

Dinâmica de um remanescente de floresta de Mangue do município do Rio de Janeiro.

Paula Maria Moura de Almeida^{1,2}
Kurt Schmid¹
Carla Bernadete Madureira da Cruz¹
Mário Luiz Gomes Soares²

¹Laboratório ESPAÇO de Sensoriamento Remoto
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Ilha do Fundao. Prédio CCMN. Bloco I, sala 12- Rio de Janeiro - RJ, Brasil
almeida.pmm@gmail.com; kurtschmid_@hotmail.com ; carlamad@gmail.com

² Núcleo de Estudos em Manguezais
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rua São Francisco Xavier, 524 – sala 4019F – Rio de Janeiro – RJ, Brasil
mariolgs@gmail.com; nema.uerj@gmail.com

Abstract. At present, remote sensing techniques are being widely applied in monitoring the most divers ecosystems. So, through the analysis of 8 Landsat TM images (with a periodicity of 3 years) the present works main objective was analyzing the spatial dynamic of the mangrove forests of one of the principal remainders of this ecosystem in the metropolitan region of the state of the Rio de Janeiro. With the support of different softwares, and the object-orientated classification methodology during the mapping process, 8 landcover maps were elaborated and, in a next step, chronologically compared in order to visualize the most important area changes. The analyses indicated distinct spacial dynamic patterns for the forest areas located on the continental section, compared to mangrove forests situated at the sandbank on the Marambaia sand spit called “Restinga da Marambaia”. The continental mangrove areas present superior growth rates and stability than the forests on the sandy cord. Nonetheless, the mangrove forest complex in the study area, as a whole, expanded approximately 22% from 17,05km² in 1985, reaching 20,88 km² in 2006. Besides, an intrinsic relationship between the saltflats and the expansion / retraction dynamic of the mangrove forests was identified, indicating the primordial role of these saltflats in the maintenance of these forests.

Palavras-chave: remote sensing, mangroves, change detection, sensoriamento remoto, manguezais, detecção de mudanças.

1. Introdução

A adoção de técnicas de sensoriamento remoto (SR) 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 compilaram as informações disponíveis no mundo, IUCN (1983) e Fisher & Spalding (1993).

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.

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

dúvida, suas ferramentas são uma importante alternativa ao tradicional monitoramento de campo em estudos de larga escala em ambientes tropicais (Blasco *et al.*, 1998).

Em escala nacional, ainda existem poucos trabalhos de mapeamento desse ecossistema utilizando SR. Entretanto, apesar de serem poucos em 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 (Portugal, 2002; Kampel e Amaral, 2004; Kampel *et al.*, 2005; Souza-Filho, 2005; dentre outros).

Uma breve reflexão leva à conclusão de que cada vez mais os cientistas das áreas ambientais estão utilizando o SR para monitorar os ecossistemas, incluído o manguezal. 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.

Neste contexto o presente trabalho objetivou analisar a dinâmica das florestas de mangue de Guaratiba (um dos principais remanescente da região metropolitana do Rio de Janeiro) entre os anos de 1985 e 2006, identificando as áreas que foram colonizadas por espécies de mangue, e as que perderam a cobertura vegetal.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de Estudo

A região de estudo (Figura 1) localiza-se na cidade do Rio de Janeiro - RJ, na área a leste e ao fundo da baía de Sepetiba, entre os paralelos 22°59'S e 23°40'S e os meridianos 043°43'W e 043°32'W. Parte das florestas de mangue da região está inserida na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba (RBAG), com área de aproximadamente 3.600 ha (IEF - Instituto Estadual de Florestas, 2006).

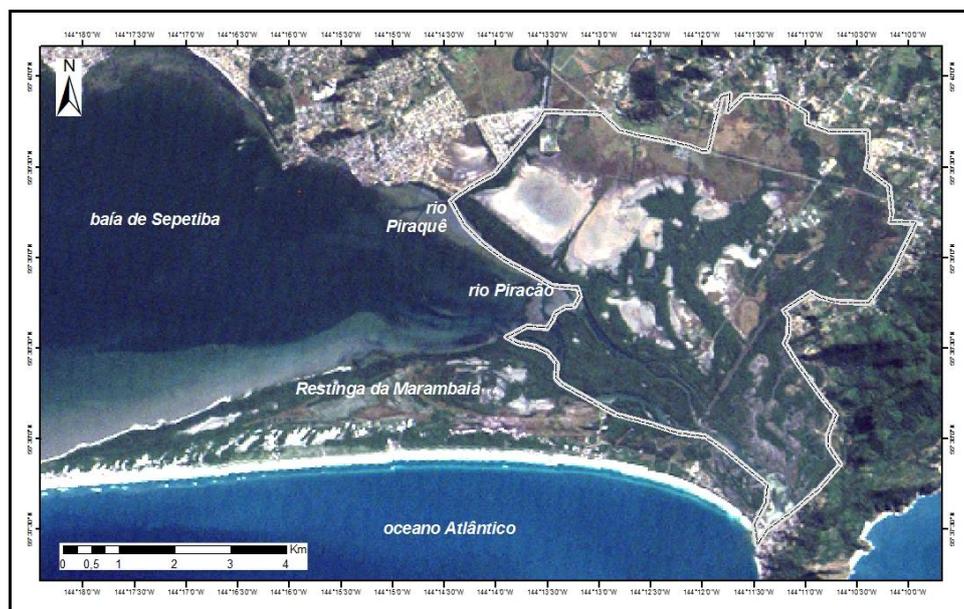


Figura 1 – Área de Estudo compreendendo os Manguezais do Fundo da baía de Sepetiba (em tracejado a delimitação da área da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba).

2.2. Imagens de Satélite

Primeiramente, a escolha das imagens se baseou em um intervalo em que as mudanças (principalmente expansão) das florestas de mangue fossem percebidas na imagem. Através de

conhecimento de campo e do crescimento das espécies típicas desse ecossistema se estabeleceu um intervalo de 3 anos entre as imagens. Ao todo foram analisadas 8 imagens (órbita/ponto:217/76) provenientes do satélite LandSat 5 (com o sensor de aquisição Thematic Mapper), das seguintes datas: 04/07/1985, 21/06/1988, 19/06/1991, 29/07/1994, 03/06/1997, 26/05/2000, 23/08/2003 e, 14/06/2006.

O georreferenciamento das imagens foi efetuado em ambiente computacional Spring®, com auxílio do software ArcGis® 9.3 para validação dos erros de deslocamento (adoção do PEC C para a escala 1:50.000).

Um dos problemas enfrentados no trabalho foi a aquisição de pontos de controle na área, a maior parte da cobertura é de floresta e pastagens, e foram encontrados poucos pontos que fossem comuns a toda a série histórica monitorada. A solução foi testar o GeoCover® através do confronto destas imagens, com *tracking* e pontos coletados em visitas a campo. O erro apresentado pelo confronto de 20 pontos ao GeoCover® foi inferior a 10 metros, aceitável para o georreferenciamento das imagens utilizadas aqui, habilitando assim o uso do geocover como fonte para a correção das imagens. Nas etapas seguintes, os processos de segmentação das imagens e de modelagem das classes foram efetuados no *Definiens Developer*®, que possibilita a geração de multisegmentação e classificação orientada a objeto. Para cada imagem foi criado um projeto diferente, os quais foram submetidos aos mesmos processos. 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. 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®.

Todas as etapas responsáveis pela edição dos mapeamentos e integração dos mesmos foram realizadas no *ArcGis 9.X*®. O sistema de projeção adotado foi o UTM com o datum SIRGAS 2000.

Os mapas gerados para cada data foram confrontados, a partir da função *Combine* do ArcGis9.x®, gerando mapas integrados para cada par de anos analisados, mantendo-se a seqüência dos mesmos. A partir dessas comparações, pôde-se calcular 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.

3. Resultados e Discussão

3.1. Mapeamento dos Manguezais

Os manguezais estudados, como observado na figura 2, 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. Os maiores apicuns (áreas hipersalinas sem vegetação) são encontrados na porção continental, na área da RBAG.

Também são encontrados apicuns ao longo da margem da restinga da Marambaia, na porção mais interna da restinga (onde estes são bordeados por manguezais).

A área total das florestas de mangue cresceu durante o período analisado, aumentando de 17,05km² em 1985 para 20,88 km² em 2006, o que representa um acréscimo de aproximadamente 22% (tabela 1). O crescimento da floresta de mangue foi relativamente constante durante todo o monitoramento, com exceção do ano de 1994, que apresentou diminuição das florestas comparado ao ano anterior (1991).

Tabela 1 - Área total das classes mapeadas no monitoramento (em Km²).

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

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 às planícies hipersalinas. A diminuição dos apicuns é resposta não só à expansão das florestas de mangue, como descrito acima, mas também a expansão urbana nas regiões fora da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba (figura 2).

Além do descrito até aqui, outra evidência interessante é a relação intrínseca entre a floresta de mangue e apicum. Tal relação é comprovada pelo comportamento oposto das duas classes, 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 mangue, como no ano de 1988, isto porque, as áreas descampadas ganham espaço frente a outros tipos de cobertura vegetal, por exemplo. Essa relação intrínseca entre floresta de mangue 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 mangue na porção de transição entre as florestas e os apicuns.

Com todo o descrito e observado até aqui, e observado na figura 2, fica clara uma dinâmica durante todo o período de colonização e supressão. Em todos os momentos são identificadas áreas em que há colonização por espécies de mangue e outras em que essa vegetação desaparece. Ambas ocorrências são observadas, principalmente nas bordas das florestas (na transição floresta-água e floresta-apicum, com mais frequência 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 irão retrair, representando, assim, 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 o espaço do entorno das florestas para o equilíbrio do ecossistema, uma vez que tais áreas são primordiais para a colonização das florestas.

Além disso, quando a escala de análise muda, e se avalia em separado as florestas na porção continental e no cordão arenoso (Restinga da Marambaia), são observadas algumas diferenças.

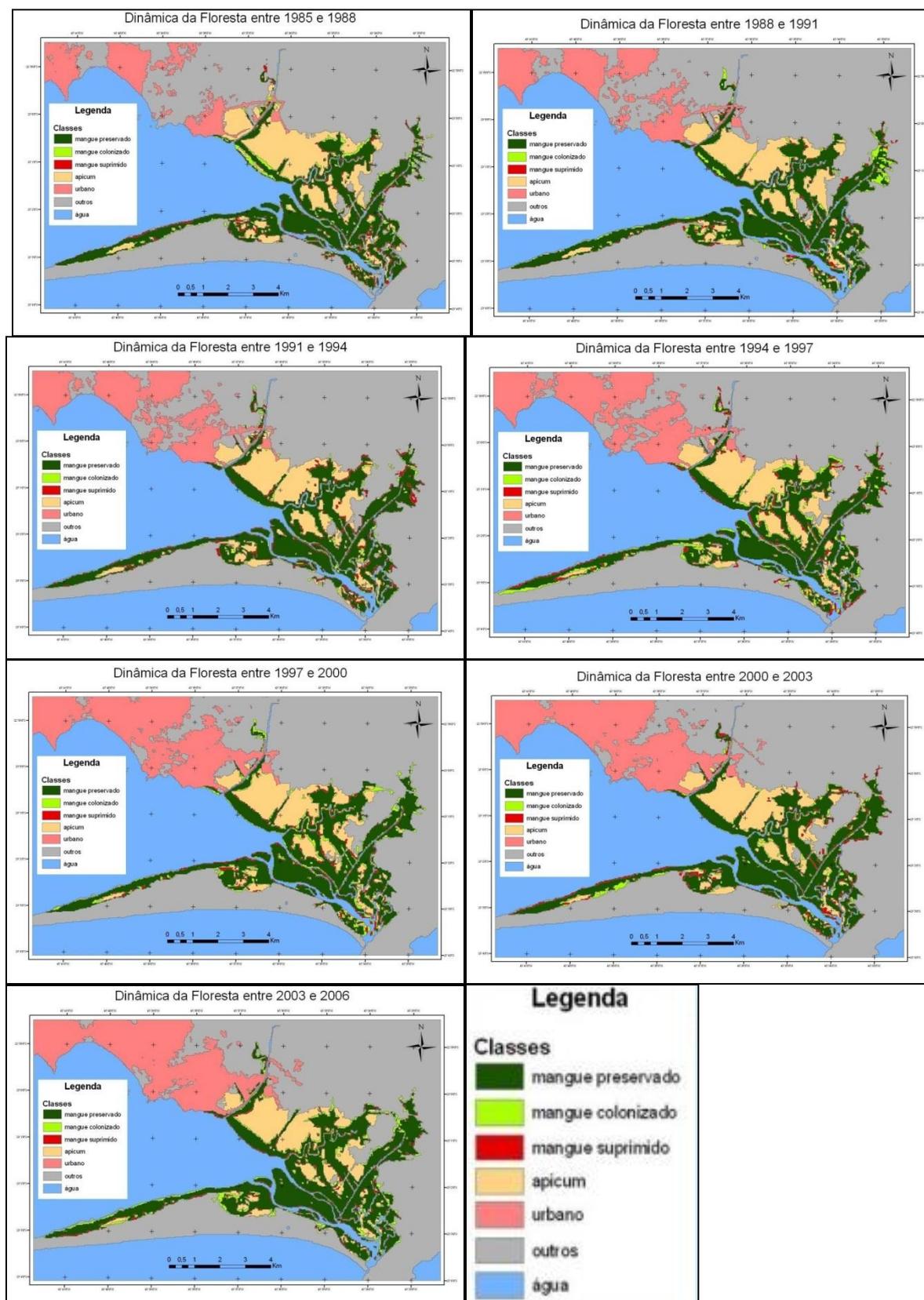


Figura 2 – Dinâmica das florestas de mangue em cada período analisado e legenda utilizada no mapeamento.

3.1.1. Restinga da Marambaia

As florestas dessa porção representam cerca de 35% dos manguezais da área de estudo e, embora também apresentem um aumento em sua área total no período monitorado, de 6,64 km² em 1985 para 7,34 km² em 2006 (Tabela 2), os períodos de aumento e diminuição das florestas são distintos aos descritos anteriormente.

A área total das florestas de mangue da Restinga aumentou nos períodos de 1988 a 1991, 1994 a 1997 e 2003 a 2006, em valores crescentes de 0,31km², 0,58km² e 0,72 km². Em comportamento oposto, houve redução de 0,18 km² entre 1985 e 1988, 0,37 km² entre 1991 e 1994, 0,34 km² entre 1997 e 2000 e, 0,02km² entre 2000 e 2003. Ainda que, o total de períodos de redução de área das florestas seja superior ao de crescimento de área, os aumentos foram superiores aos valores de redução, o que refletiu na ampliação da área de mangue da restinga da Marambaia, quando considerado todo o período analisado (Tabela 2).

Tabela 2 - Área (em Km²) das classes mapeadas na Restinga da Marambaia.

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

O que se pode perceber ao analisar a restinga isoladamente é a forte relação entre a floresta de mangue e o apicum, dado que quando um aumenta o outro diminui,feições. Os apicuns dessa área, diferente da parte continental, não estão sobre influência da ação antrópica, indicando que essa variação se dá por causas naturais.

3.1.2. Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba (RBAG)

As florestas de mangue da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba representam 64% das florestas de mangue da área de estudo. A evolução dessa floresta, como indicado na tabela 3, é similar à descrita para todo o complexo de florestas de mangue da baía de Sepetiba, com crescimento registrado durante toda a séria história (de 9,93 Km² para 12,79 km²), com exceção do período entre 1991 e 1994, no qual as florestas foram reduzidas em 0,38 km² (Tabela 3).

Outra semelhança são os maiores registros de crescimento nos períodos de 1988 a 1991 e 2003 a 2006, com 0,80km² e 0,76 km², respectivamente.

Tabela 3 - Área (em Km²) das classes mapeadas na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba.

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

Mais uma vez foi identificada a forte relação entre os apicuns e as florestas de mangue, visto que quando um apresenta saldo positivo, o outro apresenta diminuição da área.

Além de todo o exposto, identificou-se, em 1985 uma grande clareira na floresta de mangue adjacente ao rio Piraquê, às margens da baía de Sepetiba. Essa clareira já estava parcialmente recolonizada em 1988, e totalmente em 1991.

4. Conclusões

As análises dos mapeamentos mostram, durante o período monitorado, o aumento da área total das florestas de mangue. Entretanto, quando analisadas em separado, separam as áreas da Restinga 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.

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. 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.

Agradecimentos

Aproveitamos o espaço para agradecer as equipes dos laboratórios ESPAÇO/UFRJ e NEMA/UERJ por auxiliarem a execução dessa pesquisa. Só a união de grupos pode fortalecer a pesquisa no Brasil. Além disso, nosso muito obrigado à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), fornecedora da bolsa de mestrado sem a qual a dedicação a esta pesquisa seria muito dificultada. Ao INEA pelo apoio as pesquisas realizadas pelo NEMA na área de estudo. Obrigado também a Embratel e a Embrapa pelo apoio as pesquisas e por facilitar nosso acesso as florestas de mangue da região estudada.

Referencias Bibliográficas

- Blasco, F., Guaquelin, T., Rasolofoharinaro, 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.
- Fisher, P. y Spalding, M.D. 1993. **Protected areas with mangrove habitat**. Proyecto de informe. Cambridge, Reino Unido, World Conservation Monitoring Centre.
- IEF/RJ – Fundação Instituto Nacional de Florestas – Rio de Janeiro [online]. Disponível em: <<http://www.ief.rj.gov.br/>>. Acesso em: 17 de outubro de 2006.
- 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 Percepción Remota**. Chile. 8p.
- 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.
- 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.
- 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).
- 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).