UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

LAÍS MUNIZ PAIVA

VARIABILIDADE ESTRUTURAL DA FLORESTA DE MANGUE DO ESTUÁRIO DO RIO TATUAMUNHA, PORTO DE PEDRAS, ALAGOAS, BRASIL

Recife, 2018

LAÍS MUNIZ PAIVA

VARIABILIDADE ESTRUTURAL DA FLORESTA DE MANGUE DO ESTUÁRIO DO RIO TATUAMUNHA, PORTO DE PEDRAS, ALAGOAS, BRASIL

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Oceanografia.
Área de concentração: Oceanografia Biológica.
Orientador: Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa.
Coorientadores: Prof. Dr. Roberto Lima Barcellos e Prof. Dr. Clemente Coelho Junior.

Recife, 2018

-

Catalogação na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

P149v Paiva, Laís Muniz.
Variabilidade estrutural da floresta de mangue do estuário do rio Tatuamunha, Porto de Pedras, Alagoas, Brasil. / Laís Muniz Paiva - 2018.
85folha. Il. e Tab.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa.
Coorientadores: Prof. Dr. Roberto Lima Barcellos e Prof. Dr. Clemente Coelho Junior.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2018.
Inclui Referências.

1. Oceanografia. 2. Manguezal. 3. Floresta de franja. 4. Estrutura florestal. 5. Variabilidade. 6. Sedimento. I. Feitosa, Fernando Antônio do Nascimento. (Orientador). II. Barcellos, Roberto Lima e Coelho Junior, Clemente (Coorientadores).

UFPE

551.46 CDD (22. ed.) BCTG/2018-235

LAÍS MUNIZ PAIVA

VARIABILIDADE ESTRUTURAL DA FLORESTA DE MANGUE DO ESTUÁRIO DO RIO TATUAMUNHA, PORTO DE PEDRAS, ALAGOAS, BRASIL

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Oceanografia.
Área de concentração: Oceanografia Biológica.
Orientador: Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa.
Coorientadores: Prof. Dr. Roberto Lima Barcellos e Prof. Dr. Clemente Coelho Junior.

BANCA EXAMINADORA:

_____
Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa (Orientador)
Departamento de Oceanografia – UFPE

_____
Profa. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha (Titular)
Departamento de Oceanografia – UFPE

_____
Profa. Dra. Maria Fernanda Abrantes Torres (Titular)
Departamento de Geografia – UFPE

Dissertação aprovada no dia 26/02/2018.

Recife, 2018

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), ao Departamento de Oceanografia (DOCEAN), ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPGO) e ao Laboratório de Fitoplâncton (LABFITO).

Ao CNPq pelo auxílio financeiro na concessão da bolsa durante os anos do mestrado.

Ao Prof. Fernando Feitosa por aceitar me orientar, pelo estímulo, apoio, bate-papos descontraídos e ensinamentos, muitíssimo obrigada, “Maguinho”!

Ao meu querido mestre, mentor, amigo e Coorientador Prof. Clemente Coelho Júnior que me acompanha à longa data, desde lá trás no primeiro estágio da graduação, obrigada por tudo, pela parceria, confiança e todo aprendizado proporcionado, desde as conversas mais descontraídas aos puxões de orelha do “advogado do diabo”, obrigada por me apresentar e me guiar nas atoladas nas lamas dos manguezais.

Ao Prof. Roberto Barcellos pela coorientação, por me acolher tão bem no laboratório e nas disciplinas, pelo apoio ao longo da caminhada, mas principalmente em campo, a sua paixão pelo trabalho é contagiante, obrigada por todo conhecimento pacientemente compartilhado.

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica, da Universidade Federal de Pernambuco pela infraestrutura provida durante o desenvolvimento desta pesquisa. Agradecer especialmente à Msc. Luciana Santos por todo café, suporte e auxílio no processamento das amostras de sedimento em laboratório, valeu Lú!

Às Professoras Maria da Glória e Maria Fernanda por aceitarem participar e pelas ricas contribuições na banca examinadora.

Às amigas biólogas do Laboratório PROMANGUE, Catarina Flor, Tamires Carvalho, Talita Messias e aos queridos amigos / parceiros Rodrigo Marques e Rafael Lustosa, por todo apoio nos trabalhos de campo.

Às amigas / irmãs de longa data, Radharanne Recinos, Julliana Barreto, Vanessa Angeiras e a Pedro Xavier, vocês são meu porto seguro, obrigada pela ajuda, escuta paciente, palavras de consolo e motivação em todos os momentos, mas também agradeço por compreenderem minha ausência, principalmente nessa reta final, amo vocês.

Às garotinhas do amor, pela presença, apesar de distante, embora constante ao longo de minha vida acadêmica. Vocês são os presentes que a UPE me deu pra vida!

Ao Professor e querido amigo João Lucas Feitosa, pela paciente ajuda com as análises estatísticas.

Aos meus colegas e amigos da turma de mestrado pela maravilhosa convivência, momentos de descontração e aprendizado, vocês são fera! Fico imensamente feliz em vê-los trilhando e conquistando seus caminhos, cada um na sua especialidade que tanto amam, mas todos pelo amor maior à ciência! Melhor turma não podia ter escolhido! Valeu, galera!

Ao Instituto BiomaBrasil e a todos os Biomenses pelos diferentes esforços ao longo de todo o Brasil pela conservação dos manguezais.

Aos queridos colegas da equipe gestora da APA Costa dos Corais (APACC/ICMBio), em especial a Iran Normande e funcionários da base de Porto de Pedras (AL), pelo apoio logístico, infraestrutura de campo, hospitalidade e disposição incondicional em auxiliar sempre que necessário. A todos os analistas, veterinários e tratadores do Projeto Peixe-Boi (ICMBio) pelo maravilhoso trabalho que tive a oportunidade de acompanhar de perto, agradeço pelos incansáveis esforços na conservação dessa espécie que como tantas outras têm os manguezais como habitat.

E ao ecossistema manguezal que tão generosamente vem me presenteando com esse maravilhoso mundo de descobertas e de tanto conhecimento.

“There is no wealth but **life**”.

John Ruskin

RESUMO

O manguezal é um ecossistema costeiro característico de regiões tropicais e subtropicais que ocorre morfologicamente associado a costas de baixa energia ou a ambientes estuarinos, lagunares, baías e enseadas. Usualmente considerado como o ecossistema costeiro mais importante das zonas úmidas, figura entre os mais produtivos do mundo, abriga uma elevada biodiversidade, sendo considerado berçário de várias espécies, algumas ameaçadas de extinção, como o peixe-boi marinho, além de prover uma ampla variedade de recursos naturais e serviços ecossistêmicos que beneficiam direta e indiretamente populações costeiras. No presente estudo, foi realizada a caracterização da estrutura florestal do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL), analisada pelo método de parcelas, distribuídas na franja da floresta em três sítios (A, B e C) ao longo do estuário. Para cada sítio foram demarcadas três parcelas e em cada parcela todos os indivíduos com altura $\geq$ 1 m tiveram suas alturas e DAP (diâmetro à altura do peito) medidos e anotados nas planilhas de campo. O sedimento do manguezal também foi analisado para determinação das características granulométricas e dos conteúdos de carbonato de cálcio e matéria orgânica total. Além disso, também foram coletadas e analisadas amostras sazonais superficiais do sedimento de fundo do canal estuarino, a fim de descrever os processos sedimentológicos atuais do estuário. O estuário do rio Tatuamunha apresenta um padrão de sedimentação arenoso litoclástico com maiores contribuições de carbonatos em seu baixo estuário, sendo análogo ao de outros estuários da região e se comportando como um potencial retentor de matéria orgânica e lamas terrígenas especialmente do médio para o alto estuário. Foi observado que o rio encontra-se bastante assoreado, o que é especialmente preocupante pela existência de cativeiros de peixes-boi marinhos. Os resultados indicaram que as florestas analisadas se apresentam bem conservadas com elevado desenvolvimento estrutural, indicada pelas elevadas áreas basais vivas e pela maior contribuição em área basal na classe diamétrica $\geq$10 cm. A densidade de troncos vivos variou de 575 a 4576 troncos.ha^{-1}, e de troncos mortos variou de 32 a 2444 troncos.ha^{-1}. A alta densidade de troncos nas classes diamétricas inferiores, indicam a presença de sub-bosques bastante densos abaixo do dossel. Foi observada uma tendência de distribuição das espécies: *Rhizophora mangle* L. esteve associada às regiões mais próximas do Oceano, sob um sedimento frequentemente inundado com elevados teores de lama e matéria orgânica total, enquanto que *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F. predominou num sedimento mais arenoso, na porção alta do estuário, sob uma menor influência marinha.

Palavras-chave: Manguezal. Floresta de franja. Estrutura florestal. Variabilidade. Sedimento.

ABSTRACT

The mangrove is a coastal ecosystem characteristic of tropical and subtropical regions that occurs morphologically associated with low energy coasts or estuarine environments, lagoons, bays and coves. Usually considered as the most important coastal ecosystem of the wetlands, they are among the most productive in the world, they have a high biodiversity, being considered nursery of several species, some endangered, such as the manatee, besides providing a wide variety of natural resources and ecosystem services that directly and indirectly benefit coastal populations. In the present study, the forest structure of the Tatuamunha river estuary (Porto de Pedras, AL) was analyzed by the plot method, distributed in the fringe forests at three sites (A, B and C) along the estuary. For each site three plots were demarcated and in each plot all individuals with height ≥ 1 m had their heights and DAP measured at the field worksheets. The mangrove sediment was also analyzed for the determination of the granulometric characteristics and contents of calcium carbonate and total organic matter. In addition, we also collected and analyzed seasonal samples of surface sediments of the estuarine channel, in order to describe the current sedimentological processes of the estuary. The estuary of the Tatuamunha river presents a lithoclastic sand sedimentation pattern with higher carbonate contributions in its lower estuary, being analogous to other estuaries in the region and behaving as a potential retainer of organic matter and muds especially from the middle to upper estuary . It has been observed that the river is quite silted, which is especially worrying because of the existence of captivity of manatees. The results indicated that the analyzed forests are well preserved with high structural development, indicated by the high living basal areas and the highest contribution in the basal area in the diametric class ≥10 cm. The density of live trunks ranged from 575 to 4576 trunks.ha^{-1}, and from dead trunks ranged from 32 to 2444 trunks.ha^{-1}. The high density of trunks in the lower diametric classes indicate the presence of very dense sub-forests below the canopy. A distribution tendency of the species was observed: *Rhizophora mangle* L. was associated with estuarine areas closest to the ocean, under a sediment often flooded with high levels of mud and total organic matter, while *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F. prevailed in a more sandy sediment, in the upper estuary, under a lower marine influence.

Keywords: Mangrove. Fringe forest. Forest structural. Variability. Sediment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Forçantes controladoras do desenvolvimento estrutural das florestas de mangue..... 22

Figura 2 - Normais Climatológicas da cidade de Maceió (1961-1990), com os dados de Temperatura Média Compensada e Precipitação Acumulada Mensal..... 28

Figura 3 - Zoneamento da APA Costa Dos Corais, detalhe das galés inseridas na Zona de Conservação do Peixe-Boi Marinho..... 29

Figura 4 - Localização geográfica dos sítios de estudo para a caracterização estrutural da floresta de mangue do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 32

Figura 5 - Coleta do sedimento do manguezal, detalhe do amostrador de profundidade de PVC (A) e do compósito para mistura das três sub-amostras (B)..... 33

Figura 6 - Amostragem dos dados estruturais da floresta de mangue do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL). Delimitação das parcelas com cordas de náilon (A), medição das alturas dos indivíduos por meio da vara telescópica (B) e do telêmetro óptico (C) e medição do DAP com auxílio de uma trena graduada em *pi* (D)..... 34

Figura 7 - Estações de coleta de sedimento do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 37

Figura 8 - Coletas de sedimento no estuário do rio Tatuamunha (A); detalhe do sedimento superficial de fundo do estuário (B) e equipamentos utilizados nas coletas (C e D)..... 38

Figura 9 - Análises dos conteúdos de Matéria Orgânica Total e Carbonato de Cálcio (CARVER, 1971)..... 39

Figura 10 - Técnica Granulométrica de Pipetagem (SUGUIO, 1973)..... 39

Figura 11 - Chuva acumulada mensal para a cidade de Maceió (AL) durante o período de janeiro de 2016 a setembro de 2017 e Normal Climatológica (1961 – 1990)..... 41

Figura 12 - Percentual de contribuição em área basal por classe diamétrica..... 46

Figura 13 - Dominância em área basal por espécie e situação viva e morta..... 46

Figura 14 - Densidade de troncos por classe diamétrica..... 47

Figura 15 - Densidade relativa de troncos por espécie e situação vivos e mortos..... 48

Figura 16 - Altura média (DP) e altura do dossel das árvores por parcela estudada..... 48

Figura 17 - Granulometria e teores de Matéria Orgânica Total (MOT) e de Carbonato de Cálcio ($CaCO_3$) das amostras coletadas na camada superficial do sedimento do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 51

Figura 18 - Granulometria e teores de Matéria Orgânica Total (MOT) e Carbonato de Cálcio ($CaCO_3$) das amostras coletadas na camada subsuperficial (30 – 40 cm) do sedimento do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 52

Figura 19 - Resultado da Análise do Componente Principal (PCA) entre as variáveis do sedimento do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 54

Figura 20 - Batimetria do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 55

Figura 21 - Diagrama Triangular de Shepard (1954) das amostras de sedimento no período chuvoso (2016) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 59

Figura 22 - Diagrama Triangular de Shepard (1954) das amostras de sedimento no período seco (2017) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 60

Figura 23 - Dendograma resultante da Análise de Agrupamento das amostras do sedimento para o período chuvoso (2016) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 64

Figura 24 - Dendograma resultante da Análise de Agrupamento das amostras do sedimento para o período seco (2017) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - **Trabalhos sobre a caracterização florestal nos manguezais nordestinos..... 24**

Tabela 2 - **Parâmetros estruturais da floresta de mangue do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 42**

Tabela 3 - **Área basal viva (ABv) e morta (ABm), em $m^2.ha^{-1}$, por espécie e percentual de contribuição por classe diamétrica das florestas de mangue do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 45**

Tabela 4 - **Densidade de troncos vivos (DTv) e mortos (DTm), em troncos.ha^{-1}, por espécie e percentual de contribuição por classe diamétrica das florestas de mangue do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 47**

Tabela 5 - **Resultado da ANOVA One-Way entre os sítios de estudo considerando as médias e os Desvios Padrões da Densidade de Troncos vivos por espécie da floresta de mangue do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 50**

Tabela 6 - **Resultado do teste a posteriori de Tukey indicando as semelhanças entre os sítios de estudo considerando as Médias e os Desvios Padrões dos Diâmetros e das Alturas das florestas de mangue do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 50**

Tabela 7 - **Parâmetros sedimentológicos das amostras coletadas na camada superficial do sedimento do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 52**

Tabela 8 - **Parâmetros sedimentológicos das amostras coletadas na camada subsuperficial (30 – 40 cm) do sedimento do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 53**

Tabela 9 - **Resultado da Análise dos Componentes Principais (PCA) com os coeficientes das combinações lineares entre as variáveis que formaram os cinco componentes principais da análise entre as variáveis das amostras do sedimento do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 54**

Tabela 10 - Dados sedimentológicos: Classificação de Shepard (1954), Parâmetros Estatísticos de Folk e Ward (1957), Granulometria e teores de Carbonato de Cálcio e Matéria Orgânica Total das estações de coleta no período chuvoso (2016) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 57

Tabela 11 - Dados sedimentológicos: Classificação de Shepard (1954), Parâmetros Estatísticos de Folk e Ward (1957), Granulometria e teores de Carbonato de Cálcio e Matéria Orgânica Total das estações de coleta no período seco (2017) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 58

Tabela 12 - Classificação das amostras de sedimento segundo Shepard (1954) no período chuvoso (2016) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 59

Tabela 13 - Classificação das amostras de sedimento segundo Shepard (1954) no período seco (2017) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 60

Tabela 14 - Análise de correlação linear entre os parâmetros composicionais do sedimento no período chuvoso (2016) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 63

Tabela 15 - Análise de correlação linear entre os parâmetros composicionais do sedimento no período seco (2017) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 63

Tabela 16 - Características das fáceis sedimentares reconhecidas através da Análise de Cluster das amostras de sedimento para o período chuvoso (2016) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 64

Tabela 17 - Características das fáceis sedimentares reconhecidas através da Análise de Cluster das amostras de sedimento para o período seco (2017) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL)..... 65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15

2 REFERENCIAL TEÓRICO 19

3 HIPÓTESE 25

4 OBJETIVOS 26

4.1 OBJETIVO GERAL 26

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 26

5 ÁREA DE ESTUDO 27

6 MATERIAL E MÉTODOS 31

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO MANGUEZAL DO RIO TATUAMUNHA 31

6.1.1 Sítios de estudo 31

6.1.2 Sedimentologia do manguezal 32

6.1.3 Estrutura florestal 33

6.1.4 Tratamento dos dados estruturais 34

6.2 BATIMETRIA PRELIMINAR E SEDIMENTOLOGIA DO ESTUÁRIO 36

6.3 ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS 38

6.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS 40

7 RESULTADOS 41

7.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS 41

7.2 CARACTERIZAÇÃO DO MANGUEZAL DO RIO TATUAMUNHA 42

7.2.1 Descrição da estrutura florestal 42

7.2.1.1 Sítio A 42

7.2.1.2 Sítio B 43

7.2.1.3 Sítio C 44

7.2.1.4 Relação entre os sítios A, B e C 48

7.2.2 Sedimento do manguezal 50

7.3 BATIMETRIA E SEDIMENTOLOGIA DO ESTUÁRIO DO RIO TATUAMUNHA 55

7.3.1 Classificação das fácies texturais de Shepard (1954) e parâmetros de Folk e Ward (1957) 59

7.3.2 Frações de cascalho, areia e lama 61

7.3.3 Teor de carbonato 61

7.3.4 Teor de matéria orgânica total 62
7.3.5 Correlação de Pearson 62
7.3.6 Análise de Agrupamento (Cluster) 63
8 DISCUSSÃO 67
8.1 CARACTERIZAÇÃO DO MANGUEZAL DO ESTUÁRIO DO RIO TATUAMUNHA.. 67
8.2 PROCESSO SEDIMENTAR ATUAL, SAZONALIDADE E DISTRIBUIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E DO CARBONATO NO ESTUÁRIO DO RIO TATUAMUNHA.....73
9 CONCLUSÕES 75
REFERÊNCIAS 77

1 INTRODUÇÃO

O manguezal é um ecossistema costeiro característico de regiões tropicais e subtropicais que ocorre morfologicamente associado a costas de baixa energia ou a ambientes estuarinos, lagunares, baías e enseadas. Ocupa a zona do entremarés até o limite superior das preamares equinociais, colonizando depósitos sedimentares formados por vasas lamosas, argilosas ou arenosas. É constituído de espécies vegetais lenhosas típicas, além de outros componentes da flora e da fauna, microscópicos e macroscópicos, adaptados a um substrato com baixos teores de oxigênio e, por periodicamente ser inundado pelas marés, portanto, sujeitos a grandes variações de salinidade e a períodos alternados de imersão e emersão (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995; TWILLEY et al., 1996).

A palavra *mangue* é de origem africana, com ou sem suas pequenas variações, *mangle* ou *mangli*, é comum no Senegal, Gâmbia, Guiné e Guiné-Bissau. *Mangue* é como se chamam os manguezais na língua materna do Senegal (o *wolof*), sendo sua pronúncia exatamente igual a da língua portuguesa. A palavra foi aprendida e adotada pelos portugueses no século XV, posteriormente, espalhada pelo mundo e trazida para o Brasil (VANNUCCI, 1999). Atualmente, o termo mangue pode ser utilizado para designar as árvores ou arbustos que compõem a vegetação típica, enquanto que manguezal é utilizado para se referir ao ecossistema como um todo (NASCIMENTO, 2008; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

Globalmente, os manguezais ocupam uma área de cerca de 137.760 km^2, distribuídos em 118 países e territórios. No geral, esta estimativa diminui com o aumento da latitude, exceto entre 20° e 25° de latitude norte, onde se localizam os Sundarbans, a maior área de manguezais do mundo, localizado na divisa entre o estado indiano de Bengala Ocidental e Bangladesh (GIRI et al., 2011).

Os levantamentos mais recentes sobre a área de cobertura no Brasil variam de 962.683 a 1.225.444 ha, o que representa cerca de 7,0 a 8,9% do total mundial da área de ocorrência desse ecossistema (GIRI et al., 2011; MMA, 2010). Os manguezais podem ser encontrados em quase todo o litoral brasileiro, desde o Oiapoque (04º30’N) até Laguna (28º30’S) (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

Os manguezais podem apresentar um *continuum* de feições distintas em função do perfil da linha de costa e das frequências e amplitudes das marés. A feição mangue ou bosque de mangue apresenta cobertura vegetal típica, constituída por espécies arbóreas que lhe conferem fisionomia peculiar. Enquanto que a feição apicum, salgado ou planície hipersalina,

pode estar envolvida pela feição mangue, ou limitando-se a esta em sua porção mais interna, em áreas topograficamente mais elevadas, somente atingidas pelas águas estuarinas ou marinhas nas preamares de sizígia, equinociais e/ou empilhadas por aspectos da dinâmica atmosférica, tais como os sistemas frontais ou frentes frias (SCHAEFFER-NOVELLI; VALE; CINTRÓN, 2015).

O manguezal é usualmente considerado como o ecossistema costeiro mais importante das zonas úmidas, pois figuram entre os mais produtivos do mundo. Não somente pela elevada biodiversidade e abundância de organismos vivos que neles habitam e reproduzem, tornando-se berçário de várias espécies, mas também pela ampla variedade de recursos naturais e serviços ecossistêmicos que provêm e beneficiam direta e indiretamente populações costeiras. A oferta proteica, retenção de sedimentos e elementos tóxicos, prevenção contra inundações, estabilização e proteção da linha de costa, beleza cênica e usos recreativos, culturais e religiosos, além de ser fonte de produtos diversos associados à subsistência de comunidades ribeirinhas (DUNGAN, 1992; UNEP, 2014; WALTERS et al., 2008).

Estudos mais recentes evidenciaram o potencial desse ecossistema na mitigação do aquecimento global, através dos mecanismos de armazenamento e o sequestro de carbono, e que esses estariam entre os serviços ecossistêmicos mais importantes, dado seu potencial valor econômico nos mercados globais para regular as emissões de carbono (UNEP, 2014; COSTANZA et al., 2014).

Os manguezais em toda a sua extensão são definidos como Áreas de Preservação Permanente (APP), o que garante a proteção legal e restrições de uso desse ecossistema por diversas normativas, incluindo a Constituição Federal (1988), o Código Florestal (Lei 4.471/65) e a Resolução nº 303/2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). No entanto, as mudanças recentes que estabeleceram o Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012) reduzem as exigências ambientais nas APP, o que de acordo com a Comissão Técnica sobre Manguezais no âmbito do Comitê Nacional de Zonas Úmidas, além de descumprir acordos internacionais dos quais o Brasil é signatário, como a Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB) e a Convenção de Ramsar (Irã, 1971), ameaça a proteção jurídica e a conservação dos manguezais, promove a perda de biodiversidade nesses ecossistemas, afeta negativamente a qualidade ambiental costeira e resulta no agravamento de conflitos socioambientais. Esses argumentos suscitaram quatro ações diretas de

inconstitucionalidade que seguem em tramitação junto ao congresso nacional (MOURA-FÉ et al., 2015; CNZU, 2010).

Apesar das reconhecidas importâncias ecológica, cultural, religiosa e social, a taxa média global de perda desse ecossistema é de cerca de 1 a 2% ao ano. Para o Brasil, as estimativas são ainda mais alarmantes, pois indicam que aproximadamente 25% dos manguezais brasileiros já tenham sido destruídos, tendo a aquicultura e a especulação imobiliária como suas principais causas (DUKE et al., 2007; UNEP, 2014).

A implementação de um sistema efetivo e representativo de áreas protegidas faz parte da estratégia global para a conservação da biodiversidade, sendo, inclusive, objeto de um acordo com metas estabelecidas pela CDB. Das mais de cinco mil áreas protegidas existentes no mundo, o que corresponde a aproximadamente 11% da superfície terrestre, apenas 1,3 mil incluem ecossistemas marinhos e costeiros. No caso do Brasil, o estabelecimento de áreas protegidas e de outras medidas de proteção à biodiversidade marinha e costeira demanda ações urgentes, face ao ritmo de descaracterização das paisagens litorâneas e de depleção dos estoques pesqueiros. A meta nacional de conservação da biodiversidade para a Zona Costeira e Marinha – fixada pela Resolução nº 03/2006, do Conselho Nacional de Biodiversidade (Conabio), com base nas decisões da CDB, estabeleceu como referência um mínimo de 10% da área dos ecossistemas efetivamente protegidos por meio de unidades de conservação (MMA, 2010).

De acordo com o mesmo documento supracitado, os manguezais nordestinos ocupam uma área de 667.657 ha (54,5% do total nacional) e à exceção do Rio Grande do Norte, todos os demais estados detêm elevados percentuais de manguezais protegidos por unidades de conservação (variando de 16,3% a 97,2%). Contudo, nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará e Sergipe a maior parte desses manguezais encontram-se protegidos por Áreas de Proteção Ambiental (APA), categoria do grupo das unidades de uso sustentável, que por admitirem a existência de propriedade privada e a realização de diversas atividades econômicas em seu interior, são consideradas menos efetivas para a conservação da biodiversidade.

É importante ressaltar que tais estimativas de área de cobertura não fornecem informações sobre a qualidade desses ecossistemas, subsídios sobre o estado de conservação desses manguezais, seus aspectos estruturais e funcionais, somente podem ser conhecidos através de pesquisas *in situ.*

O município de Porto de Pedras, juntamente com seu vizinho São Miguel dos Milagres, destaca-se no litoral norte de Alagoas como um dos principais destinos turísticos, por suas praias tranquilas e ricas em belezas naturais e biodiversidade, além da forte presença de peixes-boi marinhos (*Trichechus manatus* Linnaeaus, 1758), mamíferos aquáticos mais ameaçados de extinção (ICMBio, 2011; BRAGA; SELVA, 2016). A região está inserida na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC), uma unidade de conservação marinha federal sob gestão do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Encontram-se entre os principais objetivos da APACC, a conservação dos recifes de corais; a proteção dos manguezais em toda a sua extensão; bem como, a preservação da população de peixes-boi marinhos, mantendo a integridade do seu habitat (ICMBio/APACC, 2013).

Contudo, segundo Coelho Junior et al. (2015), os manguezais inseridos na APACC ainda carecem de ampliação de ações específicas relacionadas ao conhecimento sobre sua biodiversidade e suas funções, como também, do seu relevante papel no contexto da unidade de conservação - conectividade ecológica, retenção de sedimentos, beleza cênica, dentre outros.

Tendo em vista a importância de se ampliar o conhecimento sobre os manguezais da região, este trabalho buscou caracterizar a composição estrutural da floresta de mangue do estuário do rio Tatuamunha, procurando compreender o funcionamento do ecossistema e suas condições ambientais, a fim de gerar subsídios para a gestão e conservação dos manguezais da APA Costa dos Corais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As características das florestas de mangue são profundamente influenciadas por tipos e escalas de processos costeiros. A origem tectônica fornece controle de primeira ordem sobre as amplas zonas costeiras nas quais os manguezais se desenvolvem. A costa brasileira está situada numa margem continental do tipo Atlântico, tectonicamente passiva, caracterizadas topograficamente por um relevo suave, o que é proporcionado por uma grande superfície de acumulação de sedimentos. Os controles de segunda ordem estão associados a processos erosivos / deposicionais por ondas, marés e energias fluviais que dão forma a sistemas morfodinâmicos específicos (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

Os tipos e intensidades dessas energias variam ao longo da costa brasileira dando origem a uma diversidade morfológica da planície costeira. Schaeffer-Novelli et al. (1990), dividiram a costa brasileira em oito unidades fisiográficas, onde cada um desses segmentos apresenta características particulares em termos de relevo, tipo do solo, cobertura vegetal, temperaturas médias anuais, evapotranspiração potencial e amplitude média das marés. A alta variabilidade da zona costeira dos estados do Nordeste classifica e distribui os manguezais em quatro segmentos (III ao VI).

No segmento V (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990.), que se estende do Cabo do Calcanhar (RN) ao Recôncavo da Bahia, os ventos de sudeste sopram firmemente em direção à costa sul de Cabo Calcanhar. Os efeitos combinados de ondas e marés criam ambientes costeiros deposicionais dominados por sistemas de barreiras. Ao longo da costa dos estados de Sergipe e Alagoas, sujeitos ao regime de mesomarés (amplitude entre 2 m e 4 m), formam-se ilhas-barreiras curtas e atrofiadas (3 ± 20 km de extensão) com numerosas enseadas e considerável desenvolvimento de manguezais (HAYES, 1975; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

Os sedimentos do manguezal, de um modo geral, têm muita matéria orgânica, altos conteúdos de sal, são pouco consistentes e apresentam coloração cinza escuro, à exceção dos embasamentos de recifes de coral e ambientes dominados por areias (FERNANDES; PERIA, 1995). Segundo Martin e Suguio (1986) e Suguio (2003), a composição dos sedimentos dos manguezais brasileiros varia entre arenoso–argilosos, síltico–argilosos e argilo–arenosos, e a quantidade de matéria orgânica, originária de folhas, galhos e restos de animais, sob várias formas e estados de degradação, está intimamente ligada ao tipo de fração granulométrica predominante. Em manguezais brasileiros o teor de matéria orgânica apresenta variação de 1% a 44% (LAMBERTI, 1969; SESSEGOLO, 1997).

Existem algumas características ambientais que regem a ocorrência global, mas que também podem evidenciar um maior grau de desenvolvimento dos manguezais: temperaturas médias do mês mais frio superior a 20°C e amplitude térmica anual maior que 5°C; em sedimentos predominantemente lamosos, ricos em matéria orgânica; áreas abrigadas contra tormentas; presença de água salgada, pois as espécies vegetais são halófitas facultativas, assim ganham na competição com espécies terrestres não adaptadas à presença do sal no sedimento; grande amplitude de maré com reduzida declividade, o que permite uma maior penetração das águas salgadas a grandes distâncias (WALSH, 1974).

O manguezal é um ecossistema dinâmico altamente influenciado por fontes externas de energia. A disponibilidade de correntes de água, fluviais ou marinhas, a quantidade de nutrientes carreada pelos rios, marés e drenagem superficial, o tipo de substrato, constituem importantes subsídios ao sistema. Estas forças de diferentes intensidades e frequências que atuam sobre o manguezal são captadas e transformadas em estrutura florestal pelas espécies vegetais, o que por sua vez, influi também em suas funções (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990; TWILLEY, 2001).

A interação entre as forças e as respostas do ambiente, corresponde ao conceito que Odum (1967) denomina “assinatura energética”. Tanto a disponibilidade como a abundância desses compartimentos, e considerando aproveitamento máximo das fontes energéticas permite que as florestas de mangue adquiram alto grau de desenvolvimento estrutural e elevada produtividade, porém tensores naturais ou induzidos pelo homem também podem atuar drenando energia, removendo estrutura e/ou limitando o desenvolvimento (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1985; SCHAEFFER-NOVELLI; et al., 1990).

Lugo e Snedaker (1974), baseado nos padrões estruturais das florestas de mangue na Flórida e na região do Caribe, classificaram os manguezais de acordo com as características fisionômicas e funcionais, assumindo que estas são reflexos da resposta das espécies aos fatores ecofisiológicos locais, identificaram seis diferentes tipos fisiográficos (ribeirinho, franja, bacia, lavado, arbustivo e anão). Ou seja, cada uma dessas categorias é influenciada por conjuntos de assinaturas energéticas semelhantes, de modo que dentro de cada tipo de floresta, níveis similares de desenvolvimento estrutural são alcançados.

Posteriormente, Schaeffer-Novelli et al. (2000) sugeriram que esta classificação poderia ser modificada e organizada em dois tipos principais (franja e bacia) e três subtipos (ilhota, arbustivo e anão). O critério utilizado para descrever esses principais tipos fisiográficos foi o regime hidrológico e a movimentação da água. Para tanto, o ambiente

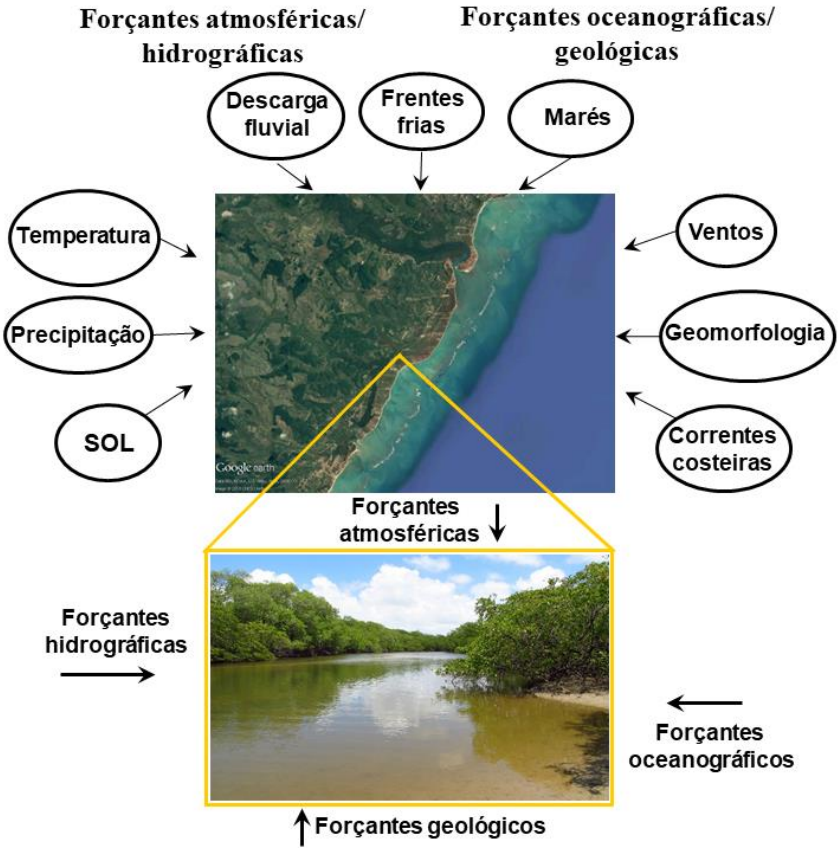
estaria sujeito a um menor ou maior fluxo de água, sendo classificado como de bacia ou de franja, respectivamente. Ainda de acordo com essa classificação, o ribeirinho passa a ser considerado um tipo de bosque de franja, em que seus atributos estruturais são derivados da configuração particular do ambiente que ocupam, no qual prevalecem salinidades mais baixas e altos níveis de nutrientes.

As florestas de franja ocorrem ao redor de ilhas oceânicas e ao longo das margens de costas protegidas, em baías e estuários abrigados. O movimento vertical induzido pelas marés é típico das franjas. As flutuações diárias das marés ajudam a aerar a zona radicular, facilitam a remoção de materiais tóxicos e evitam a formação de fortes gradientes físico-químicos (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000). As características estruturais dependem da quantidade de nutrientes e da cinética a que estão expostos. Contudo, os substratos predominantemente lamosos, com altos teores de MOT e ricos em nutrientes, associados a esse tipo fisiográfico, condicionam às florestas de franja alto grau de desenvolvimento (COELHO JUNIOR, 2003).

As florestas de bacia se estabelecem nas partes mais internas do manguezal, atrás das franjas. Ocupam terrenos sujeitos a inundações menos frequentes, muitas vezes restritas às marés mais altas do ano. Devido ao movimento de água restrito, a matéria orgânica pode se acumular. Os manguezais de bacia desenvolvem-se melhor em climas úmidos, equivalente a mais de 1500 mm de chuva ao ano. Onde a precipitação é menor que o potencial de evapotranspiração ou as chuvas são fortemente sazonais, ocorre o acúmulo de sal no sedimento, podem se formar apicuns (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

A diversidade de padrões na composição das espécies, o grau de desenvolvimento estrutural, assim como a produtividade das florestas de mangue para os diferentes tipos fisiográficos, revelam as respostas dos manguezais aos gradientes ambientais reguladores de suas funções (COELHO JÚNIOR, 2003). Esses gradientes através das paisagens costeiras estão associados às forças ambientais controladoras, como temperatura, marés, descarga fluvial, etc.. Esses padrões espaciais, em resposta ao gradiente ambiental, podem fornecer *insights* de como os manguezais responderão as mudanças ambientais no tempo (TWILLEY, 2001) (Figura 1).

Figura 1 – Forçantes controladoras do desenvolvimento estrutural das florestas de mangue.



Fonte: Adaptada de Twilley (2001).

Duke (1992) descreveu três diferentes escalas espaciais de distribuição dos manguezais. Em escala global, há a divisão em zonas latitudinais, mais precisamente, há um padrão de distribuição tropical conspícuo onde o clima, particularmente a temperatura do ar e da água (correntes oceânicas quentes e frias), desempenha o papel principal determinando a ocorrência e delineando os padrões distribucionais na zona costeira. A zonação pode ainda ocorrer de acordo com a localização dentro de um estuário, e com a posição ao longo do perfil de inundação (em resposta ao gradiente ambiental provocado pela microtopografia *versus* maré, gerando efeitos sobre a frequência e duração das inundações) (CHEN; TWILLEY, 1999). Com base na localização dentro do estuário, a área de ocorrência de manguezal que se situa mais distante da foz do rio, corresponderia ao estuário superior, a região intermediária, ao estuário médio e a área mais próxima a foz, ao estuário inferior.

Segundo Piou et al. (2006), os estudos sobre os padrões de distribuição espacial podem se referir às características estruturais (zonação estrutural) ou à dominância das espécies (zonação de espécies). A zonação estrutural descreve bandas paralelas à costa que

diferem na densidade da árvore, altura do dossel ou diâmetros das árvores. A zonação das espécies é expressa por zonas ou bandas sucessivamente encontradas com diferentes composições monoespecíficas ou associações particulares de poucas espécies arbóreas.

No Brasil, são descritas seis espécies de formações vegetais lenhosas típicas de mangue, distribuídas em três gêneros (*Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia*), sendo elas: *Rhizophora mangle* L.*; Rhizophora racemosa* G. F. Mayer*; Rhizophora harrisonii* Leechman*; Avicennia schaueriana* Stapf. & Leechman; *Avicennia germinans* (L.) Stearn e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaetern. F.; além de espécies características de áreas de transição com outros ecossistemas (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

O gênero *Rhizophora* é comumente encontrado nas franjas, em contato direto com a água do estuário, ou do mar, ao longo de canais (Gamboas ou camboas), na boca de alguns rios e em regiões onde a salinidade não seja elevada. Apesar de ser o gênero menos tolerante à presença do sal, desenvolve-se bem em locais onde a água intersticial apresenta teores menores que 50 de salinidade. As espécies desse gênero podem ser facilmente distinguidas por apresentarem raízes escoras (rizóforos), que lhes conferem melhor fixação em substratos preferencialmente lamosos e frequentemente inundados (JIMENEZ, 1985a; SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986; FERNANDES; PERIA, 1995).

O gênero *Avicennia* é o mais tolerante à salinidade, podendo chegar a cerca de 90, pois possui um sistema de excreção de sal nas folhas bastante eficiente. Geralmente ocupa as partes mais internas das florestas de mangue, pode ser encontrado formando bosques monoespecíficos em substratos altamente salinos, tanto lamacentos como arenosos, embora atinja melhor desenvolvimento estrutural em baixas salinidades (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986; FERNANDES; PERIA, 1995).

O gênero *Laguncularia* também pode ser encontrado em ambientes com substratos arenosos ou argilosos. Tolera salinidades um pouco mais altas que *Rhizophora*, pois também excreta de sal nas folhas, embora seja particularmente sensível ao sombreamento e a inundações frequentes (JIMENEZ, 1985b; SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

A trajetória da dinâmica da vegetação de mangue pode mudar através do tempo com as mudanças do nível relativo do mar, ora de forma erosiva, provocando o desmantelamento da vegetação, ora deposicional, promovendo o avanço da mesma em direção à linha da costa. Tanto por mudanças no uso e ocupação de uma determinada bacia que tem no seu nível de base florestas de mangue em pleno desenvolvimento, quanto pelas mudanças climáticas locais

e/ou regionais (microescala e mesoescala), os manguezais constituem excelentes bioindicadores, respondendo aos gradientes de inundação, de nutrientes e de salinidade (SCHAEFFER-NOVELLI; VALE; CINTRÓN, 2015).

A descrição da estrutura florestal pode incluir medidas de composição das espécies, diversidade, altura média e do dossel, diâmetro, área basal, densidade das árvores, distribuição das classes etárias e das espécies componentes na floresta (SMITH, 1992; SCHAEFFER-NOVELLI; VALE; CINTRÓN, 2015). A caracterização estrutural dos manguezais constitui uma importante ferramenta para avaliar a resposta desse ecossistema às condições ambientais locais (por ex. variação de salinidade, granulometria, influência das marés), bem como aos processos de alteração do meio ambiente (por ex. urbanização, erosão e sedimentação acelerada), o que além de fornecer uma ideia do grau de desenvolvimento da floresta, possibilita comparações entre áreas diferentes e dá subsídios para avaliar o seu estado de conservação (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986; SOARES, 1999).

Existem alguns trabalhos que caracterizam os manguezais nordestinos quanto ao desenvolvimento estrutural (Tabela 1), contudo não foi encontrado nenhum trabalho para o estado de Alagoas na literatura pertinente. Assim sendo, a presente pesquisa se propõe a preencher esta lacuna de conhecimento, o que também configura o seu caráter inédito, a fim de se gerar dados para a conservação deste importante ecossistema.

Tabela 1 - Trabalhos sobre a caracterização florestal nos manguezais nordestinos.

Estado	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL*	SE	BA
Referência	Nunes, Costa e Mendonça (2012)	Deus et al. (2003)	Maia e Coutinho (2012)	Costa, Rocha e Cestaro (2014)	Alves, Sassi e Santana (2013)	Braga, Uchoa e Duarte (1989)	—	Menezes (2010)	Soares et al. (2008)
	Menezes et al. (2008)		Souza e Sampaio (2013)		Silva et al. (2016)	Souza e Sampaio (2001)		Santos et al. (2012)	Santos (2009)
						Nascimento-Filho (2007)			Andrade et al. (2011)
						Barbosa (2010)			Martins, Couto e Delabie (2011)
						Coelho (2013)			Costa (2012)
						Almeida et al. (2014)			

*Não foram encontrados trabalhos para o estado de Alagoas.

3 HIPÓTESE

Considerando que o manguezal do estuário do rio Tatuamunha se estende por cerca de 7 km e ocorrem variações nas características abióticas em diferentes porções do estuário, espera-se encontrar uma variabilidade no desenvolvimento estrutural das espécies vegetais ao longo do estuário.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar o desenvolvimento estrutural da floresta de mangue do estuário do Rio Tatuamunha (AL), a fim de gerar subsídios ecológico-ambientais para o manejo e a conservação do ecossistema costeiro local.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconhecer a variabilidade estrutural da floresta de mangue ao longo do estuário e a sua aplicação em análises ambientais.
- Verificar se existe uma relação entre as características do substrato sedimentar do manguezal e o desenvolvimento estrutural da floresta de mangue do estuário do Tatuamunha.
- Caracterizar a dinâmica de sedimentação sazonal do canal estuarino do Rio Tatuamunha e sua relação com os bosques de mangue adjacentes, a partir da distribuição granulométrica e caráter composicional dos sedimentos (Carbonato de Cálcio e Matéria Orgânica Total).
- Identificar possíveis impactos ambientais de origem antrópica associados às características estruturais da floresta de mangue, bem como em relação à composição sedimentar.

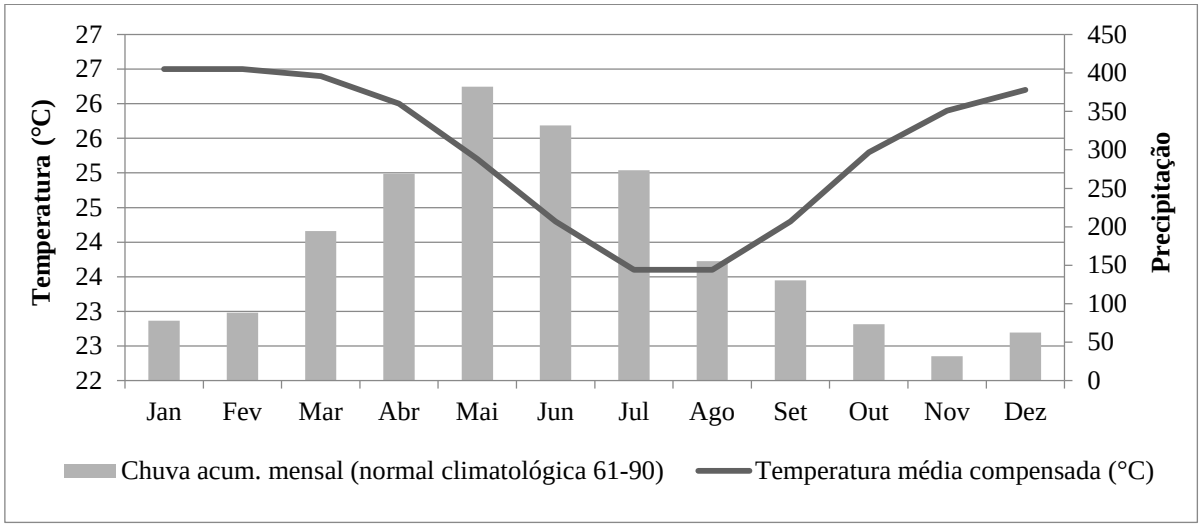
5 ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Tatuamunha compreende uma área de 292,1 km^2, inserida no município de Porto de Pedras (9°09’28,8’’S/ 35°17’42,0’’O), tem como afluentes os Riachos Boi Atolado, Lauras, da Cabocla, Campinas, Julião e Água Preta, além do Rio Simão Alves ou Crioulo (CPRM, 2005). O rio Tatuamunha apresenta 38 km de extensão, é um rio costeiro de baixa vazão, portanto sua nascente se encontra nas escarpas do Grupo Barreiras.

O trecho estuarino apresenta aproximadamente 7 km de extensão e tem suas margens colonizadas por manguezais. As espécies vegetais consideradas típicas de mangue encontradas na região são: *Rhizophora mangle* (Mangue Gaiteiro); *Laguncularia racemosa* (Mangue Manso), *Avicennia germinans* e *Avicennia. schaueriana* (Mangue de Siriúba). Também são observadas algumas espécies de transição com as florestas terrestres, situadas em regiões topograficamente mais elevadas, como o *Conocarpus erectus* (Mangue-de-botão), arbustos do *Hybiscus pernambucensis* Arruda (algodoeiro de praia) e representantes isolados da espécie *Acrostichum aureum* L. (samambaia do mangue). Margeando a faixa de mangue, no estrato terrestre onde a maré não atinge, uma vegetação típica das restingas nordestinas, embora se apresente formando densos bosques de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira-vermelha).

O clima na região é do tipo AMS’, pela classificação de Köppen, configura-se como tropical chuvoso, com período seco no verão. Na região costeira, as chuvas ocorrem mais frequentemente nos meses de abril a junho. A temperatura média anual é de 24,8°C, com uma média pluviométrica de 2070,5 mm (Figura 2). Em relação ao regime de ventos, os mais intensos e frequentes no período seco (janeiro/fevereiro) são os do quadrante NE, enquanto que no período chuvoso (junho/julho) são os do quadrante SE (ARAÚJO et al., 2006; CPRM, 2005; INMET, 2017). As marés da área se enquadram no regime de mesomaré semidiurna, com amplitude de 2,6 m na sizígia.

Figura 2 - Normais Climatológicas da cidade de Maceió (1961-1990), com os dados de Temperatura Média Compensada e Precipitação Acumulada Mensal.



Fonte: INMET (2017).

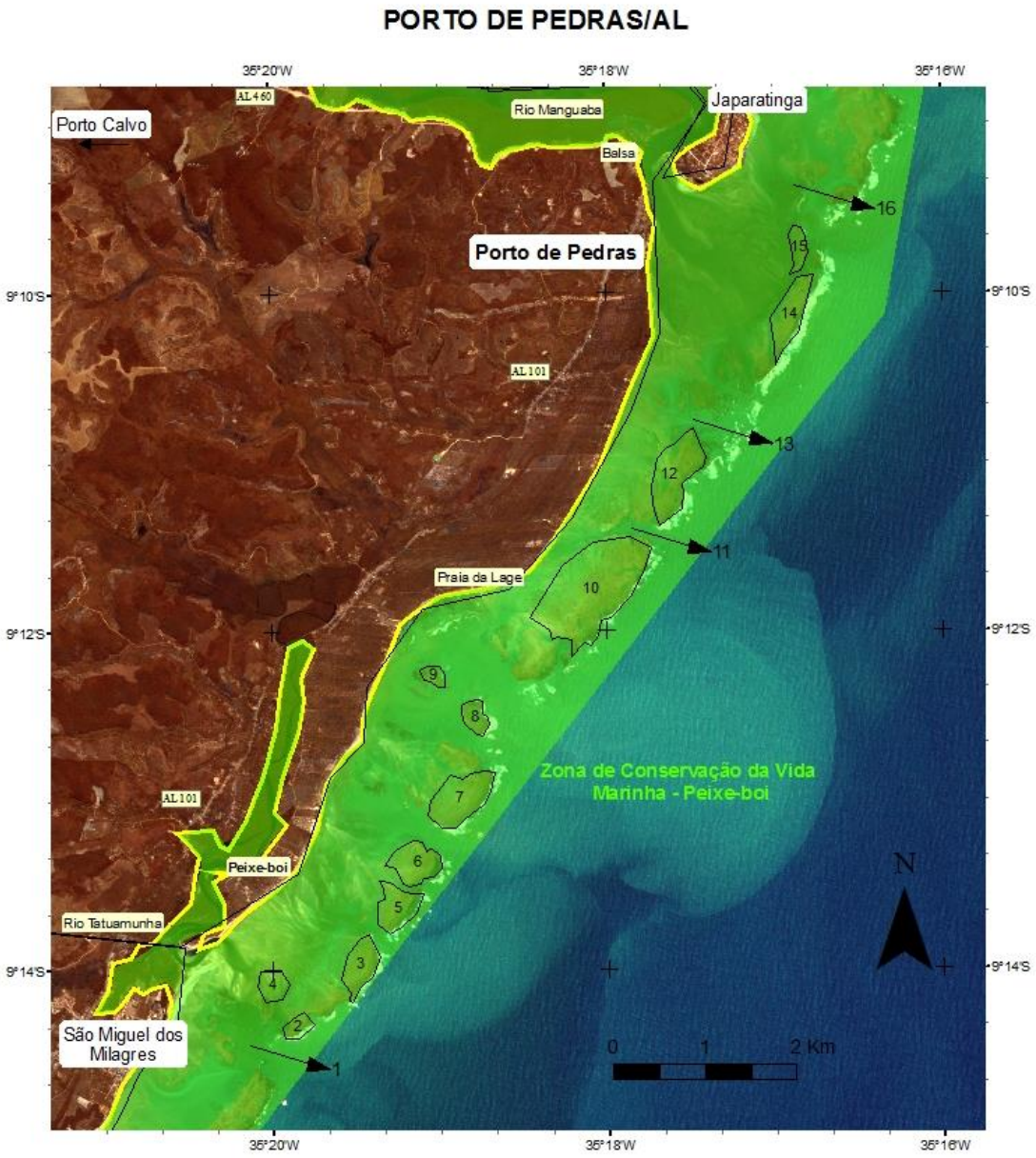
De acordo com Araújo et al. (2006), a costa do Estado de Alagoas apresenta um caráter transgressivo jovem, com predominância de estuários, devido principalmente ao pequeno aporte de sedimentos fluviais. Esse mesmo trabalho identificou um processo ativo de erosão marinha bem acentuada nos setores norte e central de Alagoas. O trecho norte do litoral, entre município de São Miguel dos Milagres e o povoado de Tatuamunha apresenta praias amplas e dissipativas, com pequena declividade e semi-protegidas devido à presença de extensas áreas de recifes na plataforma interna. A ocupação humana é pequena, com longos trechos desertos, porém uma grande quantidade de coqueiros caídos e/ou com raízes expostas dão indícios de erosão (ARAÚJO et al., *op cit*).

O município de Porto de Pedras está inserido na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC), a maior unidade de conservação marinha do Brasil. A UC abrange uma área de mais de 413 mil hectares é considerada um imenso berçário da vida marinha, com mais de 185 espécies de peixes registradas e presença de animais ameaçados de extinção como o peixe-boi marinho, o mero e a tartaruga marinha (ICMBio, 2011; ICMBio/APACC, 2013).

A gestão APACC tem presença forte no município, e atualmente a sede está localizada às margens do rio Tatuamunha, junto à estrutura do Projeto Peixe-boi (também gerido pelo ICMBio), onde há cativeiros naturais para reintrodução desses animais. O zoneamento estabelecido no ano de 2013 definiu o estuário e a região costeira adjacente como

Zona de Conservação do Peixe-boi Marinho, mamífero aquático mais ameaçado de extinção no Brasil, categorizado como "criticamente ameaçado" (MMA, 2010; ICMBio, 2011) (Figura 3).

Figura 3 – Zoneamento da APA Costa Dos Corais, detalhe das galés inseridas na Zona de Conservação do Peixe-Boi Marinho.



Nome	N	Nome	N
Barra do Tatuamunha	1	Ziota	9
Pedra do Tatuamunha	2	Pedra do Patacho	10
Pedra do Toque	3	Barra da Viuva	11
Largamar do Toque	4	Pedra do Funil	12
Diogo	5	Boca do TubarÒo	13
Enseada	6	Poþo do Carapitanga	14
Enseada	7	Poþo da Baleia	15
Ilha de Fora	8	Barra da Sete Braças	16

Fonte: Adaptado de ICMBio/APACC (2013).

Como UC de Uso Sustentável, a APA propõe compatibilizar os objetivos de conservação e os de usos diretos (pesca) e indiretos (turismo e pesquisa) dos recursos naturais de maneira sustentável, isto é, garantindo perenidade dos recursos ambientais renováveis, dos processos ecológicos e mantendo a biodiversidade, de forma socialmente justa e economicamente viável, para as presentes e futuras gerações (MMA, 2010; BRASIL, 2000).

A população de Porto de Pedras em 2010 era de 8.429 habitantes, distribuídos nos seus 267,75 km^2 de área, resultando numa densidade demográfica de 31,44 hab./km^2 (IBGE, 2010). A foz do Tatuamunha é utilizada para recreação pela população local, além da presença de um turismo de base comunitária, que oferece visitas guiadas pelo manguezal e passeios de observação do peixe-boi, as quais são realizadas por pessoas da comunidade local, que atuam como condutores e remadores das jangadas, todos credenciados e integrantes da Associação Peixe-Boi (ICMBio, 2011; BRAGA; SELVA, 2016).

A ordenação da atividade do turismo de observação do peixe-boi no estuário do rio Tatuamunha ocorreu em 2009 com a criação da Associação Peixe-Boi e em decorrência de um Termo de Ajuste de Conduta, celebrado entre o Ministério Público Federal e de Alagoas, as prefeituras de Porto de Pedras e de São Miguel dos Milagres, o ICMBio/Projeto Peixe Boi e associações comunitárias locais. Atualmente, a geração de renda da comunidade é principalmente em função desta atividade, o que além de contribuir para o desenvolvimento local através da prática do turismo, contribui também para a conservação e sensibilização ambiental (de visitantes e da população local envolvida) e proteção do peixe-boi marinho (BRAGA; SELVA, 2016).

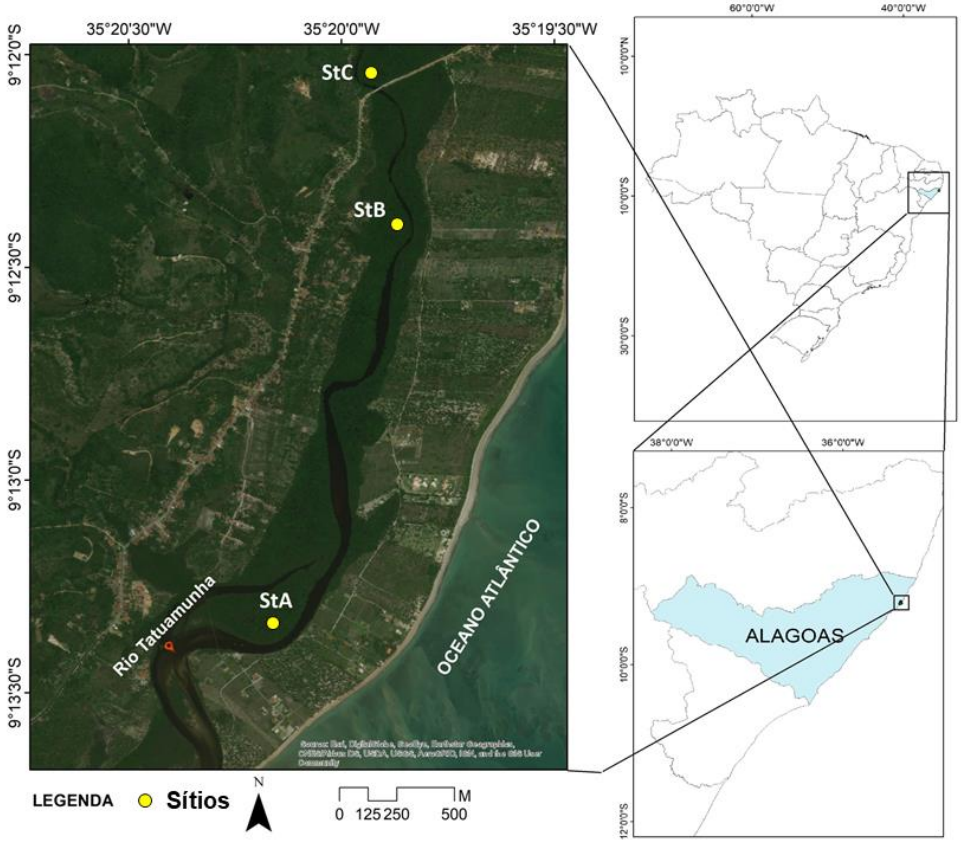
6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO MANGUEZAL DO RIO TATUAMUNHA

6.1.1 Sítios de estudo

Os sítios de estudos foram escolhidos com auxílio de imagens de satélites da bacia do rio Tatuamunha, para tanto, a ferramenta Google *Earth* foi de grande valia, bem como o conhecimento prévio dos pesquisadores da base de Porto de Pedras do ICMBio sobre a região. Para a caracterização da estrutura florestal, foram definidos três sítios de estudo (A, B e C), adotando-se o tipo fisiográfico de franja (Figura 4). Em cada sítio foram estabelecidas três parcelas em paralelo ao curso do rio, distantes 10 metros da margem e a 10 m de distância uma da outra, especificamente, desde o início da área vegetada. O tamanho das parcelas amostradas foi ajustado de modo que cada uma incluísse no mínimo 30 indivíduos, em se tratando de um bosque maduro (SCHAEFFER-NOVELLI; VALE; CINTRÓN, 2015). Critérios como a acessibilidade e representatividade também foram considerados para o estabelecimento das parcelas. As coordenadas geográficas de cada parcela foram registradas em campo utilizando um GPS de precisão, visando à possibilidade de realização de estudos futuros de monitoramento do manguezal.

Figura 4 – Localização geográfica dos sítios de estudo para a caracterização estrutural da floresta de mangue do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).



Fonte: Monteiro (2018).

6.1.2 Sedimentologia do manguezal

O sedimento do manguezal foi coletado em cada uma das nove parcelas onde foram realizados os levantamentos dos dados estruturais da floresta de mangue. Para tanto, foram recolhidas amostras compostas formadas por três sub-amostras coletadas aleatoriamente no interior de cada uma das parcelas às profundidades de superfície e subsuperfície (entre 40 e 50 cm de profundidade, junto ao pacote de raízes nutritivas).

As coletas foram efetuadas por meio de um amostrador de profundidade de PVC (Figura 5a), um compósito para misturar as amostras compostas e uma colher de aço inox (Figura 5b). Em cada uma das parcelas duas porções de 250 g (amostras de superfície e subsuperfície) foram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados e encaminhados para o Laboratório de Oceanografia Geológica da Universidade Federal de Pernambuco (LABOGEO/UFPE), para a realização das análises granulométricas e dos conteúdos de matéria orgânica total (MOT) e de carbonato de cálcio ($CaCO_3$).

Figura 5 – Coleta do sedimento do manguezal, detalhe do amostrador de profundidade de PVC (A) e do compósito para mistura das três sub-amostras (B).

Fonte: Coelho Júnior (2017).

6.1.3 Estrutura florestal

A caracterização da estrutura das florestas de mangue foi baseada na metodologia proposta por Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986) e Schaeffer-Novelli, Vale e Cintrón (2015). A coleta de dados ocorreu entre os meses de agosto de 2016 e setembro de 2017, em amostragens ajustadas para coincidir com as marés baixas de sizígia.

As parcelas foram demarcadas utilizando cordões de náilon (Figura 6a), e em cada uma das nove parcelas estabelecidas, todos os indivíduos com alturas ≥ 1m foram marcados com barbante para evitar a repetição dos dados, tiveram suas alturas e diâmetros medidos e anotados nas planilhas de campo. Os indivíduos foram identificados de acordo com a espécie, as suas respectivas alturas, medidas da base da árvore a extremidade superior da copa com o auxílio de uma vara telescópica ou por meio de um telêmetro óptico (Ranging Opti-Meter, alcance de 2 a 30 m) dependendo da estatura das árvores (Figuras 6b e 6c), e o diâmetro dos troncos, por convenção, medido a 1,30 m acima do nível do solo (DAP – diâmetro à altura do peito do observador), utilizando uma trena graduada em unidades *pi* (π = 3,14159) (Figura 6d) e para as árvores de menor porte foi empregado o uso do paquímetro também graduado em π, o que em ambos os casos permite uma leitura direta do valor do diâmetro, para tanto, assume-se que as árvores apresentam secção transversal circular (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986; SCHAEFFER-NOVELLI; VALE; CINTRÓN, 2015).

Figura 6 – Amostragem dos dados estruturais da floresta de mangue do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL). Delimitação das parcelas com cordas de náilon (A), medição das alturas dos indivíduos por meio da vara telescópica (B) e do telêmetro óptico (C) e medição do DAP com auxílio de uma trena graduada em *pi* (D).

Fonte: Coelho Júnior (2017).

A presença de rizóforos e bifurcações são bastante comuns no manguezal. Nesses casos, segundo Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), são adotados os seguintes procedimentos: indivíduos com alturas menores que 1,30 m e os que apresentaram alguma bifurcação a 1,30 m, são aferidos os diâmetros abaixo dessa altura; ou, se os troncos se bifurcaram abaixo da altura de 1,30 m, devem ser considerados dois troncos para um mesmo indivíduo, isto é, duas medidas de diâmetro são registradas. No caso das árvores da espécie *R. mangle*, quando necessário, a medida do DAP deve ser efetuada acima do último rizóforo.

6.1.4 Tratamento dos dados estruturais

As medidas das árvores registradas nas fichas campo foram plotadas em planilhas do software *Excel for Windows* (7.0) para o tratamento dos dados estruturais. As medidas dos diâmetros foram agrupadas em classes de DAP < 2,5 cm; ≥ 2,5 cm; e ≥10 cm, e posteriormente, foram calculados para cada parcela os seguintes parâmetros da estrutura

vegetal: altura média e altura do dossel (em m), área basal total ($m^2.ha^{-1}$), diâmetro médio, densidade de troncos ($troncos.ha^{-1}$), densidade relativa, dominância relativa e proporção tronco/indivíduo. Nos casos de área basal e densidade, foram classificadas entre vivas e mortas (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986; SCHAEFFER-NOVELLI; VALE; CINTRÓN, 2015).

A altura média é calculada a partir da média aritmética das alturas de todas as árvores vivas de cada parcela, enquanto que a altura do dossel é dada pela média das alturas das cinco árvores mais altas, descartando-se a altura do indivíduo emergente (o mais alto de todos). A retirada da árvore emergente é realizada, pois considerando que os indivíduos do dossel de um determinado bosque tendem a pertencer a uma mesma classe etária, portanto apresentam um tamanho médio igual, o indivíduo emergente pode ser resquício de um bosque mais velho ou de um pulso anterior de colonização do substrato.

A área basal corresponde à área ocupada por um tronco com um dado diâmetro. Segundo a metodologia padronizada por Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), calcula-se a área basal a partir do DAP, utilizando a fórmula simplificada:

$$\textbf{A.B.} = \frac{\pi\,(DAP)^2}{4\,(10.000)} \rightarrow \textbf{A.B.} = 0{,}00007854\,(DAP)^2$$

Onde: AB é a área basal em m^2 e DAP o diâmetro à altura do peito (cm).

A área basal de um bosque é a soma das áreas basais de todos os indivíduos medidos por unidade de área. A área total da parcela (em m^2) é convertida em 0,1 ha. Esta medida é um ótimo índice do grau de desenvolvimento estrutural do bosque, pois está relacionada ao volume de madeira e biomassa, bem como pode ser indicadora de eventuais impactos ocorridos na estrutura, neste caso refletindo-se nos valores de área basal morta (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

O diâmetro médio (DM) de um bosque é definido como o diâmetro da árvore de área basal média. O diâmetro médio não é a média aritmética dos diâmetros. De acordo com Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), o DM representa uma medida descritiva, o que permite fazer comparações entre bosques de mangue, sendo expresso por:

$$DM = \sqrt{\frac{(AB)\ (12732{,}39)}{n}}$$

Onde: AB é a área basal média e n é o número de indivíduos por 0,1 ha.

A determinação da densidade é normalmente dada pelo número total de troncos ou indivíduos em uma determinada área, sendo expressa em termos de troncos/indivíduos por hectare. A densidade relativa (DR) representa o percentual de uma espécie em relação ao número total de troncos/indivíduos de todas as espécies de uma determinada área. Dada pela seguinte fórmula:

$$DR = \frac{ni}{N} \times 100$$

Onde: ni representa o número de troncos/indivíduos de uma espécie e N é o número total de troncos.

A dominância relativa (DoR) é o percentual de contribuição em área basal de uma espécie em relação à área basal total do bosque. Pode ser calculada através da fórmula:

$$DoR = \frac{ab}{AB} \times 100$$

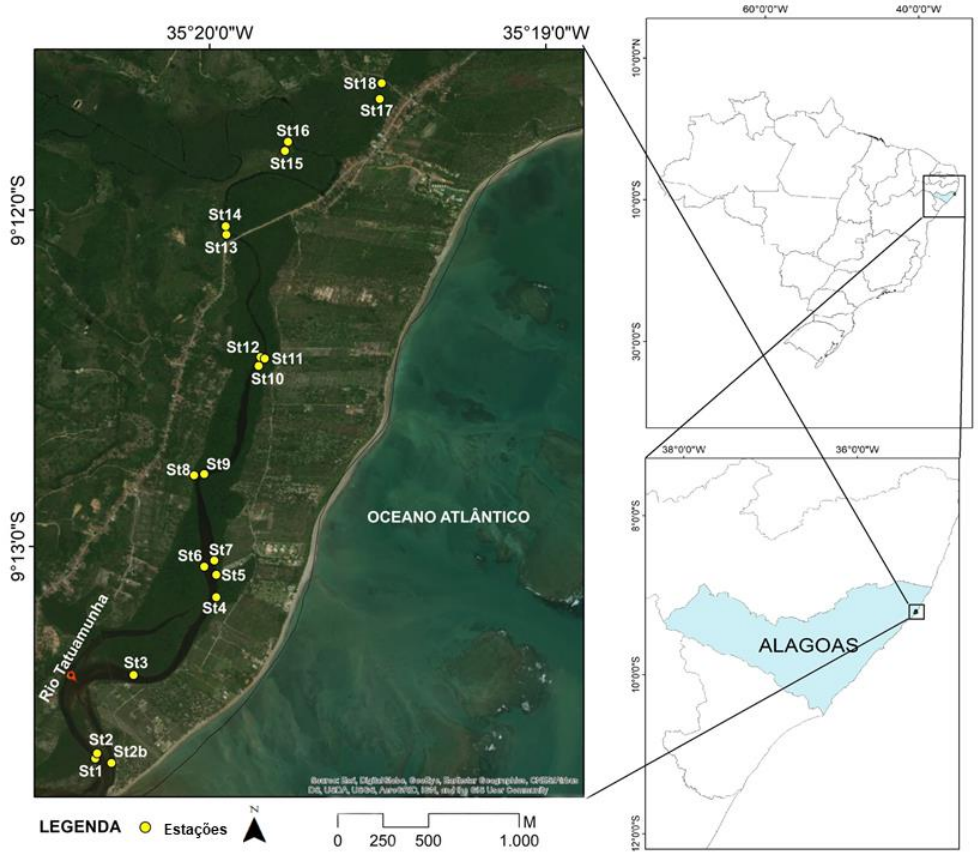
Onde: ab representa a área basal de uma espécie e AB é dada pelo somatório das áreas basais de todas as espécies.

6.2 BATIMETRIA PRELIMINAR E SEDIMENTOLOGIA DO ESTUÁRIO

A batimetria preliminar do estuário do rio Tatuamunha foi realizada em sete de julho de 2017 e também veio a compor um parecer técnico para a APACC/ICMBio. Com o auxílio de um profundímetro, foram realizados 115 pontos de amostragem e percorridos 5,5 km de linhas de sondagem. O efeito da maré foi reduzido com base nos dados dos marégrafos dos portos de Maceió (AL) e Recife (PE), sendo este o nível de referência de 0m.

Para a descrição dos processos sedimentológicos atuais no estuário, foram definidas estações de coleta no canal e na feição de sedimentação, ao longo do trecho estuarino, dispostas considerando os sítios de estudo do manguezal. Foram estabelecidas 18 estações de coletas de sedimentos superficiais do fundo estuarino para o período chuvoso (junho/2016) e 19 estações para o período seco (abril/2017), ilustradas na Figura 7.

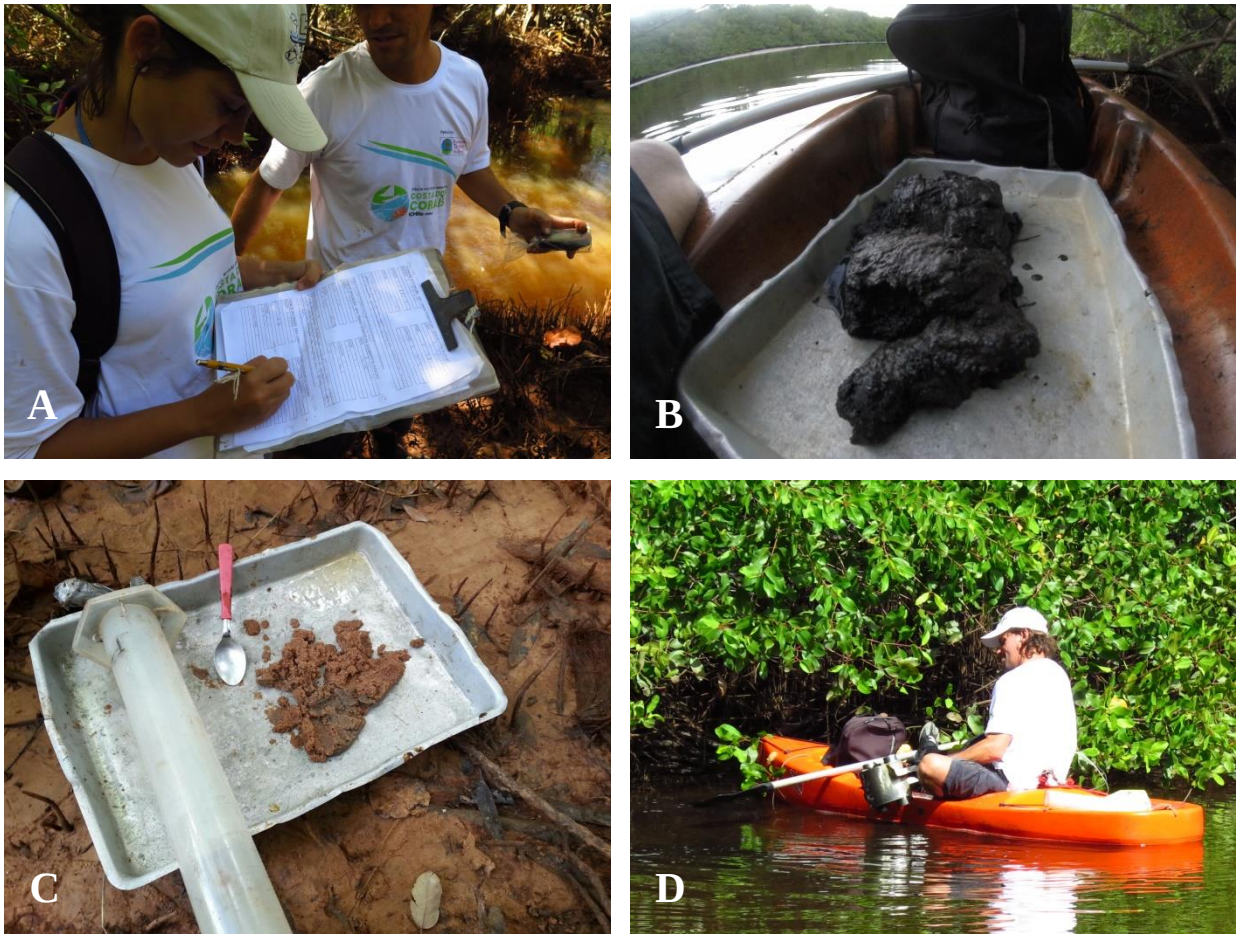
Figura 7 - Estações de coleta de sedimento do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).



Fonte: Monteiro (2018).

A coleta dos sedimentos superficiais do fundo do estuário se deu com auxílio de uma draga do tipo *Van Veen*, um amostrador de PVC e uma bandeja e uma colher de aço inox (Figuras 8a à 8d). Cerca de 250g do sedimento coletado foi acondicionado em sacos plásticos, etiquetados e também levados para o LABOGEO/UFPE para realização das análises granulométricas e composicionais dos sedimentos ($CaCO_3$ e MOT).

Figura 8 – Coletas de sedimento no estuário do rio Tatuamunha (A); detalhe do sedimento superficial de fundo do estuário (B) e equipamentos utilizados nas coletas (C e D).



Fonte: A e D, Coelho Jr. (2016); B e C, Barcellos (2017).

6.3 ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS

As amostras de sedimento do manguezal e do canal estuarino foram processadas no Laboratório de Oceanografia Geológica, do Departamento de Oceanografia da UFPE (LABOGEO/UFPE). Inicialmente, foram secas em estufa a 60°C, em seguida foram separadas alíquotas de 10g para a análise do conteúdo de carbonatos e de 30g para a análise de MOT, e posteriormente, para as análises granulométricas.

A determinação dos conteúdos de $CaCO_3$ e de MOT se deu a partir da diferença entre o peso seco, antes e após o ataque com solução de Ácido Clorídrico (HCl) e de Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2), respectivamente, ambos diluídos a 10% (Figura 9) (CARVER, 1971).

Figura 9 – Análises dos conteúdos de Matéria Orgânica Total e Carbonato de Cálcio (CARVER, 1971).

Fonte: Paiva (2017).

As análises granulométricas empregadas foram realizadas seguindo as técnicas de peneiramento e pipetagem para separação das principais classes texturais dos sedimentos grossos e finos, metodologia descrita por Suguio (1973). As frações mais grossas (>0,062) foram separadas utilizando um jogo de peneiras, com intervalos de phi (Φ), segundo o método de Wentworth (1992 apud Suguio, 1973). Para a separação dos finos, foi utilizada a técnica de pipetagem baseada na lei de sedimentação de Stokes, empregada apenas nos casos onde a fração de finos foi superior a 10% do peso inicial da amostra (Figura 10).

Figura 10 – Técnica Granulométrica de Pipetagem (SUGUIO, 1973).

Fonte: Paiva (2017).

6.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Primeiramente, foi realizada uma análise descritiva (média e desvio padrão) dos dados estruturais da vegetação, e em seguida, a homogeneidade e a normalidade das variâncias foram testadas. As variáveis estruturais de DAP, altura, densidade de troncos vivos, relação tronco/indivíduo por espécie foram submetidas às ANOVA *one-way* e *two-way* para detectar diferenças significativas entre as áreas estudadas, e em seguida foi empregado o Teste de Tukey. Estas análises foram realizadas no programa *R Studio*.

Os dados obtidos a partir das análises sedimentológicas sofreram, inicialmente, tratamento segundo os parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957) e do diagrama triangular de Shepard (1954) por meio do programa *Sysgran* (3.1) (CAMARGO, 2006), o que permitiu a obtenção do diâmetro médio, grau de seleção, assimetria, curtose, além dos teores de grânulos, areia, silte e argila. Em seguida, foram elaboradas tabelas relacionando os dados de posicionamento, profundidade e sedimentologia das estações de coleta utilizando o software *Excel for Windows* (7.0). Os índices de correlação linear de Pearson também foram obtidos com o citado programa.

Os dados sedimentológicos do manguezal e do estuário foram submetidos ao programa *Primer* 6.0, sendo realizadas análises de agrupamentos de Cluster e a análise dos componentes principais (PCA), utilizando os seguintes parâmetros: cascalho (%), areia (%), silte (%), argila (%), MOT (%) e $CaCO_3$ (%).

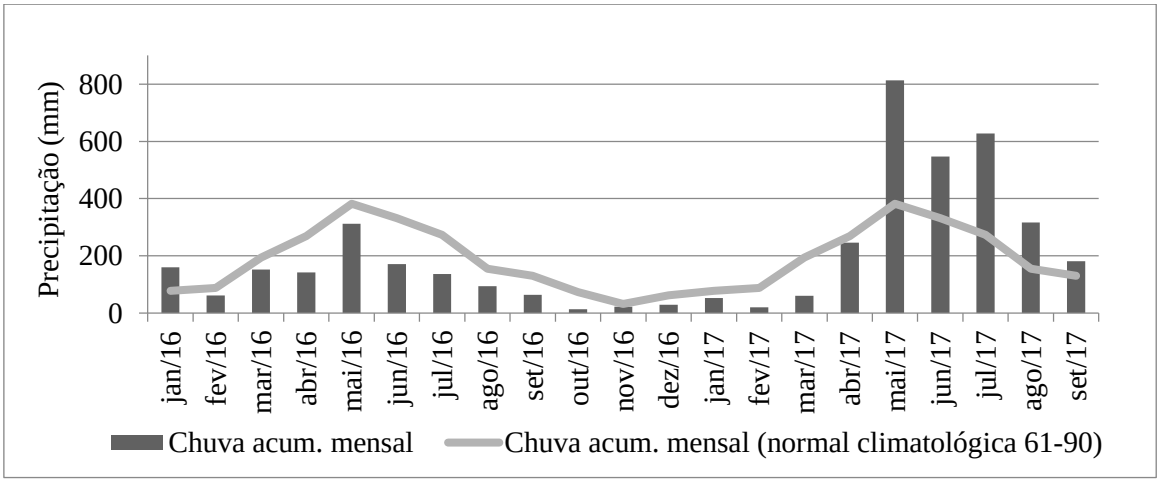
7 RESULTADOS

7.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A série temporal do fluxo de precipitação durante os trabalhos de campo pode ser visualizada na Figura 11 gerada a partir dos dados obtidos da estação meteorológica de Maceió, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017). É possível observar a quantidade de chuva acumulada por mês (em mm) ao longo dos anos 2016 e 2017 e a normal climatológica entre os anos 1961 a 1990.

A análise da série temporal revela um ciclo anual bem marcado. Para o período chuvoso os maiores valores de precipitação ocorreram nos meses de maio e julho de 2017, superando inclusive os valores registrados para a normal climatológica. Nota-se também que para o mesmo período do ano de 2016, os valores de precipitação registrados foram inferiores em relação às médias derivadas da série temporal de 29 anos (1961-1990). O valor máximo de chuvas acumuladas durante o período estudado ocorreu em maio de 2017, com 813,2 mm.

Figura 11 – Chuva acumulada mensal para a cidade de Maceió (AL) durante o período de janeiro de 2016 a setembro de 2017 e Normal Climatológica (1961 – 1990).



Fonte: INMET (2017).

Os dados pluviométricos para o período seco revelam que os menores valores de precipitação correram nos meses de outubro de 2016 e fevereiro de 2017. Sendo o valor mínimo registrado para o mês de outubro de 2016, com 13,2 mm, índice bem abaixo da normal climatológica para esse mês que é de 73,5 mm.

Observa-se que o ano de 2016 foi menos chuvoso, e excetuando o mês de janeiro, todos os outros meses registraram valores de precipitação abaixo da normal climatológica. O

total de chuva acumulada para o ano de 2016 foi de 1361,1 mm, enquanto que o índice médio total derivado da série temporal de 29 anos (1961-1990) é de 2070,5 mm.

7.2 CARACTERIZAÇÃO DO MANGUEZAL DO RIO TATUAMUNHA

7.2.1 Descrição da estrutura florestal

Foram registradas duas espécies típicas de mangue nas parcelas estudadas no rio Tatuamunha: *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. Embora também tenha sido observada a presença das espécies *Avicennia germinans* e *Avicennia schaueriana*, como árvores isoladas, ficando de fora da área amostrada. As características gerais da estrutura da vegetação são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros estruturais da floresta de mangue do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

Parcela	Área amostral[1]	ABt[2]	DAP médio[3]	DTv[4]	DTm[5]	Relação Tronco/ind.[6]	Altura[7]	Altura do Dossel[8]
A1	625	28,72	21,17	1200	160	1,7	6,78±7,76	19,85
A2	625	21,72	12,31	1856	80	1,1	5,04±6,49	23,09
A3	625	28,21	8,83	4576	32	1,0	2,58±5,14	24,85
Sítio A	**625**	**26,22**	**14,10**	**2544**	**91**	**1,2**	**3,9±7,1**	**22,60**
B1	625	19,48	17,10	1248	240	1,8	8,00±6,25	17,91
B2	400	14,49	22,96	575	150	2,1	12,43±5,16	16,05
B3	225	19,66	9,69	4578	489	1,9	4,06±4,07	14,05
Sítio B	**417**	**17,88**	**16,58**	**2134**	**293**	**1,9**	**6,6±5,8**	**16,00**
C1	225	35,60	26,99	2933	2444	8,6	11,13±4,54	14,05
C2	400	20,74	18,76	1375	650	2,7	9,54±4,18	14,05
C3	225	19,09	10,90	2978	1067	2,0	5,14±2,92	10,17
Sítio C	**283**	**25,14**	**18,89**	**2429**	**1387**	**4,4**	**7,4±4,4**	**12,76**

Fonte: Paiva (2017).

Legenda: 1: em m^2; 2: área basal total, em $m^2.ha^{-1}$; 3: em cm; 4: densidade de troncos vivos, em troncos.ha^{-1}; 5: densidade de troncos mortos, em troncos.ha^{-1}; 6: relação tronco/indivíduo; 7: altura média ± desvio padrão, em m; 8: média das cinco mais altas, em m.

7.2.1.1 Sítio A

A parcela A1 representa uma floresta de grande desenvolvimento estrutural, com área basal total (ABt) de 28,72 $m^2.ha^{-1}$, DAP médio de 21,17 cm e altura média e do dossel de 6,78±7,76 m e 19,85 m, respectivamente (Tabela 2 e Figura 16). A parcela se apresentou praticamente monoespecífica para a espécie *R. mangle*, com dominância em área basal de

96% (Figura 12), sendo registrada a mínima ocorrência de *L. racemosa*. Esta parcela apresenta um bosque maduro, com contribuição em área basal por classe de DAP ≥10 cm de 98,4% (Tabela 3). Em termos de contribuição de troncos por classe diamétrica, a classe de DAP ≥10 cm registrou um índice de 48%, seguida pela classe de DAP <2,5 cm com 41% (Tabela 4 e Figura 14). Esta parcela apresentou densidade de 1360 troncos.ha^{-1}, com um percentual de 11,8% de troncos mortos (Figura 15).

A parcela A2 representa uma floresta bem desenvolvida estruturalmente, com área basal total de 21,72 m^2.ha^{-1}, DAP médio de 12,31 cm e altura média do bosque de 5,04±6,49 m (Tabela 2 e Figura 16). Somente houve registro da espécie *R. mangle* (Tabela 3 e Figura 13), com contribuição 67,8% de troncos de classe diamétrica < 2,5 cm (Tabela 4 e Figura 14) e densidade de troncos vivos de 1856 troncos.ha^{-1} ou 95,9% da densidade total (Figura 15). Observa-se uma relação tronco/indivíduo de 1,1.

A parcela A3 também apresenta grande desenvolvimento estrutural, com área basal total (ABt) de 28,21 m^2.ha^{-1} e DAP médio de 8,83 cm, contudo registrou altura média de 2,58±5,14 m, menor valor entre os bosques estudados, e o maior valor de altura do dossel, com 24,85 m (Tabela 2 e Figura 16). Esta parcela também se apresentou monoespecífica para *R. mangle* (Tabela 3 e Figura 13), com densidade de 4608 troncos.ha^{-1}(Tabela 4), dos quais apenas 0,7% estavam mortos (Figura 15). Em termos de contribuição de troncos por classe diamétrica, 92,4% foi representado por troncos de DAP < 2,5 cm (Figura 14), contudo os 7,3% correspondentes aos troncos de DAP ≥ 10 cm contribuíram com 98,9% em área basal (Tabela 3). Foi observada uma relação tronco/indivíduo igual a 1,0.

7.2.1.2 Sítio B

A parcela B1 representa uma floresta bem desenvolvida, com ABt de 19,48 m^2.ha^{-1}, DAP médio de 17,10 cm e altura média de 8,00±6,25 m (Tabela 2 e Figura 16). A espécie *R. mangle* foi dominante com 99,9% de contribuição em área basal (Figura 13). A parcela apresentou densidade de 1488 troncos.ha^{-1}, com maior contribuição de troncos da classe de DAP ≥ 2,5 (45,2%), seguido por DAP ≥ 10 cm (28,0%) (Tabela 4 e Figura 14), contudo em termos de área basal por classe diamétrica, o DAP ≥ 10 cm foi o que se destacou, com 88,1% (Tabela 3 e Figura 13). O número de troncos mortos representa 16,1% da densidade total (Figura 15).

A parcela B2 representa uma floresta de médio desenvolvimento estrutural, entre as parcelas estudadas registrou a menor ABt com valor de 14,49 m^2.ha^{-1} e a maior altura média

de 12,43±5,16 m, o DAP médio foi de 22,96 cm (Tabela 2 e Figura 16). Somente foi registrada a presença de *R. mangle* (Figura 13). A menor densidade de troncos foi registrada para essa parcela, com 725 troncos.ha^{-1}, dos quais 20,7% estavam mortos (Tabela 4 e Figura 15), contudo esse percentual representou em área basal morta apenas 0,39 m^2.ha^{-1} ou 2,72% da ABt. Dessa densidade total de troncos, os de classe diamétrica ≥ 2,5 cm foram os mais abundantes (62,1%), seguido pelos de DAP ≥ 10 cm (37,9%) e não foram registrados troncos de classe de DAP < 2,5 cm (Tabela 4 e Figura 14).

A parcela B3 representa uma floresta bem desenvolvida, com ABt de 19,66 m^2.ha^{-1}, DAP médio de 9,69 cm e altura média de 4,06±4,07 m (Tabela 2 e Figura 16). É um bosque praticamente monoespecífico, pois a espécie *R. mangle* registrou dominância em área basal de 99,8% (Figura 13). Este bosque apresentou uma alta densidade de troncos, registrando 5067 troncos.ha^{-1}, com 45,6% da classe de DAP < 2,5 cm, seguido pelos de DAP ≥ 2,5 cm (36,0%) e os de classe diamétrica ≥ 10 cm contribuíram com 18,4% (Tabela 4 e Figura 14), enquanto que em área basal essa última classe foi a que se apresentou mais expressiva, registrando um índice de 74,1%, seguida pelos de DAP ≥ 2,5 cm (24,0%) (Tabela 3 e Figura 12). Da densidade total de troncos, 9,6% foram de troncos mortos de *R. mangle* (Figura 15).

7.2.1.3 Sítio C

A parcela C1 representa uma floresta de elevado desenvolvimento estrutural. Entre as parcelas estudadas, registrou os maiores valores de ABt, com 35,60 m^2.ha^{-1}, e de diâmetro médio 26,99 cm, além de uma das maiores alturas médias 11,13±4,54 m (Tabela 2 e Figura 16). Nota-se que houve uma codominância entre as espécies nessa parcela: *L. racemosa* contribuiu em área basal com 54,1%, e *R. mangle* com 45,9% (Tabela 3 e Figura 13). Este bosque também apresentou uma alta densidade de troncos com 5377 troncos.ha^{-1} (Tabela 4), como também registrou uma elevada relação tronco/indivíduo de 8,6 (Tabela 2), indicando o alto grau de ramificação dessa floresta. Nota-se uma elevada quantidade de troncos mortos, registrando 45,5% da densidade absoluta, sendo 41,3% de troncos de *L. racemosa* (Tabela 4 e Figura 15). Em termos de contribuição em área basal por classe diamétrica, 92,1% foi de DAP ≥ 10 cm, o que representou 16,5% da densidade de troncos, sendo os da classe de DAP < 2,5 cm os mais expressivos, com percentual de 59,5%, contudo esses somente contribuíram com 1,1% em área basal, como pode ser observado nas Tabelas 3 e 4, e nas Figuras 12 e 14.

A parcela C2 também representa um bosque bem desenvolvido, com ABt de 20,74 $m^2.ha^{-1}$, DAP médio de 18,76 cm e altura média de 9,54±4,18 m (Tabela 2 e Figura 16). A espécie *R. mangle* dominou, com 61,7% de contribuição em área basal (Figura 13). A densidade registrada para a parcela foi de 2025 troncos.ha^{-1}, dos quais 32,1% foram de troncos mortos (Tabela 4 e Figura 15). Em termos de contribuição de troncos por classe diamétrica, os de DAP ≥ 2,5 cm contribuíram com 43,2%, seguidos pelos de DAP < 2,5 cm (37,0%) e os de classe diamétrica ≥ 10 cm contribuíram com 19,8% (Tabela 4 e Figura 14).

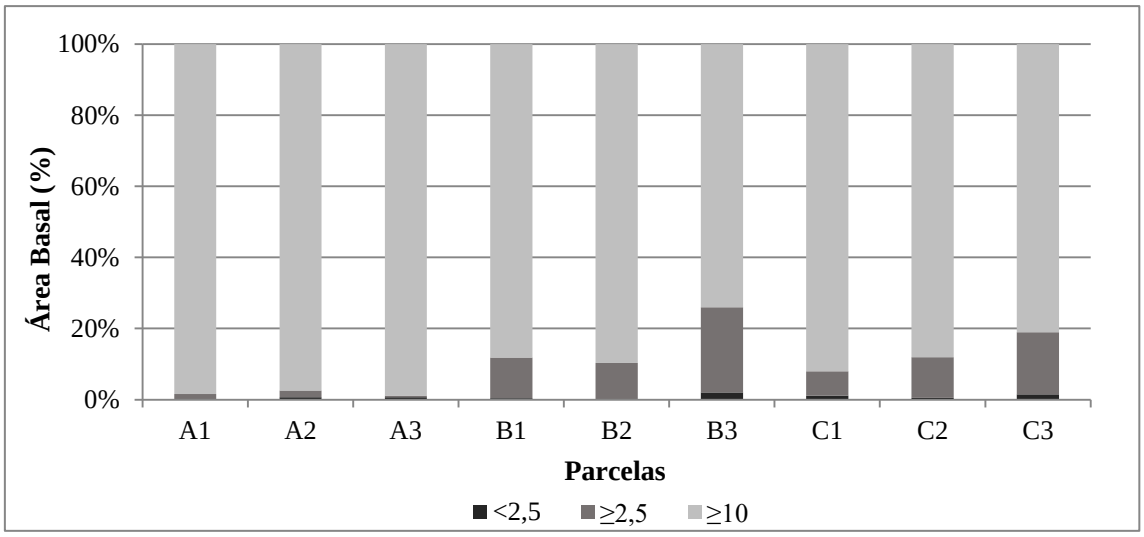
A parcela C3 também representa uma floresta bem desenvolvida, com ABt de 19,09 $m^2.ha^{-1}$, DAP médio de 10,90 cm e altura média de 5,14±2,92 m (Tabela 2 e Figura 16). Houve uma inversão da dominância em área basal das espécies nessa parcela, sendo 94,7% de *L. racemosa* (Figura 13). A maior contribuição em área basal foi da classe diamétrica ≥ 10 cm, com 81,1% (Tabela 3 e Figura 12). Enquanto que a maior contribuição de troncos foi da classe diamétrica ≥ 2,5 cm, com 53,8% (Tabela 4). A densidade registrada para a parcela foi de 4044,4 troncos.ha^{-1}, dos 26,4% de troncos mortos todos da espécie *L. racemosa* (Tabela 4 e Figura 15), 12,1% foram cortados.

Tabela 3 - Área basal viva (ABv) e morta (ABm), em $m^2.ha^{-1}$, por espécie e percentual de contribuição por classe diamétrica das florestas de mangue do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

	ABv		ABm		Área Basal por classe diamétrica (%)		
	Rh	**Lg**	**Rh**	**Lg**	**<2,5**	**≥ 2,5**	**≥ 10**
A1	24,92	0,57	2,66	0,57	0,2	1,4	98,4
A2	21,44	0,00	0,28	0,00	0,7	1,9	97,4
A3	26,28	0,00	1,94	0,00	0,7	0,4	98,9
B1	18,30	0,02	1,17	0,00	0,4	11,5	88,1
B2	14,10	0,00	0,39	0,00	0,0	10,3	89,7
B3	16,59	0,03	3,04	0,00	2,0	24,0	74,1
C1	14,01	13,41	2,33	5,85	1,1	6,8	92,1
C2	12,55	6,84	0,25	1,09	0,5	11,4	88,1
C3	1,01	15,33	0,00	2,76	1,5	17,5	81,1

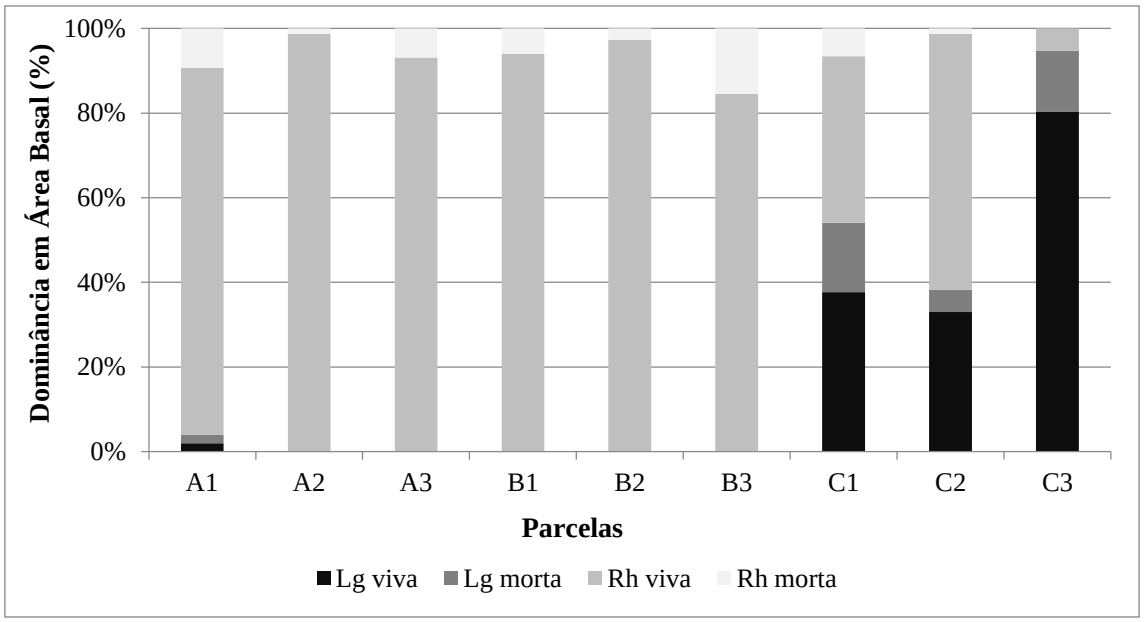
Fonte: Paiva (2017).

Figura 12 – Percentual de contribuição em área basal por classe diamétrica.



Fonte: Paiva (2017).

Figura 13 – Dominância em área basal por espécie e situação viva e morta.



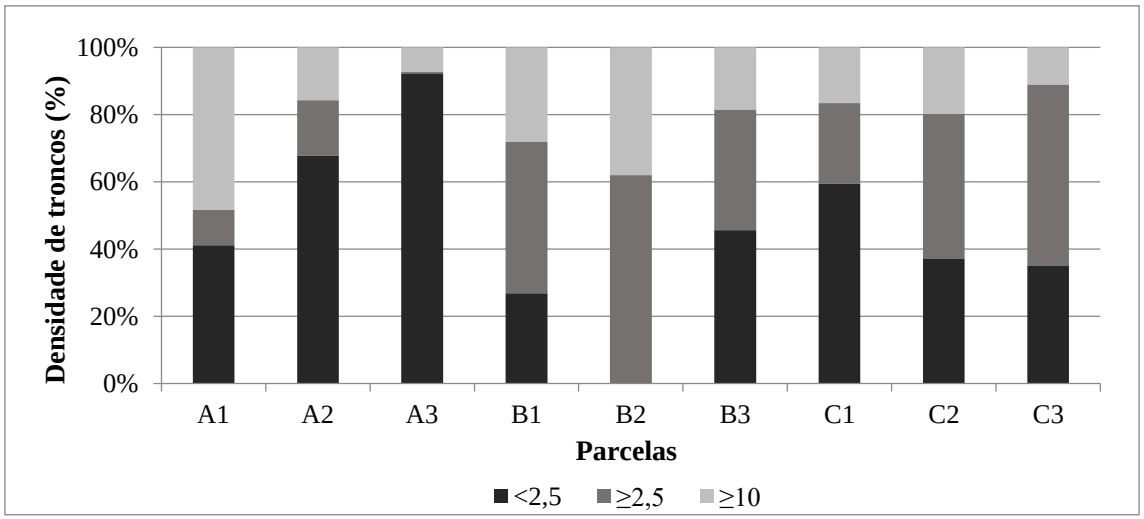
Fonte: Paiva (2017).

Tabela 4 – Densidade de troncos vivos (DTv) e mortos (DTm), em troncos.ha^{-1}, por espécie e percentual de contribuição por classe diamétrica das florestas de mangue do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

	DTv		DTm		Densidade por classe diamétrica (%)		
	Rh	Lg	Rh	Lg	<2,5	≥ 2,5	≥ 10
A1	1120	64	144	32	41,2	10,6	48,2
A2	1856	0	80	0	67,8	16,5	15,7
A3	4576	0	32	0	92,4	0,3	7,3
B1	1216	32	240	0	26,9	45,2	28,0
B2	575	0	150	0	0,0	62,1	37,9
B3	4489	89	489	0	45,6	36,0	18,4
C1	1022	1911	222	2222	59,5	24,0	16,5
C2	875	500	150	500	37,0	43,2	19,8
C3	1644	1333	0	1067	35,2	53,8	11,0

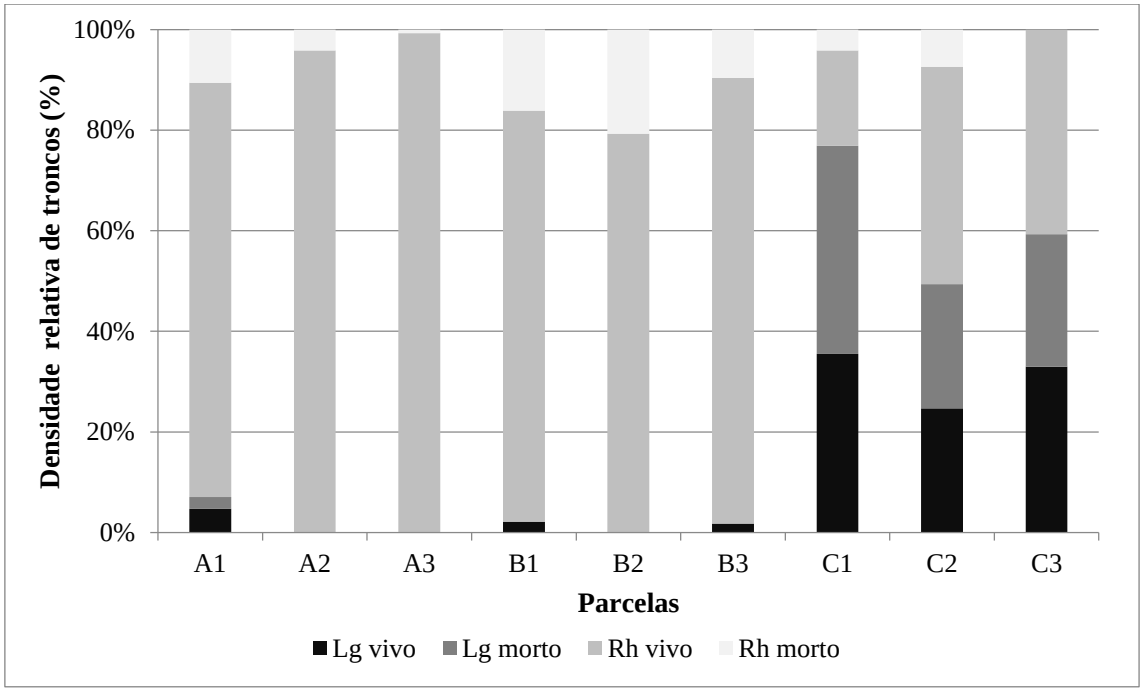
Fonte: Paiva (2017).

Figura 14 – Densidade de troncos por classe diamétrica.



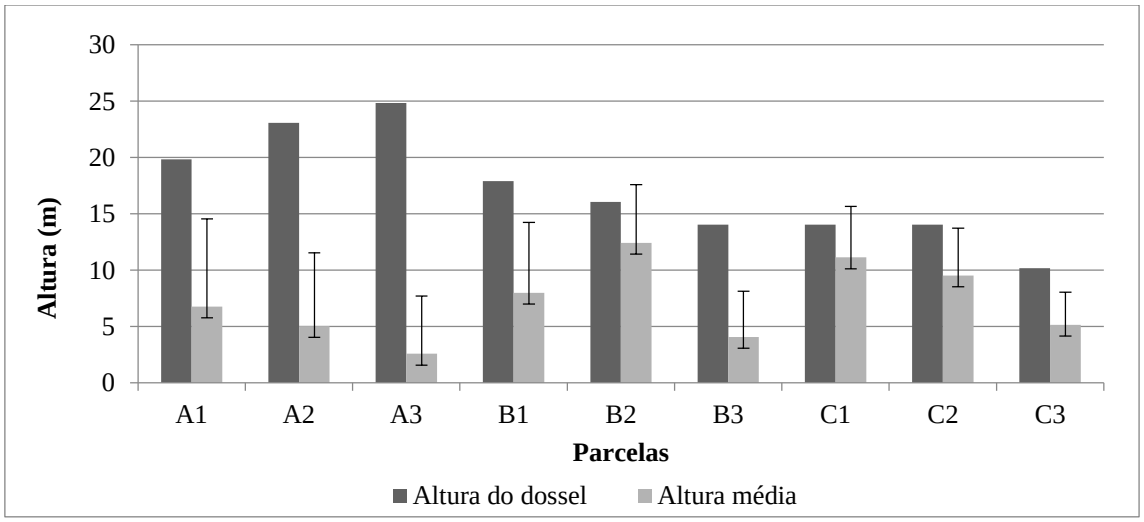
Fonte: Paiva (2017).

Figura 15 – Densidade relativa de troncos por espécie e situação vivos e mortos.



Fonte: Paiva (2017).

Figura 16 – Altura média (DP) e altura do dossel das árvores por parcela estudada.



Fonte: Paiva (2017).

7.2.1.4 Relação entre os sítios A, B e C.

Observa-se que todas as parcelas registraram áreas basais vivas elevadas, com valores que variaram de 14,10 a 27,42 $m^2.ha^{-1}$ (Tabela 3). O Sítio A apresentou a maior média das áreas basais vivas, com 24,40 $m^2.ha^{-1}$, enquanto que as área basais mortas variaram de 0,28 a 8,18 $m^2.ha^{-1}$, sendo o Sítio C o que registrou a maior média de área basal morta, com

4,09 $m^2.ha^{-1}$. Todas as parcelas registraram elevados percentuais de contribuição em área basal na classe diamétrica ≥ 10 cm, variando de 74,1 a 98,9% (Tabela 3 e Figura 12). A espécie com maior dominância em área basal viva entre as florestas de mangue do rio Tatuamunha foi *R. mangle*, com 80,5% (Tabela 3). Especificamente, *R. mangle* foi dominante nos Sítios A e B, na parcela C2, e codominante na parcela C1 (Figura 13).

Os valores de DAP médio variaram de 8,83 a 26,99, e o Sítio C apresentou a maior média, com 18,89 cm (Tabela 2). Com relação aos maiores valores individuais registrados para cada espécie foi de 59,1 cm para *R mangle* e 45,5 cm para *L. racemosa*. O Sítio C registrou a maior média das alturas, com 7,4±4,4 m, e a menor média das alturas do dossel, com 12,76 m, por outro lado o Sítio A registrou a menor média das alturas com 3,9±7,1 m, mas exibiu a maior média de altura do dossel, com 22,60 m (Tabela 2 e Figura 16). A árvore mais alta de *R. mangle* registrou altura de 25,85 m, e de *L. racemosa*, registrou altura de 14,35 m.

A densidade de troncos vivos variou de 575 a 4576 troncos.ha^{-1}, e de troncos mortos variou de 32 a 2444 troncos.ha^{-1} (Tabela 2). O Sítio A registrou a maior densidade média de troncos vivos com 2544 troncos.ha^{-1}, e o Sítio C registrou a maior densidade média de troncos mortos com 1387 troncos.ha^{-1}. Em termos de densidade relativa, os valores variaram de 725 a 4608 troncos.ha^{-1} para *R. mangle*; e de 32 a 4133 troncos.ha^{-1} para *L. racemosa* (Tabela 4).

A distribuição de troncos por classes de diâmetro mostrou que oito das nove parcelas, exceto B2, apresentaram percentuais consideráveis de contribuição de troncos com DAP < 2,5 cm variando de 35,2% a 92,4% (Tabela 4 e Figura 14), o que é explicado pela metodologia adotada incluir a medição de todas as árvores com alturas maiores que 1 m. Esta alta densidade de troncos de menor diâmetro, e consequentemente, menor estatura, fez com que as médias das alturas e dos diâmetros apresentassem elevados desvios padrões nos sítios estudados (Tabela 2 e Figura 16). Por essa razão, a altura do dossel foi utilizada como referência para avaliar grau de desenvolvimento das florestas.

Baseada nos dados da densidade de troncos vivos e da relação tronco/ indivíduo de *R. mangle* e *L. racemosa*, a análise estatística (ANOVA one-way) mostrou que, apesar do Sítio A ter registrado a maior média de troncos vivos para *R. mangle*, os valores não diferiram significativamente entre os sítios estudados. Entretanto, para *L. racemosa* houve diferença significativa, e que a alta densidade de troncos dessa espécie registrada no Sítio C, e a baixa densidade nos Sítios A e B, os agrupou, e isolou C (Tabela 5). Apesar dos valores médios altos registrados no Sítio C, a estatística não mostrou haver diferença significativa entre os sítios estudados para a relação tronco/indivíduo.

Tabela 5 – Resultado da ANOVA One-Way entre os sítios de estudo considerando as médias e os Desvios Padrões da Densidade de Troncos vivos por espécie da floresta de mangue do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

	Relação tronco/ind.		Densidade de troncos vivos	
	Lg	**Rh**	**Lg**	**Rh**
Sítio A	1,0±1,7	1,2±0,3	16,0±27,7$^{\mathbf{A}}$	2528,0±1808,2
Sítio B	0,7±0,6	1,9±0,1	40,3±45,0$^{\mathbf{A}}$	2093,3±2099,2
Sítio C	11,6±10,1	1,9±0,9	1248,1±709,4$^{\mathbf{B}}$	1180,5±408,4
F	3,3	1,5	8,8	0,5
p	ns	ns	**≤ 0,05**	ns

Fonte: Paiva (2018).

Legenda: Letras iguais representam grupos homogêneos em teste a posteriori de Tukey.

A ANOVA two-way mostrou que de modo geral, os valores de DAP e altura entre as espécies *L. racemosa* e *R. mangle* não diferiram significativamente. Contudo, estes parâmetros variaram de forma significativa entre os sítios estudados, o Sítio B apresentando valores significativamente maiores de DAP que os sítios A e C. E o Sítio A registrando alturas que diferiram significativamente de B e C, com as maiores alturas (Tabela 6).

Tabela 6 – Resultado do teste a posteriori de Tukey indicando as semelhanças entre os sítios de estudo considerando as Médias e os Desvios Padrões dos Diâmetros e das Alturas das florestas de mangue do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

	Sítio A	**Sítio B**	**Sítio C**
DAP	5,2±10,0 **a**	7,4±8,1 **b**	5,5±7,7 **a**
Altura	3,9± 7,1 **A**	6,6±5,8 **B**	7,4±4,4 **B**

Fonte: Paiva (2018).

Legenda: Letras iguais representam grupos homogêneos.

7.2.2 Sedimento do manguezal

As análises sedimentológicas do manguezal nas duas profundidades de coleta mostraram padrões granulométricos e composicionais semelhantes, como pode ser observado nas Figuras 17 e 18 e nas Tabelas 7 e 8. Os maiores percentuais de matéria orgânica total foram encontrados no Sítio B, com médias de 40,3% e 37,8% às profundidades de superfície e subsuperfície, respectivamente. Os maiores teores de carbonato de cálcio foram encontrados

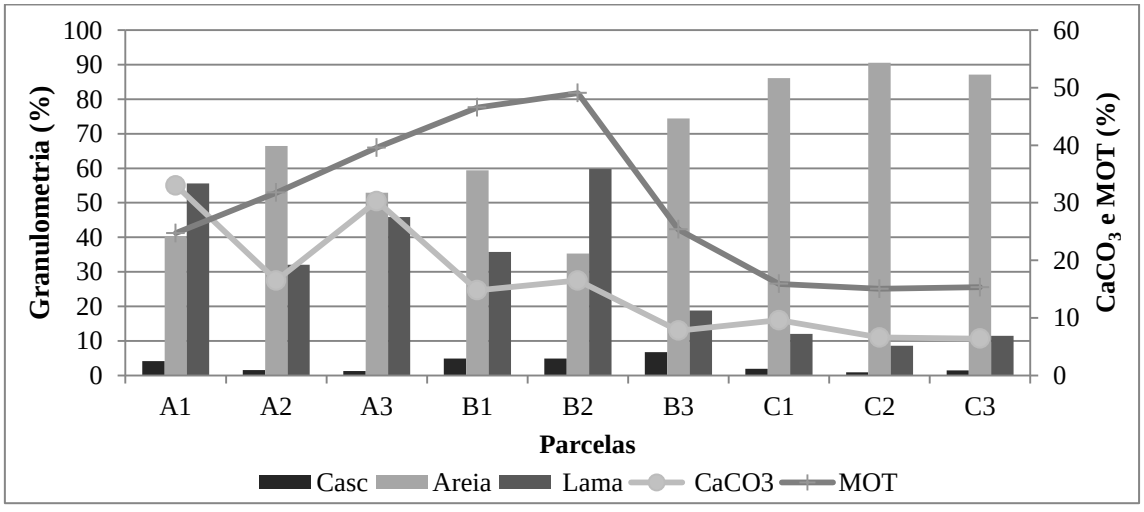
no Sítio A, com médias de 26% e 22,0%, em superfície e subsuperfície, respectivamente, indicando uma maior influência marinha pela proximidade com a foz do rio.

Os Sítios A e B apresentaram percentuais médios parecidos de lama (silte + argila), em superfície 44,5% e 38,1%, e em subsuperfície 36,3% e 32,7%, respectivamente. Nota-se que o sedimento de superfície apresentou maior teor de lama associado a um maior conteúdo da fração silte. No Sítio C, o sedimento apresentou os menores conteúdos de matéria orgânica total, carbonato de cálcio, e lama, mas registrou os maiores percentuais médios de areia, 87,9% em superfície, e 84,9% em subsuperfície.

As amostras de sedimento de subsuperfície registraram percentuais menores do que as de superfície, excetuando a fração areia, o que pode indicar uma maior estabilidade do sedimento aprisionado, sujeito a menor hidrodinâmica quando comparado ao sedimento superficial.

As classes granulométricas formadas seguindo a classificação das fáceis texturais de Shepard (1954) foram bastante variadas na profundidade de superfície: o Sítio A apresentou duas classes granulométricas, variando de areia síltica a argilosa; o Sítio B apresentou três classes (areia, areia argilosa e areia siltico-arenosa); e o Sítio C apresentou somente a classe areia. Em subsuperfície, as classes variaram de areia síltica a argilosa nos Sítios A e B, e areia para o C.

Figura 17 – Granulometria e teores de Matéria Orgânica Total (MOT) e de Carbonato de Cálcio ($CaCO_3$) das amostras coletadas na camada superficial do sedimento do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).



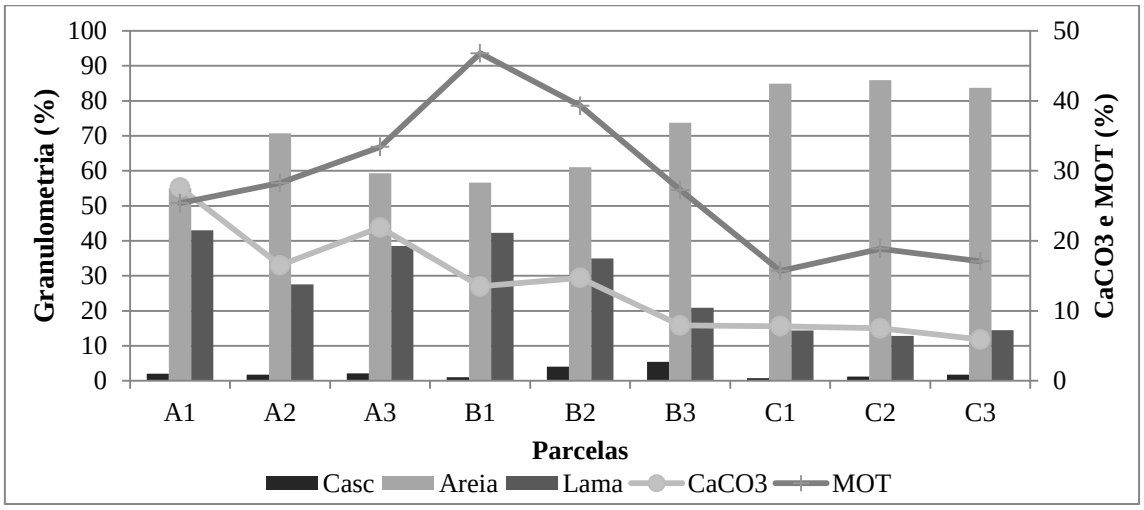
Fonte: Paiva (2017).

Tabela 7 – Parâmetros sedimentológicos das amostras coletadas na camada superficial do sedimento do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

Parcelas	% Casc.	% Areia	% Silte	% Argila	Classificação Textural	% $CaCO_3$	% MOT
A1	4,11	40,31	15,27	55,58	Areia síltica	33,00	24,73
A2	1,52	66,47	13,46	18,55	Areia argilosa	16,50	31,78
A3	1,26	52,88	12,17	33,68	Areia argilosa	30,30	39,58
B1	4,87	59,41	13,32	22,41	Areia argilosa	14,80	46,57
B2	4,93	35,30	24,08	35,69	Argila siltico-arenosa	16,50	49,07
B3	6,76	74,45	9,95	8,84	Areia	7,80	25,37
C1	1,89	86,12	4,52	7,48	Areia	9,60	15,90
C2	0,89	90,55	7,29	1,27	Areia	6,60	15,05
C3	1,42	87,08	9,71	1,79	Areia	6,40	15,33

Fonte: Paiva (2017).

Figura 18 – Granulometria e teores de Matéria Orgânica Total (MOT) e Carbonato de Cálcio ($CaCO_3$) das amostras coletadas na camada subsuperficial (30 – 40 cm) do sedimento do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).



Fonte: Paiva (2017).

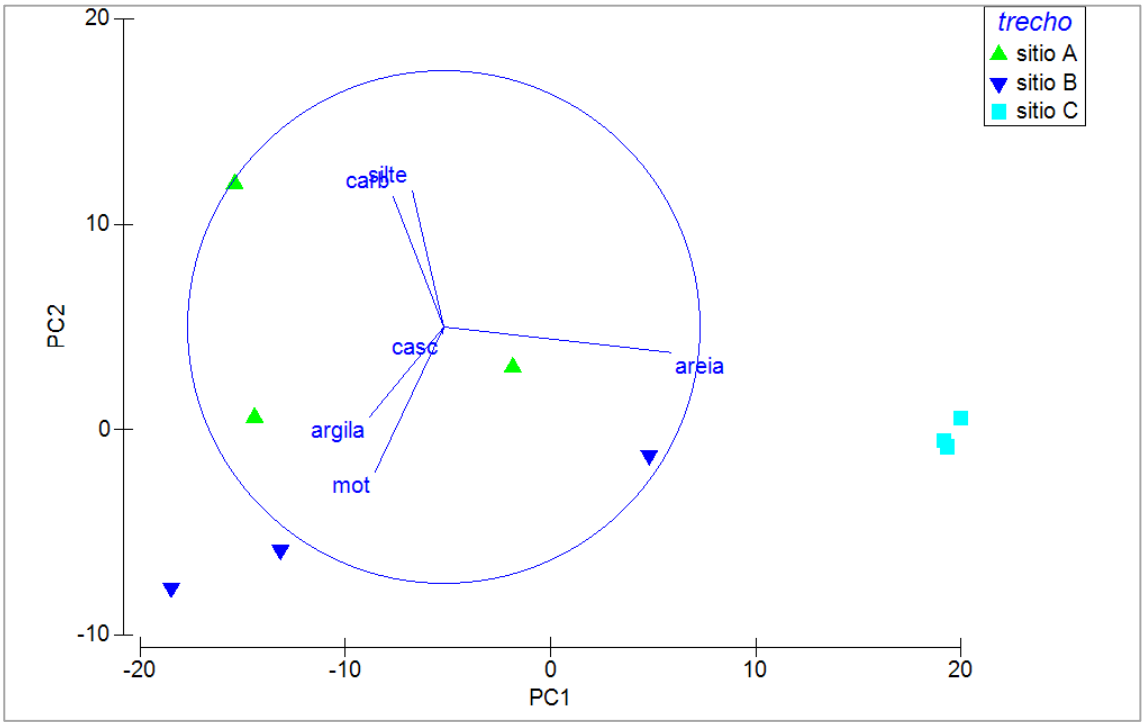
Tabela 8 – Parâmetros sedimentológicos das amostras coletadas na camada subsuperficial (30 – 40 cm) do sedimento do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

Parcelas	% Casc.	% Areia	% Silte	% Argila	Classificação Textural	% $CaCO_3$	% MOT
A1	2,01	55,01	23,92	19,06	Areia síltica	27,60	25,38
A2	1,72	70,76	13,17	14,35	Areia argilosa	16,50	28,28
A3	2,16	59,31	11,12	27,42	Areia argilosa	21,90	33,40
B1	1,03	56,67	10,06	32,24	Areia argilosa	13,50	46,80
B2	4,00	61,04	6,81	28,15	Areia argilosa	14,70	39,30
B3	5,37	73,71	9,72	11,20	Areia argilosa	7,90	27,27
C1	0,71	84,94	5,11	9,24	Areia	7,80	15,70
C2	1,21	85,94	4,92	7,93	Areia	7,50	18,88
C3	1,78	83,71	5,17	9,34	Areia	5,90	17,05

Fonte: Paiva (2017).

Os dados das amostras do sedimento de subsuperfície foram submetidos à Análise do Componente Principal (Figura 19). A análise mostrou que PC1 e PC2 explicam 97,9% da variância total dos dados (Tabela 9). Na PC1, estão as amostras com os maiores teores de cascalho e areia. Apesar de a fração areia predominar em todas as parcelas, variando de 55,0% a 95,9%, o elevado teor encontrado nas parcelas sítio C as agrupou, isolando das demais parcelas do presente estudo, enquanto que os altos teores de argila e matéria orgânica total reuniram parcelas dos sítios A e B.

Figura 19 – Resultado da Análise do Componente Principal (PCA) entre as variáveis do sedimento do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).



Fonte: Paiva (2017).

Tabela 9 – Resultado da Análise dos Componentes Principais (PCA) com os coeficientes das combinações lineares entre as variáveis que formaram os cinco componentes principais da análise entre as variáveis das amostras do sedimento do manguezal do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

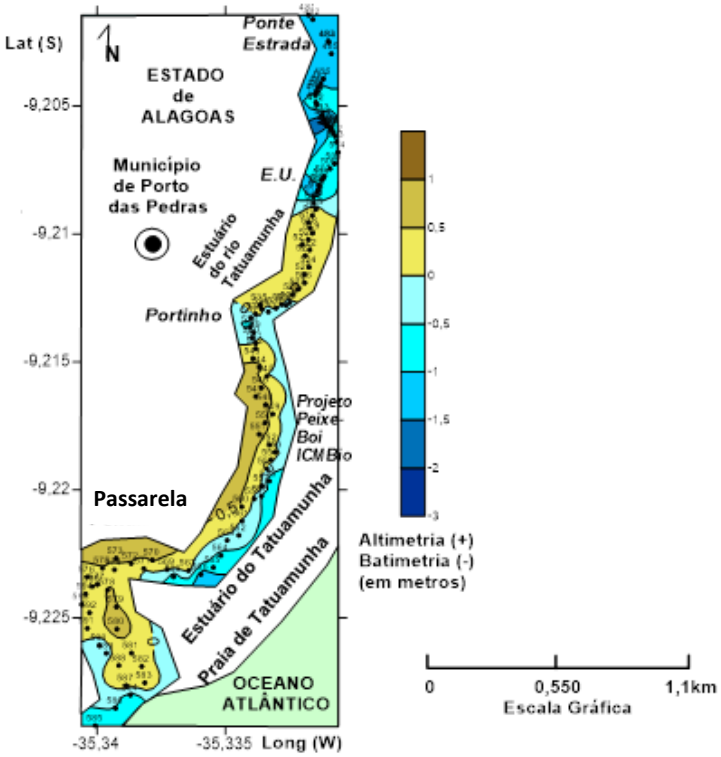
Variáveis	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
casc	-0,006	-0,025	-0,3	0,842	-0,185
areia	0,888	-0,099	0,108	-0,146	0,05
silte	-0,123	0,532	-0,416	-0,424	-0,426
argila	-0,292	-0,353	0,622	-0,094	-0,478
carb	-0,199	0,511	0,404	0,092	0,601
mot	-0,269	-0,566	-0,419	-0,27	0,439
%Variação	87,6	10,3	1,6	0,3	0,2
%Var. Cum	87,6	97,9	99,5	99,8	100

Fonte: Paiva (2017).

7.3 BATIMETRIA E SEDIMENTOLOGIA DO ESTUÁRIO DO RIO TATUAMUNHA

Os levantamentos batimétricos preliminares realizados mostraram profundidades inferiores a 3 m ao longo de 5,5 km percorridos da foz do rio Tatuamunha até a ponte na estrada (Rodovia AL-101) e que o setor médio do estuário a jusante e a laguna onde estão os viveiros dos peixes-boi, encontram-se bastante assoreados. Destacam-se também as baixas profundidades registradas nos dois canais que ligam o estuário ao oceano, com 90 cm e 50 cm de profundidade na maré baixa. Com base no estado de assoreamento atual, o estuário parece ser muito raso para abrigar os peixes-boi (Figura 20).

Figura 20 – Batimetria do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).



Fonte: Barcellos (2017).

A coleta sedimentológica do estuário para o período chuvoso ocorreu nos dias 16 e 17 de junho de 2016, em maré de quadratura. E para o período seco, ocorreu nos dias 20 e 21 de abril 2017, antes do período de maior precipitação para esse mesmo ano, como pode ser observado na Figura 10, sendo também realizada em maré de quadratura.

Nas Tabelas 10 e 11 estão representados os dados sedimentológicos das coletas realizadas no período chuvoso (2016) e seco (2017), sendo considerados os seguintes parâmetros: classificação de Shepard (1954), parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957),

granulometria e teores de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e matéria orgânica total (MOT). Foram coletadas 17 amostras de sedimento, para o período chuvoso, e 18 amostras para o período seco. Em ambos os períodos estudados, não foi coletado material sedimentar para estação St 11, haja vista a presença de fundo consolidado, formado por um antigo arenito de praia (*beach rock*). A amostra de sedimento da estação 2b somente foi coletada no período seco (2017).

Tabela 10 - Dados sedimentológicos: Classificação de Shepard (1954), Parâmetros Estatísticos de Folk e Ward (1957), Granulometria e teores de Carbonato de Cálcio e Matéria Orgânica Total das estações de coleta no período chuvoso (2016) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

					Folk e Ward (1957)								
Estação	**Setor**	**Lat (S)**	**Long (W)**	**Shepard (1954)**	**Phi médio**	**G.seleção**	**% Casc.**	**% Areia**	**% Silte**	**% Argila**	**% Lama**	**%$CaCO_3$**	**%MOT**
1	Baixo	09º13'37,8"	035º20'20,5"	Areia ou arenito	3,20	1,28	0,83	83,73	13,67	1,77	15,44	57,40	4,77
2	Baixo	09º13'36,9"	035º20'19,9"	Areia ou arenito	2,31	0,78	0,54	99,36	0,10	0,00	0,10	45,20	4,27
3	Baixo	09º13'22,9"	035º20'13,6"	Areia ou arenito	2,83	0,56	0,24	96,08	3,16	0,52	3,68	17,60	2,70
4	Baixo	09º13'09,9"	035º19'59,4"	Areia ou arenito	1,97	1,50	1,53	92,72	4,85	0,90	5,75	63,20	3,67
5	Baixo	09°13'5,05"S	035°19'58,7"	Areia ou arenito	2,39	0,86	0,45	95,49	3,43	0,63	4,05	16,90	4,73
6	Baixo	09º13'03,6"	035º20'01,4"	Areia ou arenito	1,40	0,62	0,31	99,52	0,17	0,00	0,17	3,00	2,70
7	Baixo	09º13'02,5"	035º19'59,3"	Areia ou arenito	1,48	0,63	0,10	99,87	0,03	0,00	0,03	1,50	0,57
8	Baixo	09º12'47,3"	035º20'02,6"	Areia ou arenito	1,55	1,90	5,77	82,32	9,98	1,94	11,92	10,40	1,33
9	Baixo	09º12'47,1"	035º20'00,8"	Areia ou arenito	1,59	0,97	0,37	96,15	2,90	0,59	3,49	7,70	9,17
10	Médio	09º12'27,8"	035º19'51,4"	Areia ou arenito	1,36	1,74	4,64	88,54	5,56	1,27	6,82	5,60	5,53
11	Médio	09º12'26,5"	035º19'50,3"	Arenito	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	Médio	09º12'26,2"	035º19'51,0"	Argila siltico-arenosa	6,24	2,64	1,12	30,63	25,49	42,76	68,25	24,20	34,87
13	Médio	09º12'04,4"	035º19'57,1"	Areia ou arenito	2,17	1,20	1,02	94,92	3,32	0,74	4,06	33,00	1,37
14	Médio	09º12'04,1"	035º19'56,9"	Areia argilosa	4,59	2,85	0,58	64,38	9,75	25,29	35,04	26,00	37,84
15	Alto	09º11'49,5"	035º19'46,5"	Areia ou arenito	1,51	1,10	0,68	98,60	0,72	0,00	0,72	1,20	1,60
16	Alto	09º13'04,0"	035º19'56,2"	Areia ou arenito	3,82	1,92	0,48	76,96	8,66	13,91	22,57	11,60	15,23
17	Alto	09º11'40,2"	035º19'29,6"	Areia ou arenito	3,03	1,25	0,28	84,35	13,36	2,01	15,37	20,80	17,63
18	Alto	09º11'37,4"	035º19'29,3"	Areia ou arenito	1,32	0,88	0,34	99,56	0,10	0,00	0,10	0,40	0,17

Fonte: Paiva (2018).

Tabela 11 - Dados sedimentológicos: Classificação de Shepard (1954), Parâmetros Estatísticos de Folk e Ward (1957), Granulometria e teores de Carbonato de Cálcio e Matéria Orgânica Total das estações de coleta no período seco (2017) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

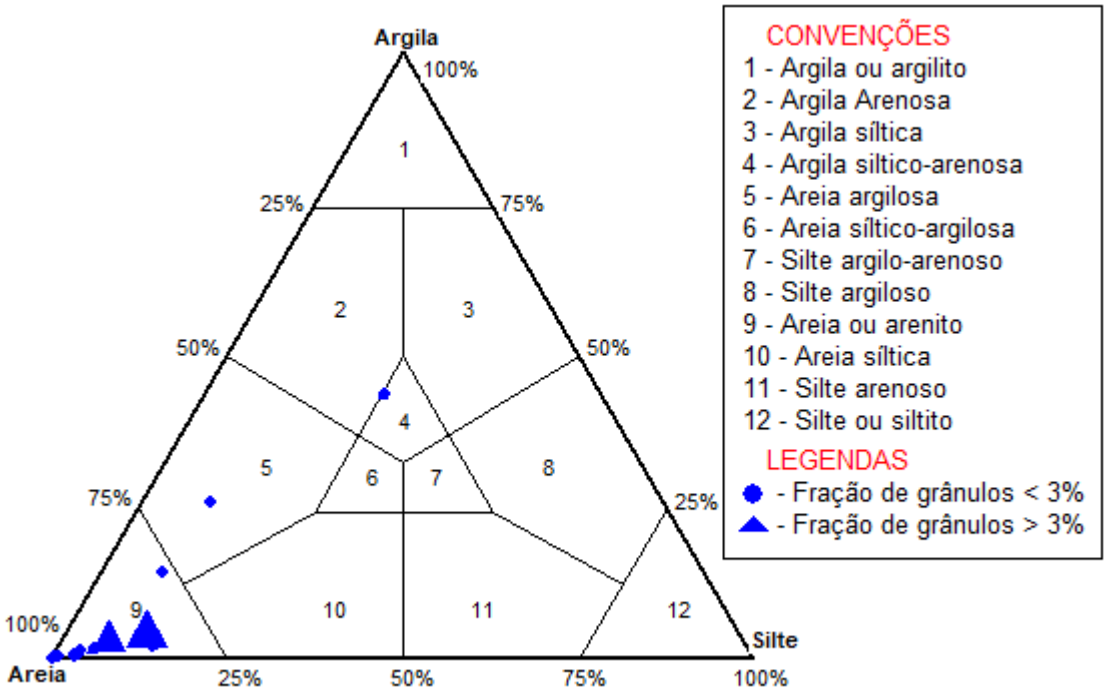
					Folk e Ward (1957)								
Estação	**Setor**	**Lat (S)**	**Long (W)**	**Shepard (1954)**	**Phi médio**	**G.seleção**	**% Casc.**	**% Areia**	**% Silte**	**% Argila**	**% Lama**	**%$CaCO_3$**	**%MOT**
1	Baixo	09º13'37,8"	035º20'20,5"	Areia ou arenito	2,77	1,95	0,66	83,53	6,70	9,11	15,81	54,00	7,37
2	Baixo	09º13'36,9"	035º20'19,9"	Areia ou arenito	1,63	1,09	1,68	98,05	0,27	0,00	0,27	44,90	1,47
2b	Baixo	09°13'38,06"	035°20'17,05"	Areia ou arenito	3,68	1,23	0,03	79,74	13,36	6,87	20,23	78,60	7,47
3	Baixo	09º13'22,9"	035º20'13,6"	Areia ou arenito	2,77	1,04	0,46	90,86	7,20	1,48	8,68	26,30	5,93
4	Baixo	09º13'09,9"	035º19'59,4"	Areia síltica	3,10	2,12	1,96	71,90	22,65	3,49	26,14	31,60	7,60
5	Baixo	09°13'5,05"S	035°19'58,7"	Areia ou arenito	1,64	1,11	1,86	94,79	2,75	0,59	3,35	31,10	3,53
6	Baixo	09º13'03,6"	035º20'01,4"	Areia ou arenito	1,42	0,63	0,00	99,62	0,38	0,00	0,38	3,60	3,50
7	Baixo	09º13'02,5"	035º19'59,3"	Areia ou arenito	2,58	1,24	0,82	91,17	8,00	0,00	8,00	32,20	10,23
8	Baixo	09º12'47,3"	035º20'02,6"	Areia ou arenito	1,33	1,24	2,61	92,87	3,70	0,82	4,52	6,70	4,50
9	Baixo	09º12'47,1"	035º20'00,8"	Areia ou arenito	1,16	0,82	0,17	99,41	0,42	0,00	0,42	2,20	4,30
10	Médio	09º12'27,8"	035º19'51,4"	Argila siltico-arenosa	5,97	2,39	0,00	34,71	26,16	39,13	65,29	42,70	34,70
11	Médio	09º12'26,5"	035º19'50,3"	Arenito	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	Médio	09º12'26,2"	035º19'51,0"	Areia ou arenito	1,73	0,79	0,00	99,54	0,46	0,00	0,46	2,70	4,00
13	Médio	09º12'04,4"	035º19'57,1"	Areia ou arenito	1,61	1,10	0,64	98,96	0,40	0,00	0,40	5,10	1,40
14	Médio	09º12'04,1"	035º19'56,9"	Areia ou arenito	2,24	0,63	0,18	98,32	1,23	0,27	1,50	3,50	8,03
15	Alto	09º11'49,5"	035º19'46,5"	Areia ou arenito	2,24	1,16	0,17	95,52	4,31	0,00	4,31	1,10	2,20
16	Alto	09º13'04,0"	035º19'56,2"	Areia argilosa	4,86	2,42	0,26	55,11	22,96	21,66	44,62	29,10	25,87
17	Alto	09º11'40,2"	035º19'29,6"	Areia ou arenito	3,37	1,87	0,20	81,95	5,90	11,95	17,85	6,20	8,93
18	Alto	09º11'37,4"	035º19'29,3"	Areia ou arenito	2,49	0,73	0,24	97,93	1,83	0,00	1,83	2,00	3,10

Fonte: Paiva (2018).

7.3.1 Classificação das fácies texturais de Shepard (1954) e parâmetros de Folk e Ward (1957)

Com base nos resultados obtidos através do diagrama triangular de Shepard (1954), a distribuição dos sedimentos para o período chuvoso (2016) e seco (2017) indicou uma grande semelhança entre os períodos estudados, com predomínio de sedimentos arenosos (uma média de 85,79% para os dois períodos). A área de estudo apresentou, de acordo com a classificação das fáceis texturais de Shepard (1954), três classes granulométricas distintas para o período chuvoso e quatro classes para o período seco (Figuras 21 e 22) (Tabelas 12 e 13).

Figura 21 - Diagrama Triangular de Shepard (1954) das amostras de sedimento no período chuvoso (2016) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).



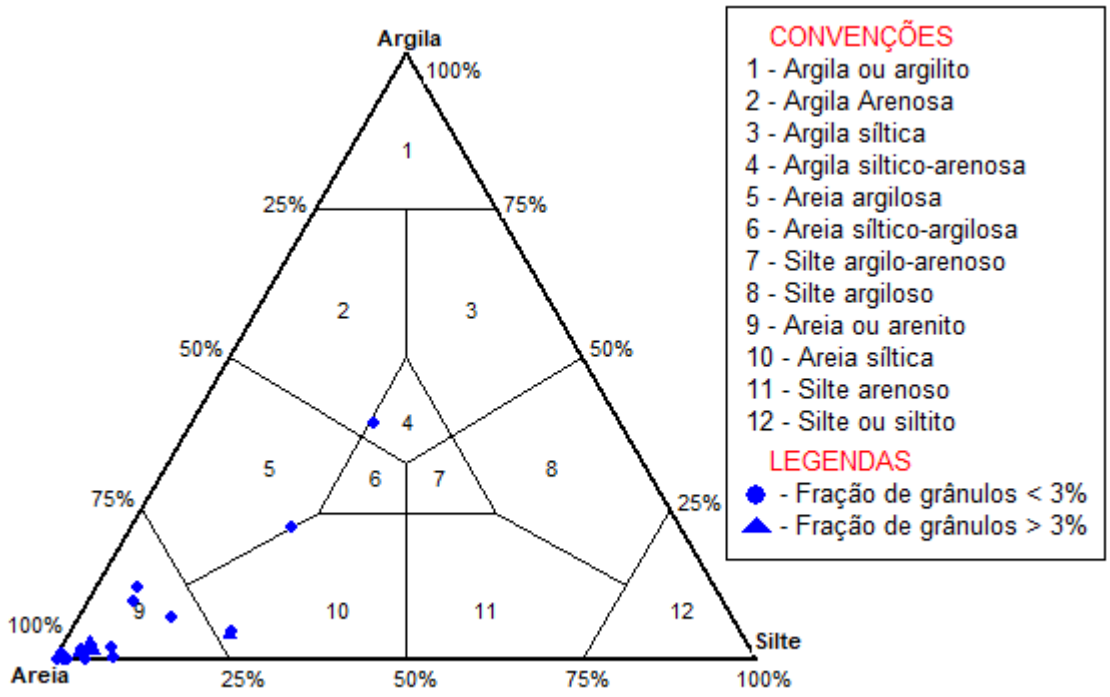
Fonte: Paiva (2018).

Tabela 12 – Classificação das amostras de sedimento segundo Shepard (1954) no período chuvoso (2016) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

Fáceis Texturais	Percentual (%)
Areia	88,24
Areia argilosa	5,88
Argila síltico-arenosa	5,88

Fonte: Paiva (2018).

Figura 22 – Diagrama Triangular de Shepard (1954) das amostras de sedimento no período seco (2017) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).



Fonte: Paiva (2018).

Tabela 13 – Classificação das amostras de sedimento segundo Shepard (1954) no período seco (2017) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

Fáceis Texturais	Percentual (%)
Areia síltica	5,56
Areia	83,32
Areia argilosa	5,56
Argila síltico-arenosa	5,56

Fonte: Paiva (2018).

De acordo com os parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957), as amostras também se apresentaram bastantes semelhantes para os dois períodos estudados. Os sedimentos são, em geral, areias médias a muito finas, em 88,24% das amostras para o período chuvoso e em 88,89% para o período seco. Em relação ao grau de seleção, ocorre um predomínio de sedimentos de moderadamente a pobremente selecionados, em 88,24% das amostras no período chuvoso, e 72,22% no seco. Observa-se também para ambos os períodos que as amostras com os menores diâmetros médios (maiores valores de phi) estão especialmente relacionadas aos maiores teores de lamas (silte + argilas).

7.3.2 Frações de cascalho, areia e lama

A fração cascalho (grânulos) apresentou distribuição semelhante para ambos os períodos com baixos teores médios, sendo maior no período chuvoso/2016 (1,07%) do que no seco/2017 (0,63%). Observa-se predomínio de teores abaixo de 1% tanto para o período chuvoso, como para o período seco, em 70,59% e 77,78% das amostras, respectivamente. A amostra que registrou maior percentual dessa fração para ambos os períodos estudados foi a da estação St8, com 5,77% no chuvoso e 2,61%, no período seco.

A distribuição da fração areia se apresentou bem homogênea ao longo do estuário e bastante semelhante entre os períodos estudados, com valores médios de 82,40% para o período chuvoso/2016 e 82,31% para o seco/2017, sendo esta a fração predominante no ambiente. Observa-se que no setor inferior do canal estuarino houve maior contribuição desta fração, com teores ≥82,3% no período chuvoso e ≥71,9% no período seco. Teores de areia abaixo de 50% ocorrem em alguns pontos dos setores do estuário médio (St12 = 30,63%, no período chuvoso) e alto (St10 = 34,71%, período seco).

A distribuição da fração de lama (silte + argila) foi bastante heterogênea ao longo do canal estuarino, variando de 0,03% a 68,25%, no período chuvoso/2016, e de 0,27% a 65,29%, no período seco/2017. Houve um pequeno aumento no percentual médio dessa fração do período chuvoso (10,98%) para o seco (11,79%). A partir de uma análise da distribuição espacial das amostras, nota-se que no geral ocorre um incremento de lama nos setores médio e alto do estuário, contudo, as amostras da estação St1, situada na foz do estuário, apresentaram percentuais consideráveis, 15,44% e 15,81%, nos períodos chuvoso e seco, respectivamente.

7.3.3 Teor de carbonato

Os teores de carbonato variaram de 0,40% a 63,20% no período chuvoso, sendo observada predominância de sedimentos litoclásticos (em 76,47% das amostras), isto é, sedimentos que possuem conteúdos de carbonato inferiores a 30%, segundo a classificação de Larssoneur et al. (1982). Teores acima de 30% foram encontrados nas estações situadas no setor do baixo estuário, exceto pela presença de uma mancha presente no médio estuário, na amostra da estação St13 = 33%. As amostras que apresentaram os maiores conteúdos de carbonato para o período chuvoso/2016 foram St1 = 57,4% e St 4 = 63,20%, no baixo estuário.

Para o período seco, os teores de carbonato se apresentaram maiores do que o período chuvoso, variando de 1,1% a 78%. Também foi registrada uma dominância de

sedimentos litoclásticos ao longo do estuário, embora o percentual médio tenha sido menor que o chuvoso/2016, em 41,18% das amostras. A amostra que apresentou maior teor de carbonato foi a da estação St2b = 78%, coletada somente para o período seco, localizada na margem oposta à estação da ilha que se forma na barra do estuário (St2).

7.3.4 Teor de matéria orgânica total

Os conteúdos de matéria orgânica total nos sedimentos coletados no período chuvoso/2016 variaram de 0,17% a 37,84% (média de 8,23%), com predomínio de teores abaixo de 10% (em 76,47% das amostras), associados aos sedimentos arenosos, em sua maioria no setor baixo do estuário. As amostras que apresentaram os maiores teores de MOT foram das estações de coleta St12 = 34,87% e St14 = 37,87%, situadas na porção média do estuário, correspondendo também às amostras com maiores conteúdos de lamas.

Para o período seco/2017, os conteúdos variaram de 1,40% a 34,70% (média de 7,59%), com predomínio de teores também abaixo de 10% em 88,24% das amostras, estando também associado a sedimentos mais arenosos, em sua maioria, situados nos setores médio e baixo do estuário. Nota-se também uma relação direta com as frações de lamas, tal que, as amostras com maior teor de finos, registraram maiores conteúdos de MOT, sendo as das estações St 10 = 34,70% e St 16 = 25,87%, situadas no médio e alto estuário.

7.3.5 Correlação de Pearson

As análises de correlação (Pearson) foram utilizadas para relacionar os parâmetros do sedimento permitindo avaliar as influências das variações entre os parâmetros para cada período estudado. Esses índices de correlação estão apresentados nas Tabelas 14 e 15, representando o período chuvoso e seco, respectivamente. Observa-se que em ambos os períodos os parâmetros Grau de Seleção, Phi médio, %Silte, %Argila e %MOT estiveram altamente correlacionados.

Tabela 14 – Análise de correlação linear entre os parâmetros composicionais do sedimento no período chuvoso (2016) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

	Phi médio	G. seleção	% Casc.	% Areia	% Silte	% Argila	% $CaCO_3$	% MOT
Phi médio	1,00							
G. seleção	**0,75**	1,00						
% Grân.	-0,12	0,40	1,00					
% Areia	-0,20	-0,16	0,05	1,00				
% Silte	**0,82**	**0,74**	0,22	-0,40	1,00			
% Argila	**0,87**	**0,77**	-0,03	-0,52	**0,78**	1,00		
% $CaCO_3$	0,37	0,25	-0,02	0,10	0,32	0,09	1,00	
% MOT	**0,86**	**0,79**	-0,10	-0,40	**0,73**	**0,90**	0,14	1,00

Fonte: Paiva (2018).

Tabela 15 – Análise de correlação linear entre os parâmetros composicionais do sedimento no período seco (2017) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

	Phi médio	G. seleção	% Casc	% Areia	% Silte	% Argila	% $CaCO_3$	% MOT
Phi médio	1,00							
G. seleção	**0,83**	1,00						
% Grân.	-0,21	0,18	1,00					
% Areia	-0,22	-0,15	0,22	1,00				
% Silte	**0,87**	**0,83**	0,02	-0,45	1,00			
% Argila	**0,86**	**0,75**	-0,24	-0,52	**0,79**	1,00		
% $CaCO_3$	0,52	0,50	0,15	-0,12	0,53	0,38	1,00	
% MOT	**0,89**	**0,74**	-0,21	-0,43	**0,83**	**0,94**	0,35	1,00

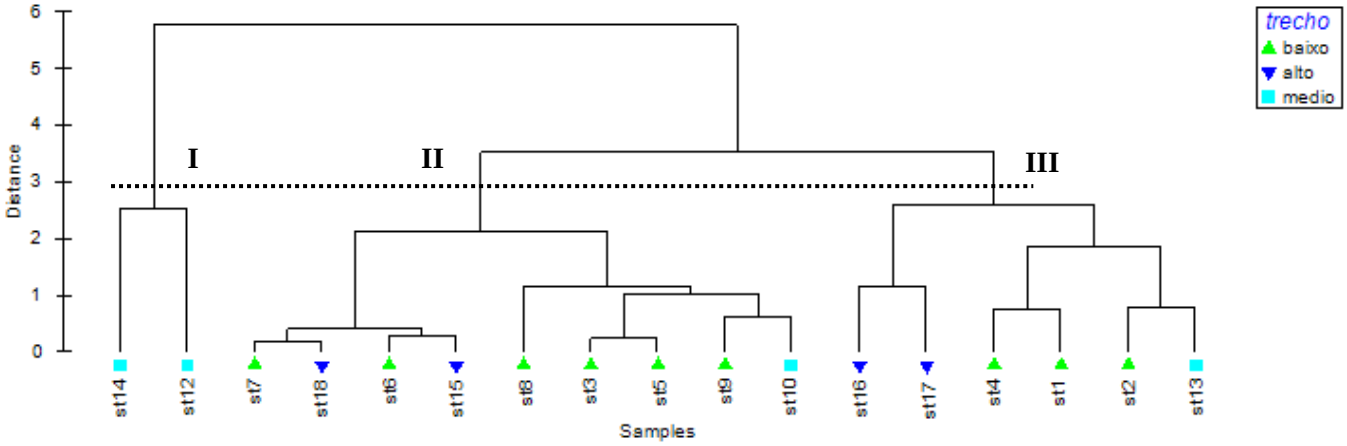
Fonte: Paiva (2018).

7.3.6 Análise de Agrupamento (Cluster)

A análise de agrupamento resultou na formação de grupos ou classes com amostras semelhantes em relação aos parâmetros analisados (%Cascalho, %Areia, %Silte, %Argila, %MOT e %$CaCO_3$), contudo, nota-se que para ambos os períodos, nem todas as amostras estiveram espacialmente relacionadas entre si. A faciologia relativa dos sedimentos para os períodos estudados permitiu o reconhecimento de três classes no período chuvoso/2016 e três classes no período seco/2017. A determinação dessas classes se deu a partir do corte transversal dos dados à distância euclidiana 3 na análise de Cluster. Os resultados desta

análise para o período chuvoso/2016 e seco/2017 encontram-se representados nas Figuras 23 e 24, e detalhados nas Tabelas 16 e 17, respectivamente.

Figura 23 - Dendograma resultante da Análise de Agrupamento das amostras do sedimento para o período chuvoso (2016) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).



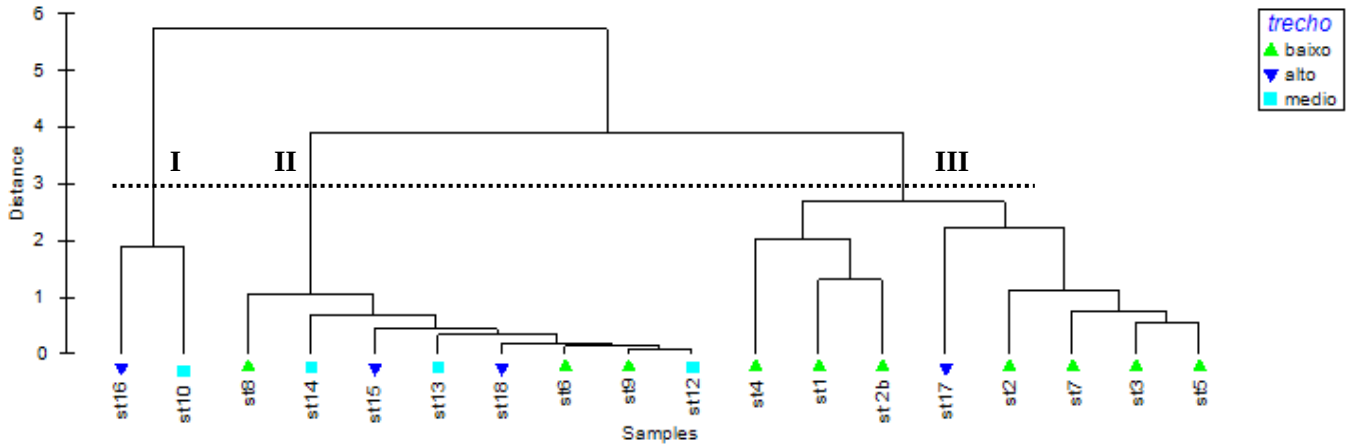
Fonte: Paiva (2018).

Tabela 16 – Características das fáceis sedimentares reconhecidas através da Análise de Cluster das amostras de sedimento para o período chuvoso (2016) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

	% Casc.	% Areia	% Silte	% Argila	% CaCO3	% MOT
Fáceis I	0,85	47,51	17,62	34,03	25,10	36,35
Fáceis II	1,43	95,13	2,89	0,55	6,62	5,65
Fáceis III	0,78	88,67	7,33	3,22	38,53	7,82

Fonte: Paiva (2018).

Figura 24 - Dendograma resultante da Análise de Agrupamento das amostras do sedimento para o período seco (2017) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).



Fonte: Paiva (2018)

Tabela 17 – Características das fáceis sedimentares reconhecidas através da Análise de Cluster das amostras de sedimento para o período seco (2017) do estuário do rio Tatuamunha (Porto de Pedras, AL).

	% Casc.	% Areia	% Silte	% Argila	% $CaCO_3$	% MOT
Fáceis I	0,13	44,91	24,56	30,40	35,90	30,28
Fáceis II	0,50	97,77	1,59	0,14	3,36	3,88
Fáceis III	0,96	86,50	8,35	4,19	38,11	6,57

Fonte: Paiva (2018).

Os agrupamentos formados para os períodos estudados foram diferenciados principalmente pelos teores de areia, silte, argila e matéria orgânica. Nota-se que tanto no período chuvoso como no seco a Fáceis I foi caracterizada por amostras com os menores teores de areia (média de 47,51 no período chuvoso, e de 44,91%, no seco) e altos teores de silte, argila e matéria orgânica. Essa classe foi composta por duas estações do médio estuário no período chuvoso, e por uma estação do alto e outra do médio estuário, no período seco.

Em ambos os períodos estudados, a Fáceis II foi individualizada pelos maiores teores de areia (média de 95,13% no período chuvoso, e de 97,77% no seco) e menores teores dos demais parâmetros. No período chuvoso (2016), foi formada por duas amostras de estações do alto estuário, uma do médio estuário, e seis do setor baixo do canal estuarino. No período seco (2017), foi composta por uma mescla de amostras de todos os setores do estuário.

A Fáceis III foi caracterizada pelos altos teores de carbonato de cálcio e de areia, e por teores medianos dos demais parâmetros. Foi composta principalmente por amostras dos setores baixo e médio do estuário, no período chuvoso, e basicamente todas as amostras do baixo estuário e uma do alto, no período seco.

8 DISCUSSÃO

8.1 CARACTERIZAÇÃO DO MANGUEZAL DO ESTUÁRIO DO RIO TATUAMUNHA

Por ocorrerem em dimensões continentais ao longo de quase toda a costa brasileira, os manguezais encontram-se submetidos a uma grande diversidade de condições ambientais, o que produz múltiplas condições de crescimento da floresta, refletidas em formas arbóreas, arranjos espaciais das espécies e atributos estruturais variáveis (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990). As investigações sobre o habitat e o funcionamento ecossistêmico do manguezal precisam discriminar entre as diferentes configurações (*setting*) ambientais nas quais os manguezais podem ocorrer. Uma configuração geomorfológica específica pode conter uma gama de condições hidrodinâmicas, fluxos de sedimentos e características orgânicas e geoquímicas do substrato, que influenciam o desenvolvimento dos manguezais (WOODROFFE et al., 2016).

No nível de *stand*, que pode ser reconhecido pelos tipos fisiográficos (SCHAEFFER-NOVELLI et al. 2000), também é possível encontrar significativa heterogeneidade espacial visto que diversos fatores operam controlando o sistema, como gradientes de água subterrânea e salinidade superficial, tipo de solo, disponibilidade de nutrientes e oxigênio, tolerâncias fisiológicas, predação e competição (SMITH, 1992; ALONGI, 2011). O grau de desenvolvimento de uma floresta e os padrões de distribuição das espécies de mangue que a constituem são, portanto, reflexos das respostas ecofisiológicas das árvores a um ou a uma série de gradientes ambientais (WOODROFFE, 1992).

Os resultados obtidos demonstraram diferenças no desenvolvimento estrutural das florestas de franja do rio Tatuamunha, com variações na estrutura e na distribuição das espécies, refletidas através dos dados de altura média, altura do dossel, densidade e dominância em área basal. Contudo, o fato que mais se destaca é que todas as parcelas exibiram alto grau de desenvolvimento estrutural, com elevadas áreas basais vivas e altos percentuais de contribuição em área basal de indivíduos de classe diamétrica superior a 10 cm, quando comparados a outros trabalhos (BRAGA et al., 1989; SOUZA; SAMPAIO, 2001; SILVA et al., 2005; MARTINS; COUTO; DELABIE, 2011; PETRI et al., 2011; SANTOS et al., 2012; SILVA et al.,2016).

Embora o presente trabalho não tenha realizado um estudo da microtopografia do manguezal, observações de campo e as características do sedimento, como os altos teores de lama e MOT nos Sítios A e B, indicam que os substratos destas florestas permanecem mais

tempo inundados do que as florestas do Sítio C, topograficamente mais elevado em relação ao canal estuarino. O perfil raso do estuário associado à baixa topografia do manguezal parece imprimir uma sedimentação bem homogênea entre a franja do mangue e os baixios marginais (bancos areno-lamosos expostos na maré baixa que indicam áreas preferenciais de deposição do canal estuarino) conforme evidenciado pelos dados sedimentológicos e geoquímicos estudados.

Coelho Júnior (2003), ao caracterizar o gradiente ambiental ao longo de três transversais nos manguezais de Cananéia (SP), relacionou a frequência de inundação pelas marés às características dos substratos. Nas florestas de bacia, áreas sob uma baixa frequência de inundação, o sedimento se apresentou predominantemente arenoso. Enquanto que as franjas, mais frequentemente inundadas, estiveram relacionadas ao sedimento de granulometria mais fina, com altos teores de MOT, fósforo e potássio. Segundo PETTIJOHN (1975), o acúmulo de matéria orgânica em sedimentos é fortemente dependente da quantidade de lama depositada devido ao processo de adsorção.

Os sedimentos mais finos, com grandes concentrações de MOT e possivelmente maiores quantidades de nutrientes, podem explicar os elevados valores estruturais obtidos nas florestas dos Sítios A e B, e os sedimentos mais arenosos com menores concentrações de MOT, podem ter influenciado a baixa estatura do dossel registrada para o Sítio C. Fernandes e Peria (1995) afirmam que os manguezais podem se desenvolver em diferentes substratos, como os constituídos por partículas mais grosseiras (areias ou fragmentos carbonáticos), embora, eles se desenvolvem melhor em locais onde o substrato se apresenta menos consistente, com baixa declividade e granulometria fina.

Silva et al. (2005), em estudo realizado no Espírito Santo, encontrou área basal e DAP médio variando entre 7,21 a 31,1 $m^2.ha^{-1}$, e de 8,1 a 29,6 cm, respectivamente. Bernini e Rezende (2004), estudando o rio Paraíba do Sul (RJ), registrou área basal viva e DAP médio variando de 14,5 a 35,3 $m^2.ha^{-1}$, e de 7,4 a 13,4 cm, respectivamente. Barbosa (2010), nas florestas de mangue do Pina (PE), encontrou área basal total variando de 10,02 a 30,86 $m^2.ha^{-1}$ e DAP médio bem inferiores aos dos outros estudos, com 1,0 a 2,58 cm. Apesar desses valores, em geral elevados, tais estudos indicaram que a granulometria do sedimento, provavelmente, não influenciou na estrutura da vegetação.

Pela classificação de Schaeffer-Novelli et al. (1990), em função da forte energia de ondas na costa, os manguezais do segmento V ocorrem ocupando o interior de muitos estuários e algumas lagunas, registrando uma altura média de 10 m e com alguns poucos

indivíduos sendo mais altos que 20 m. Resultados semelhantes foram encontrado para as árvores das florestas do Tatuamunha. Barbosa (2010) registrou valores de altura média e do dossel que variaram de 6,37 a 9,42 m e de 8,01 a 14,53 m, respectivamente, e que aumentaram em direção à montante. Resultados semelhantes foram registrados por Silva et al. (2005) e Bernini e Rezende (2010). Uma tendência decrescente à montante do estuário, quanto à estatura das árvores, foi observada por Chen e Twilley (1999), com uma alta variabilidade estrutural, como também, sem um gradiente aparente (SOARES et al., 2008). No Tatuamunha foi observada uma tendência de aumento nos valores de altura média em direção à montante do estuário, e uma tendência de aumento à jusante para as alturas do dossel.

A alta densidade de troncos vivos e as elevadas áreas basais vivas registradas no Sítio C poderiam ser explicadas por outros fatores não analisados pelo presente trabalho, como a salinidade e o teor de nutrientes. Contudo, considerando a localização deste sítio, na porção do alto estuário, com maior aporte de água doce, acredita-se ser um fator fundamental para o crescimento das espécies típicas de mangue. Cintrón et al. (1978), Alongi (2011); Martins, Couto e Delabie (2011); Calegario et al. (2015) e Silva et al. (2016) identificaram que a diminuição da salinidade promoveu um aumento nos valores dos parâmetros estruturais.

As médias das densidades de troncos entre os sítios estudados não variaram significativamente, embora tenha sido observada uma alta ramificação de troncos registrada para o Sítio C, identificada pela relação tronco/indivíduo. Nascimento Filho (2007) registrou uma alta densidade de troncos vivos entre 848 a 62.000 troncos.ha^{-1} e encontrou um alto grau de ramificação nas florestas de franja do estuário do rio Ariquindá (Tamandaré, PE). O autor identificou que as áreas sob uma menor frequência de inundação exibiram maior densidade de troncos de pequeno porte e bastante ramificados.

A espécie *R. mangle* apresentou maior desenvolvimento estrutural, sendo encontrada formando florestas mistas sob um sedimento mais arenoso, e monoespecíficas nas áreas com maiores teores de lama. Coelho Júnior (2003) associa a alta densidade de *R. mangle*, nas florestas de franja de Cananéia (SP), aos sedimentos predominantemente lamosos. De forma diferente, Vila-Nova, Coelho e Torres (2016) encontraram uma alta correlação entre a fração areia grossa e a espécie *R. mangle*, para o estuário do rio Maracaípe (PE).

O gênero *Rhizophora* se desenvolve melhor onde a água está sempre em movimento, pois requer solos bem saturados, mas não muito salinos (JIMÉNEZ, 1985a; ALONGI, 2011). No presente trabalho, observou-se uma dominância de *R. mangle* nos setores mais baixos do

estuário (Sítios A e B), sob maior frequência de inundação, o que corrobora com trabalhos realizados na Flórida (BALL, 1980), no Caribe (PIOU et al., 2006; LOVELOCK et al., 2005) e ao longo do Brasil (SCHAEFFER-NOVELLI et al.,1990; SOUZA; SAMPAIO, 2001; COELHO JÚNIOR, 2003; SILVA et al., 2005; NASCIMENTO FILHO, 2007; PETRI et al., 2011; COSTA, 2012; SANTOS, 2012; CALEGARIO et al., 2015).

No estudo realizado por Costa, Rocha e Cestaro (2014), nas florestas de franja do manguezal do estuário do rio Apodi-Mossoró (RN), a salinidade aumentou à medida que se adentrou em direção ao interior do estuário, variando de 35 a 90, em correspondência, a faixa de mangue diminuiu e a espécie *R. mangle* deixou de aparecer.

L. racemosa é considerada uma espécie de mangue pioneira que cresce sobre ampla gama de condições, mas que em geral não tolera a sombra e prefere locais onde as inundações pelas marés são menos frequentes e intensas (JIMÉNEZ, 1985b). No presente estudo, assim como encontrado por Santos (2009), no estuário do rio Cachoeira (Bahia), e Vila-Nova, Coelho e Torres (2016), *L. racemosa* ocorreu em áreas com uma grande quantidade da fração areia, e sob uma menor influência marinha, semelhante ao registrado por Souza e Sampaio (2001), nos manguezais de Suape (PE); Soares et al. (2008) em Caravelas (BA); Petri et al. (2011), no Espírito Santo e Calegario et al. (2015), no Rio de Janeiro.

Ball (1980) ao estudar os padrões de sucessão nas florestas de mangue do sudeste da Flórida, observou que o desenvolvimento estrutural das espécies *R. mangle* e *L. racemosa,* e os padrões de dominância (florestas monoespecíficas ou mistas), variavam ao longo do gradiente de inundação. As variações na topografia imprimem variações na frequência e duração das inundações pelas marés, e a ação desta última, introduz dois outros gradientes: a salinidade da água intersticial e a quantidade de água no solo. O autor descreve duas zonas principais, a presença de uma floresta arbustiva, de baixo desenvolvimento estrutural, dominada por *L. racemosa* acima do nível médio alto da água, e uma floresta mista bem desenvolvida com árvores altas e bem formadas de ambas as espécies nas áreas intermareais.

As áreas abaixo da elevação média alta da água são ambientes relativamente estáveis, em que as flutuações na salinidade intersticial e no teor de umidade no sedimento são relativamente pequenas. Em contraste, as áreas acima da elevação média alta da água experimentam condições extremas, isto é, períodos alternados de saturação e dessecação do sedimento e amplas flutuações na salinidade. Contudo, o autor destaca que o crescimento da *Laguncularia* não é otimamente adaptado aos ambientes mais secos e salinos, acima do nível médio alto de água, onde esta espécie é geralmente dominante. *Laguncularia* é incapaz de

competir efetivamente com *Rhizophora* nas áreas intermareais, portanto, sugere-se que a espécie eventualmente estará limitada às áreas mais secas, onde a concorrência de *Rhizophora* será reduzida ou ausente (BALL, 1980).

A densidade de um bosque é função de sua idade e amadurecimento. Bosques jovens apresentam densidades elevadas, ou seja, muitos indivíduos ou troncos, com área basal menor do que os bosques maduros, que apresentam baixa densidade por unidade de área (SCHAEFFER-NOVELLI; VALE; CINTRÓN, 2015). Jiménez, Lugo e Cintrón (1985) propuseram um modelo de desenvolvimento das florestas de mangue que leva em consideração a estrutura da vegetação como reflexo de sua idade e maturidade. Durante o desenvolvimento ocorrem trocas que alteram drasticamente a fisionomia da floresta, de modo que, biomassa e densidade são fatores chaves para um ciclo estimado de 80 a 100 anos. Conforme a sequência: Colonização, Desenvolvimento, Maturidade e Senescência.

Contudo, de acordo com Duke (2001), apenas a utilização do modelo proposto por Jiménez, Lugo e Cintrón (1985) seria insuficiente para descrever todo o processo de desenvolvimento dos manguezais, e argumenta que: a idade das árvores nem sempre indica a idade do bosque; as árvores presentes em qualquer uma das fases do desenvolvimento não são necessariamente as mesmas que colonizaram inicialmente a área e que a morte de árvores não é dependente apenas da sua idade. O maior argumento contra é a presença frequente de pequenas clareiras (*gaps*) no dossel dos bosques de mangue, o que promove um esquema de colonização diferenciado (DUKE, 2001; MENGHINI et al., 2011).

Manguezais são, geralmente, sistemas jovens em função da dinâmica das áreas costeiras onde se localizam (submetidas a constantes modificações desses terrenos do entremarés), resultando em uma sequência de avanços e recuos da cobertura vegetal (SCHAEFFER-NOVELLI, 1987). Assim, a grande densidade de troncos nas classes diamétricas inferiores, encontradas nas parcelas estudadas, indica a presença de sub-bosque bastante denso. Comunidades que exibem esse padrão de distribuição estão em processo de amadurecimento e/ou em processo de recomposição natural, com grande probabilidade de se sustentar, pela existência de um banco de plântulas e jovens para substituir eventuais perdas nas classes mais desenvolvidas (SMITH, 1992; DUKE, 2001; SOARES et al., 2003; MENGHINI et al., 2011). Nos Sítios A e B, troncos vivos de *R. mangle* são os principais contribuintes, enquanto que no C, troncos mortos de *L. racemosa* se destacam. Jiménez, Lugo e Cintrón (1985) afirmam que a morte natural, por competição, concentra-se nas classes de

menor DAP. O sombreamento do dossel sobre as plântulas e jovens parece ser a principal causa do desbaste natural, haja vista a grande sensibilidade da espécie a esse fator.

Cunha-Lignon (2001), trabalhando em transversais em Cananéia, em área de progradação, identificou florestas de *L. racemosa* de baixo desenvolvimento estrutural nas porções mais externas da franja e *R. mangle*, de grande desenvolvimento, nas porções internas das florestas de franja.

Schaeffer-Novelli (1989) identificou nas regiões Norte e Nordeste, que as principais atividades impactantes sobre o ecossistema manguezal são a derrubada de árvores de mangue para lenha, madeira para construção e extração de tanino; pesca predatória incidindo sobre moluscos, crustáceos e peixes (inclusive utilizando explosivos); atividades salineiras, além da instalação de viveiros e tanques para aquicultura. A degradação do habitat, ocasionada pelo desmatamento da vegetação de mangue e da mata ciliar, o assoreamento ou a completa antropização dos estuários, é considerada atualmente a principal ameaça à conservação da espécie (ICMBio, 2011;ICMBio/APACC, 2013; NORMANDE, 2014).

Poucas árvores cortadas foram observadas na parcela C3 e nenhuma das outras atividades descritas anteriormente foi observada no estuário rio do Tatuamunha e região costeira adjacente. O que pode ser explicado por estar numa área protegida, inserida na Zona de Conservação do Peixe-Boi Marinho (ICMBio, 2011), estabelecendo uma série de restrições de atividades e usos, além da presença constante do ICMBio. No entanto, o atual estado de assoreamento identificado no rio, principalmente pela retirada da mata ciliar para agricultura e pela retificação do leito do curso alto do rio, representam uma ameaça aos peixes-boi da região, pelo comprometimento do habitat de forma irreversível.

Petri et al. (2011) identificam que o assoreamento do rio Benevente (ES), pela retirada da mata ciliar ao longo da bacia, resultante da má utilização do solo na agricultura e pecuária, como um fator potencialmente impactante sobre a distribuição das espécies de mangue ao longo do estuário. Costa (2012) também sugere que alterações do regime hidrológico do estuário do rio Paraguaçu (BA), pela construção da barragem e hidrelétrica Pedra do Cavalo, tenha influenciado nos padrões de distribuição das espécies.

Sem dúvida a presença da floresta de mangue cumpre um papel especialmente importante ao reter sedimentos, mitigando o processo de assoreamento do rio. Contudo, em estado avançado, o assoreamento pode comprometer o desenvolvimento e inclusive levar à morte das árvores pelo entupimento das raízes respiratórias pela areia. Odum e Johannes

(1975) avaliaram as respostas dos manguezais aos diferentes tensores induzidos pelo homem e concluíram que os manguezais são especialmente sensíveis aos tensores que interferem no processo de trocas gasosas, como entupimentos e inundações prolongadas nas raízes, que podem levar a morte da árvore inteira, em curto período de tempo.

8.2 PROCESSO SEDIMENTAR ATUAL, SAZONALIDADE E DISTRIBUIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E DO CARBONATO NO ESTUÁRIO DO RIO TATUAMUNHA

A análise da distribuição espacial e temporal dos sedimentos do estuário do rio Tatuamunha, com base nos parâmetros estudados, indicou, em geral, que houve um predomínio de sedimentos arenosos, principalmente no baixo estuário, onde também foram registrados os maiores teores de carbonato de cálcio e os menores conteúdos de matéria orgânica, para ambos os períodos analisados. No médio e alto estuário, no entanto, foram observados pequenos incrementos de lama e matéria orgânica, e uma diminuição do $CaCO_3$.

Em ambos os períodos estudados, inverno e verão, verificou-se uma alta correlação entre os parâmetros de matéria orgânica total e os conteúdos de lama (%Silte = 0,73 e 0,83; e %Argila = 0,90 e 0,94, períodos chuvoso e seco, respectivamente). Esse padrão é similar a outros estuários pernambucanos, tais como os dos rios Jaboatão, Goiana, complexo estuarino Capibaribe-Beberibe-Bacia do Pina, principalmente do rio Formoso, com sedimentos lamosos com teores orgânicos elevados (>30%) em seu médio e alto estuário (BARCELLOS et al., 2016; SANTOS; BARCELLOS, 2017; OLIVEIRA et al., 2014).

Os parâmetros granulométricos são bons instrumentos na interpretação da hidrodinâmica dos fundos de áreas marinhas, sendo a acumulação de matéria orgânica em sedimentos fortemente dependente da quantidade de argila depositada devido ao processo de adsorção (PETTIJOHN, 1975).

A fisiografia do estuário do rio Tatuamunha, cujo canal principal se estabeleceu paralelamente à linha de costa, é meandrante, raso (< 3,0 m) e apresenta constrições e alargamentos que parecem influenciar diretamente no padrão de distribuição sedimentar observado. Em sua porção média, um estreitamento do canal associado à presença de um afloramento de *beach-rock* perpendicular ao seu eixo, confina suas porções mais a montante a cerca de 4 km da barra, criando áreas de menor hidrodinâmica e permitindo a deposição de altos teores de MOT e lamas, como nas estações de coleta St 14 (35,0% lama e 37,8% MOT) e St 12 (68,3% lama e 34,9% MOT), do médio estuário no período chuvoso, e nas estações

St 16 (44,62% lama e 25,87% MOT) e St 10 (65,29% lama e 34,70% MOT), do alto e médio estuário para o período seco.

Os maiores valores nos conteúdos de carbonato foram registrados para o setor inferior do canal estuarino, onde há uma maior influencia marinha. As manchas de carbonato encontradas no setor alto do estuário, provavelmente, estão associadas à presença do mesmo afloramento de *beach-rock* antigo. O período seco apresentou um aumento médio em relação ao chuvoso. Acredita-se que pela baixa competência do rio, principalmente durante o verão, houve uma maior penetração da cunha salina para o interior do estuário. Contudo, de modo geral, existe um predomínio de sedimentos litoclásticos no ambiente, em média de 58,83% das amostras. Outros estudos, realizados em estuários de Pernambuco, também registraram a presença dominante de sedimentos litoclásticos, com percentuais médios maiores do que os registrados para o Tatuamunha, sendo eles de 88,20%, 93,75% e 92,00%, respectivamente, para os estuários dos rios Goiana (BARCELLOS; ALVES; FETTER, 2016), Formoso (SANTOS; BARCELLOS, 2017) e do complexo estuarino Capibaribe (OLIVEIRA et al., 2014).

9 CONCLUSÕES

A floresta de mangue do rio Tatuamunha se apresenta bem conservada, com elevado grau de desenvolvimento estrutural, indicado pelas elevadas áreas basais vivas registradas e pelos altos percentuais de contribuição em área basal de troncos de classe diamétrica ≥ 10 cm.

A variabilidade estrutural entre as florestas estudadas demonstrou que, apesar de serem do tipo fisiográfico franja e estarem localizadas num estuário de "pequeno porte", encontram-se submetidas a influências ambientais diferenciadas. Esta variabilidade pôde ser reconhecida através dos dados de altura média, altura do dossel, DAP, densidade relativa e dominância (em área basal), portanto, ótimas bioindicadoras das condições edáficas.

O grau de desenvolvimento das florestas estudadas esteve parcialmente relacionado às características do substrato sedimentar. Os altos conteúdos de lama e matéria orgânica total, e consequentemente de nutrientes, explicam o alto desenvolvimento encontrado nas florestas dos Sítios A e B. No entanto, não explica o elevado desenvolvimento estrutural registrado nas florestas do Sítio C, provavelmente relacionado com outros fatores ambientais não avaliados, como o maior aporte de água doce.

A dominância das espécies esteve relacionada às características do sedimento e variou ao longo do estuário. *R. mangle* é dominante na área estudada, formando florestas monoespecíficas sob um sedimento frequentemente inundado com elevados teores de lama e matéria orgânica total. Por outro lado, *L. racemosa* predominou num sedimento mais arenoso com menor conteúdo de matéria orgânica, na porção alta do estuário, sob uma menor influência marinha.

No estuário do rio Tatuamunha não foi observada variação sazonal nem espacial significativa na sedimentação. A granulometria e os percentuais de matéria orgânica total e de carbonato de cálcio foram muito parecidos nos mesmos setores do estuário para os dois períodos sazonais. O estuário apresenta um padrão de sedimentação arenoso litoclástico com maiores contribuições de carbonatos em seu baixo estuário, sendo análogo ao de outros estuários na região Nordeste e se comportando como um potencial retentor de matéria orgânica e lamas terrígenas, especialmente do médio para o alto estuário. Destaca-se, portanto, na proteção dos corais e outros organismos sensíveis a turbidez.

Foi observada uma relação entre o processo sedimentar do estuário e do manguezal. O perfil raso do canal estuarino, associado à topografia do manguezal, parece imprimir uma sedimentação bem homogênea entre os baixios marginais e os substratos das florestas dos

Sítios A e B, e produz menor influência sobre o substrato do Sítio C, conforme indicado pelos dados sedimentológicos e geoquímicos estudados.

Foi constatado que o rio Tatuamunha se encontra bastante assoreado com profundidades abaixo de 3 m. Entretanto, destaca-se o papel das florestas de mangue como mitigadora deste processo, mas o quadro atual torna-se especialmente preocupante pela utilização da área para soltura de peixes-boi marinhos.

Os resultados descritos neste trabalho contribuem com informações para melhor compreensão dos aspectos estruturais e funcionais do manguezal. O uso de metodologia padronizada permite comparações entre os resultados obtidos ao longo do tempo e em diferentes localidades da costa, onde quer que ocorram manguezais. Tais informações são de grande valor para aumentar o conhecimento sobre o ecossistema, entender seu funcionamento e suas respostas aos processos de alterações locais do meio, bem como às mudanças climáticas e à elevação do nível médio relativo dos mares, gerando subsídios para a gestão e conservação deste importante ecossistema costeiro, mantenedor de valiosos serviços ecossistêmicos.

Os dados produzidos poderão ser utilizados para a gestão da APA Costa dos Corais, considerando os aspectos educacionais e recreativos, como também para a descrição do habitat do *Trichechus manatus*, auxiliando no manejo e conservação da espécie.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V. C. et al. Caracterização estrutural do manguezal do rio Tabatinga, Suape, Pernambuco, Brasil. **Tropical Oceanography (Online).** Recife, v. 42, n. 1, p. 33-47. 2014.

ALONGI, D.M. Patterns of mangrove wood and litter production within a beach ridge-fringing reef embayment, Northern Great Barrier Reef Coast. **Estuaries and Coasts.** v. 34, p. 32–44, 2011.

ALVES, R. R. N.; SASSI, R.; SANTANA, G. G. The mangrove forest at the Bucatu Lagoon, Northeast Brazil: structural characterization and anthropic impacts. **Tropical Conservation Science.** v.6, n.2, p. 254-267, 2013.

ANDRADE, C. L. N. de. et al. Parâmetros estruturais e ambientais em floresta de manguezal no estuário do rio Passa Vaca, Salvador - Bahia, Brasil. In: ANDRADE, C. L. N. de. **Biogeoquímica do ambiente estuarino do rio Passa Vaca em área urbana de Salvador, BA.** 117 p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica: Petróleo e Meio ambiente) – Instituto de Geociências, Universidade federal da Bahia, Salvador, 2011. 33-52. 2011.

ARAÚJO, T.C.M. et al. ALAGOAS. In: Muehe, D. (Org.). **Erosão e progradação no litoral brasileiro.** Brasília: MMA. p. 197-212. 2006.

BALL, M. C. Patterns of secondary succession in a mangrove forest of southern Florida. **Oecologia** (Berl), v.44, p. 226-235, 1980. 1980.

BARBOSA, F. G. **Estrutura e análise espaço temporal da vegetação do manguezal do Pina, Recife-PE: subsídios para manejo, monitoramento e conservação.** 2010. 91p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

BARCELLOS, R.L. et al. Modern sedimentary processes and seasonal variatios of organic matter in a urban tropical estuary, Jaboatão River (PE) Brazil. In: Vila-Concejo, A. et al. (eds.), Proceedings of the 14th International Coastal Symposium (Sydney, Australia). **Journal of Coastal Research**, Special Issue, No. 75, pp. 38-42. Coconut Creek (Florida), 2016.

BARCELLOS, R. L.; ALVES, C. S.; FETTER, A. **Geoquímica e Dinâmica Sedimentar do Sistema Estuarino do Rio Goana:** Sedimentação atual e indicadores ambientais da matéria orgânica em um sistema estuarino tropical no Nordeste do Brasil. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas, 2016.

BERNINI, E.; REZENDE, C. E. Estrutura da vegetação em florestas de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasílica.** v. 18, p. 491-502, 2004.

BRAGA, M.B.; SELVA, V.S.F. O turismo de base comunitária pode ser um caminho para o desenvolvimento local? **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA.** Fortaleza, Brasil. v. 10, p. 38-53, 2016.

BRAGA, R. A. P.; UCHOA, T. M. de M.; DUARTE, M. T. M. B. Impactos ambientais sobre o manguezal de Suape - PE. **Acta Botanica Brasílica.** v. 3, n. 2, 1989.

BRASIL. **Lei 9.985,** de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 29 jan 2018.

CALEGARIO, G. et al. Mangrove forest structure in the São João river estuary, Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Coastal Research.** v. 31, n. 3, p. 653-660, 2015.

CAMARGO, M. G. 2006. SYSGRAN: Um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. **Revista Brasileira de Geociências.** v. 36, n. 2, p. 371-378, jun 2006.

CARVER, R. E. Settling analysis. Procedures in sedimentary petrology. New York. **Wiley-Interscience.** p. 427-452. 1971.

CHEN, R., TWILLEY, R.R. Patterns of Mangrove Forest Structure and soil nutrient dynamics along the Shark river estuary, Florida**. Estuaries,** v. 22, p. 955-970. 1999.

CINTRÓN, G.; LUGO, A.E.; POOL, D.J.; MORRIS, G. Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. **Biotropica.** v. 10, n. 2, p. 110–121. 1978.

COELHO JÚNIOR, C. 2003. **Ecologia de Manguezais: Zonação e dinâmica da cobertura vegetal em gradientes ambientais, Cananéia, São Paulo, Brasil.** 2003. 166p. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – IOUSP, São Paulo, 2003.

COELHO JÚNIOR, C. et al. 2015. Guia Maravilhosos Manguezais do Brasil na APA Costa dos Corais (Pernambuco e Alagoas). In: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, 8., Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: CBUC, 2015. Disponível em: <www.eventos.fundacaogrupoboticario.org.br/CBUC/TrabalhosTecnicos>. Acesso em: 30 set. 2016.

COELHO, M. P**. Estuário de Barra das Jangadas/PE: análise espaço temporal e caracterização estrutural da vegetação de mangue.** 103p. 2013. Dissertação (Pós-Graduação em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

COMITÊ NACIONAL DE ZONAS ÚMIDAS (CNZU). **Recomendação CNZU nº 3:** Deliberações: Dispõe sobre a tutela jurídica das Zonas Úmidas. Ministério de Meio Ambiente, MMA. Brasília, mai. 2010. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/comit%C3%AA-nacional-de-zonas-%C3%BAmidas#delibera%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 29 jan. 2018.

COSTA, P. C. et al. **Mangrove forest structure along estuarine gradientes in Todos os Santos Bay, NE, Brazil.** In: COSTA, P. C. Mangrove forest structure along estuarine gradientes in Todos os Santos Bay, NE, Brazil. 2012. 49p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Biomonitoramento) – Instituto de biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012. 13-40.

COSTA, D.F.S.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; CESTARO, L.A. Análise fitoecológica e zonação de manguezal em estuário hipersalino. **Mercator.** v. 13, p. 119-126, 2014.

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

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. In: (Org.) MASCARENHAS J.C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR L. C. de. **Diagnóstico do município de Porto de Pedras, estado de Alagoas.** Recife: CPRM/PRODEEM. 12 p. 2005. + anexos.

CUNHA-LIGNON, M. **Dinâmica do manguezal no sistema de Cananéia-Iguape, estado de São Paulo - Brasil.** 2001. 57p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – IOUSP, São Paulo, 2001.

DEUS, M. do S. M. de. et al. Estrutura da vegetação lenhosa de três áreas de manguezal do Piauí com diferentes históricos de antropização. **Brasil Florestal**. [S.I.], n.78, dez. 2003.

DUKE, N. C. Mangrove Floristics and Biogeography. *In*: Robertson AI, Alongi DM (eds.). **Tropical Mangrove Ecosystems, Coastal and Estuarine Studies.** Washington, D.C.: American Geophysical Union, p. 101–136, cap. 5, 1992.

DUKE, N. C. Gap creation and regenerative processes driving diversity and structure of mangrove ecosystems. **Wetlands Ecology and Management**, v 9, p. 257-269. 2001.

DUKE, N. C. et al. A world without Mangroves? **Science.** v. 317, p. 41–43. 2007.

DUNGAN, P.J. *In:* (eds) Matiza, T. & Chabwela, H. N. **Wetlands Conservation Conference for Southern Africa:** Proceedings of the Southern African Development Coordination Conference held in Gaborone, Botswana, 3–5 June 1991. IUCN Gland. p. 1-9. 1992.

FERNANDES, A.J.; PERIA, L.C.S. Características do ambiente. *In*: (Org.) Schaeffer-Novelli Y. **Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar.** Caribbean Ecological Research, São

FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos River Bar: A significance of Grain Size Parameters. **Journal of Sedimentary Petrology.** v. 27, n.1, p.3-26, 1957.

GIRI, C.; OCHIENG, E.; TIESZEN, L.L. et al. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**. v. 20, p. 154-159. 2011.

HAYES, M.O. Morphology of sand accumulation in estuaries. *In:* Cronin, L.E. (Org.). **Estuarine Research, Geology and Engineering**. Academic Press, New York. v. 2. , p. 3-22. 1975.

ICMBio. **Plano de ação nacional para a conservação dos sirênios:** peixe-boi-da-amazônia *Trichechus inunguis* e peixe-boi-marinho *Trichechus manatus*. (Org.). LUNA, F.O.; De ANDRADE, M.C.M.; REIS, M.L. Brasília. Editora ICMBio. 80 p. 2011.

ICMBio/APACC - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ APA Costa dos Corais. 2013. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais. Tamandaré. PE.** p. 74. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/apacostadoscorais/>. (Acesso em: 23/01/2018).

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2017. **Rede de Estações Climatológicas.** Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em:< http://www.inmet.gov.br/portal> (Acesso em: 23/01/2018).

JIMÉNEZ, J.A., ***Rhizophora mangle* (L.), Red mangrove.** Rhizophoraceae. Mangrove family. UNESCO, SO-ITF-SM, 2-7 p. 1985a.

_____. ***Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn F., White mangrove**. Combretacea. Combretum Family. UNESCO. SO-ITF-SM.3- 4 p. 1985b.

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

LAMBERTI, A. Contribuição ao conhecimento da ecologia das plantas de manguezal de Itanhaém. **Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 317, p. 1-217, 1969.

LARSSONEUR, C.; BOUYSSE, P.; AUFRET, J. P. The surpeficial sediments of the English Channel and its western approaches. **Sedimentology**, v. 29, n. 6, p. 851-864, 1982.

LOVELOCK, C.E.; FELLER, I.C.; MCKEE, K.L.; THOMPSON, R. Variation in mangrove forest structure and soil characteristics in Bocas del Toro, Republic of Panamá**. Caribbean J Sci.** v. 41, p. 456–464, 2005.

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

MAIA, R. C.; COUTINHO, R. Structural characteristics of mangrove forests in Brazilian estuaries: a comparative study. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**. [S.l.], v.47, n.1, p.87-98, abr. 2012.

MARTIN, L.; SUGUIO, K. **Excursion coute along the coastal plains of the States of Paraná and Santa Catarina.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SEA-LEVEL CHANGES AND QUATERNARY SHORELINES, 1986, São Paulo: 1986. 124 p. (Special Publication, n. 1).

MARTINS, P.T. de A.; COUTO, E.C.G.; DELABIE, J.H.C. Fitossociologia e estrutura vegetal do Manguezal do rio Cururupe (Ilhéus, Bahia, Brasil). **Revista da Gestão Costeira Integrada.** v. 11, n. 2, p. 163–169, 2011.

MENEZES, L. C. S. de. **Estrutura e produção de serapilheira de floresta de mangue na região estuarina-lagunar do baixo São Francisco sergipano**. 2010. 84p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2010.

MENEZES, M. P. M. de; BERGER, U.; MEHLIG, U. Vegetação de manguezais na Amazônia: uma revisão dos estudos da costa dos Estados Pará e Maranhão, norte do Brasil. **Acta Amazonica**. [S.l.], v.38, n.3, p.403-420, 2008.

MENGHINI, R.P. et al. Massive mortality of Mangrove forests in southeast Brazil (Barnabé Island, Baixada Santista, State of São Paulo) as a result of harboring activities. **Journal of Coastal Research.** [S.I.] v. 64, p. 1793-1797, 2011.

MMA. Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil.** Brasília: MMA/SBF/GBA. p. 148. 2010.

MOURA-FÉ, M. M. et al. **A proteção dos ecossistemas de manguezal pela legislação ambiental brasileira**. GEOgraphia -UFF (Rio de Janeiro-RJ), v. 17, n. 33, p. 120-147, 2015

NASCIMENTO FILHO, G. A. **Desenvolvimento estrutural e padrão de zonação dos bosques de mangue no Rio Ariquindá, Baía de Tamandaré, Pernambuco, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia, 2007. p. 82.

NASCIMENTO, S. A. **Ecofisiologia do manguezal**. (Org.) Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Aracaju, Sergipe: Degrase, p. 76. 2008.

NORMANDE, I. C. **MANEJO PARA CONSERVAÇÃO DE PEIXES-BOIS MARINHOS (Trichechus manatus LINNAEUS, 1758) NO BRASIL:** programas de soltura e monitoramento. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, 2014. p.115.

NUNES, K. R. S.; COSTA, C. L. da; MENDONÇA, I. V. dos S. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio Cururuca em Paço do Lumiar, MA. **VII CONNEPI**. ISBN 978-85-62830-10-5. Palmas, out. 2012.

ODUM, H. T. **Work circuits and system stress.** In: Young, E. E. (Ed.). SYMPOSIUM ON PRIMARY PRODUCTIVITY AND MINERAL CYCLING IN NATURAL ECOSYSTEMS. Univ. of Marine Press. Orono, Maine, 1967. p. 81-138.

ODUM, W. E.; JOHANNES, R. E. The response of mangroves to man induced environmental stress. In: FERGUSON WOOD, E. J., JOHANNES, R. E. **Tropical marine pollution.** Elsevier, Amsterdam, p.52-62, 1975.

OLIVEIRA, T. S.; BARCELLOS, R. L.; SCHETTINI, C. A. F.; CAMARGO, P. B. Processo sedimentar atual e distribuição da matéria orgânica em um complexo estuarino tropical, Recife, PE, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada.** v. 14, n. 3, p. 399-411, 2014.

PETRI, D.J.C.; BERNINI, E.; SOUZA, L.M.; REZENDE, C.E. Distribuição das espécies e estrutura do manguezal do rio Benevente, Anchieta, ES. **Biota Neotropica.** v. 11, n. 3, p. 107–116, 2011.

PETTIJOHN, F.J. 1975. **Sedimentary Rocks.** 3. ed., New York, NY, U.S.A. Harper & Row. ISBN: 0060451912.

PIOU, C. et al. Zonation Patterns of Belizean Offshore Mangrove Forests 41 Years After a Catastrophic Hurricane. **Biotropica**, v. 38, p. 365-374, 2006.

SANTOS, L.L. **Estrutura e serapilheira em um manguezal de Ilhéus, Bahia, Brasil.** 2009. 38p. Dissertação (Mestrado Sistemas Aquáticos Tropicais) - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz - Bahia, 2009.

SANTOS, T. de O. et al. Caracterização estrutural de bosques de mangue: Estuário do São Francisco. **Scientia Plena**. [S.l.], v.8, n.4, fev. 2012.

SANTOS, L. D.; BARCELLOS, R. L. **Sedimentação Atual do Estuário do Rio Formoso – PE (Brasil):** Sedimentologia e geoquímica sazonal em um sistema estuarino tropical brasileiro. 1 ed. Saarbrücken, Alemanha: NEA- Novas Edições Acadêmicas, 2017. v. 5. 109p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezais brasileiros: região sudeste-sul.** *In*: Anais do Simpósio sobre Ecossistemas Brasileiros da Costa Sul e Sudeste: Síntese dos Conhecimentos, Cananéia, São Paulo. ACIESP, Cananéia, São Paulo. v. 1, p. 78, 1987.

_____. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. **Publi. Esp. Inst. Ocean.** São Paulo. USP. v. 7, p. 1-16, 1989.

_____. Introdução. *In*:_____. **Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar.** São Paulo, Caribbean Ecological Research, 1995. p. 7.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. **Guia para estudo de áreas de Manguezal: estrutura, função e flora**. São Paulo, Caribbean Ecological Research, p. 150, 1986.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries.** v.13, n. 2, p. 204-218, jun. 1990.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Brazilian Mangroves. **Aquat. Ecossis. Healt. And Manag.** v. 3, p. 561-570, 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; VALE, C.C.; CINTRÓN, G. Monitoramento do Ecossistema Manguezal: Estrutura e Características Funcionais. In: TURRA, A.; DENADAI, M.R. (Org.). **Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos.** São Paulo-SP: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, cap. 4, p. 62-80, 2015.

SESSEGOLO, G. C. **Estrutura e produção de serapilheira do manguezal do rio Baguaçu, Baía de Paranaguá, PR.** 1997. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná - Paraná, 1997.

SHEPARD, F.P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal Sedimentary Petrology**, v. 24, p. 151-158, 1954.

SILVA, M.A.B.; BERNINI, E.; CARMO, T.M.S. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. **Acta Botanica Brasilica.** v. 19, n. 3, p. 465-471, 2005.

SILVA, D.F.; SOUZA, A.B. Detecção de Tendências Climáticas no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física (Online)**, Pernambuco. v. 06, n. 03, p. 442-455, 2013.

SILVA, S.F.L.; SANTOS, M.A.; LAGE-PINTO, F.; BERNINI, E. Fitossociologia de uma floresta de mangue adjacente a uma planície hipersalina no estuário do Rio Miriri, Paraíba, Brasil. **Revista Nordestina de Biologia.** v. n. 24 (2), p 3-12, 2016.

SMITH, T.J. Forest structure. *In*: Robertson AI, Alongi DM (eds.). **Tropical Mangrove Ecosystems, Coastal and Estuarine Studies.** Washington, D.C.: American Geophysical Union, p. 101–136, cap. 5, 1992.

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

SOARES, M. L. G. et al. 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**, v. 26, 101-116, 2003.

SOARES, M.L.G.; CHAVES, F.O.; ESTRADA, G.C.; CAVALCANTI, V.F.; PORTUGAL, A.M.M.; BARBOSA, B. Caracterização das florestas de mangue do complexo estuarino de caravelas (Bahia-Brasil). **Boletim Técnico-Científico do CEPENE.** v. 16, p. 23–41, 2008.

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

SOUZA, M. M. de A.; SAMPAIO, E. V. de S. B. Estrutura dos mangues em áreas pouco antropizadas e em regeneração no rio Pacoti, CE. **Caderno de Cultura e Ciência**. Cariri, v.12, n.2, dez. 2013.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. Ed. E. Blucher, São Paulo, SP, Brasil. 317 p. 1973. ISBN 1000208689679.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar.** 1a. ed., Editora Edgard Blücher, São Paulo, 324 p. 2003. ISBN: 8521203179.

TWILLEY, R. R.. et al. Biodiversity and ecosystem processes on tropical estuaries: perspectives of mangrove ecosystems. *In*: (Ed.) MOONEY, H. A.; CUSHMAN, J. H.; MEDINA, E. **Functional Roles Biodiversity: A Global Perspective**. p. 327-370. 1996.

TWILLEY, R. R. Partterns process mangrove ecosystems: response to changing enviroment conditions of coastal regions. *In*: CONGRESO LATINOAMERICANO SOBRE CIENCIAS DEL MAR, IX, 2001, San Andrés, **Resumos expandidos...** (Cd-Rom). 2001.

UNEP. **The Importance of Mangroves to People: A Call to Action.** van Bochove, J., Sullivan, E., Nakamura, T. (Eds). United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, Cambridge. 128 p. 2014.

VANNUCCI, M. **Os manguezais e nós:** uma síntese de percepções. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999.

VILA-NOVA, F.V.P.V; COELHO, M.P.; TORRES, M. F. A. Relação das espécies arbóreas do ecossistema manguezal com os padrões físico-químicos de solo: Estuário do rio Maracaípe, Ipojuca – PE. **Revista de Ciências Ambientais – RCA.** v. 10, n. 1. 2016.

WALSH, G. E. **Mangroves forests: a review.** *In*: REIMOLD, R. J.; QUEEN, W. H. (Ed). Ecology of Halophytes, (Academic Press). p. 51-174. 1974.

WALTERS, B.B. et al. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. **Aquatic Botany.** v. 89, p. 220-236, 2008.

WOODROFFE, C.D. Mangrove Sediments and Geomorphology. *In*: Robertson AI, Alongi DM (eds.). **Tropical Mangrove Ecosystems, Coastal and Estuarine Studies.** Washington, D.C.: American Geophysical Union, p. 101–136, cap. 5, 1992.

WOODROFFE, C.D. et al. Mangrove sedimentation and response to relative sea-level rise. **Annual Review of Marine Science.** v. 8, p. 16.1 – 16.24, 2016.