



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

**PAULA MARIA MOURA DE ALMEIDA**

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA ÁREA OCUPADA POR FLORESTAS DE  
MANGUE EM GUARATIBA (RIO DE JANEIRO, RJ) DE 1985 ATÉ 2006 E SUA  
RELAÇÃO COM AS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS**

**RIO DE JANEIRO**

**2010**

Paula Maria Moura

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA ÁREA OCUPADA POR FLORESTAS DE  
MANGUE EM GUARATIBA (RIO DE JANEIRO, RJ) DE 1985 ATÉ 2006 E SUA  
RELAÇÃO COM AS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Geografia, Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à  
obtenção do título de Mestre em Geografia

Orientadora: Carla Bernadete Madureira Cruz

Coorientador: Manoel do Couto Fernandes

Rio de Janeiro

Almeida, Paula Maria Moura.

Análise espaço-temporal da área ocupada por florestas de mangue em Guaratiba (Rio de Janeiro, RJ) de 1985 até 2006 e sua relação com as variações climáticas / Paula Maria Moura. -- 2010.

142 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Geografia) –  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto  
de Geociências , Rio de Janeiro, 2010.

Orientadora: Carla Bernadete Madureira Cruz

1. Floretas de mangue. 2. Sensoriamento Remoto.  
3. Balanço Hídrico  
– Teses.

I. Cruz, Carla Bernadete Madureira (Orient.). II.  
Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto  
de Geociências. III.

Paula Maria Moura

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA ÁREA OCUPADA POR FLORESTAS DE  
MANGUE EM GUARATIBA (RIO DE JANEIRO, RJ) DE 1985 ATÉ 2006 E SUA  
RELAÇÃO COM AS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Geografia, Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à  
obtenção do título de Mestre em Geografia

Aprovada em

\_\_\_\_\_  
(Carla Bernadete Madureira Cruz, Dr., UFRJ)

\_\_\_\_\_  
(Manoel do Couto Fernandes, Dr., UFRJ)

\_\_\_\_\_  
(Mario Luiz Gomes Soares, Dr.,UERJ)

\_\_\_\_\_  
(Filipe de Oliveira Chaves, Dr.,UFES)

\_\_\_\_\_  
(Rafael da Silva Barros, Dr.,UFRJ)

À Glória, Fátima e Jokasta.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, antes de tudo, muito obrigada, por me dar forças e condições para a confecção desse trabalho, por colocar em meu caminho tantas pessoas especiais. Obrigada, pelo encontro com todas as pessoas citadas aqui.

À Carla Madureira, Dudu, obrigada por me “adotar”, pela orientação em todos os momentos, pela paciência com os meus textos confusos e com minhas crises. Você é realmente uma mãezona, para todos nós, se transformou num dos maiores exemplos que tenho, por sua garra, força e bondade.

Ao Mário Luiz Gomes Soares, meu COORIENTADOR, obrigada pela efetiva coorientação, por suas idéias, sugestões, apoio. São mais de 7 anos de trabalho juntos, e sempre me admiro por seu conhecimento sobre tudo, suas observações sempre pertinente. O conhecimento adquirido no NEMA é a razão desse trabalho.

Ao professor Manoel, meu coorientador inesperado, agradeço aqui por aceitar essa “roubada” de última hora. Por confiar no resultado final digno de seu nome como coorientador.

Agradeço também ao CNPq e a FAPERJ, por proporcionarem as condições financeiras necessárias para a dedicação a essa pesquisa.

Agradeço também ao (agora) geógrafo, Kurt Schimd, por sua dedicação e ajuda no georreferenciamento e classificação das imagens, além da imensurável paciência e dedicação suíça. Parte desse trabalho, sem dúvida também é sua.

As pessoas mais importantes da minha vida, as mulheres que são meu orgulho e exemplo, minha vó, minha mãe e minha irmã, Glória, Fátima e Jojoba, vocês são meu porto seguro, sempre. Agradeço imensamente a vocês pelo apoio e orgulho incondicionais, as expectativas muitas vezes temidas por mim, nossa união vai ser eterna.

Ao meu Pai, Paulo, obrigada sempre proporcionar tudo que precisava para chegar até aqui, mesmo não tão presente, você sempre me dá o conselho que preciso no momento oportuno, sempre disposto a me ouvir nos meus momentos de crise. Muito obrigada.

Ao Mauro e a Lyz, os novos, mas já meio velhos, membros dessa família louca. Agradeço por entenderem minha ausência e retiro de portas fechados no quarto, enquanto eu dissertava, dissertava, dissertava. Obrigada pelo carinho e compreensão.

À toda a família Liporage e a família Almeida, por terem orgulho em mim, mesmo muitos não entendendo o que eu faço. E, por aceitarem e entenderem minha ausência por causa da dedicação a dissertação.

À todos do NEMA, do presente e passado, Gustavo, Filipe, Dani Girl, Marciel, Rita, Maíra, Helen, Zé, Brunna, “Tchutchuru” e Talita, valeu pela força e pela paciência nos meses finais. Em especial ao Daniel, por ser um ótimo ouviente, e nunca dizes não a um pedido de socorro.

À todos do Laboratório ESPAÇO, a minha nova família e que nunca mais vou abandonar, Rafão, Rafinha, Otto, Marcello, Chris, Monica, Suzana, Paloma, “Choi”, Vini, Gabriel, Rocky e Julinha, agradeço pelos momentos de descontração e pela ajuda, sempre. Em especial meu muito obrigada ao Valente e Luana. Valente, você tem um papel fundamental nessa história, obrigada por me apresentar essa família. Luana, meu “xuxu”, obrigada pela paciência em me ensinar a usar o Definiens, e principalmente, por se transformar numa das minhas melhores amigas, “The Best”, sempre.

Às “Luluzes”, Lívia B. Lívia M, Sabrina, Nat, Thalita, Perla e Pri muito obrigada pelos momentos de descontração, pelas risadas, pelos encontros mensais, pelas “nights fortes”, por entenderem a ausência e por sempre me ajudarem Chel, Iza e Lívia Santiago, muito obrigada pela amizade de sempre e pela preocupação eterna, aprendo muito com vocês a cada dia. Obrigada pela amizade muito mais que especial, por serem minhas irmãs. Aproveito para agradecer ao Robson, pelas nights de risadas, pela amizade e por ser um “vizinho” tão divertido. Ah! E obrigada por não me tentar muito quando eu dizia que precisava dissertar.

À Yana, Flávia e Letícia, as melhores conquistas da graduação, por acompanharem minha trajetória, e me ajudarem sempre a ser uma pessoa melhor. Aproveito para pedir desculpas pela ausência, tudo vai melhorar.

À Vivi, colega profissional, “Lulu” e amiga, com certeza você foi a “Suma sacerdotisa”, com certeza! Não tenho palavras para dizer o quão sou grata, isso aqui foi fruto da sua ajuda, paciência e genialidade. Nada disso teria sido possível sem você. Nunca terei dito “obrigadas” suficiente.

À Juliana, minha Jujuba, por simplesmente ser a pessoa que é. Por ser meu exemplo de paciência, bondade e simplicidade. Um dia quero ser um terço do que você é. Obrigada pela ajuda em tudo. Sempre! Por ser meu ombro amigo certo, de todas as horas. Nossa amizade vai ser cada dia maior.

Ao Pedro, por ter “me achado” nessa reta final. Por ser imprescindível e insubstituível. Pelo carinho sempre presente, por dizer que ia acabar tudo bem. Pela ajuda na formatação e na bibliografia. Mas, o mais importante, eu agradeço por ser em tão pouco tempo meu maior companheiro, por “cuidar de mim”. Que nossa história seja muito longa, sempre baseada no amor e companheirismo. Nossa busca foi longa, mas o encontro aconteceu!

“Todo homem , por natureza, quer saber.”  
Aristóteles

“A gente tem que levar fé,  
acreditar não sucumbir.”  
Mart´nália

## **RESUMO**

ALMEIDA, Paula Maria Moura. Análise espaço-temporal da área ocupada por florestas de mangue em Guaratiba (Rio de Janeiro, RJ) de 1985 até 2006 e sua relação com as variações climáticas. Rio de Janeiro, 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010

O estudo do meio em que vivemos e de técnicas para realizá-lo tem a atenção de vários cientistas, em parte porque a população percebeu que a manutenção do meio ambiente é decisiva para a qualidade de nosso futuro. O manguezal insere-se nesse tema por ser um dos principais ecossistemas de transição entre o mar e o continente. Por possuir várias funções e apresentar relação intrínseca entre o homem e suas atividades, seu estudo e entendimento são importantíssimos para o gerenciamento e manejo costeiro. A questão central dessa pesquisa é saber se as variações climáticas de escala local (precipitação e disponibilidade hídrica) influenciam na dinâmica de distribuição dos manguezais através da observação de vários momentos num período de 20 anos. Para isso foram mapeadas 7 imagens de satélite para se quantificar a área de mangue além de se analisar a ocorrência da precipitação nesse período e se calcular o balanço hídrico. Ao final da pesquisa, uma forte relação entre a disponibilidade hídrica e a variação da área de manguezal foi encontrada. A hipótese de que os manguezais com influência direta de rios se comportam diferente de florestas sem essa influência foi comprovada, mostrando o quão mais dinâmico são os manguezais da Restinga da Marambaia.

## **ABSTRACT**

The study of the environment and the techniques to do that has the attention of several scientists, in part because people realized that the maintenance of the environment is decisive for the quality of our future. The mangrove is part of that theme as one of the main ecosystems of transition between sea and mainland. Once it have multiple functions and provide intrinsic relationship between man and his activities, its study and understanding are critical to the management and coastal management. The aim of this research is to study if the local scale climate variability (precipitation and water availability) influence the dynamics of distribution of mangroves by observing various times over a period of 20 years. For that were mapped 7 satellite imagery to quantify mangrove area, in addition, had been analyzed the occurrence of precipitation during that period and calculated the water balance. At the end of the study, a strong relationship between water availability and variation of the mangrove's area was found. The hypothesis that the mangroves with a direct influence of rivers behave differently from forests without such influence was demonstrated, showing how much more dynamic are mangroves of Marambaia's Restinga.

## SUMÁRIO

### I – INTRODUÇÃO GERAL

1. <i>INTRODUÇÃO</i>	17
2. <i>OBJETIVO GERAL</i>	20
2.1 <i>Objetivos Específicos</i>	20
3. <i>HIPÓTESE</i>	21
4. <i>CONTEXTO EM QUE SE INSERE A PESQUISA</i>	22

### I I–REVISÃO CONCEITUAL

1. <i>REVISÃO CONCEITUAL</i>	24
1.1. <i>O Ecossistema Manguezal</i>	24
1.1.1 <i>Zonação e Sucessão em florestas de mangue</i>	29
1.1.2 <i>Assinatura Energética</i>	34
1.1.2 <i>Histórico de degradação</i>	35
1.2. <i>Sensoriamento Remoto</i>	37
1.2.1 – <i>Imagens digitais</i>	38
1.2.2 – <i>Correção Geométrica</i>	40
1.2.3 – <i>Classificação de Imagens</i>	42
1.3. <i>Variações Climáticas</i>	44
2. <i>ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO</i>	23

### III – ÁREA DE ESTUDO

1. <i>LOCALIZAÇÃO</i>	47
2. <i>BAIXADA DE SEPETIBA</i>	47
3. <i>OS MANGUEZAIS DE GUARATIBA</i>	49
4. <i>HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO</i>	52

### IV –MONITORAMENTO DAS FLORESTAS DE MANGUE

1. <i>INTRODUÇÃO</i>	55
2. <i>OBJETIVOS</i>	58
3. <i>MATERIAIS E MÉTODOS</i>	58
3.1. <i>Processamento Digital de Imagens (PDI)</i>	61

3.2. Segmentação e Modelagem	64
3.3. Análises Espaciais	65
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>66</b>
4.2. Os manguezais de baía de Sepetiba.	66
4.1.1. Manguezais da Restinga da Marambaia	80
4.2.2. Manguezais da	81
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>83</b>

## **V –VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA DA MARAMBIA**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>85</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>86</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>87</b>
3.1. Precipitação	87
3.1.1. Preenchimento de dados faltantes	87
3.1.2. Análise dos dados	88
3.2. Evapotranspiração	89
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>91</b>
4.1 Precipitação	91
4.2 Balanço Hídrico	98
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>111</b>

## **VI –CORRELAÇÃO DA DINÂMICA DAS FLORESTAS DE MANGUE E A CARACTERIZAÇÃO CLIMÁRICA REGIONAL**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>113</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>114</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>115</b>
3.1. Precipitação	115
3.2. Balanço Hídrico	115
3.3. Análise das imagens de satélite	115
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>116</b>
3.3.2. Na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba	121

## **VI I-CONSIDERAÇÕES FINAIS**

<b>1. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>128</b>
--------------------------------	------------

---

## **VII-BIBLIOGRAFIA**

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Esquema conceitual do comportamento das florestas de mangue em resposta à variabilidade climática. (Fonte: Almeida et al, em preparação).</i>	21
<i>Figura 2 - Correntes Oceânicas no Cretáceo. (Fonte: <a href="http://www.glaucus.org.uk">www.glaucus.org.uk</a>).</i>	25
<i>Figura 3 - Riqueza de espécies de mangue ao longo dos oceanos . (Fonte: Glossário de Ecologia, 1987).</i>	26
<i>Figura 4 - Floresta monoespecífica de <i>Rhizophora mangle</i>.(Fonte: arquivo NEMA/UERJ).</i>	27
<i>Figura 5 - Floresta monoespecífica de <i>Avicennia schaueriana</i>.(Fonte: arquivo NEMA/UERJ).</i>	28
<i>Figura 6 - Floresta monoespecífica de <i>Laguncularia racemosa</i> (Fonte: arquivo NEMA/UERJ).</i>	28
<i>Figura 7 - Esquema da assinatura energética de manguezais.</i>	35
<i>Figura 8 - Planta da cidade de São Sebastião (atual cidade do Rio de Janeiro) de 1817. (Fonte: Menezes, 2009), em evidência os Manguezais de São Diogo.</i>	36
<i>Figura 9 - Planta da cidade do Rio de Janeiro de 1915. (Fonte: Menezes, arquivo pessoal), em evidência a área antes ocupada por manguezais.</i>	37
<i>Figura 10 - Localização da área de manguezais em Guaratiba, litoral do Rio de Janeiro, Brasil, as margens da baía de Sepetiba, delimitada de branco a Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba.</i>	47
<i>Figura 11 - Foto de um dos apicuns da região de Guaratiba, ao fundo a floresta de mangue. (Fonte: Arquivo NEMA).</i>	50
<i>Figura 12 - Figura indicando o bairro de Recreio de Guaratiba, publicada no jornal O GLOBO.</i>	54
<i>Figura 13 - Gráfico de precipitação acumulada anual da estação meteorológica de Guaratiba.</i>	59
<i>Figura 14 - Fluxograma descrevendo as etapas de análise das imagens.</i>	61
<i>Figura 15 - Ilustração da avaliação de uso das imagens do geocover com rotas e pontos adquiridos em campo, na porção noroeste da área de estudo.</i>	62
<i>Figura 16 - Ilustração da avaliação de uso das imagens do geocover com rotas e pontos adquiridos em campo, na porção leste da área de estudo.</i>	63
<i>Figura 17 - Ilustração da avaliação de uso das imagens do geocover com rotas e pontos adquiridos em campo, na porção sudeste da área de estudo.</i>	63
<i>Figura 18 - Classe hierárquica utilizada na classificação.</i>	64
<i>Figura 19 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 1985 (composição RGB 342).</i>	66
<i>Figura 20 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 1988 (composição RGB 342). Figura 21 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 1991 (composição RGB 342).</i>	67
<i>Figura 22 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 1994 (composição RGB 342).</i>	68
<i>Figura 23 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 1997 (composição RGB 342).</i>	68
<i>Figura 24 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 2000 (composição RGB 342).</i>	69
<i>Figura 25 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 2003 (composição RGB 342).</i>	69
<i>Figura 26 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 2006 (composição RGB 342).</i>	70
<i>Figura 27 - Evolução da área (em km<sup>2</sup>) de cada classe, ao longo do tempo na região da Baixada de Guaratiba e Restinga da Marambaia.</i>	72
<i>Figura 28 - Áreas de mangue a apicum, em Km<sup>2</sup>, durante o monitoramento.</i>	73
<i>Figura 29 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 1985 e 1988.</i>	76
<i>Figura 30 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 1988 e 1991.</i>	76
<i>Figura 31 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 1991 e 1994.</i>	77
<i>Figura 32 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 1994 e 1997.</i>	77

<i>Figura 33 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 1997 a 2000.</i>	78
<i>Figura 34 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 2000 a 2003.</i>	78
<i>Figura 35 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 2003 a 2006.</i>	79
<i>Figura 36 - Estação Meteorológica da Marambaia.</i>	87
<i>Figura 37 - Precipitações mensais da estação da Marambaia (entre 1985 e 2003) distribuída por frequência entre as classes (em mm).</i>	93
<i>Figura 38 - Valores de acumuladas anuais da estação da Marambaia (entre 1984 e 2006), as setas representam as tendências dos períodos de aumento e diminuição da precipitação.</i>	94
<i>Figura 39 - Valores de médias mensais de precipitação no período de 1985 à 2006 .</i>	96
<i>Figura 40 - Valores mensais de precipitação (em mm) de cada ano da série histórica.</i>	98
<i>Figura 41- Balanço Hídrico Climatológico Sequencial de Guaratiba, apresentando os excedentes(em azul) e deficiências (em vermelho) hídricas (em mm).</i>	108
<i>Figura 42 - Balanço Hídrico Climatológico Sequencial de Guaratiba, apresentando o a quantidade de água armazenada no solo.</i>	109
<i>Figura 43 - Balanço Hídrico Climatológico Sequencial de Guaratiba, apresentando os excedentes, deficiências hídricas, quantidade de água retirada ou armazenada (em mm) .</i>	110
<i>Figura 44 - Balanço Hídrico da estação do Rio de Janeiro.</i>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<i>Figura 45 - Balanço Hídrico da estação da Ilha Guaíba.</i>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<i>Figura 46 - Frequencia de precipitação (por classes em mm) para os períodos analisados.</i>	118
<i>Figura 47- Balanço Hídrico Climatológico Sequencial de Guaratiba, apresentando os excedentes e deficiências hídricas (em mm).</i>	127

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Alguns sensores orbitais utilizados no Brasil e suas características.</i>	39
<i>Tabela 2 - áreas de manguezais estimadas por continente.</i>	55
<i>Tabela 3 - Datas de aquisição das imagens selecionadas (órbita/ponto: 217/76).</i>	60
<i>Tabela 4 - Área total das classes mapeadas no monitoramento (em Km<sup>2</sup>).</i>	70
<i>Tabela 5 - Variação das classes mapeadas por período (em Km<sup>2</sup>) (em vermelho períodos que a variação foi negativa e, em verde, períodos em que a variação foi positiva).</i>	70
<i>Tabela 6 - Variação percentual de cada classe em relação ao período anterior.</i>	73
<i>Tabela 7 - Área (em Km<sup>2</sup>) de cada classe, na Restinga da Marambaia.</i>	80
<i>Tabela 8 - Variação de cada classe (em Km<sup>2</sup>), na Restinga da Marambaia (em vermelho períodos que a variação foi negativa e, em verde, períodos em que a variação foi positiva).</i>	80
<i>Tabela 9 - Área (em Km<sup>2</sup>) de cada classe, na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba.</i>	81
<i>Tabela 10 - Variação de cada classe (em Km<sup>2</sup>), na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba (em vermelhos períodos que a variação foi negativa e, em verde, períodos em que a variação foi positiva).</i>	82
<i>Tabela 11 - Variação de cada classe (em Km<sup>2</sup>), na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba, sendo excluída a área regenerada no interior da floresta.</i>	82
<i>Tabela 12 - Estatística da precipitação total mensal (mm) e total a anual (mm) da Estação Climatológica da Marambaia – RJ, no período de 1985 a 2006.</i>	92
<i>Tabela 13 - Diferença entre os valores mensais e a média de cada mês (em mm).</i>	95
<i>Tabela 14 - Balanço Hídrico Climatológico Sequencial da estação meteorológica da Marambaia, entre 1985 e 2006.</i>	98
<i>Tabela 15 - Períodos analisados, entre as imagens adquiridas.</i>	115
<i>Tabela 16 - Dados climáticos dos períodos analisados.</i>	116
<i>Tabela 17 - Parâmetros calculados através do Balanço Hídrico, onde ARM é a quantidade de água armazenada no solo (máximo de 100mm, DEF é a deficiência hídrica e EXC o excedente hídrico).</i>	119
<i>Tabela 18 - Variação de cada classe (em Km<sup>2</sup>), na Restinga da Marambaia.</i>	120
<i>Tabela 19 - Variação de cada classe (em Km<sup>2</sup>), na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba, sendo excluída a área regenerada no interior da floresta.</i>	122

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil com uma população de aproximadamente 183 milhões de habitantes (IBGE, 2007) e crescimento populacional de 1,41% (IBGE, 2005) possui 5 das 9 regiões metropolitanas localizadas no litoral estimando ainda que cerca de 15% da população reside em áreas costeiras.

Esse número resulta em enorme “pressão antrópica” nessas áreas, causando grandes transformações na paisagem ao longo dos anos. Os principais alvos de mudança e conseqüente degradação são os ecossistemas costeiros, o que explica o fato de estarem recebendo cada vez mais atenção.

O estudo do meio em que vivemos e de técnicas para realizá-lo tem despertado a atenção de vários cientistas, em parte porque a população percebeu que a manutenção do meio ambiente é decisiva para a qualidade de nosso futuro. Talley *et al.* (2003) afirmam que é crucial uma cartografia temática detalhada, em especial dos ambientes costeiros, bem como o entendimento dos processos costeiros responsáveis pela sua evolução.

O manguezal insere-se nesse tema por ser um dos principais ecossistemas de transição entre o mar e o continente. Esse ecossistema, apesar de sua reconhecida importância, ainda é visto por muitos como um ambiente malcheiroso, insalubre, inóspito e desnecessário.

Por possuir várias funções e apresentar relação intrínseca entre o homem e suas atividades, seu estudo e entendimento são importantíssimos para o gerenciamento e manejo costeiro. Segundo Schaeffer-Novelli *et al.* (2002) e Soares *et al.* (2005), o manguezal tem sido apontado como indicador biológico para as modificações de linha de costa, em função da rápida resposta das suas espécies vegetais a qualquer alteração nos componentes abióticos do sistema.

Em paralelo, o Sensoriamento Remoto é uma das ferramentas cada vez mais utilizadas nestes estudos. Como será descrito posteriormente vários são os estudos que, auxiliados por ela, analisam os ecossistemas costeiros.

Os manguezais são encontrados ao longo de praticamente todo o litoral brasileiro, distribuindo-se desde o norte do Amapá até Santa Catarina (Schaeffer-Novelli, 2000). Por sua localização, essas florestas vêm sofrendo, ao longo da história, grande pressão frente às atividades antrópicas, como a expansão urbana, a instalação de

grandes *resorts*, a implementação de atividades de carcinicultura (cultivo de camarão), atividades industriais e portuárias e poluição das mais variadas origens.

Soares (1997) define manguezal como um ecossistema costeiro que ocorre em regiões tropicais e subtropicais do mundo, ocupando as zonas entre marés, com vegetação caracterizada por espécies lenhosas típicas que apresentam adaptações a substratos pouco oxigenados, sujeitos à intrusão salina e freqüente submersão pelas marés, sendo ainda considerado importante gerador de bens e serviços.

Além de tudo o que foi descrito, o manguezal é o ecossistema que responde mais acentuadamente quando processos geomorfológicos, sedimentares e oceanográficos controlam a evolução da paisagem (Souza Filho et al, 2006). Assim, tanto o crescimento desordenado das áreas urbanas e das atividades ali realizadas, como as alterações ambientais e climáticas afetam o desenvolvimento dessas florestas. O estudo desse ecossistema é de suma importância não só para seu entendimento e preservação, mas também para o entendimento da paisagem como um todo e dos fatores que a influenciam e modificam. Tanto os estudos voltados para quantificar as florestas de mangue atuais, quanto os que monitoram as modificações através dos anos de suas áreas e arranjos internos são muito importantes para o entendimento dos manguezais.

O presente estudo foi idealizado a partir do trabalho de monografia desenvolvido ao final do curso de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. O estudo tinha como objetivo analisar o comportamento da floresta de mangue da região de Guaratiba ao longo de quase 20 anos. Para isso, foram utilizadas três imagens provenientes dos Satélites Landsat 5 e 7.

Ao final da pesquisa, concluiu-se que a área total de manguezal foi crescente durante todo o período. Contudo, além da identificação do crescimento contínuo, verificou-se que, dependendo da localização e do período, o comportamento do ecossistema variava. A dinâmica expansão-retração das florestas de mangue na Restinga da Marambaia foi diferente daquela observada na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba. Além de se constatar que, nos últimos 9 anos a taxa de mangue colonizado foi superior a dos 10 anos anteriores. Uma hipótese levantada é a de que as retrações e expansões da floresta estariam associadas a períodos mais ou menos secos, de curta duração. Sendo assim, eventos de pequena escala e relativa variação, como a precipitação, seriam responsáveis por tal comportamento. Portanto, a questão central dessa pesquisa é saber se as variações climáticas de escala local (na precipitação e

disponibilidade hídrica) influenciam na dinâmica de distribuição dos manguezais através da observação de vários momentos num período de 20 anos.

Um estudo desse tipo se justifica tanto pela importância ecológica, como regional. A importância ambiental está diretamente ligada à questão central, que busca entender o funcionamento do manguezal e a influência das variações climáticas nas florestas. Além disso, os manguezais de Guaratiba são uma das principais florestas de mangue do estado do Rio de Janeiro e o principal remanescente do município.

Do mesmo modo, a relação homem-ambiente é claramente observada em Guaratiba. Esta área está localizada na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, sofrendo alterações pela crescente expansão urbana. A implementação de loteamentos irregulares, por exemplo, já foi responsável por perdas significativas na área ocupada por diversos tipos de vegetação. Há algum tempo, a prefeitura do Rio de Janeiro propôs a criação de um bairro na região (Recreio de Guaratiba), prova de que a área é a próxima fronteira para a expansão urbana.

Portanto, este trabalho se justifica não só pela necessidade de saber como o manguezal de Guaratiba vem se comportando ao longo dos anos e inferir o quanto se perdeu do ecossistema nessa região, mas também por que este pode auxiliar no manejo dessa unidade de conservação, principalmente em relação a projetos relacionados à expansão urbana.

Foi para entender a relação homem-ecossistema e refinar as técnicas de mapeamento e análise espacial que se optou em dar continuidade a esta pesquisa no âmbito da Geografia.

Para se apropriar de diferentes áreas de conhecimento é necessário ampliar o conhecimento de teorias e aplicabilidade. Por isso, este trabalho apresentará uma revisão conceitual não só acerca do ecossistema manguezal, mas também uma fundamentação teórica sobre sensoriamento remoto.

Cabe ressaltar que, embora grande parte da pesquisa seja biológica sua realização no âmbito da Geografia se torna coerente por sua análise, não só temporal, mas espacial. A resposta à questão central da pesquisa virá através da análise espacial de um ambiente (manguezal) ao longo do tempo, frente a um fenômeno (variação climática). Tal estudo nada mais é do que o estudo de uma paisagem, e sua modificação ao longo do tempo, sendo a espacialidade, o objeto central de estudo da Geografia.

### **2. OBJETIVO GERAL**

O presente estudo tem como objetivo geral avaliar a possível influência de variações climáticas locais sobre a dinâmica (expansão/retração) das florestas de mangue da região de Guaratiba (Rio de Janeiro, RJ).

#### **2.1 Objetivos Específicos**

O estudo será desenvolvido em etapas, para permitir uma análise mais detalhada, com progressivo aprofundamento. Especificamente, tais etapas constituem:

- Analisar o comportamento da dinâmica da área de manguezal, identificando a variação na área ocupada por sua vegetação típica entre 1985 e 2006,
- Caracterizar e analisar a variabilidade temporal da precipitação na região, além de se calcular a disponibilidade hídrica no mesmo período,
- Analisar se há correlação entre a dinâmica de retração/expansão da floresta de mangue com variações das características climáticas consideradas.

### 3. HIPÓTESE

As etapas e análises propostas para esse trabalho foram determinadas com o intuito de avaliar a hipótese proposta por Almeida *et al.* (em preparação), resumida pela figura 1, que descreve a possibilidade de um comportamento diferente das florestas de mangue que possuem nas suas adjacências aporte de água doce (escoamento superficial, sub-superficial e afloramento de lençol), das que não apresentam essa característica.

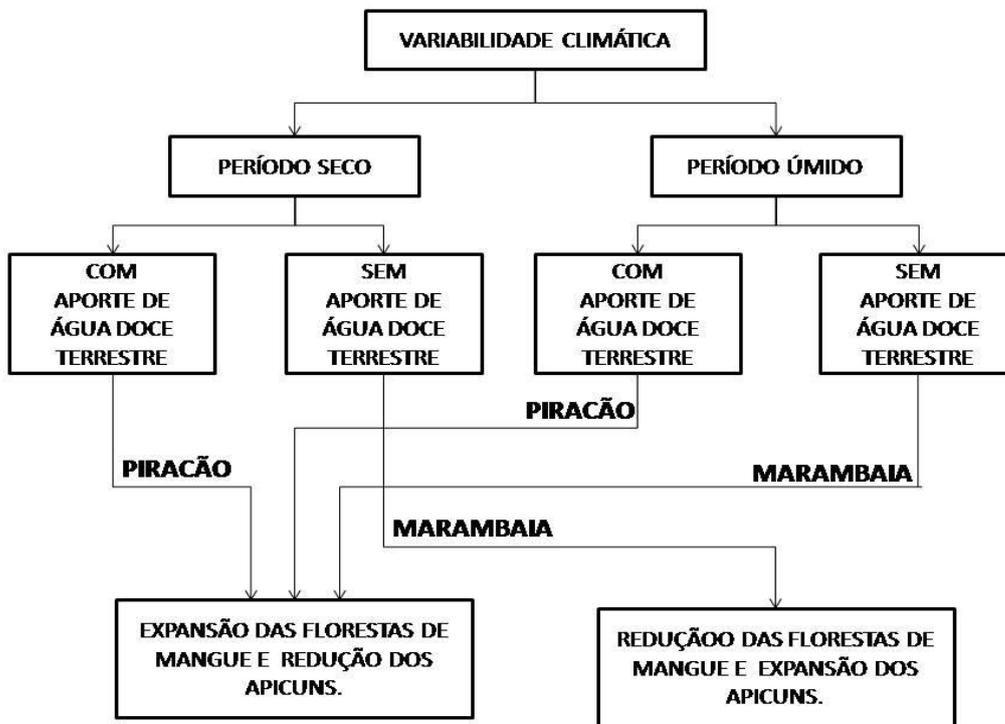


Figura 1 - Esquema conceitual do comportamento das florestas de mangue em resposta à variabilidade climática. (Fonte: Almeida et al, em preparação).

#### **4. CONTEXTO EM QUE SE INSERE A PESQUISA**

Este projeto de pesquisa foi possível porque foi executado a partir da soma dos esforços e conhecimentos de dois laboratórios de diferentes universidades.

As análises das imagens de satélite foram realizadas no Laboratório de Sensoriamento Remoto ESPAÇO, localizado no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), sob coordenação da Professora Doutora Carla Bernadete Madureira da Cruz. Essa dissertação foi a primeira iniciativa, inserida no Laboratório, que estuda e analisa o ecossistema Manguezal, apesar de se inserir na linha de pesquisa que visa estudar o Bioma Mata Atlântica, uma vez que o ecossistema manguezal, por lei, se insere nesse bioma.

Além disso, a experiência adquirida com a análise climática desse projeto viabiliza a adição desta visão em alguns projetos de pesquisa já executados pelo Laboratório ESPAÇO. As técnicas de classificação utilizada nesse trabalho, por exemplo, podem trazer novas informações e detalhes para a metodologia já adotada no laboratório.

O outro laboratório envolvido nessa pesquisa é o Núcleo de Estudos em Mangueis (NEMA), cujas instalações são na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

O NEMA/UERJ pesquisa os manguezais da área de estudo da presente dissertação há mais de 20 anos, através de diferentes abordagens e nas mais diferentes áreas da ciência, tudo com o objetivo de se entender melhor esse ecossistema. Com esse objetivo, já foram realizadas pesquisas na área da Oceanografia, Ecologia e Botânica (Biomassa, Estrutura e Dinâmica Vegetal, Germinação de algumas espécies, análise dos anéis de crescimento de suas árvores), Química (Fluxo de Nutrientes dos canais presentes em suas florestas, teor e dinâmica de nutrientes em folhas e no sedimento), Geologia e Geomorfologia (testemunhos para elaboração de cenários passados, dentre outros).

A presente pesquisa é a segunda empreitada do NEMA a analisar dados remotos dessas florestas de mangue, Portugal (2002) utilizou algumas fotografias aéreas para analisar a dinâmica de algumas áreas das florestas de Guaratiba.

Entretanto, esta é a primeira iniciativa que tem como parte do objetivo principal estas análises, e inicia junto ao Laboratório, uma linha de pesquisa de geoprocessamento em manguezais.

Além disso, as análises aqui complementam e contribuem muito para as pesquisas há muito desenvolvidas pelo NEMA. Primeiramente, porque embora o Laboratório estude há décadas os manguezais da região, nunca foi realizada uma quantificação real da área das florestas com geoprocessamento.

Da mesma forma, uma das frentes de pesquisa do Núcleo de Estudos em Manguezais é a resposta das florestas de mangue à elevação do Nível Médio Relativo do Mar (NMRM). De forma resumida, a teoria defendida e comprovada pelo grupo é a de que a elevação do NMRM aumentaria a abrangência e a periodicidade da lavagem realizada pelas marés nos apicuns (planícies hipersalinas). O aumento contínuo dessa lavagem altera o padrão físico-químico da zona de transição floresta de mangue – planície hipersalina, favorecendo a colonização dessa área por espécies de mangue. O aumento contínuo das florestas de mangue identificado nesse trabalho é mais uma prova de que essa teoria é verdadeira, além disso, o presente trabalho faz uma nova abordagem nesse contexto, adicionando as análises dos padrões climáticas regionais.

## **5. ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

Para o melhor entendimento dos resultados de cada etapa e para a melhor organização, a dissertação foi organizada utilizando como guia os objetivos específicos. Sendo assim, após uma introdução geral e a caracterização da área de estudo, cada objetivo específico é trabalhado em um capítulo. O Capítulo 1 descreve as análises e mapeamentos feito a partir das 8 imagens Landsat, estudando assim, a dinâmica da área de mangue no período de 1985 a 2006. Em seguida, o Capítulo 2 caracteriza o regime de precipitação da área de estudo, além de expor os cálculos do Balanço Hídrico para a série histórica. Por fim, o Capítulo 3 apresenta os dados de dinâmica da floresta de mangue e os dados climáticos apresentados nos capítulos anteriores, a fim de analisá-los juntos e identificar suas correlações. Cabe ressaltar que esse arranjo foi escolhido também, com o intuito de facilitar a publicação posterior, espera-se que cada capítulo, após as correções sugeridas e a redução dos mesmos, sejam publicados, em forma de artigos, em revistas específicas para cada tema abordado. Assim, serão gerados, no mínimo, três artigos.

## 1. REVISÃO CONCEITUAL

### 1.1. O Ecossistema Manguezal

O desenvolvimento dos manguezais é intrinsecamente dependente de uma série de fatores que limitam sua ocorrência e abrangência da vegetação típica. Walsh (1974) e Chapman (1975) listaram as condições básicas para o desenvolvimento de florestas de mangue em escala global:

- Temperatura média do mês mais frio superior a 20°C e amplitude térmica anual inferior a 5°C;
- Presença de substrato aluvial (lamoso), encontrado em deltas, estuários e lagoas costeiras (neste tipo de substrato ocorre o maior desenvolvimento dos manguezais, mas seu estabelecimento é observado também em substrato arenoso, turfa e calcários);
- Ambientes costeiros abrigados, com baixa energia hidrológica;
- Presença de água salgada, de modo que as espécies de mangue sejam favorecidas em relação a outras espécies terrestres e dulcícolas não adaptadas a esta condição;
- Grande amplitude de marés. Este fator associado à topografia local influencia a extensão dos manguezais. Quanto maior for a amplitude das marés e menor a declividade do terreno, maior é a intrusão de água salgada a grandes distâncias, o que permite uma área potencial maior de colonização das espécies de mangue.
- Correntes oceânicas favoráveis (temperatura e sentido), que controlariam a dispersão dos propágulos (sementes de espécies de mangue) e imporiam limites biogeográficos de distribuição devido à temperatura e;
- Existência de costa suficientemente rasa para a fixação de propágulo.

Ao se observar a distribuição de espécies de mangue ao longo do planeta, percebe-se que esta não é homogênea. A distribuição diferenciada da riqueza de espécies ao longo dos oceanos foi o indício inicial para algumas teorias sobre a origem desse ecossistema. Uma hipótese muito aceita na comunidade científica é a de que os manguezais surgiram a partir de um centro de dispersão no Indo-Pacífico, visto que há

maior número de espécies de mangue no Pacífico e relativa pobreza no oceano Atlântico (Chapman, 1976).

Atualmente, a conexão dos nossos oceanos é através de uma corrente no Pólo Sul de direção oeste-leste que, por sua temperatura extremamente fria, não funciona como comunicação, mas sim, como barreira física. Entretanto, no Cretáceo, a conexão dos oceanos era localizada no Hemisfério Norte (figura 2), através de uma corrente quente e de direção leste-oeste. Segundo a hipótese de Chapman (*op. cit.*), foi essa corrente quente que possibilitou a dispersão das espécies, que ocorreu no mesmo sentido da corrente (oceano Pacífico - oceano Atlântico), explicando a maior riqueza de espécies no Pacífico que no Atlântico (Figura 3).

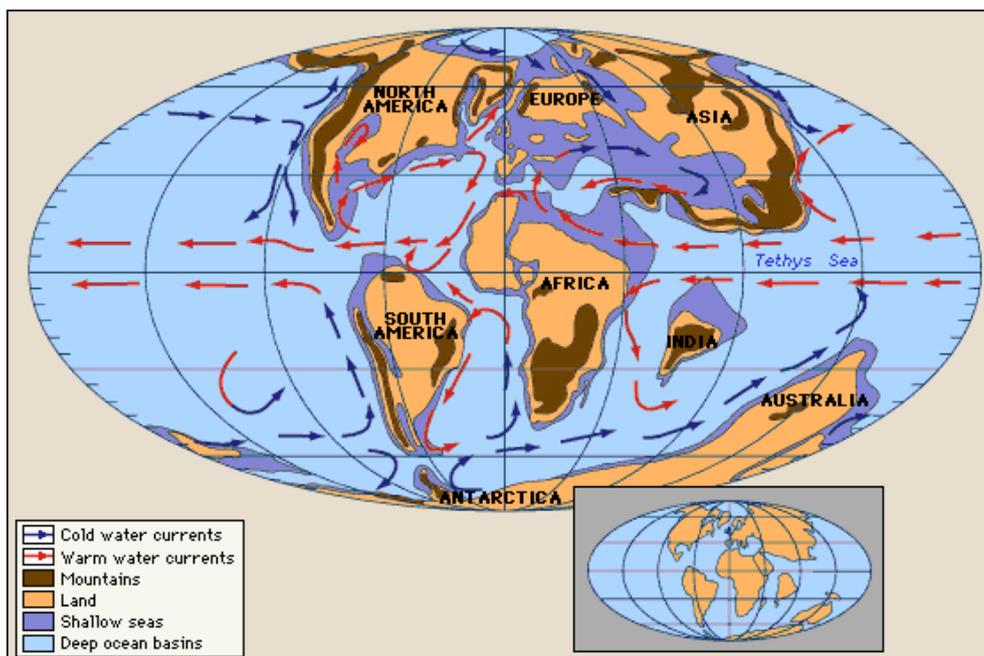


Figura 2 - Correntes Oceânicas no Cretáceo. (Fonte: [www.glaucus.org.uk](http://www.glaucus.org.uk)).

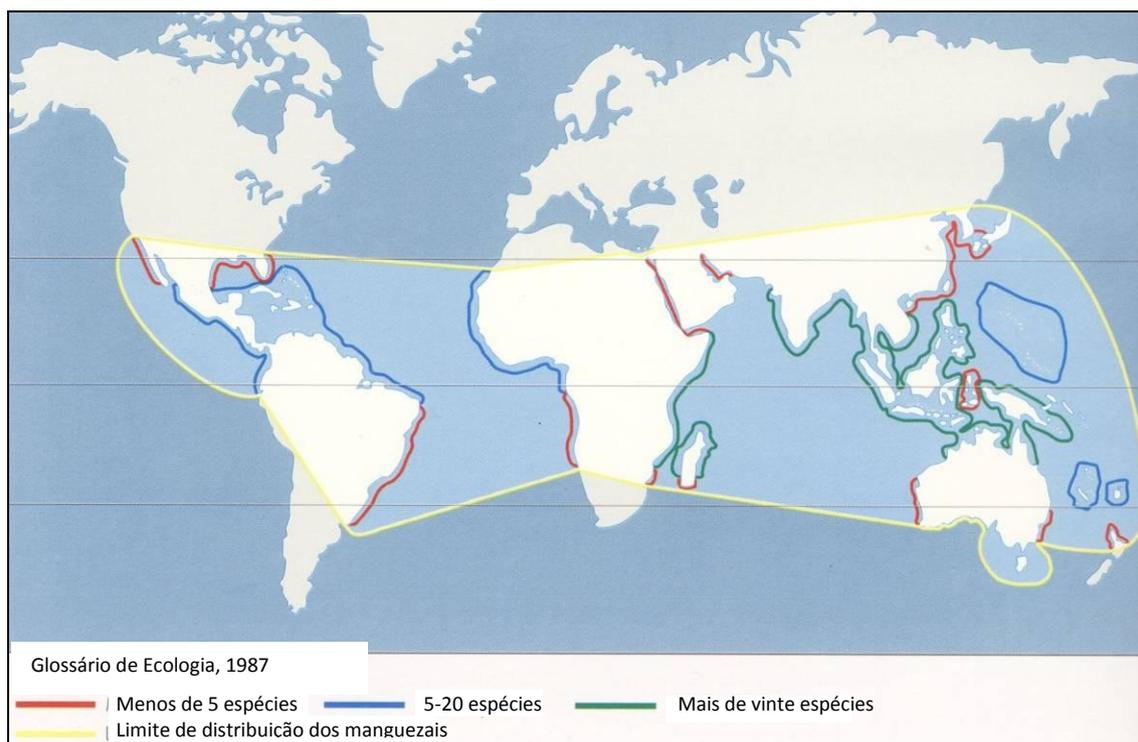


Figura 3 - Riqueza de espécies de mangue ao longo dos oceanos. (Fonte: Glossário de Ecologia, 1987).

No Brasil, os manguezais são encontrados ao longo de praticamente todo o litoral e distribuem-se desde o extremo norte do Amapá (Rio Oiapoque - 04°20'N) até Santa Catarina (Laguna - 28°30'S) (Schaeffer-Novelli, 1989). Segundo Schaeffer-Novelli et al (2000) de uma extensão estimada de 7.408 Km do litoral brasileiro, 6.786 Km contêm florestas de mangue, cobrindo uma área aproximada de 10.000 km<sup>2</sup> (Herz, 1987) a 25.000 km<sup>2</sup> (Saenger et al., 1983).

Cada ecossistema possui importância no meio ambiente, suas funções são responsáveis pela manutenção da preservação dos demais ecossistemas. Esta relação é similar a uma onde a manutenção de um ecossistema depende do estado dos demais. Sendo assim, as funções dos manguezais têm papel fundamental para vários ambientes e, principalmente, para o equilíbrio continente-oceano.

Soares (1997) listou como principais funções dos manguezais: fonte de detritos (matéria orgânica) para as águas costeiras adjacentes, constituindo a base de cadeias tróficas marinhas de espécies de importância econômica e/ou ecológica; área de abrigo, reprodução, desenvolvimento e alimentação de espécies marinhas, estuarinas, límnicas e terrestres; área de pouso (alimentação e repouso) para diversas espécies de aves migratórias, ao longo de suas rotas de migração; responsáveis pela manutenção da

diversidade biológica da região costeira; absorvedores e imobilizadores de produtos químicos (por exemplo, metais pesados), filtro de poluentes e sedimentos, além de tratamento de esgotos em seus diferentes níveis; fonte de recreação e lazer, associado a seu alto valor cênico; fonte de alimento e produtos diversos, associados à subsistência de comunidades tradicionais que vivem em áreas vizinhas aos manguezais e; proteção da linha de costa, evitando erosão da mesma e assoreamento dos corpos d'água adjacentes. Além dessas funções podemos adicionar ainda o papel da floresta como aprisionadora de carbono.

Segundo Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986), sete são as espécies de mangue que ocorrem no Brasil: *Rhizophora mangle*, *R. harrisonii*, *R. racemosa*, *Avicennia schaueriana*, *A. germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Conocarpus erecta*. Destas, são encontradas apenas três na região de Guaratiba: *Rhizophora mangle* (figura 4) ou mangue vermelho, *Avicennia schaueriana* (figura 5) ou mangue preto e *Laguncularia racemosa* (figura 6) ou mangue branco (Chaves, 2001).



Figura 4 - Floresta monoespecífica de *Rhizophora mangle*.(Fonte: arquivo NEMA/UERJ).



Figura 5 - Floresta monoespecífica de *Avicennia schaueriana*.(Fonte: arquivo NEMA/UERJ).



Figura 6 - Floresta monoespecífica de *Laguncularia racemosa* (Fonte: arquivo NEMA/UERJ).

Cada espécie possui suas próprias características quanto à tolerância à salinidade e outras adaptações fisiológicas. Essas diferenças contribuem para os diferentes arranjos estruturais e funcionais dos manguezais, assim como afirmado por Soares et al (2003).

*Rhizophora mangle* (mangue vermelho), observada na figura 4, é a espécie caracterizada pelo complexo sistema de raízes aéreas (rizóforos) que partem de um mesmo tronco ou dos ramos laterais em direção ao solo, servindo para a sustentação da árvore e auxiliando também em funções vitais de nutrição e aeração (Cintron & Schaeffer-Novelli, 1983). Quanto à tolerância à salinidade, *R. mangle* apresenta capacidade de excluir sal (ao nível das raízes) (Cintron & Schaeffer-Novelli, 1983), além disso é descrita como a menos tolerante a altas salinidades dentre as três espécies listadas aqui.

*Avicennia schaueriana* (mangue negro) (figura 5) e *Laguncularia racemosa* (mangue branco) (figura 6) possuem um sistema radicial, pouco profundo, disposto radialmente ao tronco, apresentam estruturas que partem dessas raízes, com geotropismo negativo (pneumatóforos), ou seja, que cresce ao sentido oposto da gravidade, emergindo do solo e são responsáveis pelas trocas de gases e, excretam sais pela folha (Cintron & Schaeffer-Novelli, *op. cit.*).

Cada espécie possui diferentes tolerâncias à salinidade, *A. schaueriana* é a espécie mais tolerante seguida de *L. racemosa* e *R. mangle* (Cintron & Schaeffer-Novelli, *op. cit.*).

As espécies de mangue podem ser encontradas dispostas em faixas ou zonas discretas, o que pode representar tanto a zonação quanto a sucessão, uma vez que se descreve o ecossistema ora estático, ora dinâmico. (Soares, 1997).

As teorias de sucessão associam o arranjo das faixas às adaptações de cada espécie, fatores abióticos, etc. O conhecimento das principais teorias, o seu conhecimento básico auxiliam o entendimento do que ocorre nas bordas e interior das florestas ao longo dos anos, sua dinâmica de supressão/colonização das florestas.

### 1.1.1 Zonação e Sucessão em florestas de mangue

De maneira geral, a partir de uma brevíssima revisão das teorias de sucessão, pode-se perceber que as sucessões alteram todo o complexo da floresta, mas para este estudo, o mais importante é perceber as alterações, principalmente, das bordas das

florestas. A sucessão descreve as alterações percebidas tanto na transição da floresta com o apicum, como em alguns caso, as mudanças na zona de franja.

As teorias de sucessão foram discutidas largamente, existindo sete teorias principais acerca da sucessão de manguezais:

### A) TEORIA DE DAVIS

Para Davis (1940), as faixas em que se distribuem as espécies de mangue se caracterizam por suas distintas frequências de inundação pelas marés e salinidade intersticial. O processo proposto seria composto por uma faixa mais externa composta por plântulas e pequenas árvores de *Rhizophora mangle*, que colonizariam locais com pouca profundidade. Em seguida viriam indivíduos adultos de *Rhizophora mangle*, que proporcionariam uma elevação do solo através do acúmulo de sedimentos entre as raízes. A próxima faixa seria de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, que seria inundada pelas marés com menos frequência e teria salinidade mais elevada. A faixa mais próxima do continente seria ocupada por *Conocarpus eretus* e o substrato seria mais seco e os sais lixiviados. Segundo este autor, o manguezal iria colonizando áreas cada vez mais em direção ao mar (na franja). Esse seria um padrão de sucessão autogênica, onde a deposição de sedimentos induzida pelas raízes de *Rhizophora mangle* na franja elevaria o nível do solo, reduziria a frequência de inundação pelas marés, e estabeleceria um novo gradiente de inundação e salinidade.

### B) TEORIA DE EGLER

A primeira contestação à teoria de Davis (1940) foi a de Egler (1948), que defendeu que o avanço do mangue não seria de forma contínua, como indicado por Davis (*op. cit.*), mas em pulsos. Ele observou, também na Flórida, que vários bosques não possuíam a faixa externa de plântulas e jovens e sim, uma zona de adultos de *Rhizophora*. Outra evidência foi que caso o manguezal estivesse avançando em direção ao mar, as árvores posteriores de cada zona deveriam ter diâmetros maiores, mostrando um desenvolvimento anterior, o que não foi verificado.

Para ele, o manguezal avançaria em direção ao mar em pulsos e não de forma contínua como havia proposto Davis (1940). Estes pulsos ocorreriam quando as condições fossem propícias para a fixação e desenvolvimento das plântulas. No caso da

Flórida, seriam intervalos entre furacões que dariam condições da vegetação se desenvolver o suficiente para sobreviver a uma próxima tormenta.

Egler (1952) contestou definitivamente a teoria de Davis (1940). Com a interpretação de testemunhos geológicos, este autor concluiu que estava ocorrendo uma elevação do nível médio do mar naquela região. Assim, seria impossível o manguezal estar avançando em direção ao mar. Esse autor propôs um processo de sucessão similar ao descrito por Davis (1940), porém em sentido ao continente, sendo *Laguncularia* e *Avicennia* os gêneros pioneiros.

### C) TEORIA DE THOM

Thom (1967) propôs um modelo para ambientes deltaicos, no qual os padrões de distribuição e sucessão das espécies de mangue seriam determinados pelo meio físico. A sucessão dependeria basicamente das condições de sedimentação, microtopografia, hidrologia, geoquímica, clima, tectônica, geomorfologia e pedologia, e a interação entre estes fatores.

No trabalho é apresentado que nesse sistema, as primeiras plantas a se instalarem são as gramíneas, e aos poucos, as bordas onde estas estão presentes vão crescendo constantemente devido ao aporte de sedimento. O autor determinou seis estágios de sucessão em manguezais:

Estágio A: Este compreende o período de desenvolvimento de um novo braço de rio. A colonização inicial é composta por gramíneas e juncos. A elevação das bordas deve-se à alta taxa de sedimentação.

Estágio B: Compreende a formação de bancos lamosos nos flancos e colonização por *Avicennia*.

Estágio C: O braço alcança o máximo de desenvolvimento e os flancos atingem a máxima elevação. O alto fluxo da água no canal impede a intrusão salina. Instalam-se bosques de *Rhizophora* e *Laguncularia* em meio ao bosque de *Avicennia*.

Estágio D: Há uma ruptura do braço do rio, que acarreta no desenvolvimento de um novo braço. O canal diminui sua competência, ocorrendo assoreamento do mesmo e permitindo a intrusão salina. *Rhizophora* coloniza as margens e *Avicennia* os

locais mais arenosos. O desenvolvimento de *Avicennia* é favorecido pela subsidência da área devido à compactação. Inicia-se um período de deposição de turfa.

Estágio E: Continua a deterioração do bosque original das bordas. As margens são dominadas por *Rhizophora* enquanto áreas interiores apresentam *Avicennia*.

Estágio F: O canal agora totalmente abandonado, não recebe aporte inorgânico. A turfa se deposita em uma camada sobre os depósitos aluviais. Novos regimes hidrológicos destroem antigas formas moldadas pela ação fluvial. Pelo padrão de vegetação deduzem-se antigos flancos e margens.

Assim, percebe-se que tal evolução influencia tanto a área da margem do rio como nas porções mais internas.

### D) TEORIA DE CINTRÓN

Cintrón *et al.* (1978) propuseram para ambientes áridos, um modelo de sucessão autogênico similar ao de Davis (1940), porém com caráter cíclico. Nestes ambientes com pouco aporte fluvial, precipitação escassa, alta evaporação e regime de micromarés o gênero pioneiro seria *Rhizophora*.

Inicialmente, ocorreria a colonização de um banco calcáreo por plântulas e jovens de *Rhizophora*. Depois, ocorreria a elevação e expansão deste banco por causa do acúmulo de sedimentos, o que reduziria a frequência de inundação pelas marés nas regiões internas e aumentaria a salinidade. A partir daí, ocorreria a substituição de *Rhizophora* por *Avicennia* e a formação de um mangue anão no interior. Com a continuidade deste processo, a salinidade alcançaria valores tão altos no interior da ilha que as árvores morreriam e ocorreria a formação de lagunas hipersalinas.

Em seus estudos no Caribe, Cintrón *et al.* (1978) perceberam uma ciclicidade nesta sucessão, marcada por distúrbios periódicos e externos. Nesta área, a ocorrência de furacões e ressacas pode reverter o processo de hipersalinização, “lavando” os sais acumulados, reduzindo a topografia das ilhas formadas e destruindo os bosques, o que leva a sucessão aos seus estágios iniciais.

**E) RABINOWITZ**

Rabinowitz (1978) propõe um modelo no qual a zonação e sucessão não se devem apenas a preferências fisiológicas das espécies aos fatores ambientais, mas sim à seleção de propágulos, por tamanho, pela maré. De acordo com sua teoria, *Avicennia* e *Laguncularia* colonizariam, em condições propícias ao seu desenvolvimento, áreas mais internas (com menor frequência de inundação pelas marés) devido à facilidade de transporte de seus propágulos, que são de tamanho reduzido. Por outro lado, *Rhizophora*, por possuir propágulos maiores e mais pesados, teriam maior possibilidade de colonizar regiões com maior frequência de inundação pelas marés.

**F) DUKE**

Duke (2001) apresentou em seu trabalho um modelo de desenvolvimento de manguezais cujo ciclo completo demoraria de 80 a 100 anos, neste os estágios seriam: colonização (caracterizado pela fixação de propágulos); desenvolvimento precoce (ocorre com o aumento gradativo da densidade da floresta até a diminuição do banco de indivíduos jovens e fechamento da copa pelas maiores árvores); maturidade da floresta (se inicia quando há o desenvolvimento máximo dos indivíduos, o que acarreta o aumento da biomassa de cada árvore e gradativa diminuição da densidade) e senescência (morte gradativa das árvores do bosque), acarretando abertura de clareiras.

Mas, além desse modelo, o autor defende que a abertura de clareiras, consequência da incidência de raios, por exemplo, acarretaria o início de um novo processo de colonização na área aberta. O que ocorre é que uma porção da floresta em um dos estágios de colonização descritos no parágrafo anterior é afetada por um raio, há abertura da clareira, e nessa parte se inicia o processo de fechamento da clareira. Esse ciclo faz com que a floresta se apresente como um mosaico, onde uma floresta de mangue em determinado estágio apresenta manchas com processo de colonização de idades diferentes.

**G) FROMARD**

Fromard et al. (2004) ao estudarem os manguezais da Guiana Francesa, analisaram a dinâmica de colonização dos bancos lamosos que se estabeleciam e eram erodidos em uma dinâmica da região. Eles descreveram em seu modelo de

desenvolvimento que os estágios da floresta de mangue após a fixação de um banco lamoso são: mangue pioneiro (que é a colonização do banco lamoso por *Laguncularia e Avicennia*), mangue novo (quando ocorre diminuição da densidade, mas aumento de diâmetro dos indivíduos) e mangue adulto (a mais característica da região, apresentando *Avicennia* como dominante. A partir desse estágio o mangue por se transformar em uma mangue maduro, começar a ser ocupado por espécies de pântanos ou ocorrer mortalidade das árvores.

Entretanto, influenciando esse modelo de desenvolvimento tem-se a dinâmica de clareiras e a dinâmica do sedimento. A dinâmica de clareiras, como a descrita anteriormente, causaria morte dos indivíduos e posterior recrutamento dessa clareira, voltando ao mangue pioneiro. Além disso a dinâmica do banco de lama, poderia ser a qualquer momento de erosão, ocorrendo retirada do banco e, mortalidade dos indivíduos ali fixados. Nesse caso, a colonização só ocorreria novamente com a deposição de um novo banco lamoso.

### **1.1.2 Assinatura Energética**

Cabe ressaltar, entretanto, que mesmo com as características de cada espécie, suas adaptações e teorias de sucessão, uma floresta de mangue nunca é igual à outra. Isto porque uma floresta de mangue (seu desenvolvimento e arquitetura) depende de uma série de fatores que atuam em diferentes escalas. A característica singular do manguezal que responde por sua estruturação, funcionamento e dinâmica da floresta foi definida como Assinatura Energética (Figura 7). Seguindo tal teoria, o desenvolvimento estrutural de uma floresta de mangue é função da magnitude e periodicidade de forças como: energia solar, marés, aporte de água doce e de nutrientes e estresses como furacões, estiagem, acúmulo de sais e frio. Isto ocorre porque a ação de cada um destes fatores varia local e sazonalmente, ocasionando uma variação nas características estruturais do manguezal (Cintrón et al., 1987).

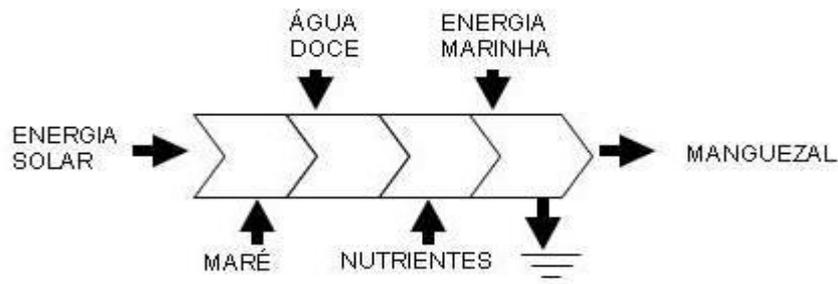


Figura 7 - Esquema da assinatura energética de manguezais. Fonte: Cintrón et al., 1987.

### 1.1.3 Histórico de degradação

Além do conhecimento ecológico acerca das florestas de mangue, acredita-se que, para ter um completo entendimento sobre o ecossistema e compreender sua distribuição atual, um resumo de sua exploração e a visão que a sociedade tinha dessas florestas deve ser realizada.

A partir da análise do histórico de colonização de países tropicais, como o Brasil, identifica-se uma tendência de concentração, ao longo da história, nas margens dos rios e litoral. O interesse humano em estabelecer-se nas áreas costeiras é antigo, e se baseia na facilidade de deslocamento, por serem áreas abrigadas e o acesso à água doce e oceano, o que facilita o escoamento de produtos. Atualmente, esta preferência se dá pela instalação de complexos industriais-portuários e pela exploração turística dessas áreas.

Assim, percebe-se que a localização natural do ecossistema manguezal coincide com as áreas de maior interesse para a sociedade. Essa coincidência fez com que, ao longo dos anos, os manguezais fossem degradados pelos mais diferentes propósitos, levando à distribuição desse ecossistema em grande parte dos litorais em todo o mundo.

Além de sua destruição objetivando a “expansão urbana”, o manguezal também sofreu degradação por causa da exploração de seus recursos.

O produto mais explorado nos manguezais, ao longo do tempo, é a madeira, extraída até hoje para a construção de habitações e cercas, além de ser usada como combustível sob forma de lenha e carvão.

Além disso, uma substância característica das cascas de árvore de mangue é o tanino, muito utilizado para a proteção de redes de pesca e das velas de embarcações,

cujas fibras naturais tornam-se mais resistentes ao apodrecimento. O tanino é também empregado na indústria de curtimento de couros.

Conforme apresentado, os manguezais foram degradados ao longo da história pelos mais diferentes objetivos. Porém, outro fator também foi responsável pela degradação das florestas de mangue na cidade do Rio de Janeiro.

Os manguezais ocupavam antigamente uma vasta área da cidade, mas foram sendo substituídos por vários aterros e inúmeras obras que objetivavam sua ocupação.

A figura 8 apresenta uma planta da cidade do Rio de Janeiro de 1817 que possuía uma vasta área de mangue próxima ao Campo de Santa Anna denominada Mangal de S. Diogo. A área sofreu grande transformação por causa da expansão urbana, em 1915, conforme ilustrado na figura 9, que mostra a área ocupada por ruas e habitações.



Figura 8 - Planta da cidade de São Sebastião (atual cidade do Rio de Janeiro) de 1817. (Fonte: Menezes, 2009), em evidência os Manguezais de São Diogo.

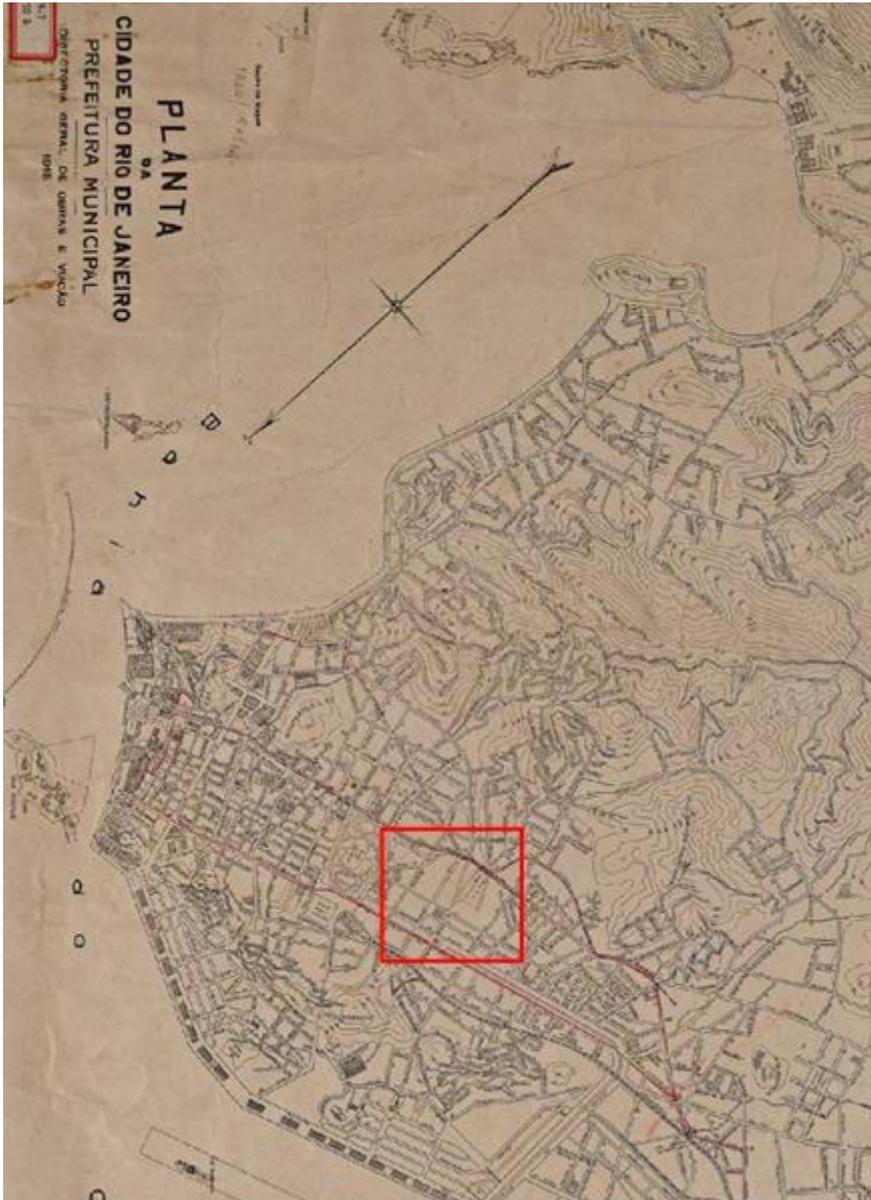


Figura 9 - Planta da cidade do Rio de Janeiro de 1915. (Fonte: Menezes, arquivo pessoal), em evidência a área antes ocupada por manguezais.

## 1.2. Sensoriamento Remoto

A expressão “Sensoriamento Remoto” foi criada na década de 60, por geógrafos da “US Office Naval Research”, quando o uso de satélites, até então exclusivo dos militares, passava também para a esfera civil (Cracknell & Haynes, 1991).

Para investigar ou elaborar qualquer hipótese, os cientistas necessitam observar a natureza e seus fenômenos. A coleta de dados e observação dos fenômenos pode ocorrer através de visitas a campo (*in situ*) ou a alguma distância remota do ambiente.

Cabe ressaltar, entretanto, que caso a coleta de dados seja remota, a visita a campo e o reconhecimento da área devem ser sempre realizados, para auxiliar e ratificar as interpretações e análises realizadas.

O Sensoriamento Remoto foi formalmente definido pela *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (ASPRS) como a medição ou aquisição de informação de alguma propriedade de um objeto ou fenômeno, por um dispositivo de registro que não esteja em contato físico ou íntimo com o objeto ou fenômeno em estudo (Colwell, 1983 *apud* Jensen, 2007).

De uma maneira mais simples, podemos dizer que este é o processo para capturar informação sobre alguma matéria ou objeto sem estar em contato físico com estes (INPE, 2006).

A observação do fenômeno de maneira remota se realiza a partir de uma base ou plataforma terrestre, suborbital (em um avião/balão), ou orbital (em um satélite/veículo).

Os sensores orbitais são aqueles em que o instrumento (sensor) para a aquisição dos dados se encontra, principalmente, a bordo de satélites. Os sensores de aquisição podem ser classificados em ativos e passivos. Uma maneira simples de diferenciar os dois tipos de sensores é que os ativos possuem uma fonte própria de energia, a partir da qual as medições são realizadas. Em oposição, os sensores passivos não possuem uma fonte de energia própria, utilizando nesse caso, a energia solar. Em geral, o que se mede é a energia refletida (ou emitida no caso da termal) pelos diversos alvos da superfície terrestre. Cada alvo possui um determinado comportamento e característica frente à energia radiante (a assinatura espectral), o que ajuda na distinção dos objetos (INPE, 2006).

A fonte de energia que se utiliza no sensoriamento remoto ótico, ou seja, nas faixas do visível e infravermelho do espectro eletromagnético, é o sol. Neste caso, o que se mede é a energia refletida pelos diversos alvos da superfície terrestre (INPE, *op. cit.*).

### **1.2.1 – Imagens digitais**

Segundo INPE (2006), a imagem digital é uma função bidimensional adquirida através da leitura dos sensores da intensidade de energia refletida ou emitida em cada coordenada espacial.

Os sensores remotos são caracterizados a partir de diferentes resoluções (espaciais, espectrais, temporais e radiométricas), que serão refletidos em suas imagens. A resolução espacial está relacionada à área mínima medida pelo sensor, representada pelo *pixel*, e quanto maior é esta área menor é a resolução espacial; a resolução espectral está relacionada ao número e a dimensão (tamanho) de intervalos de comprimentos de ondas específicos (bandas ou canais) no espectro eletromagnético aos quais um instrumento de sensoriamento remoto é sensível (Jensen, 2007), sendo assim, quanto maior o número de bandas, maior a resolução espectral; a varredura de um satélite em determinado local da crosta terrestre é, as vezes, periódica, sendo esse período regular e definidor da resolução temporal de um sistema de sensoriamento remoto; por último, mas não menos importante tem-se a resolução radiométrica que, segundo INPE (2006), está associada à sensibilidade do sensor em distinguir os níveis de intensidade do sinal de retorno, ou seja o maior número possível de identificação de níveis de cinza (NC) – por exemplo, uma resolução de 10 bits (1024 NC) é superior a uma de 8 bits (256 NC).

Atualmente existe um grande número de sensores em nossa órbita, cada um com características distintas. A tabela 1 descreve alguns sensores orbitais muito utilizados no Brasil.

Tabela 1 - Alguns sensores passivos orbitais utilizados no Brasil e suas características.

Imageadores	CBERS/CCD	LANDSAT 5/TM	LANDSAT 7/ETM+	SPOT4	ASTER
<b>Bandas Espectrais (m)</b>	5 bandas	7 bandas	8 bandas	5 bandas	14 bandas
<b>Resolução espacial (m)</b>	20m	30m 120 m (termal)	30 m  60 m (termal)  15 m (pan)	20 m  10 m (pan) 1kmx1km (vegetation)	30 x 30 m, 15x15m (pancromático), 60 x 60 m(termal)
<b>Período de revisita :</b>	26 dias	16 dias	16 dias	26 dias  (variável em relação ao ângulo)	variável
<b>Largura da faixa imageada</b>	113 km	185 km	185 km	60 km	60 km

Imageadores	IKONOS	QUICKBIRD	AVHRR/NOAA	MODIS/TERRA	AVNIR/ALOS
<b>Bandas Espectrais (m)</b>	5 bandas	5 bandas	5 bandas	36 bandas	4 bandas

<b>Resolução espacial (m)</b>	4m 1m (pan)	2.44 e 60 m (pan)	1,1 km	250 x 250 m (bandas 1 e 2) 500 x 500 m (bandas 3 a 7) 1,0 x 1,0 km	10 m
<b>Período de revisita (nadir):</b>	1,5 dias	1 a 3 dias	6 horas	1 a 2 dias	42 dias
<b>Largura da faixa imageada</b>	13 km	16.5 Km	2400 km	2330 km	70 km

### 1.2.2 – Correção Geométrica

Durante a aquisição de uma imagem digital, certas etapas podem gerar deformações geométricas na imagem. Segundo Cruz (2009), as principais fontes dos erros geométricos são: o movimento de rotação da Terra durante o processo de aquisição de imagens; a velocidade de “varredura” finita; o amplo campo de visada de alguns sensores; a curvatura da Terra; variações na posição da plataforma de aquisição (altura, velocidade, direção etc.) e os efeitos panorâmicos relacionados à geometria da imagem.

O conhecimento acerca do erro geométrico é crucial para trabalhos que venham a utilizar os sensores orbitais. Para se realizar a maioria dos trabalhos utilizando imagens digitais provenientes de satélites faz-se necessária a correção geométrica da imagem. Ela tem como objetivo transformar os dados de sensoriamento remoto de tal modo que eles adquiram características de escala e projeção próprias de mapas (Cruz, 2009).

Durante a correção geométrica de uma imagem, o posicionamento absoluto deve ser considerado. O posicionamento absoluto é a relação de uma coordenada na superfície terrestre com sua correta coordenada na imagem da mesma área. Entretanto, em estudos de monitoramento que utilizam várias imagens de satélite para o estudo de uma certa área, além do posicionamento absoluto, outro fator é de crucial importância: o posicionamento relativo. O posicionamento relativo é a perfeita correlação entre as diversas imagens a serem analisadas, em outras palavras é a preocupação que uma dada coordenada (x,y) represente o mesmo local em todas as imagens (pontos homólogos).

A qualidade posicional de uma carta ou de um mapa pode ser avaliada através do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). O PEC está inserido nas Normas Técnicas

da Cartografia Nacional, apresentado no Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que consiste:

### CAPÍTULO II

#### Especificações Gerais

##### Seção 1 Classificação de uma Carta Quanto a Exatidão

###### Art.8º

As cartas quanto à sua exatidão devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, segundo o critério abaixo indicado:

1. Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico - estabelecido.

2. Noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas-de-nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico - estabelecido.

§1º Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos.

§2º A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o ErroPadrão -  $PEC = 1,6449 EP$ .

§3º O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

§4º Para efeito das presentes Instruções, consideram-se equivalentes as expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático.

##### Seção 2 Classes de Cartas

###### Art.9º

As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas Classes A, B e C, segundo os critérios seguintes:

###### a- Classe A

1. Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,5 mm, na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2. Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de um terço desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.

### b- Classe B

1. Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,8 mm na escala da carta, sendo de 0,5 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2. Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: três quintos da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de dois quintos o Erro-Padrão correspondente.

### c- Classe C

1. Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 1,0 mm na escala da carta, sendo de 0,6 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2. Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: três quartos da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de metade desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.

Os parâmetros estipulados na classe C podem ser adotados em mapeamentos temáticos, nos quais, a identificação dos diferentes usos e coberturas é mais importante do que a exatidão do georreferenciamento.

Além do georreferenciamento e da exatidão do mesmo, outras características são relevantes para a correta manipulação e análise de imagens de satélite e mapeamento temático. No caso do ArcGis® e Definiens Developer®, para se trabalhar com várias imagens e mapas é necessário que todos tenham a mesma referência cartográfica, ou seja, estejam referenciados ao mesmo datum, tenham a mesma projeção e estejam na mesma escala.

### 1.2.3 – Classificação de Imagens

Classificação de Imagens é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em Sensoriamento Remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse (Spring, 2009). Segundo Jensen (2007), *uso da terra* refere-se ao modo como a terra é usada pelos homens, já a *cobertura da solo* refere-se aos materiais biofísicos encontrados sobre a superfície terrestre. A informação sobre o uso e cobertura do solo em ambientes urbanos é necessária para uma grande variedade de aplicações (Cullingworth, 1997; Wilson et al., 2003b, *apud* Jensen, 2007).

Com a evolução nos estudos acerca de melhores sensores remotos e de técnicas de classificação mais automatizadas, uma série de classificadores desenvolvidos estão disponíveis atualmente.

Os classificadores mais tradicionais podem ser divididos em classificadores pixel a pixel ou por regiões e, em classificadores supervisionados e não-supervisionados.

Os classificadores “pixel a pixel” consideram os níveis de cinza de cada pixel. A comparação é efetuada de modo automático a partir da definição de um algoritmo de classificação.

Em contrapartida, os classificadores por regiões utilizam além de informação espectral de cada "pixel", a informação espacial que envolve a relação com seus vizinhos. Procuram simular o comportamento de um foto-intérprete, reconhecendo áreas homogêneas de imagens, baseados nas propriedades espectrais e espaciais de imagens. A informação de borda é utilizada inicialmente para separar regiões e as propriedades espaciais e espectrais irão unir áreas com mesma textura (Spring, 2009). Para isso, antes da classificação em si, a identificação de regiões é realizada através da segmentação que consiste no agrupamento de pixels que apresentam resposta espectral semelhantes.

Os classificadores podem ser divididos também em supervisionados e não-supervisionados. A classificação não-supervisionada independe, inicialmente, do conhecimento do intérprete sobre a área estudada ou do fenômeno analisado. Esse método não faz nada mais do que agrupar pixels com resposta espectral semelhante, tendo como base de análise os parâmetros (limiares) de maior e menor tolerância. Nesse caso, a identificação das classes é realizada após o processo de classificação.

No método de classificação supervisionada o procedimento é completamente dependente do conhecimento do intérprete durante todo o processo de construção do mapa temático. Sendo o primeiro passo a definição da legenda final do mapa. Além disso, essa técnica exige uma fase de treinamento para geração das assinaturas espectrais, baseada na indicação de amostras.

Além dos classificadores definidos acima, que integram, como mencionado, o grupo dos classificadores tradicionais, existem novos classificadores. A exemplo disto, tem-se os classificadores orientados a objeto, os de redes neurais, e os baseados em árvore de decisão, dentre outros.

### **Classificação Orientada a Objeto**

A classificação orientada a objeto é uma das técnicas mais atuais, sendo cada dia mais aplicada em estudos de mapeamento temático. Esta técnica é constituída da classificação por regiões (segmentação) e de outras técnicas.

A etapa de segmentação realizada no Definiens ® (software utilizado nesse trabalho especializado e classificação) possui como diferencial a capacidade de multisegmentação, que se constitui na capacidade de gerar e usar diferentes níveis de segmentação. Os níveis de segmentação são associados de forma hierárquica (top-down ou botton-up) que consiste na dependência dos atributos determinados no nível acima ou abaixo para a classificação das classes de níveis inferiores.

Outra característica é a possibilidade de se conjugar sensores de diferentes resoluções, sem a necessidade de reamostragem/compatibilização prévia (multiresolução).

A hierarquia de objetos é umas das características principais da classificação, ela possibilita a associação de classes a diferentes níveis hierárquicos, dependendo da natureza de cada uma, o que facilita sua classificação.

Além da hierarquia de objetos, existe também a capacidade de hierarquia de classes, estabelecida na legenda e que possibilita a herança entre classes. Isto permite ainda a geração de diferentes mapeamentos de acordo com a definição do nível do detalhamento escolhido.

Entretanto, um dos maiores diferenciais dessa classificação é a definição de amostra e seleção de descritores de forma independente. Ou seja, pode se optar pelo uso ou não de amostras das classes a serem mapeadas. No caso do uso das amostras, a escolha do melhor descritor para a identificação da classe é feita pelo próprio usuário do sistema, baseando-se na resposta das amostra. A escolha do descritor consiste na leitura dos histogramas (das bandas espectrais, mapas temáticos, etc) e na definição do modelo a ser adotado, podendo-se escolher uma aplicação fuzzy ou booleana, possibilitando assim, o acompanhamento de estatísticas por classe e amostra (grau de pertinência).

### **1.3. Variações Climáticas**

Os fenômenos atmosféricos sempre despertaram o interesse e a curiosidade do homem desde as civilizações mais antigas. Ainda segundo esses autores, os fenômenos

atmosféricos são uma das principais inquietações dos cientistas de desastres naturais em todo o mundo, que tentam compreender suas causas, avaliar suas repercussões e, encontrar formas mais seguras de prevenção para lidar, com sucesso, com os impactos na qualidade de vida e nas atividades econômicas.

As variações climáticas são definidas pelo Painel Internacional de Controle do Clima - IPCC (2007) como mudanças no clima durante um período de tempo, independentemente se forem de origem natural ou o resultado de uma atividade humana, que afetam os sistemas terrestres. Entretanto, nos dias atuais, muito se tem falado em mudanças climáticas e, o que se entende como mudanças climáticas pode ser diferente das variações climáticas.

As variações climáticas podem ser definidas como ciclos naturais, de diferentes escalas temporais, que ocorrem na superfície terrestre. Por outro lado, as mudanças climáticas é um processo que ocorre frente às alterações de origens antrópicas (Marengo, 2004).

Existem fenômenos climáticos nas mais diferentes escalas temporais e espaciais. Os fenômenos El Niño e La Niña que ocorrem no Pacífico Equatorial e o gradiente meridional de anomalias de TSM sobre o Atlântico Tropical afetam regiões sobre a América do Sul, influenciando o clima em uma variância interanual. Além desses fenômenos existem outros de variabilidade interdecadal, ou de longo prazo e de escala mais regional (Marengo, 2007).

As mudanças climáticas, por sua vez, intensificam ou enfraquecem os fenômenos climáticos em alguns períodos e são percebidas nas alterações de fenômenos das mais diferentes escalas, podendo se refletir tanto a nível global, influenciando o Nível Médio Relativo do Mar, por exemplo, como a nível mais regional, na intensificação de furacões ou no regime de temperatura e precipitação locais.

O manguezal, como um ecossistema costeiro que responde rápido às variações do ambiente, responde diretamente a diversos tensores. Soares et al. (2005) afirmam que para compreender o impacto das variações nos manguezais é necessário examinar certos aspectos associados à ecologia desta vegetação. Cintrón et al (1983) descrevem as modificações/ respostas dessas florestas frente a eventos naturais como furacões, maremotos, hipersalinidade. No último caso, por exemplo, consequência do déficit hídrico ligado à pouca precipitação, alta evapotranspiração e poucos aportes terrígenos,

a resposta ao evento seria a diminuição do porte da floresta, densidade, diâmetro e área basal.

Muitos são os estudos que correlacionam o comportamento das florestas de mangue a oscilações climáticas de grande intensidade (principalmente as mudanças no nível relativo do mar), Soares (2005) cita dentre alguns: Baltzer (1970), Woodroffe *et al.* (1980, 1985, 1986, 1987, 1989), Grindrod & Rhodes (1984), Chappell & Grindrod (1985), Grindrod (1985, 1988), Matsumoto *et al.* (1986), Ellison & Stoddart (1991), Woodroffe & Chappell (1993), Mildenhall (1994), Crowley & Gagan (1995), Crowley (1996). Sendo o maior conhecimento acerca das variações as que analisam as variações que ocorreram no Holoceno.

Entretanto, segundo Soares (*op cit.*), poucas são as evidências sobre o impacto de oscilações climáticas de baixa/moderada intensidade. Isto porque, segundo o autor, as alterações causadas por essas oscilações são difíceis de detectar, quando comparadas às alterações provocadas por processos de alta intensidade. Os autores afirmam ainda que embora estas alterações levem à expansão/retração das florestas, este comportamento é observado mais claramente em registros do Holoceno.

Uma análise mais focada nas variações climáticas mais locais e com menos variação temporal, como a variabilidade da precipitação, serviria para entender melhor as peculiaridades de cada floresta de mangue, como elas se comportam não só frente aos eventos globais, mas as diferenças de cada região e aos fatores climáticos que aquela floresta em particular está sujeita.

## 1. LOCALIZAÇÃO

A região estudada, como indicado na figura 10, é o complexo de florestas de mangue encontrado no fundo da baía de Sepetiba, na sua porção leste. A baía de Sepetiba localiza-se no litoral sul, a sudoeste do Estado do Rio de Janeiro compreendida entre os paralelos 22° 53' S e 23° 05' S e os meridianos 043° 33' W e 044° 01' W.

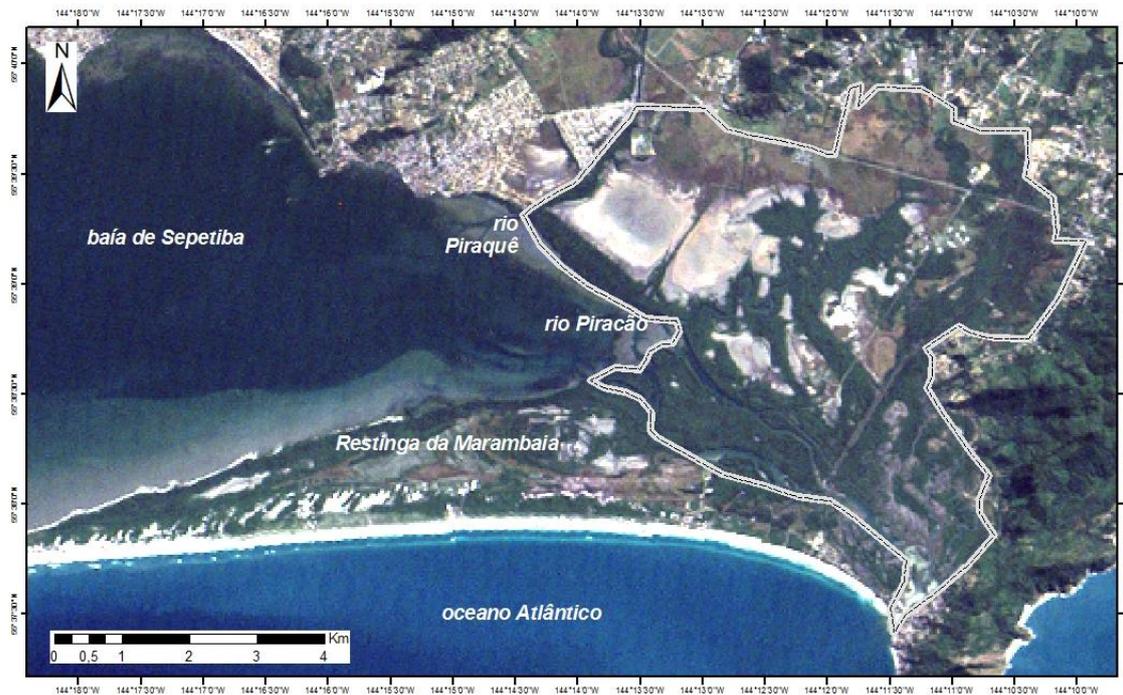


Figura 10 - Localização da área de manguezais em Guaratiba, litoral do Rio de Janeiro, Brasil, as margens da baía de Sepetiba, delimitada de branco a Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba.

## 2. BAIXADA DE SEPETIBA

A área de estudo localiza-se em uma planície costeira Quaternária (Baixada de Sepetiba-Guaratiba), delimitada ao Norte e a Leste pelo maciço da Pedra Branca - que determina a divisão entre esta e a planície de Jacarepaguá- e, ao Sul e a Oeste pela baía de Sepetiba (Soares, 1997). A Baixada de Sepetiba possui uma área de 1700 Km<sup>2</sup> e Guaratiba aproximadamente 40 Km<sup>2</sup>. Topograficamente, possui uma elevação entre zero e três metros acima do nível do mar (Ferreira & Oliveira, 1985).

A área que compreende a baía de Sepetiba, a Restinga da Marambaia e a planície de inundação, possui aproximadamente 500 Km<sup>2</sup>. É através de um estreito canal na região da Barra de Guaratiba (a leste da baía) e pela entrada principal próxima a Itacuruçá e Mangaratiba (a oeste) que a comunicação com o Oceano Atlântico ocorre. Adjacente à comunicação mais estreita (Barra de Guaratiba) existem amplas planícies de inundações colonizadas por manguezais, em consequência da baixa energia e das oscilações da maré.

O regime de marés da região é definido como de micromarés, com amplitude inferior a dois metros (Brasil, 2008). Entretanto, este comportamento é alterado pela influência da componente meteorológica, pelo afunilamento da baía e baixa profundidade, além da influência de diversos canais (Soares, 1997), resultando eventualmente em empilhamento das águas.

O clima da região, segundo a classificação de Köeppen poder ser dividido em: Aw, tropical quente e úmido com estação seca no inverno, típico de baixada e Af, tropical quente e úmido sem estação seca, característico das encostas adjacentes. Isto se dá pela diferença topográfica entre as áreas planas da baixada e as áreas de encosta (Soares, 1997).

Estrada *et al.* (2008) após analisarem dados da estação meteorológica de Guaratiba afirmaram que a média anual de precipitação foi de 1067 mm (entre 1984 e 2004), com média mensal de 137,8 mm na estação chuvosa (da primavera ao outono) e de 43,9 mm na estação seca (inverno). Ainda segundo os autores, na área ocorre uma alta variabilidade interanual da precipitação, indicada pelo alto desvio padrão dos dados.

A média anual de temperatura é de 23,5°C, com amplitude de 5,7 °C o que evidência um padrão de estações bem marcadas. (Estrada *et al.* op. cit.).

Outra característica da região é que parte da área estudada é constantemente inundada pelas marés, sendo os solos classificados segundo CIDE TERRITÓRIO (1997) *apud* Chaves 2001 como: SOLONCHAK SÓDICO (encontrado na região do fundo da baía de Sepetiba, lado continental que se caracterizam por serem solos salinossódicos, mal drenados, com pouca ou nenhuma diferenciação dos horizontes. É encontrado também nas áreas sujeitas às influências das marés, especialmente na desembocadura dos rios, apresentando, geralmente, na sua superfície, formação de crostas de sais cristalinos, durante a estação seca) e, PODZOL HIDROMÓRFICO (encontrado na Restinga da Marambaia, apresentando horizonte B normalmente arenoso

e de espessura variável. Formado ao longo das planícies litorâneas - áreas de relevo predominantemente plano deriva-se de sedimentos areno-quatzosos oriundos de acumulação marinha ao longo do Holoceno.

Os principais rios que deságuam na baía são Itaguaí, o Canal de São Francisco, Rio Cação, Rio da Guarda, Canal do Itá e Canal do Guandu (Soares, 1997). Alguns cursos d'água podem ser assoreados, o que leva à formação de baixios e, posteriormente, de ilhas e canais de maré meandantes, estreitos e profundos (rios Portinho e Piracão) (Roncarati & Barrocas, 1978 *apud* Portugal (2002)). O fato desses rios terem um funcionamento muito mais próximo ao de canais de maré, com fluxo de água doce bastante reduzido e circulação regida basicamente pelas marés, associado à baixa declividade do terreno, propicia a colonização de manguezais em áreas bem afastadas do mar (Soares 1997).

Os rios que recortam as florestas de mangue de Guaratiba são os rios Piraquê, Portinho e João, assim como os canais do Portinho, do Bacalhau, do Pau Torto e do Pedrinho.

### 3. OS MANGUEZAIS DE GUARATIBA

Os manguezais estudados se encontram parte na Restinga da Marambaia, uma área sobre jurisdição militar e parte na Microbacia do Piraquê (com sua maioria na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba), que recebe esse nome por ser esse o rio com maior significância no conjunto. Nessa microbacia estão inseridos os rios Portinho, Piracão, Piraquê, Cabuçu e Gatão.

Outra característica das florestas de mangue de Guaratiba é a existência, como observamos na figura 11 de uma extensa planície com formação de áreas hipersalinas (Pellegrini, 1996, 2000; Soares, 1997). As planícies hipersalinas, dependendo da região recebem outros nomes, como por exemplo, apicuns (denominação indígena). (Dias Brito *et al.*, 1982).



Figura 11 - Foto de um dos apicuns da região de Guaratiba, ao fundo a floresta de mangue. (Fonte: Arquivo NEMA).

Os apicuns estão relacionados à ocorrência de marés meteorológicas (Pellegrini, 2000), a antigas obras de drenagens (Araújo, 1985) e a estações secas bem definidas ao longo do ano (Pellegrini, *op. cit.*). Em seu trabalho, Pellegrini (*op. cit.*) encontrou em um dos apicuns da área de estudo salinidade média de 38,7 na interface com o manguezal, 54,8 em banco de *Salicornia gaudiaudiana* e 103,3 na área sem vegetação.

As florestas de mangue da região, segundo a classificação de tipos fisiográficos proposta por Lugo & Sneadaker (1974) são definidas como de franja e bacia. Os tipos fisiográficos de franja são as florestas encontradas ao longo de margens protegidas, sendo diariamente lavadas pelas marés. Em consequência da lavagem a salinidade é baixa, não apresentando altos gradientes físico-químicos. As florestas de bacia encontram-se nas partes mais internas, atrás das florestas de franja, por sua localização a lavagem pelas águas das marés não é tão frequente, ocasionando um gradiente físico-químico bem marcado o que proporciona assim, uma zonação de espécies.

Quanto à zonação de espécies da região, Corrêa (1996), Soares (1997) e Chaves (2001) fizeram uma vasta descrição da área. Esses autores descrevem em seus trabalhos a floresta próxima à área do Rio Piracão como dominada por *R. mangle* na franja (com

altura média de 6,62 metros), seguida por faixa com altura média de 7,05 metros e embora ainda dominada por *R. mangle*, apresenta contribuição de *A. schaueriana* e *L. racemosa*, caracterizando uma floresta tipo bacia. Em seguida, há uma zona de *R. mangle* que possui uma redução na sua estatura (altura média de 2,99 metros), bem inferior à floresta ribeirinha. A interface floresta-apicum apresenta florestas anãs de *L. racemosa* e *A. schaueriana*, com altura média de 0,64 metros. No apicum existem áreas ora totalmente desprovidas de vegetação, ora com manchas de vegetação herbácea de *Salicornia gaudichaudiana* e indivíduos isolados de *A. schaueriana*. Por fim, na porção mais afastada do “rio” Piracão, há um grande banco de *Salicornia gaudichaudiana*.

Para a floresta nas imediações do Rio Piraquê, Corrêa (1996), Soares (1997) Chaves (2001) e Portugal (2002) apontam que a espécie dominante na franja é *A. schaueriana* (altura entre 5,87 e 6,72 metros) seguida por uma zona com *A. schaueriana* e *R. mangle* com altura média entre 3,36 e 5,84 metros. Na zona posterior, *R. mangle* domina mas há presença de *A. schaueriana* e *L. racemosa*, com altura média variando entre 4,99 e 6,93. Depois desta, há outra zona dominada por *R. mangle* (altura média de 2,64 metros). A faixa de transição floresta-apicum é caracterizada pela presença de floresta anã de *R. mangle*, com altura média de 0,65 metros.

Chaves (2001) e Portugal (2002) ainda descreveram a estrutura vegetal das florestas da Restinga da Marambaia, às margens da baía de Sepetiba. Nas descrições de ambos os autores, *R. mangle* domina a floresta de franja (altura média de 7,58 metros), a faixa posterior é mista, apresentando *A. schaueriana* e *L. racemosa* com altura média de 6,57 metros. A outra faixa é composta por *A. schaueriana* e *R. mangle* dividida em duas partes: uma com elevada presença de grandes indivíduos mortos de *A. schaueriana* e altura média de 1,75 metros e a segunda com indivíduos predominantemente vivos e com altura média de 7,22 metros. A faixa seguinte, com altura média de 5,32 metros, tem domínio de *R. mangle* mas é composta também por *A. schaueriana*. Estas espécies se alternam também na próxima faixa que é seguida por uma floresta dominada por *A. schaueriana* com altura média de 3,41 metros. Em seguida existe uma floresta composta exclusivamente de *R. mangle* (1,47 metros de altura média). A penúltima faixa apresenta alta contribuição de *A. schaueriana* mortas e altura média de 2,09 metros. Na transição floresta-apicum há ocorrência exclusiva de *R. mangle*.

#### 4. HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO

Segundo o inventário Turístico da Zona Oeste, a região de Guaratiba começou a ser habitada em 1579, quando foi concedida à Manoel Velloso Espinha, pela Coroa Portuguesa a doação de uma sesmaria por sua luta junto a Estácio de Sá, contra os Tamoios:

A sesmaria situava-se “ao norte da ilha chamada Marambaia da Barra (hoje Restinga de Marambaia), ao longo da costa, com duas léguas de comprimento e outras tantas em direção ao sertão e mais uma ilha de nome Guaratiba-Aitinga ou Aratuquacima (hoje Barra de Guaratiba), com todas as águas, entradas e saídas”.

A região da baía de Sepetiba, segundo Sampaio (2002), tem importância estratégica desde a época pré-colonial. Isso porque oferece acesso ao mar, à baixada Fluminense e ainda mantém ligação com os “sertões”, através da Serra do Mar. Ainda segundo o autor, as primeiras obras de drenagem foram realizadas no século XVI, pelos jesuítas, os quais descobriram o potencial da região para atividades agrícolas.

Nos séculos seguintes, a região litorânea serviu, basicamente, para as transações comerciais da colônia, com grande movimentação de navios negreiros e comércio de açúcar. Entretanto, após a criação da estação ferroviária de Belém (atual Japeri) o desenvolvimento econômico seguiu a linha férrea, o que fez com que a região sul-sudoeste do estado sofresse um abandono, resultando em decadência na atividade portuária da região.

Outro grande impulso da região ocorreu após a inauguração da Avenida Brasil, que fez com que as áreas aterradas de Itaguaí e Ilha da Madeira fossem alvo de instalação de diversas indústrias. A função da região como pólo industrial foi reforçada com a construção da rodovia Rio-Santos na década de 70, e do Porto de Sepetiba, na década seguinte.

Atualmente a região da baía de Sepetiba vem sofrendo outra grande transformação e injeção de recursos financeiros em virtude da construção do COMPERJ (Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro). Para o melhor escoamento dos bens gerados em nosso estado, o Governo idealizou o Arco Metropolitano do Estado do Rio de Janeiro, que possibilitará que o COMPERJ (em Itaboraí) seja ligado ao porto de Itaguaí ([http://www.desenvolvimento.rj.gov.br/sup\\_compet2.asp](http://www.desenvolvimento.rj.gov.br/sup_compet2.asp)). O arco atravessará os municípios de Itaboraí, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Japeri,

Seropédica e Itaguaí, mudando drasticamente a paisagem que conhecemos. Principalmente, em virtude desse grande complexo foram iniciadas a ampliação do Porto de Itaguaí (ou porto de Sepetiba) o que deve aumentar as atividades portuárias da região.

Mas não é só por conta da Petrobrás que está ocorrendo o investimento de grandes montantes de dinheiro do porto de Itaguaí, empresas como a Gerdau e a Companhia Siderúrgica Nacional também têm interesse na melhoria das instalações da região (Folha Online, 2009).

Além disso, ainda no contexto industrial foi inaugurada esse ano a ThyssenKrupp Companhia Siderúrgica do Atlântico – TKCSA, que também deve aumentar as atividades do porto da região (portal Guaratiba, 2010).

Mas as mudanças recentes na região, não são somente em virtude do crescimento industrial no entorno da baía de Sepetiba. Com a expansão urbana da região oeste e a gradual transformação dos Bairros da Barra da Tijuca e do Recreio dos Bandeirantes em bairros de classe média-alta emergente, toda a região do entorno sofreu modificações. Esses bairros (Barra da Tijuca e Recreio) não só se transformaram em bairros de classe média-alta emergente como se transformaram em importantes pólos de serviços do estado, com seus vários shoppings, restaurantes, hotéis, etc. Em consequência disso, os bairros do entorno, como Guaratiba e Barra de Guaratiba, aumentaram em número de habitantes, em resposta à demanda de mão-de-obra requerida pelos serviços da Barra e do Recreio.

Entretanto, o rápido crescimento da área ocorreu de forma desorganizada e sem oferecer a infra-estrutura apropriada. O último censo demográfico (IBGE, 2000) aponta um crescimento populacional na região administrativa de Guaratiba de mais de 20% (a maior classe de crescimento), mas, a região possui um dos menores Índices de Desenvolvimento Humano para o Estado e, está na menor classe para o número de domicílios ligados a rede geral de esgoto.

Em virtude desse crescimento desordenado da região de Guaratiba e da grande expansão urbana da região, o então prefeito César Maia, através do decreto No. 24230 de 20 de maio de 2004 criou o bairro “Recreio de Guaratiba”. O bairro foi idealizado, como próprio texto do decreto indica, considerando a expansão econômica futura da região metropolitana no Porto de Sepetiba e a “expectativa estratégica quanto a área Restinga da Marambaia”. Entretanto, como observado na figura 12, o futuro bairro

compreenderia áreas ocupadas por florestas de mangue, incluindo grande parte da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba.

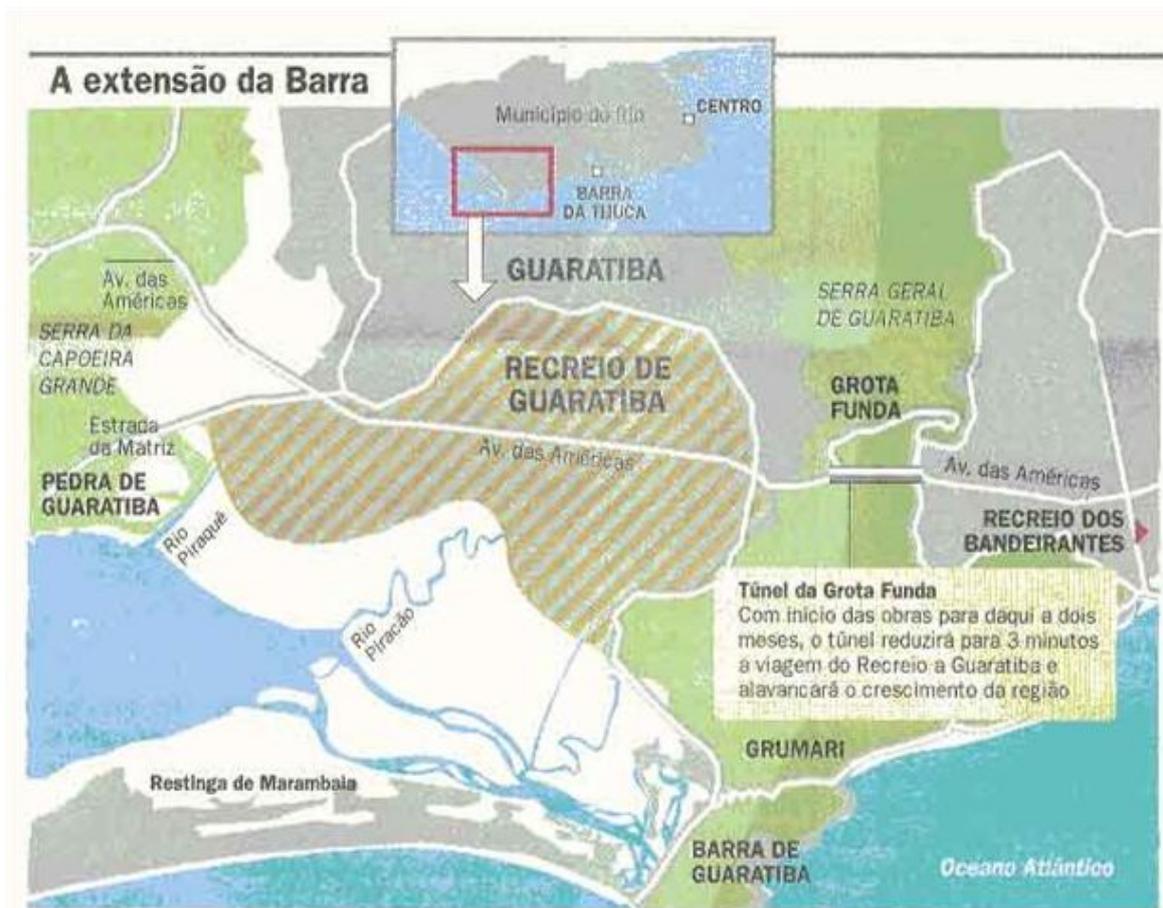


Figura 12 - Figura indicando o bairro de Recreio de Guaratiba, publicada no jornal O GLOBO.

## 1. INTRODUÇÃO

A adoção de técnicas de sensoriamento remoto para o mapeamento do meio ambiente surgiu como uma oportunidade de fazer o levantamento de áreas, anteriormente, pouco analisadas.

No passado, o acesso a ambientes inóspitos, como os manguezais, era bastante complexo. Os mapeamentos dessas áreas mostravam somente os limites do mangue (para auxiliar navegações ou apenas “apontar” o ecossistema), mas não seu arranjo interno ou sua extensão.

Diversos são os trabalhos que tiveram como objetivo mapear e quantificar, em escala mundial, as florestas de mangue. Dentre esses, destacam-se os trabalhos de Spalding et al. (1997) (que compilou as informações disponíveis no mundo), IUCN (1983) e Fisher & Spalding (1993). Os dados destes três trabalhos podem ser observados na tabela 2.

Segundo Spalding *et al.* (1997), mesmo que os totais das áreas de mangue sejam relativamente diferentes, eles nos fornecem uma razoável estimativa da área total de manguezais no mundo.

Tabela 2 - áreas de manguezais estimadas por continente.

Regiões	Área de manguezal (km <sup>2</sup> ) Spalding et al., 1997	Área de manguezal (km <sup>2</sup> ) IUCN, 1983	Área de manguezal (km <sup>2</sup> ) Fisher & Spalding, 1993
Sul e sudeste da Ásia	75.173 (41,5%)	51.766 (30,7%)	76.226 (38,3%)
Australásia	18.789 (10,4%)	16.980 (10%)	15.145 (7,6%)
Américas	49.096 (27,1%)	67.446 (40%)	51.286 (25,8%)
África Oriental	27.995 (15,5%)	27.110 (16%)	49.500 (24,9%)
África Ocidental e Oriente Médio	10.024 (5,5%)	5.508 (3,3%)	6.661 (3,4%)
Área total	181.077	168.810	198.818

**Fonte: Spalding et al. (2007).**

O mapeamento de áreas de manguezais só se tornou mais apurado após certos avanços tecnológicos. Através das técnicas de sensoriamento remoto, por exemplo, foi possível a identificação concreta dos contornos das áreas desse ecossistema, propiciando mapeamentos mais eficazes.

Sem dúvida, o sensoriamento remoto é uma importante alternativa ao tradicional monitoramento de campo em estudos de larga escala em ambientes tropicais (Blasco *et al.*, 1998).

A aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em estudos desse ecossistema surge, segundo Green *et al.* (2000), principalmente com três objetivos básicos: (i) levantamento de recursos; (ii) detecção de mudanças e; (iii) seleção e inventário de sítios de aquacultura .

Em escala nacional, ainda existem poucos trabalhos de mapeamento desse ecossistema considerando técnicas de sensoriamento remoto. O primeiro a tentar mapear a área total desse ecossistema foi Herz (1991). Seu trabalho foi baseado em imagens de 1978 do projeto RADAMBRASIL, através do qual mapeou o ecossistema na escala de 1:250.000. Este mapeamento, embora pioneiro no Brasil, apresentou algumas imperfeições, isto por causa da escala trabalhada, das técnicas disponíveis na época e por problemas de aferição (verdade de campo inexistente).

Entretanto, se existem poucos mapeamentos a nível nacional, estão crescendo o número de trabalhos em escala regional que analisam a distribuição e variabilidade das áreas de mangue. Em paralelo a este crescimento aumentam também os estudos sobre a evolução temporal dessas florestas. Alguns exemplos são descritos a seguir:

Portugal (2002) ao estudar as relações das florestas de mangue e a elevação do nível médio relativo do mar, utilizou fotos aéreas de diferentes datas para análise da evolução do manguezal ao longo do tempo.

Kampel e Amaral (2004) e Kampel *et al* (2005) utilizaram imagens CCD/CBERS e TM/LANDSAT para monitoramento de florestas de mangue no Ceará e Rio Grande do Norte.

Para a região Norte, Souza-Filho (2005) estimou a área dos manguezais de macromaré da Amazônia. Para a pesquisa foram utilizadas imagens Landsat-7 ETM adquiridas em 1999 e 2000 e um Sistema de Informação Geográfica (Arcview 3.3), além do suporte de campo para a confirmação da interpretação visual. No trabalho, a adoção de técnicas de sensoriamento remoto permitiu dividir as florestas de mangue em setores geomorfológicos, o que facilitou uma análise mais completa do ambiente. O estudo determinou que as florestas de mangue da área denominada Costa de Manguezais de Macromarés da Amazônia (CMMA) abrangem cerca de 7.500 Km<sup>2</sup>,

sendo os valores calculados superiores aos de Herz (1991). O trabalho, ainda afirma que os valores diferentes para as estimativas de área de cada autor, nos cálculos globais, estão associados às diferentes metodologias empregadas, incluindo fontes de dados com diferentes resoluções espaciais.

Maia *et al.*(1995) avaliaram as áreas dos manguezais no nordeste brasileiro (estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco). O objetivo do trabalho, além de recalcular as áreas de mangue desses estados, foi comparar seus resultados com os cálculos realizados em Herz (1991). Os autores afirmaram que tal comparação seria fundamental para se definir a evolução do ecossistema manguezal nordestino. No estudo foram utilizadas imagens de satélite Landsat 7 ETM+, IKONOS e QuickBird. As imagens Landsat eram de toda a área de estudo, as IKONOS de algumas regiões do Rio Grande do Norte, enquanto as QuickBird eram de algumas porções do Ceará. Como resultado os autores afirmaram que as florestas de mangue cresceram cerca de 36% em relação aos cálculos realizado por Herz (1991). A comparação entre os dois trabalhos com técnicas e escalas diferentes e, a afirmação do crescimento da floresta, vai em oposição ao informado por Souza-Filho (2005), que afirma que trabalhos diferentes apresentam erros diferentes associados à técnica utilizada e por isso não podem ser comparados. Sendo assim, tal comparação só pode ser realizada de uma forma qualitativa, não quantitativa.

Através dessa breve cronologia, com exemplos de algumas aplicações de técnicas de sensoriamento remoto em manguezais, percebe-se que cada vez mais os cientistas das áreas ambientais estão aplicando estas técnicas de sensoriamento remoto para o estudo do monitoramento do ecossistema manguezal. Evidência comprovada quando analisamos os resumos dos Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR): em 2005 foram apresentados 2 trabalhos envolvendo manguezais ou apicuns (Kampel *et al.*,2005 e Thevand e Gond, 2005) , número que cresceu para 6 nos dois últimos eventos (Esping et al. 2007; Hadich et al., 2007; Krung et al., 2007; Menghini et al. 2007; Passos et al., 2007; Zagaglia et al., 2007; Brandão et al. 2009; Espinoza & Rosa, 2009; Guimarães et al., 2009; Jesus & Haddich, 2009 e Mourão et al., 2009).

Cabe ressaltar, entretanto, que o conhecimento cartográfico é essencial para todas as etapas de um estudo de monitoramento, desde a escolha da imagem, do correto

georreferenciamento, até para comparação e identificação das diferenças entre mapeamentos distintos. Ao se utilizar técnicas que não se compreende, um cientista pode analisar erroneamente certos dados e afirmar precipitadamente fatos interpretados de forma incorreta.

### **2. OBJETIVOS**

Este capítulo tem como objetivo principal analisar a dinâmica das florestas de mangue de Guaratiba entre os anos de 1985 e 2006, identificando as áreas que foram colonizadas por espécies de mangue, e as que perderam a cobertura vegetal. Cabe ressaltar que esta análise será feita ao nível da floresta como um todo, não sendo identificadas as diferentes espécies.

Especificadamente, pretende-se:

- Gerar cartas-imagem da área de estudo para cada cena (data) adquirida;
- Gerar mapas temáticos de cobertura para cada cena adquirida, com as classes: apicum, mangue, água e outros, através de classificação orientada a objeto;
- Analisar a evolução da floresta de mangue entre 1985 e 2006 através da geração de mapas temáticos comparativos entre pares de datas próximas (1985x1988, 1988x1991, 1991x1994, 1994x1997, 1997x2000, 2000x2003 e 2003x2006).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

A primeira etapa para a execução desta parte da pesquisa consiste na escolha das imagens a serem analisadas. Com a disponibilização gratuita das imagens provenientes dos satélites Landsat pelo site do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>), uma grande gama de imagens se encontrava à disposição. Sendo assim, primeiramente, teve-se que selecionar as datas que seriam analisadas, para isso utilizou-se o gráfico de médias acumuladas de precipitação do período já mencionado (figura13).

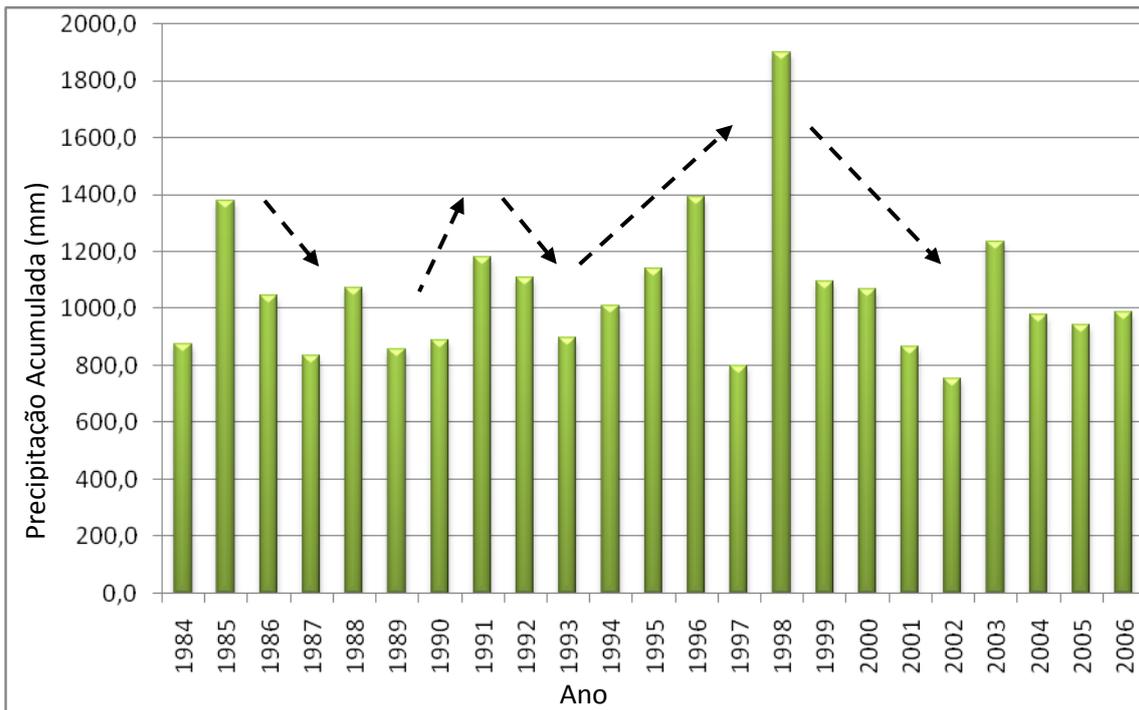


Figura 13 - Gráfico de precipitação acumulada anual da estação meteorológica de Guaratiba.

Com a análise do gráfico das acumuladas anuais de precipitação da estação meteorológica da Marambaia (mais próxima da área de estudo) (figura 13), pode-se perceber alguns padrões sutis de períodos de crescimento e redução das precipitações acumuladas.

Durante toda a série histórica foram identificados períodos onde a tendência geral foi de aumento gradual da precipitação acumulada seguidos por outros períodos onde a taxa de redução foi menor, indicados com setas na figura 13.

O critério para escolha das datas das imagens foi a que melhor compreendesse o início, meio e fim desses períodos de aumento e redução da precipitação acumulada. Como as florestas não respondem imediatamente às mudanças climáticas, um período de 2 anos foi estipulado como suposto período de resposta das florestas a essas mudanças. A escolha do período foi baseada no conhecimento de campo, não só no conhecimento de época da fixação das sementes, mas também no crescimento das árvores até um porte arbóreo (altura, estrutura da copa) e densidade do fragmento em que seja identificada nas imagens de satélite.

O período mais bem marcado de crescimento e redução das precipitações acumuladas é de 1993 a 2002, sendo 1998 o pico de precipitação acumulada para este período. Em consequência disso, a primeira data escolhida foi a de 2000, dois anos após o pico de precipitação acumulada. Após a escolha do ano inicial se estabeleceu um intervalo de, aproximadamente, três anos dependendo da disponibilidade de boas imagens para aquisição.

Para a escolha das imagens, primeiramente fez-se uma lista das cenas disponíveis no site no período seco (inverno), considerando também neste momento a cobertura de nuvens das cenas. O período seco foi escolhido por se perceber que neste período a delimitação dos manguezais é facilitada, nesse período há menor presença de vegetação rasteira no entorno da floresta de mangue, facilitando a modelagem da floresta.

Além da cobertura de nuvens e do período, foi consideradas o estado da maré no momento de aquisição, para tanto, a tábua de marés previstas para cada ano da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN) foi utilizada, sendo sempre priorizadas as imagens adquiridas em maré de quadratura (menor maré mensal) ou com os menores valores apresentados. A consulta à tábua de marés está relacionada à influência da maré alta nas respostas espectrais na imagem, em alguns períodos de maré de sizígia a água chega ao apicium, dificultando a discriminação das classes.

Por fim, foram selecionadas as imagens listadas na tabela 3, todas provenientes do satélite Landsat 5, com o sensor de aquisição Thematic Mapper (TM).

Tabela 3 - Datas de aquisição das imagens selecionadas (órbita/ponto: 217/76).

<b>Ano</b>	<b>Data</b>
1985	4/jul
1988	21/jul
1991	19/jun
1994	29/jul
1997	3/jun
2000	26/mai
2003	23/ago
2006	14/jul

Todo o processo de manipulação e análise das imagens está resumido na figura 14 e será detalhada a seguir.

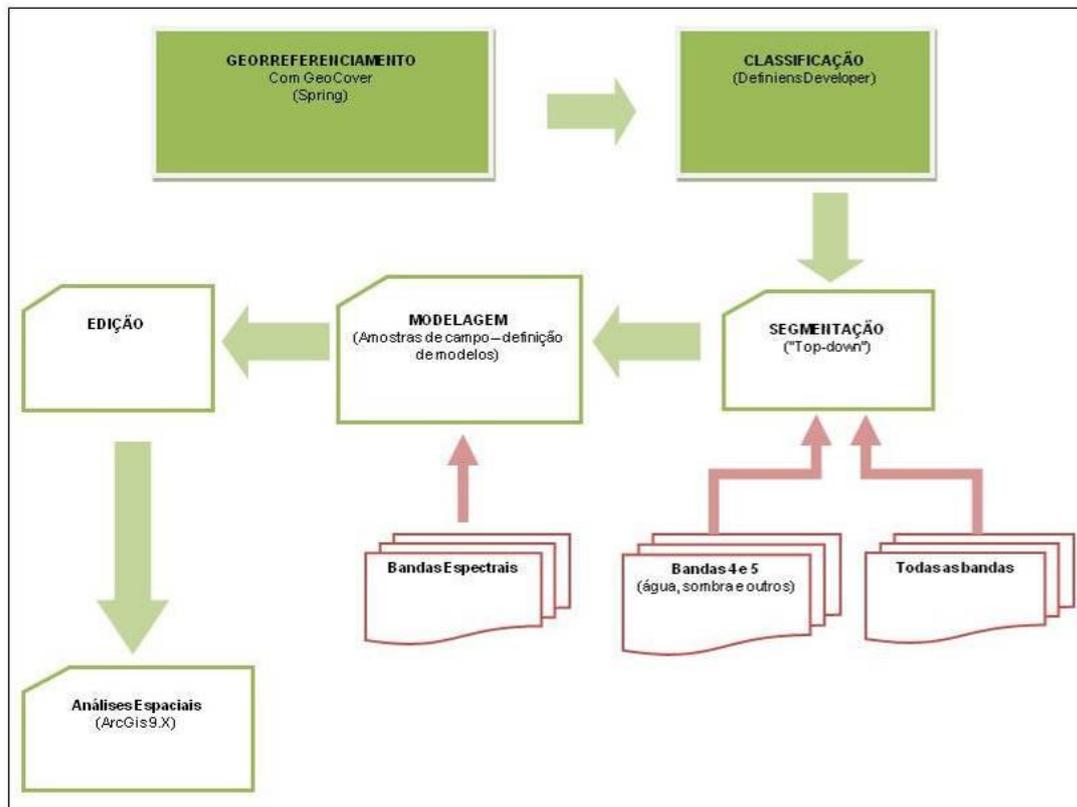


Figura 14 - Fluxograma descrevendo as etapas de análise das imagens.

### 3.1. Processamento Digital de Imagens (PDI)

O georreferenciamento das imagens foi efetuado em ambiente computacional Spring®, com auxílio do software ArcGis® 9.3 para validação dos erros de deslocamento. Como mencionado na fundamentação teórica, apresentada na Introdução Geral dessa dissertação, para o registro das imagens se utilizou como tolerância os erros aceitos pelo PEC, classe C, para um mapeamento 1:50000 (50m).

Para o registro das imagens foram coletados 20 pontos de controle em campo para avaliar a precisão do georreferenciamento do GeoCover®, que consiste em um mosaico de cenas Landsat georeferenciadas e disponibilizadas no site da Agência Nacional Espacial Norte Americana (NASA). O teste efetuado teve resultado aceitável

para o recorte da área de interesse (figuras 15, 16 e 17), apresentando erro máximo de 15 metros, habilitando assim o uso do geocover como fonte de pontos de controle para a correção das imagens. Esta decisão foi importante porque a área de estudo possui muito poucos pontos de apoio, sendo mais adequado o uso de uma imagem de referência. A primeira imagem georreferenciada foi a mais recente (2006), enquanto as demais datas (da mais recente para a mais antiga) foram sendo corrigidas a partir desta primeira imagem.

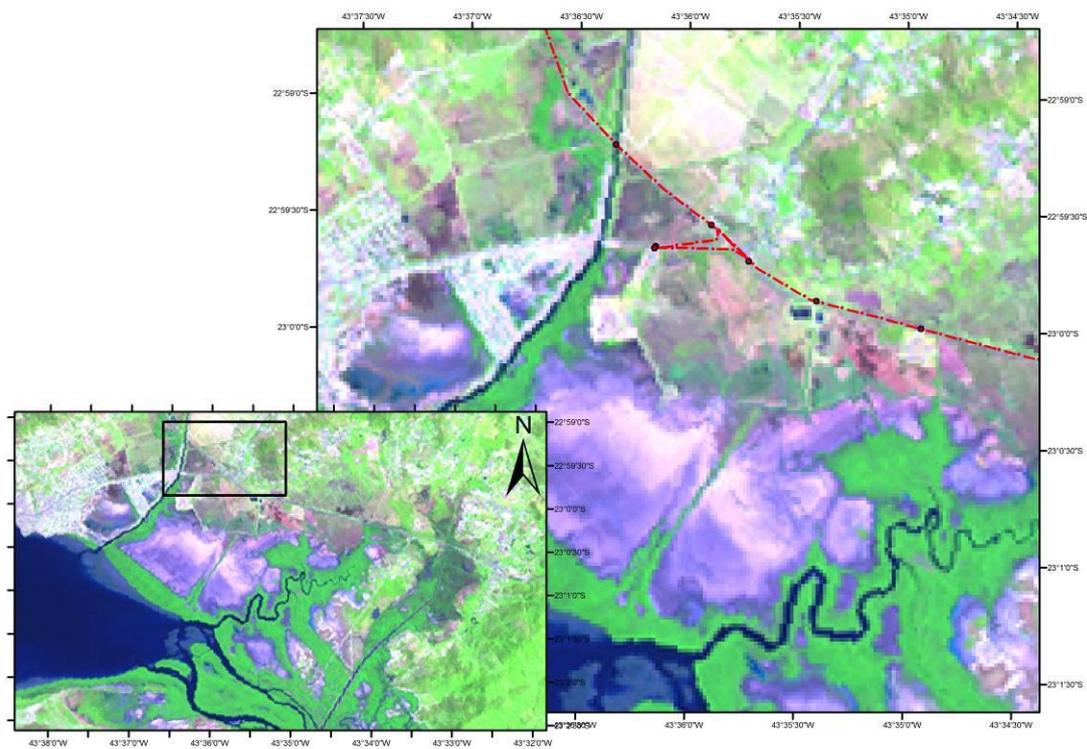


Figura 15 - Ilustração da avaliação de uso das imagens do geocover com rotas e pontos adquiridos em campo, na porção noroeste da área de estudo.

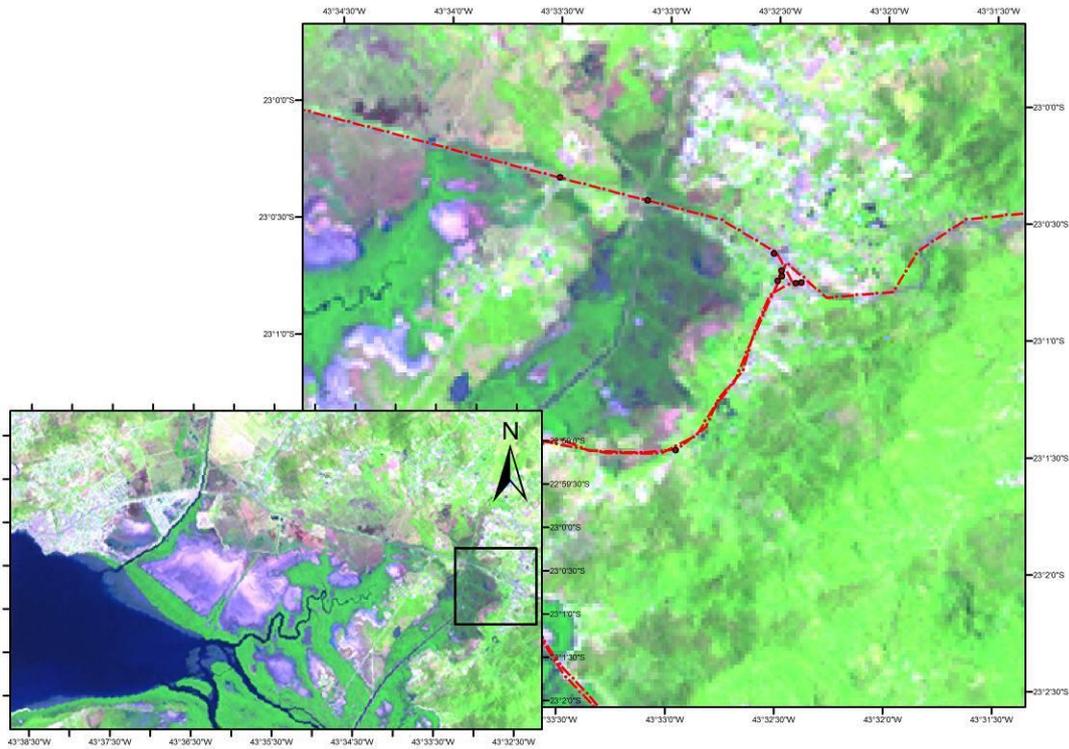


Figura 16 - Ilustração da avaliação de uso das imagens do geocover com rotas e pontos adquiridos em campo, na porção leste da área de estudo.

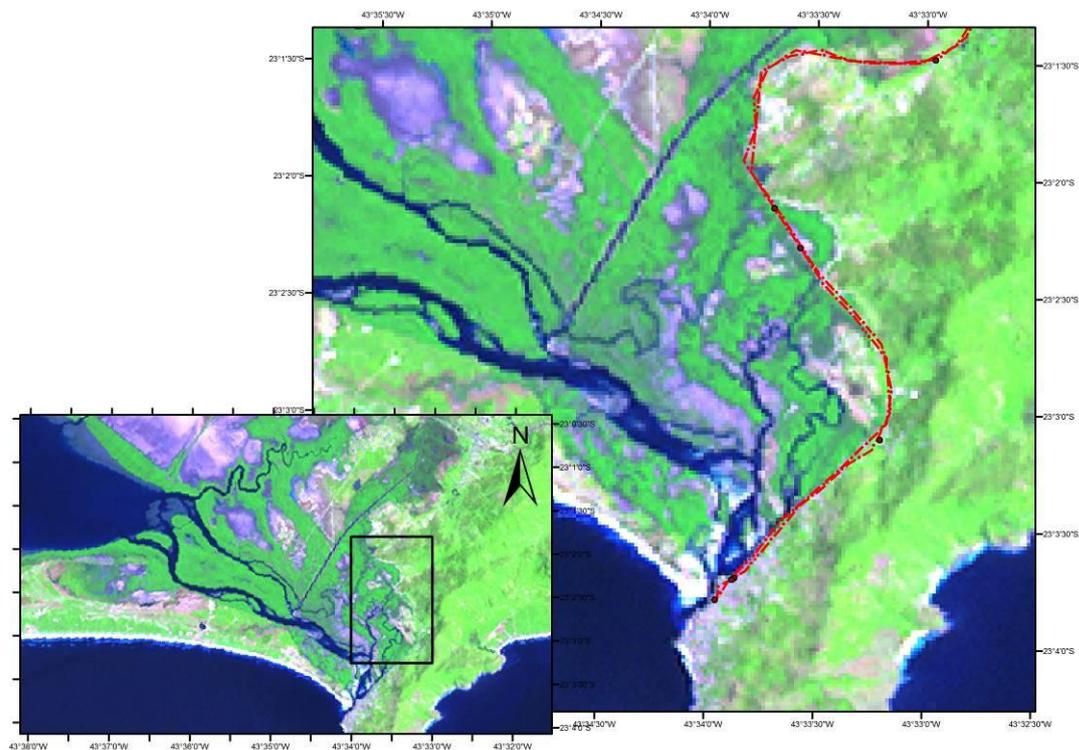


Figura 17 - Ilustração da avaliação de uso das imagens do geocover com rotas e pontos adquiridos em campo, na porção sudeste da área de estudo.

### 3.2. Segmentação e Modelagem

Os processos de segmentação das imagens e de modelagem das classes foram realizados no programa *Definiens Developer*®, que realiza multisegmentação e classificação orientada a objeto.

Para cada imagem foi criado um projeto diferente, os quais foram submetidos aos mesmos processos. A figura 18 representa a hierarquia de classificação proposta para esse trabalho, compreendendo dois níveis de segmentação (Nível 1 e Nível 2).

Primeiramente, as imagens sofreram segmentação, no nível 1, utilizando a banda 4 (infravermelho próximo) e a banda 5 (infravermelho médio), para que os corpos d'água fossem bem delimitados. Neste nível as classes água, sombra e outros foram modeladas e editadas.

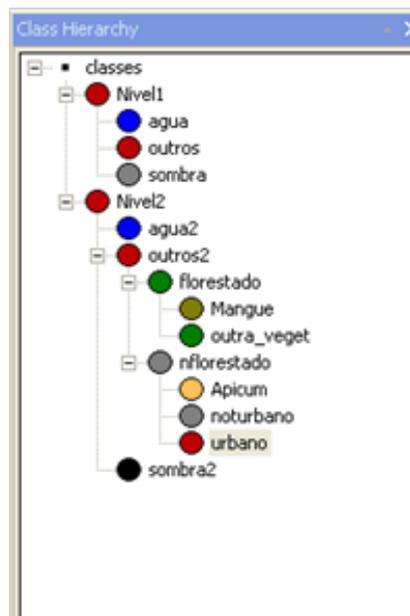


Figura 18 - Classe hierárquica utilizada na classificação.

Após essa classificação, o segundo nível de segmentação foi gerado, desta vez considerando todas as 6 bandas. No segundo nível de segmentação, realizou-se a modelagem das classes finais para o mapeamento (manguezal, apicum, água, urbano e outros), as quais, após o término da classificação automática, sofreram uma primeira edição manual no próprio *Definiens Developer*®.

Após a edição manual, todos os mapas foram exportados, para análises realizadas no programa ArcGis 9.x ®.

### 3.3. Análises Espaciais

Todas as etapas que envolvem as análises das imagens, tais como os cálculos de área, a análise de onde os manguezais cresceram ou foram reduzidos, assim como a quantificação dessas áreas foram realizadas no *ArcGis 9.X*®.

Antes de qualquer análise, o resultado das classificações realizadas no *Definiens Developer*® sofreram edição manual no *ArcGis 9.x*®, para que a edição feita anteriormente fosse avaliada.

Após a edição, foram gerados mapas simplificados que agrupam segmentos de mesma classe (função do *ArcGis 9.x*®), e nestes foram calculadas as áreas de cada classe, para cada data.

Os mapas simplificados foram confrontados, a partir da função *Combine* do *ArcGis 9.x*®, gerando mapas que comparam as classificações de um mapa, com o mapa oriundo da cena adquirida da data posterior. A partir dessas comparações, calcularam-se as taxas de aumento e diminuição dos manguezais por período (1985/1988, 1988/1991, 1991/1994, 1994/1997, 1997/2000, 2000/2003, 2003/2006 e 1985/2006), estudando assim a dinâmica de crescimento/supressão das áreas florestadas.

Além dos cálculos realizados em toda a floresta de mangue (em todo o complexo florestal do fundo da baía de Sepetiba), como um único complexo florestal, foram realizados cálculos, em separado, para as florestas da Restinga da Marambaia e para as florestas da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba. Portanto, optou-se por separar os totais das florestas localizadas no continente que estão sobre a influência direta dos rios (floresta da Reserva) e, das florestas no cordão arenoso da Restinga e das ilhas, que não apresentam rios adjacentes.

Cabe ressaltar que, os mapeamentos foram gerados na projeção e datum UTM/SIRGAS 2000, mas as áreas foram calculadas com a projeção Equivalente de Albers, evitando assim maiores deformações em área.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.2. Os manguezais de baía de Sepetiba.

As imagens georreferenciadas e os mapas temáticos gerados a partir da classificação de cada cena estão representados nesse trabalho nas figuras de 19 a 26.

As imagens mostram que os manguezais ocupam extensas áreas da parte mais interna na baía de Sepetiba. Além de margearem a baía, os manguezais se espalham ao longo das margens dos rios e dos vários canais da região. Suas maiores planícies hipersalinas são encontradas na porção continental, na área da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba. Também são encontrados apicuns ao longo da margem da restinga da Marambaia, na porção mais interna da restinga (onde apicuns são bordados por manguezais e, em alguns momentos, uma pequena área sem vegetação é observada na Ilha de Bom Jardim).

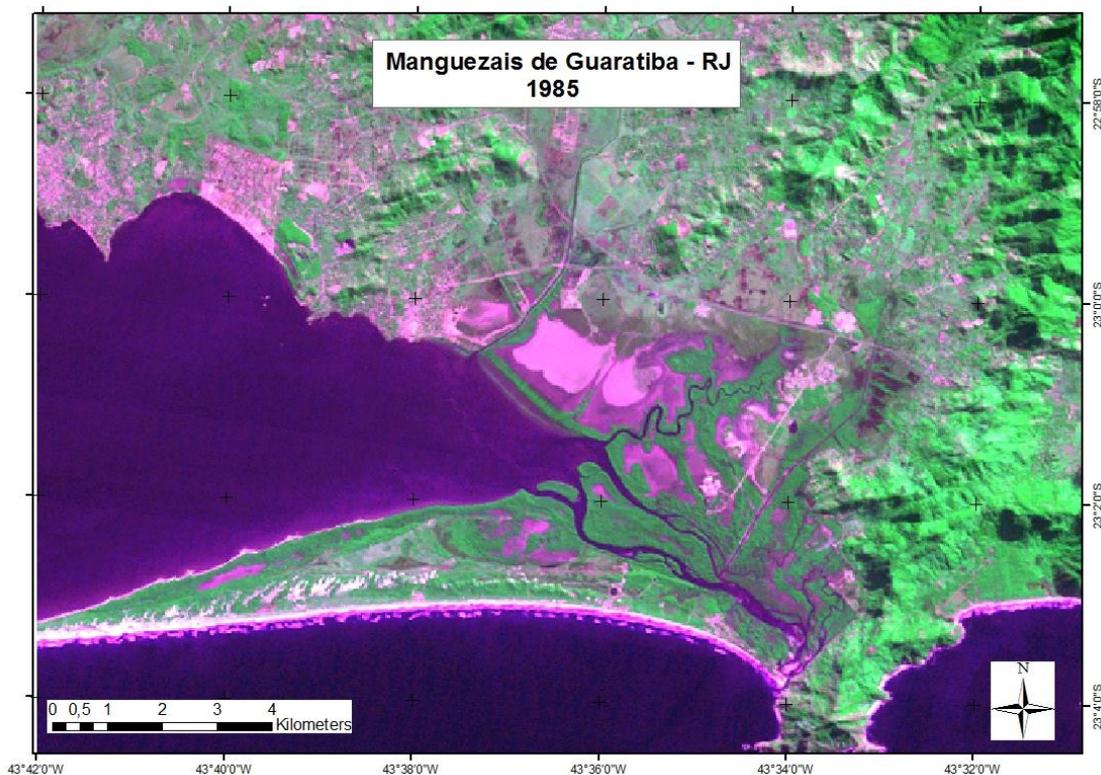


Figura 19 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 1985 (composição RGB 342).

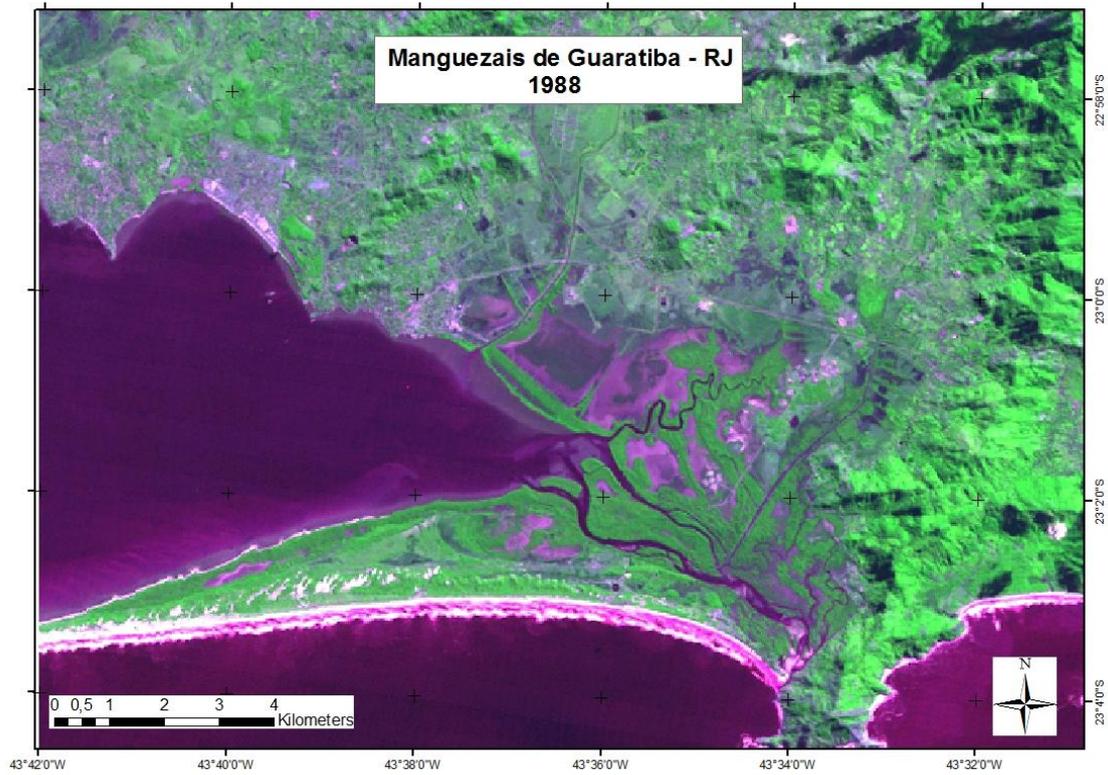


Figura 20 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 1988 (composição RGB 342).

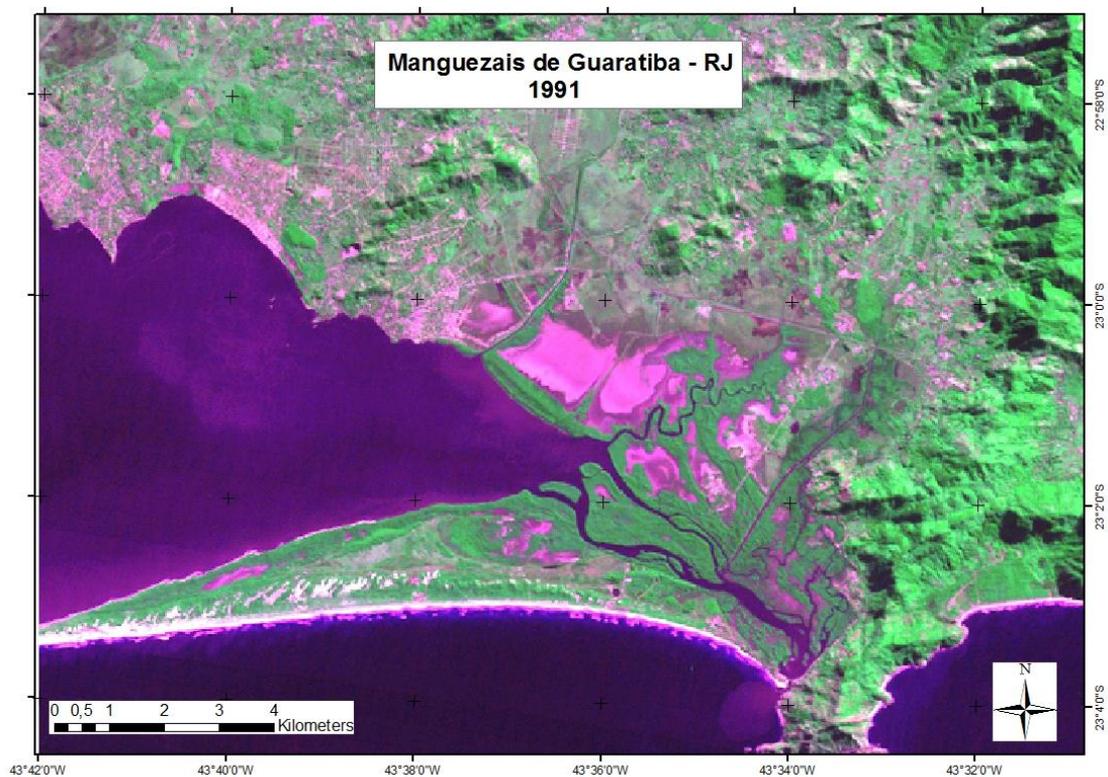


Figura 21 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 1991 (composição RGB 342).

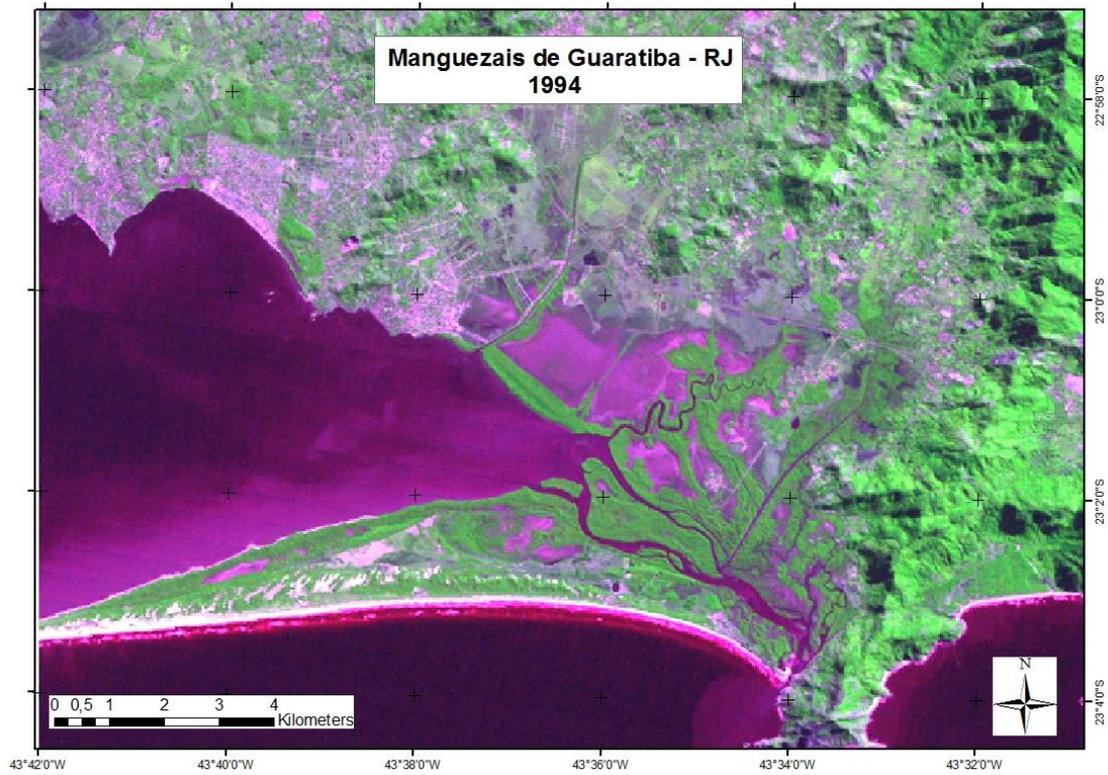


Figura 22 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 1994 (composição RGB 342).

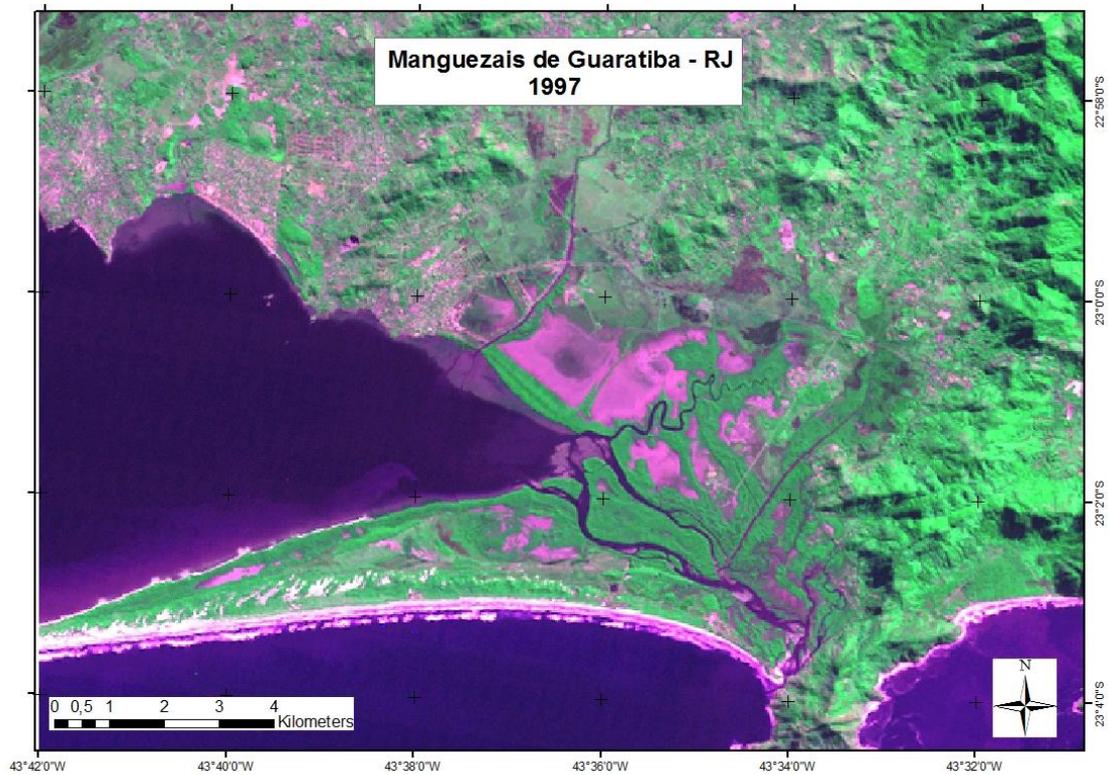


Figura 23 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 1997 (composição RGB 342).

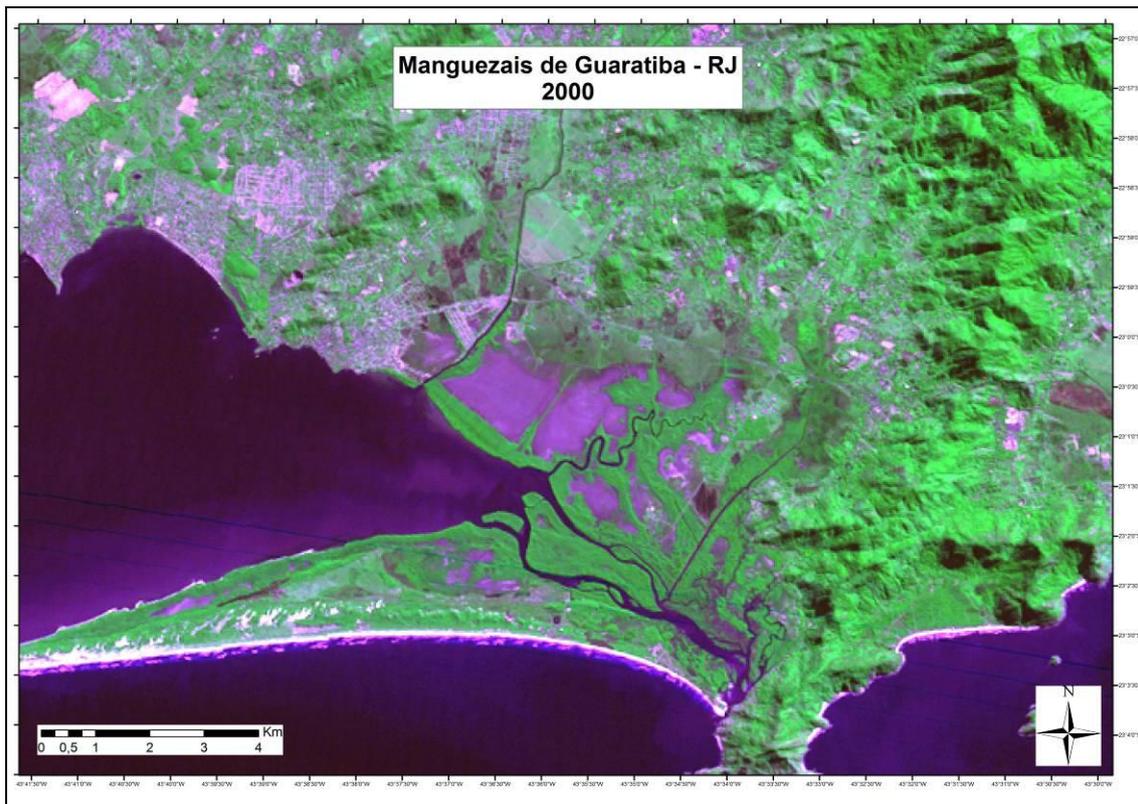


Figura 24 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 2000 (composição RGB 342).

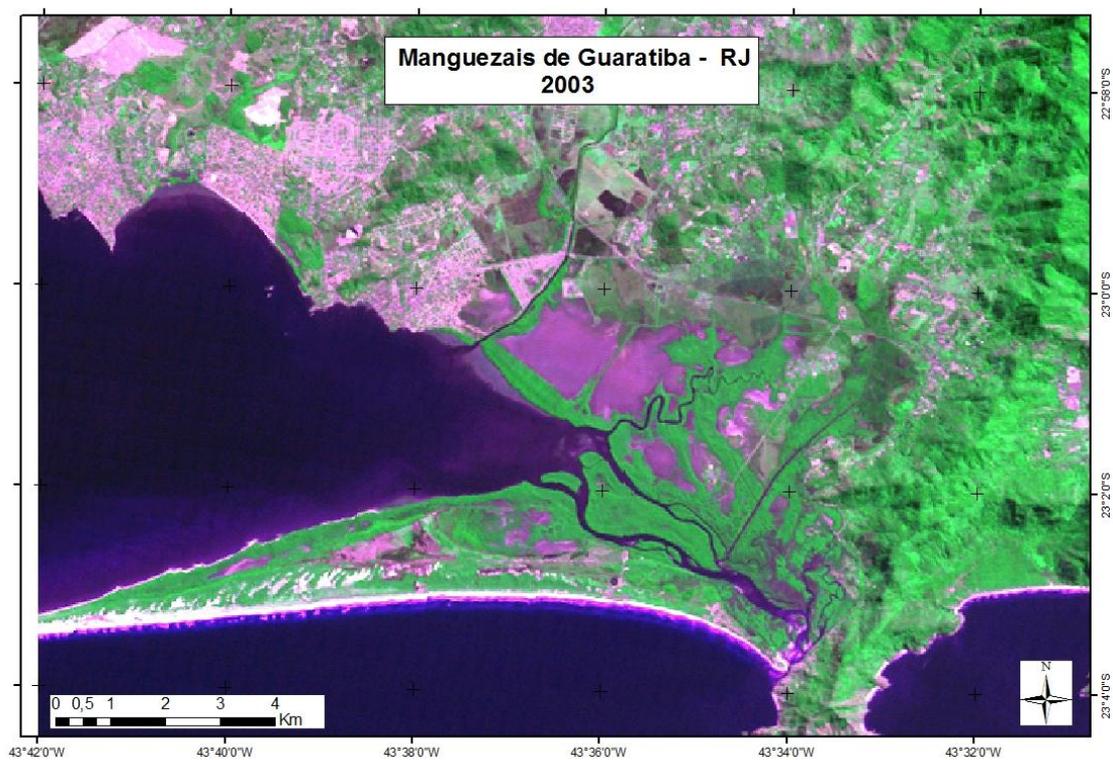


Figura 25 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 2003 (composição RGB 342).

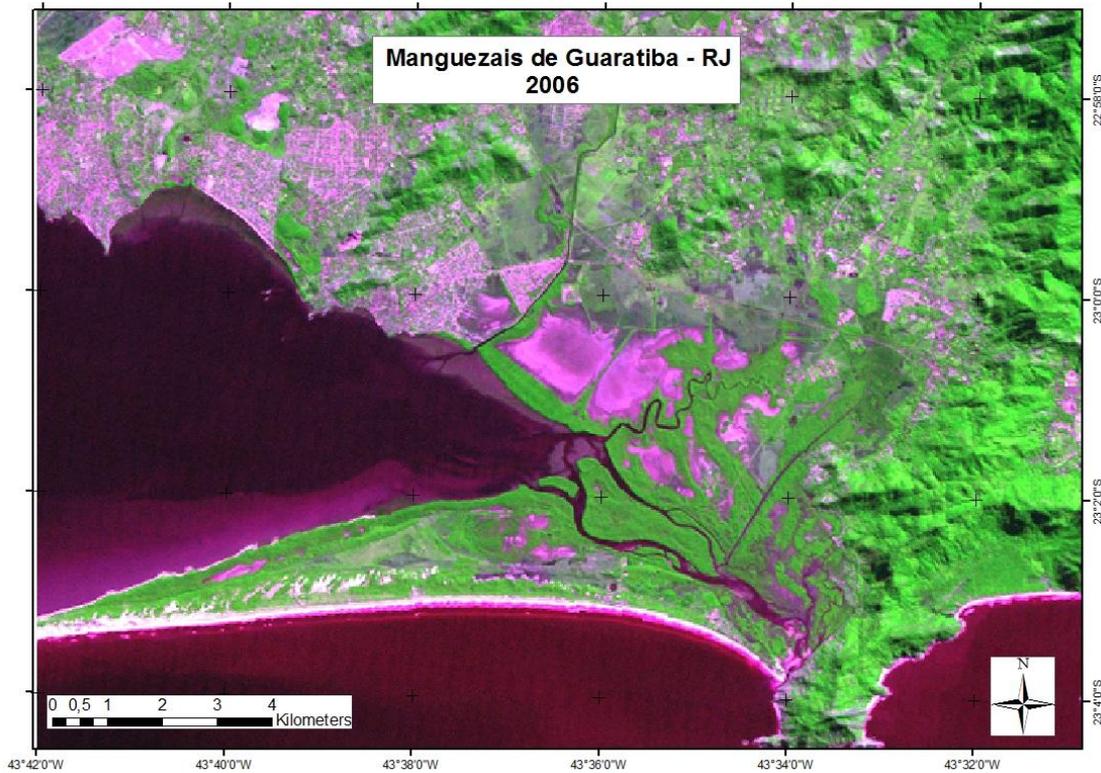


Figura 26 - Carta imagem em falsa na cor dos manguezais de Guaratiba de 2006 (composição RGB 342).

Os cálculos de área e a relação de aumento ou redução de cada classe comparada ao mapeamento anterior, para todo o complexo de florestas de Guaratiba, se encontram nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Área total das classes mapeadas no monitoramento (em Km<sup>2</sup>).

Classes	Ano da Imagem							
	1985	1988	1991	1994	1997	2000	2003	2006
Mangue	17,05	17,55	18,80	18,03	19,00	19,16	19,24	20,88
Apicum	10,02	10,77	9,09	9,83	9,92	8,83	8,95	8,24
Urbano	5,53	7,60	10,00	11,34	13,25	15,24	15,25	15,71
Água	65,80	65,57	65,60	65,79	65,31	65,13	64,35	64,06
Outros	67,22	64,13	62,14	60,57	58,16	56,26	56,83	54,73

Tabela 5 - Variação das classes mapeadas por período (em Km<sup>2</sup>) (em vermelho períodos que a variação foi negativa e, em verde, períodos em que a variação foi positiva).

Classes	Ano das imagens						
	1985-1988	1988-1991	1991-1994	1994-1997	1997-2000	2000-2003	2003-2006
Mangue	0,50	1,249	-0,77	0,96	0,18	0,08	1,64
Apicum	0,65	-1,69	0,74	0,09	-1,09	0,12	-0,71
Urbano	2,06	2,40	1,34	1,90	1,99	0,02	0,46

<b>Água</b>	-0,23	0,03	0,19	-0,48	0,82	-1,78	0,29
<b>Outros</b>	-3,09	-2,00	-1,57	-2,41	-1,90	0,57	-2,10

A área total dos manguezais cresceu durante o período analisado, aumentando de 17,05 km<sup>2</sup> em 1985 para 20,88 km<sup>2</sup> em 2006, o que representa um acréscimo de aproximadamente 22% nas florestas de mangue iniciais.

O aumento foi relativamente constante durante todo o monitoramento, com exceção da imagem de 1994, única que apresentou diminuição das florestas quando comparada ao período anterior (1991).

Concomitantemente ao crescimento dos manguezais, as áreas das planícies hipersalinas diminuíram entre 1985 e 2006, reduzindo de 10,12km<sup>2</sup> para 8,24km<sup>2</sup>. Entretanto, a dinâmica de área dos apicuns não se apresenta de forma inversa à floresta de mangue. Os apicuns apresentaram aumento em sua área total entre os anos de 1985 e 1988, 1991 e 1994, 1994 e 1997 e 2000 e 2003. O resultado é basicamente, resposta da variação da área de apicum localizado fora dos limites da reserva, próximo à área urbana. Os apicuns dessa região se encontravam, ora alagados, ora cobertos por gramíneas, ora totalmente exposto, o que dificultou sua delimitação.

A classe “outros”, que agrupa pastagens e outros tipos de vegetação diminuiu de área durante o monitoramento, apresentando no início 67,22 km<sup>2</sup> e no fim 54,71 km<sup>2</sup>. Esta era a classe com maior área no início do monitoramento, mas ao fim da série histórica, esta perde para água, classe que apresentou valores relativamente constantes durante o período de análise. A maior diminuição em área da classe outros confirma a sua grande relação com as demais classes, sendo altamente influenciada pela dinâmica das florestas, dos apicuns e do crescimento urbano.

A classe, “urbano” foi a única que apresentou crescimento em todos os anos analisados. O aumento foi de cerca de 10 km<sup>2</sup>, com valores de 5,53 km<sup>2</sup> em 1985 e 15,71 km<sup>2</sup> em 2006. Cabe ressaltar que as maiores taxas de crescimento dessa classe foram nos períodos entre os anos de 1985 e 1991, quando se teve o registro de um grande crescimento urbano na área.

A análise simultânea de todas as classes, efetuada através das tabelas 4 e 5, indica fatos relevantes sobre as florestas de mangue de Guaratiba.

A figura 27, que representa graficamente a evolução da área de cada classe ao longo do monitoramento, mostra que, as maiores variações em Km<sup>2</sup> foram as das

classes “outros” e “urbanos”. Embora essas duas classes tenham sofrido maior variação (em Km<sup>2</sup>) no período, em termos absolutos, quando se analisa essas mesmas mudanças em valores percentuais, percebe-se que algumas classes tiveram variações próximas a classe “outros”. O aumento progressivo dos manguezais é resultado, primeiro, da sua não degradação na maior parte da área de estudo, devido aos mecanismos de proteção legais e, segundo a própria expansão da floresta frente as planícies hipersalinas. A diminuição dos apicuns é resposta não só a expansão dos manguezais, como descrito acima, mas também a expansão urbana nas regiões fora da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba. Por último, a classe “outros”, que diminui principalmente pela expansão da classe “urbano”.

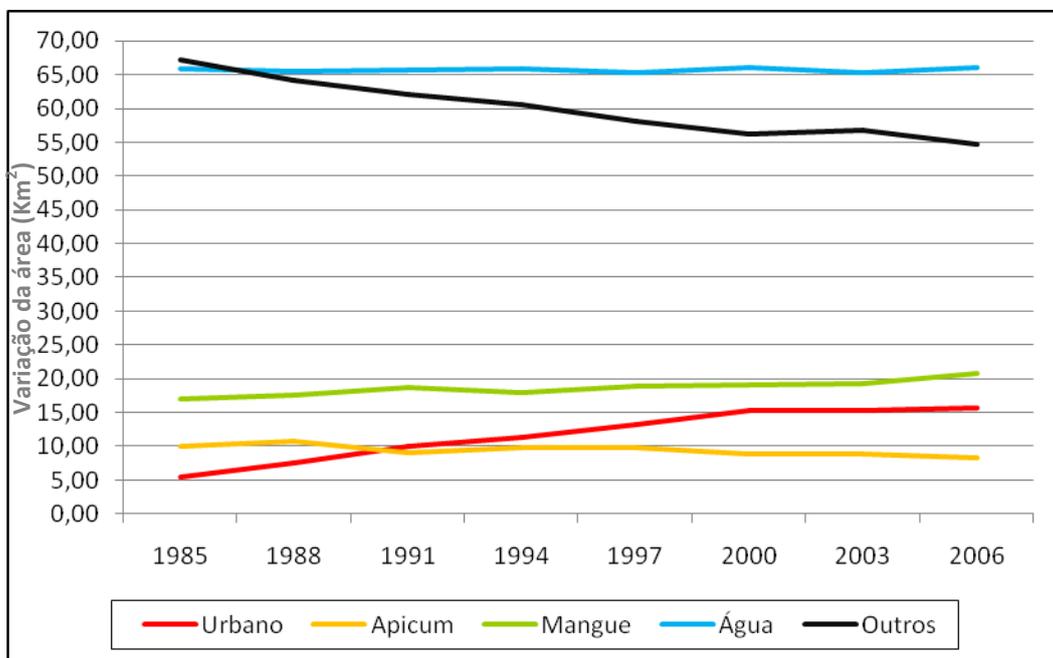


Figura 27 - Evolução da área (em km<sup>2</sup>) de cada classe, ao longo do tempo na região da Baixada de Guaratiba e Restinga da Marambaia.

A tabela 6 apresenta a variação de área (percentual) em relação ao mapeamento com data anterior, sua análise indica que, embora a classe outros apresente grande variação em Km<sup>2</sup>, a evolução percentual das classes apicum e mangue apresentam valores próximos, ou até superiores. Em 1988, por exemplo, a classe outros apresenta uma área 4,59% menor que a de 1985, as áreas de apicuns, na mesma data, apresentou 7,51% de crescimento. Assim, percebe-se que as classes “apicum” e “mangue” apresentaram alta variação de área em termos relativos.

Tabela 6 - Variação percentual de cada classe em relação ao período anterior.

	1985/1988	1988/1991	1991/1994	1994/1997	1997/2000	2000/2003	2003/2006
<b>Apicum</b>	7,51%	-15,62%	8,19%	0,90%	-10,99%	1,34%	-7,89%
<b>Manguê</b>	2,96%	7,12%	-4,09%	5,31%	0,92%	0,41%	8,50%
<b>Urbano</b>	37,30%	31,57%	14,03%	16,20%	15,05%	0,09%	3,00%
<b>Água</b>	-0,35%	0,05%	0,29%	-0,73%	1,26%	-1,18%	1,09%
<b>Outros</b>	-4,59%	-3,11%	-2,52%	-3,98%	-3,27%	1,01%	-3,69%

Além do descrito até aqui, outra evidência interessante é a relação intrínseca entre o manguê e apicum. Tal relação é comprovada pelo comportamento oposto das duas classes, observado com mais detalhe na figura 28, quando uma classe apresenta aumento de área a outra, concomitantemente, apresenta diminuição. Esse fenômeno é mais claramente evidenciado nos períodos 1988/1991, 1991/1994, 1997/2000 e 2003/2006. Em alguns momentos, a área de apicum não acompanha o comportamento da área de florestas de manguê, como no ano de 1988, isto porque, as áreas descampadas ganham espaço frente a outros tipos de cobertura vegetal, por exemplo.

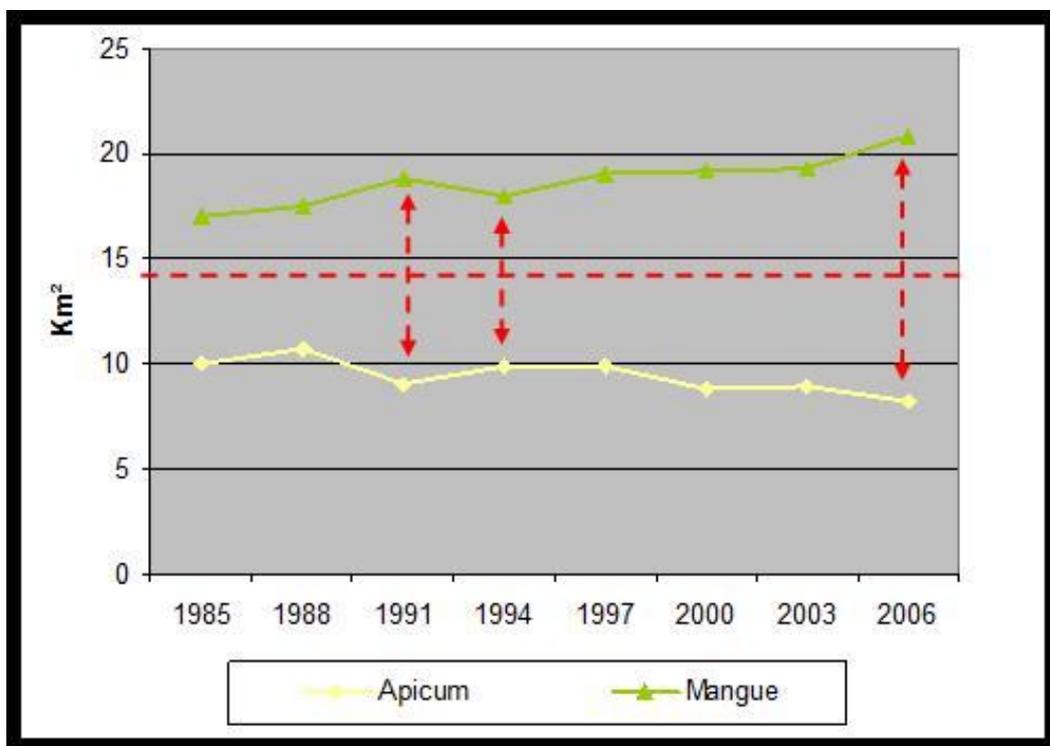


Figura 28 - Áreas de manguê a apicum, em Km<sup>2</sup>, durante o monitoramento, sendo as linhas tracejadas a linha média entre as variações (sem setas) e exemplos de simetria (com setas).

Essa relação intrínseca entre manguê e apicum já foi constatada anteriormente por trabalhos desenvolvidos no NEMA-UERJ (Soares et al. 2005, por exemplo), e está relacionada aos pulsos de colonização de espécies de manguê na porção de transição entre as florestas e os apicuns.

De maneira qualitativa, os manguezais na área de estudo não tiveram seu padrão de distribuição drasticamente alterado ao longo dos anos analisados. Suas florestas, como observados nas figuras de 29 a 35, são encontradas tanto em uma porção da restinga da Marambaia, como na parte continental.

Através das análises dos mapas comparativos entre as datas (figura 29 a 35), verifica-se que as mudanças de colonização/supressão das florestas ocorreram principalmente nas bordas das florestas, tanto na transição com as planícies hipersalinas como na franja em contato com o corpo hídrico.

Em 1985, uma área sem vegetação foi observada no interior do bosque adjacente ao rio Piraquê e às margens da baía. Esta área degradada foi parcialmente colonizada entre 1985 e 1988 (figura 29) e, totalmente coberta em 1991. Nesse mesmo período (entre 1985 e 1988) observou-se colonização na porção mais interna da Restinga.

Cabe ressaltar que, embora tenha sido atribuída a essa área a classificação de apicum ela pode tanto ter apresentado mortalidade das árvores nesse período, como apenas desfolhagem das copas. Apenas uma análise maior desse processo pode nos fornecer uma idéia, mas concreta do que ocorreu. Recentemente, foram observadas em visitas a campo grande regiões onde indivíduos de *Avicennia* perderam suas folhas por causa de uma praga, um idéia seria comparar as imagens desse ano com as imagens analisadas nesse trabalho.

Além dessa área degradada às margens da baía de Sepetiba, ainda na imagem de 1985, foi observada uma área à montante do canal do Portinho onde há indícios de manguê degradado, mas que aparecem na imagem como regiões alagadas, então, não se sabe ao certo se são manguezais degradados, áreas alagadas, ou árvores desfolhadas. Ao se observar a imagem a conclusão é a de que alguma coisa no sistema fez com que todos os manguezais sofressem algum tipo de impacto, talvez ocasionado por uma obra de retificação. Entretanto, pesquisas foram feitas e nada foi descoberto, logo, apenas suposições podem ser feitas. Essa área a montante do canal do Portinho só reaparece colonizada, no ano de 1991 (figura 21).

No período de 1991 a 1994, como em todos os outros períodos, houve ocorrência tanto de colonização, como de supressão de manguezais. As áreas suprimidas foram, principalmente, as que foram colonizadas no período anterior.

No período seguinte (1994 a 1997) ocorreu colonização em várias áreas, principalmente na transição florestas-planícies hipersalina. Seguindo esse padrão, foi observada uma grande área de colonização nos apicuns da Restinga da Marambaia.

Entre 1997 e 2000, novamente foram observadas a colonização/supressão nas bordas das florestas de manguê. Além de ocorrer colonização em muitas áreas que no período anterior, tinham sofrido supressão. Esse comportamento, observado várias vezes, sugere que esse balanço de supressão/colonização ocorre nas mesmas regiões. Trabalhos desenvolvidos pelo NEMA *in situ*, indicam que o crescimento da floresta de manguê na região ocorre em pulsos, e que periodicamente há colonização e depois morte da área recém colonizada, até que haja fixação permanente na área, possivelmente em função de um momento mais propício para isto (Soares et al. 2005).

No período de 2000 a 2003, muitas áreas de mortalidade de floresta foram identificadas na margem da Restinga da Marambaia e, na porção mais interna onde estão presentes os apicuns.

O período de 2003 a 2006 evidencia, mais uma vez, a dinâmica maior na área da restinga da Marambaia. Área essa que sofreu mais variações ao longo do tempo analisado.

Com todo o descrito e observado até aqui, fica claro uma dinâmica durante todo o período de colonização e supressão. Em todos os momentos são identificadas áreas em que há colonização por manguê e outras em que essa vegetação desaparece, ambas as ocorrências são observadas, principalmente nas bordas das florestas (na transição floresta-água e floresta-apicum, mas freqüentemente nessa última). Caso as condições locais propiciem uma taxa maior de colonização que supressão, haverá crescimento da floresta, se a taxa de supressão for maior os mangues iram retrair seu tamanho, ou seja, é o balanço final da colonização *versus* supressão que determina a manutenção das áreas de manguezais. Esse fenômeno cíclico destaca a importância da manutenção dos apicuns e espaço do entorno das florestas para o equilíbrio do ecossistema.

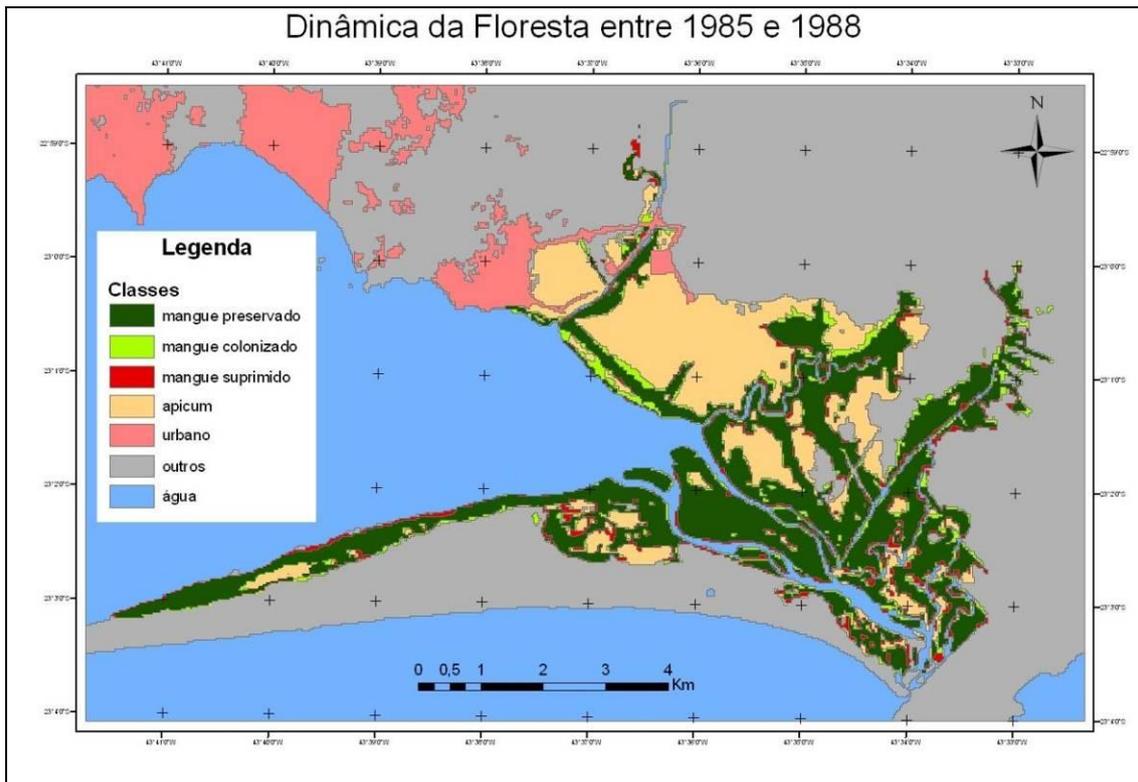


Figura 29 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 1985 e 1988.

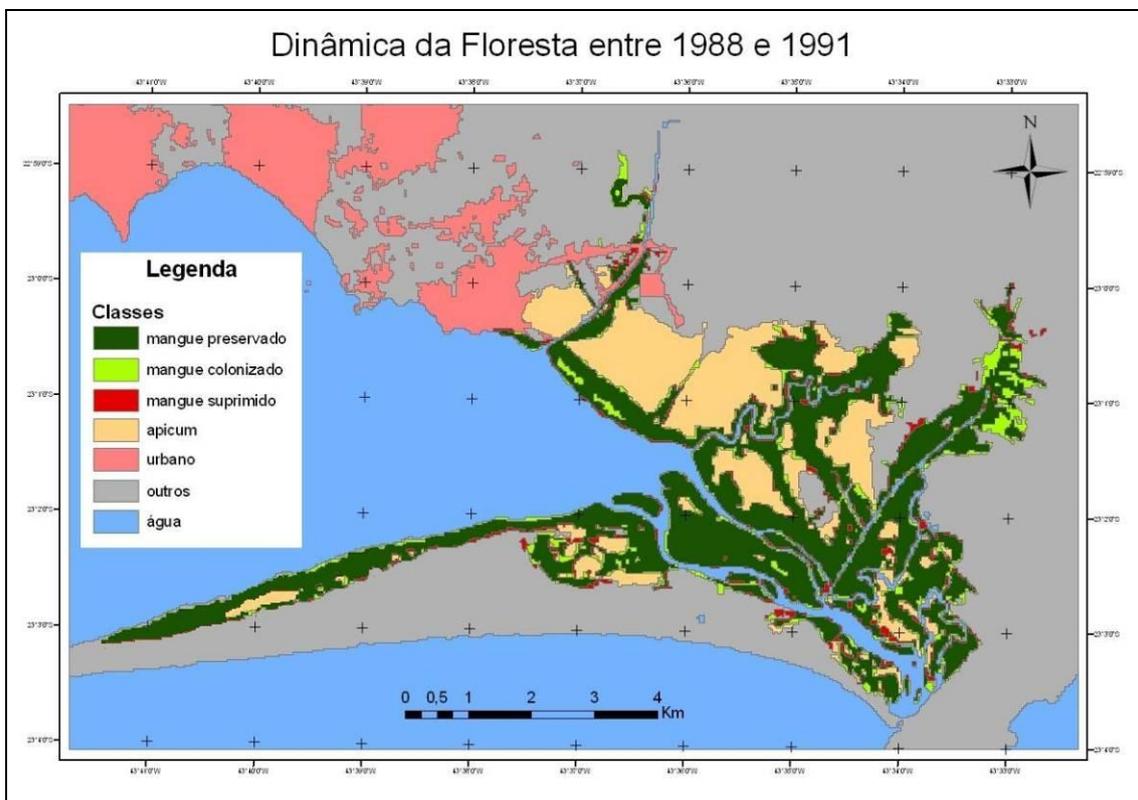


Figura 30 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 1988 e 1991.

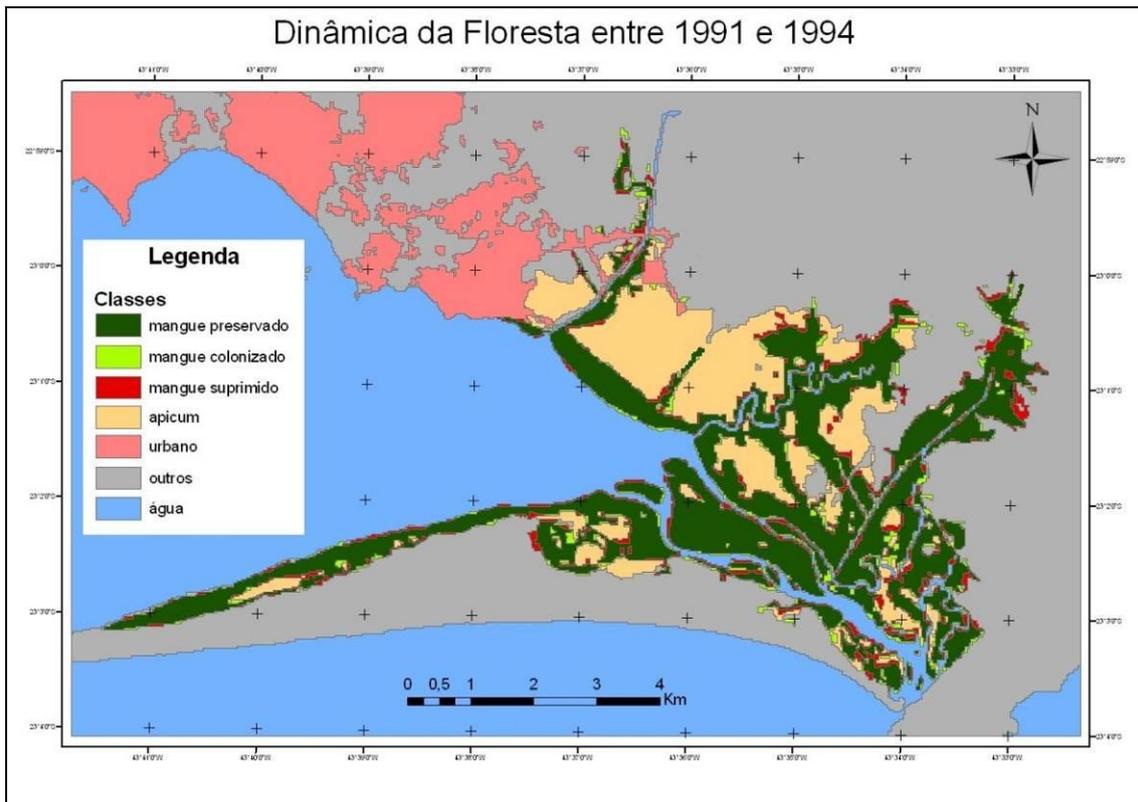


Figura 31 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 1991 e 1994.

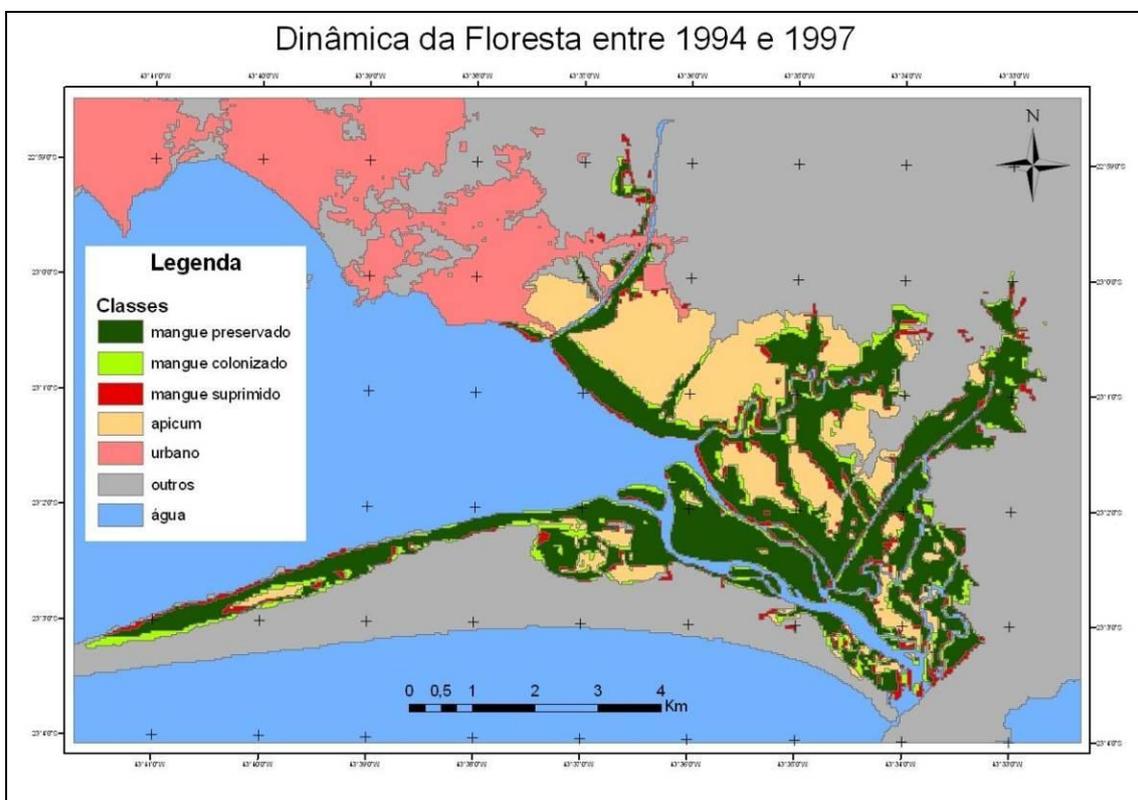


Figura 32 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 1994 e 1997.

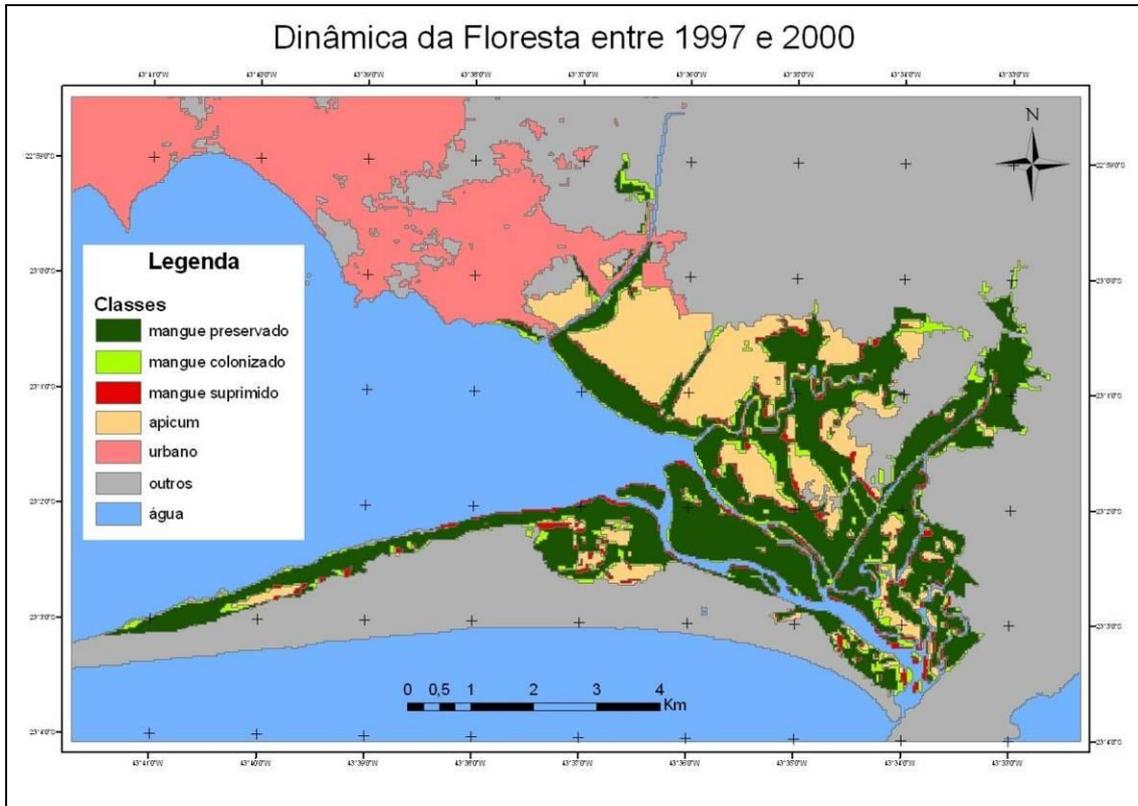


Figura 33 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 1997 a 2000.

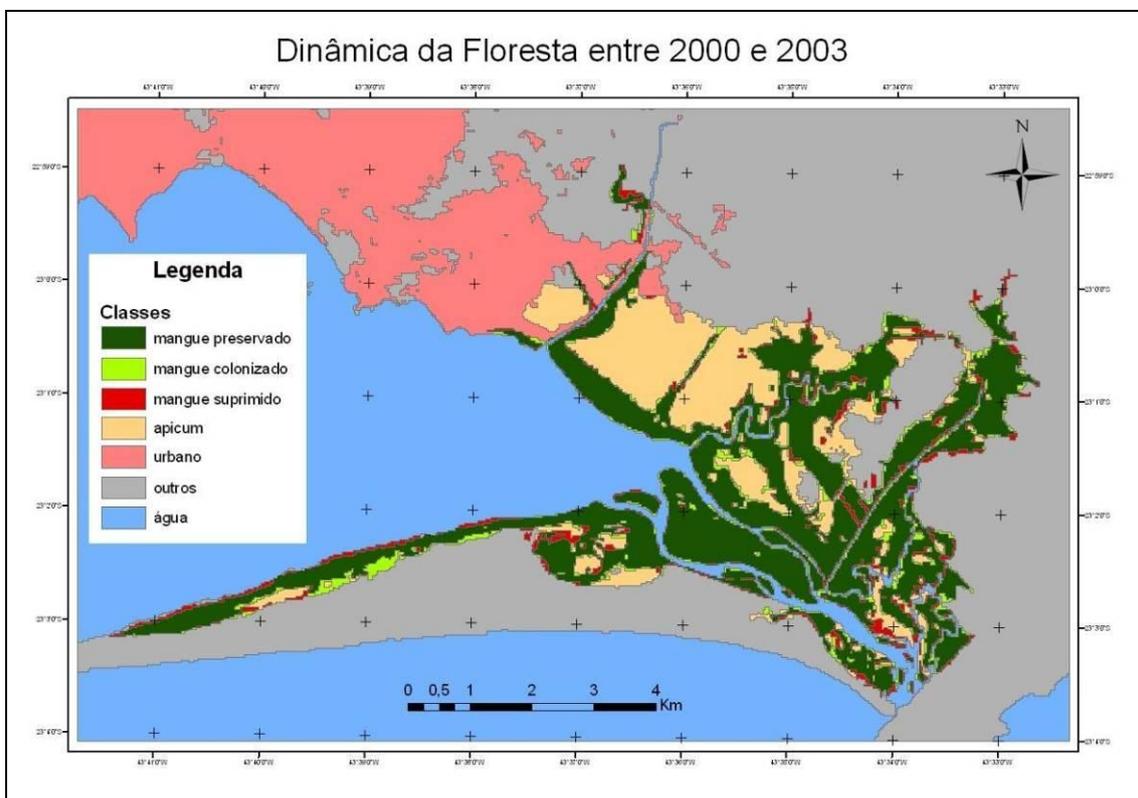


Figura 34 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 2000 a 2003.

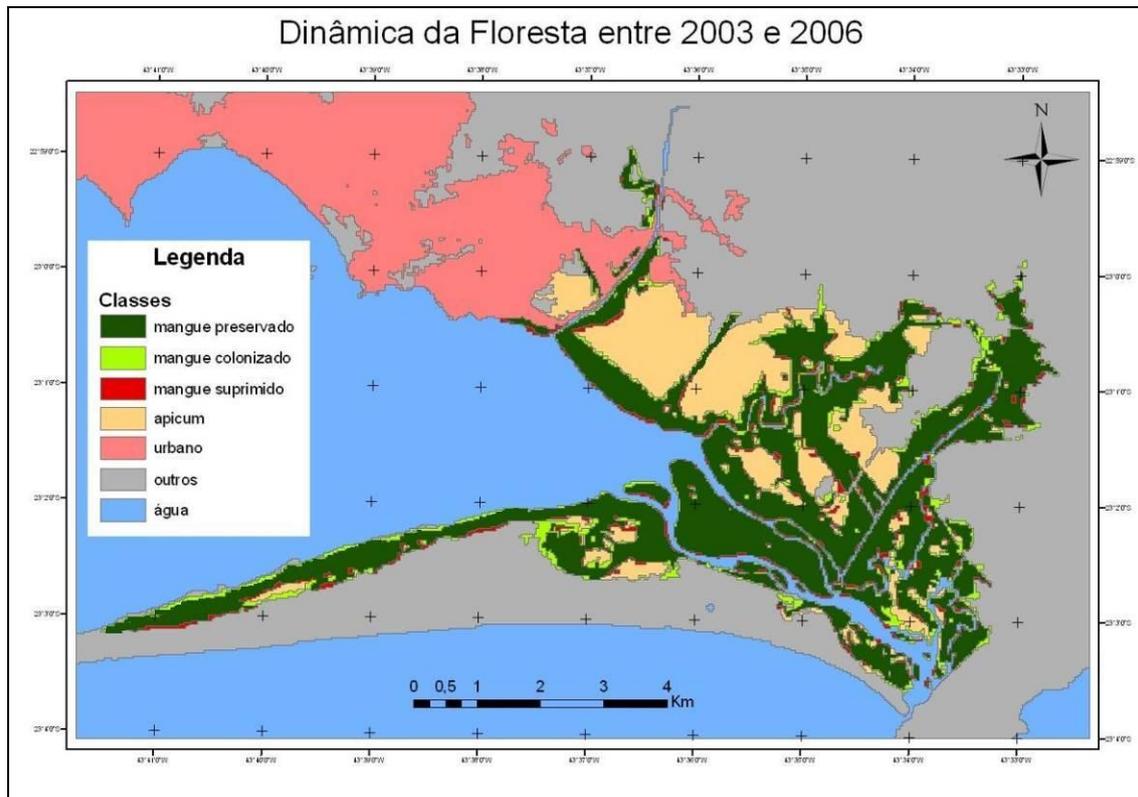


Figura 35 - Mapeamento da dinâmica dos manguezais entre 2003 a 2006.

Através dessa pequena análise, percebe-se que ao invés de se observar os manguezais da região como um único complexo de floresta, esses também podem ser analisados a partir de certas diferenças locais. Como mencionado na introdução deste trabalho, os manguezais da área de estudo podem ser divididos quanto à influência direta dos corpos hídricos.

As florestas de mangue localizadas na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba, os fragmentos encontrados na desembocadura oeste do Rio Piraquê e a norte da Estrada de Guaratiba estão localizados próximos e/ou adjacentes aos rios locais, sendo influenciados diretamente pelo aporte de água doce da região. Por outro lado, os manguezais localizados na Restinga da Marambaia e na Ilha do Bom Jardim, não apresentam em suas imediações, rios ou lagos, não sofrendo tão diretamente a influência dos corpos hídricos da região de estudo.

Assim, ao se separar essas duas áreas e, analisar a evolução das áreas de florestas de cada uma, percebe-se que o padrão evolutivo descrito até aqui para todo o complexo, não é similar para as duas regiões.

**4.1.1. Manguezais da Restinga da Marambaia**

As florestas da restinga da Marambaia estão distribuídas ao longo da sua margem interna (voltada para o continente), em uma faixa alongada que se estende da comunicação do oceano até o meio da restinga. Próximo à ilha do Bom Jardim, as florestas de mangue se estendem para a parte mais interna da restinga, porção esta que apresenta apicuns rodeados por mangue.

As florestas dessa porção representam cerca de 35% dos manguezais da área de estudo e, embora também apresente um aumento em sua área total no período monitorado, de 6,64 km<sup>2</sup> em 1985 para 7,34 km<sup>2</sup> em 2006 (tabela 7), os períodos de aumento e diminuição das florestas são distintos.

A área total dos manguezais da Restinga aumentou nos períodos de 1988 a 1991, 1994 a 1997 e 2003 a 2006, em valores crescentes de 0,31km<sup>2</sup>, 0,58km<sup>2</sup> e 0,72 km<sup>2</sup>. Em comportamento oposto, houve redução de 0,18 km<sup>2</sup> entre 1985 e 1988, 0,37 km<sup>2</sup> entre 1991 e 1994, 0,34 km<sup>2</sup> entre 1997 e 2000 e, 0,02km<sup>2</sup> entre 2000 e 2003.

Ainda que, o número de períodos de redução de área das florestas seja superior aos de crescimento de área, os crescimentos foram superiores aos valores de redução, o que refletiu no aumento da área de mangue da restinga da Marambaia (Tabela 8).

Tabela 7 - Área (em Km2) de cada classe, na Restinga da Marambaia.

Classe	1985	1988	1991	1994	1997	2000	2003	2006
<b>Apicum</b>	1,17	1,33	1,13	1,36	1,09	0,99	1,02	0,89
<b>mangue</b>	6,64	6,46	6,77	6,40	6,98	6,64	6,62	7,34
<b>outros</b>	11,39	11,59	11,63	11,62	11,69	11,51	11,92	11,26
<b>água</b>	36,73	36,55	36,39	36,54	36,16	36,78	36,37	36,44

Tabela 8 - Variação de cada classe (em Km2), na Restinga da Marambaia (em vermelho períodos que a variação foi negativa e, em verde, períodos em que a variação foi positiva).

Classe	1985 -1988	1988-1991	1991-1994	1994-1997	1997-2000	2000-2003	2003-2006
<b>Apicum</b>	0,15	-0,19	0,23	-0,27	-0,10	0,03	-0,13
<b>mangue</b>	-0,18	0,31	-0,37	0,58	-0,34	-0,03	0,72
<b>outros</b>	0,20	0,041	-0,01	0,07	-0,18	0,41	-0,66
<b>água</b>	-0,18	-0,16	0,15	-0,38	0,62	-0,41	0,07

A classe “água”, assim como “outros”, teve comportamento que se pode se considerar altamente estável. Isso porque a variação da água está relacionada somente com a

variação da costa e, a da classe “outros”, a basicamente, áreas cobertas por areia e/ou vegetação de restinga.

Cabe ressaltar que a quantificação de água dessa região, também engloba a parte oceânica, mais variável em função da ação das ondas, o que influencia também na quantificação dessa classe.

O que se pode perceber ao analisar somente essa área é a forte relação entre o manguezal e o apicum, quando um aumenta o outro diminui, indicando mais uma vez a relação forte entre as duas classes. Os apicuns dessa área, diferente da parte continental, não estão sobre influência da ação antrópica, indicando que essa variação se dá por causas naturais.

#### 4.2.2 Manguezais da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba

As florestas de mangue da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba representam 64% das florestas de mangue da área de estudo, compreendendo 12,79 km<sup>2</sup> em 2006. A evolução dessa floresta, como indicado na tabela 9, é similar à descrita para todo o complexo de florestas de mangue da baía de Sepetiba, com crescimento durante toda a séria história (de 9,93 Km<sup>2</sup> para 12,79 km<sup>2</sup>), com exceção do período entre 1991 e 1994, no qual as florestas foram reduzidas em 0,38 km<sup>2</sup>.

Outra semelhança são os maiores registros de crescimento nos períodos de 1988 a 1991 e 2003 a 2006, estes de 0,80km<sup>2</sup> e 0,76 km<sup>2</sup>, respectivamente. Os demais períodos também apresentaram aumento de área, de 0,63 km<sup>2</sup> de 1985 a 1988, 0,44 km<sup>2</sup> tanto de 1994 a 1997 quanto de 1997 a 2000 e, 0,17 km<sup>2</sup> de 2000 a 2003.

Tabela 9 - Área (em Km<sup>2</sup>) de cada classe, na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba.

	1985	1988	1991	1994	1997	2000	2003	2006
<b>Apicum</b>	8,12	8,10	7,23	7,75	7,99	7,35	7,33	6,91
<b>mangue</b>	9,93	10,56	11,36	10,99	11,42	11,87	12,03	12,79
<b>outros</b>	20,40	19,66	19,59	19,63	18,73	18,95	18,98	18,21
<b>água</b>	0,18	0,21	0,22	0,20	0,24	0,32	0,34	0,47

Tabela 10 - Variação de cada classe (em Km<sup>2</sup>), na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba (em vermelhos períodos que a variação foi negativa e, em verde, períodos em que a variação foi positiva).

	1985-1988	1988-1991	1991-1994	1994-1997	1997-2000	2000-2003	2003-2006
<b>Apicum</b>	-0,07	-0,7	0,35	0,24	-0,73	-0,06	-0,28
<b>mangue</b>	0,63	0,80	-0,38	0,44	0,44	0,12	0,76
<b>outros</b>	-0,73	-0,07	0,04	-0,71	0,21	0,02	-0,61
<b>água</b>	0,03	0,00	-0,01	0,04	0,07	0,03	0,13

Como aqui não foram consideradas as florestas fora do limite da reserva, estas classes não sofreram influência da ação antrópica, por isso as classes “outros” e “água” apresentam uma estabilidade maior que a análise da primeira parte desse capítulo, com todo o complexo florestas.

Além disso, é evidenciado mais uma vez a relação entre os apicuns e as florestas de mangue, visto que quando uma apresenta saldo positivo, a outra classe apresenta variação negativa.

Entretanto, identificou-se, em 1985 (figuras 19 e 29), uma grande clareira na floresta de mangue adjacente ao rio Piraque, às margens da baía de Sepetiba. Essa clareira já estava parcialmente recolonizada em 1988, e totalmente em 1991. Logo, se o intuito é estabelecer o avanço/supressão da floresta frente as condições climáticas, essa área regenerada deve ser reduzida nos cálculos, uma vez que o processo que ocorreu nesta clareira é diferente do que ocorre em todo o período monitorado. Essa mudança, representada na tabela 11, não muda a dinâmica das florestas, mas reduz os valores de colonização, a ponto da colonização ocorrida entre 2003 a 2006 se transformar, na maior do período.

Tabela 11 - Variação de cada classe (em Km<sup>2</sup>), na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba, sendo excluída a área regenerada no interior da floresta.

	1985-1988	1988-1991	1991-1994	1994-1997	1997-2000	2000-2003	2003-2006
<b>Apicum</b>	0,07	-0,74	0,52	0,23	-0,64	-0,02	-0,42
<b>mangue</b>	0,53	0,67	-0,38	0,44	0,44	0,17	0,76
<b>outros</b>	-0,73	-0,07	0,04	-0,90	0,21	0,03	-0,77
<b>água</b>	0,03	0,00	-0,01	0,04	0,07	0,03	0,13

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises dos mapeamentos mostram, durante o período monitorado, o aumento da área total das florestas de mangue.

Entretanto, quando se separam as áreas da reserva da Marambaia e da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba, surgem detalhes interessantes.

As florestas de mangue localizadas na Restinga da Marambaia não apresentaram, durante o período analisado, o mesmo comportamento de crescimento e redução da Reserva. Na área da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba o único período em que se quantificou redução da área de floresta foi o de 1991 a 1994, comportamento similar ao observado para todo o complexo de manguezais. Diferente do descrito, os manguezais localizados na Restinga da Marambaia apresentaram comportamento muito mais dinâmico, registrando períodos de aumento, e de diminuição das florestas de mangue.

Além disso, verificou-se que uma área degradada no início do monitoramento foi totalmente recolonizada em um intervalo de 6 anos. Este resultado, por si só, já se consolida como muito importante para os estudos futuros nessa floresta. Isto porque, a partir dessa constatação tem-se uma estimativa da idade desse fragmento florestal, como uma margem de erro de três anos, o que pode auxiliar estudos futuros, como os que envolvem dendrocronologia.

Outra relação que foi evidenciada com a análise das florestas de toda a área de estudo e foi ratificada pela análise em separado de cada fragmento florestal, foi a relação intrínseca entre os apicuns e as florestas de mangue, bem como a importância dessas planícies na expansão dos manguezais.

Nas florestas da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba o comportamento de crescimento da floresta/redução da área de mangue foi registrado em todos os períodos, exceto o período entre 1994-1997, onde o comportamento foi contrário.

Entre 1988 a 1991, 1997 a 2000 e, 2003 a 2006 os valores das áreas colonizadas pelas florestas e as que sofreram redução nas planícies hipersalinas são próximos e,

como grandes áreas de mangue fazem fronteira com os apicuns, percebe-se que são as áreas de apicuns, as colonizadas por manguezais.

Por outro lado, nos períodos de 1985 a 1988 e 2000 a 2003 os índices de aumento de mangue foram superiores a área reduzida dos apicuns, o que indica que além de colonizar as planícies hipersalinas, nesses períodos as florestas ainda ocuparam espaços que antes apresentavam outro tipo de cobertura vegetal ou estavam sem cobertura alguma (como um banco de lama, por exemplo).

Esta relação intrínseca reafirma as áreas de apicuns como parte do ecossistema manguezal, representando uma feição não vegetada desse ecossistema, sendo sua preservação crucial para a manutenção das florestas de mangue.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Awad & Castro, 1983 *apud* Santos *et al.*(2006) as relações que envolvem clima, água e solo, são complexas e incluem vários processos biológicos, fisiológicos, físicos e químicos. Logo, a água, inserida nessa temática, desempenha papel essencial na manutenção e preservação das condições vitais da vegetação.

A parte aérea de uma planta perde água constantemente por meio da transpiração. Essa água deve ser resposta com novos suprimentos hídricos provenientes do solo. Transpiração, absorção e transporte de água das raízes até as superfícies transpirantes são processos básicos acoplados e inseparáveis do balanço hídrico. O balanço hídrico é mantido por um constante fluxo de água e a situação de equilíbrio na verdade é alcançada por meio de um *equilíbrio dinâmico*.

Por sua grande importância, são vários os trabalhos que analisam o padrão de distribuição da precipitação e sua variabilidade. A maioria objetiva o estudo da relação da precipitação com o rendimento de atividades agrícolas, visando o melhoramento da produtividade.

Uma vez que, a relação da precipitação com a produtividade é muito estreita (Santos *et al.*, 2006), o apelo econômico das atividades agrícolas faz com que as análises da variabilidade espacial e temporal de fenômenos naturais venha recebendo cada vez mais atenção.

Neste contexto, cita-se como exemplos: Silva *et al.*(2003) que estudaram a variabilidade temporal da precipitação em Uberaba – MG; a análise da variabilidade temporal da precipitação e correlação com o rendimento do algodoeiro, realizado por Santos *et al.* (2006); o estudo da precipitação na Península Ibérica feita por Caramelo *et al.*(2008); o trabalho de Paula e Souza (2006) que analisou a variabilidade temporal da precipitação em Minas Gerais,

Mas, obviamente, não são somente as atividades agrícolas que são diretamente influenciadas pelas chuvas, a dinâmica e a manutenção dos ambientes naturais de floresta também são influenciados.

Seja para as práticas agrícolas, seja na compreensão de um determinado ecossistema, percebe-se através do descrito até aqui, que o estudo e caracterização da variabilidade climática são de grande importância para o entendimento de uma determinada região.

Embora a chuva tenha um papel fundamental no crescimento de uma comunidade vegetal, para uma análise mais completa e melhor caracterização climática, outros parâmetros devem ser considerados também. Isto porque a precipitação representa a principal entrada de água doce de um sistema, mas não necessariamente reflete o quanto está disponível no mesmo.

Frente a essa questão, um dos métodos utilizados é o cálculo do Balanço Hídrico. O Balanço Hídrico nada mais é do que o somatório geral de todas as entradas e saídas de água de uma determinada área, num dado intervalo de tempo. Isto resulta na quantidade líquida de água que permanece no solo (Pereira et al, 1997), sendo, segundo Reichardt (1987), uma previsão da condição hídrica de uma localidade. Seu cálculo tem como base uma série de dados meteorológicos.

O Balanço Hídrico é muito utilizado em estudos agrícolas e sua utilização possibilita a descoberta dos períodos de excedente e déficit hídrico de uma área. O que auxilia a interpretação de que fatores controlam o comportamento de uma comunidade vegetal.

## 2. OBJETIVOS

Este capítulo tem como objetivo principal analisar a variabilidade temporal da precipitação e caracterizar meteorologicamente a região de Guaratiba – RJ. Especificamente, objetiva-se:

- Realizar uma análise exploratória dos parâmetros precipitação mensal e precipitação anual, entre 1985 e 2006;
- Estimar a evapotranspiração potencial (EP) para a área de Guaratiba no mesmo período;
- Calcular o balanço hídrico para a região de Guaratiba no mesmo período.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Precipitação

Os dados de precipitação utilizados no presente estudo são oriundos da Estação Meteorológica da Marambaia, operada atualmente pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A estação meteorológica da Marambaia, apresentada na figura 36, localiza-se na latitude 23° 03' S, longitude 43° 36' W e altitude de 9,7 metros. Os dados foram obtidos através do CPTEC, e compreendem os anos de 1985 a 2006.



Figura 36 - Estação Meteorológica da Marambaia.

##### 3.1.1. Preenchimento de dados faltantes

Segundo autores listados em Silva *et al.* (2003) a falta de alguns registros contínuos é um dos fatores que pode dificultar a elaboração de classificações climáticas precisas.

Antes de qualquer análise dos dados de precipitação foi realizado o preenchimento dos meses cujos valores eram inexistentes. Para o preenchimento dessas lacunas foi utilizado um dos métodos mais comuns, o *Método de Ponderação Regional* (Bertoni e Tucci, 2002), segundo a equação:

$$Y = 1/3. (x1/xm1 + x2/xm2 + x3/xm3). ym \quad (1)$$

onde:

Y: precipitação do posto a ser estimado;

x1, x2, x3: precipitações correspondentes ao mês (ou ano) que se deseja preencher, observadas em três estações vizinhas;

xm1, xm2, xm3: precipitações médias nas três estações vizinhas;

ym: precipitação média do ponto a ser estimado.

A referente técnica foi utilizada para o cálculo 8 acumuladas mensais (dez/85, Jan/90, Fev/90, Abr/90, Mai/90, Mai/91, Dez/96, Dez/03) e, para esse trabalho foram utilizados os valores das estações mais próximas da estação analisado. Como a rede de dados meteorológicos do Brasil, possui algumas lacunas, foram adotados valores das estações “Realengo”, “Mendanha”, “Bangu” e “Seropédica”, considerando primeiro a proximidade e, posteriormente, a presença do dado.

### 3.1.2. Análise dos dados

Após o preenchimento das lacunas realizou-se a análise exploratória dos parâmetros precipitação mensal e anual, calculando-se as seguintes estatísticas: média aritmética, mediana, variância, desvio padrão, valor máximo e valor mínimo. Além dos referidos cálculos, gráficos foram elaborados com as variáveis para a descrição de cada mês da precipitação e, distribuindo a precipitação em classes para a melhor descrição do comportamento das chuvas em cada ano analisado.

Para se avaliar o padrão de distribuição das chuvas na série histórica, optou-se pela análise de frequência em classes de precipitação. Assim, distribuiu-se os valores mensais nas classes que agrupam valores inferiores a 20 mm (característico de mês de

estiagem), que se encontram entre 20 mm e 50 mm, entre 50 mm e 100 mm, entre 100 mm e 200 mm e registros acima de 200 mm (eventos extremos de precipitação). A partir dessa divisão, se percebe a tendência de distribuição para o período analisado.

### 3.2. Evapotranspiração

Em um determinado espaço coberto por uma comunidade vegetal ocorrem simultaneamente evaporação e transpiração. Assim, Thorntwaite utilizou na década de 40, o termo Evapotranspiração para definir a ocorrência/medição simultânea desses dois fenômenos (Pereira et al. 1997).

Os métodos para se estimar a evapotranspiração são inúmeros: o utilizado nesse trabalho foi o *Método de Thorthwaite*, definido pela fórmula:

$$ETP = f \cdot 16 \cdot (10 \cdot t / I)^a$$

Onde:

ETP = evapotranspiração mensal ajustado, em mm;

$f$  = fator de ajuste em função da latitude e mês do ano;

$t$  = temperatura média mensal, em °C;

$I$  = índice de calor anual dado por:

$$I = \sum_{1}^{12} i \quad \text{onde} \quad i = (t/5)^{1,514}$$

O valor de  $a$ , é dado pela função cúbica do índice de calor anual:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,792 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239$$

E,  $f$ , o fator de correção para o número de dias e horas de luz, calculado por:

$$f = h/12 \times n/30$$

Onde:

$h$  = número de horas de luz na latitude considerada;

$n$  = número de dias do mês de estudo.

### 3.3 Balanço Hídrico

Assim como para a Evapotranspiração, existem inúmeros métodos para calcular a soma de entrada e saída de água de um ambiente, neste trabalho adotou-se o balanço hídrico climatológico sequencial de *Thornthwaite & Mather* (1955), cujo roteiro para a sua elaboração consiste em (Pereira et al, 1997):

- 1) Aquisição dos dados de precipitação (P);
- 2) Aquisição dos dados de temperatura (T);
- 3) Determinação do CAD (capacidade de água disponível) do solo;
- 4) Cálculo da Evapotranspiração Potencial (ETP);
- 5) Cálculo de (P-ETP), tendo-se o cuidado de manter o sinal positivo ou negativo;
- 6) Cálculo simultâneo Negativo Acumulado (NAC), que representa o Negativo acumulado do solo (o quanto variou negativamente) e, o Armazenamento (ARM), ou seja, o quanto de água encontra-se armazenado no solo;

Para isso, deve-se considerar se:

**CASO 1:** Se  $\Sigma(P-ETP)_{\text{anual}} \geq 0 \rightarrow$  Neste caso,  $ARM=CAD$  no último período da estação úmida.

**CASO 2:** Se  $\Sigma(P-ETP)_{\text{anual}} < 0$ , mas  $\Sigma + (P-ETP) \geq CAD \rightarrow$  Igual ao caso 1.

**CASO 3:** Se  $\Sigma(P-ETP)_{\text{anual}} < 0$ , mas  $\Sigma + (P-ETP) < CAD \rightarrow NAc = CAD \cdot \ln \left[ \frac{\Sigma + (P-ETP)}{CAD} \right] / (1 - e^{\Sigma + (P-ETP) / CAD})$ , no último período da estação úmida.

Após isso:

- Se  $(P-ETP) < 0 \rightarrow$  Calcula-se primeiro NAc, que consiste nos valores de (P-ETP) negativos e, depois ARM considerando que  $ARM = CAD \cdot e^{-|Nac/CAD|}$ ;
- Se  $(P-ETP) > 0 \rightarrow$  Calcula-se primeiro o ARM, considerando que  $ARM = ARM \text{ anterior} + (P-ETP)$  e, depois o NAC, através do inverso da equação do caso anterior, ou seja,  $Nac = CAD \cdot \ln(ARM/CAD)$ .

- 7) Cálculo da alteração da água armazenada (ALT); onde  $ALT = \Delta ARM$ , ou seja,  $ALT = ARM - ARM \text{ anterior}$ . Se  $ALT > 0$  é porque houve reposição de água no solo, se  $ALT < 0$ , retirada.

- 8) Determinação da Evapotranspiração Real (ETR), considerando para isso:
- Se  $(P-ETP) < 0 \rightarrow ETR = P + |ALT|$ ;
  - Se  $(P-ETP) > 0 \rightarrow ETR = ETP$
- 9) Cálculo da Deficiência hídrica (DEF), ou seja, a falta de água do solo. Através da fórmula  $DEF = ETP - ETR$ ;
- 10) Cálculo do Excedente hídrico (EXC), para isso:
- Se  $ARM < CAD \rightarrow EXC = 0$ ;
  - Se  $ARM = CAD \rightarrow EXC = (P - ETP) - ALT$ .

O Balanço Hídrico sequencial é utilizado, frequentemente, para caracterização e variação sazonal de um período determinado. Ele é calculado de maneira semelhante ao Balanço Hídrico Normal, o que difere é o início do cálculo do Balanço, iniciado neste caso, quando o armazenamento do solo no período úmido seja pleno, ou seja,  $ARM = CAD$ .

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Precipitação

A série histórica analisada da Estação Meteorológica da Marambaia apresentou o menor valor mensal total de precipitação de 5,4 mm (em Junho de 2000) e o maior de 385,1 (Março de 1991). As análises estatísticas dos dados de precipitação mensal e precipitação anual encontram-se na tabela 12. Nessa tabela verifica-se que os meses que apresentam maior e menor média de precipitação são, respectivamente, março e agosto, com valores de média e mediana de 136,8 mm e 104,65 mm para março e, 40,3 mm e 26,27 mm para agosto.

Os parâmetros de tendência central (média e mediana) revelam uma estação chuvosa entre dezembro e março e, um período mais seco entre junho e agosto, os demais meses apresentam valores mais de transição (de um mês mais seco, para um mês mais úmido). Entretanto, o alto desvio padrão é indicio de uma alta variabilidade dos

## V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

dados nos meses de abril e maio, revelando que esses meses ora apresentaram pouca precipitação, ora foram mais chuvosos.

Além dos meses mencionados, os meses de janeiro, fevereiro e março também apresentam um valor alto de desvio padrão, o que evidencia a falta de um padrão na distribuição de chuvas nesses meses, ou seja, em alguns anos esses meses apresentam altos índices de precipitação, em outros, comportamento de estiagem.

Os altos valores de desvio padrão indicam uma alta variabilidade interanual, com anos (e não apenas meses), mais secos e mais chuvosos. A alta variabilidade indica ainda que as afirmações baseadas na média aritmética não são confiáveis, assim como descrito por Silva *et al* (2003) essa medida de tendência central é altamente influenciada pelos valores extremos de precipitação, como é o caso desta análise.

Tabela 12 - Estatística da precipitação total mensal (mm) e total a anual (mm) da Estação Climatológica da Marambaia – RJ, no período de 1985 a 2006.

Mês	n	Média	Desvio Padrão	Mediana	Min	Máx
Jan	22	134,8	88,91	107,3	10,3	322,4
Fev	22	101,1	79,86	103,6	1,4	336,1
Mar	22	136,8	104,65	107,1	10,9	385,1
Abr	22	82,7	54,46	74,4	38,3	239,0
Mai	22	102,6	64,32	84,1	38,3	288,7
Jun	22	55,4	45,70	39,2	5,4	164,2
Jul	22	61,2	43,31	46,6	13,2	145,4
Ago	22	40,3	26,27	34,3	5,6	96,6
Set	22	83,5	49,08	75,6	15,0	229,8
Out	22	82,6	61,53	62,1	12,0	263,1
Nov	22	88,5	49,94	90,5	28,0	246,5
Dez	22	102,2	57,80	84,4	44,3	290,0
Anual	22	1065,1	256,61	1028,3	753,4	1900,7

Alguns estudos como Medina & Leite (1984), Ribeiro & Lumardi (1997) e Silva *et al.* (2003) apresentaram também alta variabilidade dos dados de precipitação, acarretando baixa confiabilidade na média aritmética.

Silva *et al.* (2003) afirmam ainda que suas acumuladas da precipitação anual foram pouco variáveis, isto porque, este é um valor que representa toda a chuva do ano, e meses relativamente secos são compensados pela precipitação dos meses chuvosos.

Não são só os valores de precipitações mensais e os valores acumulados para cada ano que importam na análise, o padrão de distribuição das chuvas também é muito importante.

## V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

A distribuição por classes de todos os valores mensais de precipitação entre os anos de 1985 e 2006 (figura 37) apresenta uma distribuição em pirâmide, com maior ocorrência de precipitação mensal ente 50 mm e 100 mm, seguida pelas frequências nas classes entre 20 mm e 50 mm e, entre 100 mm e 200 mm. Sendo a menor ocorrência de valores extremos, ou seja, os valores de precipitação inferiores a 20 mm ou os superiores a 200 mm.

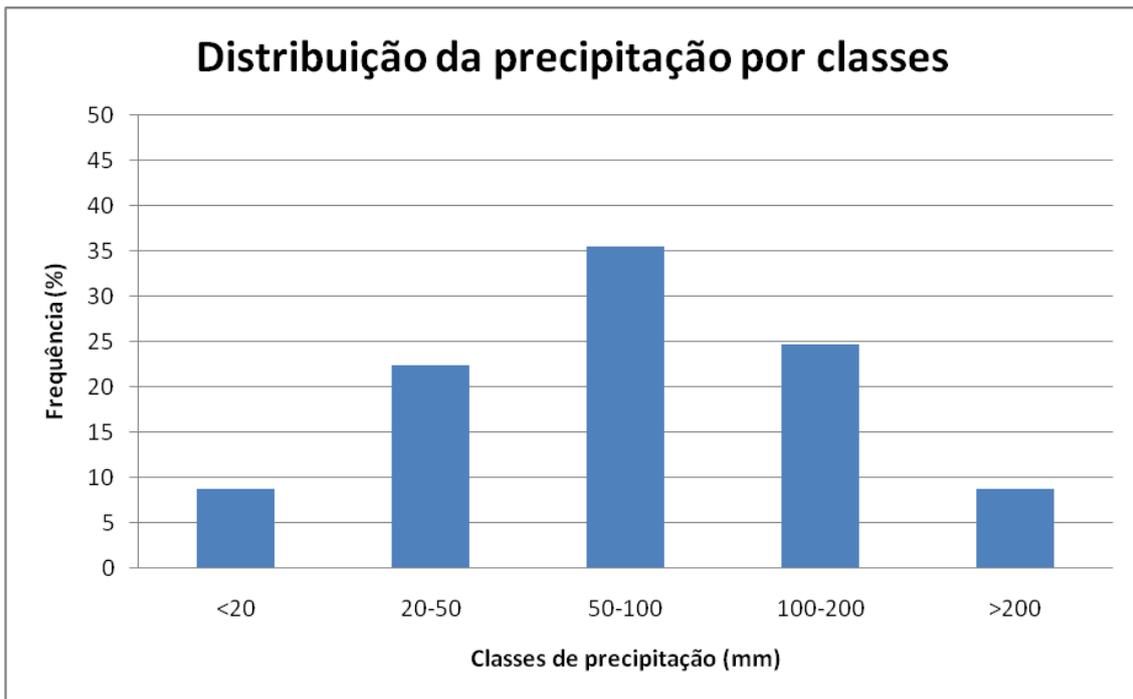


Figura 37 - Precipitações mensais da estação da Marambaia (entre 1985 e 2006) distribuída por frequência entre as classes (em mm).

A figura 38, por sua vez, apresenta graficamente os valores de acumuladas anuais do período analisado. Com média de, aproximadamente, 1.065 mm (figura38), na série histórica a maioria das acumuladas (12 ocorrências) se encontra abaixo da média aritmética calculada e dois valores, muito próximos.

Além disso, percebe-se que a série histórica apresenta períodos onde há tendência de aumento e, outros de diminuição das acumuladas anuais, indicado na figura por setas crescentes e decrescentes. Esses períodos representam momentos de maior e menor disponibilidade de água através da chuva, que provavelmente, afetam os sistemas vegetais. Dentre essas tendências, destaca-se o maior valor o de 1.900,7 mm em 1998, relacionado à ocorrência de El Niño (INMET,2010).

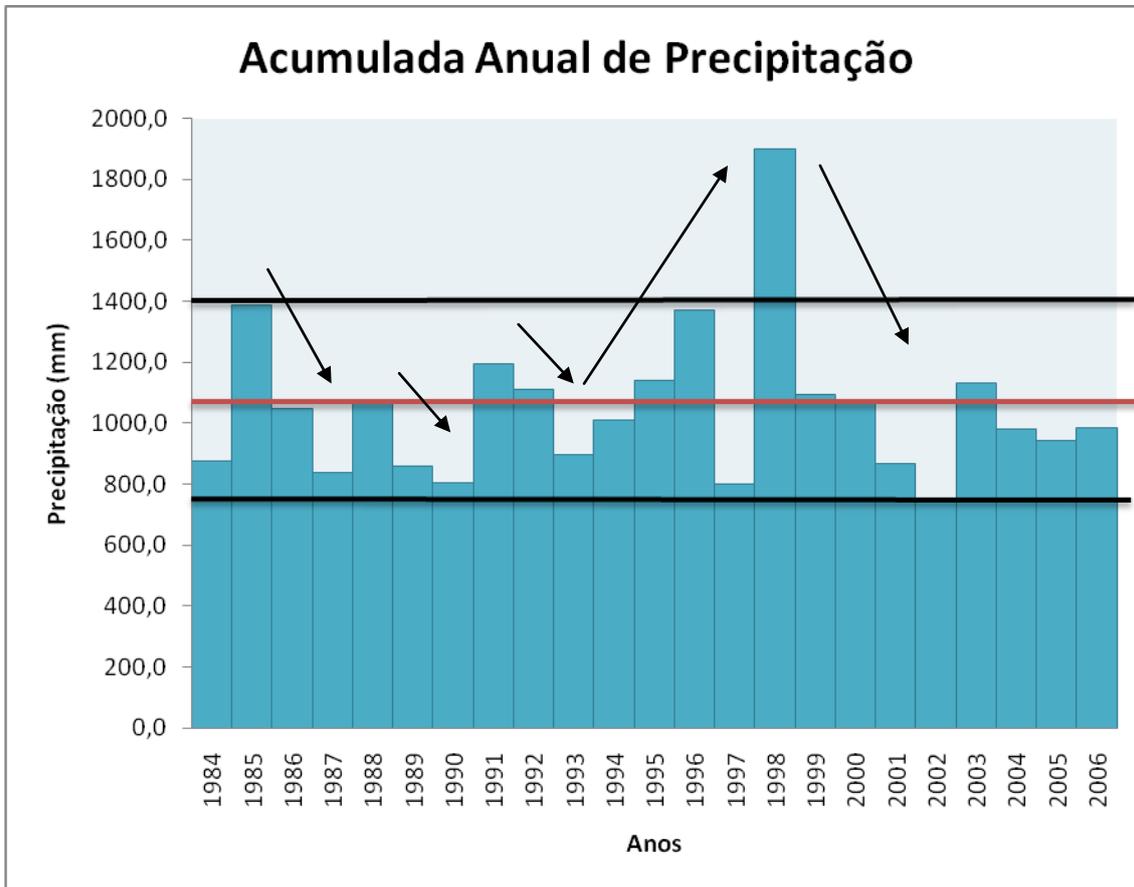


Figura 38 - Valores de acumuladas anuais da estação da Marambaia (entre 1984 e 2006), as setas representam as tendências dos períodos de aumento e diminuição da precipitação e as retas a média (em vermelho) e o desvio padrão (preto).

As figuras de 39 e 40 representam os valores mensais da precipitação (em mm) para todo período analisado (figura 39) e por ano do período (figura 40). Os valores de toda a série histórica evidenciam o que já foi discutido anteriormente, a ocorrência de um período mais seco entre os meses de junho e agosto, com valores inferiores ou próximos a 50 mm.

Conforme se observa na figura 39, para o índice total acumulado de precipitação verificam-se valores próximos da média calculada para todo o período nos anos de 1986, 1988, 1991, 1992, 1994, 1995, 1999, 2000, 2003, 2004, 2005 e 2006; abaixo da média em 1984, 1987, 1989, 1990, 1993, 1997, 2001 e 2002 e; acima da média de precipitação em 1985, 1996 e 1998.

## V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

A característica mais marcante observada a partir das análises dos valores mensais por ano e da tabela 13, que mostra a diferença entre o valor mensal e a média mensal do período (em mm), é o comportamento extremamente variável da precipitação ao longo da série. Nos anos de 1987, 1993, 1994, 2001 e 2002, por exemplo, percebe-se um comportamento maior de estiagem (com diferenças a maioria de diferenças em relação a média, negativa). dentre esses anos, destaca-se o ano de 2001, em que somente dois meses (outubro e dezembro) há uma diferença positiva em relação a média mensal. Contrário a isso, são identificados, por exemplo, os anos de 1985, 1998 e 2005 os quais apresentaram mais diferenças positivas que negativas. O que ocorre também são anos como o de 2003, em que o número de meses com mais chuvas que a média é igual ao de estiagem maior, mas que são observados eventos extremos (janeiro, março e outubro) em que tal diferença é muito superior a média (tabela 13). O que ocorre são padrões muito diferentes ao longo dos anos, onde não se pode caracterizar um comportamento frequente para a região.

Tabela 13 - Diferença entre os valores mensais e a média de cada mês (em mm).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>1985</b>	<b>42,7</b>	-37,1	<b>-28,7</b>	<b>-11,6</b>	-136,0	-51,8	-105,3	-33,9	-61,4	-136,6	-88,3	-87,6
<b>1986</b>	<b>-259,3</b>	-115,8	-68,9	-83,1	-135,0	-92,2	-5,0	-21,2	-110,8	<b>-141,9</b>	-134,6	<b>88,6</b>
<b>1987</b>	-188,4	<b>-179,2</b>	<b>-241,5</b>	<b>67,4</b>	-109,4	-20,1	-94,7	-65,4	-69,3	-125,9	-146,4	-116,6
<b>1988</b>	<b>-227,6</b>	-173,1	-215,9	-125,2	<b>90,0</b>	-68,4	<b>26,8</b>	-28,6	-51,9	-34,9	-119,0	-126,7
<b>1989</b>	-192,0	-75,3	<b>-262,7</b>	-34,2	-133,2	<b>0,6</b>	-49,6	-64,8	-77,8	-98,0	-122,4	-157,1
<b>1990</b>	-195,3	<b>-180,5</b>	-234,2	<b>-31,1</b>	-96,1	-83,8	-61,8	-8,4	-93,1	-62,3	-134,8	-141,3
<b>1991</b>	-156,8	-107,3	<b>111,5</b>	-105,2	-89,1	-67,8	-83,5	-51,7	-89,8	-73,4	-138,0	-80,9
<b>1992</b>	<b>52,8</b>	<b>-185,0</b>	<b>-250,3</b>	<b>-156,1</b>	-152,4	-95,8	-5,6	-12,9	<b>-32,4</b>	-102,7	<b>72,1</b>	-147,0
<b>1993</b>	-196,6	-30,3	-187,3	-117,8	-129,3	<b>30,7</b>	-93,8	-70,7	-66,4	-103,3	-143,1	-120,9
<b>1994</b>	-138,0	<b>-195,1</b>	<b>29,8</b>	-103,5	-127,5	<b>33,9</b>	-38,2	-57,2	-123,4	<b>-150,2</b>	-122,2	-123,5
<b>1995</b>	-186,6	-77,3	-122,9	<b>-143,2</b>	<b>-6,1</b>	-92,8	-97,9	<b>14,2</b>	-82,1	<b>-2,8</b>	-40,6	-146,3
<b>1996</b>	-167,8	<b>133,9</b>	<b>-31,1</b>	-79,4	-106,8	-69,3	-89,1	-49,0	<b>-4,0</b>	-107,9	-62,5	-121,0
<b>1997</b>	-118,2	<b>-186,2</b>	-179,7	-138,6	-119,8	-78,6	-86,0	-39,3	<b>-138,3</b>	-101,6	-37,9	-103,1
<b>1998</b>	<b>-45,9</b>	-46,2	-132,0	-68,8	<b>54,7</b>	-56,5	-1,1	-59,9	<b>66,0</b>	<b>100,9</b>	-60,7	<b>24,8</b>
<b>1999</b>	-115,5	-90,0	-97,3	-97,2	-160,4	<b>57,2</b>	-70,7	-44,4	-117,7	-91,5	-63,6	-138,7
<b>2000</b>	<b>10,3</b>	-48,6	-202,3	<b>-152,9</b>	-142,2	-101,6	-56,5	-11,2	-54,8	-112,0	-57,8	-126,0
<b>2001</b>	-199,6	-153,0	-153,4	-89,6	-108,9	-60,2	-73,1	-63,8	<b>-130,4</b>	-71,8	-120,2	<b>-35,2</b>
<b>2002</b>	<b>-225,2</b>	-73,0	-225,2	<b>-141,4</b>	-74,9	-76,6	-94,9	-47,2	-98,6	-136,0	-75,6	-103,4
<b>2003</b>	<b>-17,8</b>	<b>-200,8</b>	<b>-0,6</b>	-82,6	-143,9	-79,6	-101,3	1,8	-113,6	<b>31,0</b>	-83,8	-100,7
<b>2004</b>	-175,2	<b>-22,0</b>	<b>-251,2</b>	-50,6	-82,5	-64,8	<b>26,9</b>	-75,6	<b>-148,8</b>	-112,6	-71,0	-117,4

V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

<b>2005</b>	-131,4	-119,4	-72,0	-63,6	-128,1	-93,2	-13,3	-76,8	-66,8	<b>-19,6</b>	-84,0	-95,8
<b>2006</b>	-134,0	-62,4	-194,0	-121,4	-76,5	-46,4	-93,3	-61,2	-88,2	-98,6	-55,8	-106,8

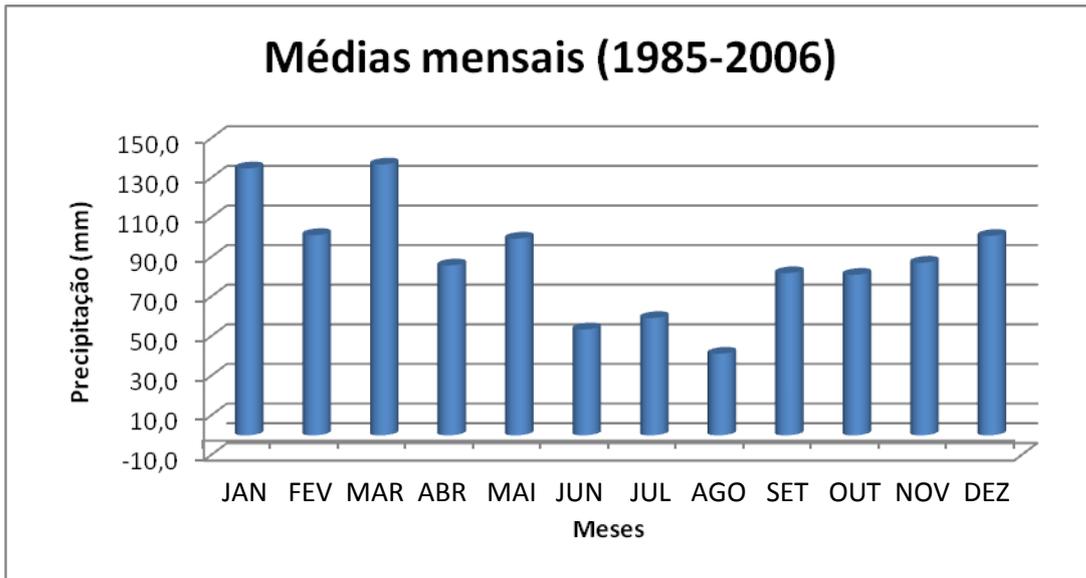
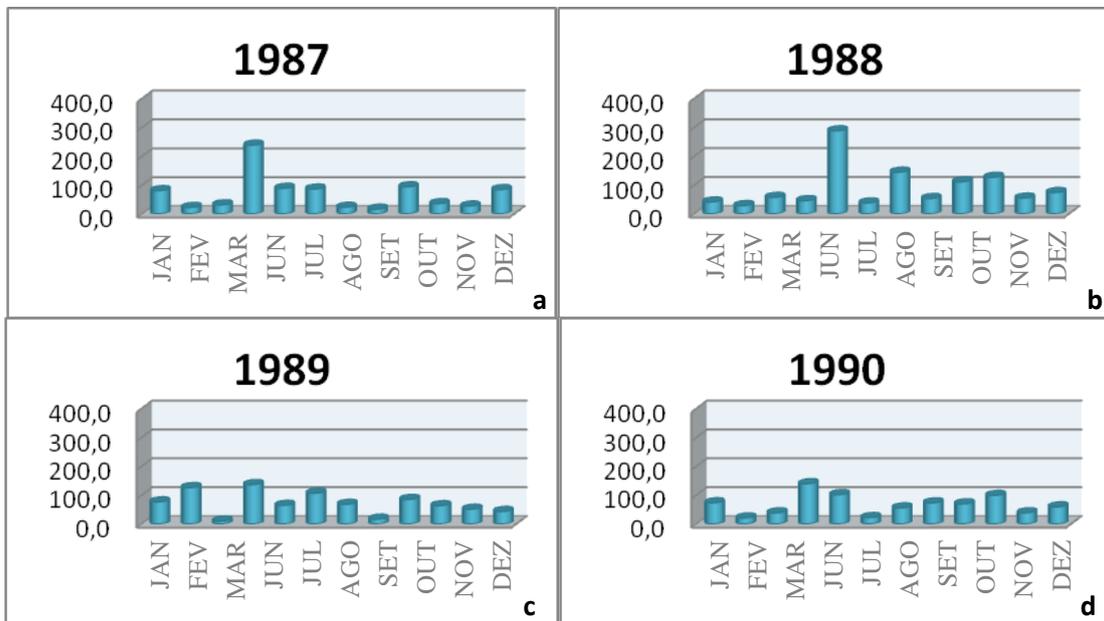


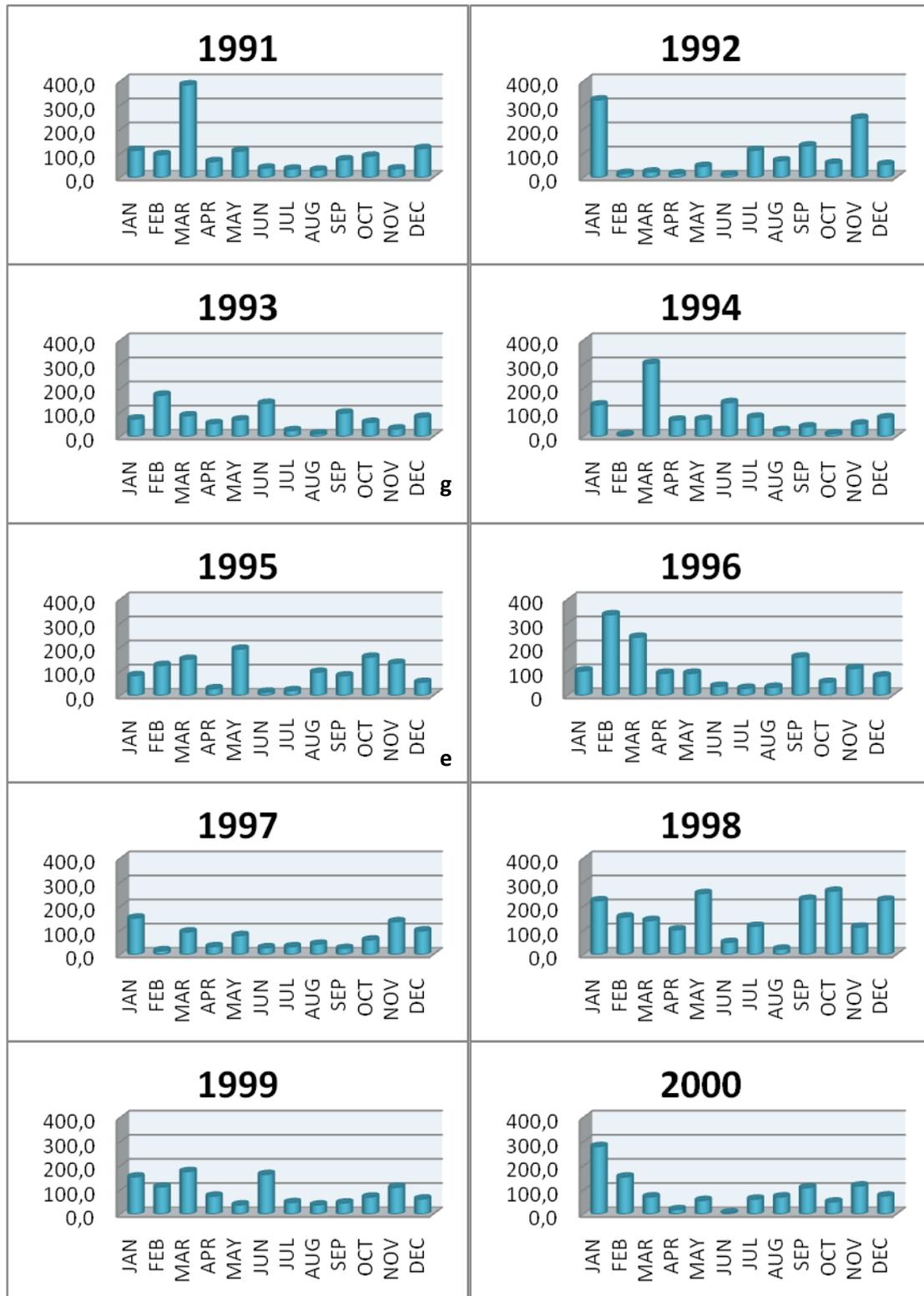
Figura 39 - Valores de médias mensais de precipitação no período de 1985 à 2006 .



JAN  
FEV  
MAR  
JUN  
JUL  
AGO  
SET  
OUT  
NOV  
DEZ

JAN  
FEV  
MAR  
JUN  
JUL  
AGO  
SET  
OUT  
NOV  
DEZ

V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.



## V - Variabilidade temporal da precipitação e caracterização

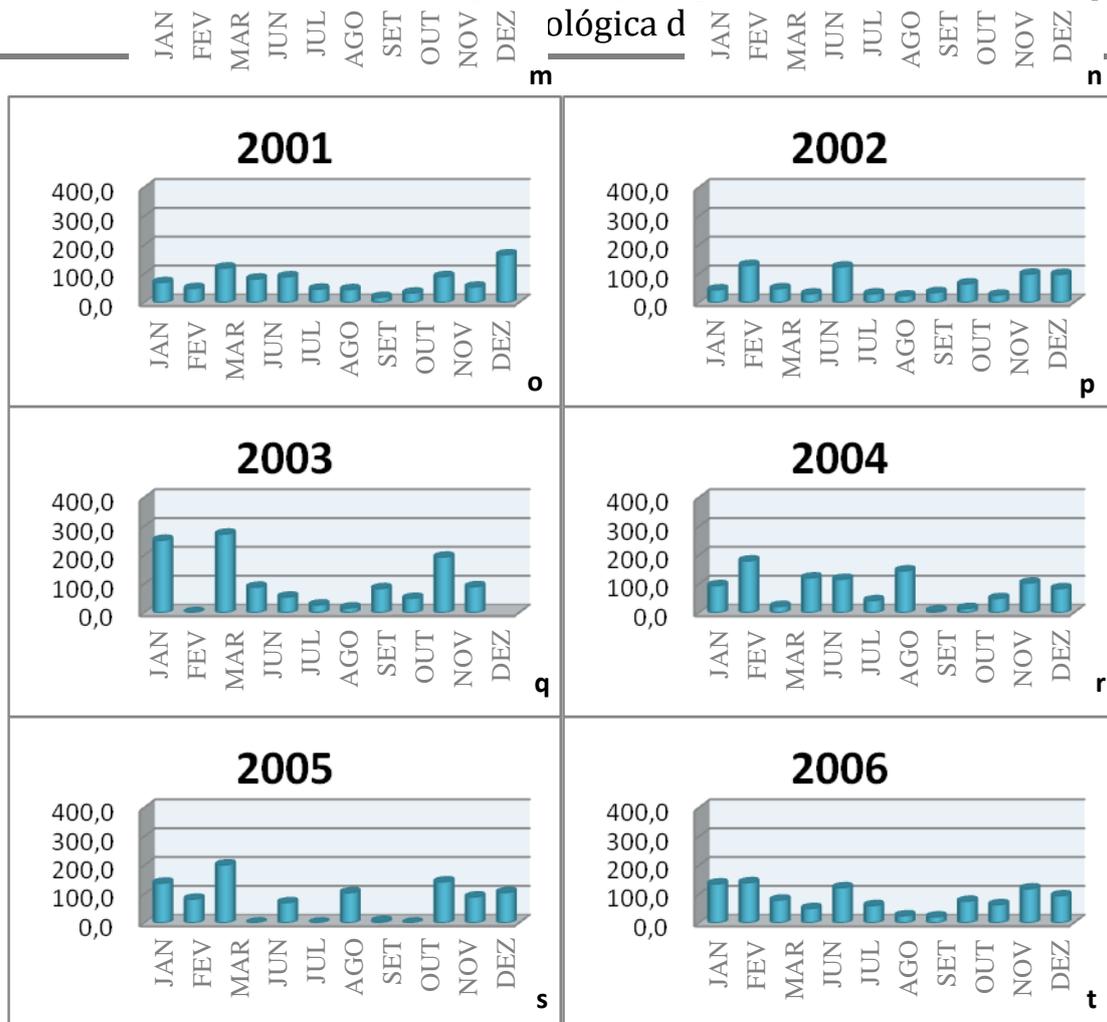


Figura 40 - Valores mensais de precipitação (em mm) de cada ano da série histórica.

### 4.2 Balanço Hídrico

Os resultados gerados a partir dos cálculos do Balanço Hídrico sequencial para os anos de 1985 a 2006 são apresentados na tabela 14 e figuras 41, 42 e 43.

A tabela do cálculo do balanço hídrico (tabela 14), como explicado na parte de materiais e métodos, possui os seguintes parâmetros (todos em milímetros): Precipitação (P); Evapotranspiração Potencial (ETP); resultado da subtração da precipitação e da evapotranspiração potencial (P-ETP); negativo acumulado (NAc); quantidade de água armazenada no solo (ARM); alteração de água armazenada (ALT); Evapotranspiração real (ETR); Deficiência Hídrica (DEF) e; Excedente Hídrico (EXC).

Tabela 14 - Balanço Hídrico Climatológico Sequencial da estação meteorológica da Marambaia, entre 1985 e 2006.

Ano	Mês	P	ETP	(P-ETP)	NAc	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
-----	-----	---	-----	---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
<b>1985</b>	<b>jan/85</b>	312,30	115,77	196,53	0,00	100,00	54,00	115,77	0,00	142,53
	<b>fev/85</b>	165,10	136,22	28,88	0,00	100,00	0,00	136,22	0,00	28,88
	<b>mar/85</b>	244,90	130,25	114,65	0,00	100,00	0,00	130,25	0,00	114,65
	<b>abr/85</b>	160,00	109,27	50,73	0,00	100,00	0,00	109,27	0,00	50,73
	<b>mai/85</b>	62,70	126,74	-64,04	-64,04	52,71	-47,29	109,99	-16,75	0,00
	<b>jun/85</b>	55,20	52,93	2,27	-59,83	54,97	2,27	52,93	0,00	0,00
	<b>jul/85</b>	13,20	57,63	-44,43	-104,26	35,25	-19,72	32,92	-24,71	0,00
	<b>ago/85</b>	48,50	77,74	-29,24	-133,51	26,31	-8,94	57,44	-20,31	0,00
	<b>set/85</b>	102,40	63,67	38,73	-43,01	65,04	38,73	63,67	0,00	0,00
	<b>out/85</b>	25,60	86,18	-60,58	-103,59	35,49	-29,55	55,15	-31,03	0,00
	<b>nov/85</b>	86,10	90,26	-4,16	-107,76	34,04	-1,45	87,55	-2,72	0,00
	<b>dez/85</b>	113,80	107,34	6,46	-90,38	40,50	6,46	107,34	0,00	0,00
<b>1986</b>	<b>jan/86</b>	10,30	144,14	-133,84	-223,84	10,66	-30,34	40,64	-103,50	0,00
	<b>fev/86</b>	86,40	132,18	-45,78	-269,62	6,75	-3,92	90,32	-41,86	0,00
	<b>mar/86</b>	204,70	130,20	74,50	-20,76	81,25	74,50	130,20	0,00	0,00
	<b>abr/86</b>	88,50	109,06	-20,56	-41,32	66,15	-15,10	103,60	-5,46	0,00
	<b>mai/86</b>	63,70	88,87	-25,17	-66,50	51,43	-14,72	78,42	-10,45	0,00
	<b>jun/86</b>	14,80	62,34	-47,54	-114,03	31,97	-19,46	34,26	-28,08	0,00
	<b>jul/86</b>	113,50	51,57	61,93	0,00	93,97	62,00	51,57	0,00	0,00
	<b>ago/86</b>	61,20	69,55	-8,35	-8,35	91,99	-1,98	63,18	-6,37	0,00
	<b>set/86</b>	53,00	66,41	-13,41	-21,76	80,45	-11,54	64,54	-1,87	0,00
	<b>out/86</b>	20,30	86,54	-66,24	-88,00	41,48	-38,97	59,27	-27,28	0,00
	<b>nov/86</b>	39,80	113,89	-74,09	-162,10	19,77	-21,71	61,51	-52,39	0,00
	<b>dez/86</b>	290,00	129,99	160,01	0,00	100,00	80,23	129,99	0,00	79,79
<b>1987</b>	<b>jan/87</b>	81,20	153,48	-72,28	-72,28	48,54	-51,46	132,66	-20,82	0,00
	<b>fev/87</b>	23,00	128,02	-105,02	-177,30	16,98	-31,56	54,56	-73,47	0,00
	<b>mar/87</b>	32,10	113,09	-80,99	-258,29	7,56	-9,43	41,53	-71,56	0,00
	<b>abr/87</b>	239,00	109,26	129,74	0,00	100,00	92,44	109,26	0,00	37,29
	<b>mai/87</b>	89,30	77,37	11,93	0,00	100,00	0,00	77,37	0,00	11,93
	<b>jun/87</b>	86,90	54,38	32,52	0,00	100,00	0,00	54,38	0,00	32,52
	<b>jul/87</b>	23,80	73,76	-49,96	-49,96	60,68	-39,32	63,12	-10,64	0,00
	<b>ago/87</b>	17,00	64,93	-47,93	-97,88	37,57	-23,10	40,10	-24,82	0,00
	<b>set/87</b>	94,50	65,38	29,12	-40,50	66,70	29,12	65,38	0,00	0,00
	<b>out/87</b>	36,30	85,09	-48,79	-89,29	40,95	-25,75	62,05	-23,04	0,00
	<b>nov/87</b>	28,00	101,82	-73,82	-170,53	18,17	-22,78	50,78	-51,04	0,00
	<b>dez/87</b>	84,80	136,09	-51,29	-214,40	11,72	-6,45	91,25	-44,84	0,00
<b>1988</b>	<b>jan/88</b>	42,00	174,57	-132,57	-346,57	3,13	-8,87	50,87	-123,70	0,00
	<b>fev/88</b>	29,10	120,21	-91,11	-437,68	1,26	-1,87	30,97	-89,24	0,00
	<b>mar/88</b>	57,70	124,89	-67,19	-504,87	0,64	-0,61	58,31	-66,57	0,00
	<b>abr/88</b>	46,40	100,20	-53,80	-558,67	0,37	-0,27	46,67	-53,53	0,00
	<b>mai/88</b>	288,70	74,96	213,74	0,00	100,00	99,63	74,96	0,00	114,12
	<b>jun/88</b>	38,60	54,85	-16,25	-16,25	85,00	-15,00	53,60	-1,25	0,00
	<b>jul/88</b>	145,30	49,90	95,40	0,00	100,00	15,00	49,90	0,00	80,41
	<b>ago/88</b>	53,80	64,56	-10,76	-10,76	89,80	-10,20	64,00	-0,56	0,00
	<b>set/88</b>	111,90	70,87	41,03	0,00	100,00	10,20	70,87	0,00	30,83
	<b>out/88</b>	127,30	91,29	36,01	0,00	100,00	0,00	91,29	0,00	36,01

V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

	nov/88	55,40	106,33	-50,93	-50,93	60,09	-39,91	95,31	-11,02	0,00
	dez/88	74,70	126,58	-51,88	-102,81	35,77	-24,32	99,02	-27,56	0,00
1989	jan/89	77,60	143,23	-65,63	-168,63	18,52	-17,48	95,08	-48,15	0,00
	fev/89	126,90	129,34	-2,44	-171,07	18,07	-0,45	127,35	-1,99	0,00
	mar/89	10,90	123,35	-112,45	-283,52	5,87	-12,20	23,10	-100,24	0,00
	abr/89	137,40	101,15	36,25	-86,47	42,12	36,25	101,15	0,00	0,00
	mai/89	65,50	80,29	-14,79	-101,26	36,33	-5,79	71,29	-9,00	0,00
	jun/89	107,60	64,00	43,60	-22,41	79,92	43,60	64,00	0,00	0,00
	jul/89	68,90	61,37	7,53	0,00	87,45	7,53	61,37	0,00	0,00
	ago/89	17,60	71,91	-54,31	-54,31	58,09	-29,36	46,96	-24,95	0,00
	set/89	86,00	74,32	11,68	-36,00	69,77	11,68	74,32	0,00	0,00
	out/89	64,20	82,81	-18,61	-54,60	57,92	-11,85	76,05	-6,76	0,00
	nov/89	52,00	109,09	-57,09	-111,70	32,73	-25,20	77,20	-31,90	0,00
dez/89	44,30	119,02	-74,72	-186,42	15,50	-17,22	61,52	-57,50	0,00	
1990	jan/90	74,30	143,14	-68,84	-254,84	7,82	-8,18	82,48	-60,66	0,00
	fev/90	21,70	129,41	-107,71	-362,55	2,66	-5,16	26,86	-102,55	0,00
	mar/90	39,40	135,92	-96,52	-459,07	1,01	-1,65	41,05	-94,87	0,00
	abr/90	140,50	100,59	39,91	-89,35	40,92	39,91	100,59	0,00	0,00
	mai/90	102,60	79,35	23,25	-44,36	64,17	23,25	79,35	0,00	0,00
	jun/90	23,20	65,97	-42,77	-87,12	41,84	-22,33	45,53	-20,44	0,00
	jul/90	56,70	60,28	-3,58	-90,71	40,37	-1,47	58,17	-2,11	0,00
	ago/90	74,00	67,07	6,93	-74,87	47,30	6,93	67,07	0,00	0,00
	set/90	70,70	71,24	-0,54	-75,42	47,04	-0,26	70,96	-0,29	0,00
	out/90	99,90	101,03	-1,13	-76,55	46,51	-0,53	100,43	-0,60	0,00
	nov/90	39,60	118,89	-79,29	-155,84	21,05	-25,46	65,06	-53,83	0,00
dez/90	60,10	129,70	-69,60	-225,44	10,49	-10,55	70,65	-59,04	0,00	
1991	jan/91	112,80	124,16	-11,36	-428,36	1,38	-0,62	113,42	-10,74	0,00
	fev/91	94,90	126,68	-31,78	-460,14	1,00	-0,38	95,28	-31,40	0,00
	mar/91	385,10	120,98	264,12	0,00	100,00	99,00	120,98	0,00	165,12
	abr/91	66,40	102,51	-36,11	-36,11	69,69	-30,31	96,71	-5,80	0,00
	mai/91	109,60	76,93	32,67	0,00	100,00	30,31	76,93	0,00	2,36
	jun/91	39,20	75,53	-36,33	-36,33	69,54	-30,46	69,66	-5,87	0,00
	jul/91	35,00	61,41	-26,41	-62,73	53,40	-16,14	51,14	-10,27	0,00
	ago/91	30,70	63,86	-33,16	-95,90	38,33	-15,07	45,77	-18,09	0,00
	set/91	74,00	57,71	16,29	-60,48	54,62	16,29	57,71	0,00	0,00
	out/91	88,80	86,79	2,01	-56,86	56,63	2,01	86,79	0,00	0,00
	nov/91	36,40	96,47	-60,07	-116,93	31,06	-25,57	61,97	-34,50	0,00
dez/91	120,50	146,68	-26,18	-143,12	23,90	-7,15	127,65	-19,03	0,00	
1992	jan/92	322,40	136,70	185,70	0,00	100,00	76,00	136,70	0,00	109,70
	fev/92	17,20	122,74	-105,54	-105,54	34,81	-65,19	82,39	-40,35	0,00
	mar/92	23,30	119,53	-96,23	-201,77	13,30	-21,51	44,81	-74,72	0,00
	abr/92	15,50	101,15	-85,65	-287,42	5,65	-7,65	23,15	-78,00	0,00
	mai/92	46,30	91,46	-45,16	-332,58	3,59	-2,05	48,35	-43,11	0,00
	jun/92	11,20	80,73	-69,53	-402,11	1,79	-1,80	13,00	-67,73	0,00
	jul/92	112,90	59,27	53,63	-59,02	55,42	53,63	59,27	0,00	0,00
	ago/92	69,50	59,97	9,53	-43,16	64,95	9,53	59,97	0,00	0,00
set/92	131,40	69,91	61,49	0,00	100,00	35,05	69,91	0,00	26,43	

V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

	out/92	59,50	92,85	-33,35	-33,35	71,64	-28,36	87,86	-4,99	0,00
	nov/92	246,50	97,15	149,35	0,00	100,00	28,36	97,15	0,00	120,98
	dez/92	54,40	116,48	-62,08	-62,08	53,75	-46,25	100,65	-15,83	0,00
1993	jan/93	73,00	147,26	-74,26	-136,26	25,60	-28,40	101,40	-45,86	0,00
	fev/93	171,90	123,96	47,94	-30,74	73,54	47,94	123,96	0,00	0,00
	mar/93	86,30	133,01	-46,71	-77,45	46,09	-27,44	113,74	-19,27	0,00
	abr/93	53,80	105,30	-51,50	-128,94	27,54	-18,55	72,35	-32,94	0,00
	mai/93	69,40	75,47	-6,07	-135,01	25,92	-1,62	71,02	-4,45	0,00
	jun/93	137,70	57,89	79,81	0,00	100,00	74,08	57,89	0,00	5,73
	jul/93	24,70	66,46	-41,76	-41,76	65,86	-34,14	58,84	-7,62	0,00
	ago/93	11,70	65,50	-53,80	-95,55	38,46	-27,40	39,10	-26,39	0,00
	set/93	97,40	69,23	28,17	-40,60	66,63	28,17	69,23	0,00	0,00
	out/93	58,90	103,66	-44,76	-85,36	42,59	-24,05	82,95	-20,72	0,00
	nov/93	31,30	121,75	-90,45	-175,81	17,24	-25,35	56,65	-65,10	0,00
dez/93	80,50	129,06	-48,56	-224,37	10,61	-6,63	87,13	-41,93	0,00	
1994	jan/94	131,60	127,36	4,24	-188,14	15,24	4,24	127,36	0,00	0,00
	fev/94	7,10	162,83	-155,73	-343,87	3,21	-12,03	19,13	-143,70	0,00
	mar/94	303,40	116,29	187,11	0,00	100,00	96,79	116,29	0,00	90,32
	abr/94	68,10	92,35	-24,25	-24,25	78,46	-21,54	89,64	-2,72	0,00
	mai/94	71,20	88,27	-17,07	-41,32	66,15	-12,31	83,51	-4,76	0,00
	jun/94	140,90	57,44	83,46	0,00	100,00	33,85	57,44	0,00	49,61
	jul/94	80,30	65,13	15,17	0,00	100,00	0,00	65,13	0,00	15,17
	ago/94	25,20	63,25	-38,05	-38,05	68,36	-31,64	56,84	-6,40	0,00
	set/94	40,40	81,92	-41,52	-79,56	45,13	-23,22	63,62	-18,29	0,00
	out/94	12,00	97,15	-85,15	-164,72	19,26	-25,87	37,87	-59,28	0,00
	nov/94	52,20	114,67	-62,47	-227,19	10,31	-8,95	61,15	-53,52	0,00
dez/94	77,90	147,39	-69,49	-296,68	5,15	-5,16	83,06	-64,33	0,00	
1995	jan/95	83,00	174,73	-91,73	-388,73	2,05	-2,95	85,95	-88,78	0,00
	fev/95	124,90	133,77	-8,87	-397,60	1,88	-0,17	125,07	-8,70	0,00
	mar/95	150,70	132,98	17,72	-162,99	19,60	17,72	132,98	0,00	0,00
	abr/95	28,40	95,47	-67,07	-230,06	10,02	-9,58	37,98	-57,49	0,00
	mai/95	192,60	77,63	114,97	0,00	100,00	89,98	77,63	0,00	24,99
	jun/95	14,20	61,09	-46,89	-46,89	62,57	-37,43	51,63	-9,46	0,00
	jul/95	20,60	71,99	-51,39	-98,28	37,43	-25,14	45,74	-26,25	0,00
	ago/95	96,60	81,97	14,63	-65,28	52,06	14,63	81,97	0,00	0,00
	set/95	81,70	79,45	2,25	-61,05	54,31	2,25	79,45	0,00	0,00
	out/95	159,40	85,15	74,25	0,00	100,00	45,69	85,15	0,00	28,56
	nov/95	133,80	106,46	27,34	0,00	100,00	0,00	106,46	0,00	27,34
dez/95	55,10	124,93	-69,83	-69,83	49,74	-50,26	105,36	-19,57	0,00	
1996	jan/96	101,80	173,25	-71,45	-141,45	24,30	-25,70	127,50	-45,76	0,00
	fev/96	336,10	137,64	198,46	0,00	100,00	75,70	137,64	0,00	122,77
	mar/96	242,50	131,63	110,87	0,00	100,00	0,00	131,63	0,00	110,87
	abr/96	92,20	105,71	-13,51	-13,51	87,36	-12,64	104,84	-0,87	0,00
	mai/96	91,90	68,22	23,68	0,00	100,00	12,64	68,22	0,00	11,05
	jun/96	37,70	64,59	-26,89	-26,89	76,42	-23,58	61,28	-3,31	0,00
	jul/96	29,40	55,26	-25,86	-52,75	59,01	-17,42	46,82	-8,45	0,00
ago/96	33,40	60,68	-27,28	-80,03	44,92	-14,09	47,49	-13,19	0,00	

V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

	set/96	159,80	68,00	91,80	0,00	100,00	55,08	68,00	0,00	36,72
	out/96	54,30	88,31	-34,01	-34,01	71,17	-28,83	83,13	-5,18	0,00
	nov/96	111,90	93,60	18,30	-11,12	89,47	18,30	93,60	0,00	0,00
	dez/96	80,45	126,33	-45,88	-57,01	56,55	-32,92	113,37	-12,96	0,00
1997	jan/97	151,40	143,17	8,23	-42,72	65,23	8,23	143,17	0,00	0,00
	fev/97	16,00	122,63	-106,63	-149,35	22,46	-42,77	58,77	-63,85	0,00
	mar/97	93,90	110,05	-16,15	-165,50	19,11	-3,35	97,25	-12,80	0,00
	abr/97	33,00	92,71	-59,71	-225,22	10,52	-8,59	41,59	-51,12	0,00
	mai/97	78,90	69,95	8,95	-163,65	19,47	8,95	69,95	0,00	0,00
	jun/97	28,40	63,68	-35,28	-198,93	13,68	-5,79	34,19	-29,49	0,00
	jul/97	32,50	67,42	-34,92	-233,85	9,65	-4,03	36,53	-30,89	0,00
	ago/97	43,10	69,20	-26,10	-259,95	7,43	-2,22	45,32	-23,88	0,00
	set/97	25,50	81,39	-55,89	-315,84	4,25	-3,18	28,68	-52,71	0,00
	out/97	60,60	102,50	-41,90	-357,74	2,79	-1,45	62,05	-40,44	0,00
	nov/97	136,50	117,69	18,81	-153,22	21,61	18,81	117,69	0,00	0,00
	dez/97	98,30	153,06	-54,76	-207,99	12,49	-9,11	107,41	-45,65	0,00
1998	jan/98	223,70	143,23	80,47	-7,83	92,47	80,47	143,23	0,00	0,00
	fev/98	156,00	129,34	26,66	0,00	100,00	7,53	129,34	0,00	19,13
	mar/98	141,60	123,35	18,25	0,00	100,00	0,00	123,35	0,00	18,25
	abr/98	102,80	101,16	1,64	0,00	100,00	0,00	101,16	0,00	1,64
	mai/98	253,40	80,29	173,11	0,00	100,00	0,00	80,29	0,00	173,11
	jun/98	50,50	64,01	-13,51	-13,51	87,37	-12,63	63,13	-0,87	0,00
	jul/98	117,40	61,37	56,03	0,00	100,00	12,63	61,37	0,00	43,39
	ago/98	22,50	66,50	-44,00	-44,00	64,40	-35,60	58,10	-8,40	0,00
	set/98	229,80	70,24	159,56	0,00	100,00	35,60	70,24	0,00	123,97
	out/98	263,10	90,70	172,40	0,00	100,00	0,00	90,70	0,00	172,40
	nov/98	113,70	105,88	7,82	0,00	100,00	0,00	105,88	0,00	7,82
	dez/98	226,20	126,27	99,93	0,00	100,00	0,00	126,27	0,00	99,93
1999	jan/99	154,10	143,23	10,87	0,00	100,00	0,00	143,23	0,00	10,87
	fev/99	112,20	129,34	-17,14	-17,14	84,25	-15,75	127,95	-1,39	0,00
	mar/99	176,30	123,35	52,95	0,00	100,00	15,75	123,35	0,00	37,20
	abr/99	74,40	101,16	-26,76	-26,76	76,52	-23,48	97,88	-3,28	0,00
	mai/99	38,30	80,29	-41,99	-68,74	50,29	-26,24	64,54	-15,75	0,00
	jun/99	164,20	64,01	100,19	0,00	100,00	49,71	64,01	0,00	50,48
	jul/99	47,80	61,37	-13,57	-13,57	87,31	-12,69	60,49	-0,88	0,00
	ago/99	38,00	66,50	-28,50	-42,08	65,65	-21,65	59,65	-6,85	0,00
	set/99	46,10	70,24	-24,14	-66,21	51,57	-14,08	60,18	-10,06	0,00
	out/99	70,70	90,70	-20,00	-86,21	42,23	-9,35	80,05	-10,65	0,00
	nov/99	110,80	105,88	4,92	-75,19	47,15	4,92	105,88	0,00	0,00
	dez/99	62,70	126,27	-63,57	-138,76	24,97	-22,18	84,88	-41,39	0,00
2000	jan/00	279,90	143,23	136,67	0,00	100,00	75,00	143,23	0,00	61,67
	fev/00	153,60	129,34	24,26	0,00	100,00	0,00	129,34	0,00	24,26
	mar/00	71,30	123,35	-52,05	-52,05	59,42	-40,58	111,88	-11,47	0,00
	abr/00	18,70	101,16	-82,46	-134,50	26,05	-33,37	52,07	-49,08	0,00
	mai/00	56,50	80,29	-23,79	-158,29	20,54	-5,52	62,02	-18,27	0,00
	jun/00	5,40	64,01	-58,61	-216,90	11,43	-9,11	14,51	-49,50	0,00
	jul/00	62,00	61,37	0,63	-211,57	12,05	0,63	61,37	0,00	0,00

V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

	<b>ago/00</b>	71,20	66,50	4,70	-178,67	16,75	4,70	66,50	0,00	0,00
	<b>set/00</b>	109,00	70,24	38,76	-58,85	55,52	38,76	70,24	0,00	0,00
	<b>out/00</b>	50,20	90,70	-40,50	-99,35	37,03	-18,49	68,69	-22,01	0,00
	<b>nov/00</b>	116,60	105,88	10,72	-73,92	47,75	10,72	105,88	0,00	0,00
	<b>dez/00</b>	75,40	126,27	-50,87	-124,79	28,71	-19,04	94,44	-31,83	0,00
<b>2001</b>	<b>jan/01</b>	70,00	141,55	-71,55	-196,55	14,01	-14,99	84,99	-56,56	0,00
	<b>fev/01</b>	49,20	139,14	-89,94	-286,49	5,70	-8,31	57,51	-81,63	0,00
	<b>mar/01</b>	120,20	121,98	-1,78	-288,27	5,60	-0,10	120,30	-1,68	0,00
	<b>abr/01</b>	82,00	107,27	-25,27	-313,54	4,35	-1,25	83,25	-24,02	0,00
	<b>mai/01</b>	89,80	72,25	17,55	-151,86	21,90	17,55	72,25	0,00	0,00
	<b>jun/01</b>	46,80	64,91	-18,11	-169,96	18,28	-3,63	50,43	-14,48	0,00
	<b>jul/01</b>	45,40	62,38	-16,98	-186,94	15,42	-2,85	48,25	-14,12	0,00
	<b>ago/01</b>	18,60	67,88	-49,28	-236,22	9,42	-6,00	24,60	-43,28	0,00
	<b>set/01</b>	33,40	70,19	-36,79	-273,00	6,52	-2,90	36,30	-33,89	0,00
	<b>out/01</b>	90,40	73,25	17,15	-144,10	23,67	17,15	73,25	0,00	0,00
	<b>nov/01</b>	54,20	93,51	-39,31	-183,40	15,98	-7,69	61,89	-31,61	0,00
	<b>dez/01</b>	166,20	124,12	42,08	-54,38	58,05	42,08	124,12	0,00	0,00
<b>2002</b>	<b>jan/02</b>	44,40	143,15	-98,75	-152,75	21,71	-36,29	80,69	-62,46	0,00
	<b>fev/02</b>	129,20	129,40	-0,20	-152,95	21,66	-0,04	129,24	-0,16	0,00
	<b>mar/02</b>	48,40	123,08	-74,68	-227,63	10,27	-11,40	59,80	-63,28	0,00
	<b>abr/02</b>	30,20	100,64	-70,44	-298,07	5,08	-5,19	35,39	-65,25	0,00
	<b>mai/02</b>	123,80	76,85	46,95	-65,35	52,02	46,95	76,85	0,00	0,00
	<b>jun/02</b>	30,40	71,08	-40,68	-106,03	34,64	-17,39	47,79	-23,29	0,00
	<b>jul/02</b>	23,60	57,31	-33,71	-139,73	24,73	-9,91	33,51	-23,80	0,00
	<b>ago/02</b>	35,20	76,47	-41,27	-181,00	16,37	-8,36	43,56	-32,91	0,00
	<b>set/02</b>	65,20	63,52	1,68	-171,26	18,04	1,68	63,52	0,00	0,00
	<b>out/02</b>	26,20	105,91	-79,71	-250,96	8,13	-9,91	36,11	-69,80	0,00
	<b>nov/02</b>	98,80	118,91	-20,11	-271,07	6,65	-1,48	100,28	-18,63	0,00
	<b>dez/02</b>	98,00	132,26	-34,26	-305,34	4,72	-1,93	99,93	-32,33	0,00
<b>2003</b>	<b>jan/03</b>	251,80	146,44	105,36	0,00	100,00	95,00	146,44	0,00	10,36
	<b>fev/03</b>	1,40	142,17	-140,77	-140,77	24,47	-75,53	76,93	-65,24	0,00
	<b>mar/03</b>	273,00	122,37	150,63	0,00	100,00	75,53	122,37	0,00	75,10
	<b>abr/03</b>	89,00	100,17	-11,17	-11,17	89,43	-10,57	99,57	-0,60	0,00
	<b>mai/03</b>	54,80	69,74	-14,94	-26,11	77,02	-12,41	67,21	-2,53	0,00
	<b>jun/03</b>	27,40	68,65	-41,25	-67,36	50,98	-26,04	53,44	-15,22	0,00
	<b>jul/03</b>	17,20	62,44	-45,24	-112,61	32,43	-18,55	35,75	-26,69	0,00
	<b>ago/03</b>	84,20	56,67	27,53	-51,15	59,96	27,53	56,67	0,00	0,00
	<b>set/03</b>	50,20	66,69	-16,49	-67,63	50,85	-9,12	59,32	-7,37	0,00
	<b>out/03</b>	193,20	85,88	107,32	0,00	100,00	49,15	85,88	0,00	58,17
	<b>nov/03</b>	90,60	107,52	-16,92	-16,92	84,43	-15,57	106,17	-1,35	0,00
	<b>dez/03</b>	100,70	126,42	-25,72	-42,64	65,28	-19,15	119,85	-6,57	0,00
<b>2004</b>	<b>jan/04</b>	94,40	118,35	-23,95	-66,95	51,19	-13,81	108,21	-10,15	0,00
	<b>fev/04</b>	180,20	100,62	79,58	0,00	100,00	48,81	100,62	0,00	30,78
	<b>mar/04</b>	22,40	108,04	-85,64	-85,64	42,47	-57,53	79,93	-28,11	0,00
	<b>abr/04</b>	121,00	99,88	21,12	-45,28	63,58	21,12	99,88	0,00	0,00
	<b>mai/04</b>	116,20	68,94	47,26	0,00	100,00	36,42	68,94	0,00	10,84
	<b>jun/04</b>	42,20	59,84	-17,64	-17,64	83,83	-16,17	58,37	-1,47	0,00

V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

	<b>jul/04</b>	145,40	54,09	91,31	0,00	100,00	16,17	54,09	0,00	75,13
	<b>ago/04</b>	6,80	59,00	-52,20	-52,20	59,33	-40,67	47,47	-11,53	0,00
	<b>set/04</b>	15,00	79,46	-64,46	-116,66	31,14	-28,19	43,19	-36,27	0,00
	<b>out/04</b>	49,60	86,53	-36,93	-153,59	21,53	-9,62	59,22	-27,32	0,00
	<b>nov/04</b>	103,40	97,91	5,49	-130,88	27,01	5,49	97,91	0,00	0,00
	<b>dez/04</b>	84,00	115,15	-31,15	-162,03	19,78	-7,23	91,23	-23,92	0,00
<b>2005</b>	<b>jan/05</b>	138,20	143,23	-5,03	-167,03	18,82	-1,18	139,38	-3,85	0,00
	<b>fev/05</b>	82,80	129,34	-46,54	-213,57	11,82	-7,00	89,80	-39,54	0,00
	<b>mar/05</b>	201,60	123,35	78,25	-10,46	90,07	78,25	123,35	0,00	0,00
	<b>abr/05</b>	108,00	101,16	6,84	-3,14	96,91	6,84	101,16	0,00	0,00
	<b>mai/05</b>	70,60	80,29	-9,69	-9,69	90,77	-6,15	76,75	-3,54	0,00
	<b>jun/05</b>	13,80	64,01	-50,21	-59,89	54,94	-35,83	49,63	-14,38	0,00
	<b>jul/05</b>	105,20	61,37	43,83	-1,24	98,76	43,83	61,37	0,00	0,00
	<b>ago/05</b>	5,60	66,50	-60,90	-62,15	53,72	-45,05	50,65	-15,85	0,00
	<b>set/05</b>	97,00	70,24	26,76	-21,72	80,48	26,76	70,24	0,00	0,00
	<b>out/05</b>	142,60	90,70	51,90	0,00	100,00	19,52	90,70	0,00	32,38
	<b>nov/05</b>	90,40	105,88	-15,48	-15,48	85,66	-14,34	104,74	-1,14	0,00
	<b>dez/05</b>	105,60	126,27	-20,67	-36,15	69,66	-16,00	121,60	-4,67	0,00
<b>2006</b>	<b>jan/06</b>	135,60	143,23	-7,63	-43,63	64,64	-5,36	140,96	-2,27	0,00
	<b>fev/06</b>	139,80	129,34	10,46	-28,63	75,10	10,46	129,34	0,00	0,00
	<b>mar/06</b>	79,60	123,35	-43,75	-72,38	48,49	-26,61	106,21	-17,14	0,00
	<b>abr/06</b>	50,20	101,16	-50,96	-123,34	29,13	-19,36	69,56	-31,60	0,00
	<b>mai/06</b>	122,20	80,29	41,91	-34,19	71,04	41,91	80,29	0,00	0,00
	<b>jun/06</b>	60,60	64,01	-3,41	-37,59	68,66	-2,38	62,98	-1,03	0,00
	<b>jul/06</b>	25,20	61,37	-36,17	-73,77	47,82	-20,84	46,04	-15,33	0,00
	<b>ago/06</b>	21,20	66,50	-45,30	-119,07	30,40	-17,42	38,62	-27,88	0,00
	<b>set/06</b>	75,60	70,24	5,36	-102,82	35,76	5,36	70,24	0,00	0,00
	<b>out/06</b>	63,60	90,70	-27,10	-129,92	27,28	-8,49	72,09	-18,61	0,00
	<b>nov/06</b>	118,60	105,88	12,72	-91,64	40,00	12,72	105,88	0,00	0,00
	<b>dez/06</b>	94,60	126,27	-31,67	-123,31	29,14	-10,86	105,46	-20,81	0,00

A figura 41 ilustra os resultados de deficiência e excedente hídricos, quando o resultado é nulo, ou seja, toca o eixo das abscissas (eixo horizontal), significa que não houve nenhuma das duas situações. Entretanto, pode ter havido abastecimento ou retirada da água armazenada, conforme ilustrado na figura 42.

Ao se analisar o Balanço Hídrico Climatológico Sequencial (figura 41) observa-se que o período analisado, em sua maior parte, apresenta deficiência hídrica. O que ocorre são meses consecutivos com deficiência, seguidos por poucos meses (de 2 a 3) com excedente hídrico, além de meses que abastecem momentaneamente o reservatório de água, de forma parcial ou total (figura 42). Períodos mais longos sem deficiência são raros, sendo observados apenas nos anos de 1996, 1998 e 2004.

## V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

---

O início do cálculo foi em 1985 (figura 41), cujos primeiros meses, de janeiro a abril, apresentaram excedente hídrico, seguido por meses de deficiência ou somente reabastecimento da água armazenada. O que ocasionou a redução da água armazenada em 40mm (tabela 14) no final do ano, em uma capacidade máxima de 100mm (tabela 14).

O ano seguinte (1986) foi predominantemente deficitário, totalizando 19 meses consecutivos sem disponibilidade de água para o sistema (tabela 14). O abastecimento total da água armazenada ocorreu em março, julho e agosto. E dezembro, ao final do ano, foi o único mês com excedente (de aproximadamente 80 mm). Mesmo com esta aridez, a deficiência não foi suficiente para zerar o estoque de água armazenada, apresentando o mínimo de 10,7 mm em janeiro (tabela 2).

Em 1987, ocorreram grandes oscilações na quantidade de água armazenada, com máximo e mínimo do ano de 100mm e 7,56mm. Além disso, é marcado por deficiência hídrica no início e final do ano, e excedente em apenas 3 meses (abril, maio e junho).

Assim como o ano anterior, 1988 também foi marcado por um início de deficiência hídrica, com um dos maiores picos de toda a série. O que fez com que o armazenamento de água atingisse o valor mínimo. Mas a deficiência vai reduzindo, até apresentar excedente em maio e, outro comportamento de seca somente no último mês do ano.

Os anos de 1989 e 1990 foram anos que apresentaram somente deficiência hídrica e armazenamento entre 10 e 87mm (tabela 14), porém sem apresentar excedente hídrico. Este período de mais aridez fez com que a quantidade de água armazenada no solo oscilasse bastante, secando completamente em dois meses (março dos dois anos) e mantivesse o armazenamento, na maior parte dos dois anos abaixo de 50% de sua capacidade.

Como descrito para os primeiros anos da série histórica analisada, os anos de 1991 a 1996 apresentaram predominância de deficiência hídrica, ou somente abastecimento, na maioria dos meses, apresentando somente poucos meses de excedente hídrico. Assim, foram observados 2 meses de excedente em 1991 (março e maio), 3 meses em 1992 (janeiro, setembro e novembro), junho com pequeno excedente em 1993, 4 meses em 1994 (março, maio, junho e julho) e 1995 (maio, outubro e novembro) e, 4 meses em 1996 (fevereiro, março, maio e setembro). Entre esses meses destacam-se os meses de março/91, janeiro/92, novembro/92, fevereiro/96 e março/96

## V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

---

como os que apresentaram valores maiores de excedentes, todos superiores a 100 mm. E, como menores valores têm-se os meses de maio/91, junho/93, junho/94 e maio/96.

O ano de 1997 foi um dos mais secos da série analisada, apresentando deficiência hídrica em quase todo o ano, essa grande aridez foi responsável por um armazenamento inferior a 25% da capacidade em 9 meses do ano.

O ano mais úmido em relação ao excedente hídrico foi o de 1998, apresentando pequena deficiência somente em junho e agosto e excedente em 7 meses. Além disso, 4 dos excedentes foram superiores a 100 mm.

O ano de 1999 foi mais seco que o de 1998, entretanto, ainda apresenta poucos valores de deficiência quando comparados a alguns dos períodos descritos até o momento. Mas a partir de julho, a água armazenada vai sendo reduzida, restando apenas 23 mm em dezembro.

Os três anos seguintes (2000, 2001 e 2002) caracterizam um novo período de prolongada aridez. Os meses de janeiro e fevereiro de 2000 foram os únicos a apresentar excedente hídrico (62 mm e 24 mm, respectivamente). Além desses, 10 meses apresentaram abastecimento de água no solo, porém, não excedente.

Nos anos de 2003 e 2004 ocorreram 3 meses com excedente hídrico em cada ano, interrompendo longos períodos áridos.

Por fim, os dois últimos anos da série histórica (2005 e 2006) voltam a caracterizar um padrão mais deficitário, tendo apenas o mês de outubro/2005 com um pequeno excedente hídrico, este inferior a 100 mm.

Após a análise de toda a série histórica, percebem-se anos com comportamento do balanço hídrico semelhante (em relação ao número de meses com excedente hídrico), os quais podem ser reunidos quanto a sua característica de excesso ou déficit hídrico.

O comportamento mais observado foi de deficiência ou somente armazenamento total de água na maioria dos anos, com valores de excedente em 2, ou no máximo 3 meses do ano, essa distribuição foi identificada nos anos de 1987, 1991, 1992, 1994, 1995, 1999, 2003 e 2004.

Com um comportamento um pouco mais úmido, têm-se os anos de 1985, 1988 e 1996, apresentando 4 períodos de excedente hídrico. Além do ano de 1998, o que mais tem excedentes hídricos, apresentando 8 meses com esse comportamento.

Os anos de 1986, 1990, 1993, 2000 e 2005 apresentaram apenas 1 mês com excedente e estes, ainda inferiores a 100 mm. Em adição a esse período mais árido,

## V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

---

existem os anos de 1989, 1997, 2001, 2002 e 2006 com nenhum período em que tenha sobrado água para o ambiente.

Assim, dos 21 anos analisados, 8 apresentam 1 (ou nenhum) mês com excedente hídrico, 9 apresentam de 2 a 3 meses como liberação de água para o sistema e 4 anos apresentam um número maior de meses com excedente hídrico.

## V – Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

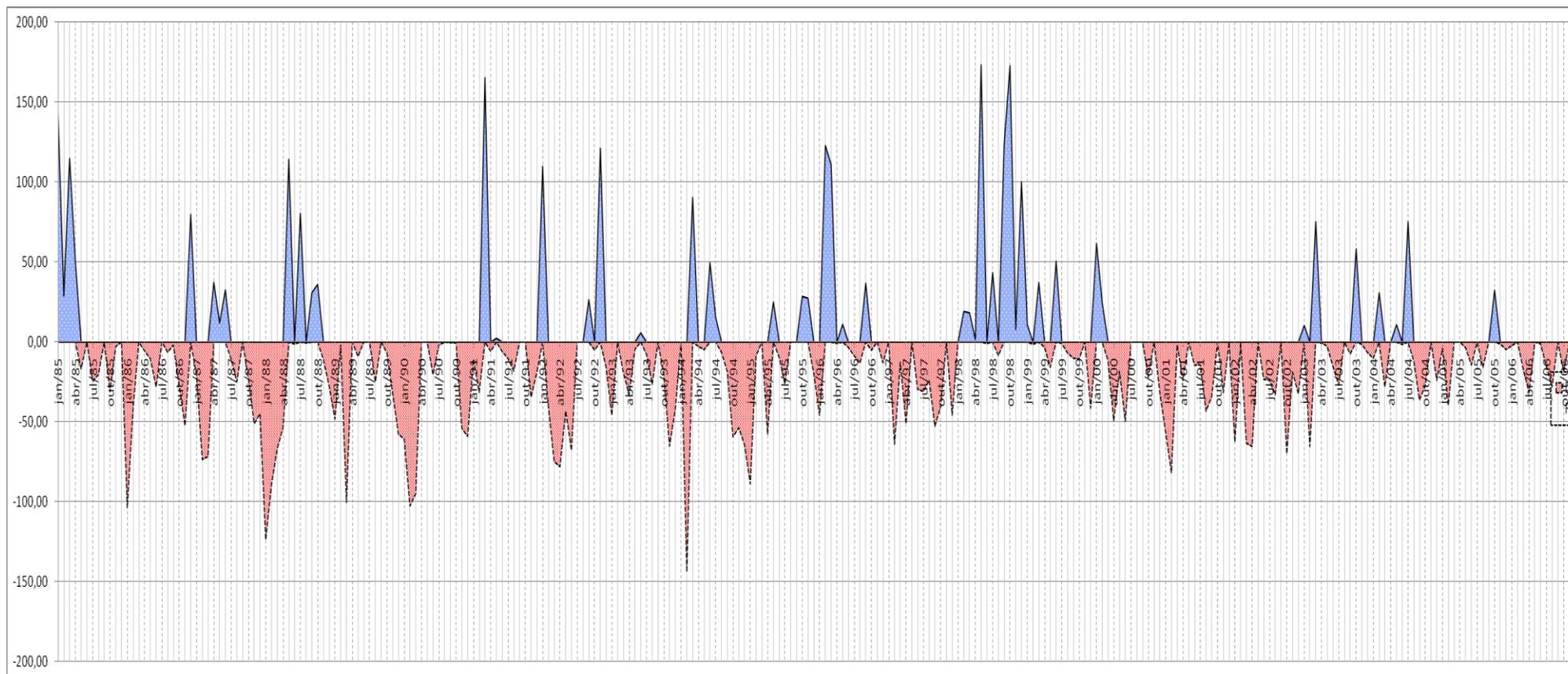


Figura 41- Balanço Hídrico Climatológico Sequencial de Guaratiba, apresentando os excedentes(em azul) e deficiências (em vermelho) hídricas (em mm).

## V - Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

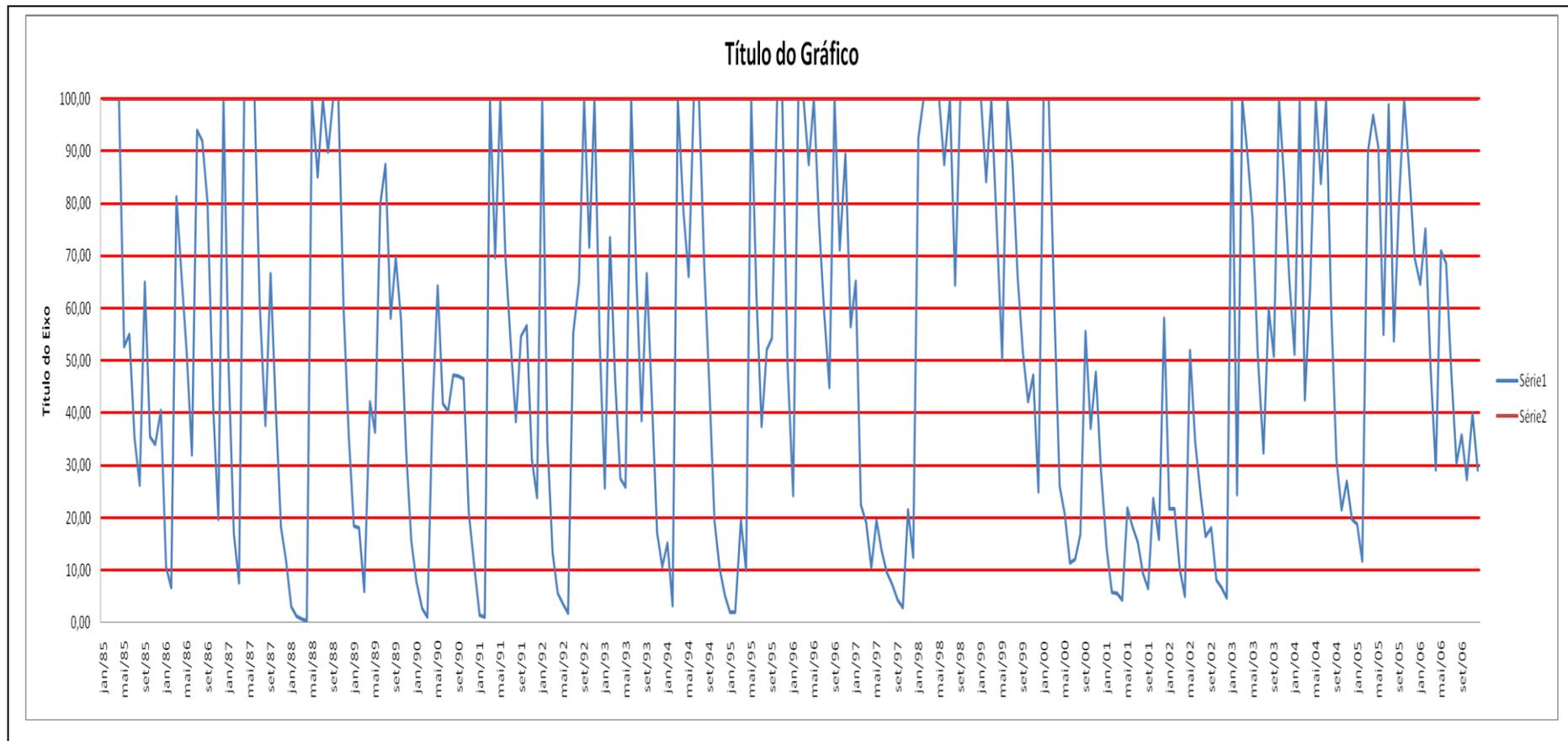


Figura 42 - Balanço Hídrico Climatológico Sequencial de Guaratiba, apresentando o a quantidade de água armazenada no solo.

## V - Variabilidade temporal da precipitação e caracterização climatológica da estação da Marambaia.

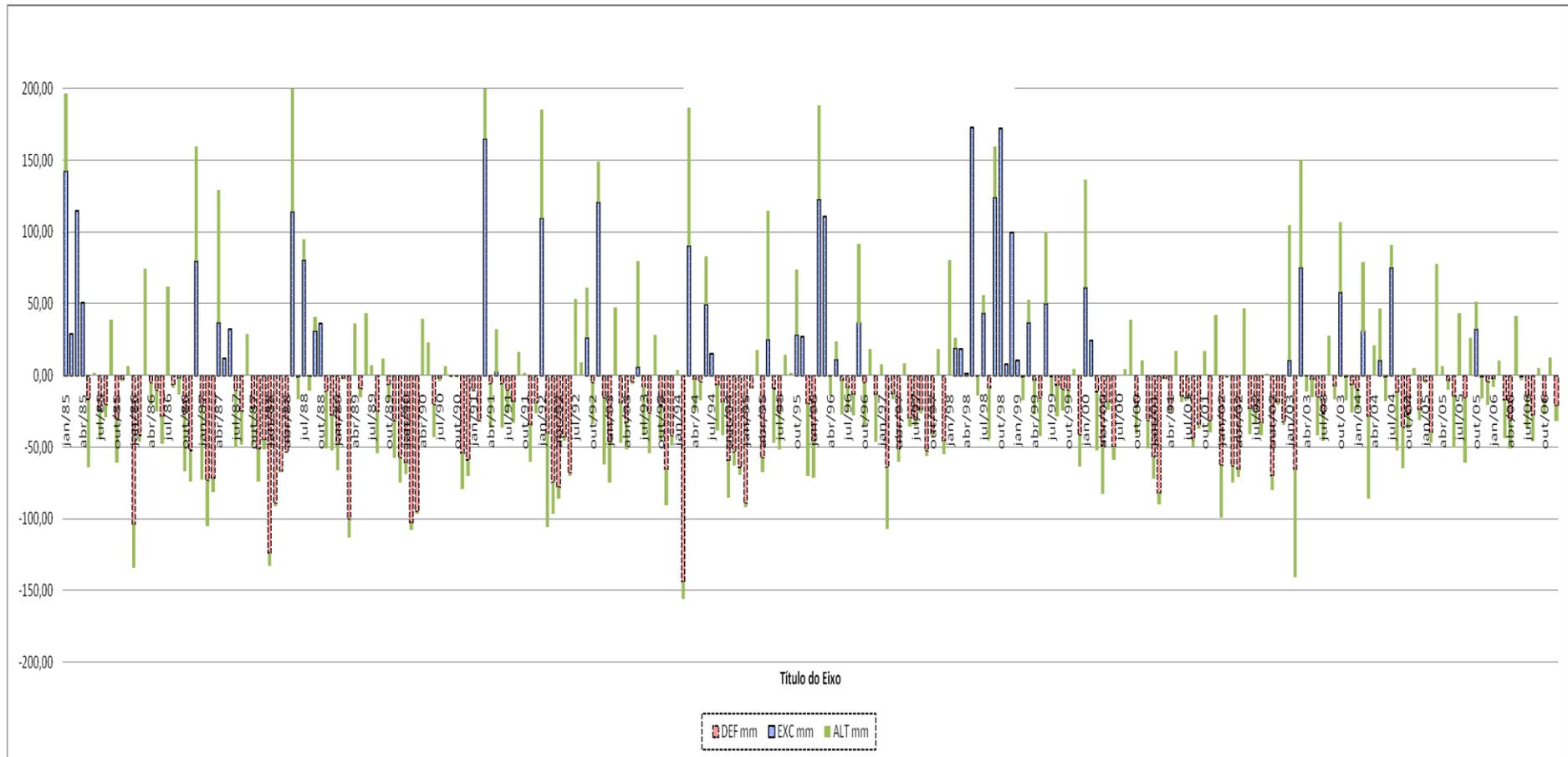


Figura 43 - Balanço Hídrico Climatológico Sequencial de Guaratiba, apresentando os excedentes, deficiências hídricas, quantidade de água retirada ou armazenada (em mm) .

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises dos dados de precipitação e de disponibilidade hídrica serviram para entender algumas características, antes pouco exploradas e discutidas sobre a área de Guaratiba.

Através dos dados de precipitação de uma estação percebeu-se que durante a séria histórica analisada houve períodos em que a tendência era o aumento da precipitação acumulada anual com o passar dos anos, e outros com diminuição das chuvas anuais. A tendência de aumento foi observada nos períodos de 1987-1988, 1990-1991 e 1993-1998. Como pode ser observado, na maioria das vezes, esse comportamento não durou mais que dois meses. As diminuições graduais, por sua vez, tiveram períodos mais longos, sendo estes de 1985 à 1987, de 1988 à 1990, de 1991 à 1993 e de 1998 à 2002.

Quando se analisa o comportamento da precipitação ao longo de cada ano verifica-se que não há na região estudada uma estação seca bem marcada, que ocorra em todos os anos. Na verdade, há uma grande variabilidade no comportamento da precipitação: existem anos em que há um comportamento de seca entre junho e agosto, outros em que esse comportamento é no início ou final do ano e, anos ainda que tal comportamento não existe, sendo as chuvas distribuídas de maneira homogênea durante todo o ano.

Pelegri (2000) ao analisar dados climáticos da mesma área, embora utilizando um CAD diferente, encontrou o mesmo afirmado aqui, que através dos dados de precipitação de Guaratiba verifica-se a ausência de um período seco.

O cálculo do Balanço Hídrico da mesma série histórica indicou o sistema altamente seco da região, em relação à disponibilidade hídrica da precipitação. A distribuição mais observada é a de anos que apresentam 2 ou 3 meses com excedente hídrico, mas vários anos apresentam nenhum ou somente um mês com excedente de água para o sistema. Na análise foram observados 3 períodos longos sem nenhum mês de excedente.

Ao final da análise, conclui-se que a área próxima à estação meteorológica da Marambaia apresenta uma grande variabilidade quanto à distribuição da precipitação. Além disso, o comportamento quanto ao balanço hídrico aponta para uma deficiência hídrica na maior parte do ano, naquele local.

Entretanto, o monitoramento da precipitação e o cálculo do Balanço Hídrico devem continuar: um monitoramento maior proporcionará uma análise de outros padrões que podem não ser observados nesta escala temporal, por exemplo, cabe verificar se o período mais úmido observado em 1998 foi um comportamento anormal, ou é verificado com intervalos de tempo não compreendidos nessa análise.

## 1. INTRODUÇÃO

As influências das mudanças globais climáticas no planeta são um dos grandes desafios do mundo contemporâneo. Todos os ecossistemas estão sendo estudados para se saber a projeção de cada um frente às mudanças de temperatura, do grau de ocorrência de fenômenos climáticos e variação no nível médio relativo do mar. Entre os ecossistemas mais vulneráveis a essas mudanças estão os manguezais que, dependendo de características locais, podem ou não sobreviver aos avanços do nível médio relativo do mar.

As características das florestas de mangue variam em relação a vários fatores como insolação, variação da maré, disponibilidade de nutrientes, etc. Além disso, elas respondem frente a mudanças no nível do mar, salinidade, tempestades e disponibilidade de água

Tanto as mudanças climáticas de escala global, como as de escala regional, devem ser estudadas para se entender a dinâmica desse ecossistema. Isto porque, assim como descrito em Eslami-Andargoli et al. (2009), em escala regional a extensão e a característica dos manguezais podem ser determinadas por uma interação cumulativa e complexa entre localização, precipitação, hidrologia, nível do mar, dinâmica de sedimentos, subsidência, incidência de tempestades, distúrbios causados por pragas e predação. Logo, a mudança em qualquer um desses fatores acarretaria diferentes respostas da comunidade vegetal do mangue.

Assim, o estudo de cada um desses parâmetros e sua influência nas florestas de mangue contribui muito para aumentar o conhecimento sobre esse ecossistema, contribuindo para uma possível projeção e modelagem da vegetação. Nesse contexto, insere-se a importância das análises envolvendo precipitação e disponibilidade hídrica, isso porque como afirma Snedaker (1995), as mudanças no regime de precipitação local e na captação de escoamento podem ser mais significativas para os manguezais em um curto prazo de tempo.

Segundo McLeod & Salm (1996) prevê-se que a taxa de precipitação aumente cerca de 25% até 2050, em resposta ao aquecimento global. Essa mudança pode ter uma grande influência tanto no crescimento dos espécimes como na extensão das áreas de mangue (Snedaker, 1995).

## VI – Correlação da dinâmica das florestas de mangue e a caracterização climática regional.

---

Nesse contexto, Ellison (2004) afirma que a diminuição das taxas de precipitação resultaria na queda da produtividade dos manguezais, do seu crescimento, e da sobrevivência de plântulas, podendo ainda alterar a distribuição de espécies, favorecendo as mais tolerantes a salinidade. Snedaker (1995) afirma ainda que tal diminuição na precipitação pode resultar na redução da área de florestas de mangue, diminuição de diversidade, e aumento dos apicuns.

Pela ocorrência de uma estação seca marcada ao longo de anos, os manguezais podem apresentar como característica a existência de áreas hipersalinas, como nos manguezais de Guaratiba (Pellegrini, 1996, 2000; Soares, 1997). Sendo eles relacionados também à ocorrência de marés meteorológicas (Pellegrini, 2000), a antigas obras de drenagens (Araújo, 1985). Assim, como no caso de Guaratiba, porções das florestas de mangue fariam sua transição com essas planícies, que não apresentam vegetação pela sua alta concentração de sais.

Em oposição, em áreas com planícies hipersalinas, os aumentos das taxas de precipitação podem aumentar a área dos manguezais, a diversidade de zonas e a taxa de crescimento de algumas espécies (Field, 1995), além de favorecer a migração dos manguezais em direção a bancos de *Salicornia* (Harty, 2004).

### 2. OBJETIVOS

Este capítulo tem como objetivo principal analisar a influência da variação das taxas de precipitação e disponibilidade hídrica com a variação da área de manguezal entre 1985 e 2006.

Cabe ressaltar que para alcançar esse objetivo foram realizadas as etapas descritas nos capítulos anteriores deste trabalho, que consistiram em:

- Analisar a dinâmica das florestas de mangue de Guaratiba entre os anos de 1985 e 2006, identificando as áreas que foram colonizadas por espécies de mangue, e as que perderam a cobertura vegetal.
- Analisar a variabilidade temporal da precipitação e da disponibilidade hídrica na região de Guaratiba (RJ) no período de 1985 a 2006;

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Precipitação

Os materiais e métodos utilizados na caracterização das variações climáticas são apresentados de forma detalhada no capítulo V desse trabalho. Entretanto, além das análises anuais realizadas para caracterização climática regional presentes no capítulo V, foram realizadas análises considerando os períodos de aquisição de cada imagem. Ou seja, os cálculos de acumulada de precipitação, média mensal e mediana foram calculadas para seguintes períodos:

**Tabela 15 - Períodos analisados, entre as imagens adquiridas.**

<b>Nome do período</b>	<b>Duração</b>
Período 1	Abril de 1985 à março de 1988.
Período 2	Abril de 1988 à junho de 1991.
Período 3	Julho de 1991 à julho de 1994.
Período 4	Agosto de 1994 à junho de 1997.
Período 5	Julho de 1997 à maio de 2000.
Período 6	Junho de 2000 à agosto de 2003
Período 7	Setembro de 2003 à junho de 2006.

#### 3.2. Balanço Hídrico

Assim como para a precipitação, o balanço hídrico utilizado aqui será o exposto no capítulo V, porém, desta vez, também com um enfoque por período de aquisição das imagens, para que se tenha uma idéia de cada período de aquisição. Os cálculos são os mesmo, entretanto serão analisados cada período, em relação a excedente e deficiência hídrica.

#### 3.3. Análise das imagens de satélite

## VI – Correlação da dinâmica das florestas de mangue e a caracterização climática regional.

Todas as imagens utilizadas, assim como os métodos e resultados foram descritos, detalhadamente, no capítulo IV desta dissertação. Nesse momento serão discutidas apenas as variações ocorridas em cada período.

### 4. RESUSTADOS E DISCUSSÃO

Quando os valores de precipitação acumulada de cada período (tabela 16) são observados, percebe-se que o período mais úmido foi o período 5 (3972,8 mm acumulados), apresentando os maiores valores de média e mediana de precipitação. O período 2, considerando somente a acumulada do período, seria o segundo mais úmido, entretanto, este período é o que apresenta um dos maiores números de amostras, o que elevou o valor da acumulada. Esta suposição é comprovada quando se observa os valores de média e mediana, que indica o período 7 como muito mais úmido, com valores de média e mediana de 95,9 mm e 95,7 mm, respectivamente. Os períodos 3 e 4 são bastante similares quanto à acumulada do período, mas quando se observa os valores de tendência central, percebe-se que o período 4 se apresenta ligeiramente mais úmido. O período 6 caracteriza-se como um período mais seco, com acumulada de 2908,2 mm. Cabe ressaltar que, o período 6 se apresentou um dos menores valores de precipitação, mesmo tendo o maior número de amostras. Entretanto, o período mais seco foi o primeiro, apresentando média e mediana de 74,4 mm e 59,5 mm, respectivamente.

**Tabela 16 - Dados climáticos dos períodos analisados.**

	<b>Acumulada do Período</b>	<b>Número de amostras</b>	<b>Média mensal de precipitação</b>	<b>Mediana</b>
<b>Período 1</b>	2678,4	36	74,400556	59,5
<b>Período 2</b>	3411,6	39	87,477949	70,7
<b>Período 3</b>	3194,7	37	86,343243	69,5
<b>Período 4</b>	3121,8	35	89,192857	80,5
<b>Período 5</b>	3972,8	35	113,50857	102,8

## VI – Correlação da dinâmica das florestas de mangue e a caracterização climática regional.

<b>Período 6</b>	2908,2	39	74,569231	62,0
<b>Período 7</b>	3164,7	33	95,9	95,7

A figura 46 (A à G) ilustra a frequência da distribuição da precipitação em cada período analisado.

O período 46 é o que se registrou a menor precipitação acumulada, apresentando valores mensais de precipitação concentrados, principalmente, nas menores classes. O que corrobora, a descrição deste como um o período mais seco, com meses com menor disponibilidade de água da chuva.

Os período 2, 3 e 4 apresentam uma distribuição entre as classes semelhantes e, comportamento similar à distribuição para todo o período (apresentado e discutido no capítulo 2). Mesmo com esse comportamento semelhante, ao serem percebidas algumas diferenças entre os períodos, o período 2 foi marcado por mais ocorrência de chuvas nas classes 20-50mm e 100-200mm do que o período 3, tendo este, por sua vez, apresentado mais ocorrência de chuvas com valores extremos (menores que 20mm e superiores a 200mm), o que caracteriza um período onde se teve meses de estiagem e meses em que choveu mais. O período 4 apresenta seus valores de precipitação mensal mais distribuídos entre as classes centrais analisadas aqui.

A distribuição de precipitação mensal observada no período 5 difere de todas observadas até o momento. A maior ocorrência é na classe de 100 mm a 200 mm e não na classe central, além de ser o único período com mais de 15 % das observações acima de 200 mm, mais uma evidência, de ser este, o período mais úmido do monitoramento.

Assim como descrito para o período 1, o período 6 apresenta maior ocorrência nas menores classes de precipitação, característica de um período mais seco.

O período 7 apresenta um comportamento único, registrando maior ocorrência de chuvas entre 50 e 100mm e 100 e 200 mm. Assim como para o período 5, este período apresenta as maiores frequências deslocadas para os maiores valores (direita), quebrando a distribuição normal. Ou seja, assim como o período 5 esse também é um período mais úmido (com 40% das chuvas acima de 100mm).

## VI – Correlação da dinâmica das florestas de mangue e a caracterização climática regional.

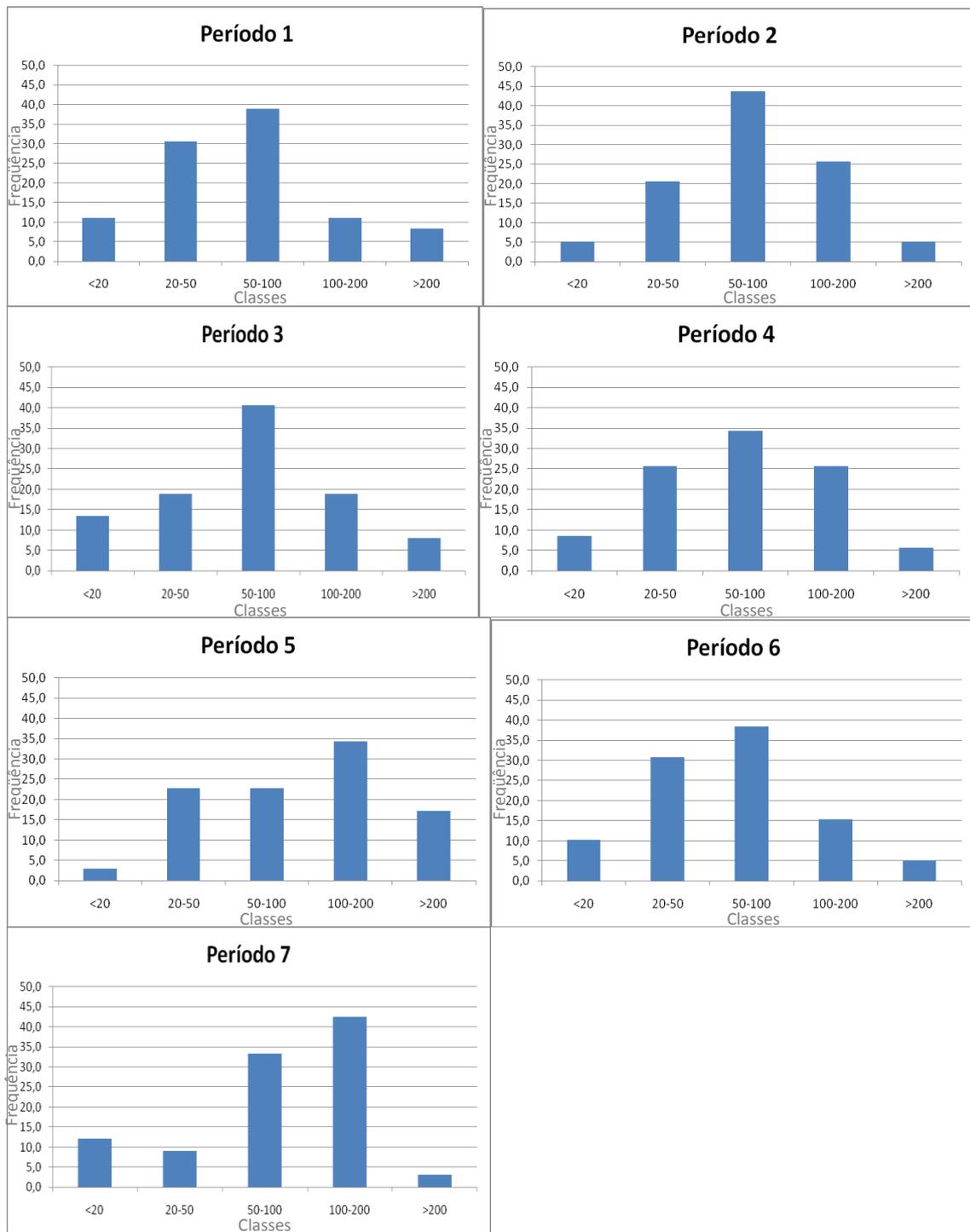


Figura 44 - Frequência de precipitação (por classes em mm) para os períodos analisados.

## VI – Correlação da dinâmica das florestas de mangue e a caracterização climática regional.

O balanço hídrico mostrou que a área próxima à estação meteorológica de Guaratiba apresenta, na maior parte do tempo, deficiência hídrica em relação ao sistema de precipitação existente.

Além da descrição do comportamento do balanço hídrico em cada período (figura 47), criou-se um índice (tabela 17) que consiste na diferença entre todo o excedente hídrico e toda a deficiência, para se analisar melhor os períodos entre as imagens adquiridas. Tal cálculo serve para verificar se ao final do período, houve mais deficiência ou déficit hídrico, e qual o balanço final. Com este cálculo verificou-se que o comportamento desse índice apresentou a mesma ordem de ocorrência que o observado para as médias mensais de cada período, assim, a ordem crescente de valores para esse índice é Período 1, 6, 3, 2, 4, 7 e 5. Desses, somente Período 5 apresentou resultado positivo, indicando o único período em que os valores de excedente hídrico superaram o de deficiência. Ou seja, essa análise corrobora que os períodos 1, 3 e 6 são mais secos, os 5 e 7, os mais úmidos e os períodos 2 e 4 tem um comportamento intermediário.

**Tabela 17 - Parâmetros calculados através do Balanço Hídrico, onde ARM é a quantidade de água armazenada no solo (máximo de 100mm, DEF é a deficiência hídrica e EXC o excedente hídrico.**

	<b>Média ARM</b>	<b>Média DEF</b>	<b>Média EXC</b>	<b>EXC-DEF</b>
<b>PERÍODO 1</b>	49,71938	-22,442	5,438239	-843,795
<b>PERÍODO 2</b>	48,87562	-21,0925	10,99593	-282,599
<b>PERÍODO 3</b>	50,43173	-22,2181	11,29597	-383,606
<b>PERÍODO 4</b>	51,35765	-18,8305	10,35146	-226,423
<b>PERÍODO 5</b>	66,81182	-10,6266	24,11803	668,9297
<b>PERÍODO 6</b>	29,90857	-23,2512	2,19132	-830,557
<b>PERÍODO 7</b>	64,9738	-8,50221	6,09726	-21,2473

Quando os dados descritos até aqui são comparados com as medições de área de florestas de mangue de cada período, percebe-se alguns comportamentos da dinâmica dos manguezais associados às características climáticas. Tal correlação é mais perceptível quando se analisa em separado a dinâmica da Restinga da Marambaia e da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba.

### 3.3.1. Restinga da Marambaia

Para os cálculos de área do manguezais dessa região foram nos períodos que apresentaram os menores valores de precipitação acumulada (3, 6 e 1 de forma decrescente) os que se identificou redução da área de manguezal, com o registro de perdas de 0,37 km<sup>2</sup>, 0,025 km<sup>2</sup> e 0,16km<sup>2</sup>, respectivamente (tabela 18). Nesse mesmo período os valores da variação dos apicuns foram positivos, e muito próximos a área perdida pelo mangue, mostrando que a maioria dessas áreas perdidas foi por morte das árvores e expansão das planícies hipersalinas. Cabe ressaltar, entretanto, que a perda de área para o período 6 foi muito pequena, podendo ser considerada como sem variação da extensão de área do manguezal.

**Tabela 18 - Variação de cada classe (em Km<sup>2</sup>), na Restinga da Marambaia.**

	Período 1 1985 -1988	Período 2 1988-1991	Período 3 1991-1994	Período 4 1994-1997	Período 5 1997-2000	Período 6 2000-2003	Período 7 2003-2006
<b>Apicum</b>	0,15	-0,19	0,23	-0,27	-0,10	0,03	-0,13
<b>mangue</b>	-0,18	0,31	-0,37	0,58	-0,34	-0,03	0,72
<b>outros</b>	0,20	0,041	-0,01	0,07	-0,19	0,41	-0,66
<b>água</b>	-0,18	-0,16	0,16	-0,38	0,62	-0,41	0,07

Seguindo a tendência apresentada, os períodos que tiveram variação positiva da área de mangue (colonização da floresta) são os períodos com maiores acumuladas anuais e maiores médias de precipitação do período. São esses os períodos 4 e 2, que apresentaram curva de freqüência normal e o período 7. Destaque para o período 7, que apresentou freqüência maior para as classes com maiores valores de precipitação, e maior taxa de colonização do manguezal (0,72 km<sup>2</sup>). Mais uma vez esses valores de crescimento das florestas de mangue foram acompanhados por diminuição de área das planícies hipersalinas, evidenciando a colonização dos apicuns ilustradas nas figuras do capítulo IV (figuras 47 e 48).

A exceção para esta correlação é o período 5, que embora apresente um dos maiores valores de acumulada anual e média mensal do período, apresenta redução da área de manguezal. Quando se analisa a tabela 18, percebe-se que nesse período há o aumento da área de água (0,62 km<sup>2</sup>), o que faz com que levante-se a hipótese de que a perda dos manguezais fossem associadas a erosão na franja. Logo, haveria a

## VI – Correlação da dinâmica das florestas de mangue e a caracterização climática regional.

---

colonização da parte mais interna da floresta (o que pode ser observada na figura 33 do capítulo IV ocorrida pelo período úmido e, erosão da franja, o que resultou em uma perda da floresta de mangue.

Ao se analisar os dados de Balanço Hídrico, o mesmo comportamento descrito acima com a precipitação é identificado.

Assim, os períodos onde há registro de deficiência hídrica mais branda, (7, 4 e 2) são os mesmos que apresentam acréscimo da área de manguezal na Restinga da Marambaia, de forma inversamente proporcional, ou seja, quanto menor a deficiência, maior a colonização.

Seguindo esse comportamento, os registros maiores de deficiência hídrica (3, 6 e 1) apresentam supressão das florestas de mangue. Entretanto, diferente do observado para os meses de colonização, no caso da supressão da floresta, não foi observada aqui uma proporcionalidade entre a taxa de supressão e o resultado final entre deficiência e excedente hídrico. As taxas de supressão da floresta não apresentarem correlação proporcional aos dados de Balanço Hídrico, assim como não apresentam para os dados de precipitação, o que pode ser indício de que nesses períodos outros fatores influenciam na dinâmica da floresta.

A exceção para o descrito até aqui, como para a análise com a correlação aos dados de precipitação, é o período 5, que embora tenha apresentado a única taxa de excedente hídrico do período, foi quantificado retração da floresta de mangue no período. Uma teoria para esse período, como descrito em capítulo anterior, é que uma erosão na franja da floresta tenha resultado no balanço negativo. Mas o que ocorreu foi, simultaneamente, a colonização da parte interna e a morte das florestas na franja.

Assim, o que se percebe para a Restinga da Marambaia é a forte correspondência entre as variações climáticas e a dinâmica das florestas de mangue. A disponibilidade hídrica realmente é um fator determinante. Entretanto, outros ciclos climáticos podem influenciar tal variação.

### **3.3.2. Na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba**

## VI – Correlação da dinâmica das florestas de mangue e a caracterização climática regional.

Quando se analisa a relação do comportamento da precipitação com a dinâmica de expansão da área de manguezal da RBAG, percebemos algumas características semelhantes às descritas para a dinâmica dos manguezais na Restinga da Marambaia.

A tabela 19 indica que o único período que apresentou redução das florestas desse complexo, o período 3, também apresentou redução da restinga. Os demais períodos apresentaram aumento no manguezal, entretanto com comportamentos distintos. Os períodos 5 e 6, com dois dos menores valores de colonização, são os períodos que também apresentaram redução de floresta na restinga. Ou seja, dos quatro períodos que apresentaram redução de florestas de mangue na Restinga da Marambaia, um apresentou o mesmo comportamento da parte continental e, três apresentaram os menores valores de colonização. Tal comportamento é um indício de que em períodos menos favoráveis (com menor ocorrência de precipitação) os manguezais da restinga são mais vulneráveis, reduzindo suas áreas e, as florestas influenciadas por rios, apresentam taxa menor de colonização.

**Tabela 19 - Variação de cada classe (em Km<sup>2</sup>), na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba, sendo excluída a área regenerada no interior da floresta.**

	Período 1 1985-1988	Período 2 1988-1991	Período 3 1991-1994	Período 4 1994-1997	Período 5 1997-2000	Período 6 2000-2003	Período 7 2003-2006
<b>Apicum</b>	-0,07	-0,87	0,535	0,23	-0,73	-0,07	-0,27
<b>mangue</b>	0,532702	0,67	-0,38	0,44	0,44	0,12	0,76
<b>outros</b>	-0,733421	-0,07	0,043	-0,71	0,21	0,02	-0,62
<b>água</b>	0,03	0,00	-0,01	0,04	0,07	0,03	0,13

O período 2 teve comportamento análogo ao da evolução na Restinga da Marambaia, no mesmo período, com aumento da área da floresta de mangue. Também apresentando aumento das florestas, o período 7 foi o que teve maior taxa de colonização. Cabe ressaltar, que este período também apresentou maior expansão de floresta, na Restinga, em comparação a todos os períodos e, que é e este o de maior acumulada de precipitação. Esta descrição leva a crer que este período, dentre os analisados, foi o mais favorável para a expansão das florestas, tanto na reserva quanto na restinga. Nesse período foi observado, mais uma vez, redução dos apicuns assim como quantificado no período 5, o que evidencia o efeito da chuva na colonização na parte interna das florestas de mangue.

Os períodos 1 e 4 são exceções do discutido até o momento, não sendo identificada qualquer correlação da quantidade e padrão de chuvas, e evolução das

## VI – Correlação da dinâmica das florestas de mangue e a caracterização climática regional.

---

florestas na restinga, com a dinâmica apresentada na Reserva Arqueológica e Biológica de Guaratiba.

Assim como descrito para a precipitação, quando os dados de balanço hídrico se confrontam são confrontados com os de dinâmica da área de manguezal localizado na RBAG percebem-se algumas relações.

Para a reserva, todos os períodos, com exceção do período 3, apresentaram colonização das florestas de mangue. Este período também apresentou redução na área de floresta da restinga da Marambaia, sendo esse um dos períodos mais secos do monitoramento.

Quando os períodos que apresentaram aumento da área de manguezal são analisados não são percebidas correlações bem marcadas entre o aumento de área e os dados do balanço hídrico. O período 6 foi o que apresentou a menor expansão dessa área e um dos que apresentou menor valor de diferença entre o excedente e a deficiência hídrica. Além disso, o período que teve maior colonização foi um dos menos secos (Período 7). Entretanto, o restante dos períodos não mostrara uma relação direta com os dados do balanço hídrico, evidenciando mais uma vez que na região da RBAG existem outros fatores que influenciam a dinâmica das florestas de mangue.

Após o exposto até aqui, percebe-se que os comportamentos da dinâmica das florestas de mangue na Restinga da Marambaia e Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba são distintos entre si, não apresentando taxas de colonização ou supressão da cobertura vegetal, simultaneamente. Entretanto, ao se analisar mais profundamente, percebem-se alguns comportamentos similares nos dois sítios analisados. Nos períodos com maior estiagem, foram quantificadas reduções na área de floresta na Restinga da Marambaia, já na reserva, um desses períodos apresentou supressão e, nos demais, colonização, entretanto, com as menores áreas comparadas aos períodos de colonização. Ou seja, quando a precipitação é muito baixa, as florestas de mangue não conseguem se preservar na porção da área de estudo onde não há influência direta dos rios, de áreas alagadas (brejos) ou do lençol freático, enquanto que na área continental, onde há presença de rios adjacentes, em alguns momentos há, supressão de florestas, indicando um período realmente desfavorável aos manguezais, e, em outros, pequenas taxas de colonização, indícios de que o aporte da água doce “amortece” alguns rigores ambientais. Cabe ressaltar, entretanto, que este comportamento não é proporcional às taxas de precipitação, ou seja, o menor valor acumulado não representa a menor

## VI – Correlação da dinâmica das florestas de mangue e a caracterização climática regional.

---

variação nas duas áreas estudadas, o que leva a crer que outros fatores influenciam e mascaram essa dinâmica diretamente relacionada a precipitação.

Algumas tentativas de se correlacionar as variações das florestas de mangue a padrões de precipitação são encontradas no meio acadêmico. Estas, com resultados um pouco diversos, sem se encontrar uma concordância. Alguns desses trabalhos apresentaram conclusões semelhantes ao afirmado nesse estudo.

Em conformidade como observado para a variação de florestas de mangue na Restinga da Marambaia, Cintrón et al. (1978) propõem que padrões cíclicos de precipitação regulam a velocidade e direção de processos de sucessão em manguezais localizados em regiões de clima seco no Caribe. Segundo esses autores, em períodos chuvosos ocorre uma redução da salinidade e como consequência, uma expansão das florestas de *Rhizophora mangle* (menos resistentes a altas salinidades).

Eslami-Ardagoli et al. (2009), ao estudar a influência do regime de precipitação na dinâmica da área de manguezal entre 1972 e 2004, encontrou uma correlação entre o regime climático e a taxa de colonização do mangue em direção a terra, mas não, com a quantificação de colonização na área de franja. Concluindo que a precipitação é um dos principais fatores que influenciam a colonização dessas espécies, mas que tal influencia pode varia de lugar para lugar, o que estaria relacionado com o comportamento diverso entre as florestas de mangue da porção continental e da as florestas da restinga.

Saintilan & Williams (1999) e Saintilan & Wilson (2001) sugerem o aumento na quantidade de chuvas como responsável pela expansão das florestas de mangue em direção aos *salt marshes* localizados em direção ao continente.

Ao monitorar as áreas de apicum em duas áreas de estudo, Saintilan e Wilton (2001) perceberam que nas duas regiões as áreas de planície hipersalina diminuía, em uma havia ocorrido colonização de manguezais e, na outra a área de apicum foi ocupada por Melaleuca e Casuarina. Sendo assim, os autores descartaram a influência da variação do Nível Médio Relativo do Mar nessa variação e levantaram a hipótese que seria as mudanças do regime climático, as responsáveis por essa variação.

Sendo assim, vários são os trabalhos (Cintrón et al. ,1978; Eslami-Ardagoli et al.,2009; Saintilan & Williams, 1999 e; Saintilan & Wilson, 2001) que afirmam, assim como o descrito para o comportamento de retração/colonização dos manguezais na restinga da Marambaia, uma grande relação entre essa dinâmica e a disponibilidade de água através de chuvas.

## VI – Correlação da dinâmica das florestas de mangue e a caracterização climática regional.

---

Ao se analisar a variação dos manguezais da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba não foi observada as mesmas variações de supressão/colonização. O que se identificou, de maneira geral, foi a expansão das florestas, entretanto, quando as florestas da Restinga se retraíram, as localizadas na RBAG apresentam uma pequena área de expansão. Sendo a expansão maior, nos mesmos momentos de crescimento de mangue na Restinga da Marambaia.

Esse comportamento nos faz propor um controle desse processo de expansão/retração de florestas de mangue e planícies hipersalinas, tanto pelos ciclos climáticos, como pelos aportes terrestres de água doce (oriundos de áreas úmidas e do lençol freático).

Cintron et al. (1978) também relatam que em áreas onde o aporte de água doce continental é insuficiente para neutralizar os efeitos da redução das chuvas, nos períodos mais secos observa-se a retração das florestas de mangue, seguida por sua expansão em períodos úmidos subsequentes. Eslami-Andargoli *et al.* (2009) descrevem um processo similar na Austrália, eles descrevem, como observado nessa dissertação, uma redução na taxa de expansão dos manguezais em direção ao continente nos períodos mais secos e não uma retração da floresta.

Entretanto, Winton (2002), ao analisar 9 regiões de manguezais na Austrália e, sua suposta correlação com parâmetros de precipitação só encontra tal correlação em alguns sítios monitorados, mostrando, mais uma vez, a controvérsia ainda existente, sobre o grau de influência da precipitação na dinâmica das florestas de mangue.

Assim, na Restinga, onde os aportes de água terrestres são reduzidos, os pulsos de colonização/supressão das florestas de mangue são altamente relacionados as variações climáticas em escala local. Nessa região, mesmo que a longo prazo esteja ocorrendo um avanço das florestas de mangue sobre as planícies hipersalinas, como resposta à elevação do nível médio relativo do mar (Soares et al., 2005; Soares, 2009), esse processo é favorecido nos períodos úmidos e revertido nos períodos secos, quando o controle das alterações impostas pela elevação do nível médio do mar é sobrepujado pela intensidade do estresse hídrico/salino imposto pelos períodos de baixa disponibilidade hídrica.

De maneira oposta, as florestas localizadas na Restinga Biológica e Arqueológica da Marambaia há forte influência de doce, assim, o estresse salino é amenizado, permitindo que o processo de expansão ocorra mais continuamente.

## VI – Correlação da dinâmica das florestas de mangue e a caracterização climática regional.

---

Ewel et al. (1998) e Drexler et al. (2002) também relatam que o alto aporte de água doce de origem terrestre (através de escoamento superficial e fluxo subterrâneo) evitam que florestas de mangue interiores da Micronésia sejam submetidas a níveis extremos de estresse hídrico e salino. Soares et al. (2005) relatam que o avanço das florestas de mangue sobre as planícies hipersalinas não ocorre de forma contínua, sendo interrompido em períodos secos. Esses autores descrevem um avanço da floresta de mangue sob a planície hipersalina, sob a forma de pulsos, caracterizados pela colonização gradativa da planície hipersalina, por jovens de espécies de mangue, nos períodos úmidos. Assim sendo, mesmo não determinando a retração das florestas de mangue nos períodos secos, os ciclos climáticos ainda exercem controle sobre a dinâmica das florestas de mangue e planícies hipersalinas em áreas com aporte de água doce continental, como o observado na região do Rio Piracão.

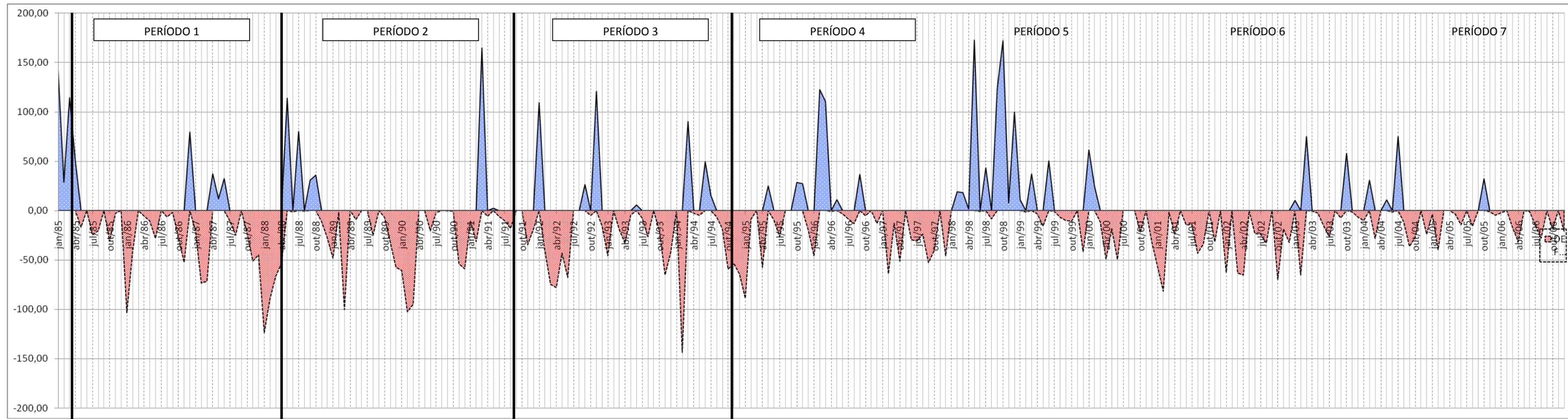


Figura 45- Balanço Hídrico Climatológico Sequencial de Guaratiba, apresentando os excedentes e deficiências hídricas (em mm).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises dos mapeamentos mostram, durante o período monitorado, o aumento da área total das florestas de mangue.

Entretanto, quando se separam as áreas da reserva da Marambaia e da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba, surgem detalhes interessantes.

As florestas de mangue localizadas na Restinga da Marambaia não apresentaram, durante o período analisado, o mesmo comportamento de crescimento e redução da Reserva. Na área da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba o único período em que se quantificou redução da área de floresta foi o de 1991 a 1994, comportamento similar ao observado para todo o complexo de manguezais. Diferente do descrito, os manguezais localizados na Restinga da Marambaia apresentaram comportamento muito mais dinâmico, registrando períodos de aumento, e de diminuição das florestas de mangue.

Além disso, verificou-se que uma área degradada no início do monitoramento totalmente recolonizada em um intervalo de 6 anos. Este resultado, por si só, já se consolida como muito importante para os estudos futuros nessa floresta. Isto porque, a partir dessa constatação tem-se uma estimativa da idade desse fragmento florestal, como uma margem de erro de três anos, o que pode auxiliar estudos futuros, como os que envolvem dendrocronologia.

Outra relação que foi evidenciada com a análise das florestas de toda a área de estudo e foi ratificada pela análise em separado de cada fragmento florestal, foi a relação extrínseca entre os apicuns e as florestas de mangue, bem como a importância dessas planícies na expansão dos manguezais.

Nas florestas da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba o comportamento dos eventos de crescimento/redução da área em todos os períodos, exceto o período entre 1994-1997, foram contrários. Ou seja, quando uma classe apresentou aumento de área de floresta, na outra foi calculada redução.

Entre 1988 a 1991, 1997 a 2000 e, 2003 a 2006 os valores das áreas colonizadas pelas florestas e as que sofreram redução nas planícies hipersalinas são próximos e,

como grandes áreas de mangue fazem fronteira com os apicuns, percebe-se que são as áreas de apicuns, as colonizadas por manguezais.

Por outro lado, nos períodos de 1985 a 1988 e 2000 a 2003 os índices de aumento de mangue foram superiores a área reduzida dos apicuns, o que indica que além de colonizar as planícies hipersalinas, nesses períodos as florestas ainda ocuparam espaços que antes apresentavam outro tipo de cobertura vegetal ou estavam sem cobertura alguma (como um banco de lama, por exemplo).

Esta relação intrínseca reafirma as áreas de apicuns como parte do ecossistema manguezal, representando uma feição não vegetada desse ecossistema, sendo sua preservação crucial para a manutenção das florestas de mangue.

- Almeida, P. M. M. 2007. Utilização de imagens de satélite para análise Multi-temporal do manguezal de guaratiba – RJ. Monografia de Bacharelado. Departamento de Oceanografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 91p.
- Araújo, D. S. D. 1985. A Vegetação da Baixada Santista de Guaratiba-Sepetiba. **In: Coletores e Pescadores Pré-Históricos de Guaratiba, Rio de Janeiro**. Kneip, L. M. (ed.). Rio de Janeiro, UFRJ: Niterói, UFF. pp 47-72.
- Awad, M., Castro, P.R.C. Introdução à fisiologia vegetal. São Paulo : Nobel, 1983. 177p. Baltzer (1970)
- Bertoni e Tucci (2002) Blasco, F., Guaquelin, T., Rasolofoharino, M., Denis, J., Aizpuru, M. and Caldairou, V. (1998). Recent advances in mangrove studies using remote sensing data. *Marine and Freshwater Research* 49 (4), 287-296.
- Brandão, Z. N.; Bezerra, M. V. C.; Silva, B. B. 2007. **Uso do NDVI para determinação da biomassa na chapada do Araripe**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 75-81.
- Brasil. 2008. **Tábua de maré para o ano de 2003, costa do Brasil e portos estrangeiros**. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Ministério da Marinha.
- Caramelo 2008 - Caramelo, L; Soares, A.A; Orgaz, M.D. **Estudo da variabilidade intra-anual e da distribuição da temperatura decendial na Península Ibérica**. Resumos da 16ª Conferência Nacional da Física 2008, Portugal, 3-6 de Setembro.
- Carvalho, e. V. T. ; Zagaglia, c. R. ; Ferreira, e. . Avaliação de áreas de mangues e apicuns, nos anos de 1938 e 2004, localizadas na ilha de Santa Catarina. 2007.XVIII SBSR, Florianópolis, INPE.
- Chapman, V.J. 1976. Mangrove vegetation. J. Cramer. Vaduz, Germany. 447 p.
- Chapman, V.J. 1975. Mangrove biogeography. In: Walsh, G.; Snedaker, S.; Teas, H., eds. Proceedings of international symposium on biology and management of mangroves. Gainesville, FL: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida; 3-22.

- Chappell, J., Grindrod, J., 1985. Pollen analysis: a key to past mangrove communities and successional changes in North Australian coastal environments. In: Bardsley, K. N., Davie, J. D.S., Woodroffe, C.D. (Eds), Coastal and Tidal Wetlands of the Australian Monsoon Region, Australian National University North Australia Research Unit, pp.225-236.
- Chaves, F.O. 2001. **Análise dos Padrões de Zonação e Sucessão de Espécies de Mangue na Região de Guaratiba, Baía de Sepetiba – RJ**. Monografia de Bacharelado. Departamento de Oceanografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 77p.
- Cintrón, G. & Schaeffer-Novelli, Y., 1983, **Introducción a la ecología del manglar**. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe – ROSTLAC, Montevideo, Uruguay, 109p. Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983
- Cintrón, G. 1987. **Caracterización y manejo de áreas del mangle**. In: **Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese dos Conhecimentos, Cananeia**. Anais. São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo, v.3, p. 77-75. Cintrón, G.; Lugo, A.E. ; Pool, D.J. & Morris, G. 1978. Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. *Biotrop.*, 10(2): 110-121.
- Colwell, R.N. (1983) 'Manual of remote sensing. Vol. II. Interpretation and applications. Sheridan Press: Virginia, USA.
- Corrêa, F. M. 1996. **Caracterização estrutural preliminar do bosque de mangue da região do Rio Piraquê, Guaratiba, Baía de Sepetiba - RJ**. Monografia de Final de Curso. Departamento de Oceanografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 37p.
- Cracknell, A.P. & Hayes, L.W.B. 1991. **Introduction to Remote Sensing**. Taylor and Francis. London. 304p.
- Crowly, G.M. & M.K. Gagan. 1995. Holocene evolution of coastal wetland in wet-tropical northeastern Australia. *Holocene*, 5(4): 385–399.

- Crowley, T. J. 1996. Pliocene climates: the nature of the problem. *Mar. Micropaleontol.* 27 3–12.
- Cruz, C.B.M. 2009. Notas de Aula – Disciplina: Sensoriamento Remoto.
- Cruz, C.B.M., vicens, R.S., seabra, V.S., reis, R.B., faber, O.A., richter, M., arnaut, P.K.E., araujo, M. 2007. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil.
- Cullingworth, B., 1997. *Planning in the USA: Policies, Issues and Processes*, Routledge, London, 280 p.
- Davis, J.H. 1940. The ecology and geologic role of mangroves in Florida. *Carnegie Inst. Wash. Pap. Tortugas Lab. No. 32. Publ. 517:305-412.*
- Dias-Brito, D.; Moura, J. A. & Bronnimann, P. 1982. Aspectos Geomorfológicos e Geobotânicos da Planície de Maré de Guaratiba, RJ. **In: Atas do IV Simpósio do Quaternário do Brasil.** pp. 153-174.
- Duke NC, Roelfsema C, Tracy D, Godson L, (2001). Preliminary investigation into the dieback of mangroves in the Mackay region Report to the Queensland Fisheries Service. QDPI, Brisbane, Australia. p. 81
- Duke, N. (1996), **Mangrove reforestation in Panama**, C. Field, ed., *Restoration of Mangrove Ecosystems*. Okinawa: International Society for Mangrove Ecosystems, 209-232
- Egler, F. E. 1948. The dispersal and establishment of red mangrove, *Rizophora*, in Florida. *Caribb. For.* 9, 299-319.
- Egler, F.E. 1952. Southeast saline Everglades, Florida and its management. *Vegetatio* 3:213-265.
- Ellison, J. C. & Stoddart, D. R. 1991. Mangrove ecosystem collapse during predicted sea-level rise: Holocene analogues and implications. *Journal of Coastal Research* 7:151–165.

- Ellison, J.C. 2004. Vulnerability of Fiji's mangroves and associated coral reefs to climate change. Review for the World Wildlife Fund. Launceston, Australia: University of Tasmania.
- Eslami-Andargoli, L., P. Dale, et al. (2009). "Mangrove expansion and rainfall patterns in Moreton Bay, Southeast Queensland, Australia." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 85(2): 292-298.
- Espinoza, H. C. F.; Rosa, M. M. P. T. 2009. Evolução Temporal da Cobertura Vegetal do Manguezal do Rio Tavares (Florianópolis-SC) Empregando Técnicas de Sensoriamento Remoto. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto Natal. RN, 25-30.
- Estrada, G. C. D.; Callado, C. H.; Soares, M. L. G.; Lisi, C. S. 2008. Annual growth rings in the mangrove *Laguncularia racemosa* (Combretaceae). *Trees* (2008) n. 22 p. 663–670
- Ferreira, A. A. M. & Oliveira, M. V. 1985. Contribuição ao estudo arqueo-geológico do Quaternário Superior da Baixada de Guaratiba-Sepetiba. **In: Coletores e Pescadores Pré-Históricos de Guaratiba - Rio de Janeiro**. L. M. Kneip (ed.). Editora UFRJ/EDUFF. Rio de Janeiro, Niterói. pp 29-46.
- Fisher, P. y Spalding, M.D. 1993. Protected areas with mangrove habitat. Proyecto de informe. Cambridge, Reino Unido, World Conservation Monitoring Centre.
- Menezes. 2009. Notas de Aula – Disciplina: Cartografia.
- Fromard, F., Vega, C. Poisy, C. 2004. Half a century dynamics coastal Change affecting mangrove shorelines of French Guiana: A case study Based on remote sensing data analysis and field surveys, *Marine Geology*, 208, 265–280.
- Green, E. P., Mumby, P. J.; Edwards, A. J.; & Clark, C. D. 2000. **Remote sensing handbook for tropical coastal management**. Paris: UNESCO.
- Grindrod J. and Rhodes E.G. 1984. Holocene sea-level history of a tropical estuary: Missionary Bay, North Queensland. In: Thom B.G. (ed.), *Coastal Geomorphology in Australia*, Academic Press, Sydney, pp. 151–178.

- Grindrod, J. 1985. The palynology of mangroves on a prograded shore, Princess Charlotte Bay, North Queensland, Australia. *Journal of Biogeography*. 12. 323-348.
- Grindrod J. 1988. The palynology of Holocene mangrove and saltmarsh sediments, particularly in northern Australia. *Review of Palaeobotany and Polynology* 55: 229–245.
- Guimarães, A. S.; Travassos, P.; Souza Filho, P. W. M.; Gonçalves, F. D.; Costa, F. 2009. A participação da aquíicultura na conversão de áreas de manguezal em viveiros no litoral norte do estado de Pernambuco/Brasil: uma análise a partir de dados de sensoriamento remoto e SIG. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto Natal. RN.
- Herz, R. 1991. *Manguezais do Brasil*. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo. 227pp. (IBGE, 2007)
- IBGE. 2007. *Aspectos da Contagem da População 2007*. Rio de Janeiro: IBGE, outubro de 2007.
- IBGE. 2005. *Dados sobre as Contas Nacionais*, IBGE, Rio de Janeiro.
- INPE. 2006. *Introdução ao Spring – Teórica*. São José dos Campos – SP Janeiro
- IPCC Climate Change 2007: Summary for policymakers. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- JENSEN, J. R. 2007. *Sensoriamento remoto do ambiente. Uma perspectiva em recursos terrestres*. 1º Edição. Parêntese Editora. São José dos Campos, SP.
- Jesus & Haddich, 2009
- Kampel, M.; Amaral, S. & Soares, M. L. G. 2005. Imagens CCD/CBERS e TM/Landsat para análise multi-temporal de manguezais no Nordeste brasileiro. Um estudo no litoral do Estado do Ceará. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* Goiânia – Brasil. p. 979-986.

- Kampel, M.; Amaral, S. 2004. Imagens CCD/CBERS como alternativa para o monitoramento de ecossistemas costeiros: manguezais no Nordeste do Brasil. In: Simpósio Latino-Americano de Percepção Remota. Chile. 8p.
- Lugo, A.E. & Snedaker, S.C. 1974. The ecology of mangroves. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 5: 39-64.
- Marengo, J.A.; Nobre, C. A.; Salati, E.; Ambrizzi, T; Sumário Técnico de Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI; Brasília: MMA, 2007; 54 p.
- Matsumoto, E., Matshushima, Y. E Miyata, T. 1986. Holocene sea-level studies by swampy plains in Truk, and Ponape, Micronesia. In: Sugimura, A. 95-110
- McLeod, M. & Salm, R. V. 1996. Managing Mangroves for Resilience to Climate Change. IUCN Global Marine Programme, The World Conservation Union (IUCN). 64p.
- Medina, B. F.; Leite, J. A.. Probabilidade de chuva em Boa Vista - RR. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.12, p.1437-1441, 1984.
- Mildenhall, D.C. 1994. Early to mid Holocene pollen samples containing mangrove pollen from Sponge Bay, East Coast, North Island. Journal of the Royal Society of New Zealand.
- Paula, Anderson Pereira de ; Souza, J. M. 2006. **Variabilidade Temporal da Precipitação sobre a Bacia do Rio Sapucaí MG**. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006.
- Pellegrini, J. A. C. 2000. **Caracterização da planície hipersalina (apicum) associado a um bosque de mangue em Guaratiba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, RJ**. Tese de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 101 p.
- Pellegrini, J.A.C. 1996. **Caracterização preliminar de um apicum associado ao manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, RJ**. Tese de Bacharelado em Oceanografia. Departamento de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 39p..

- Pereira, A. R. P. 1997. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. Bragantina.
- Portugal, A.M..M. 2002. **Manguezais de Guaratiba frente à perspectiva de elevação do nível médio relativo do mar, Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro – Brasil**. Tese de mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 163 p.
- Quadro, M. F. L. & ABreu, M. L., 1994: Estudo de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul sobre a América do Sul. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, MG, 18 a 25 de Outubro, v. 2, 620-623
- Rabinowitz, D. 1978. Early growth of mangrove seedlings in Panamá and a hypothesis concerning the relationship of dispersal and zonation. *Journal of Biogeography*, 5:113-133.
- Reichardt, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo: Manole, 1987. 188p.
- Ribeiro, A.M. de A.; Lunardi, C. A precipitação mensal provável para Londrina, PR, através da função gama. *Energia na Agricultura, Botucatu*, v.12, p.37-44. 1997.
- Roncarati, H. & Barrocas, S.L.S. 1978. Estudo preliminar dos sedimentos recentes superficiais da Baía de Sepetiba, Município do Rio de Janeiro – Itaguaí e Mangaratiba-RJ. Rio de Janeiro, Cenpes/Petrobrás.Saenger, P.E., Hegerl, E.J., Davie, J.D.S. (Eds.), 1983. Global status of mangrove ecosystems. Commission on Ecology papers, No. 3. I.U.C.N., Glan
- Saintilan, N. & Wilton, K. 2001. Canges in the distribution of mangroves and saltmarshes in Jervis Bay, Australia *Wetlands Ecology and Management*, 9: 409-420.Sampaio (2002
- Saintilan, N. & Williams, R.J. 1999. Mangrove transgression into saltmarsh in south-east Australia. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 8: 117-124.Sampaio (2002
- Santos, A. C. ; Andrade, A. P. ; Silva, I. F.; Azevedo, Gilvaneide Alves de, 2006. Variabilidade temporal da precipitação pluviométrica e rendimento do algodoeiro herbáceo em diferentes sistemas de manejo de solo e de adubação nitrogenada; *Pesquisa Agropecuária Tropical (UFG)*, v. 2, n. 36, 123- 129.
- Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón-Molero, G.; Soares, M. L. G. 1997. Mangroves as indicators of sea-level change in the muddy coasts of the world. **In: Muddy**

- Coasts 97, International Conference.** Wilhelmshaven, Germany, September 1-5).
- Schaeffer-Novelli, Y. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. 1989. **Publicação Especial - Instituto Oceanográfico**, São Paulo, n.7, p.1-16.
- Schaeffer-Novelli, Y. & Cintrón, G. 1986. **Guia para estudo de área de manguezais: estrutura, função e flora.** Caribbean Ecological Research. São Paulo, 150 p.
- Silveira, G. N. & Soares, M. L. G. 1994. Gestão e proteção a ecossistemas costeiros em Guaratiba, região metropolitana do Rio de Janeiro. **In: III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira: Subsídios a um Gerenciamento Ambiental.** ACIESP. Serra Negra, São Paulo. Vol. 1. pp 260-267.
- Silva, J. W. et al. (2003). Ciência Agrotécnica. In: Variabilidade Temporal da Precipitação Mensal e Anual na Estação Climatológica de Uberaba – MG. Lavras. v. 27, n. 3, p. 665-674,
- Snedaker, C.S.1995. Mangroves and climate change in the Florida and Caribbean region: scenarios and hypotheses. *Hidrobiologia*. 295. 43-49
- Soares, M. L. G. ; Tognella-De-Rosa, M.M.P. ; oliveira, Viviane Fernandez de ; chaves, Filipe de Oliveira ; silva junior, Carlos Milton Gonçalves da ; portugal, Ana Margarida Marques ; estrada, Gustavo Calderucio Duque ; barbosa, Beatriz ; almeida, Paula Maria Moura de . 2005. Ecological Impacts of climatic change and variability: Coastal environments - Mangroves and Salt Flats 2005 (Relatório Técnico).
- SOARES, M.L.G., CHAVES, F.O., CORRÊA, F.M., SILVA JR., C.M.G., 2003, “Diversidade estrutural de bosques de mangue e sua relação com distúrbios de origem antrópica: o caso da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro). Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ, v. 26, pp. 101-116.
- Soares, M. L. G. 1997. **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil - análise de modelos.** Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 2 vol. 560 p.

- Soares-Filho, B. S.; Nepstad, D.; Curran, L.; Voll, E.; Cerqueira, G.; Garcia, R. A.; Ramos, C. A.; McDonald, A;
- Lefebvre, P., Schlesinger, P. Modeling conservation in the Amazon basin. *Nature*, v. 440, p. 520-523, 2006. Souza-Filho, P.W. 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica* 23(4):427-435. Spanding et al. (1997).
- Spalding, M.D. (1997), **The global distribution and status of mangrove ecosystems**, Mangrove Edition, International Newsletter of Coastal Management (Intercoast Network) Special Edition #1. Narragansett: Coastal Resources Center, University of Rhode Island, 20-21.
- Talley, D.M.; North, E. W.; Juhl, A. R.; Timothy, D. C.; Conde, D.; deBrower, J. F. C.; Brown, C. A.; Campbell, L. M.; Garstecki, T.; Hall, C. J.; Meysman, F. J. R.; Nemerson, D. M.; Souza Filho, P. W.; Wood, R. J. 2003. Research challenges at the land – sea interface. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* **58**: 699-702. Thevand e Gond, 2005
- Thevand, A. & Gond, V. 2005. **Uso do sensoriamento remoto ótico para a compreensão da dinâmica dos manguezais no contexto amazônico**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12.: 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005. p. 3387-3394
- Thom, B.G. 1967. Mangrove ecology and deltaic geomorphology, Tabasco, Mexico. *J. Ecol.*, 55: 301-343.
- Thornthwaite, C.W. and Mather, J.R. The water balance, publication in climatology laboratory of climatology, 8 (1) p.p. 1- 104, 1955. Walsh, G. E. 1974. Mangroves: a review. **In: Ecology of halophytes. R. J. Reimhold & W. H. Queen (ed.)**. Academic Press. New York. pp 51-174.
- Wang, L., W. P. Sousa, P. Gong, and G. S. Biging. 2004. Comparison of IKONOS and QuickBird images for mapping mangrove species on the Caribbean coast of Panama. *Remote Sensing of Environment* 91:432–440.
- Wilson, J.S., M. Clay\*, E. Martin\*, D. Stuckey\*, K. Vedder-Risch\*. 2003. Evaluating environmental influences of zoning in urban ecosystems with remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 86(3): 303-321.

- Woodroffe, C.D.; Chappell, J.; Thom, B.G.; Wallensky, E. 1989. Depositional models of a macrotidal estuary and flood plain, South Alligator River, Northern Australia. *Sedimentology*, 36(5): 737-756.
- Woodroffe, C.D., 1987. Pacific Island mangroves: distribution and environmental settings. *Pacific Science*, 41, 166-185.
- Woodroffe, C.D.; Chappell, J.; Thom, B.G.; Wallensky, E. 1986. Geomorphological Dynamics and Evolution of the South Alligator River and Plains, Northern Territory. Australia National University. North Australia Research Unit. Mangrove Monograph n° 3. 190p.
- Woodroffe, C. D. , Thom, B. G. % Chappell. J. 1985. Development of widespread mangrove swamps in mid-Holocene times in northern Australia. *Nature* 317, 711-713.