). Na composição da área de estudo foram utilizadas nove cenas do satélite Spot-5, cobrindo toda a região de interesse – mata atlântica –, cada imagem com três bandas multiespectrais e resolução espacial de 10 m x 10 m. As imagens Spot-5 têm projeção UTM, Zona 24 Sul e Datum SAD-69. Estas foram obtidas em diferentes épocas. Cada uma delas apresenta um número de identificação. Assim, as imagens 730370 e 730371 são de 12/01/2003, a 729372 de 06/10/2005, as imagens 728370, 728371, 728372 e 728373, são de 21/11/2005, a imagem 731371 de 23/12/2005 e a 729373 de 22/05/2006 (Figura 9).

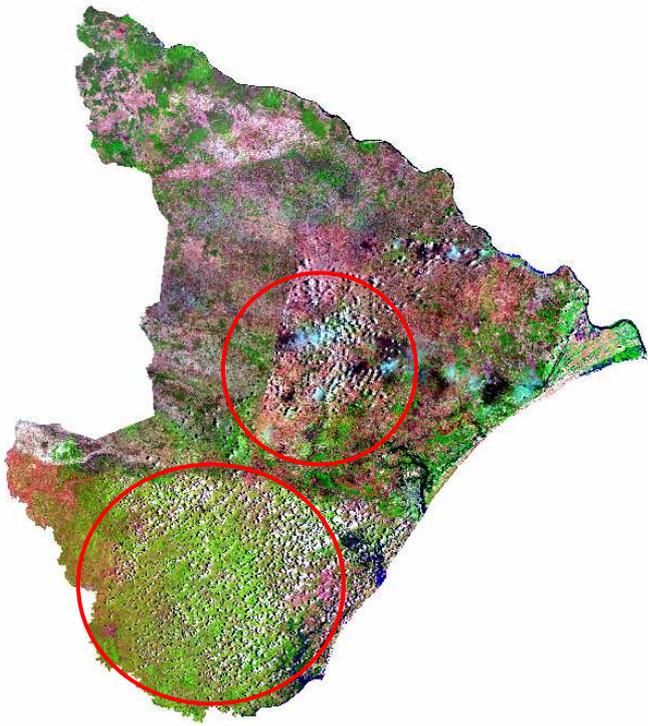


Figura 7. Mosaico de imagens Landsat-7, não utilizado devido a forte presença de nuvens (circuladas em vermelho).

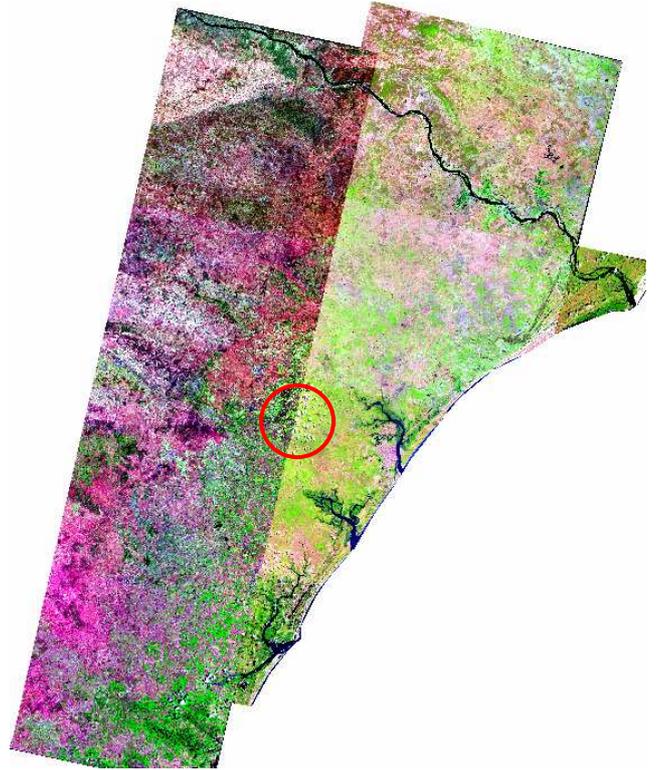


Figura 8. Mosaico de imagens Spot-5, utilizado porque quase não há presença de nuvens (circuladas em vermelho).

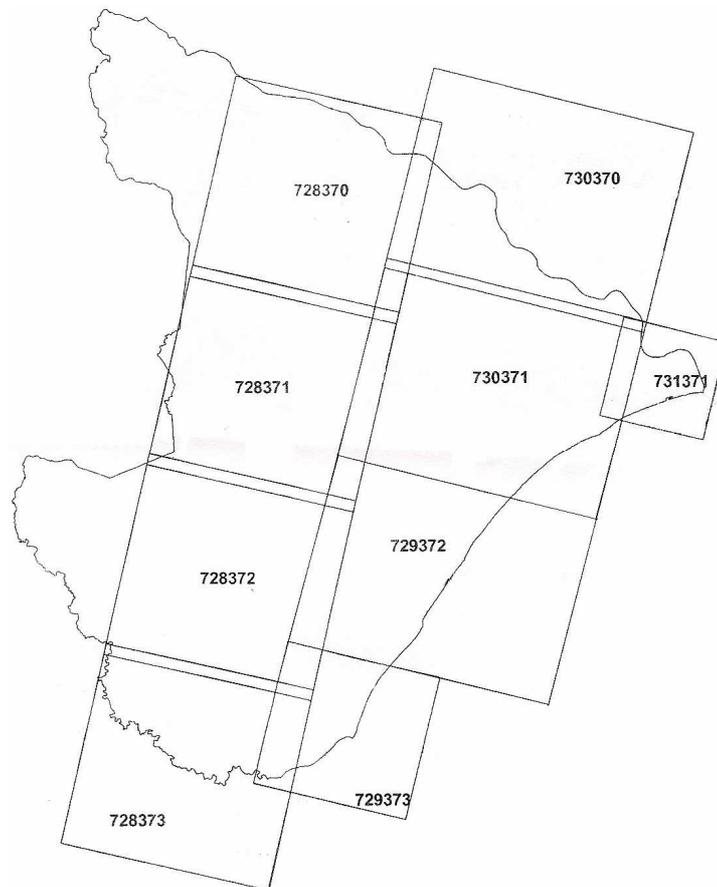


Figura 9. Articulação das cenas orbitais utilizadas no estudo.

iv) Correção geométrica

O tratamento ou processamento digital da imagem tem por finalidade obter uma melhor visualização, análise e extração de informações de imagens orbitais (Slater, 1980; Novo, 1992; Richards, 1993; Fonseca *et al.*, 1993; Jensen, 1996). O pré-processamento é uma das etapas constituintes do tratamento digital, essencial ao processamento dos dados brutos, a fim de retificar e restaurar distorções ou incorreções nas imagens. Dentre os métodos utilizados para este tratamento situa-se a correção geométrica, que foi adotada neste estudo (Lillesand & Kiefer, 1994).

A correção geométrica visa minimizar uma série de distorções espaciais das imagens geradas por sensores remotos (fotografias ou imagens de satélite). O posicionamento dos objetos, superfície ou fenômenos representados nas imagens que não foram georreferenciadas não possui precisão cartográfica (Crosta, 1992). Desse modo, a aplicação deste tipo de correção busca relacionar a coordenada do *pixel* na imagem (tela) a um sistema de coordenada geográfica, processo denominado de registro ou georreferenciamento. Este último envolve a utilização de uma base cartográfica que corresponda à mesma região da imagem a ser retificada. Assim, após o registro, a imagem assume as propriedades de escala e de projeção de um mapa (Mather, 1987).

As imagens (Spot-5) utilizadas neste trabalho já foram adquiridas com um pré-registro, mas para evitar desajustes durante a execução do estudo foi necessário refinar ainda mais as imagens. Assim, as imagens passaram pelo processo de georreferenciamento imagem-imagem, que é um processo pelo qual se registra uma imagem a partir de outra imagem georreferenciada. Desta forma, as imagens do satélite Spot-5 utilizadas neste estudo foram georreferenciadas (datum SAD-69), identificando-se pontos comuns entre suas feições e seus correspondentes nas fotografias aéreas georreferenciadas (detalhes sobre as fotografias aéreas mais à frente).

v) Composição do mosaico de imagens

Com a obtenção das imagens georreferenciadas, foi montado um mosaico digital que abrange toda a área de estudo, o qual é formado por nove cenas (Figura 9). Para a montagem do mosaico foi utilizado o ENVI, na qual foi gerada uma única cena que compreende toda a área de estudo (Figura 8).

vi) Definição da escala de trabalho

A escala de trabalho representa a ampliação ou a redução da imagem sem modificar o seu conteúdo radiométrico (Moreira, 2001). Este procedimento foi utilizado neste estudo para facilitar a visualização e distinção dos fragmentos florestais, como também para ser obtida melhor vetorização e menor erro de área dos fragmentos. A escala de trabalho utilizada na análise visual das imagens foi variável, devido às ampliações e reduções das imagens.

vii) Análise das imagens e identificação dos fragmentos florestais

Dentre os dois tipos para analisar imagens – automática e visual –, foi adotado o segundo. A análise da imagem através de interpretação visual teve como base o procedimento descrito por Florenzano (2002). Este procedimento interpreta a imagem diretamente na tela do computador, através do ENVI, utilizando elementos básicos de interpretação, como a cor, textura, forma, tonalidade, tamanho, sombra, padrão, adjacências e a localização geográfica (Gomes 2001; Florenzano 2002; Moreira 2003). A composição colorida – RGB (Red-Green-Blue) foi utilizada visando uma melhor discriminação e caracterização dos diferentes alvos na imagem, principalmente por se tratar de vegetação, porque o olho humano tem maior facilidade para diferenciar cores (Rosa, 1990; Sano *et al.*, 1990; Moreira, 2001). A composição utilizada foi 4R, 2G, 1B, o que significa que às bandas foram associadas cores: banda 1 cor azul (faixa azul - 0,446 a 0,500 μm), banda 2 cor verde (faixa verde - 0,500 a 0,578 μm) e banda 4 vermelha (faixa vermelha - 0,620 a 0,700 μm). Estas associações de cores deram uma composição colorida às imagens, nas quais a vegetação adquire cor verde, os rios e corpos d'água ficam com tonalidades azuis e o solo com tonalidade magenta.

Durante a fase das análises de interpretação da imagem também foram utilizados filtros e aplicadas modificações no histograma do ENVI, com o objetivo de realçar os polígonos (fragmentos florestais), facilitando a sua distinção em certas áreas da imagem. As figuras 10 e 11 exemplificam a melhor visualização e distinção dos fragmentos florestais na imagem tratada com filtros em relação àquela sem este tratamento. O filtro destaca mais a imagem. Desta forma foi processada a extração de informações na própria imagem. Esse tipo de interpretação foi realizado em associação com trabalhos de campo, o que possibilitou uma interpretação mais confiável.

Após as etapas descritas acima foram realizadas as fases de interpretação e de vetorização dos fragmentos florestais. Este procedimento tem por objetivo fazer a discriminação dos diferentes alvos presentes na imagem por meio apenas da inspeção visual, realizada diretamente na tela do computador. A figura 12 exemplifica os vetores dos fragmentos de mata atlântica.

Com intuito de facilitar a interpretação das feições presentes na imagem, também foi gerada uma composição falsa-cor (RGB), cujo efeito visual é o que mais se assemelha do real. No mosaico de imagens da área de estudo são observadas inúmeras feições de vegetação, de solo e de água. Estes ambientes foram diferenciados através de cores, texturas e formas, com a utilização de filtros do ENVI.



Figura 10



Figura 11



Figura 12

Figuras 10-12. Cenas Spot-5, mostrando imagem sem o tratamento de filtro (Fig. 10), com o tratamento de filtro (Fig. 11) e vetores dos fragmentos florestais isolados (Fig. 12).

viii) Fotografias aéreas

As análises das imagens foram completadas com a interpretação de fotografias aéreas na escala de 1:25.000 para avaliar alguns fragmentos que a imagem de satélite deu dubiedade de interpretação (Figuras 13-14). Estas fotografias, que foram obtidas no voo aerofotogramétrico realizado em 2003, compõem a base cartográfica dos municípios litorâneos (Pólo Costa dos Coqueirais) do Estado de Sergipe (Seplantec-Prodetur, 2004). O material cartográfico foi disponibilizado para consulta na Gerência de Informações Geográficas e Cartográficas da Secretaria de Planejamento de Sergipe.

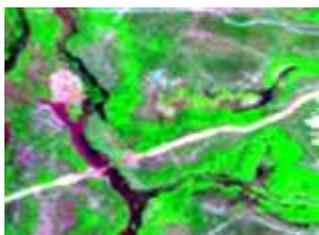


Figura 13. Imagem de satélite Sopt-5



Figura 14. Imagem de fotografia aérea

ix) Descrição e interpretação das formas dos fragmentos obtidos pelas imagens

Neste trabalho adotou-se como critério uma área mínima para os polígonos (fragmentos florestais) em torno de 170.000 m², correspondentes a 17 ha (ou um quadrado de 412 metros de lado). O tamanho desta área mínima foi arbitrário, com base indireta em informações da literatura. Por exemplo, Ferrari (2005) estima que numa área de 1 – 5 ha possa viver diversos grupos de saguis, *Callitryx jacchus*; Bicca-Marques *et al.* (2006) estimam que macacos-prego, *Cebus apella*, necessitam de uma área de até 12 – 80 ha para viverem. Outros mamíferos, de grande e pequeno porte necessitam de áreas com tamanhos variáveis para sobreviverem. Há também os polinizadores, como morcegos e abelhas, que necessitam de abrigos e área para buscar recursos e quanto maior a área maior a diversidade de recursos. Assim, neste trabalho uma área de 17 ha foi considerada razoável para ser analisada, além do que, áreas menores trariam problemas de interpretação (Batistella & Moran, 2007).

x) Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram realizados no período de 18 de agosto a 20 de novembro de 2008. Durante estas atividades foi feita a coleta de fotografias e coordenadas UTM através de um GPS portátil, com o objetivo de auxiliar no processo de interpretação das imagens. A fase de campo foi importante porque foi possível se confirmar a correspondência entre o que foi interpretado na imagem e a verdade do terreno. Assim, as dúvidas de interpretação puderam ser esclarecidas no campo, com relação à representação de certas texturas, formas e padrões. Durante estas atividades foi feita uma visita a um dos fragmentos para descrever (detalhes mais à frente).

3. Perguntas e hipóteses específicas do estudo

Esta parte aglutina os métodos descritos acima, os quais foram adotados para responder perguntas específicas, dentro das indagações gerais que nortearam o estudo, com relação à distribuição, localização e tamanho dos fragmentos de mata atlântica da região de Sergipe. As perguntas específicas são:

i) Quantos fragmentos florestados ainda ocorrem na região sergipana de mata atlântica?

Esta pergunta é básica e será respondida apenas contando os remanescentes ao longo da costa da região sergipana. É evidente que ainda ocorrem remanescentes na região, mas não sabemos quantos e como estão distribuídos.

ii) Como estão distribuídos os remanescentes de mata atlântica na região de Sergipe?

Os habitats em natureza podem estar distribuídos de forma agrupada, ao acaso ou uniforme. Em cada caso isso reflete o uso da terra e tem implicações sobre a distribuição da fauna e composição das espécies. Existe uniformidade na distribuição dos remanescentes florestados sergipanos?

Hipótese: A distribuição dos fragmentos é uniforme e não permite agrupamentos.

Variável: distância entre fragmentos, i.e., os remanescentes próximos poderão ser agrupados e separados dos demais.

Verificação da hipótese: Exclusivamente visual, através da inspeção dos fragmentos nas imagens, filtrados e separados da vegetação de manguezais e das restingas. Os fragmentos foram agrupados e a decisão de refutar ou não a hipótese foi que se os fragmentos pudessem ser distintamente agrupados a hipótese de homogeneidade seria refutada.

iii) Como caracterizar os fragmentos de mata atlântica de Sergipe com relação ao tamanho?

Habitats dentro de um sistema ecológico podem ser homogêneos com relação ao tamanho. Isto traz implicações sobre a capacidade com que cada habitat pode sustentar um máximo de espécies e também traz implicações com relação à perda de espécies. Estas

considerações são importantes com relação à diversidade e conservação. Existem diferenças significativas entre os tamanhos dos fragmentos de mata sergipanos?

Hipótese: Não há diferenças significativas entre os tamanhos de fragmentos.

Variável: área dos fragmentos (ha).

Verificação da hipótese: Foram determinadas as áreas (ha) de 30 fragmentos amostrados aleatoriamente dentro dos grupamentos de remanescentes (ver segunda pergunta). As áreas dos remanescentes foram obtidas diretamente do aplicativo ENVI. Assim, com a informação das áreas de cada um dos fragmentos, foi possível obter as áreas totais de cada um dos grupamentos. Foi feita ainda a distribuição estatística das 30 amostras (fragmentos) de cada grupamento e análise de variância com um fator para verificar a homogeneidade das médias dos tamanhos dos fragmentos entre os grupamentos.

iv) Como caracterizar os fragmentos com relação à conectividade entre si?

Habitats dentro de um sistema ecológico podem estar totalmente conectados entre si, parcialmente conectados ou pode haver nenhuma conexão. Isto tem implicações sobre a distribuição da biota e principalmente com relação às trocas gênicas entre populações, o que traz implicações sobre a diversidade. Qual o grau de conectividade existente entre os fragmentos sergipanos de mata atlântica?

Hipótese: Não há nenhuma conectividade entre os fragmentos.

Variáveis: distância entre os fragmentos dentro de cada grupamento de remanescentes e distância entre os grupamentos.

Verificação da hipótese: dentro de cada grupamento foram obtidas as menores e maiores distâncias entre os fragmentos. Como é possível quantificar o número de fragmentos e visualizá-los agrupados, foi feita distribuições de frequências das distâncias entre fragmentos, cujas distâncias foram arranjadas em 20 classes, com amplitude de 6 – 2.800 metros e intervalo de 139,7 metros. Em cada distribuição foram verificadas as frequências

relativas simples e acumulada, a qual fornece valores de probabilidade para observações de quaisquer classes da distribuição.

v) *Qual o formato dos remanescentes florestados de Sergipe?*

O formato dos habitats reflete muito sobre a capacidade destes em sustentar espécies. Um habitat que tem 500 metros por 15 metros pode ser ecologicamente diferente de um que tenha 85 metros por 85 metros. O formato arredondado de fragmentos é dito ser melhor para a conservação (Metzger, 2003). Existem diferenças quanto à forma arredondada dos fragmentos florestados da região de Sergipe?

Hipótese: Os fragmentos sergipanos de mata atlântica têm proporções iguais quanto à forma arredondada.

Variáveis: Forma dos fragmentos, avaliada através de índices de circularidade.

Verificação da hipótese: Foram calculados os índices de circularidade dos fragmentos através da relação Índice de Circularidade = $40000 \times \pi \times \text{Área em ha} / \text{Perímetro}^2$ em metros (Chaturvedi, 1926). Os índices variaram entre 0,006 e 1,28 e foram distribuídos em 4 classes com intervalo de 0,31 nos 5 grupamentos de fragmentos. Os tamanhos foram agrupados em 4 classes, as quais serviram de base para verificarmos as distribuições de frequências dos índices de circularidade. A idéia de apresentar os índices de circularidade foi feita mais no sentido de apresentar elementos e sugestões para estudos desta natureza na região da mata atlântica de Sergipe.

vi) *Como é a estrutura de um fragmento de mata na região de Sergipe?*

Esta pergunta tem resposta descritiva e em parte ilustrada. A amostragem da fisionomia da vegetação de um fragmento, feita através de um transecto, foi realizada na Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre da Mata do Junco, município de Capela (10°32'S, 37°03'W). Foi escolhida uma área ao acaso e percorrido um transecto de 100 metros, sobre o qual foram amostradas as árvores numa distância de 3 metros para cada lado. O tamanho da amostra foi 600 m² (6 x 100 metros). Na amostragem, que foi visual, foram estimadas as alturas dos indivíduos com circunferência à altura do peito igual

ou maior do que 15 centímetros. Com base nestes caracteres foi realizado um esquema que mostrasse o perfil deste transecto e caracterizasse a fisionomia de um fragmento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Os fragmentos de mata atlântica de Sergipe

Neste estudo foram mapeados 403 fragmentos de mata atlântica que compõem uma área aproximada de 36.000 hectares (cerca de 360 Km²). Se considerarmos que a área do estado de Sergipe é de 22.000 km² e que a região de mata atlântica compreende pouco menos de 1/3 do estado (o restante é agreste e caatinga), então este domínio tem cerca de 6.500 km². Se considerarmos ainda que cerca de 30% desta área, aproximadamente 2.000 km², é formado por restingas e manguezais, então desta área geográfica ocupada pela mata atlântica, apenas 8% representa a cobertura florestada, representada pelos fragmentos (Figura 16).

Esta redução da vegetação em Sergipe reflete o que ocorreu em todo o domínio da mata atlântica, que já perdeu mais de 80% da sua vegetação (Brasil, 2000; Myers *et al.*, 2000). A intensa redução da cobertura florestal regional traz implicações sobre a composição e distribuição de espécies vegetais e animais. Os mamíferos de grande e médio porte e as aves são os primeiros animais afetados pela fragmentação de seus habitats, porque afeta as suas áreas de vida reduzindo os recursos. Os pequenos animais também são afetados, primeiro aqueles que têm alta sensibilidade. Desse modo e particularmente em Sergipe, algumas espécies da região que tinham distribuição mais ampla, hoje estão restritas a pequenas porções de seus antigos habitats. Como exemplo deste processo que pode levar a perda da diversidade, temos o macaco guigó (*Callicebus coimbra*), endêmico em alguns fragmentos de Sergipe. O grau de ameaça destas espécies está diretamente ligado ao nível de fragmentação e antropização destes ambientes.

O grau de fragmentação de um habitat ou conjunto de habitats regionais pode ser avaliado através de diversos índices, tamanho, forma e conectividade destes habitats, que acabam por funcionar como ilhas (MacArthur & Wilson, 1967). Quanto menor for a área de um fragmento de mata e maior o grau de isolamento, então menor será a conectividade entre os fragmentos restantes, menor a movimentação dos animais entre fragmentos. As fragmentações também podem acarretar redução das taxas de imigração e emigração, e recolonização das espécies, acarretando diminuição do fluxo gênico entre as populações e

umentando as chances de extinção local. Muitos dos animais que integram as guildas que vivem nestes ambientes são polinizadores, como os morcegos e abelhas. Se a movimentação destes animais for limitada por barreiras geradas pelo processo de fragmentação, as plantas que dependem destes animais para manutenção da reprodução serão também afetadas.

2. Distribuição espacial dos remanescentes de mata atlântica na região de Sergipe.

Uma vez determinado as posições geográficas e as áreas dos fragmentos florestados de Sergipe, foi possível verificar como estão distribuídos, através da simples inspeção visual da imagem (Figura 16-17). A distribuição destes fragmentos não é uniforme, formam cinco grupamentos ao longo da área onde se distribuem. As regiões que servem de referência para os fragmentos são (Figura 15):

- i) Santa Luzia do Itanhy (11°21'S, 37°26'W) – Estância (11°16'S, 37°26'W),
- ii) Aracaju (10°54'S, 37°04'W) – São Cristóvão (11°00'S, 37°12'W) – Itabaiana (10°41'S, 37°25'W),
- iii) Rosário do Catete (10°41'S, 37°01'W),
- iv) Japarutuba (10°35'S, 36°56'W),
- v) Pacatuba (10°27'S, 36°39'W) – Japoatã (10°20'S, 36°48'W).

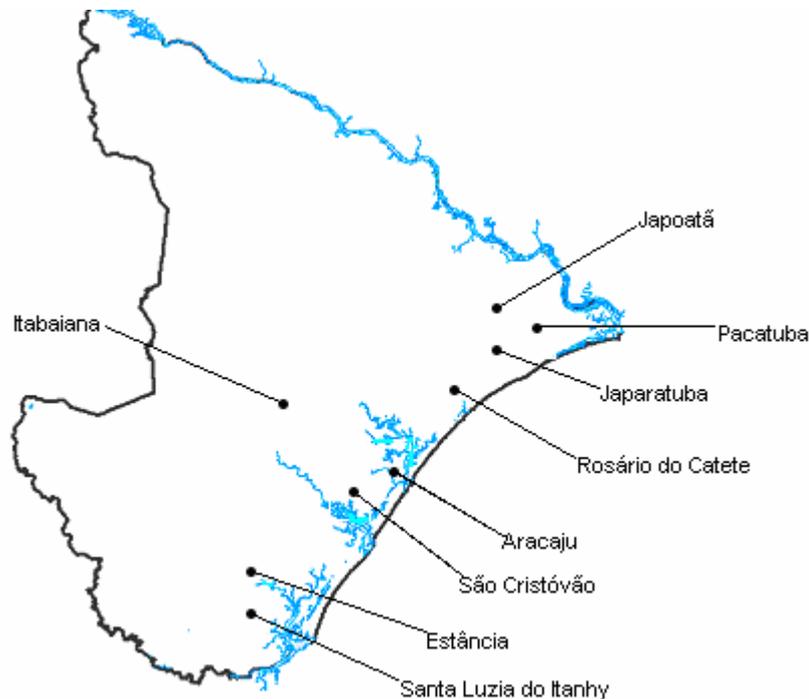


Figura 15. Regiões de referência para os grupamentos de fragmentos de mata atlântica de Sergipe.

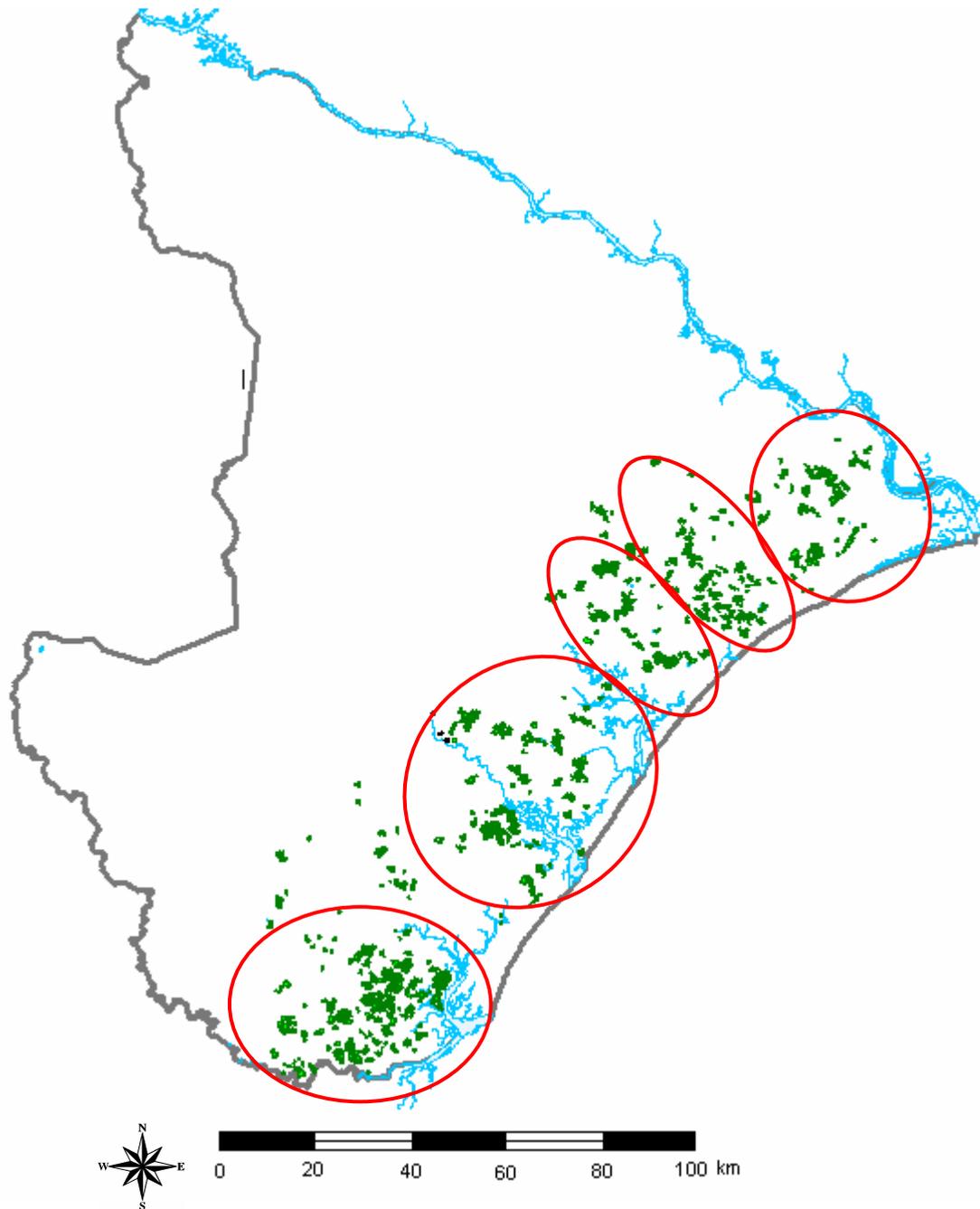


Figura 16. Distribuição dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe mostrando os grupamentos de sul para o norte:

- 1º grupamento: região de Santa Luzia do Itanhy/Estância.
- 2º grupamento: região de Aracaju/São Cristóvão/Itabaiana.
- 3º grupamento: região de Rosário do Catete.
- 4º grupamento: região de Japarutuba.
- 5º grupamento: região de Pacatuba/Japoatã.

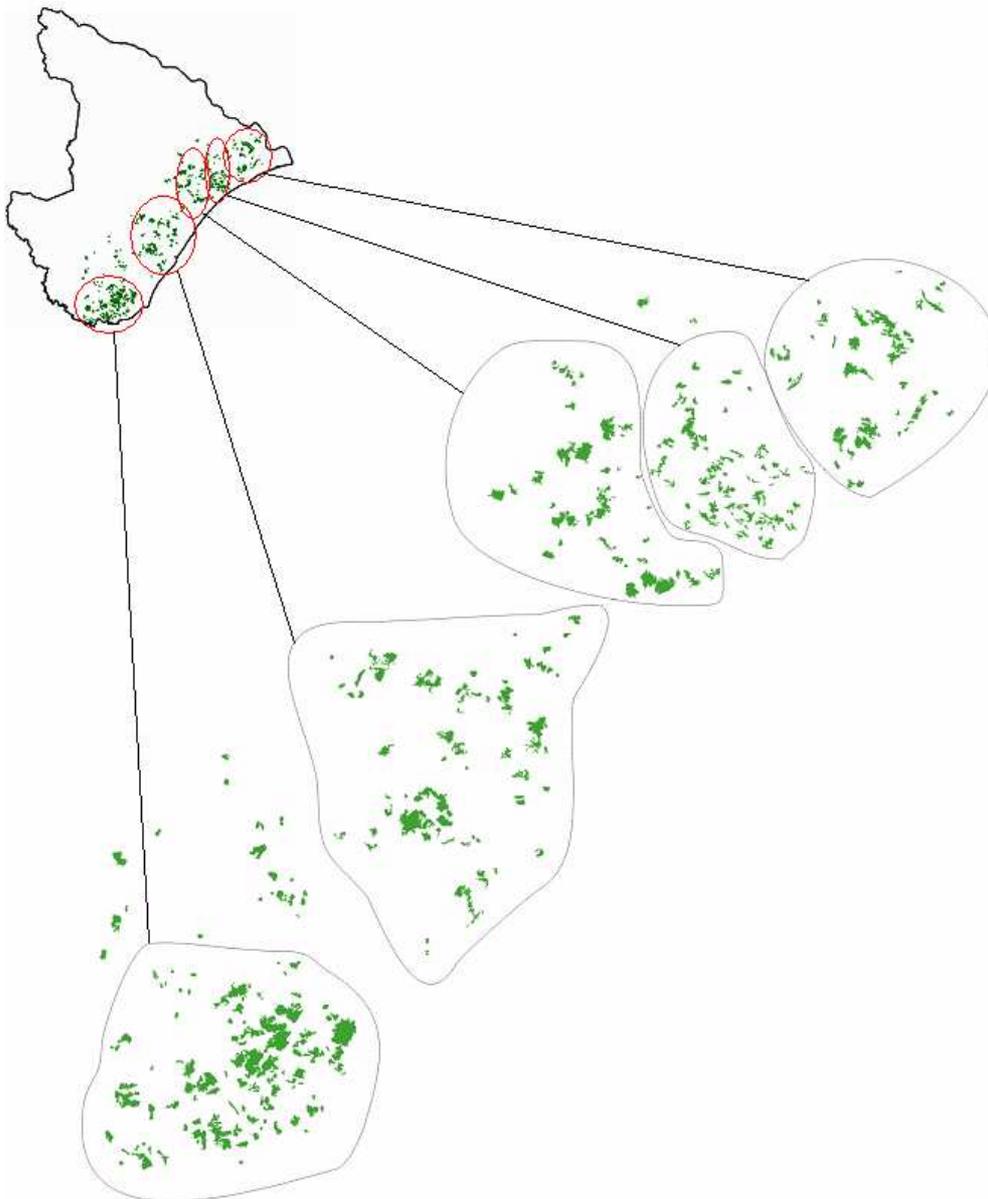


Figura 17. Distribuição dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe, mostrando ampliados os conjuntos agrupados.

i) Grupamento de fragmentos Santa Luzia do Itanhy-Estância (Figura18 e/ou Apêndice A)

Neste grupamento, situado na região sul de Sergipe, foram mapeados 108 fragmentos, os quais compõem 10.000 hectares (27%) de área florestada. É o maior grupamento em número de fragmentos e também o mais denso. Com base nas análises da imagem e nas observações de campo foi verificado que este grupamento comporta os fragmentos florestais em melhor estado de conservação da região de Sergipe. A presença de propriedades particulares na região, que não utiliza a mata extensivamente para

atividades de agricultura e pecuária, pode ser o fator preponderante para a conservação destes fragmentos. Nesta região está localizado o maior fragmento de mata atlântica de Sergipe, denominado mata do Crasto, com cerca de 1.000 ha (10% da área de fragmentos da região).

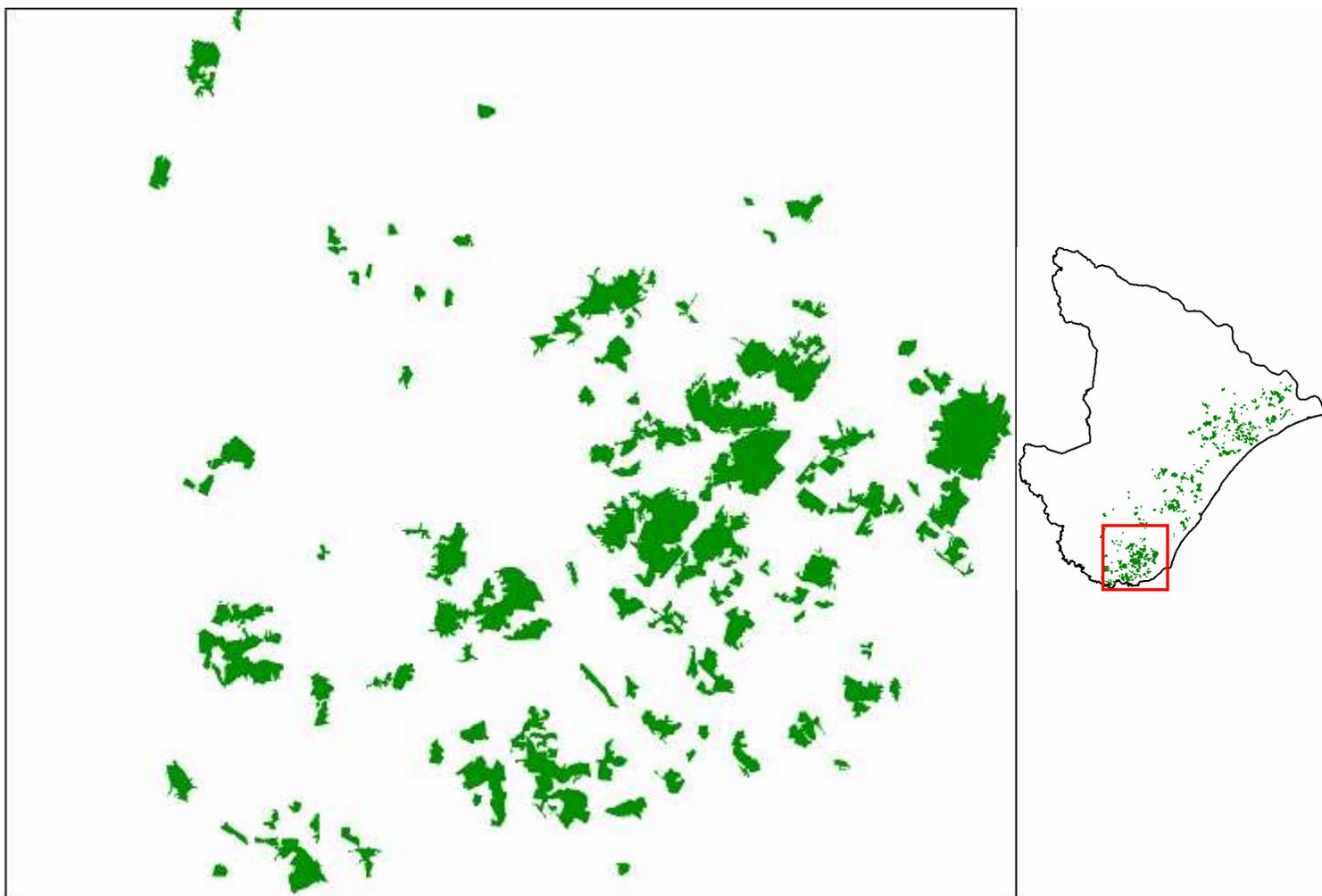


Figura 18. Grupamento fragmentos florestados Santa Luzia do Itanhy - Estância.

ii) Grupamento de fragmentos Aracaju-São Cristóvão-Itabaiana (Figura 19 e/ou Apêndice B)

Este grupamento tem 65 fragmentos, com 8.000 hectares de área florestada (22%). É o terceiro em número de fragmentos e o segundo em densidade. Os fragmentos deste grupamento são bastante desarticulados, cuja desarticulação pode estar relacionada ao uso da terra, exercendo forte pressão antrópica sobre os ecossistemas naturais da região e afetando de diversas formas a biodiversidade desta área. Relato sobre a biodiversidade da região relacionada a problemas antrópicos na região pode ser encontrado na descrição dos

ambientes do Parque Nacional Serra de Itabaiana ($10^{\circ}40'S$, $37^{\circ}27'W$) (ver Carvalho & Vilar, 2005). Dentre os fatores que podem estar relacionados com a devastação e perturbação destes remanescentes, podemos citar o desordenado processo de ocupação e o rápido crescimento populacional desta região. Por exemplo, o município de Aracaju apresenta a maior concentração populacional do estado, com cerca de 800 mil habitantes, aos quais se somam as populações dos municípios de São Cristóvão, Nossa Senhora do Socorro e Itabaiana.

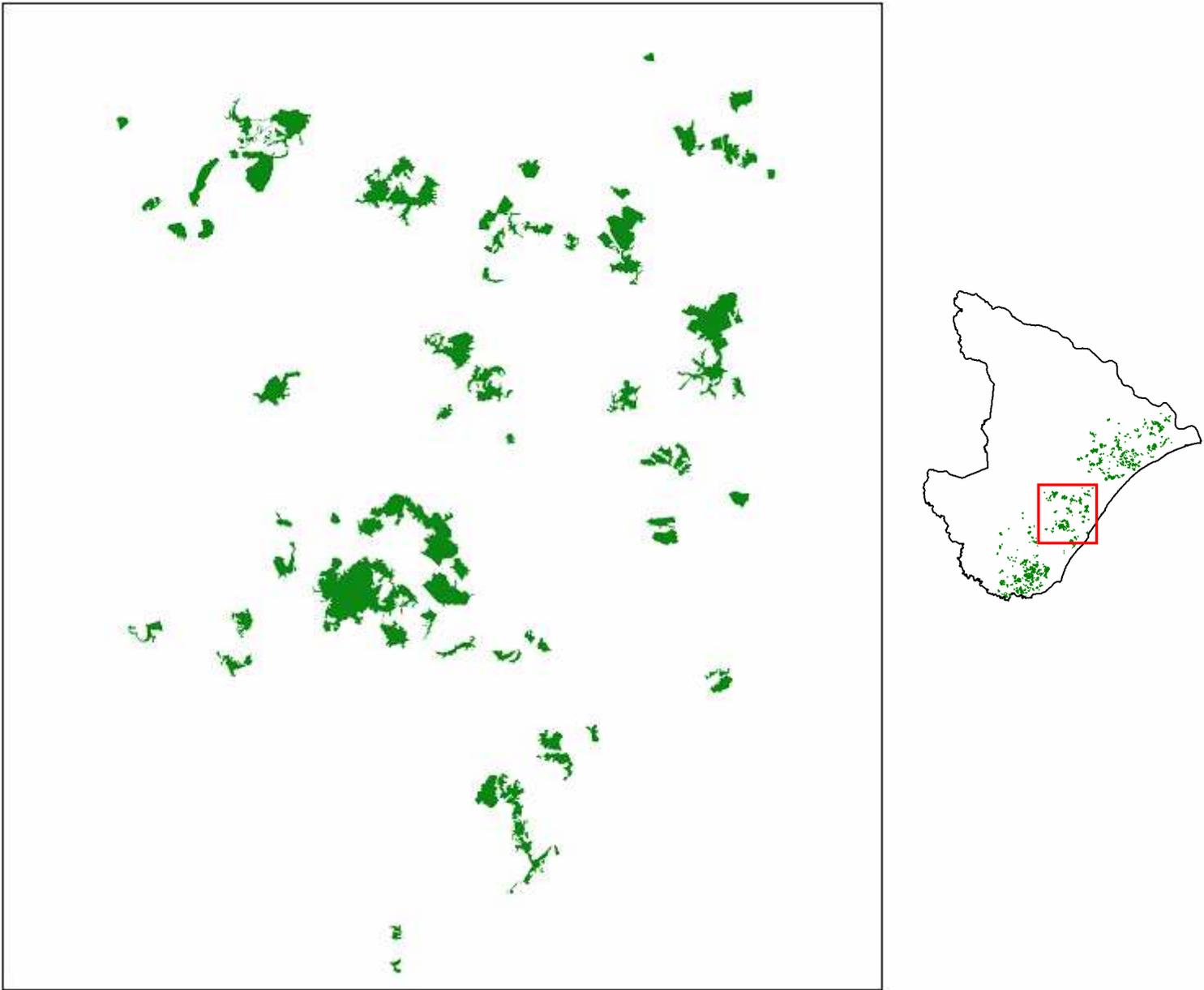


Figura 19. Grupamento fragmentos florestados Aracaju - São Cristóvão - Itabaiana.

iii) Grupamento de fragmentos Rosário do Catete (Figura 20 e/ou Apêndice C)

Neste grupamento foram mapeados 45 fragmentos, com 4.500 ha de cobertura florestal (12,5%). É o segundo menor dos grupamentos, cujos fragmentos também são os mais desarticulados dentre os demais grupos. Era uma região de engenho de cana-de-açúcar, talvez seja esta a razão de ter tão baixa cobertura florestal.

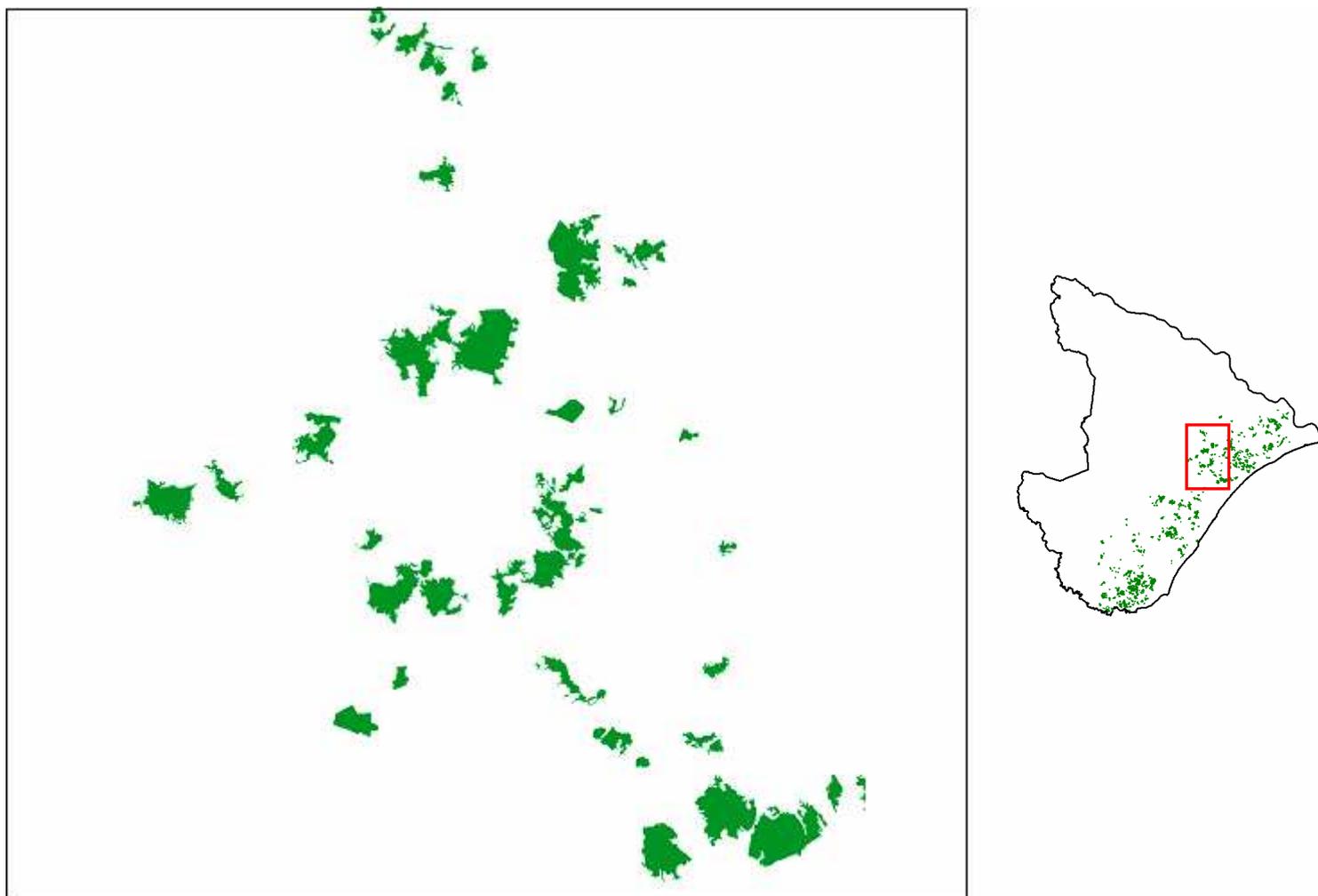


Figura 20. Grupamento fragmentos florestados Rosário do Catete.

iv) Grupamento de fragmentos Japarutuba (Figura 21 e/ou Apêndice D)

Neste grupamento foram mapeados 80 fragmentos, com área florestada de 3.300 ha (9%). É o segundo grupamento com maior número de fragmentos, mas é o primeiro em baixa densidade florestada, devido aos fragmentos serem pequenos. Juntamente com o grupamento anterior, Rosário do Catete, apresenta os fragmentos mais desarticulados dentre todos.

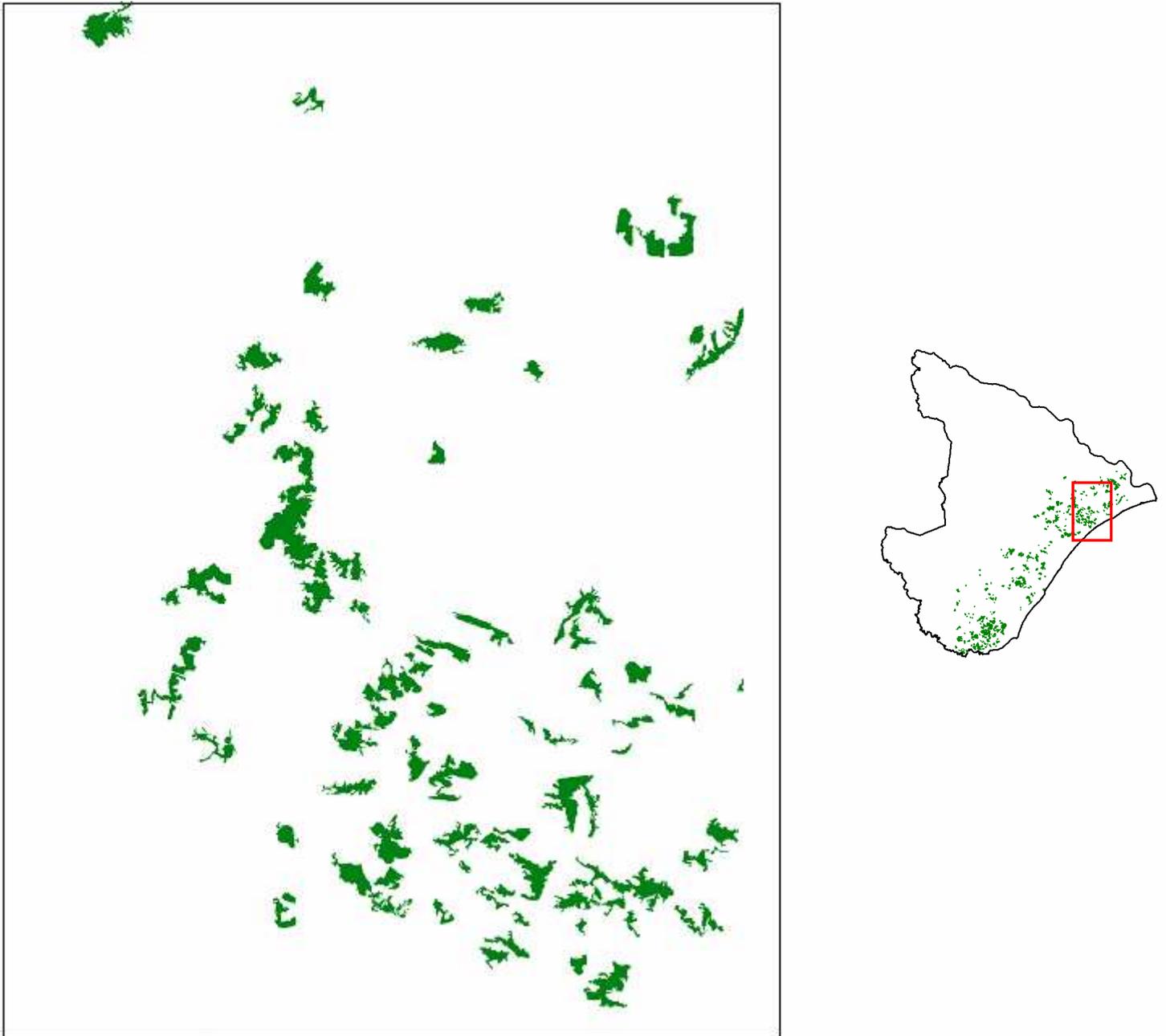


Figura 21. Grupamento fragmentos florestados Japarutuba.

v) Grupamento florestado Pacatuba - Japoatã (Figura 22 e/ou Apêndice E)

Este grupamento tem 39 fragmentos e densidade florestada de 3.800 ha (10%). Estes remanescentes de mata estão inseridos na região situada entre o Oceano Atlântico e o rio São Francisco, formando uma importante zona estuarina na foz do São Francisco. Nesta área estão presentes extensas áreas de mangue e restingas. Originalmente esta área deveria ser muito interessante, porque provavelmente áreas de mangue, restingas e matas deveriam se intercalar em vários níveis, estabelecendo uma paisagem que hoje não pode mais ser

observada. Nestas áreas assim intercaladas deveriam ocorrer interessantes problemas relacionados ao efeito de borda, porque estes ecossistemas distintos certamente abrigariam fauna e flora adaptada aos diferentes habitats. É uma região onde devem ser incentivados estudos ecológicos, devido a esta diversidade de habitats.

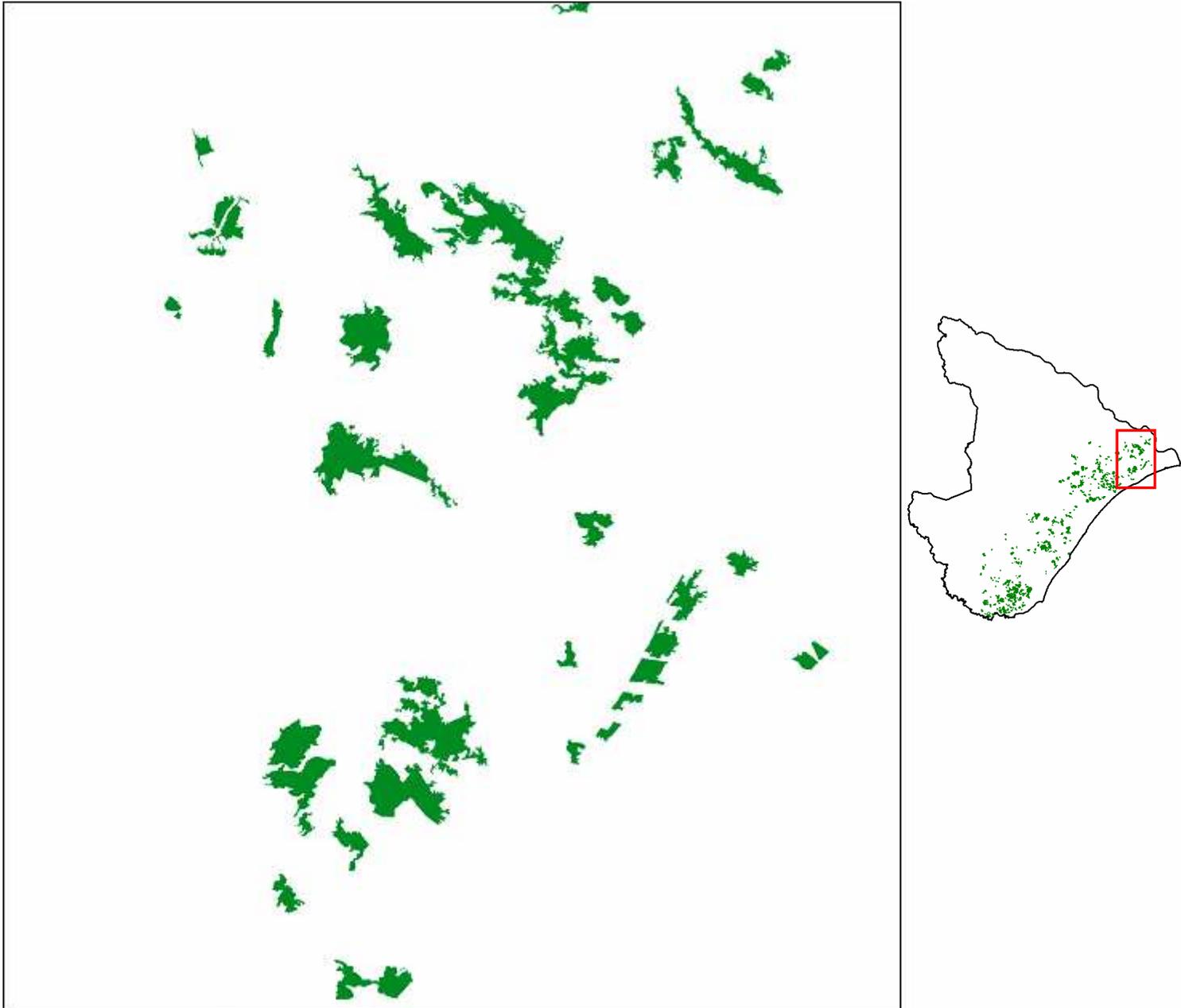


Figura 22. Grupamento fragmentos florestados Pacatuba - Japoatã.

vi) Os fragmentos isolados (Figura 23)

Alguns fragmentos que ocorrem na porção sul e norte de Sergipe não puderam ser agrupados. Na região entre os grupamentos de fragmentos Aracaju - São Cristóvão -

Itabaiana e Santa Luzia do Itanhy – Estância ocorre um punhado de fragmentos espalhados, que não formam grupamentos nítidos. São pequenas manchas de mata, em torno de 40 ha, perfazendo uma área aproximada de 1.000 ha. São fragmentos importantes, justamente por estarem bastante desarticulados. Os fragmentos da região de Santa Luzia do Itanhy estão mais próximos entre si, o que permite com que as populações possam trocar genes, apesar das limitações de ambientes fragmentados. Nestes fragmentos isolados as trocas gênicas podem ser mais limitadas ainda de ocorrer. Na porção norte de Sergipe também ocorre um fragmento com cerca de 100 ha, o qual não se conecta a nenhum outro, mas aparece nitidamente na imagem.

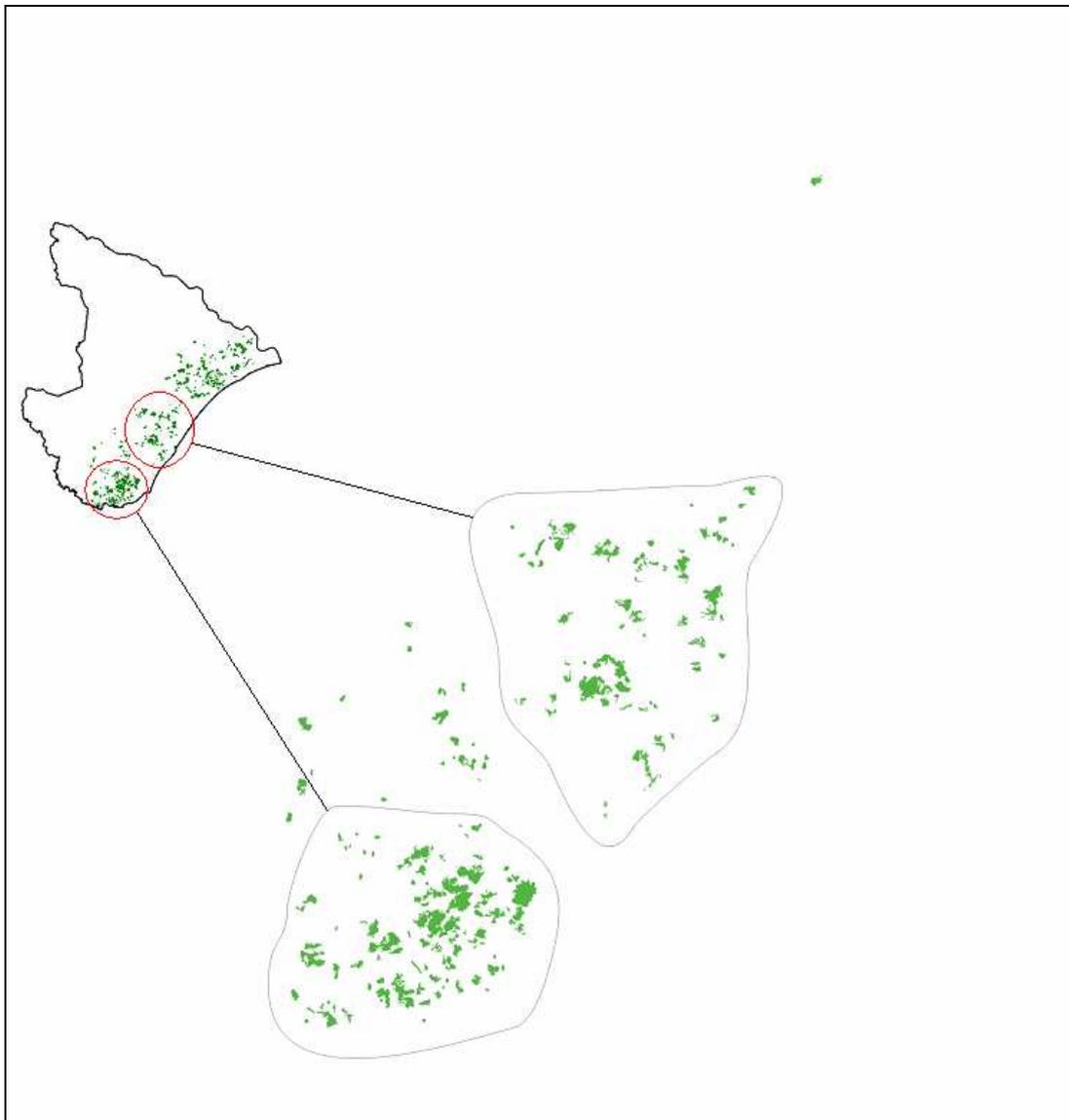


Figura 23. Fragmentos isolados de mata atlântica da região de Sergipe.

3. Concentrações de fragmentos

Nós podemos observar, através das figuras 17 - 22, que da região de Aracaju para o sul, até o complexo de rios Piauí-Fundo-Real, região de Santa Luzia do Itanhy e Estância, nós temos as maiores concentrações de fragmentos de mata secundária e capoeiras, perfazendo 18.000 ha de pedaços de mata atlântica com vários graus de articulações e conectividades distribuídos em 188 fragmentos de floresta secundária, com variados níveis de preservação. De Aracaju para o norte, até o rio São Francisco, a devastação foi maior, restando hoje cerca de 11.600 ha de floresta secundária e capoeiras, com 164 manchas de floresta atlântica.

De modo geral, a ocupação de Sergipe ocorreu de forma desordenada. Isto deu origem a um complexo de pequenas e médias propriedades agrícolas com diversos usos, principalmente pastagens e lavouras, com destaque para as grandes plantações de cana-de-açúcar e coqueiros. Além da agricultura e pecuária, a região tem como uso da terra a exploração de recursos minerais, como por exemplo, o petróleo, gás natural, salgema, o potássio e o calcário. Associado a isto a região de mata atlântica se caracteriza por apresentar a maior densidade populacional de Sergipe. Isto gerou uma rápida e intensa mudança no uso e ocupação da terra, cuja consequência foi a expansão das cidades e de seus pólos industriais, que causou uma rápida e intensa redução nas áreas florestadas da região. Isto acarretou drástica redução da cobertura vegetal da floresta atlântica, cujo processo de degradação ainda não terminou. Evidentemente isto levará a sérios danos sobre a biodiversidade local.

4. Caracterização dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe com relação à área

A área total e o número de fragmentos estudados apresentam variações que podem ser observadas pela simples inspeção das imagens (Figuras 17-22). O menor tamanho dos fragmentos de cada grupamento – conforme critério adotado para tamanho mínimo – foi em torno de 17 ha e o maior aproximadamente 450 ha, predominando os menores tamanhos em todos os fragmentos (Tabelas 1-2). As variações de tamanho entre os fragmentos foram significativas quando comparadas as médias de 30 fragmentos, incluídas os maiores e os menores ($F_{0.05(1)4,145} = 2,828, p < 0,05$, Tabelas 3-4).

Tabela 1. Classes de tamanho (ha) dos fragmentos de floresta atlântica de Sergipe (agrupados).

I	17,12	72,5
II	72,6	128,0
III	128,1	183,5
IV	183,6	239,5
V	239,1	294,5
VI	294,6	350,0
VII	350,1	405,5
VIII	405,6	461,0

Tabela 2. Distribuição de frequências das classes de tamanhos (ha) dos fragmentos de floresta atlântica de Sergipe.

Classe	Santa Luzia- Estância	Aracaju- SCristóvão- Itabaiana	Rosário do Catete	Japarutuba	Pacatuba- Japoatã
I	19	16	15	26	19
II	6	8	4	2	3
III	0	0	4	0	3
IV	1	1	1	0	3
V	3	0	1	0	1
VI	0	1	1	0	0
VII	0	1	0	0	0
VIII	1	3	2	0	1

Tabela 3. Tamanho (ha) dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe: estatística das distribuições de frequências.

Grupamento	Amplitude (ha)	Número de amostras	média mais ou menor erro padrão	desvio padrão	Coefficiente de Variação
Santa Luzia-Estância	17,8 – 427,31	30	93,89 e 20,17	110,49	117,68
Aracaju-SCristóvão-Itabaiana	17,5 – 445,65	30	134,54 e 24,56	134,54	107,61
Rosário Catete	17,12 - 460,08	30	133,12 e 24,30	133,12	101,98
Japarutuba	17,75 - 170,77	30	46,72 e 6,37	39,90	74,71
Pacatuba-Japoatã	18,99 - 453,68	30	94,77 e 17,97	98,46	103,90

Tabela 4. Análise de variância entre as médias dos tamanhos (ha) dos grupamentos de fragmentos de mata atlântica de Sergipe.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F
Total	149	1842672		
Entre Grupos	4	133345	33336	
Dentro Grupos	145	1709326	11788	2,828*

* significativo ao nível de 5%

Estas diferenças merecem três comentários. Embora as médias entre os tamanhos de fragmentos dos grupamentos tenha sido significativa, foram os fragmentos de Japaratuba que contribuíram para a diferença, com uma média dos tamanhos de fragmentos (46,72 ha) a metade das médias dos demais (ver Tabela 3). Outro comentário pertinente é sobre as médias dos grupamentos de Aracaju-São Cristóvão-Itabaiana, maiores do que os de Santa Luzia do Itanhy-Estância, embora a área florestada de Santa Luzia seja maior. Este fato se dá porque os fragmentos de Santa Luzia são em média menores do que o grupamento Aracaju, mas tem uma área de Santa Luzia que tem os dois maiores fragmentos de mata de Sergipe – região do Crasto, propriedade particular –, com cerca de 1.000 ha cada um. Estas áreas contribuem para que a área florestada seja maior em Santa Luzia.

O terceiro comentário é de cunho geral, sobre o tamanho de um fragmento florestal relacionado com a diversidade de biológica que este fragmento pode comportar. Os modelos de biogeografia de ilhas (MacArthur e Wilson, 1967) e de metapopulações (ver Pianka, 1994), relacionam a distribuição das espécies com o tamanho da área em que elas vivem. A relação espécie-área é simples, áreas maiores comportam mais indivíduos do que áreas menores. Isto ocorre porque quanto maior a área, maior a variedade de habitats e disponibilidade de recursos alimentares para as populações. Além disto, uma ampla área pode abrigar maior número de indivíduos por espécie, o que reduz as taxas de extinção das populações. Ao contrário, pequenas áreas tendem a abrigar tanto um menor número de indivíduos quanto menores populações. As populações de tamanho reduzido são mais vulneráveis a diversos problemas, como a depressão endogâmica, deriva genética, entre outros (ver Primack & Rodrigues, 2001). Portanto, para a conservação das espécies, quanto maior a área, melhor.

5. Os fragmentos florestados de Sergipe com relação à conectividade

A conectividade entre fragmentos de mata pode ser estimada a partir das distâncias entre as manchas. Em Sergipe as distâncias entre os grupamentos variam entre 2 km - 19 km (Figura 24). Estas distâncias são de certo modo subestimadas, do ponto de vista ecológico e geográfico, porque foi medida a distância do último fragmento de um grupamento até o primeiro fragmento do grupamento seguinte. Não é fácil designar o último e primeiro e esta distância nos dá uma medida entre as bordas dos grupamentos.

Talvez uma medida do centro de um grupamento para o seguinte seja uma boa estimativa. Se assim for, de acordo com a escala da Figura 24, entre o centro do primeiro grupamento e o centro do segundo teremos cerca de 70 km, entre o segundo e o terceiro 60 km, entre o terceiro e o quarto 30 km e entre os dois últimos aproximadamente 30 km.

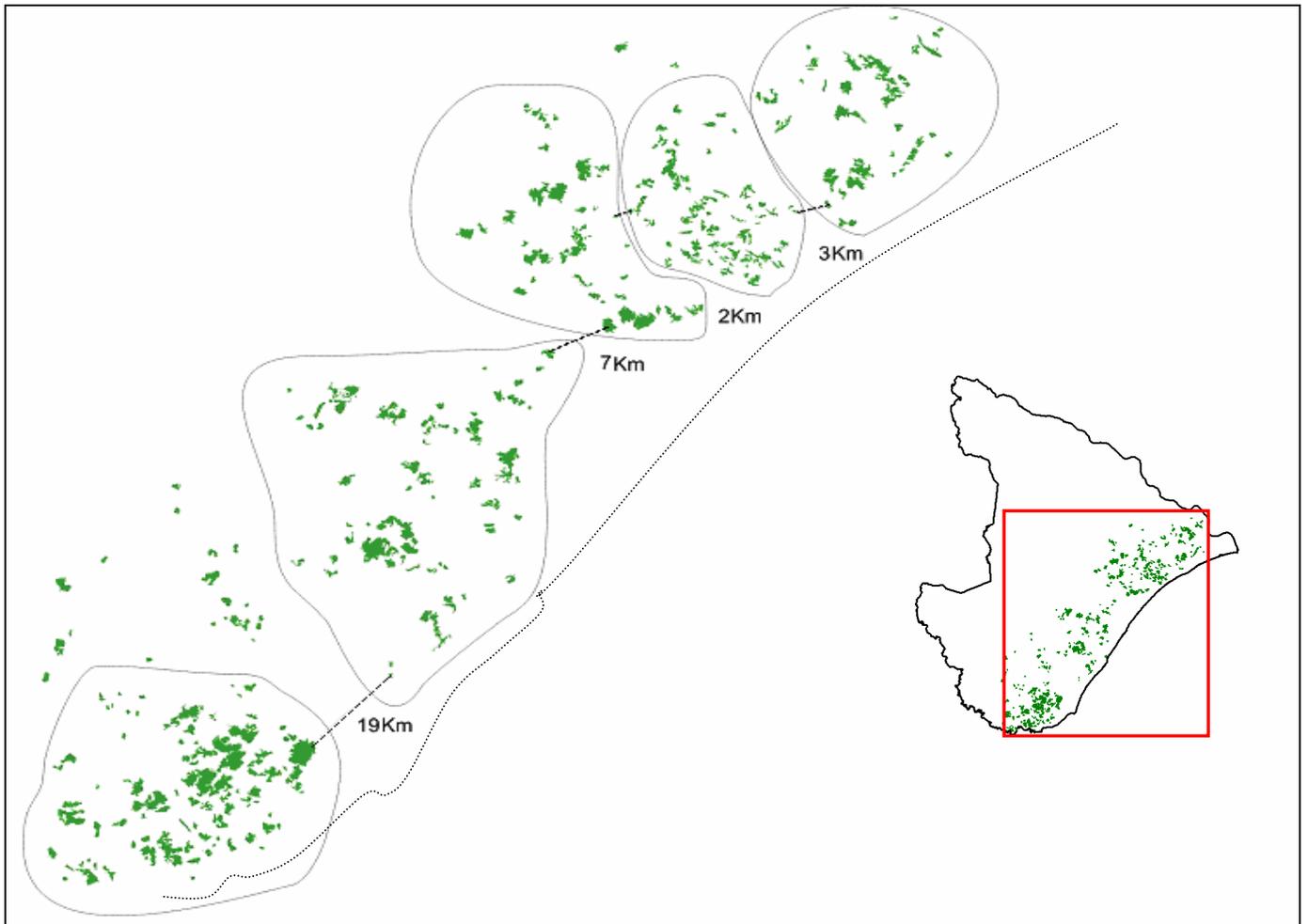


Figura 24. As escalas (em km: 19, 7, 2, 3) foram geradas no programa ENVI. Nesta imagem as escalas (linhas pontilhadas) podem ser aplicadas para verificar distâncias entre os grupamentos e entre os fragmentos de cada grupamento.

Para verificar as distâncias entre os fragmentos o programa ENVI gerou as distâncias de 30 fragmentos dentro de cada grupamento. As distâncias foram arranjadas em 20 classes de tamanho, com intervalo de 139,7 metros, e verificado as frequências observadas em cada classe, as frequências relativas simples, as frequências observadas acumuladas e as frequências relativas acumuladas (Zar, 1996). A frequência acumulada de uma classe permite observamos a probabilidade de que um fragmento qualquer de um grupamento tenha aquele valor da variável ou menos.

A tabela gerada das frequências é grande, por isso foi apresentada no apêndice, após as referências (Apêndice F). Destas distribuições podemos verificar aspectos muito interessantes, por exemplo, os fragmentos do grupamento SantaLuzia-Estância tem cerca de 80% de probabilidade de estarem separados por uma distância menor do que 1 km, aproximadamente 600 metros. O grupamento Aracaju-São Cristóvão-Itabaiana distancia-se um pouco desta probabilidade, porque tem cerca de 80% de probabilidade de os fragmentos estarem separados por uma distância menor do que 1.200 metros. Os demais grupamentos também estão nesta classe ou mais extremo ainda, como o de Pacatuba-Japoatã, que tem 80% de chance de os fragmentos estarem separados por uma distância de quase 2 km.

A distância entre os fragmentos de uma vegetação que já foi íntegra é um critério bastante utilizado para indicar o nível de preservação dos ecossistemas florestados numa região (Turner & Gardner, 1990; Yong & Merrian, 1994). É difícil estabelecermos um critério que defina as distâncias mínimas que os habitats de mata devem guardar entre si. Isto depende do problema e do grupo taxonômico. Por exemplo, a distância mínima que dois fragmentos devem guardar para moscas do gênero *Drosophylla* deve ser diferente para as distâncias mínimas que porcos do mato ou onças devem guardar (Keitt, 1997). Uma coisa é certa, quanto mais os fragmentos estiverem conectados entre si, maior as possibilidades de movimentação dos indivíduos, fator essencial para trocas gênicas entre populações.

Os fragmentos florestais geralmente são circundados por faixas de ambiente aberto, principalmente áreas de campo, pasto e plantios diversos. Estas áreas abertas entre dois fragmentos têm tamanhos variados e podem impedir a travessia de muitas espécies de pássaros, mamíferos e insetos. Vários fatores podem estar associados a limitação que algumas espécies têm de se movimentarem para outras regiões. Um deles está no fato que muitos animais são fiéis aos seus habitats, o que dificulta a sua movimentação para outras regiões além da sua área habitual. Além disso, ao transitarem por estas faixas abertas, as espécies se expõem aos seus predadores, o que aumenta o risco de predação. Com isto, muitas espécies não conseguem colonizar os fragmentos mais distantes, que acarreta na redução gradativa das populações destes fragmentos mais isolados, podendo até serem extintas completamente.

Atualmente, a estratégia conservacionista utilizada para remediar os problemas causados pela fragmentação e isolamento de ambientes é a criação de corredores ecológicos. Os corredores são verdadeiras “pontes” que ligam dois ou mais fragmentos e facilitam a dispersão de animais e plantas, de modo especial àquelas espécies que demandam extensas áreas para a sua sobrevivência, ou ainda ajudar a preservar animais que são obrigados a migrar sazonalmente para uma série de diferentes habitats à procura de alimento. Quanto menor a distância entre fragmentos florestais, maior é a possibilidade de criação de corredores (Hass, 1995; Primack & Rodrigues, 2001).

6. Forma dos Fragmentos de Mata Atlântica de Sergipe

A forma dos fragmentos de uma área anteriormente coberta por matas mais contínuas pode variar não só no tamanho, mas também na forma, dependendo do tipo de ação a que foi submetido o habitat. Um índice que fornece indicações sobre a forma é o de circularidade, que avalia o recorte da borda. Quanto menos recortado mais circular é o fragmento, forma avaliada através da relação entre a área do fragmento e a área do círculo de mesmo perímetro (Christofolletti, 1974). Para bacias hidrográficas, quanto maior o índice de circularidade, maior o perigo de enchentes, pois haverá concentração de água no tributário principal (Rocha, 1991). Quanto mais próximo de 1,0 maior a forma arredondada, de acordo com este índice.

É dito também que quanto mais arredondada for a margem do fragmento, menor o efeito de borda. Este efeito pode ser definido como sendo aquele exercido por comunidades adjacentes sobre a estrutura das populações do ecótono, resultando em aumento da variedade de espécies e na densidade populacional (Aciesp, 1997). Neste conceito, quando ambos os sistemas são naturais, é razoável supor que nas bordas de ambos possam ocorrer espécies de um e de outro sistema, aumentando a biodiversidade. Porém, quando um sistema é natural e o outro artificial, pode ocorrer um desarranjo para o lado do sistema natural.

Assim, outra maneira de interpretar o efeito de borda – de acordo com a literatura (Frisom *et al.*, 2006) – é olhando para a influência que o exterior pode exercer para o centro do fragmento, porque nos pedaços de mata mais circulares o centro do fragmento

está mais distante das bordas, portanto mais protegido das influências externas. Fragmentos com as bordas irregulares têm mais borda e serão susceptíveis às perturbações antrópicas (MMA, 2003; Ranta *et al.*, 1998).

Os índices de circularidade dos fragmentos de mata de Sergipe variaram entre 0,006 a 1,28 (Tabelas 5-6, Figura 25). Na maioria dos fragmentos sergipanos de mata atlântica os índices de circularidade foram baixos, em torno de 0,006 - 0,31, indicando que estes fragmentos não têm as bordas muito arredondadas. É de valia também acrescentar que nesta categoria estão os fragmentos cujos tamanhos variam entre 17,12 - 128 ha, que são justamente os fragmentos menores. Os fragmentos maiores, cujos tamanhos variam em torno de 350 - 460 ha, têm as bordas mais arredondadas. Com relação ao grupamento, de Aracaju para o sul do estado estão os fragmentos maiores e com as bordas mais arredondadas (Tabelas 1-2 p. 45). Seria muito interessante se tivéssemos informações sobre a biodiversidade da mata atlântica de Sergipe, de forma que pudéssemos comparar a diversidade entre fragmentos de tamanhos próximos e índices de borda diferentes, para podermos fazer várias inferências sobre a preservação de habitats na região de Sergipe.

Tabela 5. Classes dos índices de circularidade dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe (intervalo de classe = 0,31).

Categoria	Amplitude
I	0,06 – 0,31
II	0,32 – 0,62
III	0,63 – 0,93
IV	0,94 – 1,28

Tabela 6. Distribuição de frequências das categorias dos índices de circularidade dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe.

Categorias	SLuzia- Estância	Aracaju- SCristóvão- Itabaiana	Rosario do Catete	Japaratuba	Pacatuba- Japoatã
I	19	22	27	29	26
II	9	5	3	0	4
III	2	3	0	0	0
IV	0	0	0	1	0

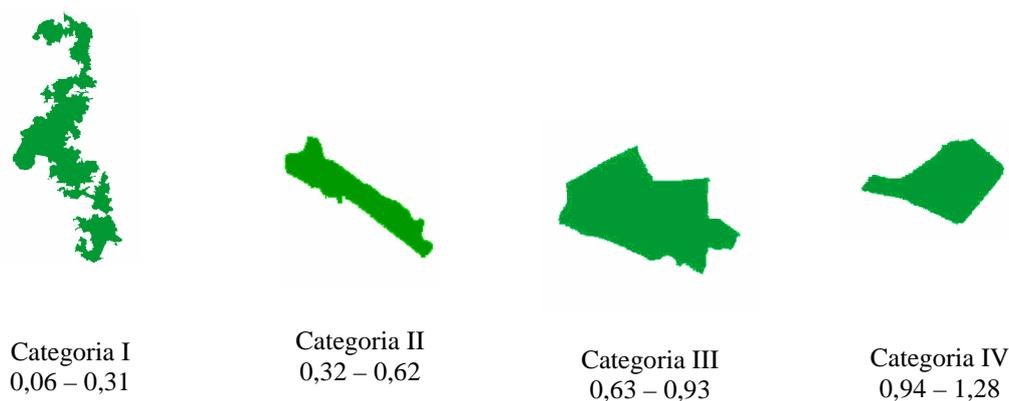


Figura 25. Forma dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe de acordo com os índices de circularidade. A forma arredondada da borda aumenta da esquerda para a direita, com valores mais próximos de 1,0.

7. Fisionomia de um fragmento de mata atlântica de Sergipe

As informações sobre as formas e demais características dos fragmentos de mata atlântica da região de Sergipe só ficariam completas se houvesse também alguma informação sobre a fisionomia destes fragmentos. Isto é essencial para podermos fazer inferências para preservação, porque os vários tipos de mata são susceptíveis a ações antrópicas em graus variados (Lima, 1989). Os caracteres utilizados para descrever o fragmento foram: estrato superior da vegetação, sub-bosque, folhiço, altura das árvores, circunferência à altura do peito, presença de plantas jovens, entrada de luz e espécies mais comuns.

As espécies vegetais mais comuns foram identificadas no campo por morador da região, que acompanhou os trabalhos na área. Ao nome comum foi associado o nome científico, portanto as identificações são passíveis de erros (mas ver Governo de Sergipe, 1976). O fragmento escolhido para descrição foi na região de Capela (10°30'S, 37°03'W), num local chamado de mata do Junco, que é uma Unidade de Conservação da categoria Refúgio de Vida Silvestre. O desenho esquemático da fisionomia deste fragmento pode ser observado na Figura 26.

i) Estrato superior e entrada de luz

O conjunto de copas das árvores deste fragmento é bem aberto, as copas são pouco encorpadas e pouco se tocam entre uma árvore e outra. A impressão que se tem é que estas copas são de árvores cujo conjunto compõe uma mata secundária, rodeada por capoeiras antigas, conforme podemos perceber pelos grupamentos de arvoretas em vários estágios de crescimento e a forte presença das embaúbas (*Cecropia* sp). Este dossel aberto permite que penetre na mata bastante luz, a qual chega no solo sem ser barrada pelo sub-bosque, que é ralo. Desse modo aparecem manchas de sol por toda a mata, formando um mosaico luminoso no chão.

ii) Sub-bosque

As arvoretas que estão no estrato imediatamente abaixo do estrato superior compõem o sub-bosque. Nas matas mais estruturadas, o sub-bosque pode ser bem percebido porque os elementos que o compõe têm as mesmas aparências, quais sejam, porte esguio, poucos ramos, copa pouco desenvolvida e tamanhos não muito diferentes. Este conjunto, quando está completo, forma uma unidade bem diferenciada na mata. No fragmento da mata do Junco isto não ocorre, as arvoretas do estrato imediatamente abaixo do estrato superior são esparsas e não chegam a formar um conjunto.

iii) Altura e circunferência das árvores e arvoretas

As árvores deste fragmento alcançam até cerca 20 metros, e as emergentes são bem poucas, pouco se diferenciando das demais do estrato superior. No estrato mais abaixo do superior, o sub-bosque, as arvoretas chegam até cerca de 10 metros de altura. Nas árvores mais altas deste conjunto, os indivíduos chegam a ter até 60 cm de circunferência, raras chegam a ter até 1 metro de circunferência. Nas arvoretas do sub-bosque os indivíduos têm cerca de 10-15 cm de circunferência, muitos têm até menos do que essa medida.

iv) Plantas jovens

Não há plantas jovens na área, fato que causou surpresa, porque em qualquer área, por mais perturbada que esteja, há sempre a presença de plantas que conseguem germinar e vão compor o estrato imediatamente abaixo do sub-bosque ou mais próximo do chão. Nada disso foi observado na área onde o transecto foi realizado. É bem possível que encontremos estas plantas jovens e plântulas em outros locais desta mata, se andarmos por

áreas menos perturbadas ou em terrenos mais planos (o transecto foi realizado numa baixada) ou nas áreas mais sobre influência do rio Lagartixo, que abastece a cidade de Capela.

v) Folhiço

A cobertura de folhas do chão é bem rala, não chega a 5 cm em várias partes. As folhas são pequenas e na estação em que o transecto foi realizado, final da chuva, o folhiço já estava seco. Em algumas áreas há maior acúmulo de folhiço, devido a depressões do terreno, mas estas são pouco frequentes.

vi) Espécies de plantas

As espécies que são mais comuns neste fragmento de mata de Capela são: amescla (*Protium* sp, família Burseraceae), ingá caixão (*Inga fagifolia*, família Mimosaceae), pau pombo (*Sclerolobium paniculatum*, Anacardiaceae), biriba (*Eschweilera ovata*, família Lecythidaceae), figueira (*Ficus carica*, Moraceae), guabiroba (família Mirtaceae), maçaranduba (*Pouteria* sp, família Sapotaceae) e murici (*Byrsonima* sp, família Malpighiaceae), pé de galinha (*Didymopanax morototoni*, família Araliaceae), arazá de porco (*Psidium longipetiolatum*, família Myrtaceae), bom nome (*Maytenus obtusifolia*, família Celastraceae).

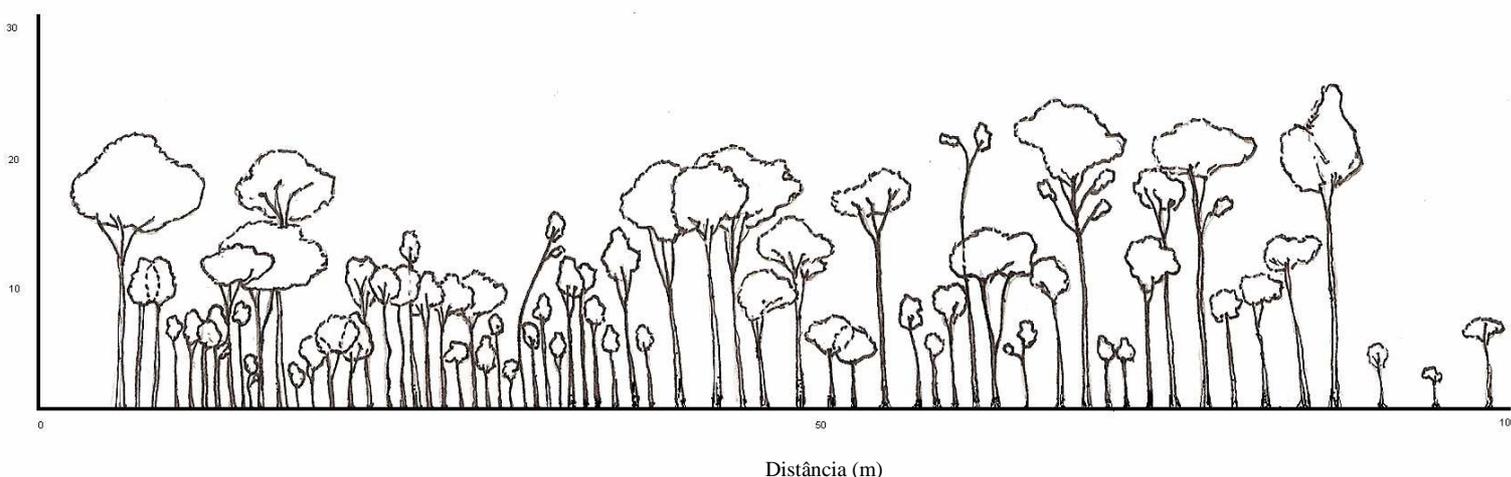


Figura 26. Perfil esquemático da vegetação de um fragmento de mata situado no grupamento Japarutuba, região de Capela, mata do Junco.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

1. A utilização das geotecnologias foi satisfatória na obtenção dos dados a respeito da morfologia dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe. As ferramentas de sensoriamento remoto permitiram o mapeamento de um total de 403 fragmentos que perfazem juntos 36.000 ha de área florestada, o que representa 8% da cobertura florestada desta área geográfica ocupada pela mata atlântica.

2. Os fragmentos de mata atlântica se distribuem de forma agrupada. Foram reconhecidos cinco grupamentos, denominados de acordo com a localização: i) Santa Luzia do Itanhy-Estância, ii) Aracaju-São Cristóvão-Itabaiana, iii) Rosário do Catete, iv) Japaratuba, v) Pacatuba-Japoatã.

3. A maioria dos fragmentos tem cerca de 17 - 70 hectares de área. Os grupamentos situados entre os municípios de Aracaju e Santa Luzia do Itanhy estão entre os maiores. Os menores fragmentos estão situados no grupamento Japaratuba, situado na região nordeste do estado.

4. A conectividade variou de 2 a 19 km entre os grupamentos e entre os fragmentos as distâncias médias ficaram ao redor de 1 km. Os fragmentos que apresentam maior conectividade entre si estão situados no grupamento Santa Luzia do Itanhy/Estância. O caso mais extremo foi verificado no grupamento de Pacatuba-Japoatã, porque os fragmentos estão separados por uma distância média de quase 2 km, a menor conectividade dentre os grupamentos.

6. Quanto a forma, os resultados indicaram que a maioria dos fragmentos de mata atlântica sergipanos não têm as bordas muito arredondadas, cujos índices variaram entre 0,006 - 0,31. Então, foi possível concluir que da região do município de Aracaju para o sul do estado estão os fragmentos mais circulares, ou seja, com menor número de bordas.

7. Do ponto de vista da conservação, apesar de bastante depauperados, os fragmentos de mata atlântica de Sergipe guardam ainda condições satisfatórias de formato e conectividade. Estas características foram verificadas principalmente nos fragmentos que

se distribuem na região entre o município de Aracaju e o rio Real, em que foi verificado o maior número de fragmentos de mata atlântica, as maiores médias de tamanho e as menores médias de distâncias entre os fragmentos. Portanto, é uma região prioritária para a preservação.

8. No geral, a cobertura vegetal representada pelos fragmentos de mata atlântica, representa o pouco que resta de paisagem natural no estado de Sergipe. A preservação do patrimônio ali existente demanda uma rápida e urgente implantação e efetivação de estratégias conservacionistas que conciliem a preservação dos ecossistemas naturais e o desenvolvimento regional. Dentre estas estratégias podemos citar a criação de unidades de conservação e a implantação de políticas públicas mais eficientes, que garantam uma maior proteção para as áreas que apresentam maior representatividade de mata atlântica de Sergipe e, conseqüentemente, da biodiversidade local.

9. Associado as estratégias conservacionistas, é importante ressaltar a necessidade de um maior engajamento de organizações governamentais e não governamentais, instituições públicas e privadas em incentivar a realização de estudos mais aprofundados sobre a biodiversidade dos fragmentos de mata atlântica regionais para que seja possível vislumbrar novas discussões e análises, como por exemplo, sobre a implantação de corredores ecológicos, efeitos de borda dos fragmentos florestais e vulnerabilidade destes ecossistemas regionais, dentre outros. O estudo aqui apresentado contribui com o retrato da atual configuração dos fragmentos de mata atlântica. Estas informações representam importantes subsídios à tomada de decisões e à gestão estratégica dos recursos naturais da região.

REFERÊNCIAS

- Ab'Saber, A. N. A evolução geomorfológica. In: *A Baixada Santista: aspectos geográficos (As bases físicas)*. São Paulo. EDUSP, 1965. 1:50-66.
- Ab'Sáber, A. N. *Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil*. Orientação (Dep. Geogr. Univ. São Paulo), 1967. 3:45-48.
- Ab'Saber, A. N. *Os domínios morfo-climáticos na América do Sul. Primeira aproximação*. Geomorfologia, 1977. 52: 1-22.
- Ab'Saber, A. N. *Os Domínios da Natureza no Brasil; potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- Aciesp - Academia de Ciências do Estado de São Paulo. *Glossário de ecologia*. 2.ed. São Paulo: ACIESP, CNPq, FAPESP, Secretaria de Ciência e Tecnologia, 1997. 352p.
- Andrade-Lima, D. de. Preservation of the flora of northeastern Brazil. In: G.T.Prance; T.S.Elias. ed. *Extinction is forever*. The New York Botanical Garden. New York, 1977, p.234-239.
- Batistella, M., Brondizio, E.S. & Moran, E.F. *Análise comparativa fragmentação da paisagem em Rondônia, Amazônia brasileira*, Arquivos Internacionais de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, 2000. 33.
- Batistella, M. et al., *Monitoramento da expansão Agropecuária na Região Oeste da Bahia*. Campinas: Embrapa monitoramento por satélite, 2002. (no prelo).
- Batistella, M. & Moran, E. F. *Um Heterogenidade das Mudanças de Uso e Cobertura das Terras na Amazônia: Em busca de um Mapa da Estrada de Dimensões Humanas da Biosfera-Atmosfera na Amazônia* (Costa, WM, Becker, BK & Alves, DS, eds), pp. 65-80, Edusp - Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo / SP, 2007.

- Braga, R. História da Comissão Científica de Exploração. Imprensa Universitária do Ceará., 411 pp., [3] + 39 ests., Fortaleza, 1962.
- Brasil/MI. *Projeto Radambrasil*, v. 31, 1987.
- Brasil/MME/Radambrasil. *Folhas SC. 24/25 Aracaju/Recife*. Rio de Janeiro: DIPUB/RADAMBRASIL, 1983. p. 347-443 (Série: LRN. V. 30).
- Brasil. *Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma caatinga*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2000.
- Brasil. Decreto de 15 de junho de 2005: Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil. *Diário Oficial da União*, 2006, Seção 1, 114:9-11.
- Bicca-Marques, J. C., Silva, V. M. e Gomes, D. F. Ordem Primates. Em: *Mamíferos do Brasil*, Reis, N. R., Peracchi, A. L., Pedro, W. A., Lima, I. P. (eds.), 2006. 437 p. Londrina-PR.
- Bierregaard, R. O. Jr.; Lovejoy, T. E., Kapos, V.; Santos, A.A.; Hutchings, R.W. *The biological Dynamics of Tropical Forest Fragments*. Bioscience, 1992. 42(11): 859-66.
- Carvalho, C. M. & Vilar, J. C. Levantamento da Biota do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe. *Publicações Avulsas do Centro Acadêmico Livre de Biologia*, Universidade Federal de Sergipe. 2005. pp.9-14.
- Carvalho, T. M. *Métodos de sensoriamento remoto aplicados à geomorfologia*. Revista Geográfica Acadêmica, volume 1, n.1, pg.44-54. 2007.
- Carvalho, T. M.; Bayer, M. *Utilização dos produtos da "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás*. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2008. 9:35-41

- Christofoletti, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, Ed da Universidade de São Paulo, 1974.
- Coimbra Filho, A. F.; Câmara, I. B. de G. *Os limites originais do Bioma Mata Atlântica na Região Nordeste do Brasil*. São Paulo: Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, 1996. 86p.
- Conservation International do Brasil. Hotspots revisitados – As regiões biologicamente mais ricas e ameaçadas do planeta. Belo Horizonte: Disponível em: <www.conservation.org.br/publicacoes/files/H.2005>.
- Coutinho, L. M. *O conceito de bioma*. Acta bot. bras. 2006. 20(1):13-23.
- Crosta, A. P. *Processamento Digital de Imagens SR*. IG Unicamp Ed Ver. Campinas SP. 1992. 170 p.
- Dias júnior, W. U.; Bastos Júnior, E. M.; Santana, Júlia Maria de. Gestão da Geoinformação: Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados e Aplicações WebGis para o Turismo em Aracaju-SE. In: *Anais do Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto*, Aracaju, 2006.
- Dinnerstein, E., Olson, D. M., Grahan, D. J. *et al.* *Aconservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin america and the Caribbean*. Washington: WWF; The World Bank, 1995. 129p.
- Eiten, G. *Natural brazilian vegetation types and their causes*. An. An. Acad, brasil. 1992. Ci., 64 (Supl. 1): 35-65
- Ferrari, S. F. Parque Nacional Serra de Itabaiana: O Futuro, Sergipe. *Publicações Avulsas do Centro Acadêmico Livre de Biologia*, Universidade Federal de Sergipe. 2005. pp. 121-131.

- Florenzano, T. G. *Imagens de satélite para estudos ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- Fonseca, L. M. G.; Prasad, G. S. S. D.; Mascarenhas, N. D. A. *Combined interpolation restoration of landsat imagens through fir filter desing techniques*. *International Journal Remote Sensing*. v.14, n. 13, p. 2547-2561, 1993.
- Franco, E. *Biogeografia do Estado de Sergipe*. Secretaria de Estado da Educação - Subsecretaria da Cultura de Arte, Sergipe. 1983. 136p.
- Frisom, S.; Paranhos Filho, A. C.; Corrêa, L. C.; Cavazzana, G. H. Uso de sensoriamento remoto na análise de efeito de borda de fragmentos naturais (capões) da fazenda São Bento, Pantanal sul, sub-regiões do Miranda e Abobral. In: *Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, 1. (Geopantanal), 2006, Campo Grande. Anais... Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2006. p. 333-340. CD-ROM. ISBN 85-17-00029-3. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2006/12.12.15.46>>. Acesso em: 06 abr. 2009.
- Fundação SOS Mata atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica*. Período de 2000-2005. Disponível em: <http://mapas.znc.com.br/sos_atlas_2006/downloads/ATLAS-QUANTI2005-SC.pdf>. Acesso em: 12 de dezembro de 2007.
- Gascon, C., B. Williamson & G. A. B. Fonseca. *Receding forest edges and vanishing reserves*. *Science*. 2000. 288: 1356-1358.
- Gascon, C.; Laurance, W. F. & Lovejoy, T. E. Fragmentação florestal e biodiversidade na Amazônia central. IN: *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais*, Garay, I & Dias, B. (eds.), Editora Vozes, 2001. p:174-189.

- Geist, H. J. The IGBP-IHDP Joint Core Project on Land-Use and Land-Cover Change (LUCC). In Badran, A., et al. (eds). The encyclopedia of life support systems Vol. 5: Global sustainable development - Land use and Land cover. Oxford, UK: UNESCO-EOLSS Publishers. 2002.
- Gomes, J. C. *Fotointerpretação I*. Guaratinguetá: Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica, 2001.
- Governo de Sergipe. *Zoneamento ecológico – florestal do Estado de Sergipe*. Ministério do Interior, Sudene – Conselho de Desenvolvimento de Sergipe, Aracaju. 1976. 107p. + 16 mapas.
- Governo de Sergipe. *Atlas de Sergipe*. Universidade Federal de Sergipe – Secretaria do Planejamento, Aracaju. 1979.
- Haas, C. A. Dispersal and use of corridors by birds in wooded patches on na agricultural landscape. *Conservation Biology*, 1995. 9: 845-854.
- Haffer, J. *Speciation in Amazonian forest birds*. *Science*. 1969. 165: 131-137.
- Harley, R. M. & Simmons, N. A.. *Florula of Mucugê, Chapada Diamantina, Brazil*. London, Royal Botanic Gardens Kew, 1986. 227p.
- Jensen, J. R. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. 2.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 316p.
- Keitt, T. H., Urban, D. L., and Milne, B. T. *Detecting critical scales in fragmented landscapes*. *Conservation Ecology* [online]1(1): 4. Available from the Internet. URL: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art4/>.1997.

- Lambin, E. F., Baulies, X., Bockstael, N., Fischer, G., Krug, T., Leemans, R., Moran, E. F., Rindfuss, R. R., Sato, Y., Skole, D., Turner, B. L. II, Vogel, C. *Land-use and land-cover change (LUCC):Implementation strategy*. IGBP Report No. 48, IHDP Report No. 10, Stockholm, Bonn. 1999.
- Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W. *Remote sensing and image interpretation*. New York: John Wiley & Sons, 1994. 750 p.
- Lima, W.P. Função hidrológica da mata ciliar. In: *Simpósio sobre Mata Ciliar*, 1989, Campinas. Anais. Fundação Cargill, 1989. p.25-42.
- Lima, A. S.; Santana, L. B.; Fontes, A. L.; Almeida, J. A. P. *Cartografia Digital como subsídio ao planejamento ambiental da sub-bacia do rio Cotinguiba (SE)*; Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (GeoNordeste): ANAIS/RESUMOS, 1, ISBN: Português, Vários. 2006.
- Lorena, R. B.; Santos, J. R.; Shimabukuro, Y. E.; Brown, I. F.; Kux, H. J. H. A change vector analysis technique to monitor of landuse/land cover in SW Brazilian Amazon, Acre State. In: *PECORA 15 - Integrating Remote Sensing at the Global, Regional and Local Scale*. Denver, Colorado/USA, Nov., 8-15. Proceedings... [CDROM]. 2002.
- Lovejoy, T. E.; Bierregaard Junior, R. O.; Rylands, A. B. et al. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In: SOULÉ, M.E., ed. *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sunderland: Sinauer Associates, 1986. p.257-285.
- MacArthur, R. H.; Wilson, E. O. *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton University, 1967. 203p.
- Mantovani, W. A degradação dos biomas brasileiros. In: W.C. Ribeiro (ed.). *Patrimônio ambiental brasileiro*. pp. 367- 439. Editora Universidade de São Paulo, São Paulo. 2003.

- Marini, M. A. & Garcia, F. I. *Conservação de aves no Brasil*. Megadiversidade. 2005. 1 (1): 95-102.
- Mather, P. M. *Computer processing of remotely sensed images: an introduction*. New York: John Wiley & Sons, 1999. 292 p.
- Metzger, J. P. *Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 1999a. v. 71, n. 3-I, p. 445-463.
- Metzger, J. P. *Tree functional group richness and landscape structure in a tropical fragmented landscape in SE Brazil*. Ecological Application. 2000. 10: 1147-1161.
- Metzger, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: Cullen Junior, L., Pádua, C. V. & Rudran, R. *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Curitiba: Ed. UFPR/ Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. p.539-553. 667p.
- Ministério do Meio Ambiente. *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da mata atlântica e campos sulinos*. MMA/SBF, Brasília. 2000.
- Ministério do Meio Ambiente. *Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. Ministério do Meio Ambiente. Brasília –DF. 2003. 508p.
- Mittermeier, R. A., Myers, N., Gil, P. R.; Mittermeier, C. G. *Hotspots: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Mexico City: CEMEX, 1999. 431p.
- Moreira, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicações*. São José dos Campos, Inpe, 2001. 250p.
- Moreira, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 2ed. Viçosa: UFV, 2003.

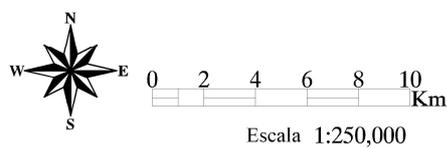
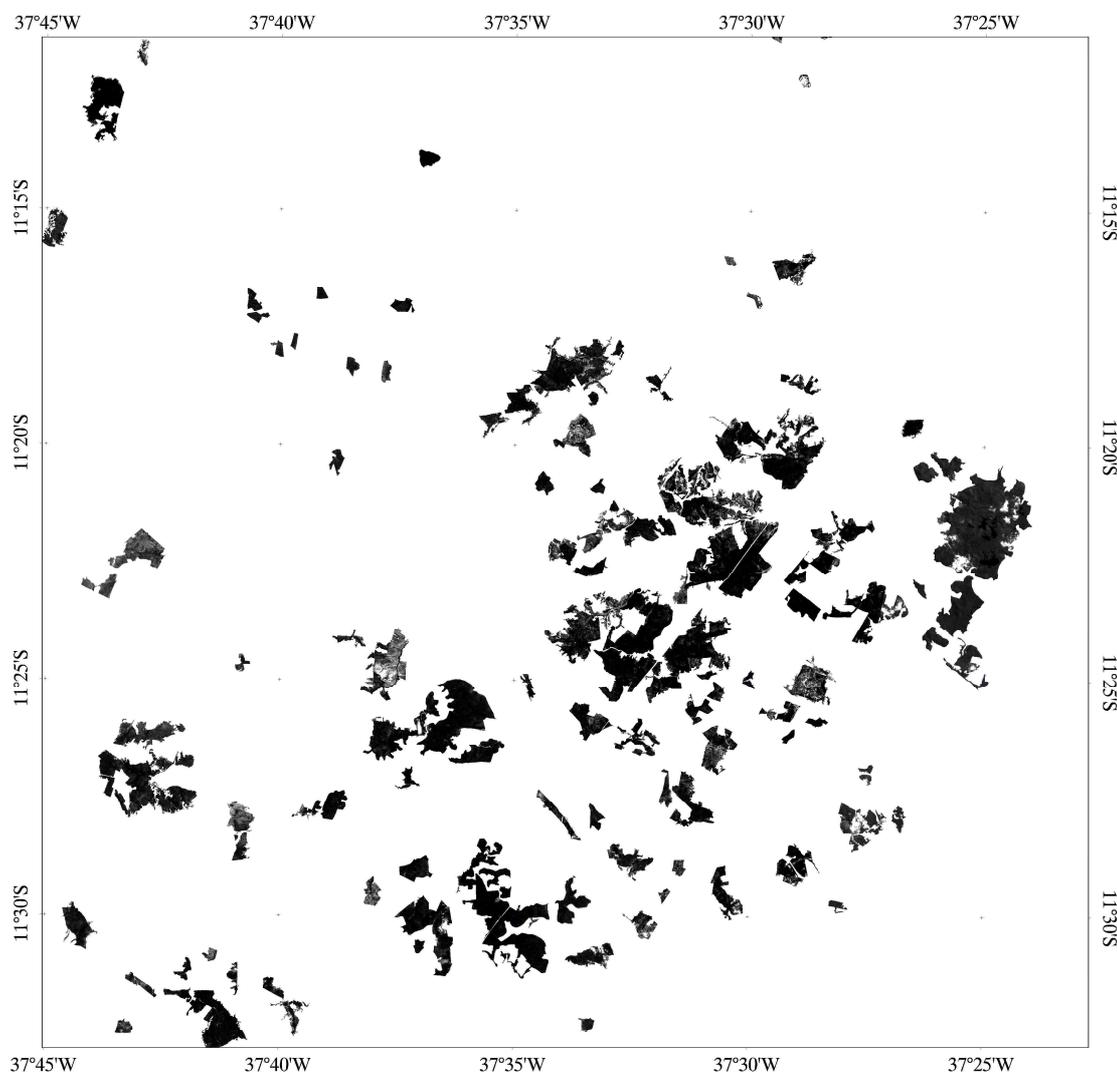
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B. & Kent, J. *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. Nature. 2000. 403: 853-845.
- Nogueira, E. *Uma história brasileira da botânica*. Editora Marco Zero: São Paulo. 2000.
- Novo, E. M. L. de M. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 1992. 308p.
- Oliveira-Filho, A. T. & Fontes, M. A. L. *Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate*. Biotropica. 2000. 32(4b): 793-810.
- Pessenda, L. C. R.; Gouveia, S. E. M.; Aravena, R.; Boulet, R.; Valencia, E. P. E. *Holocene fire and vegetation changes in southeastern Brazil as deduced from fossil charcoal and soil carbon isotopes*. Quaternary International, 2004. 114: 35-43.
- Pianka, E. R. *Evolutionary Ecology*. Harper Collins College Publishers, New York. 1994.
- Primack, R. B.; Rodrigues, E. *Biologia da Conservação*. Londrina: Ed. Planta, 2001. 328p.
- 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. 1998. 7: 385-403.
- Richards, J. A. *Remote sensing digital image analysis*. Berlin, Spring-Verlang, 1993. 340p.
- Rizzini, C. T. *Análise florística das savanas centrais*. Simpósio sobre o Cerrado: 125-177, 8 fotos. Ed. Univ. Sao Paulo. 1963.
- Rocha, J. S. M. *Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas*. Santa Maria: UFSM, 1991. 181p.

- Rosa, R. A atualização de imagens TM/Landsat em levantamento de uso do solo. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 6.*, Manaus, 1990. Anais. São José dos Campos: INPE, 1990. v. 2, p. 419-425.
- Saatchi, S.; Agosti, D.; Alger, K.; Delabie, J.; Musinsky, J. *Examining fragmentation and loss of primary florest in the Southern Bahian Atlantic forest of Brazil with radar imagery*. Conservation Biology 15(4): 867 – 875. 2001.
- Sabins, F. F. *Remote Sensing, principles e interpretation*, W. H. Freeman and company, New York, 1996. 494 pp.
- Sano, E. E.; Watrin, O.S.; Funaki, R.S.; Medeiros, J.S.; Dias, R.W.O. Mapeamento em semidetalhe (1:100.000) da cobertura vegetal e do uso da terra na microrregião de Tomé-Açu e alguns municípios das microrregiões do baixo Tocantins e Guajarina, Estado do Pará, através das imagens do TM-Landsat 5. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 6.*, Manaus, 1990. Anais. São José dos Campos: INPE, 1990. v. 2, p. 279-286.
- Santana, L. B.; Almeida, J. A. P. *Interferometria (SRTM) e geomorfologia no Estado de Sergipe: Aplicações e Perspectivas*; Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (GeoNordeste): 3º Simpósio de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, ISBN: Português, Meio digital. www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgrs2/html/2srgr.html. 2006.
- Santos, J. R.; Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V.; Graça, P. M. A.; Silva, P. G. Linear spectral mixture model as a trool for monitoring deforestation and timber exploitation in the Brazilian Amazon. In: *SPIE-Remote Sensing for Agriculture Ecosystems and Hidrology, 4.*, 2002. Agia Pelagia, Crete, Greece. Proceedings.... Sept., 2002. p. 320-325. [CDROM].
- SEPLANTEC-PRODETUR. *Projeto “Base Cartográfica dos Municípios Litorâneos de Sergipe”*. Fotografias Aéreas. Escala 1:25.000. 2004.

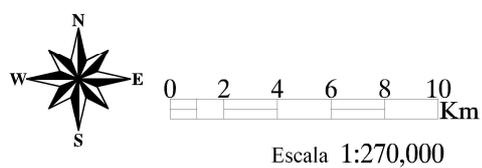
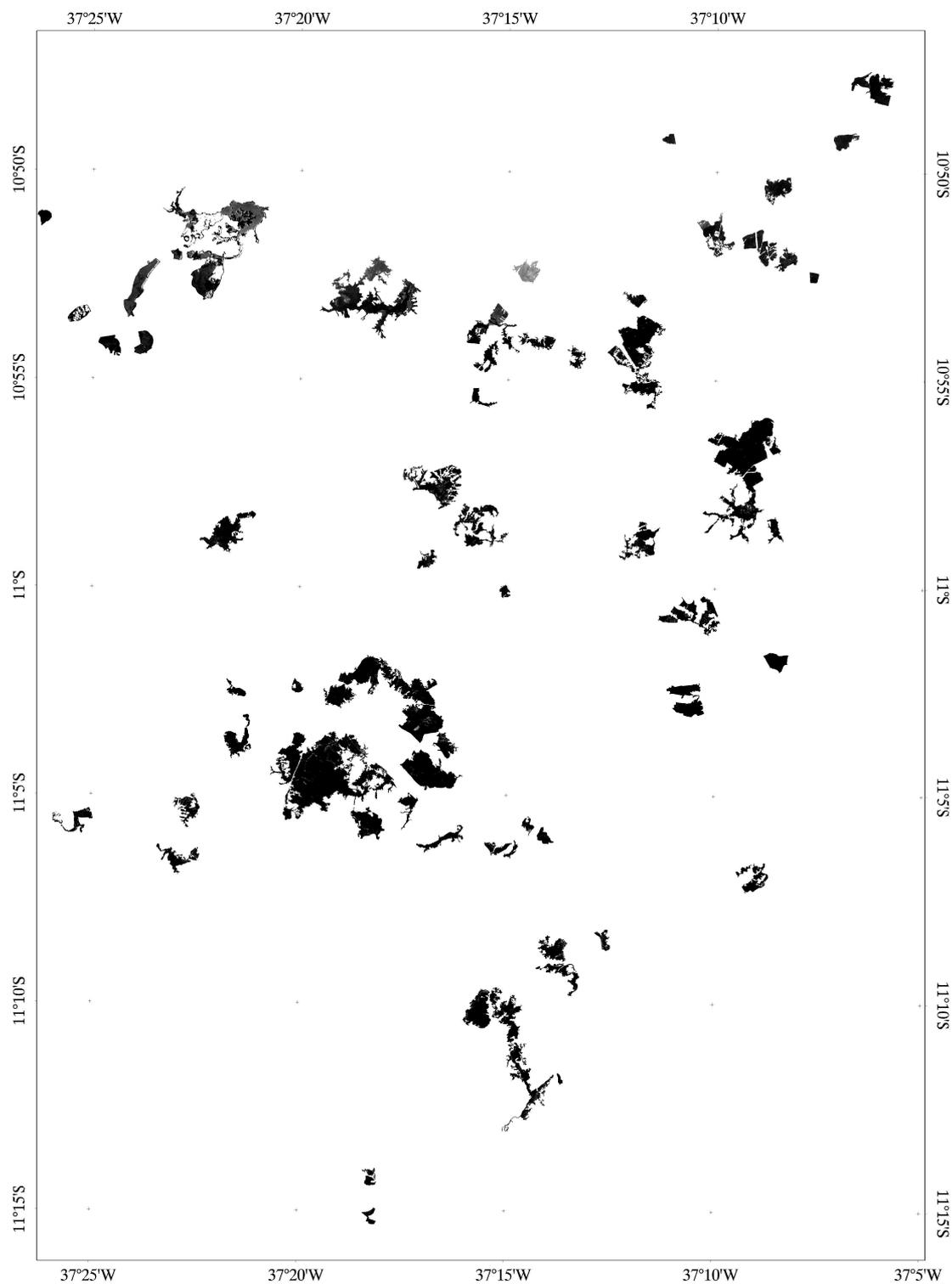
- Silva, J. M. C., M. C. Sousa & C. H. M. Castelletti. *Áreas of endemism for passerine birds in the Atlantic Forest*. *Global Ecology and Biogeography*. 2004. 13: 85-92.
- Silva, J. M. C. e Casteleti, C. H. M. *Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira*. Belo Horizonte : SOS Mata Atlântica / Conservação Internacional. 2005.
- Slater, P. N. *Remot sensing: optics and optical systems*. Reading. MA: Addison Wesley, 1980. 575p.
- Sulsoft, 2000. *ENVI - Guia do ENVI em Português*. Disponível em www.sulsoft.com.br. Acesso em 09 out. 2007.
- Tabarelli, M., Pinto, L. P., Silva, J. M. C., & Costa, C. M. R. Espécies ameaçadas e planejamento da conservação. Em: C. Galindo-Leal e I. G. Câmara, editores. *Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas*. Fundação SOS Mata Atlântica, Conservação Internacional, Belo Horizonte. 2005.
- Turner, M.G.; Gardner, R. H. *Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity*. New York: Springer Verlag, 1990. 536 p.
- Vanzolini, P. E., and Williams, E. E. *South American Anoles: the geographic differentiation and evolution of the Anolis chrysolepis species group (Sauria, Iguanidae)*. *Arq. Zool. S. Paulo*. 1970. 19 (1-2):1-298.
- Vanzolini, P. E. *Paleoclimas e especiação em animais da América do Sul Tropical*. ABEQUA, Publicação Avulsa N ° 1, 1986. 35p.
- Vanzolini, P. E. Distributional patterns of South American lizards. IN: Vanzolini, P. E.; W. R. Heyer (eds.). *Proceedings of a Workshop on Neotropical Distribution Patterns*. Acad. Bras. Ciências, Rio de Janeiro, 1988. pp. 317-342.

- Vicente, A., G. M. M. Araújo, G.P. Lírio & S. C. Santos. Descrição parcial e preliminar dos habitats da Serra de Itabaiana, Sergipe. *Publicações Avulsas do Centro Acadêmico Livre de Biologia*, Universidade Federal de Sergipe. 1997. 1:7-21.
- Vicente, A. *Levantamento florístico de um fragmento florestal na Serra de Itabaiana-Sergipe*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 1999.
- Zar, J. H. *Biostatistical analysis* . 3rd.ed. Prentice Hall, New Jersey 662p + Tabs. 1996.
- Yong, A. G.; Merriam, H. G. *Effects of forest fragmentation on the spatial genetic structure of Acer saccharum Marsh.* (sugar maple) populations. *Heredity*, v.1, p.277-289, 1994.

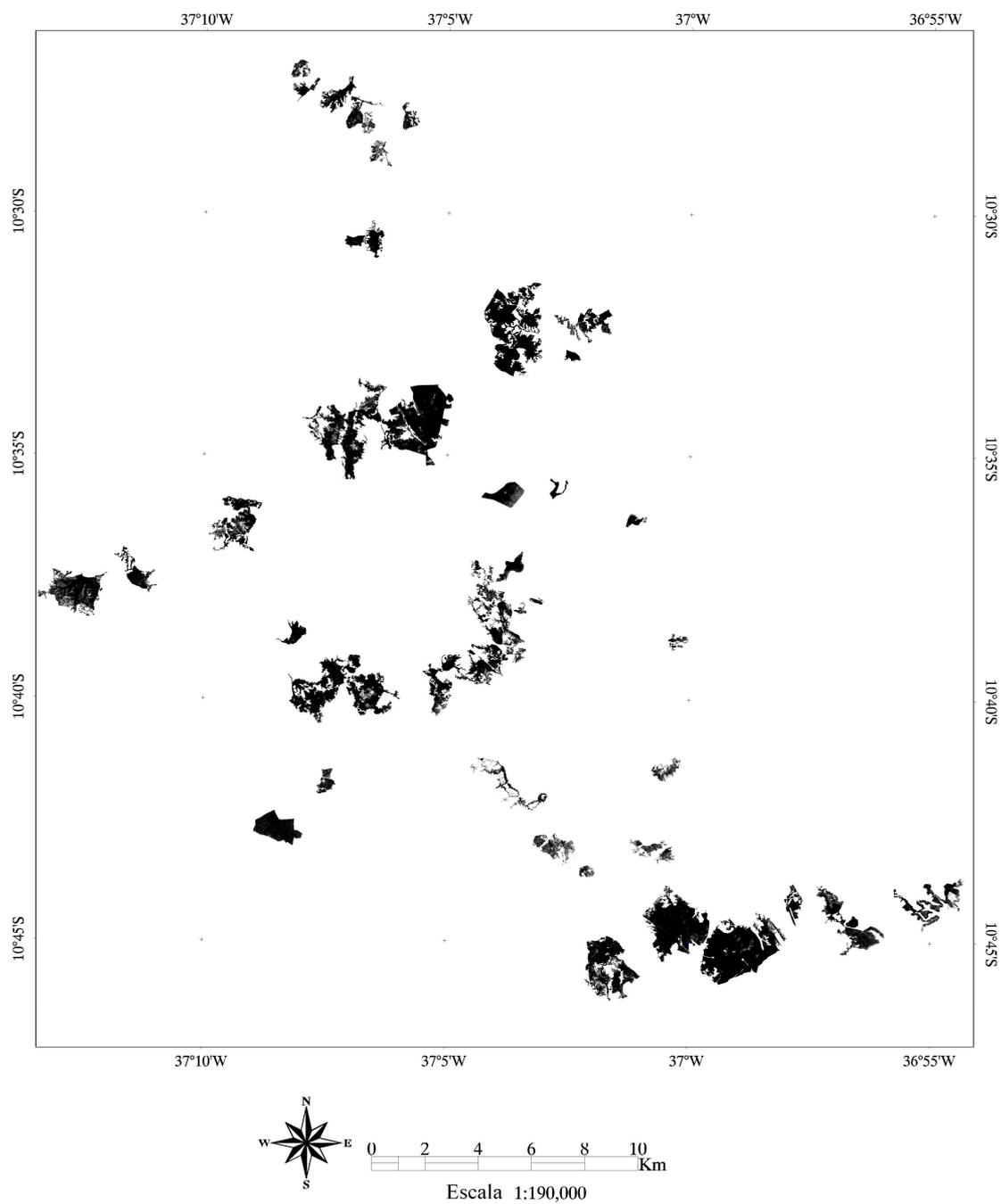
APÊNDICE A



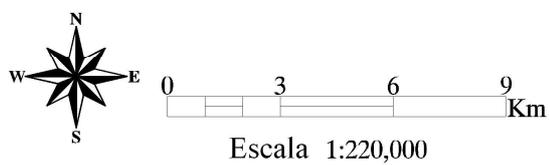
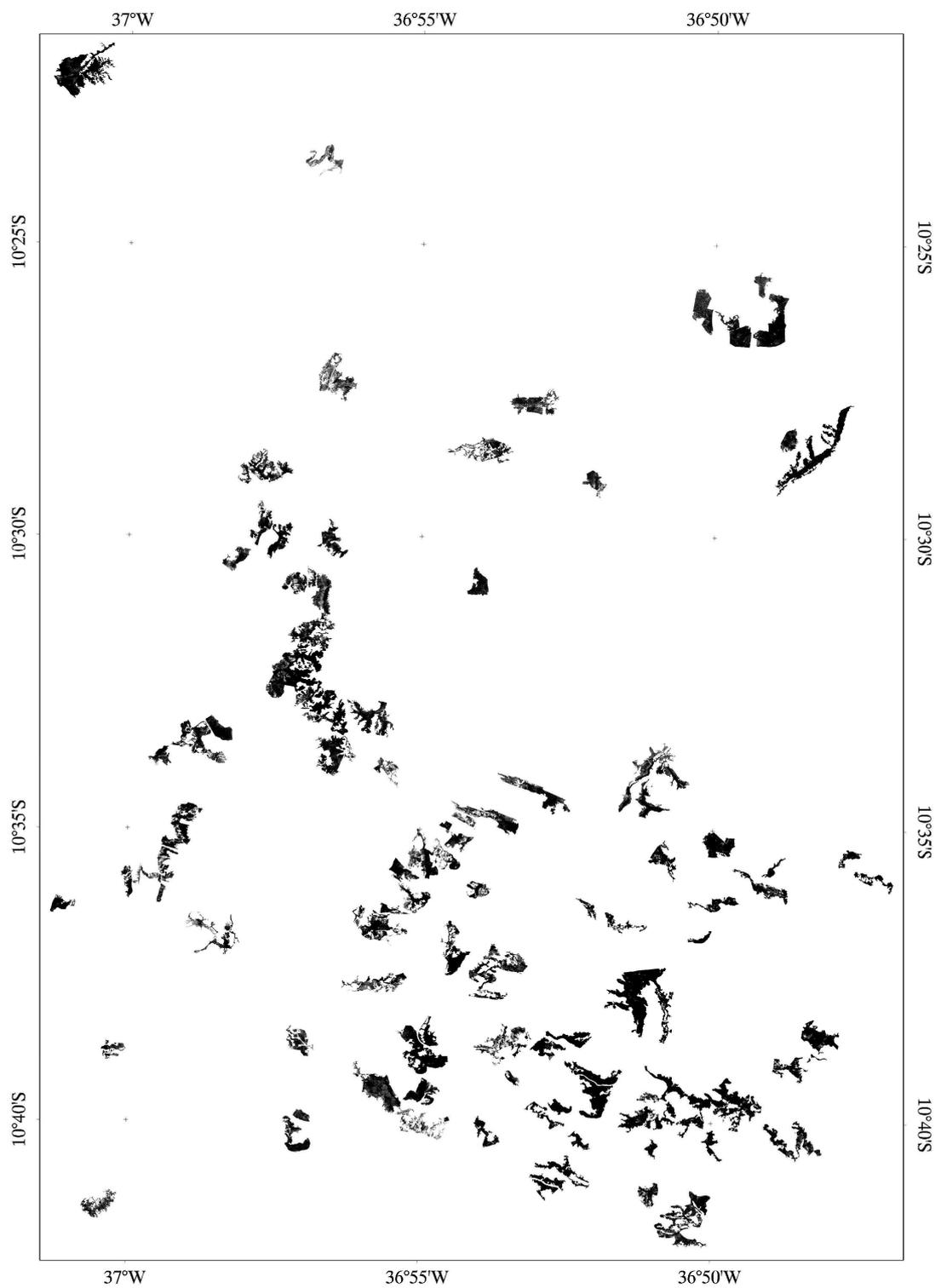
APÊNDICE B



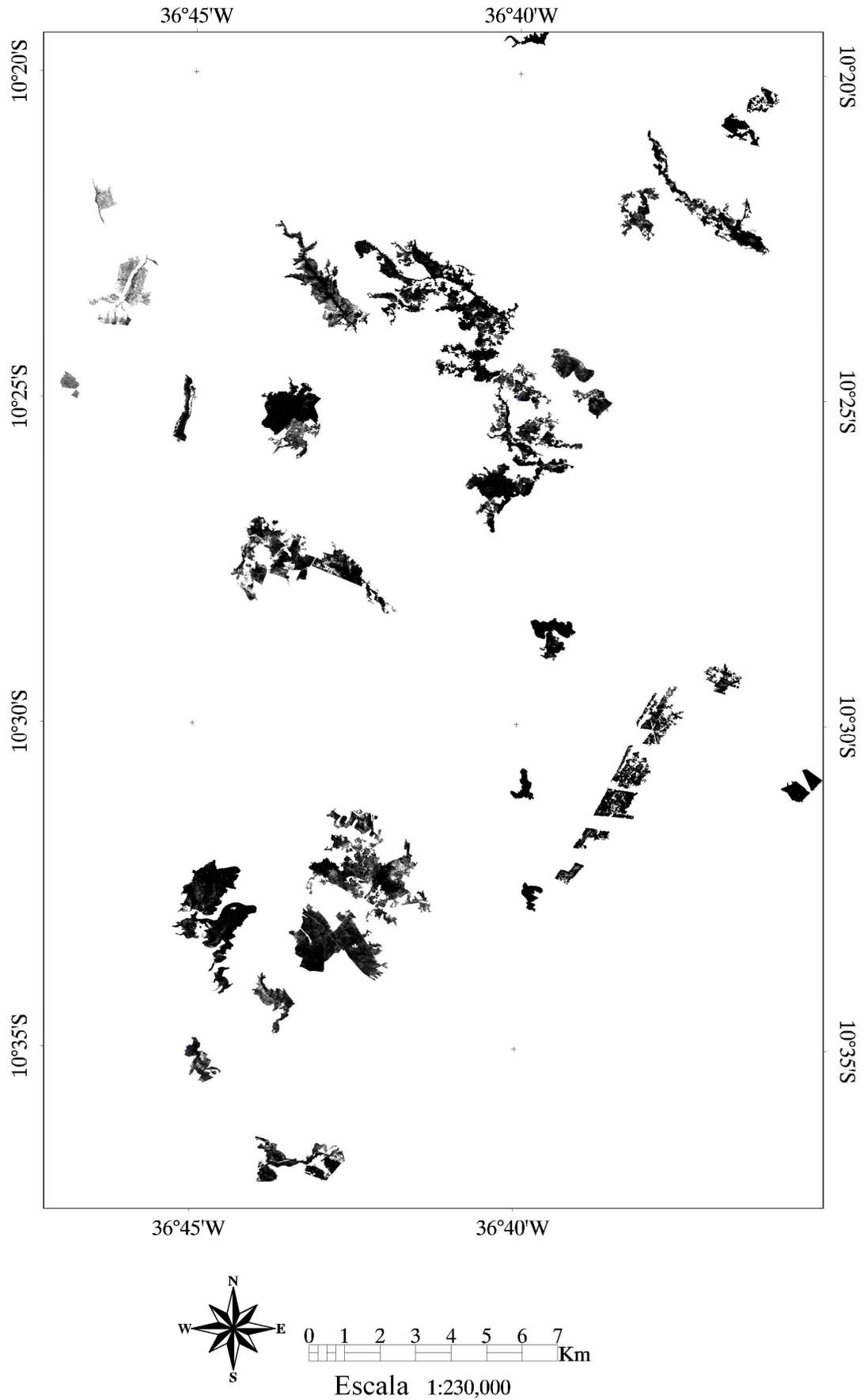
APÊNDICE C



APÊNDICE D



APÊNDICE E



APÊNDICE F

Classes	Grupamento Santa Luzia do Itanh-Estância				Grupamento Aracaju-São Cristóvão-Itabaiana			
	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada
6-146	13	0,43	13	0,43	8	0,26	8	0,26
147-287	5	0,16	18	0,59	3	0,10	11	0,36
288-426	3	0,10	21	0,69	2	0,06	13	0,42
427-566	3	0,10	24	0,79	1	0,03	14	0,45
567-706	2	0,06	26	0,86	5	0,16	19	0,61
707-845	1	0,03	27	0,89	3	0,1	22	0,71
846-985	3	0,10	30	1,0	2	0,06	24	0,77
986-1125	0	0	30	0	0	0	0	0
1126-1264	0	0	30	0	2	0,06	26	0,83
1265-1404	0	0	30	0	1	0,03	27	0,86
1405-1544	0	0	30	0	0	0	0	0
1545-1683	0	0	30	0	0	0	0	0
1684-1823	0	0	30	0	1	0,03	28	0,89
1824-1963	0	0	30	0	0	0	0	0,92
1964-2103	0	0	30	0	0	0	0	0,95
2104-2242	0	0	30	0	1	0,03	29	0,98
2243-2382	0	0	30	0	1	0,03	30	1,0
2383-2522	0	0	30	0	1	0,03	31	0
2523-2661	0	0	30	0	0	0	0	0
2662-2800	0	0	30	0	1	0,03	32	0

(continua)

Classes	Grupamento Rosário do Catete				Grupamento Japeratuba			
	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada
6-146	6	0,20	6	0,20	11	0,36	11	0,36
147-287	2	0,06	8	0,26	3	0,10	14	0,46
288-426	2	0,06	10	0,32	5	0,16	19	0,62
427-566	4	0,13	14	0,45	0	0	0	0
567-706	2	0,06	16	0,51	2	0,06	21	0,68
707-845	2	0,06	18	0,57	1	0,03	22	0,71
846-985	3	0,10	21	0,67	2	0,06	24	0,77
986-1125	1	0,03	22	0,70	1	0,03	25	0,80
1126-1264	2	0,06	24	0,76	0	0	0	0
1265-1404	1	0,03	25	0,86	0	0	0	0
1405-1544	0	0	25	0	0	0	0	0
1545-1683	0	0	25	0	0	0	0	0
1684-1823	0	0	25	0	1	0,03	26	0,83
1824-1963	0	0	25	0	0	0	0	0
1964-2103	1	0,03	26	0,89	0	0	0	0
2104-2242	3	0,10	29	0,99	1	0,03	27	0,86
2243-2382	0	0	29	0	1	0,03	28	0,89
2383-2522	0	0	29	0	1	0,03	29	0,92
2523-2661	1	0,03	30	1,0	0	0	0	0
2662-2800	0	0	30	0	1	0,03	30	0,95

(continua)

Grupamento Pacatuba-Jamutã					
Classes	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada	
6-146	5	0.16	5	0.16	
147-287	5	0.16	10	0.32	
288-426	3	0.10	13	0.42	
427-566	3	0.10	16	0.52	
567-706	2	0.06	18	0.58	
707-845	1	0.03	19	0.61	
846-985	1	0.03	20	0.64	
986-1125	1	0.03	21	0.67	
1126-1264	1	0.03	22	0.70	
1265-1404	0	0.0	22	0	
1405-1544	0	0.0	22	0	
1545-1683	0	0.0	22	0	
1684-1823	0	0.0	22	0	
1824-1963	4	0.13	26	0.83	
1964-2103	0	0.0	26	0	
2104-2242	2	0.06	28	0.89	
2243-2382	0	0.0	28	0	
2383-2522	0	0.0	28	0	
2523-2661	0	0.0	28	0	
2662-2800	2	0.06	30	1.0	