

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E GESTÃO
AMBIENTAL**

JORGEANA DE ALMEIDA JORGE BENEVIDES

**MONITORAMENTO FENOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO
AMBIENTAL NO MANGUE DE ACARAÚ - CEARÁ**

FORTALEZA- CE

2018

JORGEANA DE ALMEIDA JORGE BENEVIDES

**MONITORAMENTO FENOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO
AMBIENTAL NO MANGUE DE ACARAÚ - CEARÁ**

Dissertação submetida à Coordenação do curso de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Orientadora: Prof(a). Dra. Rafaela Camargo Maia.

Coorientadora: Prof(a) Titular Dra. Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral

FORTALEZA-CE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B461m Benevides, Jorgeana de Almeida Jorge.
Monitoramento Fenológico para Avaliação de Impacto Ambiental no Mangue de Acaraú - Ceará /
Jorgeana de Almeida Jorge Benevides. - 2018.
78 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental,
Campus Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Rafaela Camargo Maia .

Coorientação: Prof. Dr. Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral.

1. Fenologia . 2. Mangue. 3. Flora. 4. Pressão Antrópica. I. Título.

CDD 628

JORGEANA DE ALMEIDA JORGE BENEVIDES

**MONITORAMENTO FENOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO
AMBIENTAL NO MANGUE DE ACARAÚ - CEARÁ**

Dissertação submetida à Coordenação do curso de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof (a). Dra. Rafaela Camargo Maia (Orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof (a). Titular Dra. Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral (Coorientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Amilcar Walter Saporetti Junior
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof (a). Titular Dra. Rita Mickaela Barros de Andrade
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Ao Senhor de toda a glória.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor, meu castelo forte, a minha eterna gratidão. Dele vem a minha força e conhecimento.

Ao meu esposo Edilberto que não me permitiu esmorecer quando as pedras começaram a aparecer no meu caminho ou mesmo quando a escalada ficou mais íngreme. Essa conquista também é sua, meu amor. Obrigada aos meus meninos lindos por compreender a minha ausência. Amo vocês.

Ao meu pai (*in memoriam*) e minha mãe pelo investimento na educação formal dos filhos. Reconheço os sacrifícios passados para nos dar as melhores oportunidades, mas o melhor mesmo foi tê-los como pais e exemplos de vida.

A minha orientadora pela pessoa querida e profissional que é. Obrigada pela paciência, conhecimentos compartilhados, incentivo e parceria. Devo muito a você. A professora Nájila que se disponibilizou a nos auxiliar a superar os obstáculos que apareceram durante a caminhada. A senhora em um exemplo para todos os seus alunos.

Ao grupo Ecoflora manguezal, em especial as minhas companheiras de coleta Mayara, Rosemércia, Tamirys, Hélica e Mariana. Sem vocês este trabalho não seria possível.

À banca que de pronto aceitou ao nosso convite. As contribuições de vocês enriqueceram mais ainda este trabalho.

Ao IFCE, *campus* Acaraú, pelos professores empenhados, pela estrutura e por estar sempre lutando pela excelência em educação no interior do Estado. A professora Ingrid H'Oara que enriqueceu este trabalho com os seus esclarecimentos e dedicação. Sempre grata a você.

A todos os professores do programa PGTGA pela dedicação em transmitir o conhecimento nessa profissão que é tão desvalorizada; me espelho em vocês. Os meus amados colegas de turma que tornaram esta fase da minha vida mais especial. Vocês são incríveis.

E a todos que ficaram ausentes desta lista, mas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho, meu muito obrigada!

RESUMO

Os manguezais estão dentre os ecossistemas mais produtivos do planeta e sofrem progressivas alterações ambientais, devido às pressões antrópicas. O presente estudo foi realizado em quatro áreas estuarinas em Acaraú, Ceará, objetivando analisar o comportamento fenológico e de produtividade dos componentes reprodutivos de três espécies de mangue em diferentes áreas sujeitas a diferentes tipos de impactos ambientais (resíduos sólidos, desmatamento e efluentes da carcinicultura) e uma área de baixo impacto. A fim de se caracterizar os padrões fenológicos foi realizada observação direta, registrando-se a presença e intensidade da floração e frutificação. Considerando a produção de flores e frutos dos indivíduos monitorados, foi possível observar que as três espécies em estudo *Avicennia* spp, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* apresentaram comportamentos distintos de atividade e intensidade para as fenofases reprodutivas. A produtividade de flores e frutos foi afetada de forma mais intensa pelos tensores resíduos sólidos e desmatamento, apresentando por consequência uma produtividade inferior à das outras áreas avaliadas. A área de carcinicultura se destacou quanto a produtividade de frutos. A produtividade da fração flor foi maior na área de baixo impacto. Os fatores abióticos como pluviosidade e salinidade parecem exercer maior força seletiva quando as espécies estão sujeitas a algum tipo de impacto antrópico. Os resultados do monitoramento demonstraram que as metodologias utilizadas para obtenção dos dados de fenologia mostraram-se mais eficazes quando empregadas em conjunto, uma vez que estas fornecem informações distintas e complementares sobre o comportamento reprodutivo vegetal. Já em relação à produtividade, sugere-se que a metodologia seja mais criteriosa evitando assim perda de informações relevantes. Recomenda-se um monitoramento a longo prazo em áreas sob influência antrópica negativa para melhor compreensão dos efeitos destes tensores sobre a flora de mangue.

Palavras-chave: Fenologia. Mangue. Flora. Pressão antrópica.

ABSTRACT

Mangroves are among the most productive ecosystems on the planet and undergo progressive environmental changes due to anthropic pressures. The present study was carried out in four estuarine areas in Acaraú, Ceará, Brazil, aiming to analyze the phenological and productivity behavior of the reproductive components of three mangrove species in different areas subject to different environmental impacts (solid waste, deforestation and shrimp effluent) and a low impact area. In order to characterize the phenological patterns, a direct observation was made, registering the presence and intensity of flowering and fruiting. Considering the production of flowers and fruits of the monitored individuals, it was possible to observe that the three species *Avicennia* spp, *Laguncularia racemosa* and *Rhizophora mangle* presented different activity and intensity behaviors for the reproductive phenophases. Fruit and fruit yields were more strongly affected by solid waste and deforestation tensors, resulting in a productivity lower than the other evaluated areas. The shrimp farming area stood out in terms of fruit yield. The yield of the flower fraction was higher in the low impact area. Abiotic factors such as rainfall and salinity seem to exert more selective force when species are subject to some kind of anthropic impact. The results of the monitoring showed that the methodologies used to obtain the phenology data were more effective when used together since they provide different and complementary information on the vegetal reproductive behavior. Regarding productivity, it is suggested that the methodology be more careful, thus avoiding loss of relevant information. Long-term monitoring in areas under negative anthropogenic influence is recommended to better understand the effects of these tensors on mangrove flora.

Keywords: Phenology. Mangrove. Flora. Antropic pressure.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estruturas reprodutivas das espécies estudadas. Legenda: A, D – flor e fruto de <i>Rhizophora mangle</i> ; B, E – flor e fruto de <i>Avicennia</i> spp.; C, F – flor e fruto de <i>Laguncularia racemosa</i>	20
Figura 2 - Mapa com a localização das áreas de estudo, Acaraú, Brasil. Em destaque os pontos de coleta nos manguezais analisados. Fonte: Google Earth, adaptado pela autora. Legenda: A – baixo impacto; B – carcinicultura; C – resíduos sólidos; D – desmatamento.....	28
Figura 3 - Imagens das quatro áreas selecionadas para estudo.....	29
Figura 4 - Indivíduo marcado para acompanhamento fenológico. Área de baixo impacto.	31
Figura 5 - Instalação das cestas paralelas a cada 10 metros. Fonte: Viana, 2016.....	33
Figura 6 - Temperatura média do ar registrada nas quatro áreas de coleta durante os meses de estudo. Legendas: BI – baixo impacto; CARC – carcinicultura; RES – resíduos sólidos; DESM – desmatamento.....	35
Figura 7 - Relação entre os valores mensais de salinidade nas áreas de baixo impacto (BI), carcinicultura (CARC), resíduos sólidos (RES) e desmatamento (DESM) e o total de chuvas acumulado (mm) entre abril de 2015 e abril de 2016. A barra refere-se à pluviosidade na região de estudo e as linhas as taxas de salinidade nas quatro áreas....	36
Figura 8 - Índice de Atividade (ou porcentagem de indivíduos) por espécie e por áreas para a fenofase FLOR em manguezais estuarinos do Rio Acaraú, Ceará. Legenda: A - Índice de Floração de <i>Avicennia</i> spp.; B - Índice de Floração de <i>L. racemosa</i> ; C - Índice de Floração de <i>R. mangle</i> . As áreas hachuradas indicam os meses chuvosos durante o período de estudo.....	38
Figura 9 - Índice de Atividade (ou porcentagem de indivíduos) por espécie e por áreas para a fenofase FRUTO em manguezais estuarinos do Rio Acaraú, Ceará. Legenda: A - Índice de Frutificação de <i>Avicennia</i> spp.; B - Índice de Frutificação de <i>L. racemosa</i> ; C - Índice de Frutificação de <i>R. mangle</i> . As áreas hachuradas indicam os meses chuvosos durante o período de estudo.....	41
Figura 10 - Índices de Intensidade para floração e frutificação nas áreas de baixo impacto (A), carcinicultura (B). As barras representam a fenofase floração (Fl) e as linhas a fenofase frutificação (Fr). Av: <i>Avicennia</i> , Lg: <i>Laguncularia</i> e Rh: <i>Rhizophora</i>	44

Figura 11 - Índices de Intensidade para floração e frutificação nas áreas de resíduos sólidos (A) e desmatamento (B). As barras representam a fenofase floração (Fl) e as linhas a fenofase frutificação (Fr). Av: <i>Avicennia</i> , Lg: <i>Laguncularia</i> e Rh: <i>Rhizophora</i>	45
Figura 12 - Fenogramas com percentuais de intensidade de floração (A) e frutificação (B) nas áreas de baixo impacto (BI), de carcinicultura (CARC), de resíduos sólidos (RES) e desmatamento (DESM). Legendas: Av/Fl – <i>Avicennia</i> spp, floração; Lg/Fl – <i>Laguncularia racemosa</i> /floração; <i>Rhizophora mangle</i> /floração; Av/Fr – <i>Avicennia</i> spp, frutificação; Lg/Fr – <i>Laguncularia racemosa</i> /frutificação; <i>Rhizophora mangle</i> /frutificação.....	47
Figura 13 - Relação entre os índices de atividade (floração e frutificação) e a pluviosidade nas áreas de estudo. Legenda: Floração – A; Frutificação – B.....	51
Figura 14 - Relação entre os índices de atividade (floração) e a salinidade nas áreas de estudo. Baixo Impacto – A; Carcinicultura – B; Resíduos Sólidos – C; Desmatamento – D.....	52
Figura 15 - Relação entre os índices de atividade (frutificação) e a salinidade nas áreas de estudo. Baixo Impacto – A; Carcinicultura – B; Resíduos Sólidos – C; Desmatamento – D.....	52
Figura 16 - Média $\pm$ erro padrão da produção total das frações flor e fruto nas quatro áreas ao longo do ano. Letras diferentes indicam diferenças significativas de acordo com o teste <i>Tukey</i>	55
Figura 17 - Média $\pm$ erro padrão da produção da fração flor nas quatro áreas ao longo do ano. Letras diferentes indicam diferenças significativas de acordo com o teste <i>Tukey</i> ..	56
Figura 18 - Média $\pm$ erro padrão da produção da fração fruto nas quatro áreas ao longo do ano. Letras diferentes indicam diferenças significativas de acordo com o teste <i>Tukey</i>	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de sincronismo	32
Tabela 2 - Percentual de Intensidade de Fournier	32
Tabela 3 - Resultado da Análise de Correlação entre as fenofases reprodutivas e os dados abióticos (umidade, salinidade, temperatura do ar e pluviosidade) nas quatro áreas estudadas. Os valores em negrito indicam correlações significativas ($p < 0,05$). Legenda: Baixo Impacto – BI; Carcinicultura – CARC; Resíduos Sólidos – RES; Desmatamento – DESM	50
Tabela 4 - Resultados da Análise de Variância <i>two way</i> comparando a produção total das frações reprodutivas (flor e fruto) e os meses de amostragem nos ambientes estudados. Valores em negrito indicam diferenças significativas ($p < 0,05$)	54
Tabela 5 - Resultados da Análise de Variância <i>two way</i> comparando a produção total de flor e os meses de amostragem nos ambientes estudados. Valores em negrito indicam diferenças significativas ($p < 0,05$)	55
Tabela 6 - Resultados da Análise de Variância <i>two way</i> comparando a produção total do fruto e os meses de amostragem nos ambientes estudados. Valores em negrito indicam diferenças significativas ($p < 0,05$)	57
Tabela 7 - Resultados das Análises de Correlações entre os dados abióticos e as produtividades das frações reprodutivas das espécies por área. Os valores em negrito indicam correlação significativa ($p < 0,05$). Legenda: Baixo Impacto – BI; Carcinicultura – CARC; Resíduos Sólidos – RES; Desmatamento – DESM	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 O Manguezal	17
2.1.1 Flora lenhosa do Manguezal	18
2.1.1.1 <i>Rhizophora mangle</i> L.	18
2.1.1.2 <i>Avicennia</i> spp.	19
2.1.1.3 <i>Laguncularia racemosa</i> (L) C. F. Gaertn.....	20
2.2 Fenologia reprodutiva das espécies de mangue	21
2.3 Produtividade de flores e propágulos de mangue	22
2.4 Impactos sobre o ecossistema Manguezal	24
2.5 Legislação ambiental para o ecossistema Manguezal	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Caracterização das áreas estudadas	29
3.2 Metodologia	31
3.2.1 Índice de Intensidade de Fournier e Índice de Atividade	31
3.2.2 Produtividade das frações reprodutivas da serapilheira	34
3.2.3 Análise dos dados	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1 Variáveis ambientais nas áreas de estudo	36
4.2 Padrões de fenológicos reprodutivos das espécies de mangue	37
4.2.1 Índice de Atividade para floração	38
4.2.2 Índice de Atividade para frutificação	41
4.2.3 Resposta do comportamento fenológico entre áreas	43
4.2.4 Percentual de Intensidade da floração e frutificação	45
4.2.5 Relação entre os dados abióticos e os padrões de floração e frutificação	49
4.3 Produtividade de estruturas reprodutivas de porções de serapilheira	53
5 CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

O mangue é uma vegetação que se encontra em áreas de transição entre os ambientes terrestre e marinho. Por se encontrar numa faixa com solos azonais, as espécies que se desenvolvem nesse ecossistema apresentam uma série de adaptações como raízes aéreas, glândulas excretoras de sal nas folhas e viviparidade que as permitem se estabelecer com sucesso nesse ambiente halofítico (PARIDA; JHA, 2010). Variações na salinidade e no regime de marés, substrato inconsolidado e pouco oxigenado são alguns dos estresses diários enfrentados (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

Os manguezais estão cada vez mais sujeitos a degradação por conta das atividades humanas (TOMLINSON, 1994; ALMEIDA; RIBEIRO, 2009; CARVALHO; FONTES, 2007; NASCIMENTO et al., 2007; COURRAT, 2009) e o monitoramento ambiental apresenta-se como uma ferramenta viável neste contexto, tendo em vista que o acompanhamento sistemático do panorama ecológico permite a reavaliação de políticas públicas visando a recuperação e melhoria da qualidade ambiental.

O despejo de resíduos sólidos urbanos, por exemplo, representa um grave problema ambiental. O descarte desse material costuma se concentrar em áreas estuarinas ou em águas marinhas costeiras. Essa prática acaba interferindo na estrutura, fisiologia e biodiversidade desse ecossistema (ARAÚJO; COSTA, 2007). Além disso, o avanço progressivo da especulação imobiliária sobre as áreas costeiras também se configura como um tensor e uma das consequências é o desmatamento. Em estudos realizados por Silva et al. (2004) e Oliveira (2005) em manguezais desmatados, observou-se que a retirada de madeira pode alterar os valores de produtividade, uma vez que modifica a estrutura e a composição florística. Meireles et al. (2007) também apontam a carcinicultura como uma das maiores razões para a degradação do manguezal, resultantes das mudanças na drenagem do rio, construção de barreiras e contaminação por patógenos, compostos químicos, resíduos alimentares e fertilizantes lançados nos tanques e descarregados no manguezal (ALLONGI, 2002).

Segundo estudo realizado pelo IBAMA (2005) o ecossistema manguezal da região estuarina do Rio Acaraú apresenta-se em estágio crítico de degradação. Resultados obtidos no estudo de Souza (2016) mostram um grande acúmulo de resíduos sólidos oriundos de embarcações pesqueiras no manguezal. A pesquisa também ressalta

que o lixo pode influenciar na estrutura e o funcionamento do manguezal, uma vez que este material acaba se fixando em áreas com maior densidade de mangue em estágio juvenil, podendo interferir no desenvolvimento vegetal e elevar as taxas de mortalidade (SOUZA, 2016).

De acordo com trabalho realizado por Paula et al. (2016) nesta mesma área, foi constatado o corte do mangue e disposição de lixo em toda a área de estudo. Em resposta a isso, os resultados observados foram alterações nos padrões de zonação das comunidades florísticas, estrutura, densidade e ocorrência de espécies típicas do ecossistema. Ainda nesta região, Paula (2015) observou que os bosques de mangue estão estruturalmente bem desenvolvidos, no entanto, foi percebido o baixo número de plântulas o que pode ser um indicativo de que essas áreas não estão recolonizando. A médio prazo, essa alteração pode levar a perda de áreas e extinções locais (PAULA, 2015).

A eliminação de trechos de floresta pode causar a perda de habitat para juvenis (COURRAT, 2009) e extinção de certas espécies por meio de mudanças em características do habitat como o microclima, a perda de indivíduos reprodutivos da população, comprometimento nas relações ecológicas com outras espécies, polinizadores, por exemplo, e outras que podem afetar a capacidade de sobrevivência (RANKIN-DE-MERONA; ACKERLY, 1987).

Diversos estudos em ecossistemas em todo o mundo têm descrito as tendências fenológicas em plantas (MENZEL, 2006; MORELLATO, 2008; ALONGI, 2008; ELLISON, 2012). Essas pesquisas assinalam que a reprodução e o desenvolvimento vegetal podem ser influenciados pela sazonalidade climática, precipitação, temperatura, luz (irradiação, fotoperíodo) e fatores bióticos como competição entre polinizadores e dispersores. E segundo Ellison (2012), impactos ambientais que levem a mudanças climáticas, em longo prazo, também afetam os padrões fenológicos nas espécies vegetais em nível intraespecífico.

Dentro deste contexto, a fenologia colabora para a compreensão dos padrões reprodutivos e processos de regeneração, da distribuição temporal dos recursos dentro das comunidades e as interações planta-animal (herbívoros, polinizadores e dispersores) (MORELLATO 1991, VAN SCHAIK et al., 1993, MORELLATO; LEITÃO-FILHO 1992, 1996).

O comportamento fenológico reprodutivo e seus padrões nos ecossistemas é de grande importância dentro dos estudos ecológicos (WANG-ONDU et al., 2013),

podendo ser aplicados nos programas de conservação e biodiversidade (MANTOVANI et al., 2003; SANTOS; TAKAKI, 2005, LINS; NASCIMENTO, 2010). Uma vez que os eventos biológicos, como floração e frutificação, interferem nos mecanismos microevolutivos afetando a diferenciação das populações (MAZZA et al., 2011). Newstrom et al. (1994a) ressaltam a importância de se escolher métodos de avaliação e representação adequados para não dificultar o reconhecimento desses padrões.

Trabalhos envolvendo direta ou indiretamente estudos fenológicos têm aumentado nos últimos anos (BENCKE, MORELLATO, 2002a). No entanto, aqueles envolvendo a fenologia reprodutiva de mangue ainda são incipientes (NADIA, 2009) e na região de Acaraú são inexistentes. Outro ponto a ser considerado é a heterogeneidade destes estudos em manguezal resultando numa falta de padronização tanto de termos quanto de métodos utilizados durante a coleta e análise de dados comprometendo assim a interpretação e comparação dos resultados (BENCKE, MORELLATO, 2002a).

Pesquisas nesse sentido permitirão um melhor entendimento da dinâmica entre as espécies da comunidade de mangue e servirão como subsídio para futuras intervenções na tentativa de recuperação das áreas impactadas. Informações sobre o comportamento fenológico podem ser utilizadas como instrumento na construção de projetos de conservação de recursos naturais uma vez que estes dados são relevantes para a seleção de matrizes para coleta de sementes e sobre interações entre planta-animal. Neste contexto, o presente trabalho visa analisar o comportamento fenológico de mangue, considerando o grau de perturbação antrópica nesse ambiente estuarino.

Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o comportamento fenológico do mangue, considerando um ambiente estuarino.

1.1.2 Objetivos específicos

Monitorar o padrão fenológico de floração e frutificação de espécies de mangue sujeitas a diferentes tipos de impactos ambientais (acúmulo de resíduos sólidos, efeitos do desmatamento e da carcinicultura) e compará-la com um bosque com baixo grau de perturbação ambiental.

Caracterizar o padrão de floração e frutificação das espécies *Rhizophora mangle*, *Avicennia* spp. e *Laguncularia racemosa*;

Estimar a produção de flores e frutos da serapilheira de manguezais no estuário do rio Acaraú/CE;

Relacionar o comportamento fenológico reprodutivo aos fatores abióticos como temperatura, salinidade e pluviosidade das áreas amostradas ao de um ano;

1 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Manguezal

O manguezal é um importante ecossistema de transição ao longo das costas tropicais e subtropicais (KRUG et al., 2007) sujeito a constantes inundações por ações das marés, constituindo uma porção de terra sob influência do ambiente marinho (BINGHAM, 2001; LACERDA, 2002; KATHIRESAN; PASCOALINI et al., 2014).

Configura-se em um dos ecossistemas mais produtivos do planeta (DONATO, 2011; WANG-ONDU et al., 2013) e promovem uma variedade de produtos e serviços ecossistêmicos. Este conceito pode ser entendido como os benefícios diretos ou indiretos promovidos pelos ecossistemas para usufruto humano e seu bem-estar (HAINES-YOUNG; POTSCHIN, 2013; COSTANZA et al., 2014). Dentre estes serviços está o papel de sumidouro de compostos químicos dissolvidos ou suspensos na água (*e.g.* fertilizantes, pesticidas) removidos em resposta a ação das marés e dos organismos associados às raízes dos mangues. Este ecossistema apresenta também uma importante função na manutenção de estoques pesqueiros e da biodiversidade marinha atuando como abrigo para reprodução e alimentação de espécies (*e.g.* cracas, caranguejos, camarões); bem como mantém populações de animais residentes como mexilhões e ostras. Esta matéria orgânica enriquecida com fungos e bactérias é então exportada para áreas vizinhas servindo de base da cadeia alimentar destes ambientes (MAIA; COUTINHO, 2012).

De acordo com Schaeffer-Novelli (2002), o ecossistema manguezal pode ser compartimentado em salgados, apicuns e florestas de mangue propriamente ditos. Os salgados e apicuns são ambientes halomórficos (ALBUQUERQUE et al., 2015) formados em resposta a ação dos processos hidrodinâmicos e pela interação com ecossistemas vizinhos (HADLICH et al., 2009). Os apicuns estão sempre associados aos manguezais (HADLICH; UCHA, 2009). Estes podem ser encontrados tanto em regiões entremarés superior e sofrem inundações apenas nas marés de sizígia (PELLEGRINI, 2000), como também ocorrer na porção mais externa do manguezal e raramente em pleno interior do bosque (SCHAEFFER- NOVELLI, 2002). Tecnicamente são desprovidos de vegetação vascular, mas podem apresentar uma vegetação rasteira (PELLEGRINI, 2000; PROUST, 2001). Santos (2005) define os salgados como marismas tropicais hipersalinos (pode-se ter salinidades de solo entre 100 e 150 partes

por mil). São áreas onde a vegetação arbórea está ausente, mas pode contar com a presença de arbustos e herbáceas halófitas, que são as predominantes neste ambiente (ALBUQUERQUE et al., 2015).

O manguezal possui uma vegetação que apresenta adaptações para a flutuação da salinidade, fixação em substrato inconsolidado e com baixo nível de oxigênio (LACERDA, 2002; SCHAEFFER-NOVELLI, 1995, MADI et al., 2016).

Em estudos realizados por Alongi (2002) em diversos manguezais pelo mundo, demonstrou que devido as pressões antropogênicas, áreas de manguezais estão sendo perdidas numa proporção quatro vezes maior do que as de florestas tropicais anualmente.

Em vista disso, muitas pesquisas têm sido realizadas visando à regeneração ou a restauração deste ecossistema (ELLISON, 2000; SOUZA; SAMPAIO, 2001). Contudo, trabalhos de monitoramento com enfoque fenológico são poucos embora acredite-se que as respostas fenológicas das plantas desse ecossistema frente aos impactos antrópicos podem fornecer novos conhecimentos para a conservação do manguezal (NADIA et al., 2012).

2.1.1 Flora lenhosa do Manguezal

O manguezal é constituído por uma vegetação própria conhecida como mangue e abrange poucas espécies (NADIA, 2009).

O Brasil destaca-se no cenário mundial por ser o terceiro maior país em área de manguezais e segundo maior em extensão (13.400km²) de áreas de manguezal no mundo (GIRI et al., 2011; NADIA; MORELLATO; MACHADO, 2012). Existe cerca de 55 espécies de plantas de mangue e 20 gêneros (NADIA; MACHADO, 2014a) sendo 17 exclusivas desse ambiente (SEMACE, 2006).

Nos manguezais brasileiros há ocorrência de sete espécies de “mangue verdadeiro”, dentre elas a: *Rhizophora mangle* L., *R. harrisonii*, *Avicennia schaeuriana* Stapf and Leechm. ex Moldenke e *Avicennia germinans* (L.) Stearn e *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn (LACERDA, 2002; LI et al., 2016; DE ALVARENGA; BOTOSSO; SOFFIATTI, 2017) e *Conocarpus erectus* L. (LACERDA, 2002). Além destas ocorrem outros gêneros associados como – *Hibiscus*, *Spartina*, *Sesuvium*, *Acrosticum* (BERNINI; REZENDE, 2010; LACERDA, 2002; MATNI et al., 2006) etc. Contudo, a depender da região, algumas espécies podem ser pouco expressivas ou até

mesmo serem ausentes (LABOMAR, 2005). Isso pode se dar em decorrência do tamanho da região estuarina e de suas características ambientais como relevo, salinidade, etc.

No Ceará podem ser encontradas as espécies arbóreas *R. mangle*, *A. germinans*, *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *C. erectus* (MAIA; COUTINHO, 2012; MAIA, 2016).

2.1.1.1 *Rhizophora mangle* L

Da família Rhizophoraceae, *R. mangle* L. (mangue vermelho) ultrapassa os 10m de altura em bosques maduros (SCHAEFFER-NOVELLI, 1994). É encontrada em locais com grande influência do fluxo de marés, onde ocorre maior probabilidade de inundações ocupando assim tanto um gradiente de maré baixa e altos índices de insolação como margens de marés mais altas e sombreadas (SILVA; MARTINS; CAVALHEIRO, 2010). Esta espécie se desenvolve melhor em áreas com presença de água no sedimento e presença de sal em torno de 50ppm (SCHAEFFER-NOVELLI, 1994).

São dotados de ramos caulinares especiais (rizóforos) com geotropismo positivo que auxiliam as raízes verdadeiras na estabilidade do vegetal em solos pantanosos (MENEZES, 2006). Possui caule de casca fina e madeira vermelha devido a grande reserva de tanino (OLMOS; SILVA; SILVA, 2003).

As flores tetrâmeras de ovário bilocular possuem coloração branca ou branca-amarelada (FIGURA 1A) disposta na base de um disco carnosos (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1984; TOMLINSON, 1994). Esta planta produz sementes vivíparas (nomeadas neste trabalho como propágulos) que se assemelham a um bastão sem lenticelas conspícuas que variam de 15 a 20 centímetros de comprimento. A germinação que ocorre com o propágulo (FIGURA 1D) ainda preso a planta mãe, pode se estender de 8 a 13 meses (STEVELY; RABINOWITZ, 1982; TOMLINSON, 1994). Quando se desprende, o propágulo tende a fixar-se no solo lamoso ou é levado pela correnteza para fixação em outras áreas (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1984; DE RYCK et al., 2012). E como na maioria dos propágulos de mangue eles são hidrocóricos (DE RYCK et al., 2012). Contudo, essa dispersão não acontece de forma uniforme já que depende da interação entre diversos fatores externos (topografia, complexo de raízes aéreas, estrutura do manguezal, predadores) e características de cada propágulo (flutuabilidade, tamanho, peso, forma, etc).

2.1.1.2 *Avicennia* spp.

O mangue preto é uma espécie arbórea da família Acanthaceae que pode atingir até 20m (OLMOS; SILVA; SILVA, 2003). As espécies brasileiras *A. schaeuriana* e *A. germinans* são dotadas de raízes adaptadas para a absorção de oxigênio (pneumatóforos) e glândulas de sal nas folhas para controle osmótico (SILVA; MARTINS; CAVALHEIRO, 2010).

As flores são de um branco cremoso (FIGURA 1B) protândricas, bissexuadas, com cinco pétalas e cinco dialissépalas (NADIA; MENEZES; MACHADO, 2013). Não existe disco nectarífero nas flores de *A. schaueriana* (LI et al., 2016). As flores das duas espécies variam em relação a pilosidade e tamanho (TOMLINSON, 1994). Os pequenos propágulos vivíparos (FIGURA 1E) tanto podem se estabelecer no sedimento ao cair da planta mãe ou serem carregados pela correnteza (STEVELY; RABINOWITZ, 1982).

2.1.1.3 *Laguncularia racemosa*

Laguncularia é um gênero monotípico da família Combretaceae com distribuição restrita aos manguezais Neotropicais e costa da África (NADIA; MACHADO, 2014b). *L. racemosa* quando madura pode variar de 3 a 5 metros de altura, apresentando um sistema radicular extenso (DE ALVARENGA; BOTOSSO; SOFFIATTI, 2017). As raízes subterrâneas lembram cabos que se espalham em diversas direções promovendo a sustentação da planta, absorção de nutrientes e oxigênio (TOMLINSON, 1994).

As flores bissexuais são pentâmeras (FIGURA 1C) e pilosas se organizam em racemos terminais (NADIA; MACHADO, 2014b). Esta halófita facultativa (DE ALVARENGA; BOTOSSO; SOFFIATTI, 2017), apresenta ovário inferior unilocular, um disco floral bem desenvolvido e pseudocarpo sem endosperma (TOMLINSON, 1994; NADIA; MACHADO, 2014b). Os pequenos propágulos (FIGURA 1F) são cobertos por tecido piloso e a ação da correnteza limita a fixação das plântulas (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1984).

Figura 1 – Estruturas reprodutivas das espécies estudadas. Legenda: A, D – flor e fruto de *Rhizophora mangle*; B, E – flor e fruto de *Avicennia* spp.; C, F – flor e fruto de *Laguncularia racemosa*.



2.2 Fenologia reprodutiva das espécies de mangue

Do ponto de vista ecológico, a fenologia engloba a repetição de determinados eventos biológicos, como floração e frutificação, e as causas da sua ocorrência em relação a fatores bióticos e abióticos (WANG-ONDU, 2013). Compreende também as inter-relações entre as fases em esferas intraespecíficas e interespecíficas (MANTOVANI; MARTINS, 1988; CLELAND et al., 2007). As plantas tropicais apresentam ciclos fenológicos complexos exibindo padrões irregulares e de difícil interpretação (NEWSTRON et al., 1994b; DE ALVARENGA; BOTOSSO; SOFFIATTI, 2017). Estes padrões são determinados em especial por seus componentes filogenéticos e evolutivos, mas também podem ser influenciados por tensores ambientais (CARDOSO et al., 2012).

Os períodos da floração e da frutificação estão diretamente relacionados com a precipitação, a temperatura, o fotoperíodo e a intensidade de radiação (MATNI, 2007). Lee et al. (2002) afirma que alterações nos regimes de chuva e na temperatura podem exercer grande influência não apenas sobre os padrões fenológicos, mas também em relação ao período de crescimento e acumulação de biomassa. Fatores bióticos como a

ausência ou presença de polinizadores, dispersores e predadores de frutos e semente também exercem influência nestas fenofases reprodutivas (MATNI, 2007). No intuito de prevenir a competição por polinizadores e maximizar a perpetuação da espécie, diferentes estratégias fenológicas são utilizadas pelas populações vegetais (NADIA, MORELLATO; MACHADO, 2012).

Pouco se conhece em relação ao desempenho da floração, frutificação e crescimento vegetativo de florestas de mangue (CHRISTENSEN; WIUM-ANDERSEN, 1977; WIUM-ANDERSEN; CHRISTENSEN, 1978; WIUM-ANDERSEN, 1981; DUKE, 1990; HEGAZY, 1998; FERNANDES, 1999). Também há poucas pesquisas desenvolvidas por meio do registro das fenofases por observação direta em espécies arbóreas típicas dos manguezais e no Brasil como um todo (FERNANDES, 1999; NADIA, MORELLATO; MACHADO, 2012).

Já em relação à produtividade, estes ambientes são normalmente caracterizados pela alta produtividade (NADIA; MACHADO, 2014a; MADI et al., 2016), em especial quando se encontram em áreas de baixa latitude (SAENGER; SNEDAKER, 1993). Duke e colaboradores (1984) no tocante a estudos envolvendo produtividade, sinalizam que os padrões fenológicos devem ser um dos mais relevantes para se avaliar tal indicador.

Diferentes comportamentos em relação à fenologia da reprodução foram observados entre as espécies típicas de mangue verdadeiro (NADIA, MORELLATO, MACHADO, 2012). Queiroz et al. (2013) em seu trabalho com mangues salinos e salobros no Pará observou que o regime de chuvas e a salinidade parecem influenciar na sazonalidade da produção das fenofases. Estudos que registrem as variações nas fenofases são relevantes para a compreensão da dinâmica das comunidades vegetais. Como também para relacionar as respostas destas plantas às condições climáticas e de solo (FOURNIER, 1974; NADIA, MORELLATO; MACHADO, 2012).

Matni, Menezes, Mehlig (2006) e Wang-ondou (2013) apontam que os manguezais são adaptados a periodicidade de processos naturais. Em ambientes estressantes ou naqueles em que a maturidade não foi atingida por conta de impactos, a caracterização das populações de mangue em relação ao diâmetro das árvores e densidade são diferentes daquelas encontradas em ambientes menos perturbados (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990; LARCHER et al., 2014).

2.3 Produtividade de flores e propágulos de mangue

A serapilheira ou folheto é em parte o responsável pelo fornecimento de nutrientes que serão utilizados não apenas pela flora e fauna local (LARCHER et al., 2014). Um percentual dessa produção é exportado para porções adjacentes ao bosque (MADI et al., 2016). Este material composto por folhas, flores, propágulos e outras partes vegetais, como também restos de animais e excretas, sustentam uma alta atividade biológica nas margens dos rios e mares por conta do material que se acumula no sedimento lamoso (DAWES et al., 1999; GONÇALVES; FERNANDES; CARVALHO, 2002; FERNANDES, 2003; FERNANDES et al., 2007; LARCHER et al., 2014; MADI et al., 2016). Esta camada auxilia na diminuição de processos erosivos e com o avanço do processo de decomposição será transformado em matéria orgânica, servindo de fonte de nutrientes para as plantas (TIENNE et al., 2002; AKÉ-CASTILLO; VÁZQUES; LÓPEZ-PORTILLO, 2006). Devido a isso, a queda de serapilheira tem sido utilizada como indicador de produtividade dos ecossistemas em geral (LARCHER et al., 2014).

A salinidade, disponibilidade de nutrientes e oxigênio no sedimento, precipitação atmosférica, velocidade dos ventos estão entre alguns dos fatores abióticos que influenciam na produção de serapilheira das espécies de mangue (DUKE, 1990; MCKEE, 1993; FERNANDES, 1999; MEHLIG, 2001; LARCHER et al., 2014).

A composição florística, poluição e a geomorfologia também são variáveis que interferem na queda de serapilheira (LARCHER et al., 2014). Como os manguezais ocorrem em regiões costeiras abrigadas, as marés configuram-se como as principais formas de penetração de águas salinas neste ecossistema. Este fluxo permite a renovação de oxigênio, o transporte, seleção e fixação dos propágulos, assim como a exportação de matéria orgânica do manguezal para regiões vizinhas (ALMEIDA et al., 2015). Embora o clima influencie tanto nos aspectos quantitativos e qualitativos da serapilheira (MEENTEMEYER et al., 1982) cada ecossistema exibe estratégias particulares no tocante a deposição e transferência de energia (SÁNCHEZ-ANDRÉS et al., 2010).

Fernandes (2007) e Nadia (2009) em trabalhos com *L. racemosa* e *R. mangle* observaram que as produções de flores apresentaram elevados índices no período chuvoso, possivelmente em resposta à precipitação. Em relação a *R. mangle*, Mehlig (2001) e Fernandes (1999) relataram uma floração quase contínua desta espécie ao longo do ano, mas com pico na transição do período chuvoso para o seco.

Clough et al. (2000), Carvalho (2002) e Viana (2016) observaram sincronia na produção de propágulos com os meses de chuva. Esta estratégia tanto facilitaria a dispersão dos frutos e sementes das espécies de mangue que são predominantemente hidrocóricas, como também exibe correlação com a baixa na salinidade da água que banha estes bosques (FERNANDES et al., 2007).

Em pesquisa realizada por Viana (2016) em áreas de manguezais impactados, a maior queda em relação as partes reprodutivas ocorreu em dezembro/2015 (flor), março/2016 e abril/2016 (fruto), período chuvoso, na área afetada pela carcinicultura. Na área de resíduos a produção de flores se destacou em fevereiro/2016 e propágulos em março/2015 e abril/2016. Esses dados não corroboram com Duke et al., (1984), Fernandes (1999), Mehlig (2001) e Carvalho (2002) que observaram que a floração das plantas de mangue é mais efetiva no período seco.

Certas intensidades de perturbação podem comprometer o vigor estrutural do bosque (PERIA et al., 1990). Consequentemente, esta perda de biomassa pode afetar a produção de serapilheira que subsidia uma intrincada cadeia trófica no ecossistema manguezal e circunvizinhança (MENGHINI, 2004).

2.4 Impactos sobre o ecossistema manguezal

O manguezal é um ambiente característico da região costeira e sofre com o avanço da ocupação humana que é o principal agente de degradação por conta dos usos múltiplos da zona da costa (BONALDI; RODERJAN, 2017). Isso têm gerado conflitos entre diversos setores como a aquicultura, a agricultura, setor imobiliário e turístico (PRIMAVERA, 2006; SANTOS et al., 2014). Nos últimos cinquenta anos calcula-se que um terço da floresta de mangue do mundo foi devastado (ALONGI, 2002).

Além dos impactos decorrentes do crescimento desordenado, os fenômenos naturais também afetam este ecossistema (MATIAS; SILVA, 2017). Contudo, a intensidade dos impactos se diferem de acordo com a sua origem. No caso de manguezais afetados por fenômenos naturais, estes atuam sobre o mesmo temporariamente, sendo em muitos casos possível a sua recuperação (QUÍÑONES, 2000). Já aqueles de origem antrópica danificam a estrutura e qualidade do manguezal por um tempo mais prolongado podendo em certas circunstâncias causar a morte da fauna e flora associada (MATIAS; SILVA, 2017).

Allen, Ewel e Jack (2001) afirmam que atividades como despejo de resíduos sólidos, descarga de materiais tóxicos, desmatamento e carcinicultura podem repercutir dentro desse ecossistema alterando sua estrutura e distribuição. Em longo prazo, a poluição, seja ela de origem industrial, portuária, hospitalar ou doméstica, age como tensora crônica e como consequência pode provocar a morte do manguezal, ao provocar mudanças (e. g. pelo lançamento de substâncias tóxicas) no ambiente geralmente incompatíveis ao seu desenvolvimento (ALMEIDA et al., 2014; VARJABEDIAN, 1995)

De acordo com Arquitt e Cornwell (2007) e Meireles et al. (2007) nos últimos 20 anos, áreas de manguezal em todo o mundo foram substituídas para dar lugar a viveiros de camarão, configurando-se numa das principais atividades causadoras da destruição do ecossistema manguezal. Os efluentes dessa atividade podem conter um acréscimo de nutrientes como proteínas, aminoácidos, vitaminas, diversos sólidos como rações comerciais, poliquetas, pequenos crustáceos, moluscos em suspensão que são derivados das produções dos tanques de carcinicultura (GAUTIER; AMADOR; NEWMARK, 2001). O aumento do aporte desses nutrientes e matéria orgânica contamina os animais e causa mortandade da flora e fauna (SANTOS et al., 2005).

No Ceará, segundo o IBAMA (2005) foram identificadas 245 fazendas de carcinicultura das quais, 84,1% destas causaram danos diretos ao meio ambiente, tanto a fauna quanto a flora de mangue. Áreas de apicum e salgado também estão sendo comprometidas uma vez que as instalações destas fazendas se dão especialmente em seus limites (MEIRELES et al., 2007). A expansão da especulação imobiliária, turística e o desenvolvimento da aquicultura tem interferido no fluxo de materiais e energia dentro desse ecossistema. A contaminação por resíduos tóxicos (LACERDA et al., 2006) pode alterar os padrões de floração. Isso também poderia ocorrer por conta das mudanças do clima (WANG-ONDU, 2013).

O impacto ambiental causado por resíduos sólidos configura um dos mais preocupantes e difíceis problemas de poluição atualmente. Em estudo realizado por Souza (2016) em manguezais do litoral cearense, a pesquisadora destacou que as classes de resíduos com maior massa residual foram a madeira, isopor, plástico e cordas. A autora constatou que nas áreas impactadas por resíduos sólidos havia uma elevada mortalidade de indivíduos, atribuindo assim esta perda devido ao aprisionamento dos materiais aos pneumatóforos. Pesquisas sobre o impacto destes poluentes no litoral são mais conhecidos e o enfoque recai, principalmente, sobre o ambiente praiano ou

marinho (ARAÚJO; COSTA, 2007; MOORE, 2008). Já estudos voltados para o ecossistema manguezal são poucos (NADIA, MORELLATO, MACHADO, 2012).

O desmatamento repercute negativamente sobre a biota do manguezal acarretando diversas consequências como a fuga e morte da fauna, erosão do sedimento e lixiviação (PERIA et al., 1990). Manguezais submetidos a remoção constante de madeira na Barra de Mamanguape, Paraíba, Brasil apresentaram reduzidas taxas na altura e densidade (PALUDO; KLONOWSKI, 1999). As perdas, que agem de forma direta ou indireta, comprometem a dinâmica dentro deste ecossistema afetando o funcionamento de toda a biota (BERLAMINO, et al., 2012).

2.5 Legislação ambiental para o ecossistema Manguezal

Diversos dispositivos legais, nacionais e internacionais, como a Convenção de Washington (1940), a Convenção de Zonas Úmidas - RAMSAR (1971), a Convenção da Biodiversidade (1992) e a Declaração do Rio (1992) versam sobre a necessidade da preservação das zonas costeiras e de que a proteção ambiental constituirá parte integrante do processo de desenvolvimento.

Em Nagoya (província de Aichi, Japão) durante a 10ª Conferência das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica, a COP-10, foi aprovado o Plano Estratégico de Biodiversidade que visa o estabelecimento de ações concretas voltadas à redução da perda da biodiversidade mundial. O secretariado da CDB (Convenção sobre Diversidade Biológica) propôs um conjunto de metas (Metas de Aichi) nas quais o Brasil teve uma importante participação em sua definição. Em 2006 foram definidas 51 metas nacionais de biodiversidade para 2010 vinculadas às metas globais da CDB, mas nem todas foram alcançadas apesar de algumas conquistas relevantes (WEIGAND et al., 2011). Pode-se destacar a diminuição nos índices de desmatamento e o aumento da área sob proteção de Unidades de Conservação (WEIGAND et al., 2011). Ações como esta se apresentam como motivadoras já que nas últimas três décadas foram registradas taxas alarmantes de desmatamento dos manguezais (Giri et al., 2011). Segundo dados publicados por Kauffman et al. (2017), estas florestas estão desaparecendo a uma taxa de aproximadamente 1% ao ano. As estimativas sobem, 2 a 8% ao ano, para regiões como as do Sudeste Asiático (Polidoro 2010).

No Brasil, após o Código Florestal de 1965, estabeleceu-se a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) – Lei nº 6.938/81. Esta nova lei instituiu instrumentos de

gestão e fiscalização ambiental como o SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente), explicitando quais órgãos e entidades estariam responsáveis pela preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental (BRASIL, 1981). Dentre estes pode-se citar o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo; o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO (BRASIL, 1981). Contudo, foi na Constituição Federal de 1988 que se consolidou o direito ambiental de forma mais madura (MEDEIROS et al., 2014).

O artigo 225 da referida Constituição, inclui a zona costeira como área do Patrimônio Nacional discorrendo aí sobre os usos e limites de exploração e ocupação de modo a se preservar os recursos e ecossistemas naturais (NASCIMENTO, 2007).

Com o estabelecimento do Plano Nacional do Gerenciamento Costeiro pela Lei nº 7.661/88, os manguezais, assim como outros ambientes costeiros, ganharam um novo reforço legal no tocante a proteção e conservação de seus recursos naturais (BRASIL, 1988).

O atual Código Florestal - Lei Federal nº 12.651/2012 - em seu artigo 4º, inciso VI, apresenta as restingas como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues como Áreas de Preservação Permanente – APPs (BRASIL, 2012a). Aqui se preconiza que existe a proteção da vegetação associada, embora não haja proteção explícita das demais feições naturais ocorrentes no ecossistema manguezal (ALBUQUERQUE et al., 2015). Ainda no mesmo artigo, no inciso VII, considera-se também “os manguezais em toda a sua extensão” como APPs. Entretanto, conceitualmente, a Lei 12.651/12 apresenta os salgados e apicuns como feições separadas deste ecossistema.

A posteriori, a Medida Provisória nº 571, de 25/5/2012, e estabelecida pela Lei Federal nº 12.727/2012 (BRASIL, 2012b), apresenta um capítulo que versa sobre o uso ecologicamente sustentável dos apicuns e salgados em atividades de carcinicultura e salinas (ALBUQUERQUE et al., 2015). Os apicuns podem ser explorados economicamente em até 10% da área total do manguezal nos Estados que compreendem a Amazônia Legal; e 35 % de uso nos demais estados da Federação, excetuando-se as ocupações já consolidadas (BRASIL, 2012b). Através da portaria do ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) nº 09 de janeiro de 2015 foi aprovado o Plano Nacional para a Conservação das Espécies Ameaçadas e de Importância Socioeconômica do Ecossistema Manguezal – PAN Manguezal que

objetiva conservar e reduzir a degradação dos manguezais brasileiros e as 74 espécies (*A. germinans*, *A. shaueriana* e *Rhizophora* são alguns delas) focais do PAN, mantendo suas áreas e usos tradicionais (BRASIL, 2015).

No âmbito local, o Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro do Ceará (GERCO/CE) que atua em parceria com 37 prefeituras municipais, Organizações Não Governamentais (ONG's) e a sociedade civil, subdividiu os 573km de zona costeira do litoral cearense em quatro setores (costa leste, costa metropolitana, costa oeste e costa extremo oeste). Estes municípios foram agrupados observando-se as suas características em relação a uso e ocupação. Com a integração desses atores sociais espera-se uma melhor gestão dos recursos naturais e da melhoria de vida da população uma vez que visa a proteção de seu patrimônio material e imaterial (SEMACE, 2006). Desde 1990, este programa vem desenvolvendo no Estado atividades como macrozoneamento, diagnóstico socioambiental e zoneamento da faixa costeira marinha e terrestre englobando, em especial, os aspectos ligados à carcinicultura, ao turismo, ao desenvolvimento urbano e unidades de conservação (SEMACE, 2006).

Assim, apesar dos manguezais em toda a sua extensão serem considerados Áreas de Preservação Permanente ainda se registra a destruição de seus componentes florísticos e faunísticos em consequência das atividades antrópicas. Desta forma, é de fundamental interesse o desenvolvimento de estudos de monitoramento que irá auxiliar na criação de ações (políticas, programas e projetos) visando à conservação deste ecossistema (SOARES, 1999; MATIAS; SILVA, 2017).

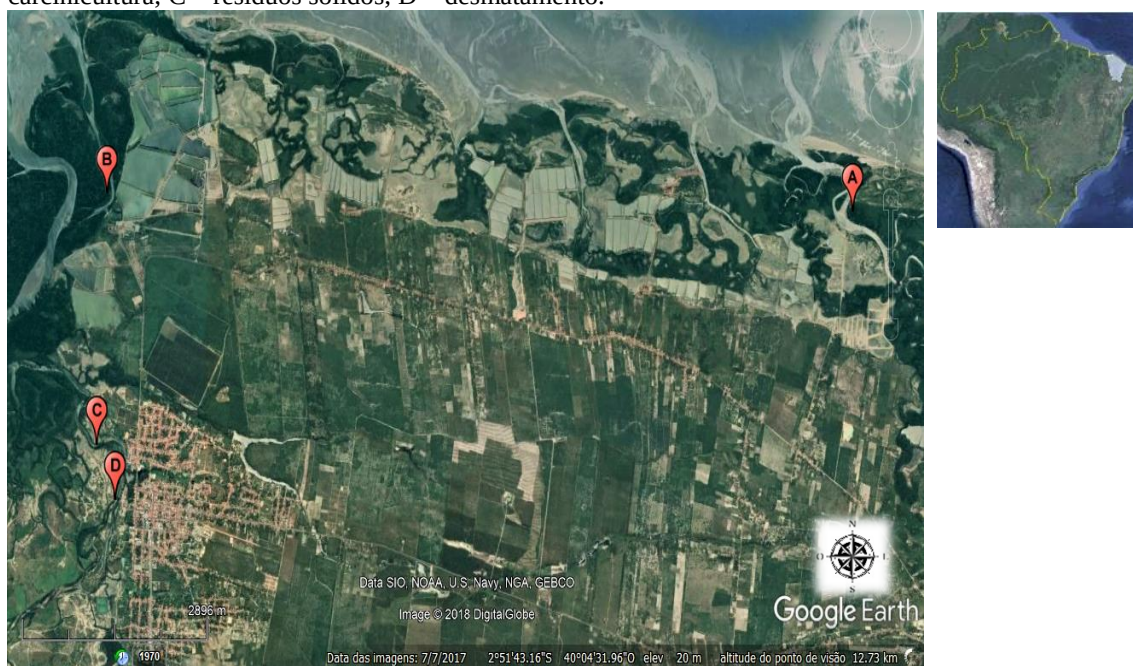
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização das áreas estudadas

Esta pesquisa foi desenvolvida no manguezal do estuário do rio Acaraú, costa ocidental do Ceará e dista cerca de 260 km da capital do estado, Fortaleza. A bacia hidrográfica do Rio Acaraú é drenada por este rio principal e seus afluentes. A temperatura média da região é de 27°C e a pluviosidade aproximada de 1100 mm ao ano (FUNCEME, 2016).

Nessa região, foram escolhidas quatro áreas sob as mesmas condições ambientais, porém sujeitas a diferentes pressões antrópicas resultante da carcinicultura, disposição inadequada de resíduos sólidos e desmatamento (FIGURA 2) e uma área controle, com baixo nível de impacto ambiental. As áreas foram selecionadas após análise das imagens de satélite da região e visitas aos manguezais.

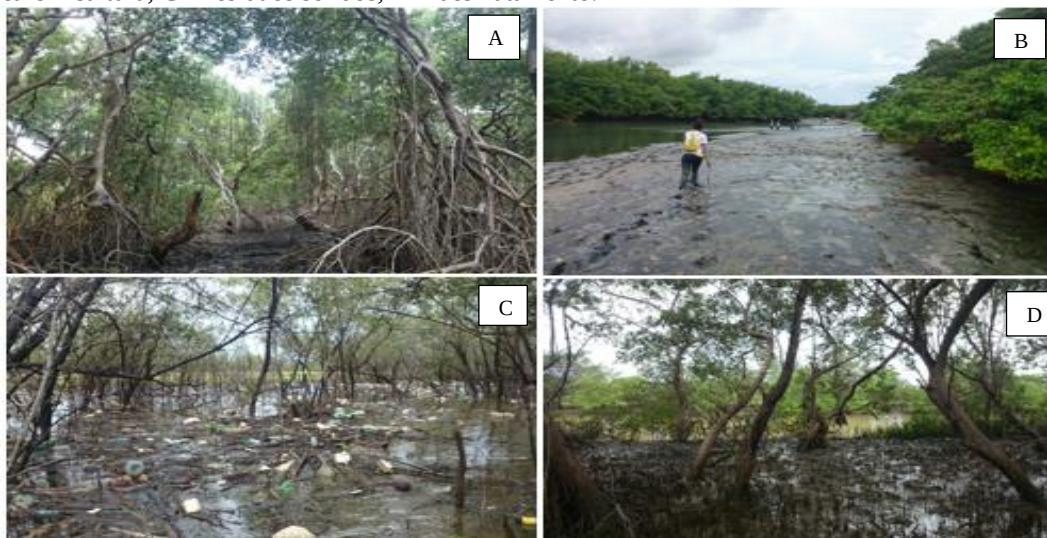
Figura 2 - Mapa com a localização das áreas de estudo, Acaraú, Brasil. Em destaque os pontos de coleta nos manguezais analisados. Fonte: Google Earth, adaptado pela autora. Legenda: A – baixo impacto; B – carcinicultura; C – resíduos sólidos; D – desmatamento.



A vegetação de mangue no município de estudo se distribui formando pequenas manchas e está limitado aos sistemas estuarinos; por conta do aporte de água doce a salinidade neste sistema diminui.

A área controle (02°50.928S 040°01.240W) (baixo impacto), dista uns 9km do centro da cidade (FIGURA 3A). Essa área foi considerada conservada devido ao trabalho de Meireles et al. (2007) que relatam de maneira geral, que o mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) chega a 20 metros de altura nas áreas mais conservadas e ao trabalho de Paula (2015) que estudou a estrutura da vegetação e grau de perturbação ambiental dessa região.

Figura 3 - Imagens das quatro áreas selecionadas para estudo. Legenda: A – baixo impacto; B – carcinicultura; C – resíduos sólidos; D – desmatamento.



Fonte: autora.

A segunda área (02°50.928S 040°01.240W) (carcinicultura), encontra-se cerca de 1km do centro de Acaraú. Neste ponto, ocorre o lançamento de efluentes oriundos de fazendas de cultivo de camarão diretamente no rio ou diluídos ao serem misturados no sistema pluvial. O ponto de observação fenológico fica em frente ao canal de despejo deste efluente (FIGURA 3B). Nas águas que banham o manguezal próximo ao canal de despejo, a matéria orgânica faz com que a cor e o cheiro que emana do rio sejam completamente diferentes das outras áreas estudadas, indicando eutrofização.

As outras duas áreas se encontram perto do porto em Acaraú e a proximidade com a região urbanizada acarretou em impactos bem mais significativos. A terceira área (02°52.368S 040°06.808W) (resíduos sólidos), sofre com o despejo inadequado de resíduos provenientes da prática pesqueira e lixo doméstico (FIGURA 3C). Na quarta área (02°53.043S 040°07.560W) (desmatamento), verificou-se a presença de lixo, pastagem de animais. Entretanto, o impacto mais representativo é o desmatamento (FIGURA 3D).

Em trabalho realizado na área de manguezal do estuário do Rio Acaraú, percebeu-se um estágio crítico quanto à degradação e descaracterização da paisagem (PAULA, 2015) uma vez que em todas as amostras analisadas foram encontrados troncos cortados e árvores mortas. Os moradores da região, principalmente os de baixa renda, visitam a área para derrubada de árvores para confecção de lenha, cercas, acessórios para pesca e captura de carangueijo. Também foi observada a realização de encontros recreativos (churrascos e almoços).

3.2 Metodologia

3.2.1 Índice de Intensidade de Fournier e Índice de Atividade

A fim de caracterizar o padrão fenológico de floração e frutificação de espécies, foram escolhidos ao acaso 15 indivíduos, em vários estágios de maturação, das espécies de mangue mais representativas na região. A escolha foi conforme Paula (2015) que afirma que *Avicennia germinans*, *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle* são as mais abundantes. Optou-se por não fazer distinção entre as espécies *A. germinans* e *A. schaueriana* nesta pesquisa; tratando-se assim de forma mais genérica em relação a elas. Tendo em vista a limitação no quantitativo de indivíduos em cada local, na área impactada por desmatamento não foi monitorada a espécie *R. mangle*.

Mensalmente, durante doze meses (abril/2015 a março/2016), no período diurno de 8 às 16hs foram realizadas observações, com auxílio de binóculo, registrando-se a presença das fenofases floração e frutificação, por indivíduo. Cada planta foi identificada e etiquetada por área (FIGURA 4).

Figura 4 – Indivíduo marcado para acompanhamento fenológico. Área de baixo impacto.



Fonte: autora

Os dados obtidos foram utilizados para determinar: i) a presença e intensidade da floração; ii) a presença e a intensidade da frutificação. Como critério para definição de floração utilizou-se o período em que as árvores exibem botões florais ou flores; e para frutificação (propágulos imaturos e maduros), o período em que eles se encontraram fixos à planta-mãe.

Dois métodos de análise foram aplicados na tentativa de entender os padrões de floração e frutificação: percentual de intensidade de Fournier (1974) e o índice de atividade (BENCKE; MORELLATO, 2002). Eles fornecem dados distintos e complementares sobre respostas fenológicas em amostras populacionais, já que a proporção de indivíduos (índice de atividade) florindo ou frutificando nem sempre oferece a real noção de produção do volume (intensidade da fenofase) de flores ou frutos produzidos (SILVEIRA; MARTINS; ARAÚJO, 2012).

O índice de atividade é um método simples, onde se verifica a presença ou ausência de determinada fenofase nos indivíduos avaliados. Ele tem caráter quantitativo em nível de população, e indica a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico (BENCKE; MORELLATO, 2002ab). Por meio deste método avaliativo direto pode-se também estimar o sincronismo dentro da população amostrada (MORELLATO et al., 1990). Entende-se por sincronismo a manifestação concomitante de uma mesma fenofase em todas ou na maioria das áreas

de estudo sob investigação (LINS; NASCIMENTO, 2010). Considera-se que quanto maior o número de indivíduos apresentando a fenofase ao mesmo tempo maior é a sincronia desta população (SILVEIRA; MARTINS; ARAÚJO, 2010). Em relação ao índice de atividade são obedecidos os seguintes valores percentuais (Tabela 1):

Tabela 1 - Índice de sincronismo

<20%	Não sincrônico ou assincrônico
20-60%	Pouco sincrônico ou sincronia baixa
>60%	Sincronia alta

Fonte: Morellato et al, 1990.

O percentual de intensidade de Fournier (1974) é um método de avaliação direto que consiste numa análise semiquantitativa de dados obtidos em campo por meio de uma escala intervalar de cinco categorias de acordo com a tabela 2.

Tabela 2 - Percentual de Intensidade de Fournier

0	Nula - Ausência da característica 0%
1	Baixa - Presença da característica com uma taxa entre 1 -25%
2	Regular - Presença da característica com uma taxa entre 26-50%
3	Alta - Presença da característica com uma taxa entre 51-75%
4	Muito alta - Presença da característica com uma taxa entre 76-100%

Fonte: Fournier (1974), adaptada pela autora com base em Lins e Nascimento (2010).

A floração inclui as fenofases botões florais e flores, enquanto a frutificação correspondeu a frutos e propágulos.

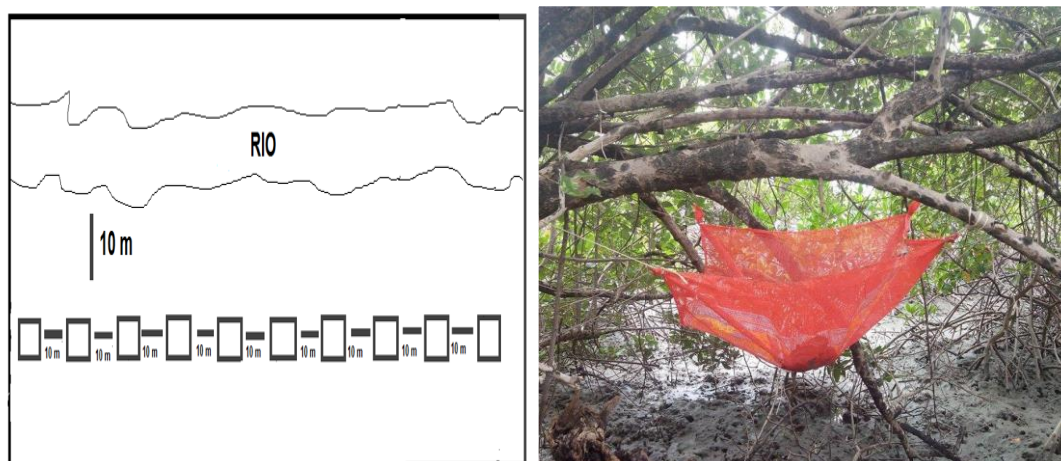
Para cada mês, fez-se a soma dos valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos selecionados de cada espécie e dividiu-se pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicado por quatro). O resultado foi então multiplicado por 100 para transformá-lo em um valor porcentual como mostra a fórmula abaixo:

$$\% \text{ de Fournier} = \frac{\sum \text{Fournier}}{4 \cdot N} \cdot 100$$

3.2.2 Produtividade das frações reprodutivas da serapilheira

Para avaliar a produtividade das flores e frutos nas quatro áreas de manguezal estudadas foi utilizado o método indireto (VIANA, 2016) com uso de coletores suspensos para evitar a lavagem pelas marés. Em cada área amostral, foi estabelecida uma transeção de 100 metros, sendo que a cada 10 metros foi instalada uma cesta para coleta de serapilheira. Na instalação das 10 cestas coletoras obedeceu-se uma distância de 10 m perpendicular ao rio partindo do início da franja. Estas ficaram dispostas entre as árvores e fixadas a elas com o auxílio de um barbante. Cada cesta media, aproximadamente, 1m² de área compostas por uma malha de 1 mm² (FIGURA 05). Esses coletores estavam posicionados acima do nível da maré de sizígia (por volta de 1,20 m do solo).

Figura 5 - Instalação das cestas de coleta de serapilheira paralelas a cada 10 metros.



Fonte: Viana (2016).

O material depositado em cada cesta foi recolhido mensalmente ao longo de 12 meses (maio/2015 a abril/2016) e foram embalados em sacos plásticos devidamente numerados de 1 a 10 de acordo com a numeração das cestas e da área. No Laboratório de Ecologia de Manguezais (Ecomangue) do IFCE, *campus* Acaraú, o material coletado seguiu para triagem manual, separando-se flores e propágulos. Em seguida, foram acondicionados em sacos de papel, respeitando a numeração anterior, e submetidos à secagem em estufa (70°C) até atingir peso seco constante. As frações separadas foram pesadas em balança de precisão (0,0001g).

As coletas foram realizadas durante as marés baixas de sizígia, seguindo as tábuas de marés disponibilizados pela Capitania dos Portos do Ceará (DHN - Porto do

Pecém, 2015/2016). Durante as amostragens também foram registradas a temperatura da água, do ar, do sedimento e umidade relativa com ajuda de um termohigrômetro e verificada a salinidade com um refratômetro. Os dados de pluviosidade foram obtidos junto a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – anos 2015/2016.

3.2.3 Análise dos dados

Para caracterizar o padrão fenológico de floração e frutificação de espécies foram confeccionados fenogramas e gráficos, considerando o percentual de intensidade de Fournier e índice de atividade, respectivamente, para cada espécie nas quatro áreas amostrais. Estes foram interpretados e analisados para a determinação de parâmetros de início, pico e término das fenofases reprodutivas dos três gêneros de mangue testados assim como a sincronia dos eventos. Desse modo, foi possível uma análise comparativa entre os métodos e entre as áreas.

Realizou-se uma análise descritiva dos parâmetros analisados e foram testadas a normalidade (Shapiro Wilk e Kolmogorov-Smirnov) e a homogeneidade dos dados (Teste de Levene). A produção total de flor e fruto das quatro áreas de estudo foi comparada por meio de uma Análise de Variância de dois fatores (ANOVA *two way*), considerando a área e o mês de amostragem. Em cada área, a produção mensal (somatório das frações flor e fruto) foi testada com a mesma análise. Quando observadas diferenças entre as médias, ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$), o teste de *Tukey* foi utilizado para discriminá-las.

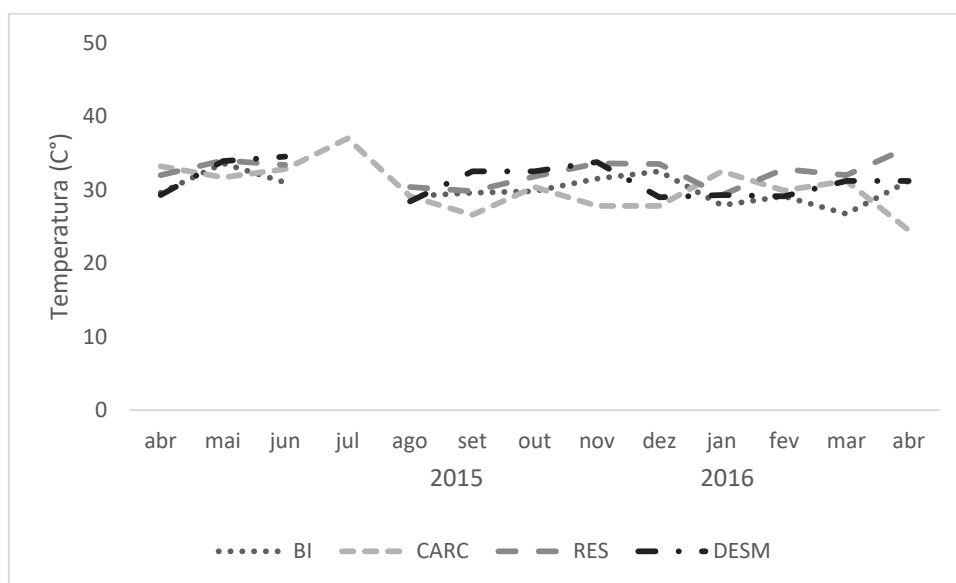
Foi realizada uma Análise de Correlação linear entre os parâmetros abióticos (umidade, salinidade, temperatura e pluviosidade) e bióticos (percentual de intensidade de Fournier, índice de atividade - presença de flor e/ou fruto, produção total e frações de flor e frutos). Para subsidiar a seleção dos descritores utilizados nessa análise, utilizou-se uma correlação entre todas as variáveis, retirando das análises os parâmetros altamente correlacionados ($R > 0,95$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Variáveis ambientais nas áreas de estudo

Os valores de temperatura do ar para as quatro áreas amostradas durante os 12 meses de coleta de dados (abril/2015 a abril/2016) estão expressos na figura 6. Foram registrados valores variando entre mínima de 24,5°C e máxima de 37°C, em março/2016 e julho/2015, respectivamente, na área de carcinicultura. Não foi possível mensurar os dados de julho/2015 nas áreas de baixo impacto, resíduos sólidos e desmatamento. As áreas de resíduos sólidos e desmatamento exibiram valores de temperatura mais elevados que nas outras duas áreas durante todo o período. A presença de clareiras na área de desmatamento e a menor densidade de árvores devido a mortalidade provocadas pelo acúmulo de resíduos sólidos podem contribuir para esse resultado (PAULA, 2015; SOUZA, 2016).

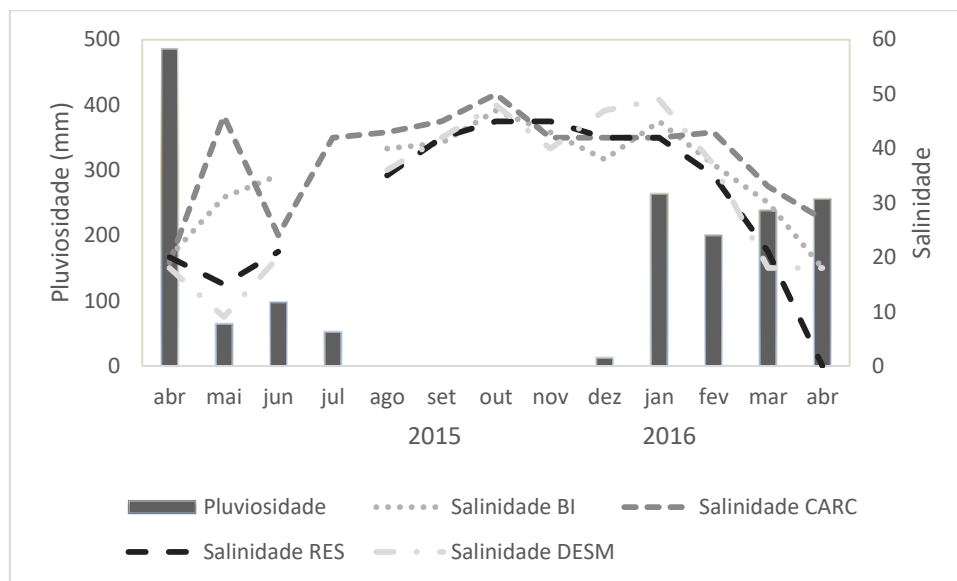
Figura 6 – Temperatura média do ar registrada nas quatro áreas de coleta durante os meses de estudo. Legendas: BI – baixo impacto; CARC – carcinicultura; RES – resíduos sólidos; DESM – desmatamento.



Nas áreas de carcinicultura e baixo impacto foram registradas as maiores médias para os percentuais umidade do ar entre as áreas estudadas (70% e 67%, respectivamente). Na área desmatada a média foi de 64% e 60% na área de resíduos sólidos. O período entre agosto a novembro de 2015 configurou-se como os meses secos, uma vez que nenhuma pluviosidade foi registrada neste período. O pico de chuva

se deu em abril, com máxima observada de 486,7 mm (FUNCEME, 2016). A partir deste mês houve declínio até o mês de julho e novas precipitações a partir de dezembro. O período entre janeiro e abril de 2016 apresentou máximas mensais acima de 200 mm.

Figura 7 – Relação entre os valores mensais de salinidade do rio nas áreas de baixo impacto (BI), carcinicultura (CARC), resíduos sólidos (RES) e desmatamento (DESM) e o total de chuvas acumulado (mm) entre abril de 2015 e abril de 2016. A barra refere-se à pluviosidade na região de estudo e as linhas as taxas de salinidade nas quatro áreas.



A variação na salinidade observada nas quatro áreas de coleta também está indicada na figura 7. O valor mínimo (0) observado foi na área de resíduos sólidos no mês de abril/2016. A máxima taxa foi registrada em janeiro/2016 na área de desmatamento (49). Observando a salinidade entre áreas, em carcinicultura registrou-se os valores mais elevados na maioria dos meses de estudo. Na área de baixo impacto, os meses de abril/2015 e abril/2016 registraram os menores valores de salinidade. Não foi possível obter os dados abióticos relativos ao mês de julho/2015 em três áreas (baixo impacto, resíduos e desmatamento).

Conforme se observa na figura 7, tanto nos meses secos quanto nos chuvosos foram observados valores elevados para salinidade (>40ppm nas quatro áreas), contudo houve um decréscimo mais acentuado a partir de fevereiro/2016 nas áreas de baixo impacto, resíduos sólidos e desmatamento.

A reprodução e o crescimento vegetativo das plantas podem ser influenciados por fatores como a sazonalidade climática. Contudo, há variações quanto aos principais fatores climáticos que realmente vão exercer mudanças nos padrões fenológicos em

comunidades vegetais (MORELLATO et al., 2000) no presente trabalho representado por variações de temperatura, pluviosidade e salinidade.

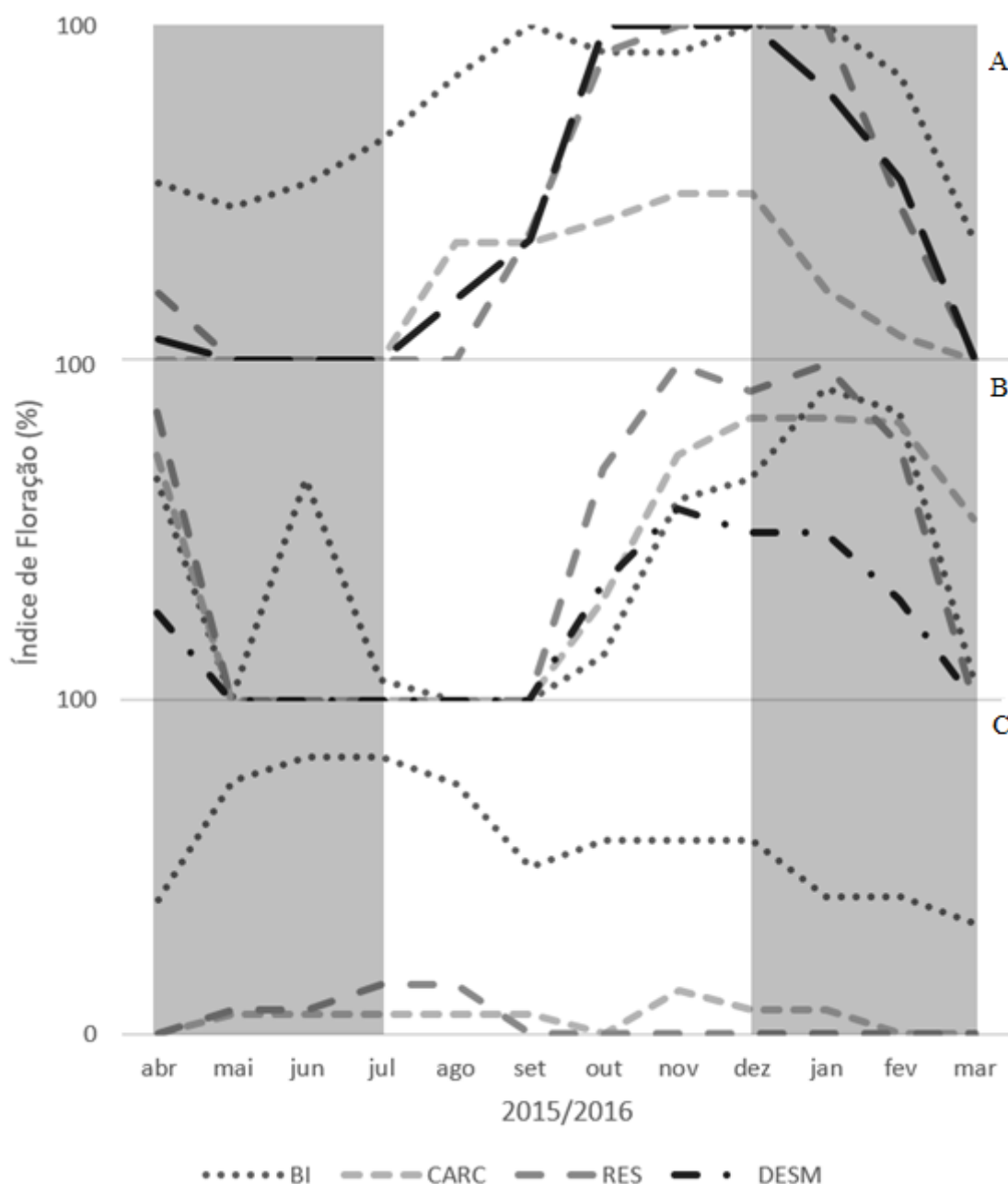
4. 2 Padrões de fenológicos reprodutivos das espécies de mangue

Considerando a produção de flores e frutos dos 166 indivíduos monitorados ao longo de um ano, foi possível observar que as três espécies em estudo *Avicennia* spp, *L. racemosa* e *R. mangle* apresentaram comportamentos distintos de atividade e intensidade para as fenofases reprodutivas. Tanto em relação as espécies entre si quanto em relação as áreas estudadas conforme descrito abaixo.

4.2.1 – Índice de Atividade para floração

Quando analisada a atividade de floração das espécies entre as áreas de estudo verificou-se que nas áreas impactadas *Avicennia* spp apresentou floração em sete meses dos doze meses avaliados (FIGURA 8A). Essa atividade ocorreu tanto nos meses secos quanto nos chuvosos sugerindo que a chuva pode não ser o fator mais importante na indução da reprodução nesta espécie. As plantas arbóreas de florestas tropicais podem apresentar fenofases reprodutivas bimodal, ou seja, com picos no período chuvoso e seco (OCHOA-GAONA et al., 2008; MUNIZ, 2008). Isso parece ser importante para ambientes fragmentados, pois de acordo com Ferreira e Consolaro (2013), a presença de espécies em floração e frutificação auxiliam na manutenção de polinizadores e dispersores em fragmento, contribuindo para a dinâmica e permanência da comunidade, por menor que seja a área ou a riqueza de espécies.

Figura 8 – Índice de Atividade (ou porcentagem de indivíduos) por espécie e por áreas para a fenofase FLOR em manguezais estuarinos do Rio Acaraú, Ceará. Legenda: **A** - Índice de Floração de *Avicennia* spp.; **B** - Índice de Floração de *L. racemosa*; **C** - Índice de Floração de *R. mangle*. As áreas hachuradas indicam os meses chuvosos durante o período de estudo.



Apesar de apresentarem atividade em outros meses do ano, nos meses entre outubro/2015 a janeiro/2016, *Avicennia* spp. apresentou atividade de floração altamente sincrônica entre os indivíduos da população e, coincidentemente, entre as áreas de baixo impacto, resíduos sólidos e desmatamento (FIGURA 8A). Ou seja, neste período mais de 60% dos indivíduos da população apresentaram a mesma fenofase ao mesmo tempo nestas três áreas. Porém, na área de baixo impacto, o alto sincronismo entre os

indivíduos manteve-se por mais tempo, iniciando em julho/2015 e estendendo-se até o mês de fevereiro/2016. Vale ressaltar que nesta área, as atividades de floração ocorreram por todo o ano, contudo, nos outros meses o sincronismo foi baixo e irregular entre as áreas.

Dentre os impactos, a população de *Avicennia* spp. parece ter sido mais afetada na área de carcinicultura, pois dos sete meses de atividade, seis foram de baixo sincronismo entre os indivíduos amostrados (período de agosto/2015 a janeiro/2016). Em fevereiro/2016 a atividade foi assincrônica alcançando um valor percentual abaixo de 20%.

Verifica-se que as áreas impactadas apresentaram abreviamento na atividade de floração em relação aos meses de estudo quando comparado à área de baixo impacto. Assim como também tiveram o sincronismo de atividade afetados, passando menos tempo com seus indivíduos juntos em atividade.

Em relação a *L. racemosa*, nas três áreas impactadas os indivíduos monitorados exibiram atividade de floração similar quanto à época de ocorrência, onde se observou atividade no mês de abril/2015 seguida por uma pausa de cinco meses para início de novo ciclo de floração no mês de outubro/2015, fato não observado na área de baixo impacto que a floração ocorreu por mais meses (FIGURA 8B). Mesmo assim a espécie não apresentou padrão regular ao longo do ano como observado nos trabalhos de Matni (2007) e Fernandes et al. (2005). Nesta área, a floração ocorreu entre abril/2015 e julho/2015, com exceção do mês de maio. Depois voltando à atividade entre outubro do mesmo ano a março de 2016, com alto sincronismo entre novembro/2015 e fevereiro/2016, reforçando que *L. racemosa* não exhibe produção de flores contínua ao longo do ciclo anual.

Na área de carcinicultura poucos indivíduos de *R. mangle* apresentaram atividade de floração, com porcentagem variando entre 6% e 13% indivíduos por oito meses dos 12 avaliados (FIGURA 8C). Enquanto a área de resíduos sólidos a espécie apresentou entre 7% e 15% de indivíduos em atividade concentrados entre os meses de maio/2015 e agosto/2015.

Este abreviamento na atividade de floração pode ser em resposta aos respectivos impactos, uma vez que o padrão de floração de *R. mangle* foi anual e contínuo na área controle. A literatura ressalta que dentre as espécies de Rhizophoraceae, as respostas fenológicas podem ser em resposta a fatores endógenos, como também podem ser alteradas por fatores ambientais para a espécie *R. mangle* (GILL; TOMLINSON, 1971).

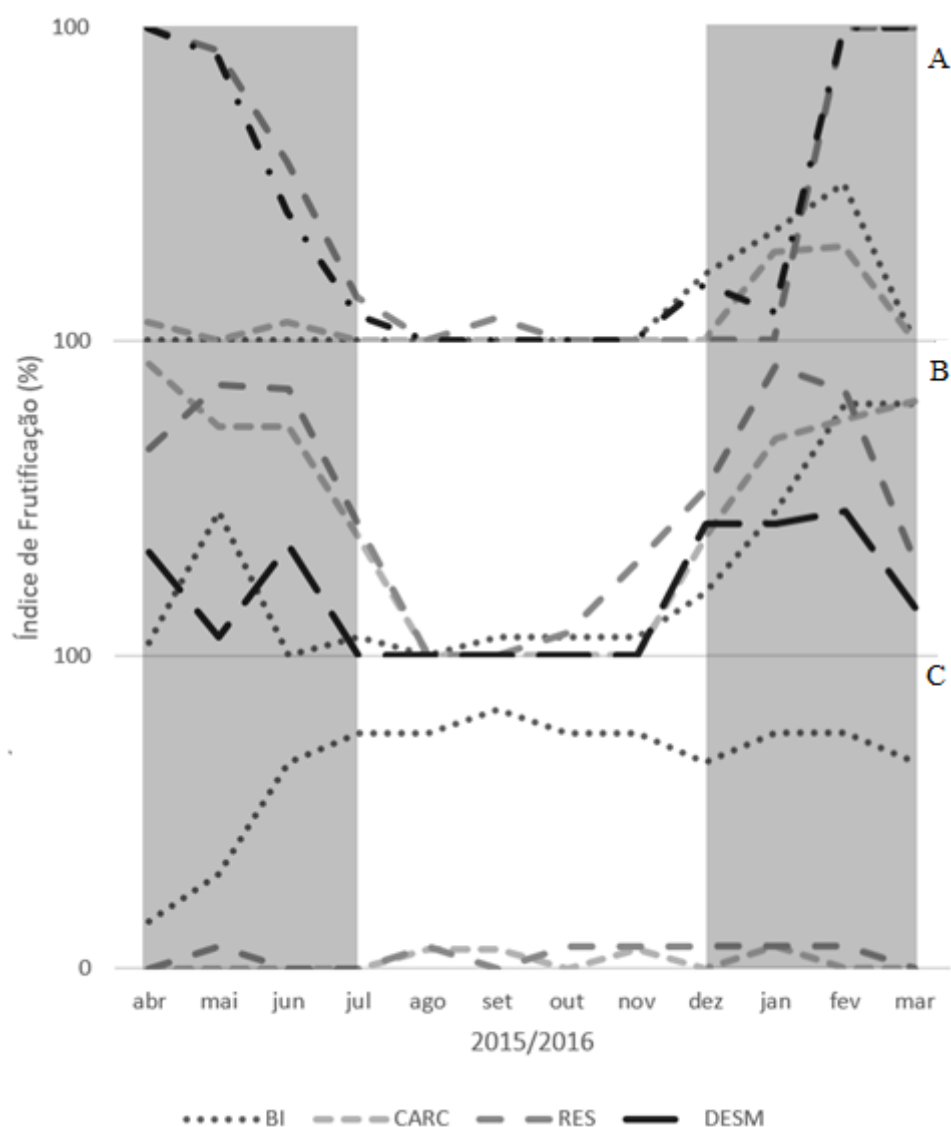
Contrário ao que ocorreu nas áreas impactadas, na área de baixo impacto *R. mangle* florou o ano todo com altos índices de sincronismo entre maio/2015 e agosto/2015.

4.2.2 – Índice de Atividade para frutificação

Em relação ao índice de atividade para a fenofase frutificação, as três espécies apresentaram número inferior de percentual de indivíduos manifestando a fenofase de frutificação em relação aos de floração.

Avicennia spp. apresentou porcentagens mais elevadas de indivíduos manifestando a fenofase de frutificação nas áreas de resíduos sólidos e desmatamento (FIGURA 9A). Na área de resíduos as porcentagens variaram entre 7% e 100%, já na área desmatada os percentuais variaram entre 8% e 100%. Nos meses de abril/2015, maio/2015, fevereiro/2016 e março/2016, meses chuvosos, os indivíduos de *Avicennia* spp. monitorados nestas duas áreas apresentaram alta sincronia quanto a frutificação.

Figura 9 – Índice de Atividade (ou porcentagem de indivíduos) por espécie e por áreas para a fenofase FRUTO em manguezais estuarinos do Rio Acaraú, Ceará. Legenda: **A** - Índice de Frutificação de *Avicennia* spp.; **B** - Índice de Frutificação de *L. racemosa*; **C** - Índice de Frutificação de *R. mangle*. As áreas hachuradas indicam os meses chuvosos durante o período de estudo.



Na área de carcinicultura os índices de atividade ocorreram em quatro meses dos 12 avaliados. Os casos de sobreposição das fenofases floração e frutificação da *Avicennia* spp. ocorreram de formas pontuais nas quatro áreas. Na área desmatada a sobreposição das fenofases ocorreram nos meses de abril/2015 e entre dezembro/2015 a fevereiro/2016. A área de resíduos sólidos foi registrada sobreposição nos meses de abril/2015 e setembro/2015. Em carcinicultura não foi registrada sobreposição das fenofases reprodutivas. Embora na área de baixo impacto a floração tenha se estendido durante todo o período de estudo, a frutificação ocorreu concomitantemente somente nos meses de dezembro/2015 a fevereiro/2016. Isso pode estar relacionado com a

tentativa da planta de evitar sobrecarga de recursos energéticos ao limitar o tempo que estas duas fenofases ocorram ao mesmo tempo (FERREIRA; CONSOLARO, 2013; MONASTERIO; SARMIENTO, 1976).

Nas áreas impactadas pela carcinicultura e por resíduos sólidos, *L. racemosa* apresentou alto sincronismo para frutificação entre abril/2015 e junho/2015, e em 2016 nos meses de janeiro e fevereiro, chuvosos na região. Segundo Sousa et al. (2007), esse resultado pode se configurar como uma adaptação ao ambiente inundado, uma vez que permite a dispersão do propágulo quando os níveis de água estão mais elevados.

Já na área desmatada os indivíduos apresentaram percentuais entre 6% e 46% de frutificação para a espécie *L. racemosa*, demonstrando períodos de baixo sincronia e assincrônicos (FIGURA 9B). Na área de baixo impacto a espécie não apresentou atividade apenas nos meses de junho/2015 e agosto/2015.

Nas áreas impactadas não foi observada a mesma recorrência de sobreposição das fenofases de *R. mangle* como foi verificada na área de baixo impacto durante os 12 meses de pesquisa (FIGURA 9C). Também foi constatado um baixo índice de frutificação de *R. mangle* nas áreas impactadas. Estas respostas podem estar relacionadas aos tensores antrópicos a que a espécie está submetida. Na área de baixo impacto *R. mangle* frutificou o ano todo com alto índice de sincronismo entre junho/2015 e março/2016.

4.2.3 Resposta do comportamento fenológico entre áreas

Nas áreas impactadas a floração de *Avicennia* spp. não se apresentou de forma contínua como ocorreu na área de baixo impacto. Embora na área controle a floração tenha sido mais prolongada, nas áreas de resíduos sólidos e desmatamento os índices de sincronia foram altos de outubro/2015 a janeiro/2016 (taxas entre 81% a 100%). A alta sincronia entre os indivíduos de uma mesma espécie pode favorecer a polinização cruzada devido ao aumento na atração de polinizadores (AUGSPURGER, 1983). Assim como se deu nesta pesquisa, Fernandes (1999) também observou elevada taxa de sincronia entre diferentes populações de *Avicennia germinans* em seu trabalho.

Na área de carcinicultura foram registrados baixos índices de sincronia para floração ($\leq 50\%$). A heterogeneidade dos padrões observados na área de carcinicultura (FIGURA 9B) em comparação com as outras áreas pode ser decorrente de diferenças no microhabitat (NEWSTRON et al., 1994b) uma vez que o bosque nesta área é mais

denso e alto (PAULA, 2015). Os indivíduos de carcinicultura apresentaram baixo sincronismo e nenhuma atividade em oito dos 12 meses monitorados. Já nas outras duas áreas os indivíduos exibiram uma resposta na produção de flores mais intensa que em relação a carcinicultura.

Nas áreas de baixo impacto, carcinicultura e resíduos sólidos, a floração de *L. racemosa* exibiu alto sincronismo para a fenofase flor na transição dos meses secos para o chuvoso. E nas áreas de carcinicultura e resíduos sólidos foram registrados os melhores percentuais de floração e frutificação para *L. racemosa* (FIGURAS 10B e 11A). As flutuações encontradas nos índices de frutificação corroboram com os resultados encontrados por Nadia et al. (2012). Nas áreas impactadas o período de floração mais intenso se concentrou entre os meses de outubro/2015 a março/2016. Já em relação a frutificação entre estas mesmas áreas foram observadas pausas ou diminuição na atividade nos meses sem chuva.

Nas áreas de carcinicultura e resíduos sólidos foi observado assincronismo tanto para floração quanto para frutificação de *R. mangle*. Já na área de baixo impacto, a floração e frutificação desta espécie apresentou alto sincronismo ao longo de quatro e dez meses, respectivamente (FIGURA 10A). O fato de *R. mangle* não ter apresentado o mesmo padrão nas áreas impactadas pode sugerir que ela seja mais sensível aos impactos em estudo (MENGHINI, 2004).

Figura 10 - Índices de Intensidade para floração e frutificação nas áreas de baixo impacto (A), carcinicultura (B). As barras representam a fenofase floração (Fl) e as linhas a fenofase frutificação (Fr). Av: *Avicennia*, Lg: *Laguncularia* e Rh: *Rhizophora*.

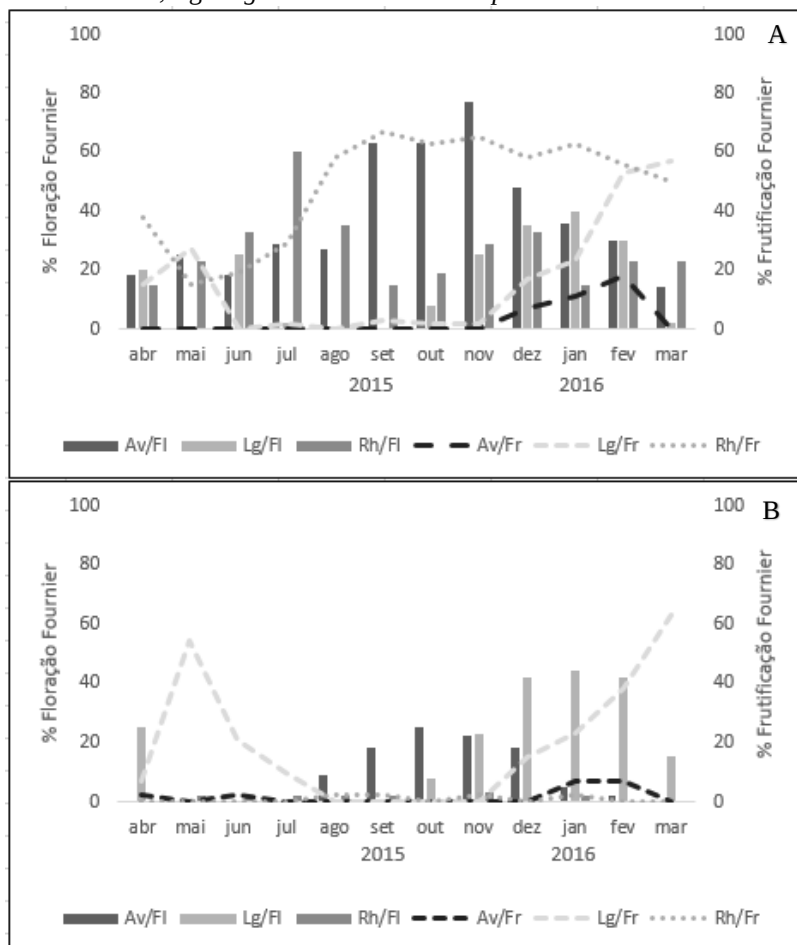
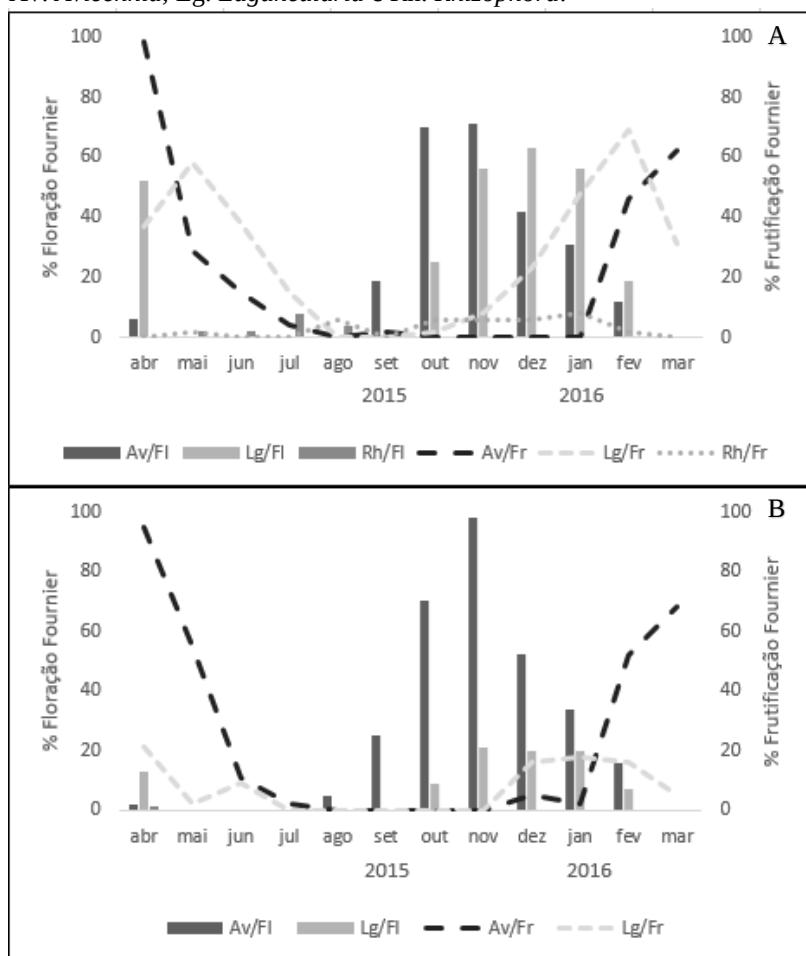


Figura 11 - Índices de Intensidade para floração e frutificação nas áreas de resíduos sólidos (A) e desmatamento (B). As barras representam a fenofase floração (Fl) e as linhas a fenofase frutificação (Fr). Av: *Avicennia*, Lg: *Laguncularia* e Rh: *Rhizophora*.



4.2.4 Percentual de intensidade da floração e da frutificação

Os métodos fenológicos analisados neste estudo forneceram dados essencialmente diferentes. Os percentuais de intensidade para floração e frutificação de *Avicennia* spp., *L. racemosa* e *R. mangle* são em sua maioria, inferiores aos percentuais de atividade; isso significa que há alta sincronia entre os indivíduos dessas espécies, porém baixa intensidade de floração (FIGURAS 10 e 11). Em virtude disso, os picos de atividade e intensidade nem sempre coincidiram para as três espécies de mangue, amostradas. Heideman (1989) já havia destacado em seu estudo que a proporção de indivíduos em atividade nem sempre prediz claramente o real volume de flores e frutos produzidos, ressaltando assim a importância da conjugação dos dois métodos.

Por meio do índice de atividade pode-se revelar o período em que a floração e a frutificação das espécies de interesse manifestaram atividade de forma mais

generalizada nas populações, observando melhor do que com percentual de intensidade o início e o final da atividade em cada área de estudo. Os picos de intensidade apontaram quando a floração e a frutificação foram mais intensas nos grupos pesquisados, considerando a quantidade estimada na produção de flores e frutos e não apenas o número de indivíduos manifestando a fenofase.

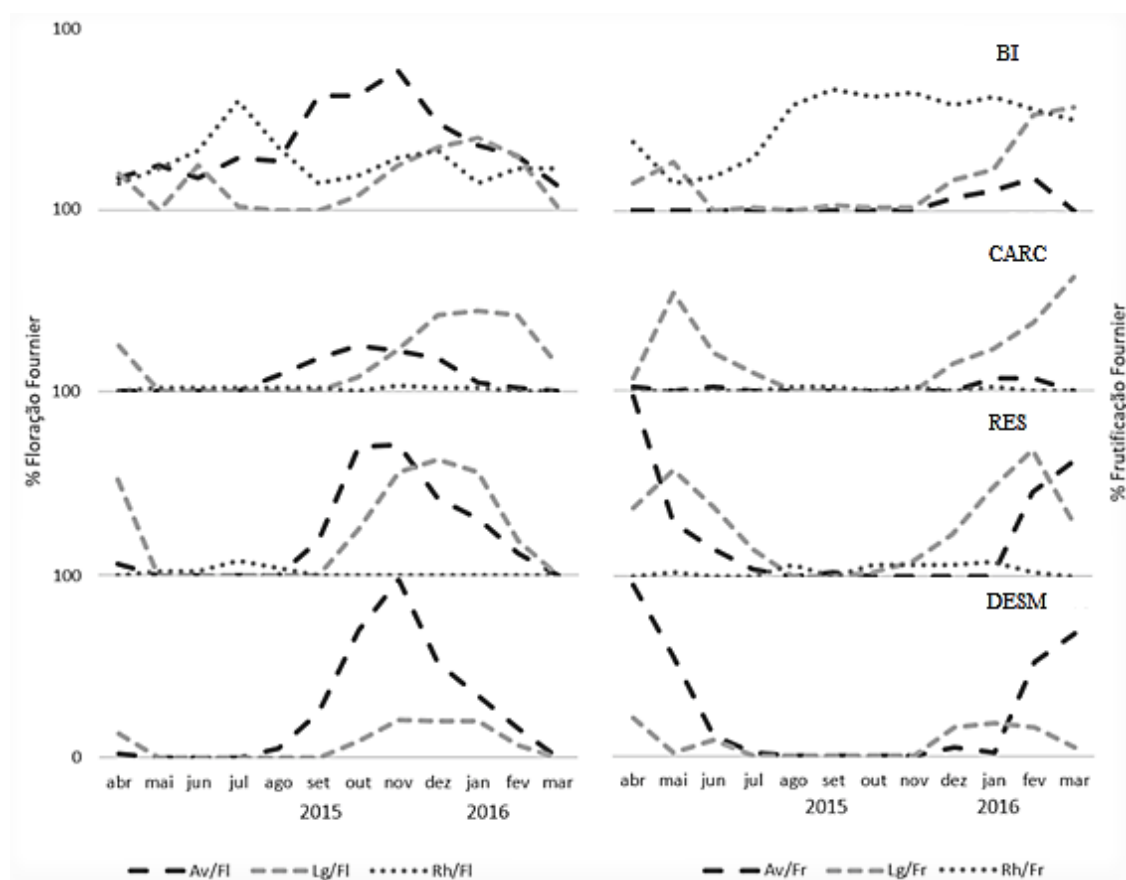
O gênero *Avicennia* spp. apresentou na área de carcinicultura os mais baixos percentuais de intensidade ($\leq 25\%$) para floração (FIGURA 12). Registros de alta intensidade de floração foram observados nas áreas de resíduos sólidos e desmatamento (FIGURA 12) nos meses outubro/2015 e novembro/2015, final do período de estiagem na região. Na área controle foi registrado pico de intensidade de floração para *Avicennia* spp. no mês de novembro/2015 (FIGURA 12).

Picos de atividade e de intensidade podem coincidir como ocorreu com a floração *L. racemosa* na área de resíduos sólidos (FIGURA 12) nos meses de novembro/2015 e janeiro/2016, mas sua interpretação nem sempre é a mesma como no caso da floração de *Avicennia* spp. nos meses de outubro/2015 e novembro/2015 na área de desmatamento. Ressalta-se que tanto os índices de atividade (100%), como os percentuais de intensidade foram altos (70% e 98%, respectivamente) para *Avicennia* spp., enquanto que no caso de *L. racemosa*, esta apresentou índices de 100% de atividade, mas em relação a intensidade os resultados foram 56% para ambos os índices avaliados. Ou seja, mesmo que os picos coincidam, eles podem expressar valores bem distintos. Observando também a área de baixo impacto nos referidos meses, chega-se ao mesmo entendimento.

A única área que apresentou percentuais altos em relação a intensidade de floração de *L. racemosa* foi resíduo sólido nos meses de abril/2015, novembro/2015 a janeiro/2016. Na área desmatada observou-se os percentuais mais baixo para esta fenofase ($\leq 21\%$).

Nas áreas impactadas foram registrados baixos percentuais de intensidade de floração para *R. mangle*. Diferentemente, na área controle foram observadas variações de intensidade ao longo do ano e pico de intensidade de floração no mês de julho/2015 para a espécie.

Figura 12 - Fenogramas com percentuais de intensidade de floração e frutificação nas áreas de baixo impacto (BI), de carcinicultura (CARC), de resíduos sólidos (RES) e desmatamento (DESM). Legendas: Av/Fl – *Avicennia* spp, floração; Lg/Fl – *Laguncularia racemosa*/floração; *Rhizophora mangle*/floração; Av/Fr – *Avicennia* spp, frutificação; Lg/Fr – *Laguncularia racemosa*/frutificação; *Rhizophora mangle*/frutificação.



Quanto ao percentual de intensidade frutificação de *Avicennia* spp., nas áreas impactadas por resíduos sólidos e desmatamento foram observados picos intensidade na produção de frutos no mês mais chuvoso do período de estudo (abril/2015), mas o mesmo padrão não foi manifestado pela espécie nas áreas de carcinicultura e baixo impacto. Nestas duas áreas foram registrados os mais baixos índices para esta fenofase.

A intensidade da frutificação em *L. racemosa* foi a melhor entre as três espécies, mas apresentou percentuais, de modo geral, inferiores aos de atividade. Por exemplo, no mês de abril/2015 na área de carcinicultura foi observado que 93% dos indivíduos da espécie *L. racemosa* monitorados estavam em atividade de frutificação (FIGURA 12). Quando comparados ao percentual de intensidade no mesmo mês e área, o resultado foi de 7%, concluiu-se então que os métodos analisados neste estudo forneceram informação essencialmente distintas como já foi dito anteriormente. Na área desmatada (FIGURA 12) os índices de intensidade foram baixos ($\leq 21\%$). Os altos percentuais de

frutificação foram registrados nos meses com chuva como se deu no mês de fevereiro/2016 na área de resíduos sólidos (FIGURA 12) e em março/2016 nas áreas de carcinicultura e baixo impacto.

Nas áreas impactadas a espécie *R. mangle* exibiu baixos percentuais quanto a intensidade de frutificação ($\leq 8\%$). Na área de baixo impacto (FIGURA 12) a espécie apresentou níveis distintos de intensidade (entre 15% e 67%) durante todo o período de estudo sugerindo que de alguma forma os tensores antrópicos estão interferindo na intensidade desta fenofase em *R. mangle*. Os picos de intensidade e de atividade de frutificação desta espécie coincidiram e ocorreu em setembro/2015, mês sem registro de chuva.

O desajuste entre os valores observados entre os índices de atividade (ou percentual por indivíduo) e os percentuais de intensidade, destaca a importância de se trabalhar distintamente com estes dois recursos.

Os percentuais de intensidade foram menos expressivos que os de atividade neste trabalho, isso pode estar relacionado a fatores bióticos como polinizadores e dispersores, já que a atividade e abundância destes está correlacionada diretamente com a disponibilidade dos recursos florais e frutíferos (BENCKE; MORELLATO, 2002). Uma vez que se observou que os fatores abióticos como umidade, salinidade, temperatura e pluviosidade não apresentaram influência direta sobre os resultados.

De acordo com o nível de análise (espécie ou comunidade) foi observado presença de comportamento fenológico distinto. Este pode representar diferentes estratégias ecológicas relacionadas as características particulares de cada espécie em busca de favorecer a dispersão, o estabelecimento e o recrutamento de plântulas. Newstrom et al. (1994a) afirma que estas diferenças não devem ser negligenciadas como se tem observado em trabalhos relacionados com a fenologia da flora tropical. No tocante a floração de espécies tropicais, Borchert (1980) ressalta que ao se analisar este comportamento é importante buscar entendimento sobre estes padrões considerando a influência de fatores climáticos, bióticos e edáficos.

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, observa-se que embora o índice de atividade forneça informações distintas dos encontrados pela utilização do índice de intensidade de Fournier (1974) sobre o comportamento fenológico, ele auxilia na análise e interpretação dos padrões encontrados em cada população, já que combina dados de sincronia e intensidade.

Fazendo-se uso complementar do índice de Fournier, pode-se prever dados volumétricos de produção de flores e frutos por indivíduo com mais clareza e especular as implicações disso em nível de população e comunidade. Tendo em vista que a conjugação dos dois métodos dá uma ideia da disponibilidade quantitativa e temporal da fenofase.

Nossos dados comparativos ao longo dos 12 meses revelaram que os indivíduos das áreas impactadas apresentaram menos atividade que em relação aos da área de baixo impacto, especialmente em relação a atividade de floração e frutificação de *R. mangle*. Nos meses de maio/2015 a julho/2015 e março/2016, nas áreas impactadas, não foram registrados indivíduos de *Avicennia* spp. em atividade diferentemente do que ocorreu na área de baixo impacto.

4.2.5 Relação entre os dados abióticos e os padrões de floração e da frutificação

O resultado da Análise de Correlação entre a fenologia e os dados abióticos demonstraram diferentes respostas entre as áreas analisadas ($p < 0,05$) (Tabela 3). Na área de carcinicultura a frutificação, tanto a sua atividade quanto a sua intensidade, apresentou forte correlação com a pluviosidade ($r=0,80$; $r=0,83$, respectivamente.). Na área afetada por resíduos sólidos (Tabela 3), a frutificação também revelou correlação positiva com a pluviosidade; sendo uma moderada correlação em relação a atividade ($r=0,66$) e forte correlação com a intensidade da frutificação ($r=0,84$). Ainda nesta área foram observadas correlações entre a atividade ($r= 0,73$) e intensidade ($r= 0,65$) de floração com a salinidade.

Tabela 3 – Resultado da Análise de Correlação entre as fenofases reprodutivas e os dados abióticos (umidade, salinidade, temperatura do ar e pluviosidade) nas quatro áreas estudadas. Os valores em negrito indicam correlações significativas ($p < 0,05$). Legenda: Baixo Impacto – BI; Carcinicultura – CARC; Resíduos Sólidos – RES; Desmatamento – DESM; Temp. – temperatura.

Área				BI
Variáveis	Umidade	Salinidade	Temp. Ar	Pluviosidade
Flor Atividade	-0,01	0,35	0,16	-0,08
Fruto Atividade	0,28	0,14	0,05	0,47
Flor Intensidade	-0,39	0,26	-0,05	-0,46
Fruto Intensidade	0,29	0,40	0,25	0,25

Área				CARC
Variáveis	Umidade	Salinidade	Temp. Ar	Pluviosidade
Flor Atividade	-0,11	0,15	-0,51	0,08
Fruto Atividade	0,42	-0,55	0,48	0,80
Flor Intensidade	-0,07	0,23	-0,48	0,07
Fruto Intensidade	0,50	-0,56	0,35	0,83

Área				RES
Variáveis	Umidade	Salinidade	Temp. Ar	Pluviosidade
Flor Atividade	0,03	0,73	0,27	0,04
Fruto Atividade	0,24	-0,34	0,22	0,66
Flor Intensidade	0,07	0,65	0,26	-0,05
Fruto Intensidade	0,29	-0,27	0,26	0,84

Área				DESM
Variáveis	Umidade	Salinidade	Temp. Ar	Pluviosidade
Flor Atividade	0,21	0,85	0,25	-0,26
Fruto Atividade	0,58	-0,27	0,22	0,63
Flor Intensidade	0,10	0,74	0,28	-0,35
Fruto Intensidade	0,47	-0,31	0,17	0,71

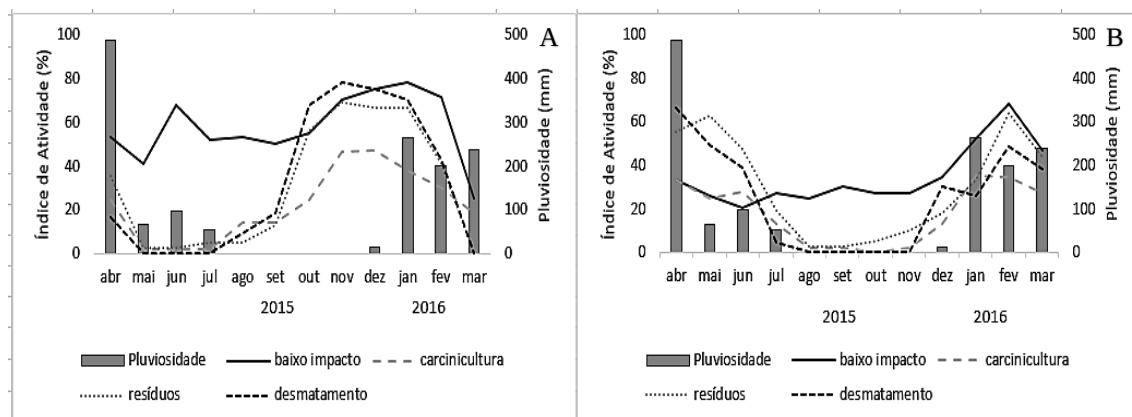
A área desmatada foi a única a apresentar correlação entre a frutificação e a umidade ($r = 0,58$). Nesta área, a atividade e intensidade de floração apresentaram forte correlação positiva ($r = 0,85$; $r = 0,75$, respectivamente) com a salinidade. Já a atividade e a intensidade de frutificação manifestaram correlação positiva com a pluviosidade (Tabela 3DESM).

Na área de baixo impacto não foi observada correlação com fatores abióticos, sugerindo que os impactos ambientais analisados nesta pesquisa provavelmente exercem maior força seletiva sobre os percentuais de atividade e intensidade da floração e frutificação que os fatores abióticos avaliados (Tabela 3BI). Respostas endógenas da planta e pressões seletivas bióticas devem influenciar a periodicidade das fenofases de algumas espécies deste estudo. Características filogenéticas podem iniciar os ciclos reprodutivos em detrimento das condições climáticas (FORTUNATO; QUIRINO, 2016). Segundo Borchert (1980), os padrões de reprodução e crescimento em espécies

tropicais são determinados a princípio por processos periódicos endógenos e em segundo plano se apresenta como adaptação às mudanças ambientais. Contudo, fatores ambientais como a salinidade e a pluviosidade, aparentam atuar secundariamente como sinalizadores exógenos seja para a atividade quanto para a intensidade da fenofase reprodutiva quando as espécies estão sujeitas a algum tipo de impacto antrópico.

Observando-se a figura 12B, reforça-se a percepção de que nos meses secos houve um decaimento na produção de frutos nas áreas impactadas. Já na área de baixo impacto observou-se que as florações de *Avicennia* spp. e *R. mangle* foram contínuas ao longo do ano de estudo o que não ocorreu nas áreas sujeitas a impactos antrópicos (FIGURA 13A).

Figura 13 – Relação entre os índices de atividade (floração e frutificação) e a pluviosidade nas áreas de estudo. Legenda: Floração – A; Frutificação – B.



Estudos realizados por Daubenmire (1972), Frankie et al. (1990), Fournier (1976), Opler et al. (1976), Bullock e Solís-Magalhanes (1988) em florestas, mostram que a maioria das espécies arbóreas estudadas nestas comunidades apresenta pico de floração e frutificação dentro dos meses mais secos confirmando assim o que ocorreu em relação ao pico de frutificação de *R. mangle* no presente trabalho.

Os níveis de salinidade flutuaram bastante ao longo dos meses nas quatro áreas, como se pode observar nas figuras abaixo (FIGURAS 14 E 15).

Figura 14 – Relação entre os índices de atividade (floração) e a salinidade nas áreas de estudo. Baixo Impacto – A; Carcinicultura – B; Resíduos Sólidos – C; Desmatamento – D.

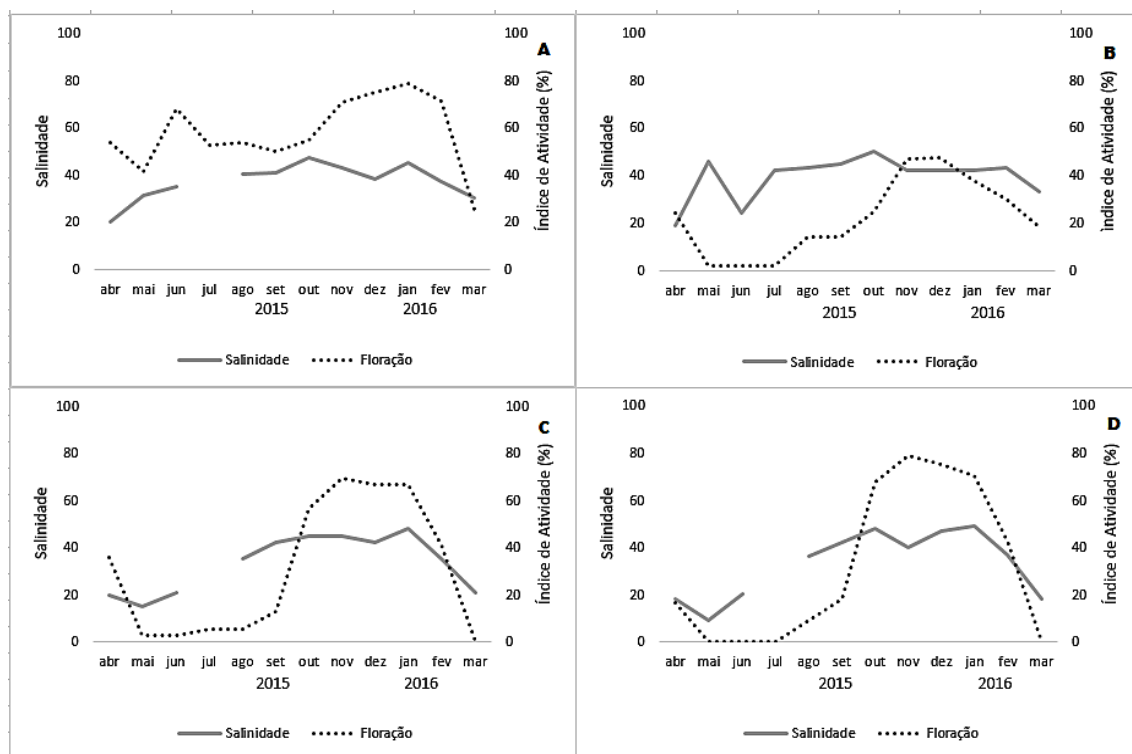
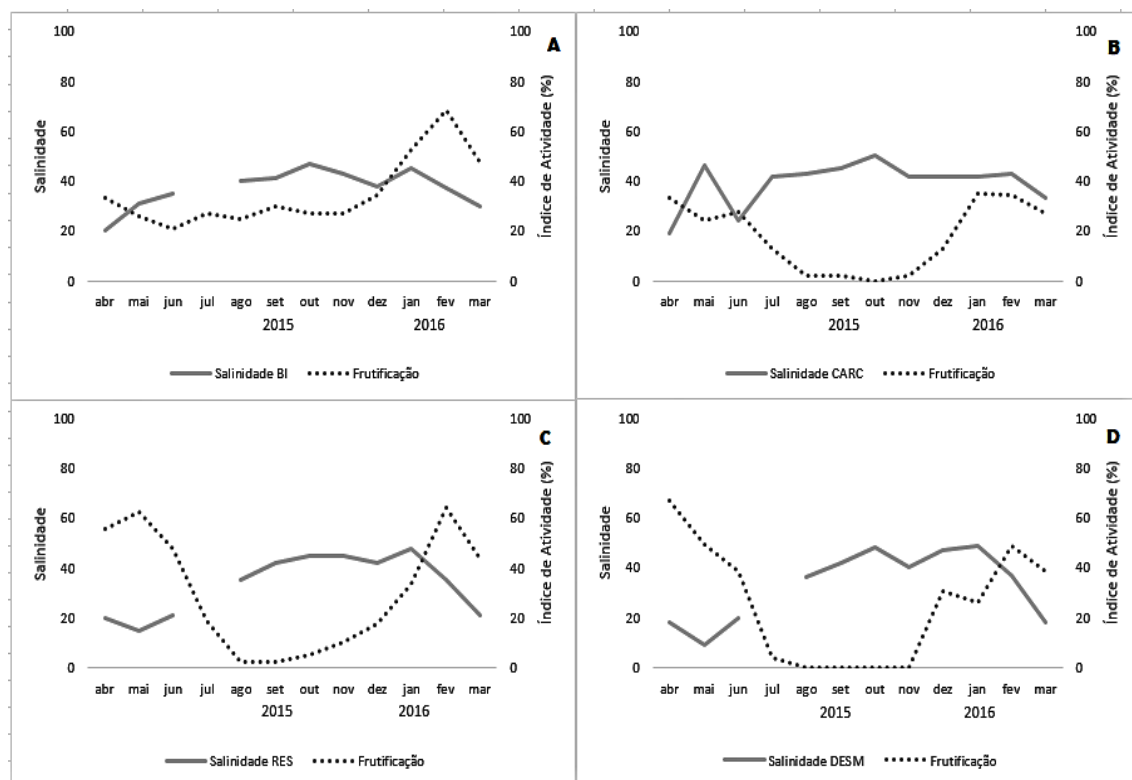


Figura 15 – Relação entre os índices de atividade (frutificação) e a salinidade nas áreas de estudo. Baixo Impacto – A; Carcinicultura – B; Resíduos Sólidos – C; Desmatamento – D.



A atividade e a intensidade da floração apresentaram correlação positiva em relação à salinidade em duas áreas impactadas (resíduos sólidos e desmatamento). Estudos realizados por Cuzzuol e Campos (2001) e Tomlinson (1994) dão indicações que as espécies *L. racemosa* e *R. mangle* são dotados de mecanismos fisiológicos osmorregulatórios complexos em relação aos elevados teores salinos a que estão submetidos constantemente. Estas adaptações que as assemelham às plantas de ambientes xéricos não apenas morfologicamente, mas também fisiologicamente, podem estar atuando como facilitadores do sucesso reprodutivos destas espécies.

Estudos futuros com maior tempo de observação dessas espécies poderão elucidar dúvidas quanto as especificidades comportamentais de cada espécie de mangue de modo a possibilitar o entendimento mais claro das respostas sobre seus padrões de reprodução.

4.3 Produtividade de estruturas reprodutivas de porções de serapilheira

Estudos em distintas áreas de manguezal submetidas a diferentes impactos, permitem avaliar as condições de cada bosque, sendo possível a comparação dos dados sobre produtividade entre estas áreas, evidenciando como a presença do homem está interferindo nas respostas fenológicas da vegetação. Bem como demonstra a plasticidade fenotípica destas espécies na tentativa de se adaptar as condições ambientais impostas.

Os valores de produção anual de serapilheira das frações reprodutivas (flor e fruto) obtidos revelaram que a área impactada por carcinicultura apresentou o maior resultado, 855,43 g.m².ano. Na área de baixo impacto o valor foi de 511,94 g.m².ano. Enquanto que nos outros manguezais impactados por resíduos sólidos e desmatamento foram registrados os mais baixos valores, 185,7 g.m².ano e 168,92 g.m².ano, respectivamente.

A produção total das frações reprodutivas (flor e fruto) variou significativamente entre os meses de amostragem e áreas de coleta (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultados da Análise de Variância *two way* comparando a produção total das frações reprodutivas (flor e fruto) e os meses de amostragem nos ambientes estudados. Valores em negrito indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

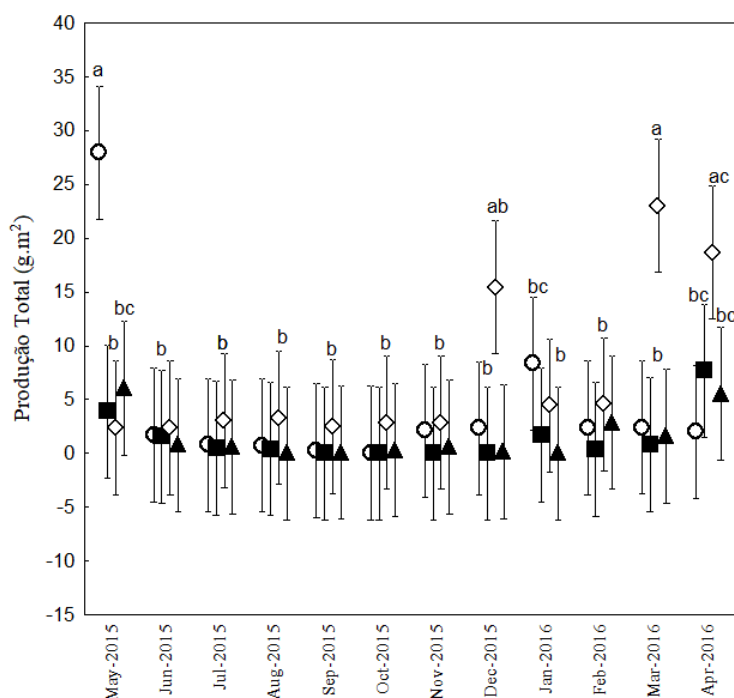
Efeito	SS	DF	MS	F	p
Área	2629,38	3	876,459	8,79645	0,000011
Mês	4625,72	11	420,520	4,22048	0,000006
Área/mês	9103,11	33	275,852	2,76854	0,000001
Error	43043,55	432	99,638		

Fonte: autora (2017). As letras indicam: SS – soma dos quadrados; DF – graus de liberdade; MS – média dos quadrados; F – estatística do teste; **p – probabilidade.**

Assim, os maiores valores de produtividade total (flor e fruto) foram observados nas áreas de baixo impacto e carcinicultura (FIGURA 16) nos meses de maio/2015 e março/2016, respectivamente. Nos demais meses estudados, a produção de serapilheira foi similar entre as áreas. Cabe ressaltar que os menores valores em relação a produção total para as quatro áreas de estudo, ocorreu em setembro/2015 e outubro/2015, meses sem registro pluviométrico. A relação entre pluviosidade e produtividade já foi descrita por diversos autores (LONGO, 2009; TAM et al., 1998; FARIAS et al., 2006; CARVALHO, 2002), mas não deixa tão clara a interferência da pluviosidade sobre a produção total, inferindo-se que este resultado pode sofrer influência também de características ambientais locais. Em estudos realizados numa floresta tropical, Heideman (1989) observou diferenças na produção de flores e frutos associadas às variações florísticas e de solo.

Em estudo feito por Souza (2016), concluiu que a presença de resíduos sólidos nos manguezais podem ser um dos responsáveis pela maior mortalidade de plantas, possivelmente devido ao aprisionamento dos resíduos nos pneumatóforos, prejudicando assim as trocas gasosas dos vegetais (SOUZA, 2016). De acordo com Paula (2015) em pesquisa realizada nos mesmos manguezais estuarinos impactados no Rio Acaraú, a área afetada pela carcinicultura apresenta mais representantes de *A. germinans*. Nas áreas onde há disposição inadequada de resíduos sólidos e desmatamento contou-se com presença mais expressiva das espécies *L. racemosa* em primeiro lugar, seguida pela espécie *A. germinans* (PAULA, 2015). Desta maneira, a perda de indivíduos consequentemente influenciará na taxa de produtividade local.

Figura 16 – Média $\pm$ erro padrão da produção total das frações flor e fruto nas quatro áreas ao longo do ano. Letras diferentes indicam diferenças significativas de acordo com o teste *Tukey*. Legenda: Círculo – baixo impacto; Losango – carcinicultura; Triângulo – resíduos sólidos; Quadrado – desmatamento.



A produtividade da fração flor foi maior na área de baixo impacto ($158,32\text{g.m}^2.\text{ano}$). Nas áreas impactadas por resíduos sólidos e desmatamento foram registrados os mais baixos valores ($39,25\text{g.m}^2.\text{ano}$ e $21,04\text{g.m}^2.\text{ano}$, respectivamente).

Os meses de maior produção de flor foram dezembro/2015 e janeiro/2016 em todas as áreas (FIGURA 17). A tabela 5 mostra os resultados da Análise de Variância fatorial da produção de flor ao longo dos meses nas áreas estudadas indicando diferenças significativas.

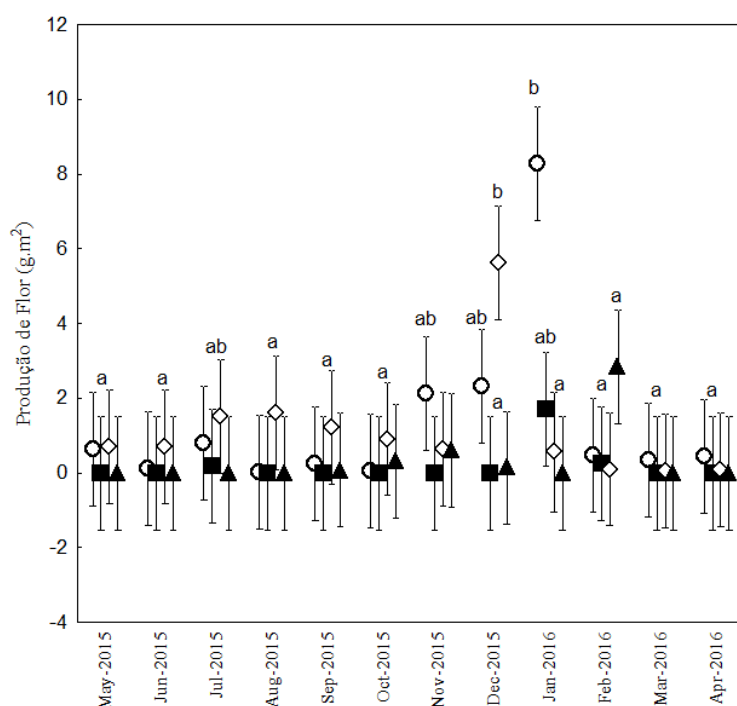
Tabela 5 - Resultados da Análise de Variância *two way* comparando a produção total de flor e os meses de amostragem nos ambientes estudados. Valores em negrito indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Efeito	SS	DF	MS	F	p
Área	117,838	3	39,2795	6,56381	0,000240
Mês	272,607	11	24,7824	4,14128	0,000008
Área/mês	654,524	33	19,8341	3,31438	0,000001
Error	2579,211	431	5,9842		

Fonte: autora (2017). As letras indicam: SS – soma dos quadrados; DF – graus de liberdade; MS – média dos quadrados; F – estatística do teste; **p – probabilidade**.

As áreas de baixo impacto e carcinicultura apresentaram as maiores taxas de produtividade para flor, corroborando com os mais expressivos índices de atividade para *Avicennia* spp. e *L. racemosa* nas mesmas áreas e nos mesmos meses conforme descrito acima. Os resultados do Teste de *Tukey* indicam semelhanças na produção de flor entre os demais meses nas quatro áreas estudadas. Bernini (2008) destaca que a produção da serapilheira ocorre em resposta a interação de diferentes variáveis. E o fator determinante irá depender das características bióticas e abióticas de cada manguezal. O fato da produção de frações da serapilheira serem mais intensas em determinadas épocas do ano pode ser reflexo da sazonalidade local. Contudo, deve-se observar que as características fenológicas das espécies podem levar a intensificação da sua produção em períodos específicos (BERNINI; REZENDE, 2010).

Figura 17 – Média $\pm$ erro padrão da produção da fração flor nas quatro áreas ao longo do ano. Letras diferentes indicam diferenças significativas de acordo com o teste *Tukey*. Legenda: Círculo – baixo impacto; Losango – carcinicultura; Triângulo – resíduos sólidos; Quadrado – desmatamento.



Esta proximidade entre os resultados obtidos de uma área pouco impactada e uma sob influência da carcinicultura instiga novas interrogações tendo em vista a literatura já expressa nesta pesquisa (PAULA et al., 2016; SOUZA, 2016) que aponta a carcinicultura como um tensor para o ecossistema manguezal.

A maioria dos estudos relativos aos impactos causados pela carcinicultura gira em torno das etapas de instalação e manejo das fazendas. No entanto, o campo científico

não tem se debruçado sobre as implicações do processo de beneficiamento (preparo industrial para consumo) sobre o meio ambiente, bem como em relação aos impactos da liberação dos efluentes, muitas vezes carregados de matéria orgânica, substâncias sanitizantes e antibióticos. Substâncias estas que atingem não apenas as comunidades locais, mas também as circunvizinhas causando transtornos diversos (*e.g.* bioacumulação e resistência de patógenos, no caso dos antibióticos). Como as comunidades vegetais estão respondendo fisiologicamente a isso, ainda não se sabe. Uma vez que a fauna associada pode estar sendo comprometida, a ciclagem dos nutrientes promovida por este grupo, também será afetada interferindo assim na dinâmica do ecossistema.

Para a fração fruto os maiores resultados foram na área impactada por carcinicultura (719,18g.m².ano) que apresentou mais que o dobro do valor de produtividade anual obtido na área de baixo impacto (353,62 g.m².ano). Nas áreas afetadas por resíduos sólidos e desmatamento foram observadas taxas de produtividade anual quase equivalentes para a fração fruto (146,26 g.m².ano e 147,88g.m².ano).

O resultado da Análise de Variância de dois fatores para o componente fruto indica diferenças significativas entre as áreas de estudo e os meses de amostragem (Tabela 6).

Tabela 6 - Resultados da Análise de Variância *two way* comparando a produção total do fruto e os meses de amostragem nos ambientes estudados. Valores em negrito indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

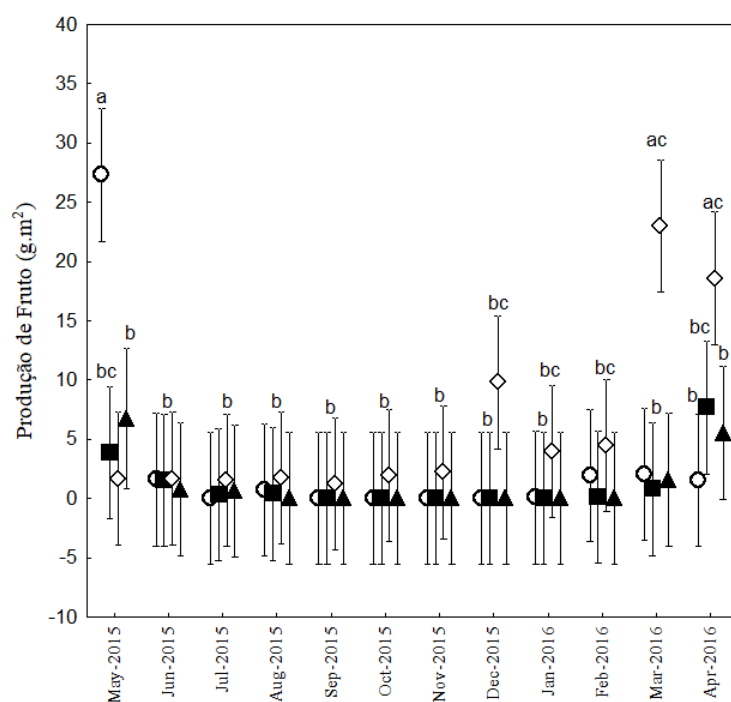
Efeito	SS	DF	MS	F	p
Área	1795,48	3	598,494	7,41522	0,000075
Mês	5145,26	11	467,751	5,79534	0,000001
Área/mês	8511,04	33	257,910	3,19545	0,000001
Error	34786,72	431	80,712		

Fonte: autora (2017). As letras indicam: SS – soma dos quadrados; DF – graus de liberdade; MS – média dos quadrados; F – estatística do teste; **p – probabilidade.**

Assim como se deu nos trabalhos realizados por Clough et al. (2000) e Carvalho (2002) que observaram o pico de produção de fruto em sincronia com o período chuvoso, os maiores picos de produção desta fração foram nas áreas de baixo impacto e carcinicultura (FIGURA 18), em meses com registro de chuva (maio/15, março/2016, respectivamente). Outros meses de destaque foram dezembro/2015 e abril/2016 na área de carcinicultura.

No mês de maio/2016 também foi registrado pico de produtividade da frutificação na área de resíduos sólidos. Já na área desmatada o pico ocorreu no mês de abril/2016.

Figura 18 – Média $\pm$ erro padrão da produção da fração fruto nas quatro áreas ao longo do ano. Letras diferentes indicam diferenças significativas de acordo com o teste *Tukey*. Legenda: Círculo – baixo impacto; Losango – carcinicultura; Triângulo – resíduos sólidos; Quadrado – desmatamento.



Quando foi realizada Análise de Correlação entre os dados abióticos já citados e a produtividade entre as áreas, os resultados foram os seguintes como mostra a tabela 7.

Tabela 7 - Resultados das Análises de Correlações entre os dados abióticos e as produtividades das frações reprodutivas das espécies por área. Os valores em negrito indicam correlação significativa ($p < 0,05$). Legenda: Baixo impacto - BI; Carcinicultura - CARC; Resíduos sólidos - RES; Desmatamento - DESM; Temp. – temperatura.

Área				BI
Variáveis	Umidade	Salinidade	Temp. Ar	Pluviosidade
Flor	0,01	0,27	0,13	0,37
Fruto	0,16	-0,08	0,23	-0,03

Área				CARC
Variáveis	Umidade	Salinidade	Temp. Ar	Pluviosidade
Flor	-0,21	0,23	-0,11	-0,49
Fruto	0,06	-0,53	-0,22	0,63

Área				RES
Variáveis	Umidade	Salinidade	Temp. Ar	Pluviosidade
Flor	-0,06	0,14	0,15	0,18
Fruto	0,16	-0,62	0,21	0,33

Área				DESM
Variáveis	Umidade	Salinidade	Temp. Ar	Pluviosidade
Flor	0,20	0,30	-0,07	0,63
Fruto	0,22	-0,61	0,21	0,03

Na área de carcinicultura observou-se correlação moderada ($r = 0,63$) entre a frutificação e a pluviosidade. Na área de resíduos sólidos, a frutificação foi afetada pela salinidade, onde foi demonstrada correlação negativa entre elas ($r = -0,62$). Nesta área foi registrada a menor taxa de produtividade para a fração fruto. Pesquisadores afirmam que interferências no processo de regulação osmótica pode afetar o metabolismo celular, e quando submetidas a altas salinidades, promover a redução da síntese proteica e tamanho foliar (CUZZUOL; CAMPOS, 2001; MEDINA; FRANCISCO, 1997; SOTO; JIMÉNEZ, 1982), comprometendo as respostas fisiológicas do vegetal como um todo.

De acordo com a literatura, a elevada salinidade parece estar associada tanto à baixa absorção de alguns nutrientes (N, P, K) como também pode comprometer o comportamento reprodutivo uma vez que alterações físicas e químicas no substrato causam baixa fertilidade por escassez de nitrogênio (CUZZUOL; CAMPOS, 2001).

Já na área desmatada tanto a floração quanto a frutificação apresentaram correlações significativas. A floração demonstrou correlação positiva ($r = 0,63$) com a pluviosidade e a frutificação correlação negativa ($r = -0,61$) com a salinidade. Na área de baixo impacto não foram observadas correlações entre as variáveis analisadas (Tabela 7).

Conhecer os padrões da produção de propágulos é uma informação relevante sobre o ecossistema, uma vez que nos sistemas florestais a distribuição das plantas

adultas depende, entre outros aspectos, da disponibilidade de propágulos, seu recrutamento, estabelecimento e desenvolvimento (CARDOSO; CHAVES; SOARES, 2015).

Diferenças na produtividade de partes reprodutivas foram reportadas no trabalho de Mackey e Smail (1995) entre os anos estudados (1992 a 1994). Wium-Andersen, Christensen (1978) e Duke et al. (1984) observaram uma redução na produção de folhas ao passo que a produção de flores e de frutos foi máxima em algumas espécies de mangue. Estas respostas podem sugerir que algumas espécies da flora do manguezal investem um ano no acúmulo de biomassa (crescimento vegetativo) e no outro ano na reprodução (CARDOSO; CHAVES; SOARES, 2015). Silva et al. (2005) explica que estes diversos padrões fenológicos apresentados podem estar intimamente relacionados a questões fisiológicas destes vegetais em busca de garantir seu sucesso reprodutivo.

Dependendo da intensidade dos impactos, eles podem exercer forte influência na queda de serapilheira (MENGHINI, 2004; SOUZA, 2016). Esse fato pode levar a diferentes resultados na taxa normal de produção de alguns elementos, assim como ocorreu no estudo feito por Menghini (2004). O autor relata que a produtividade de propágulos no seu estudo se mostrou acima do normal. Possivelmente, uma estratégia do vegetal na tentativa de perpetuação da espécie em resposta ao tensor externo (derramamento de petróleo).

Flores-Verdugo et al. (1987), Chale (1996) e Fernandes (2007) descrevem maiores valores durante o período de estiagem. Esta abscisão pode ser em resposta as condições de alta salinidade durante esta estação o que acaba requerendo da planta um custo energético elevado para manter seus tecidos fotossintetizantes.

O fato de que as melhores respostas na produtividade dos propágulos ocorreram nos meses de chuva, pode estar relacionado com a estratégia de dispersão dos frutos e sementes das espécies de mangue que se dá, em sua maioria, por hidrocoria (FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007) propiciando o seu estabelecimento em outras áreas (AKÉ-CASTILLO et al., 2006; SOUSA, 2017).

Pesquisas também relataram que nem todas as árvores produziram propágulos todos os anos, sendo observada uma variabilidade espaço-temporal na produção deste componente (WOODROFFE, 1982; 1985; BURNS; OGDEN, 1985).

As características estruturais e funcionais dos manguezais são determinadas não apenas por particularidades ambientais locais. Elas respondem também em nível regional, global e especialmente quando estão submetidas a pressões das atividades

humanas que repercutem sobre o balanço dos sedimentos e águas dos estuários, podendo desta forma destruir ou fragmentar a flora (PERIA et al., 1990; SOARES, 1999; SOARES et al., 2003).

Consequentemente, a perda de áreas de manguezal provoca alterações na produtividade e equilíbrio ecossistêmico natural uma vez que a deposição de material orgânico é um meio tanto de transferência de nutrientes para o solo, quanto para criação de nichos para a fauna associada e microrganismos (CARPANEZZI, 1980). A capacidade de propagação vegetativa das espécies de mangue é limitada (CARDOSO; CHAVES; SOARES, 2015). Portanto, entender como se dá o comportamento do vegetal em relação a sua biologia reprodutiva é importante, tendo em vista que a regeneração de manguezais degradados depende em parte à dispersão (CINTRÓN-MOLERO; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992) aporte de propágulos e sobrevivência de suas plântulas (TOMLINSON, 1994).

Quanto mais se conhece sobre os padrões dentro dos ecossistemas, melhores são as chances de se elaborar planos de manejo que irão subsidiar futuras ações de monitoramento e conservação.

5 CONCLUSÕES

Ao se analisar os padrões fenológicos de floração e frutificação de *Avicennia* spp., *L. racemosa* e *R. mangle* sujeitas a diferentes graus de perturbação antrópica, concluiu-se que as alterações resultantes das atividades humanas, direta ou indiretamente, afetam o comportamento reprodutivo e produtivo do mangue.

As florações de *Avicennia* spp. e *R. mangle*, em condições naturais, ocorrem o ano todo, evidenciando uma grande influência de características endógenas nestas espécies, que podem ou não estar associadas as variações ambientais na determinação de suas respostas fenológicas. Contudo, nas áreas impactadas estas espécies mostraram padrões irregulares. *L. racemosa* apresentou padrão de atividade de floração irregular e subanual. Dentre as três espécies estudadas, *Avicennia* spp. foi a que apresentou os melhores índices, tanto de atividade quanto de intensidade, para floração.

Já em relação a frutificação, *L. racemosa* foi a espécie que apresentou os mais altos percentuais para os dois índices fenológicos analisados (Índice de Atividade e de Intensidade de Fournier). *R. mangle* frutificou o ano todo na área de baixo impacto. O mesmo não ocorreu nas áreas impactadas sugerindo que esta espécie responde negativamente aos tensores antrópicos. Os índices de frutificação da *Avicennia* spp. foram inferiores quando comparados aos seus percentuais de floração. Observou-se também que áreas afetadas por impactos apresentaram atividade de frutificação em menor tempo, entretanto em maior intensidade do que na área controle.

Os fatores abióticos como pluviosidade e salinidade parecem exercer maior força seletiva quando as espécies estão sujeitas a algum tipo de impacto antrópico.

A produtividade de flores e frutos é afetada de forma mais intensa pelos tensores resíduos sólidos e desmatamento. Em consequência disso apresenta uma produtividade inferior à das outras áreas avaliadas. Entre áreas impactadas, carcinicultura se destacou quanto a produtividade de frutos. A produtividade da fração flor foi maior na área de baixo impacto.

A análise comparativa dos diferentes métodos de avaliação fenológicos e de produtividade realizados neste estudo, indicou que estes fornecem dados distintos e complementares sobre o comportamento reprodutivo vegetal.

O uso dos métodos fenológicos (Intensidade de Fournier e Índice de atividade) facilitou a análise e as interpretações do comportamento fenológico mais do que as respostas relativas à produtividade, uma vez que oferece mais detalhamento e

refinamento nas informações fornecidas. Isso só confirma a importância de se combinar diferentes metodologias de estudos em comunidades complexas como os manguezais.

Por fim, aponta-se para a necessidade de acompanhamento a longo prazo, já que este permite avaliar as respostas das populações e comunidades frente aos impactos impostos ou mesmo a práticas de manejo e conservação. Trabalhos de monitoramento como este, podem servir como suporte na tomada de decisão, políticas públicas e planos de manejo partindo das informações fornecidas sobre as comunidades em estudo a fim de alertar sobre como os tensores antrópicos podem interferir no funcionamento deste ecossistema.

REFERÊNCIAS

- AKÉ-CASTILLO, J. A.; VAZQUEZ, G.; LÓPEZ–PORTILLO, J. Litterfall and decomposition of *Rhizophora mangle* L. in a coastal lagoon in the southern Gulf of Mexico. **Hydrobiologia**, v. 559, p. 101 – 111, 2006.
- ALBUQUERQUE, A.; FREITAS, E.; MOURA-FÉ, M. M.; BARBOSA, W. A proteção dos ecossistemas de manguezal pela legislação ambiental brasileira. **GEOgraphia**, ano 17, n. 33, p. 126-153, 2015.
- ALLEN, J. A.; EWEL, K.C.; JACK, J. Patterns of natural and anthropogenic disturbance of the mangroves on the Pacific Island of Kosrae, Wetlands Ecology and Management (incorporating Mangroves and Salt Marshes). **Kluwer Academic Publishers**, v. 9, n. 3, p. 279-289. 2001.
- ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D. J. Produção de serapilheira em florestas impactadas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas. **Acta amazônica**, Manaus, v. 45, p. 157-166, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v45n2/1809-4392-aa-45-02-00157.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2017.
- ALMEIDA, F. C.; RIBEIRO, A. S. A esfera pública e a devastação dos manguezais aracajuanos, Sergipe, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v.3, n.1, p. 23-41, jun, 2009.
- ALONGI, D. M. Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation**, v. 29, n. 3, p. 331- 349. 2002.
- ALONGI, D.M. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.76, n. 76: p. 1-13. 2008.
- ARAÚJO, M.C.B.; COSTA, M. Visual diagnosis of solid waste contamination of a tourist beach: Pernambuco, Brazil. **Waste Management**, v. 27, n.6, p. 833-839, 2007.
- ARQUIT, S. P.; CORNWELL, T. B. Micro-macro linking using system dynamics modeling: An examination of eco-labeling effects for farmed shrimp. **Journal of Macromarketing**, v. 27, n. 3, p. 243-255, 2007.
- AUGSPURGER, C. K.; Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs. **Biotropica**, v.15, n. 4, p. 257-267, 1983.
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Rev. bras. Bot.** [online], v. 25, n.3, p. 269-275. 2002a. ISSN 0100-8404.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v.25, n.2, p.273-248, jun. 2002b.

BERLAMINO, P. H. P.; SILVA, S. M.; DANTAS, I. P. B.; SILVA, A. S.; RUFENER, M. C.; ARAÚJO, M. C. B. Resíduos sólidos em áreas de manguezal no rio Potengi (Natal-RN): relação com a localização e uso das áreas. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO, 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2012. p. 1-14.

BERNINI, E. **Estrutura da Cobertura Vegetal e Produção de Serapilheira da Floresta de Mangue do Estuário do Rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil.** Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 150p. 2008.

BERNINI, E.; REZENDE, C. E. Variação estrutural em lorestas de mangue do estuário do Rio Itabapoana, ES-RJ. **Biotemas**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 49-60, 2010.

BONALDI, R. A.; RODERJAN, C. V. Levantamento florístico e caracterização estrutural de um manguezal na APA de Guaraqueçaba, Paranaguá, PR. **Acta Biológica Catarinense**. v.4, n.1, p. 19-28, jan-jun, 2017.

BORCHERT, R. Phenology and ecophysiology of tropical trees: *Erythrina poeppigiana* O.F. **Cook. Ecology**, v. 61, n.5, p.1065-1074. 1980.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Congresso Nacional**, Brasília, DF, 31 de agosto de 1981.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 de maio de 2002.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Estabelece o código florestal e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder executivo, Brasília, DF, 25 de mai. 2012a.

BRASIL. Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. **Dispõe sobre alterações no Código Florestal**, Brasília, DF, 17 de outubro, 2012b.

BRASIL. Lei 7. 661 de 16 de maio de 1988. Estabelece o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder executivo, Brasília, DF, 16 de maio de 1988.

BRASIL. Portaria nº 9 de 29 de janeiro de 2015. Aprova o Plano de Ação Nacional para Conservação das Espécies Ameaçadas e de Importância Socioeconômica do Ecossistema Manguezal. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 de jan. 2015.

BULLOCK, S.H.; SOLÍS-MAGALLANES, A. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous and treelet species in tropical cloud forests of Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v.4, p.347-359, 1988.

BURNS, B. R.; OGDEN, J. The demography of the temperate mangrove [*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.] at its southern limit in New Zealand. **Australian Journal of Ecology**, v.10, n.2, p.125-133, 1985.

CARDOSO, F. C. G.; MARQUES, R.; BOTOSSO, P. C.; MARQUES, M. C. M. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. **Plant Soil** v. 354, n. 1-2, p. 269-281, mai, 2012.

CARDOSO, C. S.; CHAVES, F. O.; SOARES, M. L. G. Variação espaço-temporal na produção de propágulos de espécies de mangue no Sudeste do Brasil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, Belém, v. 10, n. 3, p. 491-503, set-dez. 2015.

CARPANEZZI, A.A. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior do Estado de São Paulo.** Piracicaba, 1980. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 1980.

CARVALHO, M. E. S.; FONTES, A. L. A carcinicultura no espaço litorâneo sergipano. **Revista FAPES de Pesquisa e Extensão**, v. 3, p. 87-112, 2007.

CARVALHO, M. L. **Aspectos da produtividade primária dos bosques de mangue do Furo Grande, Bragança, Pará.** Tese de mestrado. Universidade Federal do Pará, Bragança, Pará. 2002.

CHALE, F. M. M. Litter production in an *Avicennia germinans* (L.) Stearn. forest in Guyana, South America. **Hydrobiologia**, v. 330, n.1, p. 47- 53, 1996.

CHRISTENSEN, B. WIUM-ANDERSEN, S. Seasonal growth in mangrove trees is southern Thailand. I. The phenology of *Rhizophora apiculata* BI. **Aquatic Botany**, v. 3, p. 281-286, 1977.

CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Mangrove forests: ecology and response to natural and man induced stressors.** In: Coral Reefs, Seagrass Beds and Mangrove: their Interaction in the Coastal Zones of the Caribbean. UNESCO Reports in Marine Science, n. 23, p. 87 -113, 1984.

CINTRÓN-MOLERO, G. SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Ecology and management of New World mangroves.** In: U. SEELIGER (Ed.): Coastal plant communities of Latin America. Academic Press, California, p. 233-258, 1992.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. **Marine Ecology Progress Series**, v. 216, p. 265-278, 2001.

CLELAND, E. E.; CHUINE, I.; MENZEL, A.; MOONEY, H. A.; SCHWARTZ, M. D. Shifting plant phenology in response to global change. **Trends Ecol. Evol.**, v. 22, p. 357-365, 2007.

CLOUGH, B.F.; TAN, D.T.; PHUONG, D.X.; BUU, D.C. Canopy leaf area index and litter fall in stands of the mangrove *Rhizophora apiculata* of different age in the Mekong Delta. Vietnam. **Aquatic Botany**, v. 66, p. 311- 320, 2000.

COSTANZA, R. et al. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 26, p. 152-158, 2014.

COURRAT, A.; LOBRY, J.; NICOLAS, D.; LAFFARGUE, P.; AMARA, R.; LEPAGE, M.; GIRARDIN, M.; LE PAPE, O. Anthropogenic disturbance on nurse function of estuarine areas for marine species. Estuarine. **Coastal and Shelf Science**, v.81, p. 179-190, 2009.

CUZZUOL, G. R. F.; CAMPOS, A. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil. **Revta brasil. Bot.**, São Paulo, v.24, n.2, p.227-234, jun, 2001.

DAUBENMIRE, B. Phenology and other characteristics of tropical semideciduous forest in North-Western Costa Rica. **Journal of Ecology**, v.60, n.1, p. 47-170, 1972.

DAWES, C. SIAR, K.; MARLETT, D. Mangrove structure, litter and macroalgal productivity in a northern-most forest of Florida. **Mangrove and salt marshes**, v.3, p. 259-267, 1999.

DE ALVARENGA, A. M. S. B.; BOTOSSO, P. C.; SOFFIATTI, P. Stem growth and phenology of three subtropical mangrove tree species. **Braz. J. Bot**, v.40, n.4, p. 907-914, dez, 2017.

DE RYCK, D.J.R.; ROBERT, E. M. R.; SCHMITZ, N.; STOCKEN, T. V.; DI NITTO, D.; DAHDOUNH-GUEBAS, F.; KOEDAM, N. Size does matter, but not only size: two alternative dispersal strategies for viviparous mangrove propagules. **Aquatic Botany**, v.103, p. 66-73, 2012.

DHN - **Diretoria de Hidrografia e Navegação - Marinha do Brasil. Porto do Pecém**. 2015. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>. Acesso em: 01 set. 2015.

DONATO, D. C.; KAUFFMAN, J. B.; MURDIYARSO, D.; KURNIANTO, S.; STIDHAM, M.; KANNINEN, M. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. **Nat.Geosci**, v.4, p. 293-297, 2011.

DUKE, N. C. Phenological trends with latitude in the mangrove tree *Avicennia marina*. **J. Ecol**, v. 78, p. 113-133, 1990.

DUKE, N. C.; BUNT, J. S. WILLIAMS, W. T. Observations on the floral and vegetative phenologies of north-eastern Australian mangroves. **Aust. J Bot**, v. 32, p. 87-99, 1984.

ELLISON, J. C. **Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Planning for Mangrove Systems**. Washington, DC: World Wildlife Fund (WWF). 2012.

FARIAS A. S. C.; FERNANDES M. E. B.; REISE A. Comparação da produção de serapilheira de dois bosques de mangue com diferentes padrões estruturais na Península Bragantina, Bragança, Pará. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, **Ciências Naturais**. Belém, v. 1, n. 3, p. 53-60, set-dez, 2006.

FERREIRA, M. C.; CONSOLARO, H. Fenologia e síndromes de polinização e dispersão de espécies de sub-bosque em um remanescente florestal urbano no Brasil central. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 1708-1720, nov. 2013.

FERNANDES, M. E. B. Phenological patterns of *Rhizophora* L., *Avicennia* L. and *Laguncularia* Gaertn. f. in Amazonian mangrove swamps. **Hydrobiologia**, v.413, p. 53-62, 1999.

FERNANDES, M. E. B. **Produção primária: Serapilheira**. In: FERNANDES, M. E. B (Ed.). Os manguezais da costa norte brasileira. São Luís: Fundação Rio Bacanga, p.61-78, 2003.

FERNANDES, M. E. B.; VIRGULINO, C. R. A.; NASCIMENTO, M. A. A.; RODRIGUES, P. F. L. **Padrões de floração e frutificação em *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F.: uma avaliação metodológica**. Boletim do laboratório de Hidrobiologia, v.18, p.33-38. 2005.

FERNANDES, M. E. B; NASCIMENTO, A. A. M. DO; CARVALHO, M. L. Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de mangue no Furo Grande, Bragança-Pará. **Revista Árvore**, v.31, p. 949-958, 2007.

FLORES-VERDUGO, F. J.; DAY-JR., J. W.; BRISEFIO-DUEFIAS, R. Structure, litter fall, decomposition and detritus dynamics of mangrove in a Mexican coastal lagoon with ephemeral inlet. **Marine Ecology Progress Series** v. 35, p. 83-90, 1987.

FORTUNATO, M. E. M.; QUIRINO, Z. G. M. Efeitos da fragmentação na fenologia reprodutiva de espécies arbóreas presentes em borda e interior de Mata Atlântica Paraibana. **Rodriguésia**, v.67, n.3, p. 603-614. 2016.

FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas em árboles. **Turrialba**, n. 24, p. 422-423. 1974.

FOURNIER, L.A. Observaciones fenológicas en el bosque humedo premontano de San Pedro de Montes Oca, Costa Rica. **Turrialba** n. 26, p. 54-59. 1976.

FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G.; OPLER, P.A. Comparative phenological studies of trees in tropical forest in Mexico. **Biotropica** n, 22, p. 22-35. 1990.

FUNCEME – **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos** - Posto de Acaraú. 2016. Disponível em:< <http://www.funceme.br>>. Acesso em: 01 set. 2017.

GAUTIER, D.; AMADOR, J.; NEWMARK, F. The use of mangrove wetland as a biofilter to treat shrimp pond effluents - preliminary results of an experiment on the Caribbean coast of Colombia. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 787-799, 2001.

GILL, A. M.; TOMLINSON, P. B. Studies on the growth of the red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) Phenology of the shoot. **Biotropica**, v.3, n.2, p. 109-124, 1971.

GIRI, C. E.; OCHIENG, E.; TIESZEN, 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, n. 1, p.154-159, 2011.

GONCALVES, A. S. C.; FERNANDES, M. E. B.; CARVALHO, M. L. Variação anual da produção de serapilheira em bosques de mangue no Furo Grande, Bragança, Para. Bol. Museu Para Emilio Goeldi, **Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 3, p. 35-42, set-dez. 2006.

HADLICH, G. M.; UCHA, J. M. Apicuns: aspectos gerais, Evolução recente e mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, p.13-20, 2009.

HADLICH, G. M.; UCHA, J. M.; OLIVEIRA, T. L. Distribuição de apicuns e de manguezais na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Anais... XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30, INPE. pp. 4607-4614. 12:292-306. 2009.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4**, August-December. EEA - Framework Contract, n. EEA/IEA/09/003. Nottingham: University of Nottingham, Centre for Environmental Management, 2013.

HEGAZY, A. K. Perspectives on survival, phenology, litter fall and decomposition, and caloric content of *Avicennia marina* in the Arabian Gulf region. **Journal of Arid Environments**, v.40, p. 417-429, 1998.

HEIDEMAN, P.D. Temporal and spatial variation in the phenology of flowering and fruiting in a tropical rainforest. **Journal of Tropical Ecology**, v.77, p. 1059-1079, 1989.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis. Diagnóstico da Carcinicultura no Estado do Ceará, relatório final. Diretoria de Proteção Ambiental (DIPRO), Diretoria de Licenciamento e Qualidade Ambiental (DILIQ) e Gerência Executiva do Ceará (GEREX-CE). v.1, 177p, 2005.

KATHIRESAN, K.; BINGHAM, B. L. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, **Plymouth**, v. 40, p. 81-251, 2001.

KAUFFMAN, J. B.; et al. The jumbo carbono footprint of a shrimp: carbono losses from mangrove deforestation. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.15, n.4, p. 183-188, mai, 2017.

KRUG, L. A.; LEÃO, C.; AMARAL, S. Dinâmica espaço-temporal de manguezais no Complexo Estuarino de Paranaguá e relação entre decréscimo de áreas de manguezal e dados socioeconômicos da região urbana do município de Paranaguá – Paraná. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26, INPE. pp. 2753-2760. 2007.

- LABOMAR, UFC. **Estudo das áreas de manguezais do nordeste do Brasil. Avaliação das áreas de manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.** Fortaleza, Ceará. 2005.
- LACERDA, L. D.; et al. Relative Importance of Nitrogen and Phosphorus Emissions from Shrimp Farming and other Anthropogenic Sources for Six Estuaries Along the NE Brazilian Coast. **Aquaculture**. v. 253. p. 433-446, 2006.
- LARCHER, L.; BOEGER, M. R. T.; NOGUEIRA, G.; REISSMANN, C. B. Produção de serapilheira em dois manguezais do estado do Paraná, Brasil. **Acta Biológica Catarinense**, v.1, n.1, p. 53-64, jan-jun, 2014.
- LEE, R. YU. F.; PRICE, K. P. Evaluating vegetation phenological patterns in Inner Mongolia using NDVI time-series analysis. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 12, p. 2505-2512. 2002.
- LI, X.; DUKE, N. C.; YANG, Y.; HUANG, L.; ZHU, Y.; ZHANG, Z.; et al. Re-Evaluation of Phylogenetic Relationships among species of the mangrove genus *Avicennia* from Indo-West Pacific based on multilocus analyses. **PLoS ONE**, v.11, n.10, p.1-14, out, 2016.
- LINS, B. L. A.; NASCIMENTO, M. T. Fenologia de *Paratecoma peroba* (Bignoniaceae) em floresta estacional semidecidual do norte fluminense, Brasil. **Rodriguésia**, v. 1, n. 3, p. 559-568, 2010.
- LONGO, A. F. P. **Produtividade primária em bosque de franja e bacia no manguezal do Rio Arinquiná (Tamandaré- Pernambuco, Brasil).** Dissertação (Mestrado) – em Ciências, Departamento de Oceanografia, Universidade Feral de Pernambuco. 86p, 2009.
- MACKEY, A. P.; SMAIL, G. Spatial and temporal variation in litter fall of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. in the Brisbane river, Queensland, Australia. **Aquatic Botany**, v.52, n. 1-2, p.133-142, 1995.
- MADI, A. P. L. M.; et al. Estrutura do componente de regeneração natural e arbóreo de dois manguezais no Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 159-170, jan-mar, 2016.
- MAIA, R. C. **Manguezais do Ceará.** Recife: Imprima, 55p.:il, 2016.
- MAIA, R. C.; COUTINHO, R. Structural characteristics of mangrove forests in Brazilian estuaries: A comparative study, **Rev. biol. mar. oceanogr.** [online], v.47, n.1, p.87-98. ISSN 0718-1957. 2012.
- MANTOVANI, M.; et al. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta atlântica. **Revista Árvore**, v.27, p. 451-458, 2003.
- MANTOVANI, W.; MARTINS, F. R. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva biológica de Mogi-Guaçu, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 11, p. 101-112, 1988.

MATIAS, L.; SILVA, M. D. Monitoramento e análise da vegetação de manguezal no litoral sul de Alagoas. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 312-319. 2017.

MATNI, A. S.; MENEZES, M. P. M.; MEHLIG, U. Caracterização estrutural dos bosques de mangue na Península Bragantina. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, **Ciências Naturais**, Belém, v. 3, n. 2, p. 45-54, 2006.

MATNI, A.S. **Estudo comparativo da fenologia reprodutiva de *Rhizophora mangle* L, *Avicennia germinans* (L.) Stearn e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F. ao longo da península de Ajuruteua, Bragança – Pará.** 2007. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Biologia Ambiental. Universidade Federal do Pará, Bragança. Disponível em: <www.ufpa.br/lama/pub/mestrado/adriana_do_santos_matni.pdf>. Acesso em: 27 de set. 2017.

MAZZA, M.C.M.; SANTOS, J.E.; MAZZA C.A.S. Fenologia reprodutiva de *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae) na Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v.34, n.4, p.565-574, out-dez. 2011.

MCKEE, K. L. Soil physicochemical patterns and mangrove species distribution - reciprocal effects? **Journal of Ecology**, v. 81, p. 477-487, 1993.

MEDEIROS, S. R. M; CARVALHO, R. G; PIMENTA, M. R. C. A proteção do ecossistema manguezal a luz da lei: 12.651/2012: novos desafios para a sustentabilidade dos manguezais do Rio Grande do Norte. **Geotemas**, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v.4, n.2, p.59-78, jul-dez., 2014.

MEDINA, E.; FRANCISCO, M. Osmolality and ¹³C of leaf tissues of mangrove species from environments of contrasting rainfall and salinity. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 45, p.337-344, 1997.

MEENTEMEYER, V.; BOX, E. O.; THOMPSON, R. Padrões mundiais e as qualidades de lixo de planta terrestre produção. **Bioscience**, v. 32, p. 125-128, 1982.

MEHLIG, U. **Aspects of tree primary production in an equatorial mangrove forest in Brazil.** 137f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Zentrum für Marine Tropenökologie, Bremen, 2001.

MEIRELES, A. J. A.; CASSOLA, R. S.; TUPINAMBÁ, S. V.; QUEIROZ, L. S. Impactos ambientais decorrentes das atividades da carcinicultura ao longo do litoral cearense, Nordeste do Brasil. **Mercator** – Revista de Geografia da UFC, ano 6, n. 12, 2007.

MENEZES, N. L. Rhizophores in *Rhizophora mangle* L: na alternative interpretation of so-called “aerial roots”. **An. Acad. Bras. Ciênc.** v. 78, n. 2, p. 213-226, 2006.

MENGHINI, R.P. **Ecologia de Manguezais: Grau de perturbação e processos regenerativos em bosques de mangue da Ilha do Barnabé.** 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto oceanográfico, Universidade de Baixada Santista,

São Paulo, 2004. Disponível em: <file:///C:/Users/Ensino/Desktop/Menghini_MSc_2004.pdf >. Acesso em: 05 dez. 2016.

MENZEL, A.; SPARKSWS, T.H.; ESTRELLA, N.C.; KOCH, E.; et al. European phenological response to climate change matches the warming pattern. **Global Change Biology**, v.12, p. 1969–1976, 2006.

MONASTERIO, M. SARMIENTO, G. Phenological strategies of plants species in the tropical savanna Venezuelan Llanos. **Journal of Biogeography**, v.3, p.325-356, 1976.

MOORE, C. J. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. **Environmental Research**, v.108, n.2, p. 131-139, 2008.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F.; RODRIGUES, R. R.; JOLY, C. A. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiaí, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 50, p.149-162, 1990.

MORELLATO, L. P. C. **Fenologia de plantas e os efeitos das mudanças climáticas**. In: Buckeridge, M. S. (Ed.) *Biologia & Mudanças Climáticas no Brasil*. São Carlos: Rima. p. 181-191. 2008.

MORELLATO, L.P.C. **Fenologia de árvores, arbustos e lianas em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil**. Tese de doutorado, Universidade de Campinas, Campinas. 1991.

MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. **Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi**. In *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil* (L.P.C. Morellato, org.). Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, p.112-140. 1992.

MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian forest. **Biotropica**. v.28, p.180-191, 1996.

MORELLATO, L.P.C.; ROMERA, E.C.; TALORA, D.C.; TAKAHASHI, A.; BENCKE, C.C.; ZIPPARRO, V.B. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. **Biotropica**, v.32, p. 811-823, 2000.

MUNIZ, F.H. Padrões de floração e de frutificação de árvores da Amazônia Maranhense. **Revista Acta Amazônica**, v.38, p. 616-627,. 2008.

NADIA, T. L.; MORELLATO, L. P. C.; MACHADO, I. C. Reproductive phenology of a northeast Brazilian mangrove community: Environmental and biotic constraints. **Flora**, v. 207, p. 682-692, 2012.

NADIA, T. L.; MENEZES, N. L.; MACHADO, I. C. Floral traits and reproduction of *Avicennia schaueriana* Moldenke (Acanthaceae): a generalist pollination system in the Lamiales. **Plant Species Biology**, v.28, p.70-80, 2013.

NADIA, T. L.; MACHADO, I. C. Wind pollination and propagule formation in *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae): resource or pollination limitation? **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.86, n.1, p. 229-238, 2014a.

NADIA, T. L.; MACHADO, I. C. Interpopulation variation in the sexual and pollination systems of two Combretaceae species in Brazilian mangroves. **Aquatic Botany**, v.114, p. 35-41, 2014b.

NADIA, T.C.L. **Fenologia, ecologia da polinização e reprodução de espécies de manguezal no município de Goiana – PE**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. Disponível em: < <http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/538> > . Acesso em: 2 de set. 2017.

NASCIMENTO, I. A.; PEREIRA, S. A.; DORIA, E. L. V. Identificação e prevenção dos impactos em manguezais: Relação com atividade de carcinicultura. **Diálogos da Ciência** – Revista da rede de ensino FTC, ano 5, n.11, p. 1-11, set, 2007.

NEWSTROM, L.E., FRANKIE, G.W., BAKER, H.G.; COLWELL, R.K. **Diversity of long-term flowering patterns**. In La Selva: Ecology and natural history of a neotropical rain forest (L.A. McDade, K.S. Bawa, H.A. Hespenheide; G.S. Harstshorn, eds.). University of Chicago Press, Chicago, p.142-160, 1994a.

NEWSTRON, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, n. 26, p. 141-159, 1994b.

OCHOA-GAONA, S.; HERNÁNDEZ, I. P.; JONG, B. H. J. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. **Revista de Biología Tropical**, v.56, p. 657-673, 2008.

OLIVEIRA, V. F. **Influência do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* Stapf e *Leechman ex Moldenke e Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. (f)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Escola Nacional de Botânica Tropical, do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio De Janeiro, 2005.

OLMOS, F.; SILVA; SILVA, R. **Guara: ambiente, flora e fauna dos manguezais de Santos -Cubatão, Brasil**. Empresa das Artes, São Paulo, p. 34-35, 2003.

OPLER, P.A., FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. Comparative phenological studies of treelet and Oca, Costa Rica. **Turrialba**, v.26, p.54-59, 1976.

PALUDO, D.; KLONOWSKI, V. S. **Barra de Mamanguape – PB: estudo do impacto do uso de madeira de manguezal pela população extrativista e da possibilidade de reflorestamento e manejo dos recursos madeireiros**. São Paulo; Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. 54 p. Ilus. (Cadernos da Reserva da Biosfera, 016). 1999.

PARIDA, A. K.; JHA, B. Salt tolerance mechanisms in mangroves: a review. **Trees**, New York, v. 24, p.199-217, 2010.

PASCOALINI, S. S.; LOPES, D. M. S.; FALQUETO, A. R.; TOGNELLA, M. M. P. Abordagem ecofisiológica dos manguezais: uma revisão. ISSN 2175-7925. **Biotemas**, v.27, n.3, p.1-11, set, 2014.

PAULA A. L. S. **Estrutura Vegetal e Grau de Perturbação Ambiental em Bosques de Mangue Estuarinos no Ceará**. 2015. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará, campus Acaraú, 2015.

PAULA, A. L. S.; LIMA, B. K. S.; CARMO, E. L.; MAIA, R. C. The recovery of a degraded mangrove in Ceará through the Production of *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. (Combretaceae) and *Avicennia* sp. Stapf ex Ridl (Acanthaceae) seedlings. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 40, n.3, p. 377-385, 2016.

PELLEGRINI, J. A. de C. **Caracterização da planície hipersalina (apicum) associada a um bosque de mangue em Guaratiba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro – RJ**. 114 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.

PERIA, L. C. S.; FERNANDES, P. P. C. P.; MENEZES, G. V. GRASSO, M.; TOGNELLA, M. M. P. **Estudos estruturais comparativos entre bosques de manguezais impactados (Canal da Bertioxa) e não impactados (Ilha do Cardoso), estado de São Paulo**. Segundo Simpósio de Ecossistemas da costa brasileira. Estrutura, função e manejo. ACIESP. 2. Águas de Lindóia-SP. 1990.

POLIDORO, B. A. The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. **PLoS ONE** 5: e10095. 2010.

PRIMAVERA, J. H. Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. **Ocean Coastal Manag**, v.49, n.9-10, p.531-545, 2006.

PROUST, M. T. (Coord.) Manguezais paraenses: recursos naturais, usos sociais e indicadores para a sustentabilidade. Belém: MCT/Museu Paraense E Goeldi, SECTAM, 2001. 62 p. + mapas. (Relatório Final, FUNTEC Convênio 063/98 - Programa de Estudos Costeiros, PEC).

QUEIROZ, M. C. S.; MIRANDA, D. C. Q.; REIS, A. C. A.; MEHLIG, U.; MENEZES, M. P. M. Fenologia de *Laguncularia racemosa* (COMBRETACEAE) em manguezais da Resex Caeté-Taperaçu. 64º Congresso Nacional de Botânica. Belo Horizonte, **Resumos...** Belo Horizonte, 10-15 de nov. 2013. Disponível em: <http://www.botanica.org.br/trabalhos-cientificos/64CNBot/resumo-ins19562-id2185.pdf> >. Acesso em: 01 set. 2015.

QUINÔNES, E. M. **Relações água-solo no sistema ambiental do estuário de Itanhaém**. Campinas, FEAGRI, UNICAMP, 2000.

RANKIN-DE-MERONA, J. M.; ACKERLY, D. D. Estudos populacionais de árvores em florestas fragmentadas e as implicações para conservação *in situ* das mesmas na floresta tropical da Amazônia Central. **Revista IPEF**, n. 35, p.47-59, 1987.

SAENGER, P. SNEDAKER, S. C. Pantropical trends in mangrove aboveground biomass and annual litterfall. **Oecologia**, v.96, p.293-299, 1993.

SÁNCHEZ-ANDRÉS, R.; SÁNCHEZ-CARRILLO, S.; ALATORRE, L.C.; CIRUJANO, S.; ÁLVAREZ-COBELAS, M. Litterfall dynamics and nutrient decomposition of arid mangroves in the Gulf of California: their role sustaining ecosystem heterotrophy. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 89, n.3, p.191-9. 2010.

SANTOS, D.L.; TAKAKI, M. Fenologia de *Cedrela fissilis* Vel. (Meliaceae) na região rural de Ipirapina, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.19, p.625-632, 2005.

SANTOS, L. C. M.; MATOS, H. R.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CUNHA-LIGNON, M.; BITENCOURT, M. D.; KOEDAN, N.; DAHDOUN-GUEBAS, F. Anthropogenic activities on mangrove áreas (São Francisco River Estuary, Brazil Northeast): A GIS-based analysis of CBERS and SPOT images to aid in local management. **Oceans & Coastal Management**, v.89, p.39-50, 2014.

SANTOS, M. V. Apicuns, salgados e manguezais e a ideologização do debate sobre a carcinicultura marinha brasileira. **Revista da ABCC**, ano 7, n 4, 2005.

SANTOS, M.; CARVALHO, M. S.; CARNEIRO, G. S.; SOUZA, T. F. Proposta de implementação de um sistema para monitoramento e controle na carcinicultura. **Diálogos & Ciência** – Revista Eletrônica da Faculdade de tecnologia e Ciências de Feira de Santana, ano 3, n. 6. 2005.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezais**. IN: PANITZ. Clarice Maria Nevel et al., Coord. Diagnóstico Ambiental Oceânico Costeiro das Regiões Sul e Sudeste do Brasil, Lagoas Costeiras, Manguezais, Marismas, Dunas e Restingas, v. 7, 1994.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal, marisma e apicum (Diagnóstico Preliminar)**. In: Fundação Bio-Rio et al., (Org.). Avaliações e ações prioritárias para conservação da biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha. Brasília: MMA/SBF. 2002.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo, **Caribbean Ecological Research**, p. 17-18, 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. M.; ADAIME, R. R.; CAMARGO, T. M. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries**, v.13, n.2, p. 204-218, 1990.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M. L. G.; DE-ROSA, T. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, Amsterdam, v. 3, p.561-570, 2000.

SEMACE. **Manguezais do nordeste do Brasil. Avaliação das áreas de manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**. Fortaleza. SEMACE, 2006.

SILVA, J. M.; MARTINS, M. B. G.; CAVALHEIRO, A. J. Caracterização anatômica e perfis químicos de folhas de *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leech. ex Moldenke e *Rhizophora mangle* L. de manguezais impactados e não impactados do litoral paulista. **Revista de Botânica** – Journal of Botany. INSULA, Florianópolis, n. 39, p. 14-33, 2010.

SILVA, L. M., GUIMARÃES, I. P. N., MOURA, T. N., JERÔNIMO, C. E. de M., MELO, H. N. de S. Impactos Ocasionados pela Atividade da Carcinicultura Marinha no Ecossistema Manguezal no Brasil. Anais, XXIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 7p. San Juan, Porto Rico, 2004. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:NoVLA4m9V0AJ:www.bvsde.paho.org/bvsaidis/puertorico29/henio.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-b-ab>>. Acesso em: 12 de dez, 2017.

SILVA, M. A. B.; BERNINI, E.; CARMO, T. M. C. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v.19, p.465-471, 2005.

SILVA, R. M. **Fenologia de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn F. em três bosques de manguezal na península de Ajuruteua, Bragança, Pará**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Pará, Bragança, Pará, 2005.

SILVEIRA, A. P.; MARTINS, F. R.; ARAÚJO, F. S. **As fenofases vegetativas e reprodutivas de espécies tropicais decíduas respondem de forma similar aos pulsos de precipitação?** 2012. Disponível em: www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/17174/1/2012_dis_apsilveira.pdf. Acesso em: 1 de out, 2017.

SOARES, M. L. G. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Rev. Brasil. Biol.**, 59(3): 503-515. 1999.

SOARES, M. L. G.; CHAVES, F. O.; CORRÊA, F. M.; SILVA JÚNIOR, C. M. G. **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 Volume 26 / 2003.

SOTO, R.; JIMÉNEZ, J.A. Análisis fisionómico estructural del manglar de Puerto Soley, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**, v.30, p.161-168, 1982.

SOUSA, W.P.; KENNEDY, P.G.; MITCHELL, B.J.; ORDONEZ, B.M. Supply-side ecology in mangroves: do propagule dispersal and seedling establishment explain forest structure? **Ecological Monographs**, v.77, p. 53–76, 2007.

SOUSA, M. R. T. **Influência do impacto por desmatamento na produção anual de serapilheira em um manguezal no Ceará**. (Monografia) Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - campus Acaraú Ceará, Acaraú, 2017.

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

SOUZA, K. N. S. **Resíduos sólidos em manguezais no Ceará: o uso da estrutura vegetal dos bosques para o monitoramento ambiental**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), 2016.

STEVELY, J.; RABINOWITZ, L. **Mangroves: a guide for planting and maintenance**. University of Florida. Florida Cooperative Extension Marina Advisory. 1982.

TAM, N. F. Y. et al. Litter production and decomposition in a subtropical mangrove swamp receiving wastewater. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 1998.

TIENNE, L.; NEVES, L. G.; VACARCEL, R. Produção de serapilheira em diferentes medidas biológicas para recuperação de área de empréstimo na ilha da madeira, Itaguaí, Rio de Janeiro. **Revista Universidade Rural**, v. 22, p.169-175, 2002.

TOMLINSON, P. B. **The Botany of Mangroves**. New York: Cambridge University Press, 436p.1994.

VAN SCHAIK, C.P.; TERBORGH, J.W.; WRIGHT, S.J. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.24, p.353 -377, 1993.

VARJABEDIAN, R. Impacto sobre os manguezais. In: Yara Schaeffer-Novelli (Ed.). Manguezal: Ecossistema entre terra e mar. São Paulo: **Caribbean ecological research**, p.49-52. 1995.

VIANA, T. M. A. **Estimativa da produção anual de serapilheira em duas áreas de manguezais impactados no estuário do Rio Acaraú- Ceará**. 2016. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará, campus Acaraú, 2016.

WANG-ONDU, V.W.; et al. Vegetative and reproductive phenological traits of *Rhizophora mucronata* Lamk. And *Sonneratia alba* Sm. **Flora** v.208, p. 522-531, 2013.

WEIGAND, R. Jr; SILVA, D. C.; SILVA, D. O. **Metas de Aichi: Situação atual no Brasil**. Brasília, DF: UICN, WWF-Brasil e IPÊ, 2011.

WIUM-ANDERSEN, S.; CHRISTENSEN, B. Seasonal growth of mangrove trees in southern Thailand. II. Phenology of *Bruguiera cylindrica*, *Ceriops tagal*, *Lumnitzera littorea* and *Avicennia marina*. **Aquatic Botany**, v.5, p.383-390, 1978.

WIUM-ANDERSEN, S. Seasonal growth of mangrove trees in Southern Thailand. III. Phenology of *Rhizophora mucronata* Lamk. and *Scyphiphora hydrophyllacea* Gaertn. **Aquatic Botany**, v.10, p. 371-376, 1981.

WOODROFFE, C. D. Litter production and decomposition in the New Zealand mangroves, *Avicennia marina* var. *resinifera*. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, v.16, n.2, p. 179-188, 1982.