

VULNERABILIDADES DOS SISTEMAS NATURAIS

BIODIVERSIDADE E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO: APRECIÇÃO GERAL DAS VULNERABILIDADES FACE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

VULNERABILIDADE DOS MANGUEZAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO FACE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

VULNERABILIDADES DAS LAGOAS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

MONITORAMENTO DOS PROBLEMAS DE ENCOSTA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM CURSO E FUTURAS

VULNERABILIDADE DOS MANGUEZAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

FACE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Mário Luiz Gomes Soares; Paula Maria Moura de Almeida; Viviane Fernandez Cavalcanti; Gustavo Calderucio Duque Estrada; Daniel Medina Corrêa Santos | *Núcleo de Estudos em Manguezais/ Faculdade de Oceanografia/ Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

Considerações Gerais

O presente documento visa a analisar as possíveis respostas das florestas de mangue da região metropolitana do Rio de Janeiro às mudanças climáticas e categorizar os níveis de vulnerabilidade das diferentes áreas de manguezal frente às alterações previstas. Para tanto, será utilizada como referência análise similar (Soares, 2008) realizada por solicitação do Instituto Pereira Passos, da Secretaria Municipal de Urbanismo, da Cidade do Rio de Janeiro, no que se refere à avaliação dos potenciais impactos do processo de mudanças climáticas, sobre a cidade do Rio de Janeiro.

Para entendermos os impactos das mudanças climáticas sobre as florestas de mangue faz-se necessário primeiramente entendermos alguns atributos relacionados à ecologia dessas comunidades vegetais. Assim sendo, primeiramente devemos entender de forma detalhada as condições ambientais às quais essas florestas estão submetidas, tanto no que se refere às características necessárias para a ocorrência desse ecossistema, como a resposta dessas florestas a variações nessas características, no que se refere à estrutura, ao funcionamento e, sobretudo à dinâmica do sistema.

Manguezal é um ecossistema costeiro que ocorre em regiões tropicais e sub-tropicais do mundo ocupando as áreas entremarés. É caracterizado por vegetação lenhosa típica, adaptada às condições limitantes de salinidade, substrato inconsolidado e pouco oxigenado e freqüente submersão pelas marés (Soares, 1997). Por se encontrarem nesta região, onde o substrato é geralmente inconsolidado e bastante fluido, possuindo baixos teores de oxigênio e ainda, estar sob influência de água salgada, estas espécies vegetais apresentam alto grau de especialização, através de adaptações quanto ao suporte mecânico em substrato inconsolidado e à ação de marés, aeração do sistema de raízes e a resistência à salinidade e estresse hídrico.

No Brasil os manguezais ocorrem desde o extremo norte (Rio Oiapoque - 04° 20' N) até Laguna, em Santa Catarina (28° 30' S) (Schaeffer-Novelli, 1989). Segundo Saenger *et al.* (1983) a área ocupada por manguezais no Brasil é de 25000 km², no entanto, Herz (1987) estimou uma área inferior a 10.000 km². Recentemente Spalding *et al.* (2010) apresentaram estimativa de 13.000 km² para a área ocupada por florestas de mangue no Brasil.

Entre as principais funções atribuídas aos manguezais, podemos destacar vários aspectos ecológicos, sociais e econômicos (Soares, 1997):

- Fonte de detritos (matéria orgânica) para as águas costeiras adjacentes, constituindo a base de cadeias tróficas de espécies de importância econômica e/ou ecológica;
- Área de abrigo, reprodução, desenvolvimento e alimentação de espécies marinhas, estuarinas, límnicas e terrestres;
- Pontos de pouso (alimentação e repouso) para diversas espécies de aves migratórias, ao longo de suas rotas de migração;
- Manutenção da diversidade biológica da região costeira;
- Proteção da linha de costa, evitando erosão da mesma e assoreamento dos corpos d'água adjacentes;
- Controlador de vazão e prevenção de inundações e proteção contra tempestades;
- Absorção e imobilização 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 e;
- Fonte de alimento e produtos diversos, associados à subsistência de comunidades tradicionais que vivem em áreas vizinhas aos manguezais.

Normalmente as funções e a importância dos manguezais são atribuídas ao sistema florestal. No entanto, devemos lembrar que em regiões específicas a ocorrência da feição planície hipersalina (ou apicum) deve ser considerada nessa análise. Assim sendo, podemos destacar como as principais funções desse ambiente hipersalino (Soares, 2006):

- Zona de “amortecimento” e proteção às florestas de mangue associadas;
- Fonte de nutrientes para as florestas de mangue associadas, estuários e zona costeira, tanto alóctone (compartimento intermediário na “bacia hidrográfica”), como autóctone (fixação de nitrogênio por cianobactérias);
- Fonte de carbono orgânico dissolvido;
- Manutenção da diversidade biológica em diferentes níveis (paisagem, sistema, espécie, genética, estrutural, funcional);
- Importante componente da dinâmica geomorfológica;

- “Refúgio” para florestas de mangue frente à elevação do nível médio relativo do mar associado ao aquecimento global;
- Manutenção de comunidades biológicas associadas aos manguezais;
- Área de “expansão” de comunidades biológicas, segundo ciclos tidal e estacional;
- Área de alimentação de diversas espécies animais, incluindo aves migratórias e;
- Patrimônio histórico-arqueológico associado à presença de sítios arqueológicos (sambaquis).

Devemos destacar que algumas das funções dos apicuns anteriormente listadas estão associadas à manutenção da integridade da floresta de mangue, portanto afetam diretamente as funções atribuídas ao manguezal como sistema florestal, fato esse que atribui importância estratégica à região desse ecossistema composta por essas duas feições.

Pelo anteriormente exposto, podemos observar que os manguezais (incluindo a feição floresta e a feição apicum) de uma forma geral possuem importância vital na manutenção da integridade ambiental, social e econômica das regiões costeiras.

No presente documento optamos por fazer uma análise genérica, porém bastante sólida, do comportamento dos manguezais frente às mudanças globais, com destaque para os impactos de uma provável elevação do nível médio relativo do mar. Para tanto, baseamos nossa análise em dados obtidos pelo Núcleo de Estudos em Manguezais da Faculdade de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (NEMA/UERJ), que tem monitorado manguezais do Rio de Janeiro desde 1996, possuindo uma singular série temporal da dinâmica dessas florestas. Cabe destacar, que além dos impactos relacionados a uma possível elevação do nível médio do mar, os manguezais poderão ser afetados por diferentes alterações relacionadas às mudanças climáticas globais (Gilman *et al.*, 2008), tais como aquelas associadas a alterações dos regimes de chuvas, alterações da temperatura, tempestades, marés altas extremas, aumento da concentração de CO₂ e alteração da circulação oceânica. No entanto, ainda não possuímos elementos suficientes para a discussão de possíveis cenários dessas alterações na escala espacial aqui proposta, o que nos levaria apenas a considerações genéricas das respostas dos manguezais frente a essas alterações, análise que pode ser obtida da revisão realizada por Gilman *et al.* (2008). De forma diferente, conforme já destacado, possuímos uma das melhores séries de monitoramento de florestas de mangue existentes, a qual nos permite uma análise segura da resposta desse ecossistema a uma possível elevação do nível médio do mar. Como consequência desse programa de monitoramento, poderemos realizar em breve uma previsão segura das respostas dos nossos manguezais frente a alterações no regime de chuvas e na temperatura, tanto no que se refere à área de ocupação do ecossistema, como a respostas estruturais e funcionais.

Respostas dos Manguezais à Elevação do Nível Médio do Mar

No caso dos estudos de variação do nível médio do mar e o seu impacto sobre os manguezais, a função atribuída aos manguezais, de estabilização da linha de costa evitando a erosão da mesma e o assoreamento dos corpos d'água adjacentes, associada à posição dos manguezais na zona entre-marés, tornando este ecossistema particularmente vulnerável a estas variações, torna-se de grande interesse. Assim sendo, apesar do sistema radicular destes vegetais (raízes-escora e pneumatóforos) favorecer a retenção e deposição de sedimentos, os mesmos são altamente vulneráveis a alterações na hidrodinâmica, que provoquem um aumento da energia hidrológica do local, o que pode causar erosão e a consequente destruição das florestas de mangue, visto ser o seu sistema radicular bastante superficial.

Segundo Woodroffe (1990), a elevação do nível do mar, terá impactos amplos. Ecossistemas subtidais serão afetados, tais como recifes de coral e bancos de algas e fanerógamas marinhas, visto que a profundidade das águas (e em alguns casos a energia de ondas) aumentará. No entanto, os ecossistemas mais seriamente afetados serão sem dúvida aqueles que ocupam as zonas entremarés, como os manguezais.

O impacto de variações do nível do mar sobre os manguezais tem despertado o interesse de diversos pesquisadores. Levantamentos de estudos sobre variação do nível do mar e os manguezais em todo o mundo, realizados por Parkinson (1989), Woodroffe (1990) e Ellison & Stoddart (1991), apontam diversos estudos referentes à fase inicial destas investigações, que exploram basicamente a utilização dos manguezais como indicadores de paleolinhas de costa, devido a sua posição intertidal. Com o aumento da preocupação de uma possível elevação do nível do mar devido ao aquecimento global do planeta, surgiram novos estudos, que ampliaram nosso entendimento acerca dos efeitos de variações pretéritas do nível médio do mar sobre os manguezais, cujos resultados são discutidos em recente revisão realizada por Soares (2009).

Todos esses estudos permitiram a construção de uma base sólida acerca do comportamento dos manguezais, durante as variações do nível do mar no passado, sobretudo no Holoceno, permitindo a elaboração de projeções para as respostas deste ecossistema a variações no nível do mar, que possam vir a ocorrer, ou que já estejam ocorrendo (Soares, 2009).

Em estudo recente (Soares, 2009), analisamos as respostas dos manguezais a variações ocorridas no passado, sobretudo no Quaternário, descritas nesses diversos estudos. Nessa análise consideramos aspectos relacionados à morfodinâmica dos sistemas onde os manguezais ocorrem e as exigências

fisiológicas das espécies de mangue, além de características chave das regiões de ocorrência das florestas de mangue (e.g. regime de marés, dinâmica costeira, dinâmica sedimentar, geomorfologia costeira). Também foram considerados os resultados obtidos pelo NEMA/UERJ, relativos ao monitoramento de florestas de mangue do Brasil, conduzidos nos últimos quinze anos, cujos resultados detalhados são apresentados em Soares *et al.* (2005). Com base nesses dados propusemos um modelo conceitual para analisar a resposta dos manguezais à elevação do nível médio do mar (Soares, 2009). Segundo esse modelo (figura 1) o comportamento dos manguezais dependerá de fatores primários locais, tais como: (i) topografia; (ii) fonte de sedimento; (iii) taxa de aporte de sedimento; (iv) hidrologia e área da bacia de drenagem; (v) amplitude de marés; (vi) dinâmica costeira; (vii) taxa de elevação do terreno; (viii) taxa de elevação do nível médio do mar. Esses fatores determinarão, basicamente o balanço entre elevação do nível do mar e sua compensação através de processos de deposição de sedimentos, bem como a existência de áreas planas para uma possível acomodação/retração dos manguezais, caso haja uma elevação do nível médio relativo do mar. Esse processo de acomodação/retração dependerá ainda da competição com comunidades não halófitas existentes na planície costeira e da compatibilidade da taxa de elevação do nível médio relativo do mar com o ciclo de vida das espécies de mangue. Como resultado, podemos identificar três possíveis comportamentos das florestas de mangue: (a) erosão; (b) retração; (c) resistência, os quais determinarão três modos de ocorrência dos manguezais: (a) manutenção; (b) exclusão; (c) ocorrência em refúgios.

Abordagem Metodológica Adotada

Para a presente análise foram considerados, dentre os municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, aqueles que possuem fronteira com ambientes marinho ou estuarino e, portanto que são passíveis de abrigar manguezais. São eles: Itaguaí, Rio de Janeiro, Duque de Caxias, São Gonçalo, Itaboraí, Magé, Guapimirim, Niterói e Maricá. Para esses municípios foram identificados todos os remanescentes de manguezais, com base no conhecimento prévio da região e na análise de imagens de satélites.

A resposta dos manguezais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro à provável elevação do nível médio do mar foi avaliada com base no modelo conceitual anteriormente descrito, o qual é apresentado em Soares (2009) – figura 1. Segundo esse modelo, a principal resposta esperada para os manguezais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro é a acomodação, através de retração em direção à planície costeira, como já detectada em alguns manguezais estudados nessa região (Soares *et al.*, 2005; Soares, 2009). Todavia, a manutenção dessas florestas no novo cenário, ainda

dependerá da ocupação urbana nas áreas vizinhas. Assim, com base nos cenários de elevação do nível médio do mar, na resposta dos manguezais a essas mudanças e na dinâmica de ocupação da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, os diversos manguezais foram classificados como possuindo

baixa, média e alta vulnerabilidade à elevação do nível médio do mar. Os cenários adotados foram taxas de elevação de 0,5; 1,0 e 1,5 metros por 100 anos.

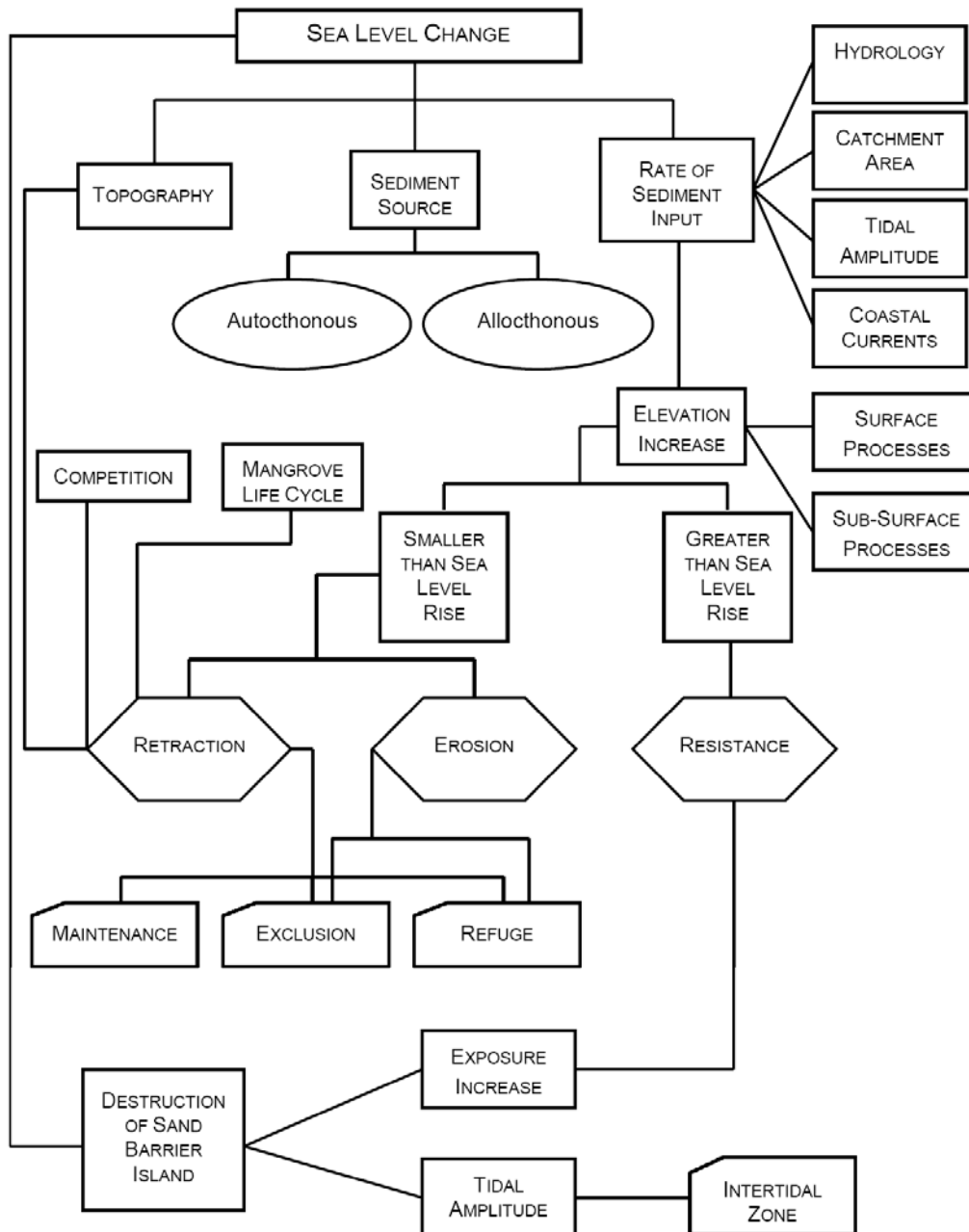


Figura 1 : Modelo conceitual de resposta dos manguezais à elevação do nível médio do mar, segundo Soares (2009).

Foram consideradas com baixa vulnerabilidade as florestas de mangue associadas a uma planície costeira não urbanizada ou com muito baixa urbanização, caracterizando, portanto, uma possível área para acomodação/retração frente à elevação do nível médio do mar. As florestas classificadas como de alta vulnerabilidade foram aquelas localizadas em regiões sem área disponível para sua acomodação/retração, tais como aquelas próximas a montanhas ou associadas a planícies altamente urbanizadas ou ainda com algum tipo de obstáculo a sua retração em direção ao continente (e.g. estradas e vias urbanas). Por fim, foram consideradas com média vulnerabilidade aquelas florestas em áreas associadas a planícies costeiras com tendência de ocupação, onde ainda existe área para sua acomodação/retração no limite com a planície, mas na qual já se observa uma urbanização das partes mais internas da planície.

Cenário atual

Os remanescentes de manguezais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (figura 2) distribuem-se em dois sistemas principais: baía de Sepetiba e baía de Guanabara. Além desses dois grandes sistemas encontramos pequenas manchas em outras regiões, tais como Sistema Lagunar Jacarepaguá-Barra da Tijuca, uma pequena mancha na praia do Grumari, uma estreita faixa em pontos da margem da Lagoa Rodrigo de Freitas (oriunda de replantio) e uma pequena área na Lagoa de Itaipu (incluindo área oriunda de replantio).

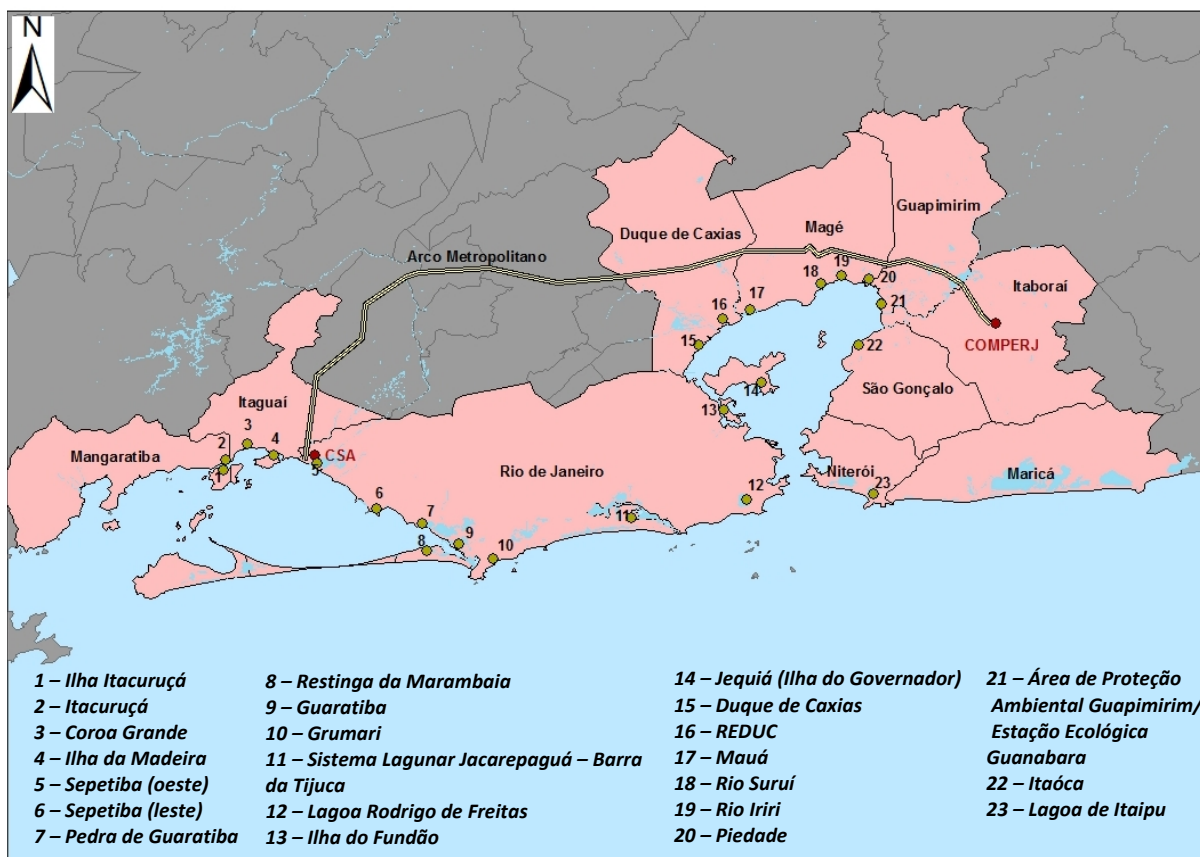


Figura 2 : Mapa da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, indicando os municípios com faixa litorânea e os remanescentes de manguezal.

Baía de Sepetiba

Na baía de Sepetiba (figura 2) encontram-se os principais remanescentes de manguezais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e um dos principais conjuntos desse ecossistema em todo o estado (Soares, 1997). Nesse sistema, os manguezais são compostos por duas feições: a floresta e as planícies hipersalinas (ou apicuns), as quais estão intimamente integradas entre si e com os demais sistemas naturais que compõem a paisagem, tanto do ponto de vista estrutural e funcional, como no que diz respeito a sua dinâmica (figura 3).

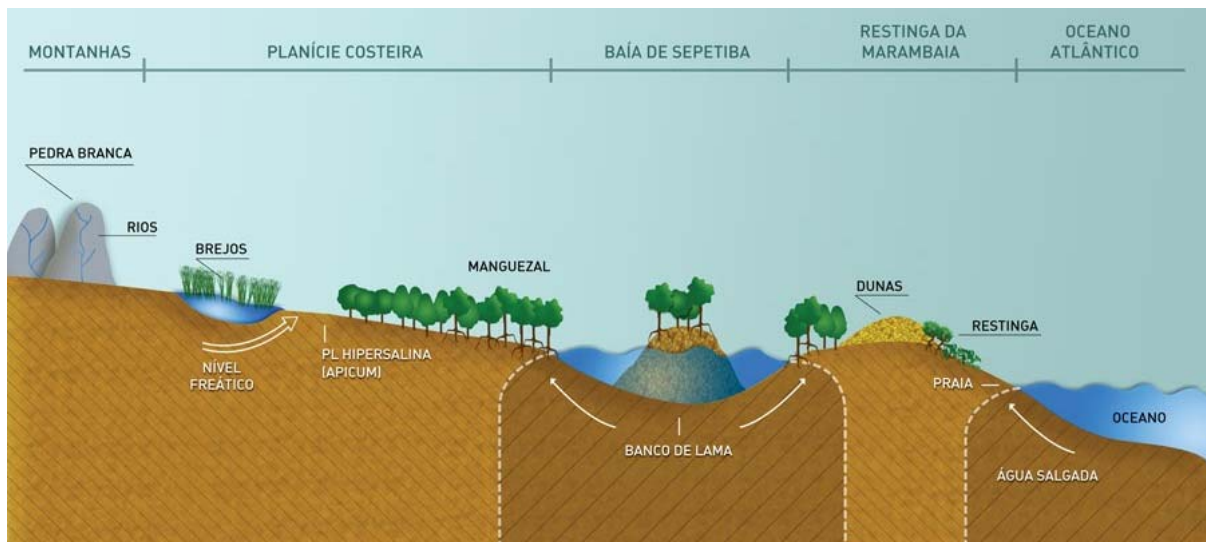


Figura 3 : Representação de uma paisagem típica da baixada e baía de Sepetiba, com conexão entre os diferentes sistemas naturais (extraído de Chaves et al., no prelo).

Nessa região merecem destaque os manguezais da área de Guaratiba (figura 4), que compõem a Reserva Biológica Estadual de Guaratiba (RBG), administrada pelo Instituto Estadual do Ambiente. Essa área, que se estende da ponta de Guaratiba até o rio Piraquê, possui ainda florestas bem conservadas e uma paisagem com sistemas integrados (figura 3): oceano-estuário-rios e canais-florestas de mangue-planícies hipersalinas-brejos, responsável por um complexo funcionamento, que juntamente com o clima, regula o regime hídrico local e por consequência o regime de salinidade dos diferentes compartimentos da paisagem. Nessa região de Guaratiba existe uma baixa ocupação do limite terrestre do manguezal, porém em algumas áreas como o eixo ao longo da estrada de Barra de Guaratiba, observa-se uma forte pressão através de ocupação urbana. Nesse eixo e em toda área que se estende da Grota Funda a Pedra de Guaratiba, ainda destaca-se a presença de estradas, que ora dividem os manguezais e apicuns, afetando a frequência de inundação pelas marés, ora cortam outros sistemas associados, como brejos, afetando o fluxo de água doce em direção aos sistemas intertidais. Outra característica dessa região é a presença do Centro Tecnológico do Exército (CTEx), construído sobre florestas de mangue e planícies hipersalinas. Toda essa região da Baixada de Guaratiba pode se tornar bastante vulnerável, por tratar-se da próxima “fronteira” para a expansão urbana da Cidade do Rio de Janeiro.

Na região de Guaratiba ainda podemos destacar outro compartimento com características próprias, no que tange a sua conservação, que são as florestas de mangue localizadas na porção leste da restinga da Marambaia (figura 4). Essas florestas possuem as mesmas características estruturais das demais florestas de Guaratiba, estando associadas a planícies hipersalinas. Todavia, possuem características de alto desenvolvimento estrutural (Portugal, 2002), quando comparadas às demais

florestas da região. A porção interna da restinga da Marambaia é ocupada, nessa região, pelo Campo de Provas da Marambaia, sob administração do Exército Brasileiro.



Figura 4 : Imagem de satélite da porção leste da baía de Sepetiba (município do Rio de Janeiro), com destaque para os manguezais de Guaratiba, Marambaia e Pedra de Guaratiba, além das planícies hipersalinas – áreas claras associadas aos manguezais. (Fonte: Google Earth)

A oeste da Reserva Biológica Estadual de Guaratiba (figura 4), na porção que vai desde a margem direita do rio Piraquê até Pedra de Guaratiba, encontramos remanescentes de manguezais, que vem sofrendo forte pressão antrópica nos últimos anos (Almeida, 2007). Teoricamente esse trecho do litoral da baía de Sepetiba possui a mesma estrutura, funcionamento e dinâmica dos manguezais protegidos pela Reserva Biológica Estadual de Guaratiba, sendo composto por florestas de mangue e planícies hipersalinas. Todavia, nessa área tem ocorrido forte supressão da cobertura vegetal, que está reduzida à franja nas proximidades da desembocadura do rio Piraquê, além de ocupação desordenada das áreas de planícies hipersalinas, como por exemplo o loteamento irregular Vila Mar de Guaratiba.

Ainda na região de Pedra de Guaratiba encontra-se outro remanescente de manguezais, na área da APA (Área de Proteção Ambiental) das Brisas (figura 4). Esse sistema possui as características típicas de todos os manguezais da porção leste da baía de Sepetiba, com florestas de mangue associadas a planícies hipersalinas. A exemplo da área anteriormente descrita esses manguezais também se encontram submetidos a forte pressão de ocupação do seu entorno.

Ainda na baía de Sepetiba, encontra-se uma área de manguezais, composta por extensa franja de floresta, associada a sistema de planícies hipersalinas. Essa área está localizada na região de Sepetiba (figura 2), com território pouco ocupado no seu entorno (parcialmente localizado em área da Base Aérea de Santa Cruz). Todavia, em termos de planejamento trata-se de uma área bastante vulnerável, por ser alvo de projetos de implantação de plantas industriais e expansão urbana. Nessa região foi recentemente instalada a Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA), em área adjacente a florestas de mangue. Igualmente vulneráveis são os remanescentes de manguezal encontrados na Ilha da Madeira (município de Itaguaí). Essas florestas encontram-se sob influência direta dos rejeitos seguidamente lançados pela Companhia Ingá, além de estarem limitados em sua porção continental pelas vias de acesso à Ingá e pela estrada de Ferro. Destaca-se ainda o fato dessa região também possuir empreendimentos em fase de planejamento de instalação, incluindo a crescente demanda pelo porto de Itaguaí e a implantação do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro, que ligará o oeste metropolitano (polarizado pelo Porto de Itaguaí, no município de mesmo nome) ao leste metropolitano (polarizado pelo futuro Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro - COMPERJ, localizado em Itaboraí), conectando, a meio caminho, a baixada fluminense e os complexos industriais da REDUC e do pólo gasquímico, localizados em Duque de Caxias/Belford Roxo.

Por fim, na baía de Sepetiba encontramos os manguezais que se estendem desde Coroa Grande até Itacuruçá (figura 2). A porção destas florestas localizadas em Coroa Grande, entre os rios Itimirim e Itinguçu encontra-se bastante alterada pela crescente ocupação urbana. Já a porção que se estende até a localidade de Itacuruçá encontra-se em melhor estado de conservação. Essas florestas são limitadas, em sua porção continental, por pequena planície costeira ocupada por reduzidas áreas de planícies hipersalinas, campos e matas de restinga, sistema esse delimitado pela rodovia Rio-Santos (BR-101). A exemplo do que ocorre na faixa que se estende desde Sepetiba, os manguezais dessa região encontram-se fortemente ameaçados pelos diversos empreendimentos (e.g. terminais portuários) que se encontram em processo de licenciamento ou de implantação. Ainda na região de Itacuruçá encontramos uma pequena área de manguezal, relativamente conservada na porção da Ilha de Itacuruçá voltada para o continente. Essa floresta caracteriza-se por estar confinada entre o Canal de Itacuruçá e as áreas montanhosas da Ilha de Itacuruçá.

Baía de Guanabara

Os principais remanescentes de manguezais da baía de Guanabara (figura 2) encontram-se na faixa que se estende ao longo da orla dos municípios de Magé, Guapimirim, Itaboraí e São Gonçalo, na porção leste da baía (figura 5). Estudos realizados pelo NEMA/UERJ (Soares *et al.*, 2003, 2006; Cavalcanti *et al.*, 2009) comprovam que os manguezais dessa região são os mais conservados da baía de Guanabara. Dentre esses manguezais, aqueles localizados na parte central da Área de Proteção

esporófito está instalado, o mesmo resiste a altas salinidades (similares aos níveis de tolerância das espécies de mangue).

Ao sul do rio Guaxindiba (figura 5) as florestas de mangue fazem limite com relevo acidentado, o qual se estende até Itaóca onde ocorre forte pressão pela expansão urbana nos limites do manguezal com a terra firme. No outro extremo da APA Guapimirim, entre o rio Guapi e a localidade de Piedade também se observa uma crescente expansão urbana nas áreas planas no limite do manguezal com a terra firme, porém de forma menos acentuada que a observada na região de São Gonçalo, pouco mais ao sul. Por fim, na região que abrange os manguezais de Piedade, Iriri e Suruí (figuras 2 e 5) esse ecossistema é limitado por ocupação urbana em baixa densidade e relevo íngreme.

Outra importante área de manguezais da baía de Guanabara localiza-se no município de Duque de Caxias (figura 2). Podemos distinguir duas áreas nessa região. A primeira se estende da foz do rio São João de Meriti até o aterro de Jardim Gramacho. Essa floresta é caracterizada por uma franja de mangue sob forte pressão da ocupação urbana e sob forte influência da elevada carga de esgoto proveniente da Baixada Fluminense. Contígua a essa área encontramos uma franja de manguezal à frente da Refinaria Duque de Caxias (REDUC). Segundo Soares (2002) essas florestas de mangue apresentam-se altamente degradadas e com perda de vigor associada à contaminação por hidrocarbonetos e outros efluentes oriundos da REDUC. Ainda nesse trecho nordeste da baía de Guanabara encontra-se uma faixa de manguezais degradados que se estende do rio Saracuruna até a localidade de Mauá no município de Magé. Essa área é caracterizada por uma planície lamosa de manguezais degradados e uma área onde ocorre um projeto de plantio de manguezal, sendo a porção continental em parte urbanizada e em parte ocupada por relevo íngreme.

Na baía de Guanabara (figura 2) encontramos ainda remanescentes de manguezal no rio Jequiá (Ilha do Governador). Existem ainda áreas esparsas de vegetação de mangue distribuídas ao redor das Ilhas do Governador e do Fundão e no canal entre a ilha do Fundão e o continente. A principal característica desses manguezais é o acentuado nível de degradação da cobertura vegetal e a forte pressão urbana em seu entorno.

Demais Sistemas de Manguezais da RMRJ

Conforme anteriormente mencionado, além das áreas de manguezal encontradas nas baías de Sepetiba e Guanabara, outras áreas menores são observadas no Sistema Lagunar Jacarepaguá-Barra da Tijuca, na praia do Grumari, em pontos da margem da Lagoa Rodrigo de Freitas e uma pequena área na Lagoa de Itaipu (figura 2).

No Sistema Lagunar Jacarepaguá-Barra da Tijuca (figura 6), destacam-se importantes remanescentes de manguezais presentes na Lagoa da Tijuca. Em estudo realizado pelo NEMA/UERJ (Soares, 1999)

são descritas áreas importantes de manguezais no Saco Grande e Saquinho, destacando-se a faixa marginal da chamada Gleba E, assim como uma floresta bem desenvolvida na Gleba F, que representariam os principais remanescentes desse ecossistema no Sistema Lagunar Jacarepaguá-Barra da Tijuca (figura 6). No referido estudo Soares (1999) descreve a forte pressão e degradação dos manguezais da Gleba E (atualmente denominada “Península”), como fruto da pressão imobiliária para ocupação daquela área, que veio a culminar com a sua total degradação nos últimos anos. Soares (1999) ainda descreve uma floresta madura e bem desenvolvida dominada por *Rhizophora mangle*, na chamada Gleba F, a qual estaria entre uma das mais desenvolvidas florestas de mangue até então descritas para o sudeste do Brasil, principalmente se considerarmos tratar-se de um sistema lagunar. Segundo esse estudo essa floresta estaria sofrendo um processo de invasão pela Samambaia do Brejo (*Acrostichum aureum*), como consequência da redução da influência das marés e consequente redução da salinidade, devido ao forte assoreamento do sistema lagunar, associado à ocupação e desmatamento das encostas dos maciços da Tijuca e Pedra Branca. Nesse sistema ainda ocorrem áreas de manguezal na porção leste da lagoa da Tijuca e na lagoa de Marapendi. Todas essas áreas possuem, em seu limite interior, áreas totalmente urbanizadas e ocupadas (figura 6).

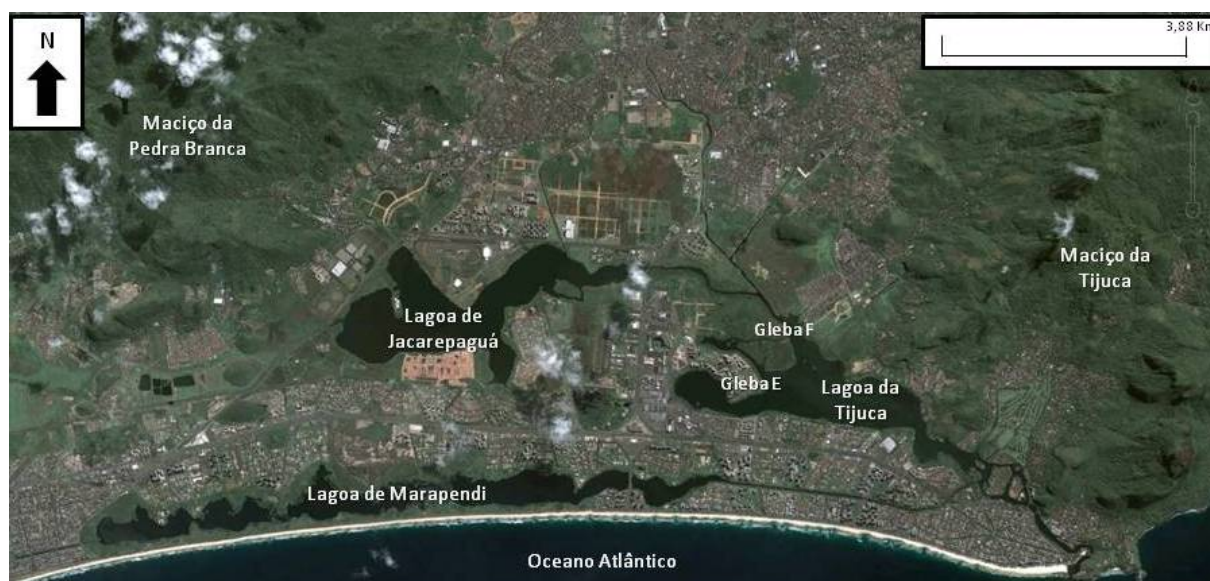


Figura 6 – Imagem de satélite do Sistema Lagunar Jacarepaguá/Barra da Tijuca (município do Rio de Janeiro). (Fonte: Google Earth)

Na extremidade oeste da praia do Grumari (figura 2) ocorre uma pequena mancha de manguezal associada a pequeno corpo d’água represado pelo cordão arenoso da praia. Essa pequena floresta encontra-se confinada entre o cordão arenoso, o corpo d’água e a serra de Guaratiba. Já as manchas de mangue existentes em alguns trechos da orla da Lagoa Rodrigo de Freitas, fruto de replantio iniciado na década de 90, encontram-se confinadas numa estreita faixa entre o corpo d’água e as

avenidas que rodeiam a Lagoa. O mesmo é observado na Lagoa de Itaipu, onde as pequenas manchas de manguezal encontram-se confinadas por forte urbanização do entorno da lagoa.

Cenários com as mudanças climáticas

Considerando-se as características dos manguezais existentes na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e os pontos levantados no modelo conceitual proposto por Soares (2009), podemos prognosticar a possível resposta desses manguezais à elevação do nível médio relativo do mar, iniciando nossa discussão pelos manguezais da região de Guaratiba, onde o NEMA/UERJ possui uma série de dados bastante robusta. Essa abordagem permitirá validarmos o referido modelo para os cenários propostos e posteriormente aplicá-lo às demais áreas consideradas. Nessa região, a presença de planícies hipersalinas associadas às florestas de mangue, bem como de uma ampla planície costeira quaternária (figura 4), permite que os manguezais se acomodem e migrem progressivamente em direção ao continente. Nesse processo de acomodação frente às novas condições, o sistema manguezal avança ocupando áreas disponíveis, que antes eram ocupadas por sistemas terrestres ou de água doce, que progressivamente serão invadidos por água salgada, favorecendo a migração dos manguezais. Esse comportamento já foi identificado pelo NEMA/UERJ na área da Reserva Biológica Estadual de Guaratiba (Soares *et al.*, 2005), onde as planícies hipersalinas têm sido colonizadas por espécies de mangue (figura 7) e parte da franja externa tem sofrido processo de erosão¹.



¹ Cabe destacarmos, que esse processo de erosão da franja em algumas regiões não pode ser totalmente atribuído a uma elevação do nível médio relativo do mar, visto que existem franjas de mangue estáveis. A erosão dessas franjas pode estar relacionada a processos de dinâmica costeira, que não serão aqui discutidos.

Figura 7 – Imagem de satélite de um trecho de manguezal na região de Guaratiba (baía de Sepetiba, município do Rio de Janeiro) mostrando o avanço da floresta de mangue em direção à planície hipersalina. Reparar que em 2002 a planície já estava colonizada por espécies de mangue, processo que se consolidou em 2009. (Fonte: Google Earth)

É importante considerarmos, que com a atual base de conhecimento e de dados disponíveis se torna muito subjetiva a apresentação de comportamentos precisos para os distintos cenários apresentados (0,5; 1,0 e 1,5 m de elevação do nível do mar, em um horizonte de 100 anos). Todavia, podemos destacar que o comportamento de acomodação das florestas de mangue, através da migração em áreas com planícies costeiras, depende da taxa com que essa elevação ocorrerá, de forma que a mesma seja compatível com a taxa de colonização de novas áreas por novas coortes² de espécies de mangue.

Ellison & Stoddart (1991) afirmam que os manguezais resistirão a taxas de elevação do nível do mar entre 8 e 9 cm/100 anos, ficarão sob estresse com taxas entre 9 e 12 cm/100 anos e não existirão de forma ampla (somente em refúgios) com taxas acima destes valores. Contudo, esses autores consideram regiões com baixas taxas de sedimentação e, portanto baixa compensação da elevação do nível médio do mar, conforme previsto no modelo de Soares (2009). No caso de regiões com maior aporte de sedimentos inorgânicos, Ellison (1993) apresenta taxas de acúmulo de sedimento de aproximadamente 18,8 cm/ 100 anos. Já Woodroffe (1990) afirma que os manguezais podem resistir a taxas de elevação do nível do mar de 100 a 150 cm/100 anos. Considerando-se que atualmente temos observado uma migração dos manguezais sobre as planícies hipersalinas de Guaratiba (Soares *et al.*, 2005), sem necessariamente experimentarmos uma forte erosão da franja marinha (figura 7), podemos inferir que as atuais taxas de elevação do nível médio relativo do mar ainda são compatíveis com esse processo de acomodação dos manguezais à nova situação, desde que não haja obstáculos a sua migração e, que haja espaço (planícies costeiras) livres para serem colonizados. Harari & Camargo (1995) e Mesquita (1997) estimam, para a costa sudeste do Brasil, uma elevação de 11,0 cm/100 anos e 30,0 cm/ 100 anos respectivamente. Mais recentemente Mesquita (2000) e Harari *et al.* (2004) apresentaram estimativas de que esteja ocorrendo uma elevação de 50,0 cm/100 anos e 40,0 cm/100 anos, respectivamente, no nível médio do mar para a costa sudeste brasileira. Considerando-se essas taxas e o comportamento descrito por Soares *et al.* (2005), para os manguezais de Guaratiba, podemos supor que em condições próximas ao cenário de elevação de 0,5 metros por século, os manguezais dessa área poderão se acomodar à nova situação. Todavia, não podemos apresentar uma previsão segura, no que se refere aos cenários de elevação de 1,0 e 1,5 metros por século. Para tanto, precisamos ter uma análise mais detalhada dos processos de compensação da elevação do nível do mar, tais como taxas de sedimentação para cada uma das regiões estudadas.

² Conjunto de indivíduos pertencentes a mesma geração, ou seja, que colonizam a área num mesmo momento.

Conforme descrito no modelo conceitual (Soares, 2009), mesmo sob situação em que possam resistir a taxas elevadas de elevação do nível do mar, através de compensação por sedimentação, a manutenção dessas florestas só poderá ocorrer naquelas regiões em que haja área na planície costeira para migração e acomodação das mesmas ou ainda caso as taxas de sedimentação se igualem à taxa de elevação do nível do mar. Nesse último caso, mesmo não havendo área para a migração as florestas se manteriam na mesma posição. Assim sendo, para as demais áreas estudadas, para as quais não possuímos dados de monitoramento, consideraremos o cenário pessimista de necessidade de acomodação por não haver processos de compensação da elevação do nível médio do mar, ou seja, a necessidade de área na planície costeira para a acomodação dessas florestas.

A seguir descrevemos as áreas identificadas, segundo os níveis de vulnerabilidade à elevação do nível médio do mar.

Áreas com Alta Vulnerabilidade

Considerando-se o cenário anteriormente descrito e as características atuais das florestas de mangue existentes na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, podemos identificar um conjunto de florestas que estariam altamente vulneráveis à elevação do nível médio do mar (tabela I). Dentre essas, destaca-se grande parte dos remanescentes de manguezal localizados na baía de Guanabara e nas lagunas costeiras. Nesse conjunto de florestas a alta vulnerabilidade se deve basicamente a dois fatores: (i) as regiões de terra firme adjacentes ao manguezal se caracterizam por uma alta urbanização ou (ii) os manguezais possuem seu limite interno com relevo íngreme, uma barreira natural à sua migração.

A primeira situação é observada em manguezais da baía de Guanabara (Duque de Caxias, REDUC, Jequiá, manchas nas Ilhas do Governador e Fundão e Itaóca) e baía de Sepetiba (Coroa Grande, leste da Ilha da Madeira, oeste de Sepetiba e Pedra de Guaratiba), além dos sistemas lagunares de Jacarepaguá, Rodrigo de Freitas e Itaipu. Merece destaque o caso da faixa de mangue que se estende ao longo da orla que vai de Sepetiba ao limite dos municípios do Rio de Janeiro e Itaguaí. Em análise realizada recentemente por Soares (2008) para os manguezais do Município do Rio de Janeiro, aplicando-se a mesma metodologia aqui adotada, esses manguezais foram inseridos na categoria de baixa vulnerabilidade. Passados apenas dois anos a porção oeste dessa faixa de mangue é inserida na categoria de alta vulnerabilidade, pela perda de sua área de acomodação/migração devido à instalação da Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA) – figura 8. Esse é um exemplo de como o planejamento inadequado pode comprometer os ecossistemas não apenas no presente, mas frente

às alterações previstas para o futuro. É também um exemplo da necessidade urgente de se internalizar (de fato e não apenas na retórica), nos processos de planejamento urbano e de licenciamento ambiental as variáveis relacionadas às mudanças climáticas, incluindo os aspectos associados às adaptações a tais mudanças.

No caso específico da Lagoa da Tijuca (figura 6), devemos considerar ainda as altas taxas de assoreamento observadas, que num primeiro momento podem favorecer a resistência das florestas de mangue da região à elevação do nível médio do mar. Por outro lado, o aumento da intrusão salina poderá eliminar parcial ou totalmente as espécies invasoras descritas por Soares (1999). Porém, essas características não minimizam a alta vulnerabilidade desses manguezais à elevação do nível médio do mar. Ainda nesse sistema, devemos considerar a possibilidade de em setores hoje caracterizados por domínio de água doce, como por exemplo a lagoa de Jacarepaguá (figura 6), haver a eliminação de macrófitas de água doce, como *Typha domingensis* e espécies de transição, como *Dalbergia ecastophyllum* e *Hibiscus pernambucensis*, pela maior intrusão de água salgada e sua substituição por espécies de mangue. Todavia, essa substituição só poderá ocorrer em setores onde a ocupação das margens permita e provavelmente levará a um cenário de ocorrência de manchas esparsas de espécies de mangue.



Figura 8 – Imagem de satélite mostrando detalhe da área de manguezal (limites em vermelho na imagem à esquerda) localizada na porção oeste da planície de Sepetiba (município do Rio de Janeiro). Em 2006 (imagem à esquerda) essa floresta possuía baixa vulnerabilidade à elevação do nível médio do mar, com possibilidade de acomodação e manutenção. Já em 2009 (imagem à direita), com a ocupação da porção posterior da floresta para instalação da CSA a mesma passou à categoria de alta vulnerabilidade, com grande possibilidade de ser eliminada num cenário de elevação do nível médio do mar. (Fonte: Google Earth)

O segundo caso (presença de barreira natural à migração dos manguezais) pode ser observado em alguns manguezais com baixa a moderada taxa de ocupação, tais como na Ilha de Itacuruçá (baía de Sepetiba), Grumari e na baía de Guanabara nas regiões de Piedade, rio Iriri e rio Surui (figuras 2 e 5 e tabela I). O manguezal da Restinga da Marambaia (figura 4), na baía de Sepetiba pode ser

considerado um caso especial desse segundo grupo, sendo sua alta vulnerabilidade associada ao fato de localizar-se num cordão arenoso estreito e limitado por dunas e restingas.

A faixa de mangue que se estende do rio Saracuruna até a localidade de Mauá no município de Magé (figura 2) seria um caso específico entre os dois grupos mencionados, pois além de altamente degradada e sem parte da cobertura vegetal original a mesma é limitada em um trecho por área urbanizada e em outro por relevo íngreme.

Áreas com Baixa Vulnerabilidade

Pelo fato de grande parte da Região Metropolitana do Rio de Janeiro ser altamente urbanizada, poucos são os remanescentes de manguezal que podem ser classificados na categoria de baixa vulnerabilidade à elevação do nível médio relativo do mar (tabela I).

Conforme descrito anteriormente, a região de Guaratiba, entre os rios Portinho e Piraquê, local onde o NEMA/UERJ mantém programa de monitoramento das florestas de mangue, os manguezais apresentam baixa vulnerabilidade à elevação do nível médio do mar, pois ainda existem áreas amplas da planície costeira desocupadas (figura 4). Nessa região já se observa a migração das florestas de mangue em direção às planícies hipersalinas adjacentes (Soares *et al.*, 2005) – figura 7. Contudo, dependendo do cenário e da taxa de elevação do nível médio relativo do mar, poderá, haver no futuro um problema para a manutenção dessas florestas, pela existência da Avenida das Américas, que pode se tornar uma barreira à migração do sistema em direção ao continente. Outra questão fundamental a ser considerada nessa região diz respeito à expansão urbana nessa direção, que inclui a construção do túnel da Grota Funda e a duplicação da Avenida das Américas em Guaratiba. Como reflexo desse processo e da incapacidade do poder público em fazer a gestão adequada das áreas naturais urbanas, recentemente a área da Reserva Biológica Estadual de Guaratiba foi alterada, tendo sido excluídas da área da unidade de conservação, áreas que sofreram invasão e a área ocupada pelo CTE_x (DOERJ, 2010). Dentre as áreas que pertenciam à RBG e que foram desafetadas, inclui-se área alagada de água doce próxima à planície hipersalina associada ao rio Piracão, fundamental para a manutenção do sistema floresta de mangue-planície hipersalina (Chaves *et al.*, no prelo), bem como para sua acomodação frente à elevação do nível médio do mar (Soares *et al.*, 2005) – figuras 1 e 3. Portanto, repetem-se nessa área os mesmos erros observados no caso do licenciamento da CSA em Sepetiba, com o agravante, no caso de Guaratiba, do conhecimento científico gerado pelo NEMA/UERJ não ter sido considerado, apesar de ser do conhecimento do órgão responsável pela gestão da unidade de conservação. Portanto, a vulnerabilidade dessas florestas, que hoje é considerada baixa, pode em poucos anos aumentar como consequência de uma gestão inadequada e integrada do espaço urbano.

Ainda na baía de Sepetiba, podemos esperar um comportamento similar ao anteriormente descrito, para a área de manguezais da porção leste da orla de Sepetiba, pois a exemplo de Guaratiba há uma extensa planície disponível para que o sistema se acomode à nova situação.

A única área de manguezal fora da baía de Sepetiba, que pode ser classificada como de baixa vulnerabilidade é encontrada na porção central da APA Guapimirim e ESEC Guanabara, entre os rios Guapi e Guaxindiba (tabela I e figura 5). Nessa região o manguezal apresenta-se limitado na porção continental por extensa planície composta por comunidades de áreas úmidas de água doce (Brejos).

Tabela I : Níveis de vulnerabilidade das florestas de mangue da Região Metropolitana do Rio de Janeiro à elevação do nível médio do mar

ÁREA DE MANGUEZAL	VULNERABILIDADE
Baía de Sepetiba	
Ilha de Itacuruçá	Alta
Itacuruçá	Média
Coroa Grande	Alta
Ilha da Madeira (oeste)	Média
Ilha da Madeira (leste)	Alta
Sepetiba Oeste	Alta*
Sepetiba Leste	Baixa*
APA Brisas (Pedra de Guaratiba)	Média*
Pedra de Guaratiba (rio Piraquê)	Alta*
RBG (entre os rios Portinho e Piraquê)	Baixa*
RBG (a leste do rio Portinho)	Média*
Restinga da Marambaia	Alta*
Baía de Guanabara	
Itaóca	Alta
APA/ESEC (sul do rio Guaxindiba)	Média
APA/ESEC (porção entre rios Guapi e Guaxindiba)	Baixa
APA/ESEC (norte do rio Guapi)	Média
Piedade	Alta
Rio Iriri	Alta
Rio Surui	Alta
Mauá	Alta
REDUC	Alta
Duque de Caxias	Alta

Ilhas do Governador e Fundão	Alta
Jequiá	Alta
Demais Sistemas da RMRJ	
Grumari	Alta
Sistema Lagunar Jacarepaguá-Barra da Tijuca	Alta
Lagoa Rodrigo de Freitas	Alta
Lagoa de Itaipu	Alta

**Considerando-se apenas os efeitos da elevação do nível médio relativo do mar, sem levar em conta uma possível alteração do grau de exposição à energia marinha, como consequência de um possível rompimento da Restinga da Marambaia.*

Outra importante fisionomia aí observada é caracterizada por amplas áreas ocupadas por *Acrostichum aureum* (figura 5). Sob um cenário de elevação do nível do mar, segundo o modelo conceitual (Soares, 2009) – figura 1 - a migração dos manguezais dependerá da interação competitiva com essas comunidades. Sob esse aspecto a maior intrusão salina poderá favorecer a migração das florestas de mangue, através da salinização de áreas originalmente de água doce e eliminação das comunidades de macrófitas de água doce, incluindo uma possível redução do processo de invasão por *Acrostichum aureum*, que como vimos anteriormente, necessita de baixas salinidades para se reproduzir (Medina *et al.*, 1990). Outro aspecto relevante que pode alterar a vulnerabilidade dessas florestas e sua manutenção relaciona-se à instalação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) e a construção do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro (figuras 2 e 5). A instalação do COMPERJ (figura 5) representa sério risco à conservação dos manguezais dessas duas unidades de conservação, que se encontram sob a ação direta do empreendimento, cuja instalação já se iniciou nas áreas a montante dos rios Guapi e Caceribu, que mantém esses importantes manguezais. Assim, as atividades desse complexo podem afetar o vigor e a integridade desses manguezais, como observado por exemplo na área de influência da REDUC (Soares, 2002), aumentando sua vulnerabilidade a tensores adicionais como a elevação do nível do mar. Soma-se a esse risco o fato de empreendimentos como o COMPERJ e o Arco Metropolitano representarem vetores de crescimento local, atraindo outras empresas, que também representam risco de contaminação desses manguezais, bem como catalisando a ocupação e expansão urbana sobre essa que é a última área com baixa ocupação humana do entorno da baía de Guanabara. Análises realizadas pela gestão do Mosaico Central Fluminense (MCF, 2010) e pela FIRJAN (2008) destacam o risco de processos migratórios em grande escala para essa região, como efeito de todo o processo de instalação e operação do COMPERJ, incluindo a possibilidade de “migração do desemprego” para essa região e o aumento do contingente de sub-empregados e de trabalhadores informais. Como consequência desse processo migratório poderá ocorrer o agravamento de problemas urbanos associados à

expansão descontrolada, tais como favelas, loteamentos clandestinos, deficiência de saneamento, aumento da quantidade de resíduos sólidos e a pressão sobre o sistema de abastecimento de água da região, além de conflitos diretos com as unidades de conservação (MCF, 2010). Todos esses processos viriam a afetar direta ou indiretamente a conservação dos manguezais dessa região. Assim sendo, em poucos anos poderemos mais uma vez testemunhar o aumento da vulnerabilidade desses manguezais, como o que ocorreu na baía de Sepetiba por conta da instalação da CSA.

Áreas com Média Vulnerabilidade

Algumas das áreas de manguezal identificadas foram classificadas como possuindo um grau intermediário de vulnerabilidade à elevação do nível médio do mar (tabela I), por não possuírem uma ampla área para acomodação/migração dos manguezais ou por já se observar processo de urbanização das partes mais internas da planície. Sob essa condição encontra-se a porção leste da Reserva Biológica Estadual de Guaratiba (figura 4), onde a ocupação de áreas de entorno das florestas, não disponibiliza terreno para uma possível migração das florestas de mangue. A situação nessa área é agravada, pela presença da estrada de Barra de Guaratiba e pela proximidade do Maciço da Pedra Branca. A primeira seria um obstáculo ao processo de migração dos manguezais e o segundo limitaria a área plana para uma acomodação do ecossistema. Portanto, nessa área pode-se esperar, com maior probabilidade, uma redução da área de mangue, com a elevação do nível médio relativo do mar. Outras áreas identificadas dentro dessa categoria (figura 2 e tabela I) foram Itacuruçá, porção oeste da Ilha da Madeira e APA Brisas, todas na baía de Sepetiba, além das porções da baía de Guanabara localizadas ao sul do rio Guaxindiba e ao norte do rio Guapi, ambas na região da APA Guapimirim (figura 5).

Considerações Gerais

Após apresentar as prováveis respostas dos manguezais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, frente a uma possível elevação do nível médio relativo do mar, devemos considerar, para o sistema baía de Sepetiba, um cenário mais complexo, derivado de um possível rompimento da restinga da Marambaia. Segundo Muehe (2006) a parte central da restinga da Marambaia está submetida a um forte grau de erosão e, uma elevação do nível médio do mar poderá romper o equilíbrio nesse ponto, consolidando seu processo de erosão. Portanto, com o possível rompimento da restinga, teremos um cenário totalmente distinto, que para as florestas de mangue, deve considerar não apenas uma elevação do nível médio relativo do mar, mas simultaneamente, um aumento da exposição à energia marinha, que pode limitar a ocorrência dessas florestas na região (Soares, 2009). Todavia, para um

prognóstico seguro acerca do comportamento dessas florestas frente a um cenário complexo como esse, devemos considerar a necessidade de mais estudos e informações adicionais, tais como características dos trens de ondas, modelagem da dinâmica costeira e correntes de deriva litorânea, assim como processos de erosão/deposição, para então sabermos que pontos ficariam totalmente expostos e quais poderiam permanecer abrigados, além de possíveis alterações na amplitude de marés.

Por fim, devemos destacar a necessidade de serem considerados outros fenômenos e fatores, que afetarão os manguezais de forma direta ou indiretamente, além da elevação do nível médio do mar, cujos cenários devem ser considerados. Dentre esses, devemos destacar os cenários de temperatura, precipitação, evaporação e balanço hídrico, os quais regem tanto os processos fisiológicos das espécies de mangue, deixando-as mais suscetíveis a estresses adicionais, além de processos na escala de paisagem, como por exemplo as taxas de aporte de sedimento e deposição dos mesmos. Devemos considerar ainda, o efeito do aquecimento global sobre a ocorrência de eventos extremos, tais como o aumento da frequência e intensidade de tempestades, as quais afetam diretamente a estabilidade das florestas de mangue. Essa complexidade, no que tange o comportamento dos manguezais frente a todas as variáveis envolvidas no processo de mudança climática global é descrito para Guaratiba, nos estudos do NEMA/UERJ, apresentados por Soares *et al.* (2005). Esses autores descrevem o comportamento cíclico da dinâmica de florestas de mangue, relacionados, no caso do Rio de Janeiro, a ciclos climáticos (sobretudo de pluviosidade), os quais regem os pulsos de avanço das florestas de mangue sobre as planícies hipersalinas. Segundo esses estudos, a resposta dos manguezais de Guaratiba à mudança climática global deve considerar a interação da elevação do nível médio relativo do mar, com as alterações e ciclos de disponibilidade hídrica. De forma similar Almeida (2007, 2010), analisando imagens de satélite num período de 20 anos, descreve ciclos de expansão/retração das florestas de mangue sobre as planícies hipersalinas.

Recomendações

Ações e Políticas Públicas

No que tange às ações e políticas públicas necessárias à conservação das florestas de mangue da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, frente ao cenário de elevação do nível médio do mar, a fase atual de acelerada expansão urbana e industrial dessa região requer uma drástica mudança de postura. O ponto chave para que se atinja a efetiva possibilidade de conservação de quaisquer ecossistemas é que, poder público, setor empresarial e instituições de financiamento passem da

retórica à efetiva incorporação das questões e cenários relacionados às mudanças climáticas na pauta do planejamento e das ações concretas.

A seguir, com base na análise apresentada, listamos algumas questões identificadas, que devem ser urgentemente incorporadas/explicitadas pelas políticas públicas visando à adaptação às mudanças climáticas:

a) Episódios recentes concentrados num espaço restrito como a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, tais como a instalação da Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA), do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro e a redefinição dos limites da Reserva Biológica Estadual de Guaratiba, além dos diversos processos de licenciamento em curso para as baías de Sepetiba e Guanabara, devem servir de exemplos de gestão inadequada do espaço público, num cenário de mudanças climáticas. Tais episódios demonstram a urgente necessidade de se incorporar nos processos de gestão e planejamento urbano e de licenciamento ambiental, as variáveis relacionadas às mudanças climáticas, incluindo aspectos associados às adaptações a tais mudanças, de forma a garantir a conservação dos ecossistemas em geral e especificamente dos remanescentes de florestas de mangue e planícies hipersalinas associadas. Para tanto, ferramentas como o licenciamento ambiental devem ser restabelecidas como poderosos processos para a conservação da qualidade ambiental e não como instrumentos para a remoção do “obstáculo ambiental”;

b) Incorporar e implementar, com base na **Política Estadual Sobre Mudança Global do Clima e Desenvolvimento Sustentável**, instrumentos que efetivamente garantam a conservação dos remanescentes de manguezais frente às mudanças climáticas, através de sua acomodação ao novo cenário, garantindo a resiliência de tais ecossistemas;

c) Necessidade de reinstalação e fortalecimento do **Grupo Técnico Permanente sobre Manguezais**, criado pela **Política Estadual de Conservação dos Manguezais do Estado do Rio de Janeiro**, instituída pela Deliberação CONEMA Nº 05/94, de 12 de dezembro de 1994;

d) Articulação intersetorial e integrada das diferentes políticas na região metropolitana, incorporando a questão de conservação dos ecossistemas costeiros de forma efetiva, considerando-se os cenários de mudanças climáticas;

e) Incorporar no **Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro** as variáveis relacionadas às mudanças climáticas, incluindo ações relacionadas à conservação e adaptação dos sistemas naturais, considerando-se ainda as atividades em toda a bacia hidrográfica costeira, que possam afetar a vulnerabilidade e a resiliência desses ecossistemas frente às mudanças;

- f) Evitar que medidas de adaptação às mudanças climáticas, a serem adotadas por outros setores, não comprometam a capacidade de resistência e a resiliência das florestas de mangue frente a essas mudanças;
- g) Garantir, através de mecanismos legais a conservação de planícies hipersalinas, planícies costeiras e brejos costeiros, associados a florestas de mangue, como áreas *non aedificandi*, para facilitar o processo de acomodação das florestas de mangue num cenário de elevação do nível médio do mar e, por conseguinte, garantir a perpetuação desse ecossistema na Região Metropolitana do Rio de Janeiro;
- h) Adotar medidas que garantam a resiliência de florestas de mangue identificadas como de baixa vulnerabilidade e que restitua a resiliência das florestas com média e alta vulnerabilidade;
- i) Adotar medidas efetivas para eliminação de diferentes fontes de estresse que incidem sobre os manguezais, de forma a reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência desses sistemas às mudanças climáticas;
- j) Adequar estruturas como estradas aos cenários de elevação do nível médio do mar, permitindo o fluxo das marés e a migração/acomodação das florestas de mangue;
- k) No caso específico de unidades de conservação, como a Reserva Biológica Estadual de Guaratiba, a Área de Proteção Ambiental Guapimirim e a Estação Ecológica Guanabara, percebe-se claramente a necessidade de planejamento futuro pensando na ampliação das áreas protegidas em direção ao continente, para que as mesmas garantam a acomodação/migração dos manguezais;
- l) No caso específico da região de Sepetiba, o planejamento e ordenamento da ocupação do território, considerando-se a manutenção dos manguezais perante um cenário de elevação do nível médio do mar devem considerar a forte pressão para instalação de plantas industriais na região, as quais devem ser evitadas;
- m) Controle da ocupação, remoção de construções irregulares e recuperação das florestas de mangue e planícies hipersalinas na região que vai da margem direita do rio Piraquê à Pedra de Guaratiba e ao longo da estrada de Barra de Guaratiba;
- n) Controlar a ocupação das áreas de entorno dos manguezais, sobretudo em áreas onde a pressão urbana ainda é passível de um planejamento adequado, tais como: (i) setores do Sistema Lagunar Jacarepaguá-Barra da Tijuca com domínio de água doce; (ii) área da Gleba F na Lagoa da Tijuca; (iii) região da Reserva Biológica Estadual de Guaratiba; (iv) Região de Sepetiba; (v) Área de Proteção Ambiental das Brisas; (vi) manguezais dos municípios de Magé, Guapimirim, Itaboraí e São Gonçalo.

Propostas Visando à Redução de Incertezas (Programas de Monitoramento e Estudos Específicos)

A seguir é apresentada sugestão de estudos específicos visando tanto à redução das incertezas quanto às respostas dos manguezais às mudanças climáticas, quanto à análise para suporte à adaptação dessas florestas às referidas mudanças.

a) Programa de Monitoramento das Florestas de Mangue, Planícies Hipersalinas e Sistemas de Transição

Objetivos

- Manutenção e fortalecimento do programa de monitoramento das florestas de mangue e planícies hipersalinas da região de Guaratiba, mantido pelo NEMA/UERJ e expansão, segundo a mesma metodologia já consolidada, desse programa para as demais áreas de manguezal da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, incluindo um diagnóstico inicial das mesmas;
- Monitorar o comportamento de espécies invasoras e os ecótonos entre manguezais e sistemas terrestres/água doce;
- Implantar, em todos os sistemas descritos, programa de monitoramento de parâmetros ambientais: comportamento das marés, temperatura do ar, precipitação, evaporação, balanço hídrico, taxas de aporte e deposição de sedimentos;
- Monitorar aspectos estruturais, funcionais e da dinâmica das florestas de mangue;

Resultados Esperados

Acompanhar o processo de manutenção e resposta dos manguezais frente às mudanças climáticas, permitindo a adequação de medidas de conservação do ecossistema.

Prazo Estimado: Permanente;

Estimativa dos Recursos Necessários:

Fase de implantação do monitoramento – R\$ 1.000.000,00 em dois anos.

Fase de monitoramento – R\$ 350.000,00 por ano.

b) Avaliação da Resposta dos Manguezais a Outras Alterações Associadas às Mudanças Climáticas

Objetivos

- Avaliar os efeitos das alterações previstas para temperatura, precipitação, evaporação, balanço hídrico (disponibilidade hídrica), ocorrência de eventos extremos, entre outros, sobre a área ocupada por manguezais, sua estrutura, função e dinâmica;
- Implantar, em todos os sistemas descritos, programa de monitoramento desses parâmetros ambientais;
- Modelar o comportamento dos manguezais da baía de Sepetiba, considerando-se o cenário de rompimento da Restinga da Marambaia e propor medidas de adaptação às novas condições;

Resultados Esperados

Possibilitar uma visão mais ampla das respostas estruturais, funcionais e de dinâmica das florestas de mangue em relação aos diferentes aspectos e parâmetros envolvidos nas mudanças climáticas. Permitirá a melhor gestão desse importante recurso, sob as novas condições ambientais, de forma a garantir a perpetuação do mesmo.

Prazo Estimado: 3 anos.

Estimativa dos Recursos Necessários: R\$ 2.500.000,00

c) Estabelecimento e Manutenção de Sistema de Monitoramento por Imagens de Satélite e de Banco de Dados

Objetivos

- Implantar e manter sistema de monitoramento das áreas de manguezais através da análise de imagens de satélite de alta resolução, identificando alterações anuais da área ocupada pelo ecossistema e pelos sistemas adjacentes;
- Implantar banco de dados incluindo informações georeferenciadas de aspectos estruturais e funcionais das florestas de mangue, bem como dos parâmetros ambientais envolvidos nas alterações climáticas;

Resultados Esperados

Esse programa permitirá uma gestão mais adequada e em tempo real das florestas de mangue, permitindo a identificação rápida de alterações nesse ecossistema. Será fundamental para impulsionar o processo de gestão e conservação desse importante ecossistema, frente a um cenário de alterações.

Prazo Estimado: Permanente.

Estimativa dos Recursos Necessários

Fase de implantação – R\$ 500.000,00 em dois anos.

Fase de monitoramento – R\$ 200.000,00 por ano.

d) Estudos Para a Identificação de Medidas Visando à Manutenção ou Restauração da Resiliência dos Manguezais às Mudanças Climáticas

Objetivos

- Diagnosticar as diferentes fontes de estresse de origem antrópica e natural que incidem sobre os manguezais da região;
- Identificar os agentes e fatores que influenciam a vulnerabilidade dos manguezais às mudanças climáticas;
- Propor medidas que garantam a resiliência de florestas de mangue identificadas como de baixa vulnerabilidade e que restitua a resiliência das florestas com média e alta vulnerabilidade;

Resultados Esperados

Com esse programa teremos a base científica para propor medidas que possam efetivamente reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência dessas florestas de mangue às mudanças climáticas;

Prazo Estimado: 2 anos.

Estimativa dos Recursos Necessários

R\$ 700.000,00

Referências bibliográficas

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.

Almeida, P. M. M. 2010 *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. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 143 p.

- Araújo, D.S.D. & Maciel, N.C. 1979. *Os manguezais do recôncavo da Baía de Guanabara*. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA). Rio de Janeiro. 113 p.
- Cavalcanti, V.F., Soares, M.L.G., Estrada, G.C.D., Chaves, F.O. 2009. Evaluating Mangrove Conservation through the Analysis of Forest Structure Data. *Journal of Coastal Research*, SI 56: 390 - 394.
- Chaves, F.O.; Gomes, J.R.; Soares, M.L.G.; Estrada, G.C.D.; Almeida, P.M.M.; Oliveira, V.F. (no prelo). Contribuição ao conhecimento e à conservação da planície costeira de Guaratiba – Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro – Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*.
- DOERJ. 2010. Lei No. 5842 de 03 de dezembro de 2010 Recategoriza a Reserva Biológica e Arqueológica Estadual de Guaratiba como Reserva Biológica Estadual de Guaratiba, redelimita sua área e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Ano XXXVI, no. 221*.
- Ellison, J.C. 1993. Mangrove retreat with rising sea-level, Bermuda. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 37 (1): 75-87.
- Ellison, J.C. & Stoddart, D.R. 1991. Mangrove ecosystem collapse during predicted sea-level rise: Holocene analogues and implications. *Journal of Coastal Research*, 7 (1): 151-165.
- FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro). 2008. COMPERJ: Potencial de desenvolvimento produtivo. Rio de Janeiro. *Estudos Para o Desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro, no. 1*. 44 p.
- Gilman, E.; Ellison, J.; Duke, N.C. and Field, C., 2008a. Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. *Aquatic Botany*, 89, 237-250.
- Harari, J. & Camargo, R. 1995. Tides and mean sea level variabilities in Santos (SP), 1944 to 1989. *Relatório Interno Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo*, 36: 1-15.
- Harari, J.; França, C.A.S.; Mesquita, A.R.; Camargo, R. 2004. Estimativas e projeções das variações globais do nível médio do mar. **In:** VI Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Patrimônio Ameaçado. São José dos Campos, Brasil. Academia de Ciências do Estado de São Paulo. PP. 42-43.
- Herz, R. 1987. A regional program on coastal monitoring and management of mangrove in Brazil. **In:** Symposium on Coastal and Ocean Management, 5. Seattle, 1987. Proceedings. New York, American Society of Civil Engineers. Vol. 2. PP. 2262-2268.
- MCF (Mosaico Central Fluminense). 2010. *Planejamento Estratégico do Mosaico Central Fluminense*. 51 p.

Medina, E.; Cuevas, E.; Popp, M. ; Lugo, A. E. 1990. Soli salinity, sun exposure, and growth of *Acrostichum aureum*, the mangrove fern. *Bot. Gaz.*, 151 (1): 41-49.

Mesquita, A.R. 1997. *O programa IO/USP para o global changes: origem e contribuições*. In: Seminário Ciência e Desenvolvimento Sustentável. Universidade de São Paulo. PP. 130-149.

Mesquita, A., 2000. Sea level variations along the Brazilian coast: A short review. Brazilian Symposium on Sandy Beaches: 15 p.

Muehe, D. (org.) 2006. Erosão e progradação no litoral brasileiro. MMA. 476 p.

Parkinson, R.W., 1989. Decelerating holocene sea-level rise and its influence on southwest Florida coastal evolution: a transgressive/regressive stratigraphy. *Journal of Sedimentary Petrology.*, 56, 960-972.

Pires, I. O.1986. *Mapeamento dos manguezais do recôncavo da Baía de Guanabara através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Espaciais. 85 p.

Pires, I.O. 1992. *Monitoramento de manguezais através de correlação de dados da fitomassa e de radiância TM/LANDSAT. Exemplo: APA-Guapimirim (RJ)*. Tese de Doutorado. Departamento de Geografia. FFLCH- Universidade de São Paulo. 144p.

Portugal, A.M.M. 2002. *Manguezais de Guaratiba frente a uma possível elevação do nível médio relativo do mar (Baía de Sepetiba, estado do Rio de Janeiro)*. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico – Universidade de São Paulo.

Saenger, P.; Heagerl, E.J.; Davie, J.D.S. 1983. Global status of mangrove ecosystems. *Environmentalist*, 3 (Supl.3): 1-88.

Schaeffer-Novelli, Y. 1989. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. *Publicação Especial, Instituto Oceanográfico, São Paulo*, 7: 1-16.

Soares, M.L.G. 1997. *Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil - Análise de modelos*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Univrsidade de São Paulo. 2 vol.

Soares, M.L.G. 1999. Estrutura vegetal e conservação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(3): 503-515.

Soares, M.L.G. (coord.). 2002. *Diagnóstico de danos causados aos manguezais da baía de Guanabara pelo derramamento de óleo ocorrido em janeiro de 2000*. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro. Relatório não publicado. 278 p. 35 tabelas e 233 figuras.

Soares, M.L.G. (Coord.). 2006. *Lauda Biológico do Sistema Caravelas – Nova Viçosa com Vistas à Criação da Reserva Extrativista do Cassurubá*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 247 p.

Soares, M.L.G. 2009. A conceptual model for the response of mangrove forests to sea level rise. *Journal of Coastal Research, SI 56*: 267-271.

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 – UFRJ, 26*: 101-116.

Soares, M.L.G.; Silva Jr., C.M.G.; Cavalcanti, V.F.; Almeida, P.M.M.; Monteiro, A.S.; Chaves, F.O.; Estrada, G.C.D.; Barbosa, B. 2006. Regeneração de floresta de mangue atingida por óleo na baía de Guanabara (Rio de Janeiro, Brasil): resultados de 5 anos de monitoramento. *Geochimica Brasiliensis, 20 (1)*: 54-77.

Soares, M.L.G.; Tognella-De-Rosa, M.M.P.; Oliveira, V.F.; Chaves, F.O.; Silva Jr., C.M.G.; Portugal, A.M.M.; Estrada, G.C.D.; Barbosa, B.; Almeida, P.M.M. 2005. *Environmental Changes in South America in the Last 10k Years: Atlantic and Pacific Controls and Biogeophysical Effects: Ecological Impacts of Climatic Change and Variability: Coastal Environments - Mangroves and Salt Flats*. Report to the Inter-American Institute on Global Change (IAI). 62p.

Spalding, M.; Kainuma, M.; Collins, L. 2010. World atlas of mangroves. Earthscan. London. 319 p.

Woodroffe, C.D., 1990. The impact of sea level rise on mangrove shorelines. *Progress in Physical Geography, 14(4)*, 483-520.