



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR**

**JOSÉ VÍTOR MACHADO RODRIGUES**

**INFLUÊNCIA DE *BATIS MARITIMA* L. (BATACEAE) NO RECRUTAMENTO E  
CRESCIMENTO DE *AVICENNIA* SPP. L. (AVICENNIACEA) EM UMA ÁREA  
DEGRADADA DO RIO PACOTI, CEARÁ**

**FORTALEZA - CE  
2018**

JOSÉ VÍTOR MACHADO RODRIGUES

INFLUÊNCIA DE *BATIS MARITIMA* L. (BATACEAE) NO RECRUTAMENTO E  
CRESCIMENTO DE *AVICENNIA* SPP. L. (AVICENNIACEA) EM UMA ÁREA  
DEGRADADA DO RIO PACOTI, CEARÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Oceanografia do  
Instituto de Ciências do Mar da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito à obtenção  
do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Luís Ernesto Arruda  
Bezerra

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

R613i Rodrigues, José Vítor.  
INFLUÊNCIA DE *BATIS MARITIMA* L. (BATACEAE) NO RECRUTAMENTO E CRESCIMENTO DE *AVICENNIA* SPP. L. (AVICENNIACEA) EM UMA ÁREA DEGRADADA DO RIO PACOTI, CEARÁ / José Vítor Rodrigues. – 2018.  
50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Luís Ernesto Arruda Bezerra.

1. Oceanografia Biológica. 2. Recuperação de mangue. 3. Plantas facilitadoras. I. Título.

CDD 551.46

---

JOSÉ VÍTOR MACHADO RODRIGUES

INFLUÊNCIA DE *BATIS MARITIMA* L. (BATACEAE) NO RECRUTAMENTO E  
CRESCIMENTO DE *AVICENNIA* SPP. L. (AVICENNIACEA) EM UMA ÁREA  
DEGRADADA DO RIO PACOTI, CEARÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Oceanografia do  
Instituto de Ciências do Mar da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito à obtenção  
do título de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Luís Ernesto Arruda Bezerra (Orientador)  
Instituto de Ciências do Mar  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Mariana de Oliveira Bungler  
Departamento de Biologia  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Alexander Cesar Ferreira  
Bolsista PNP/CAPE/PPG Ciências Marinhas Tropicais  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Para minha mãe, Ana, e para meu pai, Ricardo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, por todas as oportunidades e experiências humanas e acadêmicas oferecidas ao longo da graduação em Oceanografia, bem como à Universidade Federal do Ceará (UFC), por todos os serviços e estruturas realizados para o apoio à pesquisa.

Ao Prof. Dr. Luís Ernesto, por todo o conhecimento compartilhado, por estar sempre disposto a ajudar, com paciência e entusiasmo, o desenvolvimento da pesquisa e a minha formação como cientista do mar.

Ao Dr. Alexander Cesar Ferreira, por me guiar pelas trilhas do mangue, por compartilhar conhecimentos e por conceder tempo com sugestões e auxílios durante o desenvolvimento deste estudo.

Aos laboratórios de Zoobentos e ao Laboratório de Oceanografia Geológica, pelo espaço e equipamentos concedidos para a execução desse estudo.

À Maria Cidrônea (Cida), Mônica, André e ao Gleidson, pelo grande auxílio nas análises sedimentológicas. À Poliana, pelo tempo disponível e conhecimento compartilhado sobre análises estatísticas.

Aos pesquisadores participantes da banca examinadora Mariana Bunger e Alexander Ferreira, pelo tempo cedido e pela disponibilidade para compartilhar conhecimentos sobre botânica e ecologia.

Ao colega de graduação César Vinícius, pela imensurável e valiosa companhia, ajuda e troca de conhecimentos durante todas as etapas desta pesquisa, desde as campanhas ao mangue até as mais minuciosas análises laboratoriais e estatísticas.

À minha mãe, Ana, meu pai, Ricardo, minha irmã Ana Bárbara e ao meu irmão, André, ao Amyr e à Pagu, por me apoiarem sem medir esforços em todos os momentos desta trajetória científica e de crescimento como pessoa.

Aos meus queridos amigos Regimário, Virgínia, Yan, Jamille, Ricarda, Camilo, Sílvia, Monique, Richelle, Liz, Janette, Leisi, Bel, Karina, Luíza, Matheus, Marcos, Tamires, Flávia, Lucas e Bernardo, que sempre me inspiram, que são família para mim e que, mesmo com a distância física de alguns e de algumas, os/as carrego muito próximos ao peito, pois sei que são sempre um porto seguro de águas calmas para atracar.

“Dias inteiros de calma, noites de ardência, dedos no leme e olhos no horizonte, descobri a alegria de transformar distâncias em tempo. Um tempo em que aprendi a entender as coisas do mar, a conversar com as grandes ondas e não discutir com o mau tempo. A transformar o medo em respeito, o respeito em confiança. Descobri como é bom chegar quando se tem paciência”

**Amyr Klink**

## RESUMO

O conhecimento dos processos que contribuem para o estabelecimento inicial e crescimento de espécies de mangue em áreas degradadas é fundamental para o entendimento da organização de comunidades herbáceas e lenhosas bem como para o aprimoramento de protocolos de recuperação de mangue. O presente estudo objetiva entender os processos que facilitam o recrutamento e crescimento de *Avicennia* spp. desempenhados por plantas pioneiras da espécie *Batis maritima*. Para tal fim, foram medidas, de dezembro/2017 a abril/2018, a altura e o diâmetro do caule de indivíduos de *Avicennia* spp. com altura superior ou igual à 15 cm em 10 parcelas de 2 x 2 m (4 m<sup>2</sup>) estabelecidas aleatoriamente, sendo 5 parcelas em uma mancha de *B. maritima* e 5 parcelas em uma área controle adjacente. A altura foi medida com fita métrica do solo até a gema apical e o diâmetro do caule foi medido com paquímetro a uma altura de 10 cm do solo. A taxa de crescimento relativo (TCR) foi calculada subtraindo-se a altura final (Hf) da altura inicial (Hi) e dividindo-se pelo número de dias transcorridos entre a primeira e a última coleta (d) [TCR = (Hf-Hfi)/d]. Dados abióticos de temperatura e salinidade foram medidos com termômetro e salinômetro, respectivamente. Análises sedimentológicas foram realizadas para determinação da granulometria, bem como dos teores de umidade e matéria orgânica das áreas experimentais. Foram contabilizados 1954 indivíduos de *Avicennia* spp. na área de *B. maritima*, as quais tiveram altura média de 49,37 ± 25,64 cm e diâmetro médio de 6,85 ± 2,38 mm. Na área controle foram contabilizados 994 indivíduos de *Avicennia* spp., os quais apresentaram altura média de 59,73 ± 29,63 cm e diâmetro médio de 9,12 ± 4,15 mm. A densidade média de *Avicennia* spp. na mancha de *B. maritima* foi de 8,14 plantas/m<sup>2</sup>. Já na área controle, a densidade média de *Avicennia* spp. foi de 4,15 plantas/m<sup>2</sup>. A quantidade, a altura e o diâmetro dos indivíduos diferiram significativamente entre as áreas (teste *T*; *p* < 0,0001). A taxa de crescimento, em altura, das plantas de mangue na mancha com *Batis maritima* foi de 0,018 cm/dia e na área controle foi de 0,047 cm/dia. Os dados sugerem que *B. maritima* facilita o recrutamento e estabelecimento dos propágulos de *Avicennia* spp., o que faz com que as populações de mangue atinjam altas densidades e acabem por competir entre si e com a espécie facilitadora, o que explicaria o menor diâmetro e taxa de crescimento das plantas quando comparadas ao controle.

**Palavras-chave:** Oceanografia Biológica, Recuperação de mangue, Plantas facilitadoras.

## ABSTRACT

Knowledge of the processes that contribute to the initial establishment and growth of mangrove species in degraded areas is fundamental for the understanding of the organization of herbaceous and woody communities as well as for the improvement of mangrove recovery protocols. The present study aims to understand the processes that facilitate the recruitment and growth of mangroves carried out by pioneer plants of the *Batis maritima* species. For this purpose, from December 2017 to April 2018, the height and stem diameter of mangrove plants with height greater than or equal 15 cm were measured from 10 plots of 4m<sup>2</sup> each (2m x 2m) randomly established, being 5 plots in a patch of *B. maritima* and 5 plots in an adjacent control area. The height was measured with a measuring tape from the soil to the apical meristem and the diameter of the stem was measured with a caliper rule at a height of 10 cm from the soil. The relative growth rate (RGR) was calculated by subtracting the final height (Hf) from the initial height (Hi) and dividing by the number of days elapsed between the first and last samplings (d) [TCR = (Hf - Hi) / d]. Temperature and salinity data were measured with thermometer and salinometer, respectively. Sedimentological analysis were performed to determine the granulometry, as well as moisture and organic matter contents of the experimental areas. A total of 1954 individuals of *Avicennia* spp. were counted in the *B. maritima* area, which had a mean height of 49.37 ± 25.64 cm and a mean stem diameter of 6.85 ± 2.38 mm. In the control area, 994 *Avicennia* spp. individuals were recorded, which presented a mean height of 59.73 ± 29.63 cm and a mean diameter of 9.12 ± 4.15 mm. The mangrove population of the genus *Avicennia* in the *B. maritima* spot had an average density of 8.14 plants/m<sup>2</sup>. In the control area, the mangrove population had an average density of 4.15 plants/m<sup>2</sup>. The amount, height and stem diameter of the mangrove plants differed significantly between the areas (T test, p <0.0001). The RGR, in height, of the mangrove plants in the *Batis maritima* patch was 0.018 cm/day, while in the control area it was 0.047 cm/day. The data suggest that *B. maritima* facilitates the recruitment and establishment of *Avicennia* spp., which causes the mangrove populations to reach high densities and compete with each other and with the nurse species, which would explain the smaller stem diameter and plant growth rate when compared to control.

**Keywords:** Biological Oceanography, Mangrove restoration, Nurse plants.

## SUMÁRIO

	<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	11
	<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	13
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	21
<b>3.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	21
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	21
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
<b>4.1</b>	<b>Área de estudo</b> .....	22
<b>4.2</b>	<b>Procedimento de campo</b> .....	26
<b>4.2.1</b>	<i>Coleta de dados bióticos</i> .....	26
<b>4.2.2</b>	<i>Coleta de dados abióticos</i> .....	28
<b>4.3</b>	<b>Análise sedimentológica</b> .....	29
<b>4.4</b>	<b>Análises estatísticas</b> .....	30
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	32
<b>5.1</b>	<b>Estabelecimento e crescimento de <i>Avicennia</i> spp.</b> .....	32
<b>5.2</b>	<b>Parâmetros abióticos</b> .....	36
<b>5.2.1</b>	<i>Temperatura do solo</i> .....	36
<b>5.2.2</b>	<i>Salinidade da água percolada</i> .....	38
<b>5.2.3</b>	<i>Teor de umidade do solo</i> .....	39
<b>5.2.3</b>	<i>Teor de matéria orgânica do solo</i> .....	39
<b>5.2.4</b>	<i>Granulometria</i> .....	41
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	43
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	46
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Pneumatóforos de <i>Avicennia</i> sp. no manguezal do Rio Pacoti .....	14
Figura 2	– Cristais de sal secretados na superfície das folhas de <i>Avicennia</i> spp. no período seco (mês de agosto) no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	15
Figura 3	– Planta facilitadora <i>Batis maritima</i> no manguezal do Rio Pacoti no período seco (outubro) .....	16
Figura 4	– Mapa de localização do Estuário do Rio Pacoti exibindo a delimitação da Área de Proteção Ambiental de mesmo nome .....	22
Figura 5	– Fotografia aérea da área de estudo no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	23
Figura 6	– Fotografia aérea da área de estudo no manguezal do Rio Pacoti, CE de setembro de 1968 .....	24
Figura 7	– <i>Avicennia schaueriana</i> com folhas secas em agosto/2018 no estuário do Rio Pacoti, CE .....	25
Figura 8	– Distribuição da pluviometria total observada no município de Eusébio entre dezembro/2017 e novembro/2018 no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	26
Figura 9	– Definição dos plots experimentais por aleatorização na área de estudo no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	27
Figura 10	– Área amostral no manguezal do Rio Pacoti-CE. A. Área controle. B. Mancha de <i>Batis maritima</i> .....	27
Figura 11	– Medição de plantas de <i>Avicennia</i> spp. na área de estudo utilizando fita métrica para altura (A) e paquímetro para diâmetro (B) .....	27
Figura 12	– Termômetro (A) e refratômetro óptico de salinidade (B) utilizados para coleta de temperatura e salinidade, respectivamente, no manguezal do Rio Pacoti, CE..	28
Figura 13	– Coleta de sedimento com corer na área com <i>B. maritima</i> estabelecida no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	29
Figura 14	– Balança analítica (A) e agitador de peneiras (B) utilizados durante a pesquisa para pesagem e peneiramento à seco das amostras de sedimento .....	29

Figura 15 – Distribuição do número de plantas de <i>Avicennia</i> spp., por mês, para as duas áreas experimentais (mancha de <i>B. maritima</i> e área controle) .....	32
Figura 16 – Valores médios mensais, com desvio padrão, da altura (A) e do diâmetro (B) de <i>Avicennia</i> spp. para a macha de <i>B. maritima</i> (Barras azuis) e área controle (barras vermelhas) no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	33
Figura 17 – Altura média com desvio padrão, em cm, de <i>Avicennia</i> spp. na mancha de <i>Batis maritima</i> e na área controle nos períodos chuvoso e seco .....	34
Figura 18 – Diâmetro médio com desvio padrão, em mm, de <i>Avicennia</i> spp. na mancha de <i>B. maritima</i> e na área controle nos períodos chuvoso e seco .....	34
Figura 19 – Densidade populacional de <i>Avicennia</i> spp., expressa em número de plantas/m <sup>2</sup> , de dezembro/2017 a novembro/2018, nas duas áreas experimentais (mancha de <i>Batis maritima</i> e área controle) no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	35
Figura 20 – Densidade populacional média, expressa em número de indivíduos/m <sup>2</sup> , nos períodos chuvoso (barras azuis) e seco (barras laranja) para a mancha de <i>B. maritima</i> e para a área controle no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	36
Figura 21 – Valores médios, com desvio padrão, de temperatura, em °C, dos períodos chuvoso e seco na mancha de <i>B. maritima</i> e na área controle no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	38
Figura 22 – Resultado da Análise dos Componentes Principais (ACP) mostrando a influência das variáveis temperatura, salinidade e matéria orgânica nas medições de altura de <i>Avicennia</i> spp. O percentual de variância é de 99,68% no eixo 1 .....	40
Figura 23 – Quadrantes experimentais na área controle em dezembro/2017 (período seco) no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	40
Figura 23 – Propágulos de <i>Avicennia</i> spp. na época de frutificação (mês de abril/2018) no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	44
Figura 24 – Quadrantes experimentais na área controle em dezembro/2017 (período seco) no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios de temperatura de cada mês de coleta, nas duas áreas experimentais (mancha de <i>Batis maritima</i> e área controle) no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	37
Tabela 2 – Valores do teste de ANOVA (dois fatores) para temperatura, obtidos durante o período de dezembro/2017 a setembro/2018 no manguezal do Rio Pacoti, CE. (SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; F: valor do teste; p: probabilidade de significância; * nível de significância $p < 0,05$ ) .....	37
Tabela 3 – Valores do teste de ANOVA (dois fatores) para salinidade, obtidos durante os meses de junho, julho e setembro de 2018 no manguezal do Rio Pacoti, CE. (SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; F: valor do teste; p: probabilidade de significância; * nível de significância $p < 0,05$ ) .....	39
Tabela 4 – Valores do teste de ANOVA (dois fatores) para teor de matéria orgânica, obtidos nos meses de dezembro/2017, abril/2018 e outubro/2018 no manguezal do Rio Pacoti, CE. (SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; F: valor do teste; p: probabilidade de significância; * nível de significância $p < 0,05$ ) .....	40
Tabela 5 – Médias dos valores e teores, com desvio padrão para temperatura e salinidade, dos parâmetros abióticos analisados nas duas áreas amostrais ( <i>Batis maritima</i> e área controle) no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	41
Tabela 6 – Dados e classificações quanto à granulometria de amostras do solo da mancha de <i>Batis maritima</i> (A) e da área controle (B) coletadas em dezembro/2017, abril/2018 e outubro/2018 no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	41
Tabela 7 – Dados e classificações quanto à granulometria de amostras do solo da área controle coletadas em dezembro/2017, abril/2018 e outubro/2018 no manguezal do Rio Pacoti, CE .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

Manguezais são ecossistemas de elevada produtividade que ocupam uma das regiões mais afetadas por atividades antrópicas no mundo: a interface continente-oceano (Ferreira & Lacerda, 2016). Esses ecossistemas funcionam como berçários e como locais de reprodução para crustáceos, moluscos, peixes, pássaros, répteis e mamíferos e também são ambientes de acúmulo de sedimentos, carbono e nutrientes (Alistar & Duke, 1987; Alongi, 2002).

A vegetação de mangue consiste em uma comunidade de plantas halófitas que possuem habilidades únicas de adaptação à ambientes transicionais extremos. Em estuários, as florestas de mangue precisam suportar mudanças regulares de maré, condições de elevada salinidade e de baixa ou nula concentração de oxigênio (Basha, 2018). Como uma possível resposta às condições anóxicas do sedimento, as raízes de mangues, que são amplamente fixadas ao substrato, apenas enraizam até pequenas profundidades.

Além disso, as raízes de indivíduos do gênero *Avicennia* spp. obtém oxigênio graças aos pneumatóforos, que consistem em projeções das raízes para a superfície do solo e permitem o contato da raiz com o ar (Levinton, 2011). Tal adaptação, a qual é induzida pela anoxia no sedimento, garante o metabolismo aeróbico mesmo em condições sedimentares anaeróbicas e permite o transporte de oxigênio para tecidos embaixo do solo.

Figura 1 – Pneumatóforos de *Avicennia* spp. na área de estudo do manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: registro do autor.

As elevadas concentrações de sal no substrato onde o manguezal está estabelecido induziram adaptações nas plantas, tais como a secreção de sal através de glândulas e a filtração de sal pelas raízes. Scholander *et al.* (1962) observou a secreção de sal por pequenas cavidades, as quais correspondem às glândulas, nas folhas de duas espécies de mangue e notou também as partículas de sal secas que ficam sobre a superfície das folhas quando a planta está exposta ao sol.

Antes de infiltrar nos ramos da planta, grande parte do sal pode ser filtrado pelas raízes do mangue. Resultados da pesquisa de Waisel *et al.* (1986) com as propriedades de secreção de sal pela espécie de mangue *Avicennia marina* indicam a filtração de sal pelas raízes como o mecanismo de rejeição de sal mais importante desenvolvido pela planta.

Figura 2 – Cristais de sal secretados na superfície das folhas de *Avicennia* spp. no período seco (mês de agosto/2018) no manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: registro do autor.

Essas adaptações permitiram que florestas de mangue chegassem a cobrir uma área superior a 200,000 km<sup>2</sup> em regiões costeiras tropicais e subtropicais. No entanto, hoje essas florestas desaparecem a uma taxa de 1 a 2% ao ano devido às crescentes pressões causadas pelo desenvolvimento urbano e industrial (Duke *et al.*, 2007). No Brasil cerca de 50,000 ha

(4%) de manguezais foram perdidos ao longo de 25 anos (FAO, 2007). Essas perdas de florestas de mangue são resultados de atividades como a aquicultura, mineração, exploração de madeira e pesca de peixes, mariscos e crustáceos (Alongi, 2002).

Projetos de recuperação de mangue vêm sendo desenvolvidos para diminuir a taxa de perda de florestas de mangue. No entanto a maior parte das tentativas de restauração de manguezais fracassa devido às técnicas empregadas enfatizarem o plantio isolado de espécies vegetais típicas de mangue, desconsiderando por completo as razões pelas quais determinado manguezal foi degradado, bem como porque a regeneração atual não ocorreu (Lewis III, 2009).

Em áreas de mangue degradado, tem se observado o estabelecimento inicial (colonização pioneira) de plantas herbáceas dos gêneros *Salicornia*, *Sesuvium*, *Batis* e *Borrchia* (Milbrandt & Tinsley, 2006). Estudos reforçam que tais espécies pioneiras colonizadoras, conhecidas, em inglês, como “nurse plants”, podem influenciar positivamente o restabelecimento do manguezal, melhorando as condições físicas da área, aumentando a disponibilidade de nutrientes (Milbrandt & Tinsley, 2006) e, por conseguinte, podem acelerar o crescimento das plantas de mangue, sejam elas estabelecidas natural ou artificialmente por meio do plantio (Mckee *et al.*, 2007).

A espécie facilitadora estudada neste trabalho, *Batis maritima*, é uma herbácea rasteira, de caule estriado, folhas suculentas e grossas cuja coloração varia entre o verde claro e o amarelo esverdeado. Seus indivíduos formam densas colônias em salinas, regiões de água salobra e junto aos manguezais (Lonard *et al.*, 2011).

Figura 3 – Planta facilitadora *Batis maritima* no manguezal do Rio Pacoti no período seco (outubro/2018).



Fonte: registro do autor.

Indivíduos dessa espécie distribuem-se ao longo de regiões costeiras nos Oceanos Pacífico e Atlântico, em latitudes tropicais e subtropicais das Américas, incluindo as Ilhas Galápagos e o Haváí (Wilder *et al.*, 2008). Essas plantas são observadas em áreas de mangues mortos que sofreram distúrbios intensos e são consideradas eficientes colonizadoras em áreas que passam por processos de recuperação de sua comunidade (Teutli-Hernández *et al.*, 2017). Além disso, *B. maritima* suporta condições abióticas severas, tais como elevadas temperaturas e salinidades. No entanto pouco se sabe a respeito de como essa herbácea modifica as condições do ambiente para auxiliar o restabelecimento e crescimento de espécies de mangue (Milbrandt & Tinsley, 2006; Mckee *et al.*, 2007; Teutli-Hernández *et al.*, 2017).

O conhecimento dos mecanismos que influenciam o estabelecimento e crescimento do mangue é bastante importante para o entendimento da organização das comunidades de plantas bem como para o aprimoramento de protocolos de recuperação de áreas de manguezal degradado (Mckee *et al.*, 2007). A investigação do papel desempenhado por essas herbáceas facilitadoras no estabelecimento e crescimento das espécies de mangue pode ajudar no desenvolvimento de protocolos que visam fazer a recuperação de áreas degradadas de manguezal.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Milbrandt & Tinsley (2006) reforçam a importância do estudo do efeito da colonização primária no restabelecimento de plantas de mangue e concluem que espécies pioneiras colonizadoras podem influenciar positivamente a recuperação do manguezal em áreas que sofreram ou que sofrem impactos.

No estudo da espécie pioneira *B. maritima* os mesmos autores observaram um maior número de plântulas de mangue associadas às manchas da planta enfermeira e também uma mortalidade de plantas do gênero *Avicennia* bem menor do que a observada em áreas sem a presença de *B. maritima*. Propõe-se que a elevação das densas raízes e caules da herbácea seja um mecanismo que facilita a sobrevivência das plantas de mangue às inundações. Tais resultados sustentam a hipótese da facilitação desempenhada pela herbácea no estabelecimento do manguezal.

Milbrandt & Tinsley (2006) ainda apontam outra vantagem conferida pela herbácea *Batis maritima*: a melhoria das condições de temperatura; uma vez que as temperaturas registradas na água que cobria a área com a presença da planta enfermeira foram significativamente menores que em áreas descobertas. Menores amplitudes térmicas diárias também foram observadas em manchas de *B. maritima*, o que pode ter contribuído para menores taxas de mortalidade de plantas de mangue (*Avicennia germinans*) associadas (Milbrandt & Tinsley, 2006).

Já no estudo de Guo *et al.* (2013) afirma-se que plantas facilitadoras, como *Spartina alterniflora*, *Batis maritima* e *Salicornia depressa*, podem proteger plantas novas de mangue do estresse causado por baixas temperaturas, uma vez que as facilitadoras estabelecem uma camada de temperaturas mais altas nessa região. Essa vantagem facilitou a sobrevivência, o crescimento e a expansão geográfica de plantas da espécie *Avicennia germinans* em altas latitudes consideradas limites na distribuição global de *A. germinans*.

Mckee *et al.* (2007), em um estudo sobre a facilitação de herbáceas na recuperação de uma floresta de mangue degradada no Caribe, obtiveram resultados positivos ao confirmar a aceleração do recrutamento de plantas de mangue devido à presença das herbáceas facilitadoras *Sesuvium portulacastrum* e *Distichlis spicata*. No mesmo estudo, os autores observaram diferentes mecanismos de facilitação desempenhados pelas duas espécies, tais

como o suporte estrutural dado às plântulas de mangue e auxílio no crescimento das mesmas, que foi observado apenas para *D. spicata*. Já a espécie *S. portulacastrum* facilitou o aprisionamento de propágulos dispersos e diminuiu as taxas de mortalidade. Os resultados apontam também para uma melhoria das condições do solo, tais como temperatura e aeração, provocada pelas duas espécies de plantas facilitadoras.

No México, Teutli-Hernández *et al.* (2017) investigaram o papel de plantas facilitadoras (*Batis maritima* e *Salicornia virginica*) na recuperação de uma área de manguezal após uma reabilitação hidrológica. Seus resultados mostram menores valores de salinidade e maiores concentrações de nutrientes e de matéria orgânica encontrados em manchas com maior porcentagem de cobertura das herbáceas. Considera-se, portanto, que essas plantas facilitadoras colonizam o solo descoberto e modificam suas condições, facilitando o estabelecimento e crescimento das plantas de mangue.

Peterson & Bell (2012) investigaram o potencial de retenção de propágulos de *Avicennia germinans* (mangue negro) por três espécies de herbáceas (*Sporobolus virginicus*, *Sesuvium portulacastrum* e *Batis maritima*) e monitoraram propágulos retidos em áreas com a presença das três espécies. Os resultados desse estudo mostram que a espécie facilitadora *B. marítima* não causou efeitos positivos na retenção de propágulos menores de *Avicennia germinans*. Já Donnelly & Walters (2014) analisaram a retenção de propágulos como mecanismo de facilitação desempenhado por plantas halófitas das espécies *Batis maritima* e *Sarcocornia perennis* associadas a aglomerações de *Rhizophora mangle* (mangue vermelho) na costa da Flórida, EUA. Nesse estudo áreas com cobertura vegetal por plantas facilitadoras e áreas sem essa cobertura foram comparadas quanto ao potencial de retenção de propágulos, sendo as áreas com cobertura de *B. maritima* e *S. perennis* as responsáveis por reterem os propágulos por um tempo significativamente mais longo que as áreas sem cobertura, facilitando, dessa forma, o recrutamento de *R. mangle*.

Em Louisiana, EUA, Patterson *et al.* (1993) compararam o crescimento de plantas da espécie *Avicennia germinans* em uma área sem manchas de *Spartina alterniflora* (planta facilitadora) e em uma área com *S. alterniflora* estabelecida. Os resultados obtidos sugerem supressão de crescimento de *A. germinans* por *S. alterniflora* em condições de ambiente inundado e também mostram que o crescimento em altura de *A. germinans* foi significativamente maior na área controle (sem a presença da herbácea facilitadora). Tais

resultados levantam a hipótese de que o crescimento de plantas de mangue é inibido pela competição por nutrientes em manchas com plantas facilitadoras estabelecidas.

Ainda que Donnelly & Walters (2014) afirmem que a halófita *Batis maritima* seja reconhecida como uma planta enfermeira capaz de desempenhar importantes mecanismos para o êxito da recuperação de áreas de manguezal, Stevens *et al.* (2006) reforçam que a combinação do mecanismo de retenção de propágulos e a competição por nutrientes torna pouco claro o conhecimento a respeito da influência de plantas facilitadoras no processo de recolonização do mangue.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo estudar a influência da espécie pioneira *Batis maritima* no recrutamento e crescimento de *Avicennia* spp. em uma área de manguezal degradado no estuário do Rio Pacoti, CE.

#### 3.2. Objetivos específicos

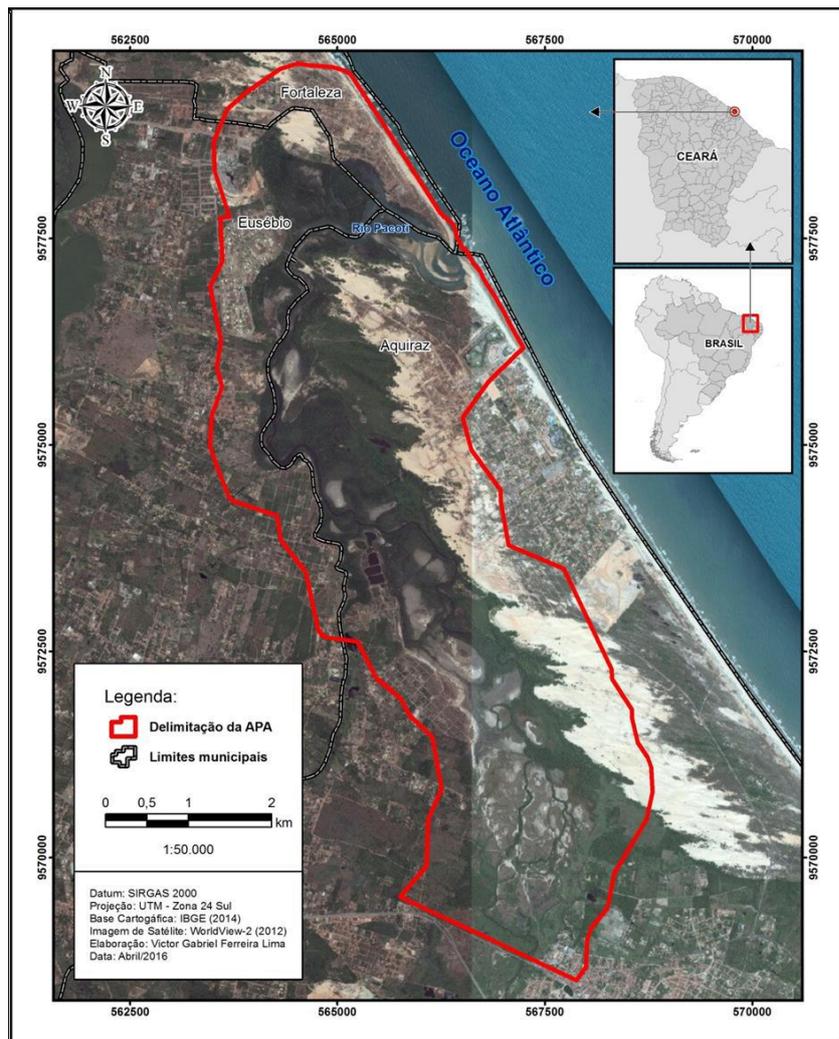
- Estudar a influência da espécie herbácea pioneira *Batis maritima* nas condições abióticas do sedimento;
- Estudar a influência da espécie herbácea pioneira *Batis maritima* no recrutamento e desenvolvimento das espécies de mangue em uma área degradada de manguezal;
- Comparar as taxas de crescimento das espécies de mangue estabelecidas em áreas com a presença da espécie herbácea pioneira *Batis maritima* com aquelas que se desenvolvem em uma área controle sem a presença de *B. maritima*.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Área de estudo

O estuário do Rio Pacoti localiza-se entre os municípios de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz, nas coordenadas  $3^{\circ} 51' 07''$  S e  $38^{\circ} 24' 27''$  W, distando cerca de 150 km da nascente do rio, na Serra de Baturité. Esse sistema estuarino está inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Pacoti (Figura 4), a qual foi decretada em fevereiro de 2000, abrangendo uma área de 2914,93 hectares, e visa a conservação dos campos de dunas, da vegetação, de corpos hídricos associados, bem como da planície litorânea da Bacia do Rio Pacoti (Barbosa *et al.*, 2016).

Figura 4 – Mapa de localização do Estuário do Rio Pacoti exibindo a delimitação da Área de Proteção Ambiental de mesmo nome.



Fonte: elaborado por LIMA, V. G. F. (2016)

Assim como a maioria das desembocaduras de rios da região semiárida, o estuário do Rio Pacoti pode ser considerado um estuário hipersalino, onde ocorrem misturas e processos caracteristicamente estuarinos apenas no período chuvoso, quando há fluxo de águas fluviais para o litoral. No entanto, o rio não perde conexão com o oceano no período de estiagem uma vez que, durante as marés cheias, a água do mar penetra o continente através do vale do rio.

Mais precisamente o presente trabalho foi efetuado em uma área de mangue degradado a cerca de 2,4 km da desembocadura do Rio Pacoti. Tal região apresenta algumas porções sem cobertura vegetal (Figura 5), a qual foi retirada para a implantação de uma salina no início dos anos 1960 (Figura 6) e, posteriormente, os tanques foram utilizados como viveiros para a criação de camarão, sendo então abandonados no início dos anos 1980. Devido à introdução desses empreendimentos há décadas atrás e à consequente degradação de parte do manguezal, a vegetação da área ainda encontra-se em recuperação, podendo-se então observar populações de plantas de mangue das espécies *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* desenvolvendo-se em associação à manchas de plantas herbáceas facilitadoras das espécies *Batis maritima* e *Sesuvium portulacastrum*, sendo a primeira o foco deste estudo.

Figura 5 – Fotografia aérea do manguezal do Rio Pacoti, CE, com destaque para a área de estudo.



Fonte: registro do autor

Figura 6 – Fotografia aérea da área de estudo no manguezal do Rio Pacoti, CE de setembro de 1968, onde podem ser vistos os tanques de evaporação da salina.



Fonte: Imagens aéreas obtidas pelo Serviço de Geologia do Brasil (CPRM, 1968).

O Estuário do Rio Pacoti, assim como toda a faixa litorânea do Ceará, está sob domínio do clima semiárido. Com sua predominância na região Nordeste do Brasil, esse clima é caracterizado por um longo período de seca e um curto período chuvoso, com grande parte das chuvas distribuída no primeiro semestre do ano (Ministério do Meio Ambiente, 2006).

O regime de chuvas do estado é controlado principalmente pela migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pode ter início no mês de dezembro, com as chuvas de pré-estação, e estender-se até os meses de junho ou julho, conforme a atuação das condições oceânicas e atmosféricas. O maior registro de chuvas ocorre geralmente ao longo da quadra chuvosa, que se inicia em fevereiro e prolonga-se até o mês de maio (FUNCEME, 2018) ou durante os trimestres fevereiro/março/abril ou março/abril/maio (Ministério do Meio Ambiente, 2006).

Devido à sua proximidade com a linha do Equador, a faixa litorânea do Ceará possui baixas amplitudes térmicas e elevadas temperaturas ao longo do ano, com valores máximos, variando de 29,4 °C a 30,7 °C, registrados nos meses de março e novembro, respectivamente. As temperaturas mínimas (21,2 °C – 23,7 °C) são registradas no mês de julho e no trimestre chuvoso correspondente aos meses de janeiro, fevereiro e março (Ministério do Meio Ambiente, 2006).

O estuário do Pacoti encontra-se em uma região que recebe uma elevada incidência solar, chegando a receber incidência solar média de 8 h/dia no período seco. No período chuvoso esse valor cai para 6h/dia. Devido a essa intensa insolação ao longo do ano, as taxas de evaporação nessa região chegam a atingir valores médios próximos a 1472 mm, apresentando médias máximas nos meses de agosto a novembro, correspondentes ao período seco (Ministério do Meio Ambiente, 2006).

Nesse estudo o conhecimento da pluviometria de cada mês foi considerado para possíveis correlações de taxas de crescimento do mangue com a sazonalidade de certos parâmetros abióticos que podem induzir mudanças nessas taxas, tais como temperatura e salinidade. Portanto, os dados pluviométricos mensais para o posto localizado no município de Eusébio foram compilados a fim de se definir os meses chuvosos e os meses secos ao longo da pesquisa. A partir dessas observações de pluviometria conclui-se que o período chuvoso teve início no mês de janeiro/2018 e perdurou até o mês de julho/2018 (Figura 7). O período seco teve início no mês de agosto/2018 e estendeu-se até o mês de dezembro do mesmo ano.

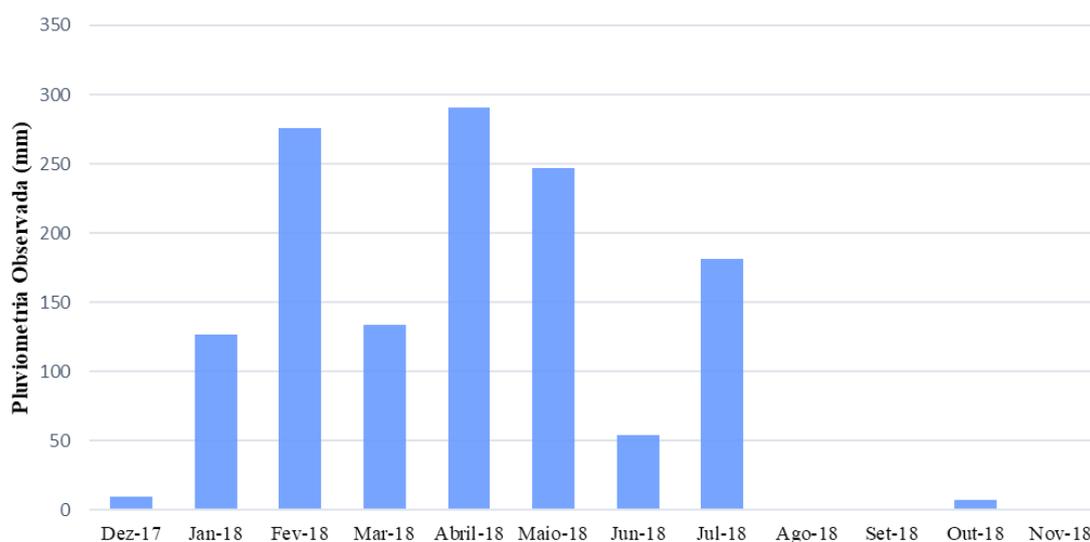
O período de floração das plantas de *Avicennia* spp. da área de estudo tem início no mês de agosto e pode ser observado até o mês de novembro, de forma menos pronunciada. Também no mês de agosto nota-se o aparecimento de folhas secas de plantas de *Avicennia* spp. (Figura 7). Esse aspecto seco pode perdurar nos meses de setembro, outubro e novembro (Observação Pessoal).

Figura 7 - *Avicennia schaueriana* com folhas secas em agosto/2018 no estuário do Rio Pacoti, CE.



Fonte: registro do autor.

Figura 8 – Distribuição da pluviosidade total observada no município de Eusébio entre dezembro/2017 e novembro/2018 no manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: gráfico elaborado pelo autor com dados extraídos da FUNCEME (2018).

## 4.2. Procedimento de campo

### 4.2.1. Coleta de dados bióticos

Foram medidas, de dezembro/2017 a novembro/2018, a altura e o diâmetro do caule de *Avicennia* spp. com altura igual ou superior à 15 cm em 10 parcelas de 2 x 2 m (4 m<sup>2</sup>) estabelecidas aleatoriamente (Figuras 9A e B), sendo 5 parcelas em uma área controle adjacente (Figura 10A) e 5 parcelas em uma mancha de *Batis maritima* (Figura 10B). A altura foi medida com fita métrica, do solo até a gema apical (Figura 11A), e o diâmetro do caule foi

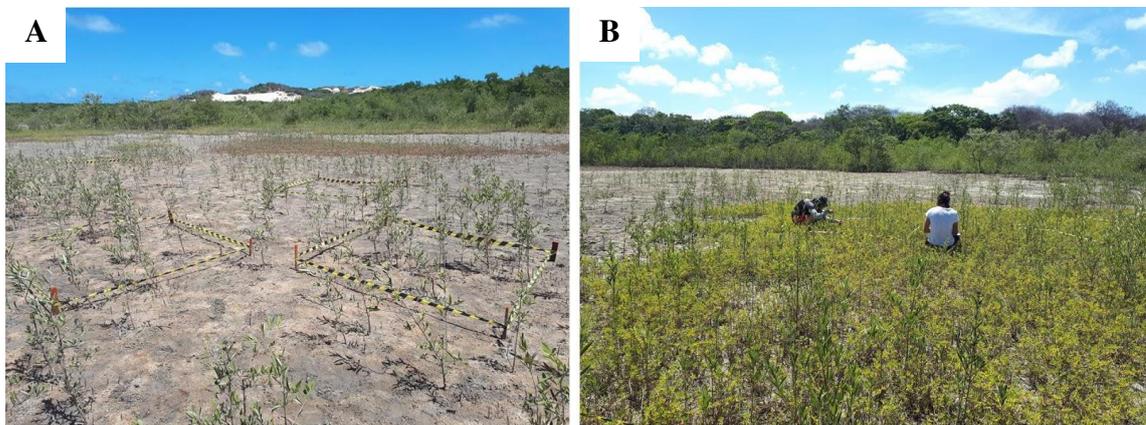
medido com paquímetro a uma altura de 10 cm do solo (Figura 11B).

Figura 9 – Definição dos plots experimentais por aleatorização na área de estudo no manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: fotografias registradas pelo autor.

Figura 10 - Área amostral no manguezal do Rio Pacoti-CE. A. Área controle. B. Mancha de *Batis maritima*.



Fonte: registros do autor.

Figura 11 – Medição de plantas de *Avicennia* spp. na área de estudo utilizando fita métrica para altura (A) e paquímetro para diâmetro (B).



Fonte: fotografias registradas pelo autor.

#### 4.2.2. Coleta de dados abióticos

Dados de temperatura do solo foram coletados nas parcelas contidas nas duas áreas de estudo ao longo de todo o ano, a fim de observar-se quaisquer variações devido às mudanças de estação. As medições de temperatura foram realizadas por volta de 10:30 da manhã em todos os meses e, para tanto, utilizou-se um termômetro digital do tipo espeto (Figura 12A). Dados de salinidade, referentes à água percolada do solo superficial, também foram adquiridos nas duas áreas com a utilização de um refratômetro de salinidade (Figura 12B).

Figura 12 – Termômetro (A) e Refratômetro óptico de salinidade (B) utilizados em campo para medições de temperatura e salinidade na área de estudo no manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: registros do autor.

Amostras de sedimento de ambas as áreas experimentais foram coletadas em campanhas durante os períodos seco (dezembro/2017 e outubro/2018) e chuvoso (abril/2018) utilizando-se um corer (Figura 13). Essas amostras foram, em seguida, submetidas a análises laboratoriais de granulometria, teor de matéria orgânica e de umidade.

Figura 13 – Coleta de sedimento com corer na área com *B. maritima* estabelecida no manguezal do Rio Pacoti, CE.

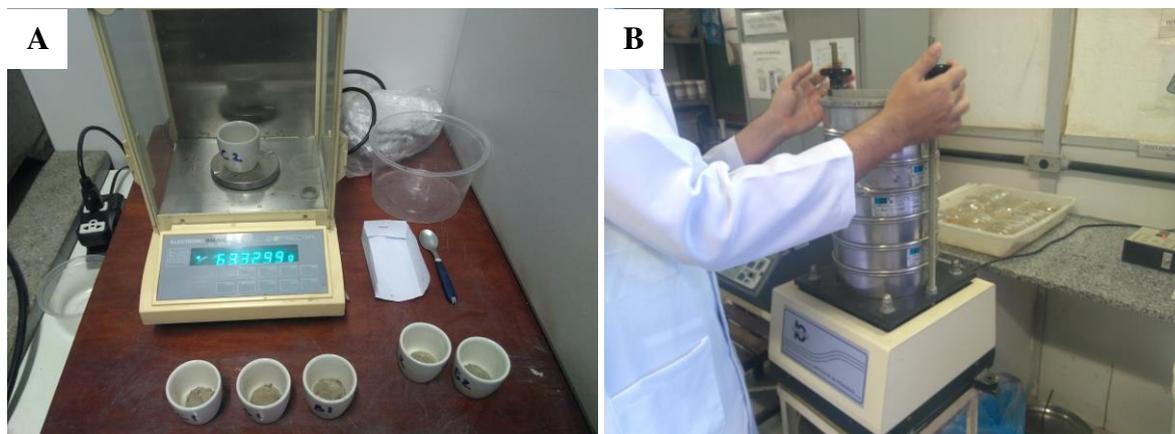


Fonte: registro do autor

### 4.3. Análise sedimentológica

As análises de granulometria foram feitas pelo método do peneiramento. Para tanto, 100g de amostra sedimentar foram pesados em balanças analíticas (Figura 14A) e em seguida foram levados para secagem na estufa durante aproximadamente 48 horas. Posteriormente as amostras de 100g passaram pelo processo do peneiramento úmido, no qual retira-se a parcela de sedimentos mais finos. O restante da amostra foi novamente levado para a estufa para secagem durante 48 horas e por fim foi submetida ao peneiramento à seco, onde a amostra é despejada em um jogo de peneiras de diferentes malhas e é, então, colocada em um agitador de peneiras (Figura 14B).

Figura 14 – Balança analítica (A) e agitador de peneiras (B) utilizados durante a pesquisa para pesagem e peneiramento à seco das amostras de sedimento.



Fonte: fotografias registradas pelo autor

Para os cálculos de teores de umidade do solo as amostras, recém trazidas do campo para o laboratório, foram pesadas e então levadas para secagem na estufa. Após cerca de 48 horas o teor de umidade de cada amostra foi determinado utilizando-se a seguinte expressão:

$$h = (M_1 - M_2 / M_2 - M_3) \times 100$$

Onde h representa o teor de umidade do solo, em %,  $M_1$  é a massa, em g, do solo úmido somada à massa do recipiente,  $M_2$  corresponde à massa, em g, do solo seco somada à massa do recipiente e  $M_3$  é a massa do recipiente, em g (ABNT, 1986). O teor de umidade foi calculado para amostras dos meses de abril/2018 e outubro/2018 como forma de representação das condições das duas estações (seca e chuvosa) da região.

Para os teores de matéria orgânica das amostras de solo utilizou-se o método gravimétrico, no qual 2g de amostra, previamente pesados em balança analítica foram levados, em cadinhos, para combustão em mufla à aproximadamente 450 °C durante 2 horas.

Após serem submetidas às 2 horas de combustão, os cadinhos com as amostras foram levados para um dessecador de sílica e em seguida foram pesados novamente.

Por fim, calculou-se o teor de matéria orgânica [MO], em %, através da seguinte expressão:

$$[MO] = (M_c \times 100) / M_s$$

Onde  $M_c$  corresponde ao peso perdido, em g, após a queima na mufla e  $M_s$  é o peso do

sedimento, em g.

O teor de matéria orgânica foi calculado para amostras de solo coletadas nos períodos seco (dezembro/2017 e outubro/2018) e chuvoso (abril/2018).

#### 4.4. Análises estatísticas

As médias de altura e diâmetro obtidas nas duas áreas (controle e mancha com *B. marítima*) foram comparadas através do teste *t* de Student com o intuito de verificar se houve diferença significativa no crescimento de *Avicennia* spp. ao longo do período de estudo. Ainda, a altura e diâmetro médios foram calculados para os períodos seco e chuvoso, e comparados quanto a significância por meio do teste *t* de Student (Gotelli, 2011).

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi calculada subtraindo-se a altura final  $H_f$ , medida no último mês (novembro/2018), da altura inicial  $H_i$ , medida no primeiro mês (dezembro/2017) e dividindo o valor pelo número de dias amostrados ( $d$ ) [ $TCR = (H_f - H_i)/d$ ] (Teutli-Hernández *et al.*, 2017; Contreras & Trejo, 2004).

O recrutamento total de plantas de *Avicennia* spp. foi obtido calculando-se a diferença entre o número de indivíduos registrado no último mês (novembro/2018) e no primeiro mês (dezembro/2017). Para o cálculo do recrutamento para o período chuvoso foram considerados os valores referentes ao período entre janeiro/2018 e julho/2018 e para o período seco, os meses de agosto/2018 a novembro/2018. A densidade populacional foi calculada considerando-se o número de indivíduos contados e a área total amostrada (soma das áreas dos quadrantes experimentais). Resultados de densidade populacional obtidos dos períodos seco e chuvoso foram comparados utilizando-se teste *t* de Student (Gotelli, 2011).

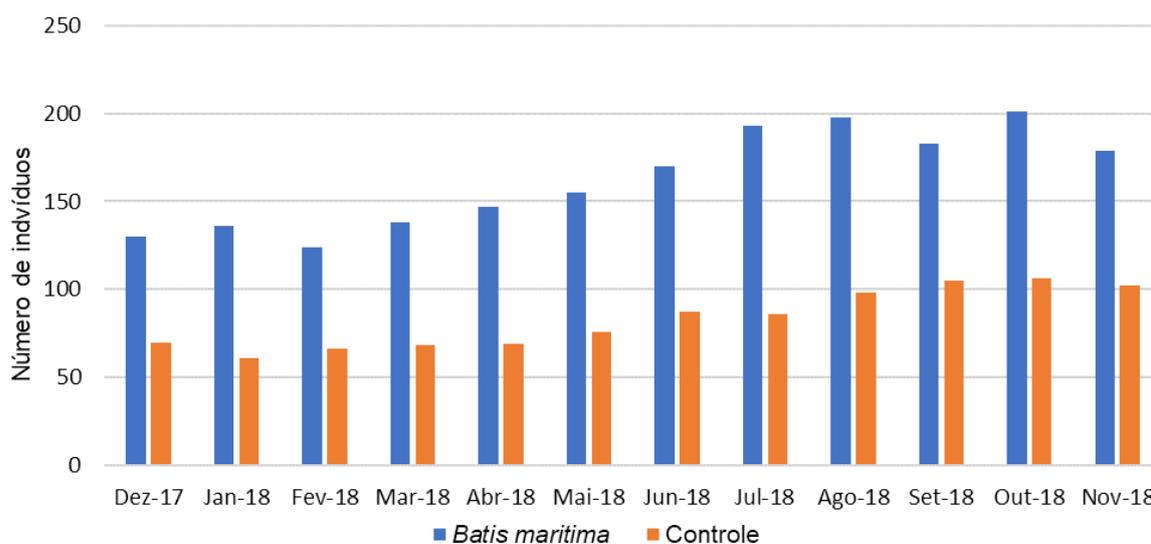
Os dados de temperatura, salinidade e matéria orgânica entre as duas áreas experimentais (mancha de *B. marítima* e área controle) foram comparados por meio de uma Análise de Variância (ANOVA). Em seguida, a fim de analisar as inter-relações entre essas variáveis realizou-se uma Análise de Componentes Principais (ACP) (Gotelli, 2011).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Estabelecimento e crescimento de *Avicennia* spp.

Foram efetuadas, de dezembro/2017 a novembro/2018, 1954 medições de *Avicennia* spp. na mancha de *B. maritima* e 994 área controle. O número de indivíduos na mancha de *B. maritima* foi significativamente maior do que na área controle (Teste T,  $P < 0,0001$ ). O mês com o maior número de indivíduos em ambas as áreas foi outubro de 2018, com 201 indivíduos contabilizados na mancha de *B. maritima* e 106 indivíduos na área controle (Figura 14). Já a menor quantidade de indivíduos foi registrada em janeiro/2018 na área controle, com 61 indivíduos, e fevereiro/2018 com 124 indivíduos na mancha de *B. maritima* (Figura 15).

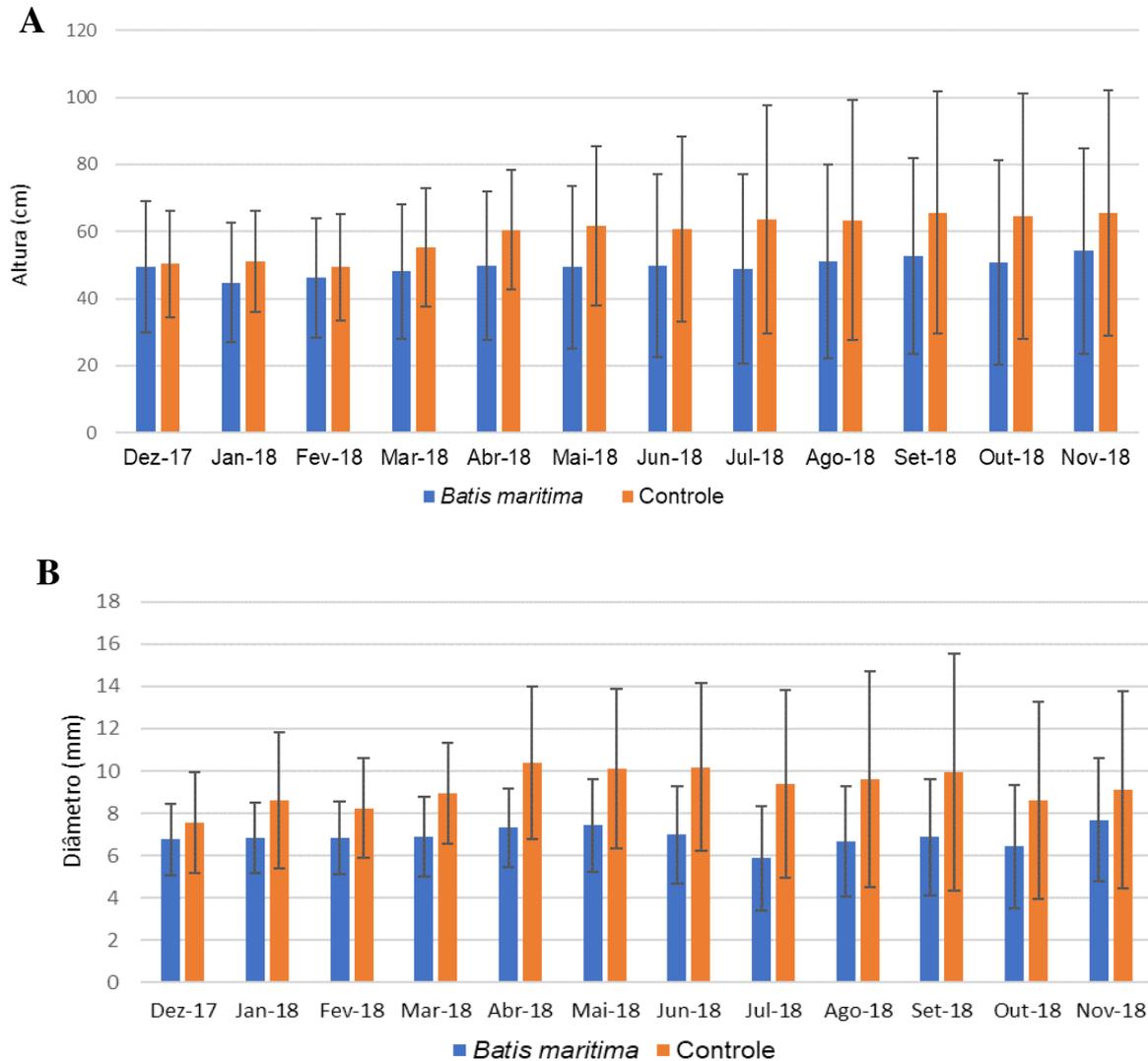
Figura 15 – Distribuição do número de plantas de *Avicennia* spp, por mês, para as duas áreas experimentais (mancha de *B. maritima* e área controle) no manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: elaborado pelo autor

Na mancha de *B. maritima* as plantas de mangue apresentaram altura média de  $49,37 \pm 25,64$  cm e diâmetro médio de  $6,85 \pm 2,38$  mm, com valores médios máximos de altura e diâmetro registrados no mês de novembro/2018 (Figura 16A e B). Já na área controle a altura média foi de  $59,73 \pm 29,63$  cm e diâmetro médio de  $9,12 \pm 4,15$  mm. Nessa área as maiores médias para altura e diâmetro foram nos meses de setembro/2018 e abril/2018, respectivamente (Figura 16A e B). A altura e o diâmetro dos indivíduos diferiram significativamente entre as duas áreas (teste t;  $p < 0,0001$ ).

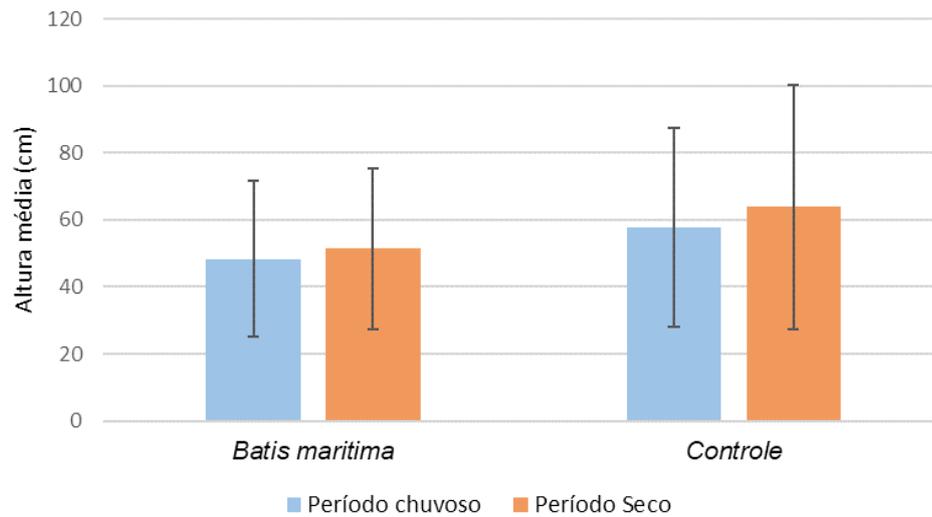
Figura 16 – Valores médios mensais, com desvio padrão, da altura (A) e do diâmetro (B) de *Avicennia* spp. para a macha de *B. marítima* (Barras azuis) e área controle (barras vermelhas) no manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: gráficos elaborados pelo autor.

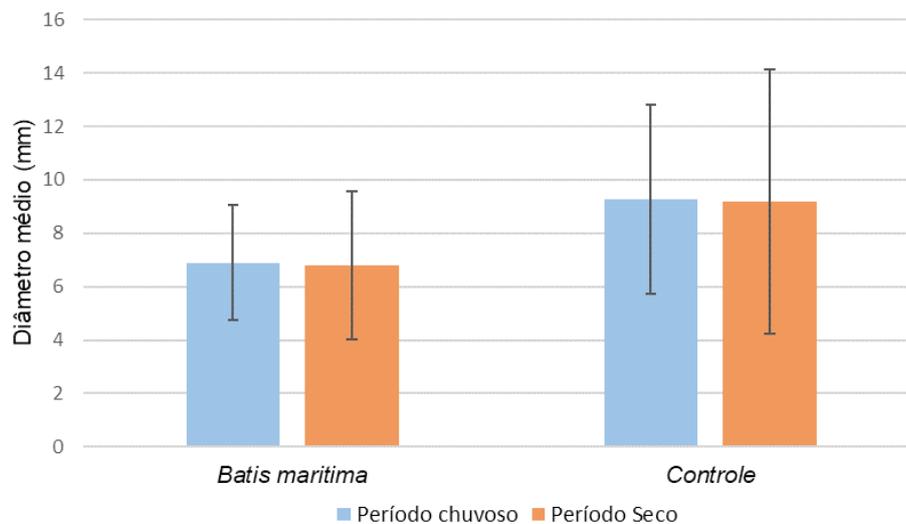
A altura média de *Avicennia* spp. na macha de *Batis marítima* no período chuvoso foi de  $48,25 \pm 23,23$  cm e no período seco,  $51,36 \pm 29,63$  cm. Para a área controle, os valores foram de  $57,77 \pm 23,93$  cm e  $63,80 \pm 36,47$  cm para os períodos chuvoso e seco, respectivamente (Figura 17). O diâmetro médio de *Avicennia* spp. na macha de *Batis marítima* no período chuvoso foi de  $6,90 \pm 2,15$  cm e no período seco,  $6,79 \pm 2,76$  cm. Para a área controle, os valores foram  $9,27 \pm 3,55$  cm e  $9,19 \pm 4,96$  cm para os períodos chuvoso e seco, respectivamente (Figura 18).

Figura 17 – Altura média com desvio padrão, em cm, de *Avicennia* spp. na macha de *Batis marítima* e na área controle nos períodos chuvoso e seco



Fonte: gráfico elaborado pelo autor.

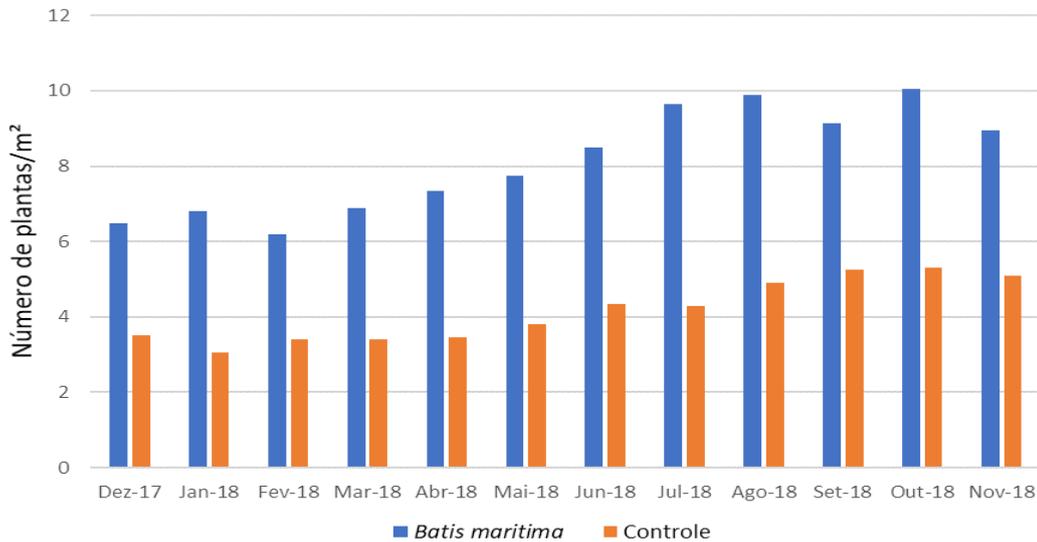
Figura 18 - Diâmetro médio com desvio padrão, em mm, de *Avicennia* spp. na mancha de *B. maritima* e na área controle nos períodos chuvoso e seco



Fonte: gráfico elaborado pelo autor.

A densidade populacional média de plantas de *Avicennia* spp. foi significativamente diferente entre as áreas, com 8,14 plantas/m<sup>2</sup> na área de *B. maritima* e de 4,15 plantas/m<sup>2</sup> na área controle (Teste T, P<0,0001). O mês de outubro apresentou as maiores densidades nas duas áreas (10,05 plantas/m<sup>2</sup> na mancha de *B. marítima* e 5,3 plantas/m<sup>2</sup> na área controle), enquanto no mês de fevereiro/2018, a mancha de *B. maritima* apresentou a menor densidade (6,2 plantas/m<sup>2</sup>) e no mês de janeiro/2018 a área controle teve a menor densidade de *Avicennia* spp. registrada (3,05 plantas/m<sup>2</sup>) (Figura 19).

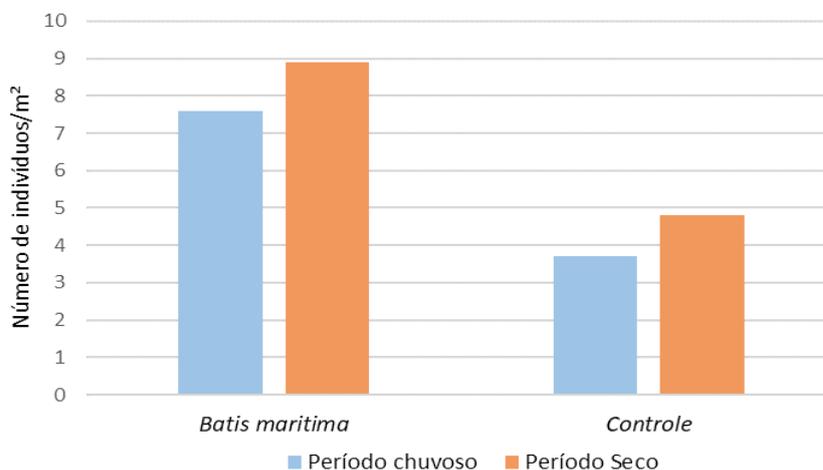
Figura 19 – Densidade populacional de *Avicennia* spp., expressa em número absoluto de plantas/m<sup>2</sup>, de dezembro/2017 a novembro/2018, nas duas áreas experimentais (mancha de *Batis maritima* e área controle) no manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: gráfico elaborado pelo autor

No período chuvoso as plantas de *Avicennia* spp. na mancha de *B. maritima* apresentaram densidade populacional média de 7,59 indivíduos/m<sup>2</sup> e no período seco esse valor foi de 8,91 indivíduos/m<sup>2</sup>. Para a área controle, a densidade populacional foi de 3,7 plantas/m<sup>2</sup> no período chuvoso e 4,81 plantas/m<sup>2</sup> no período seco (Figura 20). Houve diferença significativa entre as densidades dos períodos seco e chuvoso nas duas áreas amostrais (Teste T,  $P < 0.0001$ ).

Figura 20 – Densidade populacional média, expressa em número de indivíduos/m<sup>2</sup>, nos períodos chuvoso (barras azuis) e seco (barras laranja) para a mancha de *B. maritima* e para a área controle no manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: gráfico elaborado pelo autor.

O recrutamento total, de dezembro/2017 a novembro/2018, de plantas de *Avicennia* spp. registrado na mancha de *Batis maritima* foi de 49 indivíduos. No período chuvoso houve um recrutamento de 57 plantas e no período seco, observou-se uma diminuição de 19 indivíduos. Na área controle, o recrutamento total foi de 32 plantas de *Avicennia* spp. No período chuvoso o valor foi de 25 indivíduos e no período seco, de 4 indivíduos recrutados.

A taxa de crescimento relativo (TCR) para altura de *Avicennia* spp. na mancha com *Batis maritima* foi de 0,018 cm/dia e na área controle foi de 0,047 cm/dia. No período chuvoso (janeiro a julho de 2018) os indivíduos de *Avicennia* spp. apresentaram TCR de 0,021 e de 0,064 cm/dia na área com *B. maritima* e na área controle, respectivamente. No período seco (agosto a novembro de 2018), a TCR foi de 0,043 cm/dia para *Avicennia* spp. crescendo na mancha com *Batis maritima* e de 0,029 cm/dia para *Avicennia* spp. na área controle.

## 5.2. Parâmetros abióticos

### 5.2.1. Temperatura do solo

O valor médio de temperatura registrado no solo da área com *Batis maritima* estabelecida foi de  $33,04 \pm 3,07^{\circ}\text{C}$  e na área controle,  $34,73 \pm 4,58^{\circ}\text{C}$ . Os maiores valores de temperatura do solo, tanto para a mancha de *B. maritima* quanto para a área controle, foram obtidos na campanha de dezembro de 2017 e as menores médias são referentes ao mês de julho de 2018, também para as duas áreas (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores médios de temperatura de cada mês de coleta, nas duas áreas experimentais (mancha de *Batis maritima* e área controle) no manguezal do Rio Pacoti, CE.

Temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ )			
Mês	Área		Controle
	<i>B. maritima</i>		
Dez-17	38,4		43,2
Abri-18	33		35
Mai-18	32		33
Jun-18	30,8		31,4
Jul-18	30,2		31
Set-18	33,8		35
Média e desvio padrão	$33,04 \pm 3,07$		$34,73 \pm 4,58$

Fonte: elaborada pelo autor.

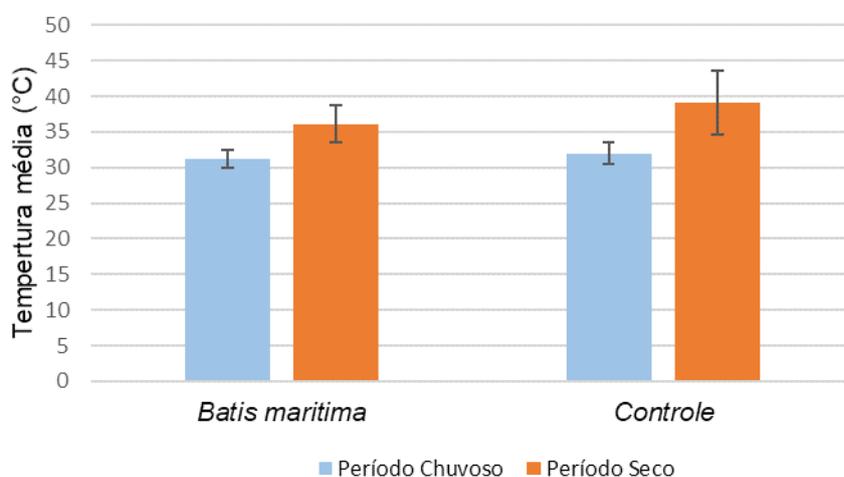
A mancha de *B. maritima* e a área controle diferiram significativamente quanto à temperatura média (ANOVA) (Tabela 2). Do mesmo modo, houve diferença significativa entre as temperaturas médias do período chuvoso e do período seco para ambas as áreas experimentais (Figura 21). No período chuvoso a média de temperatura do solo na área controle foi de  $32 \pm 1,46^{\circ}\text{C}$  e no período seco,  $39,1 \pm 4,51^{\circ}\text{C}$ . Na mancha de *B. maritima* as temperatura médias obtidas foram de  $31,13 \pm 1,26^{\circ}\text{C}$  e  $36,1 \pm 2,56^{\circ}\text{C}$  para os períodos chuvoso e seco, respectivamente (Figura 19). A diferença de temperatura média do solo entre os períodos chuvoso e seco na mancha de *Batis marítima* ( $4,97^{\circ}\text{C}$ ) foi menor que a da área controle ( $7,1^{\circ}\text{C}$ ).

Tabela 2 - Valores do teste de ANOVA (dois fatores) para temperatura, obtidos durante o período de dezembro/2017 a setembro/2018 no manguezal do Rio Pacoti, CE. (SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; F: valor do teste; p: probabilidade de significância; \* nível de significância  $p < 0,05$ ).

Temperatura	SQ	GL	F	p
Local ( <i>B. maritima</i> x Controle)	37,23	1	6,006	0,0179*
Período (Chuvoso x Seco)	448,63	1	72,3723	< 0,001*
Local x Período	13,89	1	2,2414	0,1409
Resíduo	297,55	48	-	-

Fonte: tabela elaborada pelo autor.

Figura 21 – Valores médios, com desvio padrão, de temperatura, em  $^{\circ}\text{C}$ , dos períodos chuvoso e seco na mancha de *B. maritima* e na área controle no manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: tabela elaborada pelo autor.

### 5.2.2 Salinidade da água percolada

Medidas de salinidade foram realizadas nas áreas de estudo nos meses de junho, julho e setembro de 2018. A salinidade média da água percolada na área de *B. marítima* foi de  $45 \pm 36,59$  e na área controle foi de  $57 \pm 41,58$ . No período chuvoso (junho e julho/2018), o valor médio para as medidas de salinidade foi de  $24 \pm 5,66$  para a mancha de *B. marítima* e de  $33 \pm 1,41$  para a área controle. Já a medida realizada no período seco (setembro/2018) registrou um valor de 87 para *B. marítima* e 100 para o controle.

Não existem diferenças estatísticas significativas entre as médias de salinidade das duas áreas (ANOVA, Tabela 3). No entanto, houve diferença significativa com relação aos valores de salinidade para o período chuvoso e período seco nas duas áreas amostrais, (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores do teste de ANOVA (dois fatores) para salinidade, obtidos durante os meses de junho, julho e setembro de 2018 no manguezal do Rio Pacoti, CE. (SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; F: valor do teste; p: probabilidade de significância; \* nível de significância  $p < 0,05$ ).

Salinidade	SQ	GL	F	p
Local ( <i>B. marítima</i> x Controle)	160,2	1	9,4216	0,091764
Período (Chuvoso x Seco)	5633,3	1	331,3725	0,003004*
Local x Período	5,3	1	0,3137	0,631770
Resíduo	34	2	-	-

Fonte: tabela elaborada pelo autor.

### 5.2.3 Teor de umidade do solo

Calculou-se o teor de umidade das amostras de sedimento coletadas no período chuvoso (abril/2018) e no período seco (outubro/2018). O teor de umidade médio para a amostra da área com *Batis marítima* foi de 34,77% e de 32,1% para a amostra da área controle. No período chuvoso o teor de umidade foi de 39,02 % e de 39,45% para área de *B. marítima* e área controle, respectivamente. No período seco, 30,51 e 24,74% foram os valores obtidos para teor de umidade da mancha com *B. marítima* e área controle, respectivamente.

### 5.2.3 Teor de matéria orgânica do solo

O valor médio de teor de matéria orgânica para a mancha de *B. maritima* foi de 2,52% e para a área controle foi de 2,67%. Os maiores teores foram observados, para ambas as áreas, nas amostras do mês de outubro/2018 (período seco), sendo 4,8 % para *B. maritima* e 5,13 % para o controle.

Não houve diferença significativa entre os teores de matéria orgânica obtidos para as áreas experimentais (ANOVA, Tabela 4).

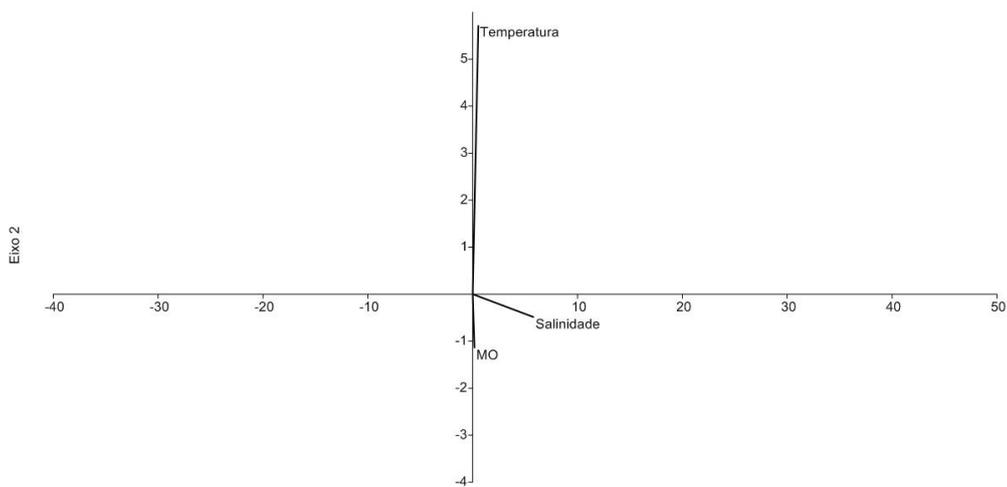
Tabela 4 - Valores do teste de ANOVA (dois fatores) para teor de matéria orgânica, obtidos nos meses de dezembro/2017, abril/2018 e outubro/2018 no manguezal do Rio Pacoti, CE. (SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; F: valor do teste; p: probabilidade de significância; \* nível de significância  $p < 0,05$ ).

Matéria Orgânica	SQ	GL	F	p
Local ( <i>B. maritima</i> x Controle)	0,0368	1	0,0061	0,9450
Período (Chuvoso x Seco)	4,7472	1	0,7839	0,4694
Local x Período	0,1239	1	0,0205	0,8994
Resíduo	12,1116	2	-	-

Fonte: tabela elaborada pelo autor.

A figura 22 traz o resultado da Análise dos Componentes Principais (ACP) utilizando-se as variáveis temperatura, salinidade e matéria orgânica para analisar a influência nos valores de altura de *Avicennia* spp.

Figura 22 – Resultado da Análise dos Componentes Principais (ACP) mostrando a influência das variáveis temperatura, salinidade e matéria orgânica nas medições de altura de *Avicennia* spp. O percentual de variância é de 99,68% no eixo 1.



Na tabela 5 estão os valores médios de cada parâmetro medido e calculado para cada área:

Tabela 5 – Médias dos valores e teores, com desvio padrão para temperatura e salinidade, dos parâmetros abióticos analisados nas duas áreas amostrais (*Batis maritima* e área controle) no manguezal do Rio Pacoti, CE.

Área	Temperatura (°C)	Salinidade	Matéria Orgânica	Umidade
<i>Batis maritima</i>	33.04 ± 3.07	45 ± 36.59	2.52%	34.77%
Controle	34.73 ± 4.58	57 ± 41.58	2.67%	32.10%

Fonte: elaborada pelo autor.

#### 5.2.4 Granulometria

Os teores de grãos, classificados quanto ao tamanho, e as classificações das amostras de acordo com Larssonneur e quanto ao grau de seleção (Folk e Ward) estão expostos nas tabelas 6 e 7. Os dados são referentes às três coletas realizadas na área controle (Tabela 6) e na mancha de *Batis maritima* (Tabela 7) nos meses de dezembro/2017, abril/2018 e outubro/2018.

Tabela 6 – Dados e classificações quanto à granulometria de amostras do solo da mancha de *Batis maritima* coletadas em dezembro/2017, abril/2018 e outubro/2018 no manguezal do Rio Pacoti, CE.

<b>Mancha de <i>Batis maritima</i></b>			
<b>Granulometria</b>	<b>Dezembro/2017</b>	<b>Abril/2018</b>	<b>Outubro/2018</b>
Cascalho (%)	0.16	0.11	0.72
Areia (%)	77.67	75.57	76.88
Finos (silte + argila) (%)	22.16	24.32	23.05
Grau de Seleção (Folk e Ward)	Muito pobremente selecionado	Extremamente mal selecionado	Extremamente mal selecionado
Larssonneur	Lama Terrígena Arenosa	Lama Terrígena Arenosa	Lama Terrígena Arenosa

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 7 – Dados e classificações quanto à granulometria de amostras do solo da área controle coletadas em dezembro/2017, abril/2018 e outubro/2018 no manguezal do Rio Pacoti, CE.

<b>Área Controle</b>			
<b>Granulometria</b>	<b>Dezembro/2017</b>	<b>Abril/2018</b>	<b>Outubro/2018</b>
Cascalho (%)	1.24	0.25	0.12
Areia (%)	70.76	77.39	78.48
Finos (silte + argila) (%)	27.99	22.37	21.40
Grau de Seleção (Folk e Ward)	Muito pobremente selecionado	Extremamente mal selecionado	Extremamente mal selecionado
Larsonneur	Lama Terrígena Arenosa	Lama Terrígena Arenosa	Lama Terrígena Arenosa

Fonte: elaborada pelo autor.

## 6. DISCUSSÃO

De acordo com Mckee *et al.* (2007), manchas de plantas herbáceas podem facilitar o processo de recuperação do manguezal em áreas degradadas. Essa facilitação pode ocorrer através de mecanismos como a retenção de propágulos dispersos, a facilitação do enraizamento, estabelecimento de plantas de mangue e a melhoria das condições físico-químicas, o que por sua vez pode beneficiar o crescimento e a sobrevivência do mangue.

A análise dos resultados desta pesquisa mostra que houve diferenças significativas quanto ao crescimento e recrutamento de plantas de *Avicennia* spp. entre a mancha de *Batis maritima* e entre a área controle. Inicialmente observa-se um número de indivíduos de *Avicennia* spp. significativamente maior na mancha de *B. maritima* ao longo de todo o período de estudo no manguezal do Rio Pacoti (dezembro/2017 a novembro/2018). Esses dados sugerem, tais quais os resultados de Teutli-Hernández *et al.* (2017) e Lema *et al.* (2003), que a planta *Batis maritima* facilita o recrutamento de plantas de mangue. Esse mecanismo de facilitação é provavelmente possível, entre outros fatores, devido ao denso entrelaçamento dos caules de *B. maritima*, os quais retém os propágulos em suspensão durante períodos de inundação da área.

Além de facilitar a retenção dos propágulos de espécies de mangue, plantas facilitadoras também podem reduzir o tempo que os propágulos permanecem boiando, quando dispersos (Mckee, 1995). Isso porque as herbáceas facilitadoras são adaptadas à baixos níveis de água e, em virtude disso, os propágulos de mangue que ficam retidos em manchas dessas plantas podem alcançar o sedimento mais rapidamente e então enraizar-se (Mckee, 1995).

Milbrandt & Tinsley (2006), avaliando o papel de *Batis maritima* na recuperação de áreas de manguezal degradado, afirmam que as raízes da herbácea em questão podem promover uma pequena elevação do substrato, o que, de acordo com Pezeshki *et al.* (1997), pode amenizar o efeito de inundações e submeter as plantas de *Avicennia germinans* à condições de menor estresse com relação ao caráter redutor do solo do manguezal. Essa elevação do solo promovida pela halófito constitui, portanto, um mecanismo de facilitação do estabelecimento inicial de *Avicennia* spp.

A altura média das plantas de *Avicennia* spp. associadas à mancha de *Batis maritima* não aumentou consideravelmente (TCR em altura = 0,018 cm/dia) ao longo do presente estudo, ao passo que na área controle as plantas de mangue tiveram crescimento mais

significativo (TCR em altura = 0,047 cm/dia). Isso pode ser explicado pelo fato de que o maior recrutamento de *Avicennia* spp., que foi observado na mancha de *B. maritima*, provocou uma diminuição dos valores de altura média das plantas, uma vez que um grande número de indivíduos se estabeleceu na mancha e essas plantas novas passaram a ser medidas ao atingir 15 cm de altura. Esse incremento no número de plantas de *Avicennia* spp. contados na mancha de *Batis maritima* pode ser observado na Figura 15.

Esse aumento significativo do número de indivíduos medidos na mancha de *B. maritima* condiz com o período de frutificação do mangue (figura 23), que foi observado nos meses de abril, maio e junho de 2018 (Observação Pessoal). Durante e após esse período registrou-se uma média de  $60,3 \pm 19,55$  propágulos estabelecidos na mancha de *B. maritima*. Para a área controle esse valor foi de  $28,7 \pm 15,28$ . No mês de maio registrou-se a maior quantidade de propágulos em ambas as áreas, sendo 82 o valor absoluto de propágulos na mancha de *B. maritima* e 42, na área controle.

Figura 23 – Propágulos de *Avicennia* spp. na época de frutificação (mês de abril/2018) no manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: registro do autor.

É importante frisar que nem todos os propágulos que se estabeleceram a partir desse período resistiram às condições ambientais do manguezal do Rio Pacoti. Por isso o número de plantas novas de *Avicennia* spp. que passaram a ser medidas (49 novas plantas na mancha de *B. maritima* e 32 na área controle ao longo de todo o período de estudo) é menor que o número total de propágulos observados.

O diâmetro do caule de *Avicennia* spp. diferiu significativamente entre as duas áreas experimentais, apresentando uma média de  $6,85 \pm 2,38$  mm na mancha de *Batis maritima* e  $9,12 \pm 4,15$  mm na área controle. Isso pode ser explicado pela menor competição por nutrientes na área controle, o que por sua vez é devido ao menor número de *Avicennia* spp. nessa área.

Os valores de temperatura do solo obtidos na mancha de *Batis maritima* ( $33,04 \pm 3,07^\circ\text{C}$ ) foram significativamente menores que os valores obtidos na área controle ( $34,73 \pm 4,58^\circ\text{C}$ ), o que sustenta a hipótese da facilitação provocada pela halófito *B. maritima* na amenização da temperatura do solo do manguezal. Tal diferença, similar aos resultados do estudo de Milbrandt & Tinsley (2006), pode ser explicada pela existência de densos e elevados entrelaçamentos de caules da planta *Batis maritima*, que podem proteger a superfície do solo contra a insolação direta e, conseqüentemente, manter a temperatura do solo mais baixa do que a de superfícies desprovidas de cobertura de *B. maritima*. Esse mecanismo pode facilitar o estabelecimento de novas plantas de mangue e explicar o maior recrutamento de *Avicennia* spp. na mancha de *B. maritima* no manguezal do Rio Pacoti.

Além disso, a amplitude térmica entre as temperaturas médias de cada período (chuvoso e seco) foi menor na mancha de *Batis maritima* ( $4,97^\circ\text{C}$ ), coincidindo com os resultados de Milbrandt & Tinsley (2006), os quais investigaram e compararam a amplitude térmica diária de uma área com cobertura de *Batis maritima* e de uma área controle. Esses mesmos autores afirmam que as menores amplitudes térmicas na mancha de *B. maritima* podem ter influenciado uma menor mortalidade de plantas de *Avicennia germinans*.

Não houve diferença significativa dos valores de salinidade entre as áreas experimentais (mancha de *Batis maritima* e área controle). No entanto, os valores de salinidade diferiram significativamente entre os períodos seco e chuvoso (ANOVA, Tabela 3). Isso pode ser explicado pela diminuição da frequência de alagamento da área de estudo no período seco.

O nível de inundação do manguezal do Rio Pacoti está condicionado às flutuações de maré e ao fluxo de água doce do rio, que por sua vez depende das chuvas. No período seco (Figura 24), a escassez de chuvas pode ter contribuído para um aumento significativo da salinidade em ambas as áreas amostrais, o que pode ter influenciado o menor recrutamento e estabelecimento de plântulas de *Avicennia* spp. Essas elevadas concentrações de sal podem ser

explicadas também pelo fato de que haviam salinas na área de estudo até o início da década de 80.

Figura 24 – Quadrantes experimentais na área controle em dezembro/2017 (período seco) no manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: registro do autor.

Os teores de matéria orgânica não diferiram significativamente entre a mancha de *Batis maritima* e a área controle e nem entre os períodos seco e chuvoso (ANOVA, Tabela 4), o que pode indicar uma mesma disponibilidade de nutrientes em ambas as áreas. Dessa forma, pode-se afirmar que a competição por nutrientes na mancha de *B. maritima* é maior, uma vez que, somado à presença da herbácea facilitadora, a densidade populacional de *Avicennia* spp. é significativamente maior que na área controle. Essa hipótese pode ser evidenciada pela menor TCR (taxa de crescimento relativo), menor altura e diâmetro médios, que foram observados em plantas de *Avicennia* spp. estabelecidas na mancha de *B. maritima*.

Teores de umidade do solo foram maiores no período chuvoso, tanto na mancha de *Batis maritima* (39,02%) quanto na área controle (39,45%). Para as amostras coletadas no período seco, os teores obtidos foram menores, sendo 30,50% na mancha de *B. maritima* e 24,74% na área controle. Os maiores teores de umidade do solo registrados no período chuvoso (janeiro/2018 a novembro/2018) podem ser explicados pela maior quantidade de chuvas concentradas nessa época.

A caracterização granulométrica não apresentou diferenças entre as áreas experimentais (mancha com a presença de *Batis maritima* e área controle) e nem entre os períodos seco e chuvoso dentro de cada área.

## 7. CONCLUSÕES

Os resultados desse estudo confirmam a facilitação exercida por *Batis maritima* no recrutamento e estabelecimento de *Avicennia* spp. na área degradada do manguezal do Rio Pacoti. Dentre os possíveis mecanismos de facilitação, a amenização da temperatura do solo e a retenção de propágulos desempenhados pela herbácea pioneira podem explicar o maior número de plantas de *Avicennia* spp. estabelecidas na mancha de *B. maritima*, quando comparada à uma área sem a presença da planta facilitadora.

Com relação ao crescimento em altura e diâmetro de *Avicennia* spp., não houve evidência de facilitação desempenhada por *Batis maritima*, o que pode ser explicado pela maior competição por nutrientes na mancha com a presença de *B. maritima*.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alistar, R. I.; Duke, N. C. 1987. **Mangroves as nursery sites: comparisons of the abundance and species composition of fish and crustaceans in mangroves and other nearshore habitats in tropical Australia.** Marine Biology. Vol. 96. págs. 197-205.

Alongi, D.M., 2002. **Present state and future of the world's mangrove forests.** Environ. Conserv. Vol. 29, págs. 331-349.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1986. **Amostras de solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização.** NBR 6457.

BARBOSA, L. N.; LIMA, V. G. F.; FARIAS, J. F.; SILVA, E. V. 2016. **Caracterização geocológica do estuário do rio Pacoti, Ceará: ações para um planejamento Integrado.** REGNE. Vol. 2.

Barbosa, L. N.; Lima, V. G. F.; Farias, J. F.; E. V. da Silva. 2016. **Evolução Espaço-Temporal da Vegetação de Mangue no Estuário do Rio Pacoti/Ceará.** REVISTA GEONORTE, Edição Especial 5, V.7, N.26, p.144-159.

Basha, SK C. 2018. **An overview on global mangroves distribution.** Indian Journal of Geo Marine Sciences. Vol. 47 (04), págs. 766-772.

Contreras, A. R.; Trejo, D. A. R. 2004. **Efecto de calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de Quercus rugosa.** Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Vol. 10, núm. 1, págs. 5-11.

**CPRM – Serviço Geológico do Brasil.** 1968

Donnelly, M.; Walters, L.; 2014. **Trapping of Rhizophora mangle Propagules by Coexisting Early Successional Species.** Estuaries and Coasts. Vol. 37, págs. 1562–1571.

Duke, N.C.; Meynecke, J.; Dittmann, S. et al. 2007. **A world without mangroves?** Science, Vol. 317(5834), págs. 41-42.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. **The world's mangroves 1980-2005**. FAO Forestry Paper, Rome.

**FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS**. 2018. Disponível em: <[http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Grafico\\_chuvas\\_postos\\_pluviometricos/total\\_chuvas/index.htm](http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Grafico_chuvas_postos_pluviometricos/total_chuvas/index.htm)> Acesso em: 16 de outubro de 2018.

Guo, H., Zhang, Y., Lan, Z., & Pennings, S. C. 2013. **Biotic interactions mediate the expansion of black mangrove (*Avicennia germinans*) into salt marshes under climate change**. Global Change Biology. Vol. 19, n. 9, págs. 2765-2774.

Gotelli, N. J. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre. Artmed. 2011. 528 p.

Lema, L.F.; Polanía, J.; Urrego, L. E. 2003. **Dispersión y establecimiento de las especies de mangle del río Ranchería en el período de máxima fructificación**. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Vol. 27(102), págs. 93-103.

Levinton, J. S. **Marine biology: Function, biodiversity, ecology**. 3<sup>a</sup> ed OXFORD UNIVERSITY PRESS, INC., NEW YORK, NY (USA), 2011, 423 pp.

Lewis III, R.R. 2009. **Methods and criteria for successful mangrove forest restoration**. In: Perillo, G.M.E.; Wolanski, E.; Cahoon, D.R. & Brinson, M.M. (Eds.). Coastal wetlands: An integrated ecosystem approach. Elsevier, 787p.

Lonard, R.I.; Judd, F.W.; Stalter, R. 2011. **The Biological Flora of Coastal Dunes and Wetlands: *Batis maritima* C. Linnaeus**. Journal of Coastal Research. Vol. 27(3), págs. 441 – 449.

McKee, K. L. 1995. **Seedling recruitment patterns in a Belizean mangrove forest: effects of establishment ability and physico-chemical factors.** *Oecologia*. Vol. 101, págs. 448-460.

McKee, K.L.; Rooth, J.E.; Feller, I.C. 2007. **Mangrove recruitment after forest disturbance is facilitated by herbaceous species in the Caribbean.** *Ecological Applications*. Vol. 17(6), págs. 1678-1693.

Milbrandt, E.C., Tinsley, M.N., 2006. **The role of saltwort (*Batis marítima* L.) in regeneration of degraded mangrove forests.** *Hydrobiologia*. Vol. 568, págs. 369-377.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2006. **Erosão e progradação do Litoral Brasileiro.** Organizador: Dieter Muehe. Brasília: MMA. 476 p.

Patterson, C., S.; Mendelsohn, I., A.; Swenson, E., M. 1993. **Growth and survival of *Avicennia germinans* seedlings in a mangal/salt marsh community in Louisiana, USA.** *Journal of Coastal Research*. Vol. 9, págs. 801–810.

Peterson, J.M., S.S. Bell. 2012. **Tidal events and salt-marsh structure influence black mangrove (*Avicennia germinans*) recruitment across an ecotone.** *Ecology*. Vol. 93, págs. 1648–1658.

Pezeshki, S. R.; Delaune, R. D.; Meeder, J. F. 1997. **Carbon assimilation and biomass partitioning in *Avicennia germinans* and *Rhizophora mangle* seedlings in response to soil redox conditions.** *Environmental and Experimental Botany*. Vol. 37, págs. 161-171.

Revista de Geociências do Nordeste. Volume 2 (2016): Número Especial: III Simpósio de Geografia Física do Nordeste - Caicó/RN.

Scholander, P. F., Hammel, H. T., Hemmingsen, E., Garey, W. **Salt balance in mangroves.** *Plant Physiol*. 1962; vol. 37(6): págs. 722-729.

Stevens, P., W.; Fox, S., L.; Montague, C., L. 2006. **The interplay between mangroves and saltmarshes at the transition between temperate and subtropical climate in Florida.** *Wetlands Ecology and Management*, vol. 14, págs. 435–444.

Teutli-Hernández, C.; Herrera-Silveira, J. A.; Comín, F. A.; López, M. M. 2017. **Nurse species could facilitate the recruitment of mangrove seedlings after hydrological rehabilitation.** *Ecological Engineering*.

Waisel, Y., Eshel, A., Agami, M. **Salt balance of leaves of the mangrove *Avicennia marina*.** *Physiologia Plantarum*. Vol. 67, págs. 67-72, 1986.

Wilder, B.T., Felger, R.S., and Romero-Morales, H., 2008. **Succulent plant diversity of the Sonoran Island, Gulf of California, Mexico.** *Haseltonia*. Vol. 14, págs. 127–160.