



GESTÃO E CONSERVAÇÃO: IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS EM ECOLOGIA BÁSICA NO ENTENDIMENTO DA ESTRUTURA E FUNÇÃO DOS MANGUEZAIS BRASILEIROS

Karen Otoni de Oliveira Lima¹ & Mônica Maria Pereira Tognella²

1. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (karenotonilima@gmail.com)
2. Bolsista Pesquisador Capixaba (FAPES), Professora Doutora do Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Centro Universitário Norte do Espírito Santo - Universidade Federal do Espírito Santo, Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus – ES – Brasil. Programas de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (PPGOAm) e em Biodiversidade Tropical (PPGBT). Brasil.

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

Os manguezais apresentam distribuição global dentro das regiões de climas tropicais e subtropicais, provendo uma série de bens e serviços ambientais e sócio-econômicos. Os impactos causados pela população humana e, mais recentemente, as alterações que serão provocadas pelas mudanças globais são de extremo interesse para a comunidade científica. Frente a esta perspectiva futura, há necessidade de se entender as características ecológicas e eco-fisiológicas do estabelecimento, manutenção, crescimento e desenvolvimento do mangue. Na literatura há inúmeros trabalhos relacionados à ecologia dos manguezais e esta revisão tem como objetivo abordar num contexto de gestão e conservação de recursos as informações geradas a partir destes estudos. As propostas de gestão costeira devem considerar os processos naturais e antrópicos que agem sobre o ecossistema manguezal e os fatores bióticos e abióticos que influenciam alguns parâmetros populacionais. Sem esta visão global, os recursos naturais providos gratuitamente pelo manguezal serão inviabilizados para as gerações futuras.

PALAVRAS-CHAVE: Bens e serviços, impactos, parâmetros populacionais, sucessão.

MANAGEMENT AND CONSERVATION: IMPORTANCE OF STUDIES IN ECOLOGY IN BASIC UNDERSTANDING OF THE STRUCTURE AND FUNCTION OF BRAZILIAN MANGROVES

ABSTRACT

Mangroves have a global distribution within regions of tropical and sub-tropical regions, providing a range of environmental goods and services to human welfare. The impacts caused by the human population and, more recently, the changes that will be caused by global changes across the globe, are of extreme interest to the scientific community. Faced with this future perspective, there is need to understand

the ecological characteristics and eco-physiological mangrove's establishment, maintenance, growth and development. In the literature there are numerous studies related to ecology of mangroves and this review aims to summarize them into a management point of view. The proposed coastal management must to consider the natural and anthropogenic processes that act on the mangrove ecosystem and the biotic and abiotic factors that affect some population parameters. Without this overview, goods and services provide freely by mangrove ecosystem will be lost for future generations.

KEYWORDS: Goods and services, impacts, population parameters, succession.

INTRODUÇÃO

Os manguezais são as únicas florestas situadas na confluência do ambiente terrestre e marinho em regiões subtropicais e tropicais do mundo (ALONGI, 2002), distribuídos entre 30°N e 30°S (ALONGI, 2009a). Colonizam ambientes onde as condições abióticas são rigorosas para a vegetação terrestre e lenhosa pela presença de salinidade, temperaturas atmosféricas elevadas, inundações por marés, sedimentação acentuada e solos lamosos anaeróbicos (GIRI et al., 2011).

A heterogeneidade de características evolutivas tanto morfológicas quanto ecofisiológicas das árvores de mangue lhe tornam um ambiente único. Dentre estes ajustamentos ecológicos, incluem-se embriões vivíparos, raízes com geotropismo negativo e mecanismos fisiológicos para tolerar e resistir aos íons salinos e manter o equilíbrio interno de água e carbono (ALONGI, 2009b; TOMLINSON, 1986; LARCHER, 2000).

Os manguezais estão entre os ecossistemas mais produtivos e biologicamente importantes do mundo, pois fornecem bens e serviços ecossistêmicos únicos e essenciais para a sociedade humana direta e indiretamente e para os sistemas costeiros e marinhos adjacentes (GIRI et al., 2011), sob o ponto de vista estritamente ecológico. Além da sua importância econômica, KRISTENSEN et al., (2008) salientam que os manguezais são fundamentais para a fauna de ecossistemas adjacentes e nas atuais circunstâncias de preocupação ecológica para o balanço global de carbono.

Naturalmente resistentes, as florestas de manguezal estão sendo perdidas por invasões humanas e estão entre os habitats mais ameaçados da Terra (VALIELA et al., 2001; SPALDING et al., 2010), desaparecendo a uma taxa alarmante, como resultado dos impactos causados pela extração da madeira (LEWIS, 1982); efusão de óleos, derivados (GIRI et al., 2011) e outros poluentes (AGORAMOORTHY et al., 2008; DUKE et al., 2003); ataques por parasitas e competição com espécies exóticas (FOURQUREAN et al., 2010); modificações no regime de inundaçao (HARUN-OR-RASHID et al., 2009) e de aporte de água doce, muitas vezes como resultado de barragens e diques artificiais; entre inúmeros outros impactos (RIVIERA-MOROY et al., 2004).

Indústrias da madeira e do carvão vegetal também alteram severamente as florestas de mangue, assim como outros empreendimentos econômicos na linha de costa. A crescente expansão da carcinicultura representa uma grande ameaça ecológica para os manguezais do mundo (SPALDING et al., 2010), não só por perda em área, mas também pela eliminação de linhagens selvagens para reprodução dos camarões (CALL, 2003; LEE, 2004).

Os impactos causados pela população humana e, mais recentemente, as alterações que serão provocadas pelas mudanças globais, sob diferentes intensidades em toda a Terra, são de extremo interesse científico. Diante desta nova

perspectiva futura, estudiosos reforçam a necessidade de se entender as características ecológicas e eco-fisiológicas do estabelecimento, manutenção, crescimento e desenvolvimento do mangue (KATHIRESAN & BINGHAM, 2001), *in situ*.

KRAUSS et al., (2008), ao revisarem quais são as condicionantes ambientais para a implantação e desenvolvimento inicial do mangue, acentuam que uma análise atualizada dos estudos experimentais pode ser a única forma eficiente para os gerenciadores costeiros entenderem como as plântulas de mangue respondem ecofisiologicamente aos fatores naturais, antropogênicos e aqueles induzidos pelas mudanças globais.

O impacto potencial da degradação ambiental sobre as comunidades dos ecossistemas marinhos e costeiros, na saúde humana, na conservação da biodiversidade e no setor econômico serão multiplicados com o aumento da população terrestre. A necessidade de se coletar informações que viabilizem a análise do estado da arte sobre a ecologia destes sistemas e sobre os impactos causados pelas modificações ambientais é evidente (ADEEL & POMEROY, 2002).

Além dos impactos supracitados, a superexploração da madeira em pequena escala em florestas de mangue por períodos prolongados pode perturbar as características de colonização de clareiras, bem como, a biogeoquímica do solo causando aumento da quantidade de sólidos dissolvidos, de metais e do íon amônio que, eventualmente, interferem na salinidade do solo em uma área onde esta condição já é um dreno de energia (ALONGI & DE CARVALHO, 2008).

A identificação de metodologias e técnicas adequadas para a gestão sustentável é de extrema relevância, no sentido de aumentar a produtividade para a conservação da biodiversidade. Infelizmente, cultua-se a premissa de que estudos ecológicos básicos não devem ser contemplados, pois são conhecidos em outros países e podemos utilizar esta informação. Entretanto, a experiência tem mostrado que os manguezais são ambientes únicos com respostas variáveis em função das forçantes energéticas que regulam este sistema e como tal devem ser entendidos de forma individualizada até que se comprove o contrário.

Além das questões discutidas anteriormente, um dos problemas mais relevantes em regiões costeiras em todo o mundo são os processos erosivos que ameaçam as atividades humanas nas áreas expostas a tais riscos. Dependendo da área erodida, a retratação do litoral resulta em impactos econômicos, ambientais e sociais graves (HASHIM et al., 2010). Segundo UPADHYAY & MISHRA (2008), os habitats costeiros e estuarinos precisam de gestão pública mais eficiente e que promova o cumprimento legal das Regras de Proteção Ambiental. Em relação aos estudos da população, os mesmos autores concluem que compreender a regeneração e os padrões de recrutamento das diferentes espécies é uma ferramenta de conservação de suma importância para gestão sustentável dos Recursos Naturais.

Os manguezais brasileiros são protegidos por lei e Resolução CONAMA Nº04/1985 (BRASIL, 1985 e 1965), na qual assegura a manutenção do recurso e avaliações em longo prazo que eram pontos relevantes antes da promulgação do novo código florestal (BRASIL, 2012). Em 2002, a resolução CONAMA nº303 (BRASIL, 2002) vinha reforçar o respaldo legal proporcionado pelo Código Florestal de 1965 (BRASIL, 1965), pois caracterizava os manguezais como Áreas de Preservação Permanente - APPs, cujo "status" legal garante esse ecossistema como território protegido, como instrumento de interesse ambiental, importante para o desenvolvimento sustentável, alvo das gerações presente e futura. A mesma

resolução vedava a atividade de carcinicultura no manguezal (SCHAFFER-NOVELLI et al., 2012).

Para DANTAS & CABRAL (2012), após a vigência do novo Código Florestal (BRASIL, 2012), a crise ambiental está instalada entre os diferentes interesses da Sociedade, do Poder Público e do Meio Ambiente, entre as alterações propostas, uma das mais preocupantes é aquela que facilitaria novas e/ou consolidariam ocupações dos manguezais e estuários.

Diante deste cenário mundial e das Políticas Públicas do Brasil, esta revisão tem como finalidade abranger informações de estudos realizados no que diz respeito aos fatores bióticos e abióticos e como estes influenciam alguns parâmetros populacionais, entre eles, estabelecimento de plântulas, crescimento, mortalidade e sobrevivência, visto que para TOMLINSON (1986) esses estágios iniciais são passos críticos dentro do ciclo de vida das espécies de mangue e que para PADILLA et al. (2004) determinam a capacidade para manter a população e colonizar novos habitats. O conjunto de informações geradas a partir desta revisão servirá como linha de base para o desenvolvimento de novos estudos que busquem melhor entendimento sobre a dinâmica ao longo do manguezal em todo litoral brasileiro. A proposta é reforçar a importância da ecologia básica para conhecer o funcionamento do manguezal e assegurar sua proteção legal.

DINÂMICA POPULACIONAL

Conceitos

Para GUREVITCH et al., (2009) a “dinâmica populacional é o estudo das mudanças no número, na composição e na variação espacial dentro das populações”. Os autores acrescentam que no estudo das populações, deve se examinar as propriedades estruturais da mesma, mas não dos seus indivíduos, isto é, avaliar as taxas de germinação (nascimento) e/ou de mortalidade de determinada população. Seu conceito define a importância de se entender a estrutura da população nas escalas temporais e espaciais.

Sob outra perspectiva, WATANABE et al., (1997) estabelecem que dinâmica populacional pode ser conceituada como o “estudo das mudanças no número de organismos em populações e dos fatores que as causam e as influenciam”. Sob esta definição, os estudos populacionais devem estar atentos às condições e recursos que regem aquela população. Por outro lado, TOWNSEND et al., (2010) definem que natalidade, mortalidade e os deslocamentos para dentro e para fora dos limites populacionais são os processos modificadores do tamanho populacional.

Nesse contexto, WATANABE et al., (1997) ao incluírem os estudos dos fatores que influenciam a mudança no número de organismos em uma população, conceitua dinâmica populacional com maior complexidade, pois ao aferir esses fatores, bióticos ou abióticos, é possível compreender como uma população se comporta frente a uma determinada condição ambiental. Ambientes dinâmicos, como os costeiros, requerem estudos que avaliem as condições e recursos que determinam uma população, mas também que estes sejam desenvolvidos sob a ótica da avaliação espacial e temporal, dada sua variabilidade ambiental.

Conhecer as condições físicas e químicas, os recursos disponíveis, ciclo de vida dos organismos, prepoderância dos competidores e predadores sobre as taxas de mortalidade e nascimento é essencial para compreender quais os fatores

responsáveis pela dinâmica populacional de uma espécie ou de um local (TOWNSEND et al., 2010).

O porquê de estudar a dinâmica populacional dos manguezais

O crescimento e a mortalidade de indivíduos e seus efeitos sobre a dinâmica das populações são importantes mecanismos para determinar se o funcionamento de uma área de estuário encontra-se em equilíbrio com o ambiente e em qual estágio de desenvolvimento ele se encontra. Esses dados básicos de crescimento e mortalidade podem gerar modelos populacionais que irão contribuir para obtenção de informações da produtividade dos bosques, determinando como será a biomassa instantânea em relação ao ingresso de novos indivíduos ou ao decaimento. A redução no tamanho da população, que é a mortalidade total, é necessária para determinar a perda de organismos por meio de estressores naturais ou antropogênicos (MCLUSKY & ELLIOTT, 2004).

De acordo com MCLUSKY & ELLIOTT (2004), o objetivo do cientista estuarino e do gestor é detectar se o tamanho populacional foi alterado, portanto, a abordagem de controle é necessária, e particularmente importante, pois, em alguns casos, os dados produzidos por esse domínio podem ser utilizados em discussões ou processos judiciais. Os autores acrescentam que o monitoramento é necessário para determinar o grau de efeito espacial, ou seja, a extensão e a gravidade do efeito temporário (a duração). O grau espacial pode ser a quantidade de área afetada e a importância de um componente do território afetado. Como parte integrante da prática de gestão, deve ocorrer a avaliação sistemática, a fim de detectar a mudança e para determinar se a gestão está tendo o efeito positivo ou negativo sobre a população.

Para SOUZA & SAMPAIO (2001) em alguns estudos têm sido utilizados parâmetros que descrevem a estrutura e funcionamento do ecossistema manguezal e sugerem a existência de uma variação ampla de estratégias de sobrevivência relacionadas a fatores ambientais. Se estas estratégias ou adaptações estruturais e funcionais fossem melhores entendidas, proveriam uma base para definir os princípios comuns que governam o funcionamento do ambiente. Entretanto, exatamente por ser um sistema complexo, sujeito a uma variabilidade de condições e recursos distintos ao longo da sua distribuição mundial, o manguezal se apresenta como um espaço que requer estudos locais e que sejam interpretados e extrapolados somente na ocorrência de situações ambientais similares.

Dentro do estudo da dinâmica populacional avaliar os padrões de implantação, ingresso de organismos por espécie, densidade destes indivíduos, bem como, sua sobrevivência e a taxa de mortalidade são caracteres ecológicos que quando considerados em longo prazo podem auxiliar na interpretação da estória de vida e dos processos evolutivos de um local ou de um ecossistema.

A perda atual de biodiversidade que ocorre no ecossistema manguezal é uma questão crítica, dado que suas florestas apresentam baixa diversidade de espécies vegetais em relação aos outros ecossistemas tropicais. O grande problema no prognóstico de respostas dos manguezais frente aos impactos humanos é a ausência de dados de longo prazo, e da capacidade de distinguir alteração natural daquela de origem antrópica. Entre as lacunas existentes na compreensão desse ecossistema está a ausência de conhecimento dos estados sucessionais naturais ao longo do tempo e da informação dos fatores que regulam a colonização, como dispersão dos propágulos e estabelecimento de plântulas (ALONGI, 2002).

O estudo e a compreensão da dinâmica populacional fornecem informações que subsidiam comparações temporais com o estado atual de áreas naturais, assim como técnicas de sensoriamento remoto - SIG (Sistema de Informação Geográfica) e uso de GPS ("Global Positioning System" – Sistema de Posicionamento Global) que possibilitam projeções de alterações ou de impactos para uma dada região, auxiliando na adoção de medidas mitigadoras com vistas ao gerenciamento costeiro (DAHDOUH-GUEBAS, 2002).

Segundo SCHAEFFER-NOVELLI et al., (2000), propostas de gestão costeira necessitam considerar os processos naturais e antrópicos que agem sobre o ecossistema manguezal, inclusive gerando dados georeferenciados. Acrescenta-se ainda a observação de que os processos de gestão costeira deverão atender as particularidades locais, principalmente, quando se considera a extensão da linha de costa brasileira.

Segundo JINATANA & PIRIYAYOTHA (2000), citado por KITAYA et al., (2002), programas de recuperação de manguezais são questões urgentes nas regiões costeiras tropicais e subtropicais. Algumas espécies-chave de árvores de mangue são utilizadas para restaurar o ecossistema costeiro, sendo de interesse mundial que se passe a utilizar novas espécies, mas o conhecimento necessário para orientar os esforços de recuperação, especialmente no que diz respeito à seleção de espécies para áreas específicas, é muito limitado. Mais pesquisas sobre a seleção das espécies, monitoramento da sobrevivência e crescimento em diferentes condições, são imprescindíveis para o sucesso da reabilitação dos manguezais.

Fatores que influenciam o desenvolvimento do bosque

LUGO (1980, 1990) ao discutir o amadurecimento dos bosques de mangue e a ocorrência de seres em alguns locais, avalia que os estudos para ecologia de manguezal devem atentar para fatores como taxas de sedimentação, subsidência do solo, fluxo de água doce, energia da maré e mudanças no nível do mar, uma vez que são estas forçantes que influenciam o crescimento e a sobrevivência da vegetação que em resposta pode se organizar em zonas refletindo, em cada situação, a geomorfologia e o gradiente hidrológico. Conseqüentemente, mudanças significativas nas condições do ambiente são, geralmente, seguidas pelas alterações no vigor ou zonação de vegetação. Estas alterações podem incluir mortalidade difundida de árvores (JIMENEZ et al., 1985).

Ainda avaliando os fatores que induzem o desenvolvimento estrutural dos manguezais, SOARES et al., (2003) acrescentam que "apesar de existirem fatores numa escala global, que regem a ocorrência de manguezais em uma determinada região, os atributos estruturais e funcionais de cada manguezal são regidos pela interação de fatores em escala regional - "assinatura energética" e fatores em escala local - por exemplo, associados à frequência de inundação pelas marés". Destacamos ainda que a salinidade seja um dos principais fatores que influenciam os padrões de crescimento das espécies e, além disso, fatores físico-químicos, sedimentação e mecanismos de adaptação, também têm sido relacionados com o desenvolvimento das espécies (BALL, 1988).

A complexidade de fatores que atuam no desenvolvimento estrutural e funcional dos manguezais é intensa, levando diversos autores na interpretação de suas condicionantes ecológicas. Diferentemente da proposta de LUGO (1980) e de LUGO & SNEDAKER (1978) que buscam descrever a distribuição da vegetação

centrada principalmente no aspecto freqüência de inundação e salinidade, outros autores divergem nesta premissa.

WOODROFFE (1992) discute que a maioria das florestas representa um continuum de tipos geomorfológicos, sustentado com base em sua localização em contextos mais amplos, sendo a classificação proposta como ambiente dominado por rio, dominado pela maré, dominado por onda, e tipos compostos dominado por rio e onda, vale afogado e de origem em rocha de carbonato. Estas forçantes regionais (ondas, marés, rios e chuvas) atuam na circulação da água gerando turbulência, mistura advectiva e longitudinal, bem como, aprisionando águas costeiras, com isto influenciando nas taxas de erosão e deposição de sedimentos onde os manguezais crescem. DUKE et al., (1998) concluem que muitas variações físicas e ecológicas são frequentemente expostas em um único estuário.

Numa escala mais pontual que o sistema estuarino, a distribuição espacial das plantas dentro do bosque reflete o resultado de processos também dinâmicos como padrões de dispersão; taxa de predação; estabelecimento, crescimento e mortalidade; bem como, o estabelecimento de diásporos, procedimentos estes que determinam os padrões de distribuição inicial das espécies (MCKEE, 1995). Entretanto, nem sempre esses padrões irão refletir as condições observadas no bosque maduro. Estudos relacionados aos processos de sucessão nos bosques permitem interpretar quais as condicionantes que atuam na seleção das espécies para a distribuição espacial dentro do bosque.

O processo de desenvolvimento do bosque pode ser descrito, segundo o modelo proposto por JIMENEZ et al., (1985) como apresentando quatro fases: colonização, descrita como a etapa em função da taxa de chegada de propágulos e das perdas provocadas pela mortandade e dispersão dos mesmos; desenvolvimento inicial, caracterizado por rápido crescimento das espécies, intensa competição e alta taxa de mortalidade; maturidade, taxa de crescimento é reduzida, baixa competição e o bosque alcança desenvolvimento máximo; e por fim a senescência, fase na qual os bosques são dominados por poucas árvores e grandes aberturas no dossel são formadas devido à mortalidade dos indivíduos adultos.

Uma vez estabelecido o bosque, o desenvolvimento de plântulas (formando o sub-bosque) para a etapa posterior, isto é, a fase juvenil, está condicionada pelos seguintes fatores: sensibilidade aos fatores físico-químicos (pH, oxigênio dissolvido) e inundação persistente (ELLISON & FARNSWORTH, 1993), teor de salinidade do solo, disponibilidade de luz (ELLISON & FARNSWORTH, 1993; KOCK, 1997) e de nutrientes (CLARKE & ALLAWAY, 1993; ELLISON & FARNSWORTH, 1993; KOCK, 1997), e também da aeração do solo (KOCK, 1997). O sucesso do indivíduo para alcançar o estágio juvenil para ELLISON & FARNSWORTH (1993) está condicionado principalmente pelas condições de luz e de recursos nutricionais. Isto pode ser facilmente observado na abertura de clareiras nos bosques maduros e senescentes que são rapidamente colonizadas por um pool de propágulos e plântulas que entram em processo de competição até o domínio por um número mais reduzido de indivíduos juvenis.

Várias abordagens têm sido empregadas para avaliar a dinâmica dos manguezais, como medida da abundância de espécies de árvores e estrutura ao longo do tempo (CLOUGH, 1992) e métodos mais recentes de simulação onde entram reguladores como competição, espaçamento e envelhecimento das árvores (BERGER & HILDENBRANDT, 2000), ou como o modelo de dinâmica de clareira (FORMAN) proposto por CHEN & TWILLEY em 1998 e sustentado no gradiente de nutrientes ao longo do interior do bosque. A maioria dos estudos indicam que as

variações temporais e espaciais dentro das florestas de mangue são normalmente reguladas por competição intra e interespecífica de nutrientes, luz, espaço e solo que também não são uniformes dentro dos bosques (LUGO, 1997).

PARÂMETROS POPULACIONAIS

Síntese de estudos de Recrutamento

CHEN & TWILLEY (1998) na proposta do modelo de dinâmica de clareira simularam em longo prazo o desenvolvimento de florestas de manguezais no Caribe, os autores demonstraram a existência de diferentes estágios sucessionais. Neste estudo, modelaram experimentalmente diferentes gradientes de nutrientes e salinidade do solo para avaliar o recrutamento das espécies presentes na área de estudo considerada como controle do modelo. Dentre estas, a modelagem interpretou que *Laguncularia racemosa* dominou em solos férteis com baixa salinidade nos estágios iniciais de recuperação do manguezal após uma perturbação, mas sua densidade diminuiu ao longo do tempo, enquanto a densidade de *Avicennia germinans* aumentou. Para os autores, os resultados demonstravam que *L. racemosa* apresentam baixa tolerância à baixa luminosidade. O domínio de *Rhizophora mangle* foi limitado nas regiões com baixa disponibilidade de nutrientes e com baixa salinidade. Já a *A. germinans* dominou nos locais com altas salinidades, onde a disponibilidade de nutrientes foi fator secundário devido à tolerância da espécie ao estresse salino. O estudo confirmou que os fatores abióticos relatados anteriormente estão associados à competição intra-específica e são condicionantes dos padrões estruturais observados, mas ainda assim, questões importantes seguem sem respostas, entre elas a taxa de estabelecimento específica local, a taxa de dispersão, a influência de fatores ambientais sobre o crescimento das árvores e o processo de substituição de espécies pela competição.

O primeiro estudo a fornecer uma maior compreensão de como a perturbação causada pelas forças hidrodinâmicas e associadas à dinâmica sedimentar definem limites para a colonização de *Avicennia* em uma planície de maré foi realizado por BALKE et al., (2011). Compreender quais os limites para o estabelecimento inicial das plântulas de mangue é um passo crítico para o êxito da restauração e gestão de florestas de manguezal, pois irá servir como uma ferramenta de decisão para determinar onde a restauração proativa ou passiva deve ser tentada.

O estudo realizado por BALKE et al., (2011) indicou que o estabelecimento de plântulas de *Avicennia alba* é afetado pelas forças hidrodinâmicas e pela dinâmica de sedimento sendo necessário ultrapassar três etapas para conseguirem se estabelecer com sucesso, sendo elas: os propágulos encalhados precisam de um período livre de inundação para desenvolver rapidamente raízes que são suficientemente compridas para suportar o deslocamento pelas marés encharcadas, (2) as raízes devem tornar-se suficientemente longa para resistir ao deslocamento das plântulas por forças hidrodinâmicas de ondas e correntes, com o comprimento da raiz necessário sendo proporcional à força que precisa para resistir, (3) raízes ainda mais longas são necessárias para sobreviver a eventos de alta energia que causam erosão superficial e pode, assim, induzir o deslocamento das plântulas. Os autores destacam a importância da rápida expansão radicular como sendo descrição fundamental para aquelas consideradas como espécies pioneiros.

THAMPANYA et al., (2002a) demonstraram indiretamente que a colonização como de *Avicennia alba* e *Sonneratia alba* tem maior taxa de sobrevivência em

locais expostos com maior energia hidrodinâmica do que aqueles colonizados por *Rhizophora* sp. Entretanto, GENSAC et al., (2011) destacam que outros fatores, dentro das questões climáticas, geomorfológicas, oceânicas e biológicas precisam ser considerados quando se avaliam os processos de colonização. CLARKE (1995) sintetiza o assunto ao definir que as florestas de mangue, geralmente, consistem de um mosaico de grupos de árvores, cada uma com um histórico de regeneração que depende dos episódios de recrutamento das plântulas de cada espécie.

Estudos avaliando o tamanho do propágulo foi desenvolvido por SOUSA et al., (2003), que ao avaliarem a taxa de estabelecimento de três espécies de plântulas de mangue no Caribe, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*, observaram que estas apresentaram elevada taxa de estabelecimento independente do tamanho destas estruturas reprodutivas. No entanto, relatam que o tamanho dos propágulos teve efeitos significativos no crescimento inicial das plântulas. Esses resultados induzem interpretar que o conteúdo de reserva de cada embrião também passa a ser fator preponderante no sucesso do desenvolvimento da plântula até que atinja sua capacidade de assimilar nutrientes diretamente do solo.

Partindo dessa premissa, DELGADO et al., (2001) sugerem que ambos os fatores, físicos e biológicos, afetam os estágios iniciais do estabelecimento de plântulas de mangue e são importante para determinar a distribuição dos vegetais ao longo da configuração do ambiente. A abundância de propágulos, a dispersão, a flutuabilidade, a sensibilidade à inundação e mecanismos de estresse estão entre esses fatores condicionantes do sucesso do bosque.

Num plano de gestão devemos atentar para as recomendações propostas por BOSIRE et al., (2006) que destacam que a presença de plântulas e jovens é um importante indicador da regeneração natural em uma floresta, mas não é uma garantia de que estes indivíduos serão recrutados para a camada da vegetação de árvores adultas.

Síntese de estudos de crescimento e sobrevivência de plântulas/juvenis

AFFANDI et al., (2010) investigaram os efeitos da sedimentação sobre a produção foliar, crescimento e a sobrevivência de plântulas de *Avicennia alba* na costa leste da Malásia. As análises da taxa de crescimento e sobrevivência foram realizadas em um local de reflorestamento onde a acresção excessiva de sedimento resultou no soterramento de plântulas, e uma área natural, onde a sedimentação não estava ocorrendo, foi monitorada como uma parcela de controle. Os estudos indicaram que as plântulas dos dois locais de monitoramento produziram número de folhas equivalentes, enquanto aquelas que se desenvolveram no local de reflorestamento apresentaram crescimento mais significativo quando comparado com as plântulas do habitat natural. A maior taxa de crescimento no local de reflorestamento pode ser atribuída à maior disponibilidade de luz. Houve uma diferença significante entre a sobrevivência de plântulas no habitat natural e no local de reflorestamento, este apresentando maior taxa. Os resultados obtidos por este estudo reforçam que a disponibilidade de luz e nutrientes está entre os fatores principais que influenciam o estabelecimento e recrutamento de plântulas, conforme já apresentado nos itens anteriores.

Estudos desenvolvidos por ELLISON & FARNSWORTH (1993) mostraram que as plântulas em áreas de clareira tiveram sobrevivência mais elevada, o

crescimento em dobro que nos locais sombreados, produziram mais folhas e sofreram menor taxa de herbivoria.

Além da disponibilidade de luz e nutrientes, MCKEE (1995) também avaliou que o recrutamento e crescimento das plântulas estavam condicionados com a amplitude e a duração de inundação. Estes dois fatores passam a atuar de forma mais intensa após o recrutamento, naquela etapa definida por JIMENEZ et al., (1985) como desenvolvimento inicial do bosque. Avaliando a importância da inundação, MCKEE (1995) destaca que este fator não impacta substancialmente a aeração das raízes em plântulas, mas ao contrário, geram mudanças nos padrões de partição de biomassa ou morfologia que diminui o potencial das espécies para adquirir outros recursos limitantes, como exemplo, nutrientes ou luz. O dreno de energia consiste em aumentar a biomassa de raízes para proporcionar melhor ancoragem o que diminui a produção de estruturas fotossintetizantes.

Experimentos em laboratório e realizados em campo com plântulas de *Avicennia germinans* mostraram que o crescimento e as taxas de sobrevivência aumentaram com a disponibilidade de luz para aquelas que cresceram em locais com baixa salinidade comparadas com os indivíduos em alta salinidade. Os efeitos da salinidade e da luz sobre o tamanho das plântulas e as taxas de crescimento observadas no experimento foram semelhantes aos observados em campo, apesar de outros fatores atuando neste, tais como gradientes de nutrientes, inundação, e herbivoria (HOFFMAN et al., 2007). Estes autores concluíram que as taxas de crescimento e sobrevivência das plântulas não estão associadas, pois o efeito positivo da luz sobre a sobrevivência das plântulas foi mais forte em locais com alta salinidade.

ELLISON & FARNSWORTH (1993) concluíram que a disponibilidade de luz influencia no crescimento e sobrevivência das plântulas de *Rhizophora mangle* e *Avicennia germinans* em Belize, e na realidade, nutrientes e luz são os dois fatores dominantes que definem o desenvolvimento estrutural e a taxa de crescimento em tipos de florestas de terras úmidas. KOCK (1997) mostrou que as plântulas de *R. mangle*, na Flórida, alcançaram a fase jovem em menos de um ano e estima-se que as plântulas sob o dossel fechado levam de 6 para 9 anos para alcançar a fase jovem e conclui que o crescimento de plântulas de *R. mangle* e as taxas de desenvolvimento são dependentes da disponibilidade de luz e nutrientes do solo.

Os solos apresentam importantes propriedades em determinar a altura das árvores, entre estas propriedades está a matéria orgânica, pois seu acúmulo vai melhorar a estrutura do solo e facilitar o crescimento das raízes e decomposição da mesma irá fornecer nutrientes às árvores (MATSUI et al., 2008), assim como a salinidade, que é um dos controladores mais importantes no estabelecimento e desenvolvimento inicial das plantas de mangue e, geralmente, estas alcançam o ótimo crescimento em níveis de baixo a moderado de salinidade (BALL, 2002).

O tamanho dos propágulos teve um efeito significativo sobre o crescimento inicial das plântulas nos experimentos em laboratório e análises de campo realizados por SOUSA et al. (2003). As plântulas que se desenvolveram a partir de propágulos maiores cresceram mais rapidamente. As variações naturais do tamanho dos propágulos e os danos causados na dispersão por insetos mostrou diferenças significativas no desempenho das plântulas em termos de crescimento inicial.

Para compreender a tolerância a baixa temperatura de *A. germinans*, PICKENS & HESTER (2011) avaliaram a sobrevivência e o progresso do desenvolvimento dos três primeiros estágios da história de vida (dispersão, encalhe e os estágios de plântulas) em diferentes temperaturas. As análises de

sobrevivência e mortalidade mostraram que a fase de dispersão teve maior taxa de sobrevivência quando ocorreu em temperaturas baixas o que indicam que essa maior tolerância dos propágulos ao clima frio contribui para a dispersão da espécie até a Louisiana. Tanto temperaturas elevadas quanto baixas apresentam grande impacto sobre o estabelecimento de plântulas (ELLISON, 1998; KRAUSS et al., 2008).

As diferenças genéticas entre as populações da mesma espécie podem indicar a capacidade de maior dispersão entre regiões frias e quentes para a mesma espécie, tendo em vista que sua distribuição no Brasil (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991) está limitada ao norte do Rio de Janeiro. Há uma lacuna no que diz respeito às informações sobre os efeitos da temperatura no crescimento inicial e na fisiologia das plantas de mangue, o que vai limitar as futuras previsões sobre os efeitos das mudanças climáticas nas espécies que habitam o manguezal (KRAUSS et al., 2008). Estes autores acrescentam que futuras pesquisas devem ser realizadas para esclarecer esses mecanismos e para identificar limiares de temperatura de importantes espécies.

Estudos demográficos devem ser conduzidos por um período de pelo menos 10 anos (BOSIRE et al., 2008) para gerar mais informação sobre o desenvolvimento de plântulas e o seu eventual recrutamento para a população adulta. Essa informação é importante para a formulação de planos de gestão do manguezal.

Síntese dos estudos de Mortalidade

AFFANDI et al., (2010) concluíram que a taxa de sedimentação tem forte influência na taxa de mortalidade, nos estudos realizados pelos autores com *A. alba* observaram que acima de 7 cm de soterramento já ocasionava a morte das plântulas. Por outro lado, TAMPANYA et al., (2002) ao estudarem os efeitos do acréscimo de sedimentos sobre as espécies de mangue, seus resultados identificam que alterações nos processos sedimentares resulta na mortalidade tanto de árvores quanto de plântulas.

ELLISON (1998) descreveu 26 casos da literatura sobre o efeito do excesso da entrada de sedimento nos manguezais que causou a mortalidade das árvores devido à asfixia das raízes. Os impactos causados por tal alteração na topografia variou em relação às espécies envolvidas, bem como, em função do tipo e da taxa de sedimentação. Um dos estudos apresentados demonstrou que a sedimentação acima de 10 cm foi capaz de provocar a morte de árvores de *Avicennia*. Obviamente a taxa de mortalidade e o grau de impacto sobre o bosque estão condicionados à velocidade da modificação nos padrões sedimentares, bem como em relação à amplitude de maré local. A altura do pneumatóforo é um aspecto importante de ser levado em consideração, uma vez que a asfixia das raízes está vinculada ao tamanho dos mesmos e densidade de lenticelas tanto nos pneumatóforos quanto nos troncos.

Na pesquisa realizada por ALLEMAN & HESTER (2011) para avaliar os efeitos da sedimentação sobre plântulas de *Avicennia germinans* na Louisiana, os autores encontraram resultados semelhantes à ELLISON (1998), na qual plântulas desta espécie apresentaram tolerância à sedimentação entre zero e 10 cm, e acrescentaram que as plântulas mais velhas, entre 18 e 24 meses de idade, podem conferir uma vantagem em relação as mais jovens, entre 6 e 12 meses, devido à maior biomassa total e reservas metabólica, mais notavelmente em resposta a sedimentação.

O acúmulo acelerado de sedimento pode limitar a ventilação aérea das lenticelas, declinando o processo de aeração das plântulas (TERRADOS et al., 1997). Estes autores demonstraram experimentalmente, que a sedimentação acima de 8 cm pode retardar o crescimento e aumentar a mortalidade de plântulas de *Rhizophora apiculata*. FROMARD (1998) citado por ELLISON (1998) também documentou casos de mortalidade na Guiana Francesa devido à elevada taxa de sedimentação para *Avicennia germinans*.

A alta taxa de mortalidade de propágulos e plântulas pode, eventualmente, ser atribuída a vários fatores ambientais, incluindo a natureza exposta do habitat, hipersalinidade, herbivoria entre outros fatores não mencionados (SAIFULLAH et al., 2007). A taxa de mortalidade, assim como a taxa de recrutamento, em populações naturais de plântulas de *Rhizophora* são altamente variáveis no espaço e tempo, com mortalidade excedendo a taxa de recrutamento (PADILLA et al., 2004) e as taxas de mortalidade diferem com a idade da população de árvores e diminui à medida que as densidades de árvore diminuem (BOSIRE et al., 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão reforça a necessidade de estudos ecológicos sobre a estrutura da população nas florestas de manguezal ao longo do litoral brasileiro. Nossa litoral apresenta uma diversidade geomorfológica interessante na avaliação ecológica dos manguezais, além desta diversidade, onde encontramos bosques de mangue ocorrendo em diversos ambientes costeiros está atrelada a uma ampla distribuição latitudinal colocando os manguezais brasileiros como fonte importante de respostas ecológicas às mudanças climáticas. Passamos de regiões de intensa pluviosidade e macromarés para situações regionais de pluviosidade alta e temperatura ambiental baixa como são nossos extremos de distribuição dos manguezais brasileiros.

Além disso, reforçamos que o desenvolvimento econômico que o País se encontra atualmente está resultando em maior pressão econômica para substituição dos recursos naturais costeiros. Estudos locais e em regiões que estão sujeitas as maiores pressões são necessidades prementes e devem ser desenvolvidos numa escala temporal.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem o apoio do Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA) e aos Gerentes Ambientais do Parque Estadual de Itaúnas onde as pesquisas com dinâmica populacional de manguezal estão sendo realizadas desde 2007 e permitiram a elaboração desta síntese. A primeira autora agradece a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFES pelos dois anos de bolsa de Iniciação Científica e a FAPES pela atual bolsa de mestrado.

As pesquisas de dinâmica populacional tiveram subsídio financeiro dos projetos de pesquisa PPP (FAPES) - Processo Nº 36286770/07 e Universal (CNPq) - Processo Nº 483364/2010-0.

REFERÊNCIAS

ADDEL, Z.; POMEROY, R. **Assessment and management of mangrove ecosystems in developing countries.** Trees, v.16, p.235-238, 2002.

AFFANDI, N. A. M.; KAMALI, B.; ROZAINAH, M. Z.; TAMIN, N. M.; HASHIM, R. **Early growth and survival of *Avicennia alba* seedling under excessive sedimentation.** Sci. Res. Essays, v.5, p.2801-2805, 2010.

AGORAMOORTHY, G.; CHEN, F.; HSU, M. J. **Threat of heavy metal pollution in halophytic and mangrove plants of Tamil Nadu, India.** Environ. Pollut., v.155, p.320-326, 2008.

ALLEMAN, L. K.; HESTER, M. W. **Refinement of the fundamental niche of black mangrove (*Avicennia germinans*) seedlings in Louisiana: Applications for restoration.** Wetlands Ecol Manage, v.19, p.47-60, 2011.

ALONGI, D. M. **Present state and future of the world's mangrove forests.** Environ. Conserv., v.29, p.331-349, 2002.

ALONGI, D. M. **Introduction.** In: ALONGI D. M. Introduction in the energetics of mangrove forests. Springer Science and Business Media B.V., New York, p. 1-6, 2009a.

ALONGI, D. M. **Paradigm Shifts in Mangrove Biology.** In: PERILLO, G. M. E.; WOLANSKI, E.; CAHOON, D. D. R.; BRINSON, M. M. Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach. Elsevier B.V., p. 615-634, 2009b.

ALONGI, D. M.; DE CARVALHO, N. A. **The effect of small-scale logging on stand characteristics and soil biogeochemistry in mangrove forests of Timor Leste.** For. Ecol. Manage., v.255, p.1359-1366, 2008.

BALKE, T.; BOUMA, T. J.; HORSTMAN, E. M.; WEBB, E. L.; ERFTEMEIJER, P. L. A.; HERMAN, P. M. J. **Windows of opportunity: thresholds to mangrove seedling establishment on tidal flats.** Mar. Ecol. Prog. Ser., v.440, p.1-9, 2011.

BALL, M. C. **Ecophysiology of mangroves.** Trees, v.2, p.129-142, 1988.

BALL, M. C. **Interactive effects of salinity and irradiance on growth: implications for mangrove forest structure along salinity gradients.** Trees-Struct. Funct., v.16, p.126-139, 2002.

BERGER, U.; HILDENBRANDT, H. **A new approach to spatially explicit modelling of forest dynamics: spacing, aging and neighbourhood competition of mangrove trees.** Ecol. Model., v.132, p.287-302, 2000.

BOSIRE, J. O.; DAHDOUH-GUEBAS, F.; KAIRO, J. G.; WARTEL, S.; KAZUNGU, J.; KOEDAM, N. **Success rates of recruited tree species and their contribution to the structural development of reforested mangrove stands.** Mar. Ecol. Prog. Ser., v.325, p.85-91, 2006.

BOSIRE, J. O.; KAIRO, J. G.; KAZUNGU, J.; KOEDAM, N.; DAHDOUH-GUEBAS, F. **Spatial and Temporal Regeneration Dynamics in *Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Rob. (Rhizophoraceae) Mangrove Forests in Kenya.** Western Indian Ocean J. Mar. Sci., v.7, p.69–80, 2008.

BRASIL. Medida Provisória nº 571, de 25 de maio de 2012. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 14 de junho de 2013.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 06 de junho de 2013.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 004, de 18 de setembro de 1985. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=21>>. Acesso em: 06 de junho de 2013.

BRASIL. Ministérios do Meio Ambiente. Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965. Brasília, 1965. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=311>>. Acesso em: 14 de junho de 2013.

CALL, B. Y. **Pacific Coast communities confront shrimp.** Report on the Environment, v.36, p.17-47, 2003

CHEN, R.; TWILLEY, R. R. **A gap dynamic model of mangrove forest development along gradients of soil salinity and nutrient resources.** J. Ecol., v.86, p.37-51, 1998.

CLARKE, P. J.; ALLAWAY, W. G. **The regeneration niche of the grey mangrove (*Avicennia marina*): effects of salinity, light and sediment factors on establishment, growth and survival in the field.** Oecologia, v.93, p. 548-556, 1993.

CLARKE, P. J. **The population dynamics of the mangrove shrub *Aegiceras corniculatum* (Myrsinaceae): fecundity, dispersal early growth and population structure.** Proc. Linn. Soc. N. S. W., v.115, p.35–44, 1995.

CLOUGH, B. F. **Primary productivity and growth of mangrove forests.** In: ROBERTSON, A. I.; ALONGI, D. M. Tropical Mangrove Ecosystems. Washington DC, USA: American Geophysical Union, p.225–249, 1992.

DAHDOUH-GUEBAS, F. **The use of remote sensing and GIS in the sustainable management of tropical coastal ecosystems.** Environ, Dev. Sustain., v. 4, p. 93-112, 2002.

DANTAS, R. P.; CABRAL, M. Y. R. **Alterações no código florestal brasileiro e a ameaça a sustentabilidade em manguezais e estuários.** 1º Congresso Brasileiro de Direito e Desenvolvimento: sustentabilidade, integração e desenvolvimento, 2012.

DELGADO, P.; HENSEL, P. F.; JIMÉNEZ, J. A.; DAY, J. W. **The importance of propagule establishment and physical factors in mangrove distributional patterns in a Costa Rican estuary.** Aquat. Bot., v.71, p.157-178, 2001.

DUKE, N. C.; BALL, M. C.; ELLISON, J. C. **Factors influencing the biodiversity and distributional gradients in mangroves.** Glob. Ecol. Biogeogr., v.7, p.27–47, 1998.

DUKE, N. C.; BELL, A. M.; PEDERSEN, D. K.; ROELFSEMA, C. M.; GODSON, L. M.; ZAHMEL, K. N.; MACKENZIE, J.; BENGTON-NASH, S. **Mackay Mangrove Dieback. Investigations in 2002 with recommendations for further research, monitoring and management.** Report to Queensland Department of Primary Industries Northern Fisheries Centre, and the Community of Mackay, pp. 177, 2003.

ELLISON, A. M.; FARNSWORTH, E. J. **Seedling Survivorship, growth, and response to disturbance in Belizean mangal.** Am. J. Bot., v.80, p.1137-1145, 1993.

ELLISON, J. C. **Impacts of Sediment Burial on Mangroves.** Mar. Pollut. Bull., v.37, p.420-426, 1998.

FOURQUREAN, J. W.; SMITH III, T. J.; POSSLEY, J.; COLLINS, T. M.; LEE, D.; NAMOFF, S. **Are mangroves in the tropical Atlantic ripe for invasion? Exotic mangrove trees in the forests of South Florida.** Biol. Invasions, v.12, p.2509–2522, 2010.

GENSAC, E.; LESOURD, S.; GARDEL, A.; ANTHONY, E. J.; PROISY, C.; LOISEL, H. **Short-term prediction of the evolution of mangrove surface areas: The example of the mud banks of Kourou and Sinnamary, French Guiana.** J. Coast. Res., v.64, p.388-392, 2011.

GIRI, C.; OCHIENG, E.; TIESZEN, L. L.; ZHU, Z.; SINGH, A.; LOVELAND, T.; MASEK, J.; DUKE, N. **Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data.** Glob. Ecol. Biogeogr., v.20, p.154-159, 2011.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, M.; FOX, G. A. **Ecologia Vegetal.** 2 Ed. Artmed. Porto Alegre, 2009.

HARUN-OR-RASHID, S.; BISWAS, S. R.; BOCKER, R.; KRUSE, M. **Mangrove community recovery potential after catastrophic disturbances in Bangladesh.** For. Ecol. Manage., v.257, p.923–930, 2009.

HASHIM, R.; KAMALI, B.; TAMIN, N. M.; ZAKARIA, R. **An integrated approach to coastal rehabilitation: Mangrove restoration in Sungai Haji Dorani, Malaysia.** Estuar. Coast. Shelf Sci., v.86, p.118–124, 2010.

HOFFMAN, L. L.; ANTEN, N. P. R.; RAMOS, M. M.; ACKERLY, D. D. **Salinity and light interactively affect neotropical mangrove seedlings at the leaf and whole plant levels.** Oecologia, v.150, p.545–556, 2007.

JIMENEZ, J. A.; LUGO, A. E.; CINTRÓN, G. **Tree mortality in mangrove forests.** Biotropica, v.17, p.177-185, 1985.

KATHIRESAN, K.; BINGHAM, B. L. **Biology of mangroves and mangrove ecosystems.** Adv. Mar. Biol., v.40, p.81–251, 2001.

KITAYA, Y.; JINTANA, V.; PIRIYAYOTHA, S.; JAIJING, D.; YABUKI, K.; IZUTANI, S.; NISHIMIYA, A.; IWASAKI, M. **Early growth of seven mangrove species planted at different elevations in a Thai estuary.** *Trees*, v.16, p.150–154, 2002.

KOCK, M. S. ***Rhizophora mangle L.* seedlings development into the saplings stage across resource and stress gradients in subtropical Florida.** *Biotropica*, v.29, p.427-439, 1997.

KRAUSS, K. W.; LOVELOCK, C. E.; MCKEE, K. L.; HOFFMAN, L. L.; EWE, S. M. L.; SOUSA, W. P. **Environmental drivers in mangrove establishment and early development: A review.** *Aquat. Bot.*, v.89, p.105–127, 2008.

KRISTENSEN, E.; BOUILLON, S.; DITTMAR, T.; MARCHAND, C. **Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review.** *Aquat. Bot.*, v.89, p.201–219, 2008.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**, 1 Ed. Rima Artes e textos, São Carlos, 2000.

LEE, S. Y. **Relationship between mangrove abundance and tropical prawn production: a re-evaluation.** *Mar. Biol.*, v.145, p.943–949, 2004.

LEWIS, R. R. **Mangrove forests.** In: LEWIS, R. R. *Creation and restoration of Coastal Plant Communities*. CRC Press, Boca Raton, Flórida, p. 154-171, 1982.

LUGO, A. E. **Mangrove Ecosystems: Successional or Steady State?** *Biotropica*, v.12, p.65-72, 1980.

LUGO, A. E. **Mangroves of the Pacific Islands: Research Opportunities.** Pacific Southwest Research Station, p.1-13, 1990.

LUGO, A. E. **Old-growth mangrove forests in the United States.** *Conserv. Biol.*, v.11, p.11–20, 1997.

LUGO, A. E.; SNEDAKER, S. C. **The ecology of mangroves.** *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, v.5, p.39-64, 1974.

MATSUI, N.; SUEKUNI, J.; HAVANOND, S.; NISHIMIYA, A.; YANAI, J.; KOSAKI, T. **Determination of soil-related factors controlling initial mangrove (*Rhizophora apiculata* BL.) growth in an abandoned shrimp pond.** *Soil Sci. Plant Nutr.*, v.54, p.301–309, 2008.

MCKEE, K. L. **Seedling recruitment patterns in a Belizean mangrove forest: effects of establishment ability and physico-chemical factors.** *Oecologia*, v.101, p.448–262 460, 1995.

MCLUSKY, D.S.; ELLIOTT, M. **Methods for studying human-induced changes in estuaries.** In: MCLUSKY, D. S.; ELLIOTT, M. *The Estuarine Ecosystem Ecology, Threats, and management*. 3 Ed. Oxford University Press, p. 137-156, 2004.

PADILLA, C.; FORTES, M. D.; DUARTE, C. M.; TERRADOS, J.; KAMPA-NIELSEN, L. **Recruitment, mortality and growth of mangrove (*Rhizophora* sp.) seedlings in Ulugan Bay, Palawan, Philippines.** *Trees*, v.18, p.589-595, 2004.

PICKENS, C. N.; HESTER, M. W. **Temperature Tolerance of Early Life History Stages of Black Mangrove *Avicennia germinans*: Implications for Range Expansion.** *Estuaries Coasts*, v.34 p.824–830, 2011.

RIVERA-MONROY, V. H.; TWILLEY, R. R.; BONE, D.; CHILDERS, D. L.; CORONADOMOLINA, C.; FELLER, I. C.; HERRERA-SILVEIRA, J.; JAFFE, R.; MANCERA, E.; REJMANKOVA, E.; SALISBURY, J. E.; WEIL, E. **A Conceptual Framework to Develop Long-Term Ecological Research and Management Objectives in the Wider Caribbean Region.** *BioScience*, v.54, p.843-856, 2004.

SAIFULLAH, S. M.; CHAGHTAI, F.; AKHTAR, S. **Dispersal and establishment of mangrove propagules in an exposed coastal habitat of indus delta.** *Pak. J. Bot.*, v.39, p.577-582, 2007.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezais brasileiros.** Tese de Livre Docência, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil, 42p, 1991.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M. L.; DE-ROSA, M. M. P .T. **Brazilian Mangroves.** *Aquat. Ecosyst. Health Manag.*, v. 3, p. 561-570, 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; ROVAI, A. S.; COELHO-JR, C.; MENGHINI, R. P.; ALMEIDA, R. **Alguns impactos do PL 30/2011 sobre os Manguezais brasileiros.** Código Florestal e a Ciência: o que nossos legisladores ainda precisam saber. Comitê Brasil. Brasília-DF, p. 18-27, 2012.

SOARES, M. L. G.; CHAVES, F. O.; CORREA, F. M.; SILVA, JR. C. M. G. **Diversidade Estrutural de Bosques de Mangue e sua Relação com Distúrbios de Origem Antrópica: o caso da Baia de Guanabara (Rio de Janeiro).** Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v.26, p.101-116, 2003.

SOUSA, W. P.; KENNEDY, P. G.; MITCHELL, B. J. **Propagule size and predispersal damage by insects affect establishment and early growth of mangrove seedlings.** *Oecologia*, v.135, p.564–575, 2003.

SOUZA, M. M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **Variação temporal da estrutura dos bosques de mangue de Suape - PE após a construção do porto.** *Acta Bot. Bras.*, v. 15, p.1-12, 2001.

SPALDING, M.; KAINUMA, M.; COLLINS, L. **World Atlas of Mangroves.** 2 Ed. Earthscan, 2010.

TERRADOS, J.; TAMPAHNYA, U.; SRICHAI, N.; KHEOWVONGSRI, P.; GEERTZ-HANZEN, O.; BORROMTHANARATH, S.; PANAPITUKKUL, N.; DUARTE, C. M. **The effect of increased sediment accretion on the survival and growth of *Rhizophora apiculata* seedlings.** *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, v.45, p.697-701, 1997.

THAMPANYA, U.; VERMAAT, J. E.; TERRADOS, J. **The effect of increasing sediment accretion on the seedlings of three common Thai mangrove species.** Aquat. Bot., v.74, p.315–325, 2002.

TOMLINSON, P. B. **The Botany of Mangroves.** 1 Ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1986.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia.** 3 Ed. Artmed, Porto Alegre, 2010.

UPADHYAY, V. P.; MISHRA, P. K. **Populations status of mangrove species in estuarine regions of Orissa coast, India.** Trop. Ecol., v.49, p.183-188, 2008.

VALIELA, I.; BOWEN, J. L.; YORK, J. K. **Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments.** BioScience, v.51, p.807-815, 2001.

WATANABE, S. **Glossário de Ecologia.** 2 Ed. Academia de Ciências do Estado de São Paulo (ACIESP), São Paulo, 1997.

WOODROFFE, C. **Mangrove sediments and geomorphology.** In: ROBERTSON, A. I.; ALONGI, D. M. Tropical mangrove ecosystems. American Geophysical Union, Washington, pp 7–41, 1992.