

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**GEOQUÍMICA DOS SOLOS E AS ESPÉCIES
ARBÓREAS DO ECOSSISTEMA MANGUEZAL:
ESTUÁRIO DO RIO MARACAÍPE,
IPOJUCA/PE, BRASIL**

Fátima Verônica Pereira Vila Nova

**Recife
2013**

Fátima Verônica Pereira Vila Nova

**GEOQUÍMICA DOS SOLOS E AS ESPÉCIES ARBÓREAS DO
ECOSSISTEMA MANGUEZAL: ESTUÁRIO DO RIO MARACAÍPE,
IPOJUCA/PE, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para a obtenção do
título de mestre em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Fernanda Abrantes Torres

Recife
2013

Catálogo na fonte
Bibliotecária Divonete Tenório Ferraz Gominho, CRB4-985

V696g Vila Nova, Fátima Verônica Pereira.

Geoquímica dos solos e as espécies arbóreas do ecossistema manguezal: estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE, Brasil / Fátima Verônica Pereira Vila Nova. – Recife: O autor, 2013.

98 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Fernanda Abrantes Torres.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco.
CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2013.
Inclui bibliografia.

1. Geografia. 2. Geoquímica ambiental. 3. Solos. 4. Ecologia dos manguezais. I. Torres, Maria Fernanda Abrantes (Orientadora). II. Título.

910 CDD (22. ed.)

UFPE (CFCH2012-24)

Fátima Verônica Pereira Vila Nova

**GEOQUÍMICA DOS SOLOS E AS ESPÉCIES ARBÓREAS DO
ECOSSISTEMA MANGUEZAL: ESTUÁRIO DO RIO MARACAÍPE,
IPOJUCA/PE, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para a obtenção do
título de mestre em Geografia.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Fernanda Abrantes Torres
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Sigrid Neumann Leitão
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Núbia Chaves Guerra
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

*A Deus por todas as possibilidades e pessoas presentes ao longo dessa jornada!
Algumas pessoas e instituições foram fundamentais na concretização desse sonho!*



À família, incentivadores eternos!



Meus sinceros agradecimentos! Obrigada!

RESUMO

A análise dos teores de nutrientes que se encontram nos ecossistemas é fundamental para o conhecimento de sua estrutura e funcionamento. Neste contexto, o comportamento físico-químico dos solos nas espécies de mangue do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE, Brasil, foi avaliado como subsídio na compreensão do ecossistema. Para tanto, foram realizadas duas campanhas (setembro/2011 e fevereiro/2012) para coleta de amostras de solos nas espécies *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn, *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke e *Conocarpus erectus* L. As análises físico-químicas foram efetuadas no Instituto Agrônomo de Pernambuco. Foram também medidos, *in loco*, a salinidade, pH e temperatura da água intersticial, bem como a temperatura do solo na superfície, a 20 cm de profundidade e do ar. Posteriormente, foi realizada uma Análise dos Componentes Principais com o software NTSYS, utilizando os dados abióticos e as espécies, baseado na análise da correlação momento-produto de Pearson. Os dados apontaram um gradiente de temperatura por espécie que seguiu a ordem ascendente *R. mangle*, *L. racemosa*, *A. schaueriana* e *C. erectus*. *R. mangle* foi a espécie que apresentou maior adaptação às variações de salinidade. O solo ácido foi preferido pelas espécies *R. mangle* e *L. racemosa*, e o solo alcalino, por *A. schaueriana* e *C. erectus*. A concentração dos macronutrientes analisados, como o Magnésio, Sódio, Cálcio e Pótássio, que chegam ao ecossistema pelas marés, indicam a forte influência marinha no estuário do rio Maracaípe. A fonte dos sedimentos com a característica predominantemente arenosa para o estuário pode estar relacionada com o desmatamento dos mangues, restinga e vegetação adjacentes. A granulometria do solo parece ter influenciado mais nos processos físico-químicos nas espécies *R. mangle* e *C. erectus*, nas quais a Areia grossa apresentou maior influência na ACP em associação com os macronutrientes. Os resultados indicaram um padrão definido em relação a alguns parâmetros analisados para cada espécie como temperatura, potencial hidrogeniônico, concentrações de nutrientes, no entanto são necessárias análises complementares, como a concentração de matéria orgânica e composição mineralógica, para uma melhor compreensão dos processos físico-químicos no solo em cada espécie.

Palavras chave: Geoquímica, solos, mangue, estuário do rio Maracaípe.

ABSTRACT

The analysis of the levels of nutrients that are found in ecosystems is fundamental to the understanding of its structure and functioning. In this context, the physical and chemical behavior of soils in mangrove species Maracaípe river estuary, Ipojuca / PE, Brazil, was evaluated as an aid in understanding the ecosystem. Therefore, there were two campaigns (September/2011 and fevereiro/2012) to collect soil samples in species *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn, *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke and *Conocarpus erectus* L. The physico-chemical analyzes were conducted at the Agronomic Institute of Pernambuco. Were also measured in situ, salinity, pH and temperature of the interstitial water, and soil temperature at the surface and 20 cm depth and air. Subsequently, we performed a Principal Component Analysis with the software NTSYS using data abiotic and species, based on correlation analysis Pearson product-moment. The data showed a temperature gradient by species that followed the ascending *R. mangle*, *L. racemosa*, *A. schaueriana* and *C. erectus*. *R. mangle* was the species that showed greater adaptation to salinity variations. The acid soil was preferred by the species *R. mangle* and *L. racemosa*, and alkaline soil, by *A. schaueriana* and *C. erectus*. The concentration of macronutrients analyzed, such as magnesium, sodium, calcium and potassium, reaching the tidal ecosystem, indicate a strong marine influence in the Maracaípe estuary. The source of the sediments with predominantly sandy characteristic of the estuary may be related to the deforestation of mangroves, dunes and adjacent vegetation. The soil particle size seems to have influenced us most physico-chemical processes in the species *R. mangle* and *C. erectus*, in which the thick sand most influenced the ACP in association with the macronutrients. The results showed a definite pattern for some parameters analyzed for each species as temperature, hydrogen potential, nutrient concentrations, however further analysis is needed, as the concentration of organic matter and mineral composition, for a better understanding of the physical processes chemical soil in each species.

Keywords: Geochemistry, soils, mangroves, Maracaípe estuary.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	XI
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	20
2.1 GERAL	20
2.2 ESPECÍFICOS	20
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	21
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	21
3.2 ANÁLISE FÍSICA DO SEDIMENTO E ÁGUA INTERSTICIAL	22
3.3 ANÁLISE QUÍMICA DO SEDIMENTO	25
3.4 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS NAS ESPÉCIES DE MANGUE	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 ANÁLISE FÍSICA DO SEDIMENTO E ÁGUA INTERSTICIAL	26
4.1.1 Análise física do sedimento e água intersticial da espécie <i>Rhizophora mangle</i>	26
4.1.2 Análise física do sedimento e água intersticial da espécie <i>Laguncularia racemosa</i>	35
4.1.3 Análise física do sedimento e água intersticial da espécie <i>Avicennia schaueriana</i>	42
4.1.4 Análise física do sedimento e água intersticial da espécie <i>Conocarpus erectus</i>	48
4.2 ANÁLISE QUÍMICA DO SEDIMENTO	56
4.2.1 Análise química do sedimento da espécie <i>Rhizophora mangle</i>	56
4.2.2 Análise química do sedimento da espécie <i>Laguncularia racemosa</i>	60
4.2.3 Análise química do sedimento da espécie <i>Avicennia schaueriana</i>	64
4.2.4 Análise química do sedimento da espécie <i>Conocarpus erectus</i>	67
4.3 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS NAS ESPÉCIES DE MANGUE	74
4.3.1 Análise dos Componentes Principais na espécie <i>Rhizophora mangle</i>	74
4.3.2 Análise dos Componentes Principais na espécie <i>Laguncularia racemosa</i>	77
4.3.3 Análise dos Componentes Principais na espécie <i>Avicennia schaueriana</i>	81
4.3.4 Análise dos Componentes Principais na espécie <i>Conocarpus erectus</i>	84
5 CONCLUSÕES	87
REFERÊNCIAS	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Espécies e número de amostras compostas de solo por campanha no estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE	26
Tabela 02 - Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de <i>Rhizophora mangle</i> do manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de setembro de 2011.	30
Tabela 03 - Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de <i>Rhizophora mangle</i> do manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de fevereiro de 2012.	30
Tabela 04 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie <i>Rhizophora mangle</i> na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.	33
Tabela 05 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie <i>Rhizophora mangle</i> na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.	33
Tabela 06 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie <i>Rhizophora mangle</i> na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	35
Tabela 07 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie <i>Rhizophora mangle</i> na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	35
Tabela 08 - Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de <i>Laguncularia racemosa</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de setembro de 2011.	38
Tabela 09 - Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de <i>Laguncularia racemosa</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de fevereiro de 2012.	39
Tabela 10 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie <i>Laguncularia racemosa</i> na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.	40
Tabela 11 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie <i>Laguncularia racemosa</i> na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.	40
Tabela 12 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie <i>L. racemosa</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de setembro de 2011.	41

Tabela 13 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie <i>L. racemosa</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de fevereiro de 2012.	42
Tabela 14 – Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de <i>Avicennia schaueriana</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de setembro de 2011.	45
Tabela 15 – Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de <i>Avicennia schaueriana</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de fevereiro de 2012.	46
Tabela 16 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie <i>Avicennia schaueriana</i> na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.	47
Tabela 17 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie <i>Avicennia schaueriana</i> na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.	47
Tabela 18 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie <i>Avicennia schaueriana</i> na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	48
Tabela 19 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie <i>Avicennia schaueriana</i> na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	48
Tabela 20 - Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de <i>Conocarpus erectus</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de setembro de 2011.	52
Tabela 21 - Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de <i>Conocarpus erectus</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de fevereiro de 2012.	52
Tabela 22 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie <i>Conocarpus erectus</i> na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.	53
Tabela 23 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie <i>Avicennia schaueriana</i> na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.	53
Tabela 24 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie <i>Conocarpus erectus</i> na campanha de janeiro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	54

Tabela 25 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie <i>Conocarpus erectus</i> na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	54
Tabela 26 – Resumo das características físicas do solo nas espécies arbóreas do manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca - PE	57
Tabela 27 – Resumo das características de pH e concentração das bases no solo das espécies arbóreas do manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	72
Tabela 28 – Análise dos Componentes Principais na espécie <i>Rhizophora mangle</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE, Brasil.	76
Tabela 29 – Análise dos Componentes Principais na espécie <i>Laguncularia racemosa</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE, Brasil.	80
Tabela 30 – Análise dos Componentes Principais na espécie <i>Avicennia schaueriana</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE, Brasil.	83
Tabela 31 – Análise dos Componentes Principais na espécie <i>Conocarpus erectus</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE, Brasil.	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização espacial do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE, Brasil.	21
Figura 02 – Precipitação mensal em Recife, entre Fevereiro de 2011 e Fevereiro de 2012.	22
Figura 03 – Precipitação mensal em Recife/PE nos seis meses que antecederam as campanhas de setembro de 2011 e fevereiro de 2012.	23
Figura 04 – Precipitação diária em Recife/PE em setembro de 2011.	24
Figura 05 – precipitação diária em Recife/PE em fevereiro de 2012.	24
Figura 06 – Pontos de coleta (A letra A corresponde a campanha de setembro de 2011, a letra B, à campanha de fevereiro de 2012).	26
Figura 07– Amostrador (ferramenta para coleta dos testemunhos)	27
Figura 08 – Extensões caulinares de <i>Rhizophora mangle</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. 2011.	32
Figura 09 – Variação da temperatura e pH em <i>Rhizophora mangle</i> na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE	37
Figura 10 – Variação da temperatura e pH em <i>Rhizophora mangle</i> na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	37
Figura 11 – Variação da temperatura e pH em <i>Laguncularia racemosa</i> na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	44
Figura 12 – Variação da temperatura e pH em <i>Laguncularia racemosa</i> na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	44
Figura 13 – A espécie <i>Avicennia schaueriana</i> excretando o sal	49
Figura 14 – Variação da temperatura e pH em <i>Avicennia schaueriana</i> na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	50
Figura 15 – Variação da temperatura e pH em <i>Avicennia schaueriana</i> na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	51
Figura 16 – Variação da temperatura e pH em <i>Conocarpus erectus</i> na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	55
Figura 17 – Variação da temperatura e pH em <i>Conocarpus erectus</i> na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	56
Figura 18 – Soma das bases trocáveis na espécie <i>Rhizophora mangle</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de setembro de 2011.	59
Figura 19 – Soma das bases trocáveis na espécie <i>Rhizophora mangle</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de fevereiro de 2012.	60

Figura 20 – Soma das bases trocáveis na espécie <i>Laguncularia racemosa</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de setembro de 2011.	63
Figura 21 – Soma das bases trocáveis na espécie <i>Laguncularia racemosa</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de fevereiro de 2012.	64
Figura 22 – Soma das bases trocáveis na espécie <i>Avicennia schaueriana</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de setembro de 2011.	66
Figura 23 – Soma das bases trocáveis na espécie <i>Avicennia schaueriana</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de fevereiro de 2012.	67
Figura 24 – Soma das bases trocáveis na espécie <i>Conocarpus erectus</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de setembro de 2011.	69
Figura 25 – Soma das bases trocáveis na espécie <i>Conocarpus erectus</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de fevereiro de 2012.	70
Figura 26 – Valor da soma das bases no solo das espécies arbóreas do manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	73
Figura 27 – Valor da Capacidade de Troca Catiônica no solo das espécies arbóreas do manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	74
Figura 28 – Valor da saturação das bases no solo das espécies arbóreas do manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	75
Figura 29 – Análise dos Componentes Principais na espécie <i>Rhizophora mangle</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE	77
Figura 30 – Análise dos Componentes Principais na espécie <i>Laguncularia racemosa</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE	81
Figura 31 – Análise dos Componentes Principais na espécie <i>Avicennia schaueriana</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	84
Figura 32 – Análise dos Componentes Principais na espécie <i>Conocarpus erectus</i> no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.	87

1 INTRODUÇÃO

Os manguezais estão situados na zona costeira e recebem influência dos ambientes terrestres e marinhos, são típicos das regiões subtropicais e tropicais e constituídos de espécies vegetais lenhosas, além de micro e macroalgas e fauna adaptadas à flutuação de salinidade, caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, com baixo teor de oxigênio (VANNUCCI, 1999; SCHAEFFER-NOVELLI, 2002).

O ecossistema fornece serviços essenciais ao equilíbrio da zona costeira. Ele influencia no controle dos processos erosivos, produz e exporta matéria orgânica, como também é habitat temporário ou definitivo de espécies estuarinas, marinhas, fluviais e terrestres, além de atuar como filtro e imobilizador de substâncias químicas, incluindo metais pesados, e de prover alimentos e outros bens e serviços para as comunidades locais (KJERFVE; LACERDA, 1990, SCHAEFFER-NOVELLI, 1991).

A floresta influencia todas as formas de vida no manguezal. O termo manguê é designado para a cobertura vegetal do ecossistema, que apresenta distintos mecanismos adaptativos, os quais incluem raízes aéreas e de sustentação, glândulas de sal nas folhas e estratégias de exclusão e compartimentalização de sais (TOMLINSON, 1986; VANNUCCI, 1999).

O pleno desenvolvimento das florestas ocorre onde a temperatura média do mês mais frio é superior a 20°C e a amplitude térmica inferior a 5°C; áreas abrigadas, pois facilitam o estabelecimento de diásporos; em terrenos com baixa declividade, que facilita a penetração das marés; onde há intrusão salina, que confere vantagem com as plantas glicófitas; substrato lodoso com alto teor de matéria orgânica, mas também se desenvolvem em substrato de areia e rocha coralina (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995; DUKE; BALL; ELLISON, 1998).

No Brasil, os manguezais são encontrados ao longo de praticamente todo o litoral brasileiro, condicionados aos aspectos fisiográficos e geológicos, desde o Amapá (4° 20" N) até Santa Catarina (28° 30" S) (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991).

A região Norte abriga cerca de 85% dos manguezais brasileiros, que se estabeleceram ao longo de 1800 km do litoral nos Estados do Amapá, Pará e Maranhão. O Estado do Maranhão abriga quase a metade da área total do ecossistema no Brasil. O litoral norte apresenta os maiores e mais complexos manguezais do país, devido às características hidrológicas e topográficas da região. As marés possuem uma amplitude

que atinge mais de 8 m em alguns locais, possibilitando a extensão dos mangues a mais de 40 km à montante(VANNUCCI, 1999).

A região Nordeste possui aproximadamente 10% dos manguezais do Brasil. Dois fatores limitam a sua distribuição nessa região: a Formação Barreiras, que se estende até o litoral, e as micro e meso marés. O litoral sudestetem cerca de 5% de área de mangues devido à presença da Serra do Mar, que limita em extensão as planícies costeiras (VANNUCCI, 1999).

As principais espécies de vegetais superioresconstituintes dos mangues pertecem a quatro gêneros: *Rhizophora*, *Laguncularia*, *Avicennia* e *Conocarpus*. No Estado de Pernambuco ocorrem cinco espécies: *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn, *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke, *Avicennia germinans* (L.) L. e *Conocarpus erectus* L. (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991)

Em escala global, fatores como clima, salinidade, flutuações das marés, substrato influenciam na distribuição dos manguezais. Os atributos estruturais e funcionais de cada ecossistema são geridos pela interação de fatores em escala regional e local, como energia solar, aporte de água doce e de nutrientes (LUGO; SNEDAKER, 1974).

A compreensão dos teores de nutrientes que se encontram nos ecossistemas é fundamental para o conhecimento de sua estrutura e funcionamento. No manguezal, a disponibilidade adequada de nutrientes está intrinsecamente relacionada à disponibilidade de água e às propriedades físico-químicas do sedimento (CINTRON; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983, LACERDA, 1984).

Em linhas gerais, as pesquisas relacionadas à estrutura dos manguezais contemplam a fitossociologia, com informações sobre relações e distribuição dos vegetais, zonação, composição de espécies, altura, diâmetro, área basal, densidade. Os estudos relacionados ao funcionamento apreciam a ciclagem de nutrientes.

No estudo da ecologia dos manguezais, a zonação, que é a formação de agrupamentos vegetacionais ao longo de gradientes ecológicos, tem sido um dos assuntos mais discutidos, que ora obedece a um padrão, ora a ocorrência das espécies difere entre manguezais de locais distintos e até mesmo dentro de áreas geograficamente muito próximas (LUGO; SNEDAKER, 1974; BALL, 1980; DUKE, 1995).

Lugo e Snedaker (1974) reconheceram seis tipos de florestas, que foram classificados em *fringe forest* (franja), *riverine forest* (ribeirinho), *overwash forest*(lavados), *basin forest*(bacia) edwarf forest(anã). Os autores utilizaram padrões locais de marés e

drenagem superficial que imprimem estrutura, produtividade, decomposição de serapilheira e exportação de detritos específicos em cada tipo fisiográfico, que definiram de “assinatura energética”.

Schaeffer-Novelli (1991) dividiu o litoral do Brasil em oito unidades fisiográficas, com intuito de subsidiar a interpretação das características estruturais da vegetação, considerando as condições ambientais regionais como topografia, condições edáficas, fatores climáticos, hidrológicos e oceanográficos. Segundo a autora, os manguezais pernambucanos estão inseridos na unidade V, situada entre o Cabo Calcanhar (05°08'S) e o Recôncavo Baiano (13°00'S). Devido à alta energia desse trecho da costa, os manguezais se desenvolvem em áreas protegidas, associados a estuários e lagunas costeiras (SCHAEFFER-NOVELLI, 2000).

Segundo Vannucci (1999), a estrutura dos manguezais é determinada não apenas por fatores físico-químicos, mas também pela posição biogeográfica e pela disponibilidade de plantas e animais para colonizar a área. Para Lacerda (1984), a estabilidade do solo, o suprimento adequado de água doce e de nutrientes são fatores de fundamental importância no funcionamento do manguezal. Portanto, é imprescindível a compreensão dos teores de nutrientes no ecossistema.

Lacerda (1984) postula que as principais vias de entrada de nutrientes para o ecossistema são: as marés, que trazem os nutrientes em solução na água do mar; os cursos de águas continentais, como os rios, que depositam no interior do mangue partículas geralmente finas, às quais nutrientes se encontram adsorvidos; as chuvas e a deposição marinha, que transportam e depositam os nutrientes vindos da atmosfera.

A absorção de nutrientes depende de fatores internos e externos às plantas, como a concentração de sais no sedimento, que parece controlar a assimilação de cálcio, da capacidade diferenciada de cada espécie em alterar o estado dos solos adjacentes aos seus sistemas radiculares, a exemplo dos mecanismos fisiológicos de liberar oxigênio em um meio anóxico, produção de matéria orgânica, entre outros (NICKERSON; THIBODEAU, 1985; SOUZA, 2008).

Odum e Heald (1972) postulam que as folhas, flores e frutos que caem no solo dos manguezais são uma importante fonte de detritos orgânicos para o ecossistema e zona costeira. Duke e Allen (2006) observaram que, no gênero *Rhizophora*, a queda de folhas ocorre principalmente entre os períodos de outubro e fevereiro no hemisfério sul e entre

abril e agosto, no hemisfério norte, o que implica em suprimento de matéria orgânica diferenciado (DUKE; ALLEN, 2006).

A vegetação de mangue pode ser considerada como um “reator químico” não somente devido aos seus processos fisiológicos e bioquímicos, mas também por seu papel ativo em reações no sedimento (SILVA *et al.*, 2007), processos que precisam ser melhor compreendidos.

No Brasil, estudos sobre as características físico-químicas dos solos dos manguezais são escassos. Lacerda (1986) publicou um artigo reunindo informações sobre as pesquisas brasileiras referentes à distribuição e ciclagem de nutrientes no ecossistema manguezal, que foram estudadas sob diferentes perspectivas. Machado (1950) e Kato (1966) foram os pioneiros analisando a química da água em manguezais da região estuarino-lagunar de Cananéia, em São Paulo.

Na mesma região, Teixeira e Kutner (1962), Tundisi *et al.* (1965), Watanabe e Kutner (1965), Tundisi e Tundisi (1968) e Tundisi e Teixeira (1968) estudaram a produtividade primária e o ciclo do carbono. Posteriormente, a produção de serrapilheira foi estudada por Ponte *et al.* (1984) em um manguezal de Bertioga, também em São Paulo.

Lacerda *et al.* (1984) realizaram um levantamento das concentrações de vários elementos metálicos em sedimentos dos manguezais ao longo do litoral de Vitória, no Espírito Santo e Parati, no Rio de Janeiro. Os autores constataram que os macronutrientes Na, K, Ca e Mg chegam às florestas pela maré.

Os trabalhos com a composição química de árvores de manguezais do litoral de São Paulo foram publicados por Lamberti (1969) e Lacerda *et al.* (1985) e por Lacerda *et al.* (1986) para o litoral do Rio de Janeiro.

Além dos citados por Lacerda (1986), outros trabalhos foram publicados. Lacerda, Ittekkot e Patchineelam (1995) compararam a biogeoquímica dos solos de *Rhizophora* e *Avicennia* no Sudeste do Brasil e verificaram que a decomposição de matéria orgânica é mais acelerada em *Avicennia* e assim pode ocorrer liberação de mais nutrientes para ecossistemas adjacentes do que solos de *Rhizophora*.

Rossi e Mattos (2002) fizeram uma caracterização físico-química dos solos de mangue do Estado de São Paulo. A análise dos elementos estudados caracterizou os solos como basicamente de textura arenosa, por vezes de textura média por causa da

contribuição de silte; com caráter sálico e sódico, com presença de tiomorfismo; ambiente extremamente rico em bases apesar de altos teores de alumínio trocável.

Na caracterização físico-química de solos de mangue e avaliação da sua contaminação por esgoto doméstico via traçadores fecais no Guarujá, São Paulo, Firme (2003) verificou que toda a área está contaminada, podendo colocar em risco todo o ecossistema local.

No canal de Bertioga, São Paulo, a mineralogia e físico-química dos solos de mangue foram descritos por Prada-Gamero, Vidal-Torrado e Ferreira (2004). A análise mineralógica (DRX e EDS) e as condições físico-químicas encontradas revelam a ocorrência de processos de piritização na área de estudo. A assembleia mineralógica está composta tanto por argilominerais alóctones (caulinitas, micas e esmectitas) como por argilominerais autóctones (micas, esmectitas e pirita).

Ramos e Geraldo (2007) determinaram os teores de metais pesados em plantas típicas dos mangues do rio Cubatão, São Paulo. Os resultados apontaram que as espécies *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana* acumularam de forma similar tanto no teor como na ordem, assim, qualquer uma poderia ser utilizada como bioindicadora de poluição ambiental na região.

Bernini *et al.* (2006) estudaram a composição química do sedimento e de folhas das espécies do manguezal do estuário do rio São Mateus, Espírito Santo, e concluíram que a concentração de nutrientes do sedimento refletiu a influência da granulometria neste compartimento. O acúmulo de nutrientes nas folhas variou de acordo com a espécie e estação de estudo, mas não refletiu as concentrações do sedimento. Os dados confirmaram o papel do manguezal como barreira biogeoquímica.

Bernini e Rezende (2010) também analisaram a concentração de nutrientes em folhas e sedimentos em um manguezal do norte do Estado do Rio de Janeiro. Os autores concluíram que as concentrações dos elementos químicos no sedimento e nas folhas diferiram entre a franja e o interior da floresta, mas não foi observada nenhuma tendência específica, provavelmente devido à alta frequência de inundação de ambas as zonas.

A mineralogia e geoquímica de sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, no Pará, foram pesquisados por Bêrredo *et al.* (2008), os quais constataram a marcante contribuição mineralógica e química continental. Souza *et al.* (1996) avaliaram os aspectos fitossociológicos e nutricionais no manguezal na ilha de Pati, na Bahia. O solo mostrou-se arenoso com níveis médios de nutrientes, que apresentou diferença de

concentração entre as espécies, havendo maior similaridade em termos percentuais entre *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*.

A composição química das folhas de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* e solo do manguezal do estuário rio Mucurí, na Bahia, sob ação de resíduos industriais, foi estudada por Oliveira, Freitas e Accioly (1996), que constatarem a influência sazonal na composição iônica das plantas e dos solos.

Oliveira, Britto e Freitas (2000) pesquisaram a composição química das folhas e dos sedimentos de *Rhizophora mangle* de manguezais impactados e não impactados por resíduos industriais em Camaçari, na Bahia, nos quais puderam verificar relevante diferença de concentração de nutrientes.

No estuário do rio Mucurí, na Bahia, Cuzzuol e Campos (2001) analisaram os aspectos nutricionais na vegetação do manguezal, utilizando parâmetros físico-químicos do solo e folhas, no qual verificaram a maior concentração de macronutrientes na espécie *Avicennia germinans*.

A interação do regime hídrico com as relações nutricionais num manguezal do estuário do rio Mucurí, na Bahia, foi averiguada por Cuzzuol e Rocha (2012), onde observaram que a época de maior aporte de águas fluviais e pluviais foi marcada pelos maiores valores de bases trocáveis, capacidade de troca catiônica, pH, salinidade e dos nutrientes Ca, Fe e Mn nos sedimentos.

Como observado, há uma lacuna no conhecimento dos aspectos físico-químicos dos solos dos manguezais do Nordeste, que estão restritos ao Estado da Bahia. Em Pernambuco, os trabalhos sobre os manguezais trataram de variações espaço temporais, mapeamento e quantificação por Coelho e Torres (1982), Moura *et al.* (2002), Silva *et al.* (2009), Santiago (2009), Silva (2012), Vila Nova e Torres (2012); distribuição das espécies por Silva (1995); caracterização do ecossistema por Coelho *et al.* (2004); caracterização estrutural e funcional do bosque por Souza (2000), Schuler *et al.* (2000), Sampaio (2001), Correia (2002), Nascimento Filho (2007), Barbosa (2010); diagnósticos sócioambientais por Barroset *al.* (2000), Moura *et al.* (2009).

Muito já foi produzido sobre o ecossistema com o intuito de entender a complexidade dos manguezais, mas a compreensão sobre a geoquímica é mister, pois a distribuição dos mangues pode ser atribuída às distintas respostas de cada espécie aos fatores bióticos e abióticos que interagem e variam amplamente de um local para outro (BERNINI; REZENDE, 2010).

As transformações na zona costeira brasileira são históricas, submetendo ecossistemas como estuários, restingas, manguezais, recifes, a processos de destruição. Em Pernambuco, a susceptibilidade desses ambientes frágeis pela intervenção antrópica se dá principalmente pelo crescimento urbano, no entanto, há especificidades locais que constituem a resposta espacial às mudanças econômicas que vêm ocorrendo, como também permanências de atividades seculares como a agricultura monocultora (ANDRADE, 1973).

O manguezal do estuário do rio Maracaípe, em Ipojuca, é uma Unidade de Conservação que se estende desde a área conhecida como pontal de mesmo nome até a região de Porto de Galinhas, onde está situada a praia, que é um dos principais destinos turísticos de Pernambuco. O ecossistema vem sofrendo nos últimos anos destruições como aterros, cortes, queimadas e diminuição de aproximadamente 15% decorrente do processo de urbanização descontrolado (VILA NOVA; TORRES, 2012).

O estudo da geoquímica dos solos em cada espécie arborea no manguezal do referido estuário, além de suprir uma lacuna científica, na medida em que a pesquisa é inédita na região, subsidiará trabalhos posteriores para uma melhor compreensão dos manguezais, de inestimável valor ecológico e que influencia a biodiversidade dos ecossistemas adjacentes.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Compreender a influência físico-química dos solos nas espécies de mangue no estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

2.2 ESPECÍFICOS

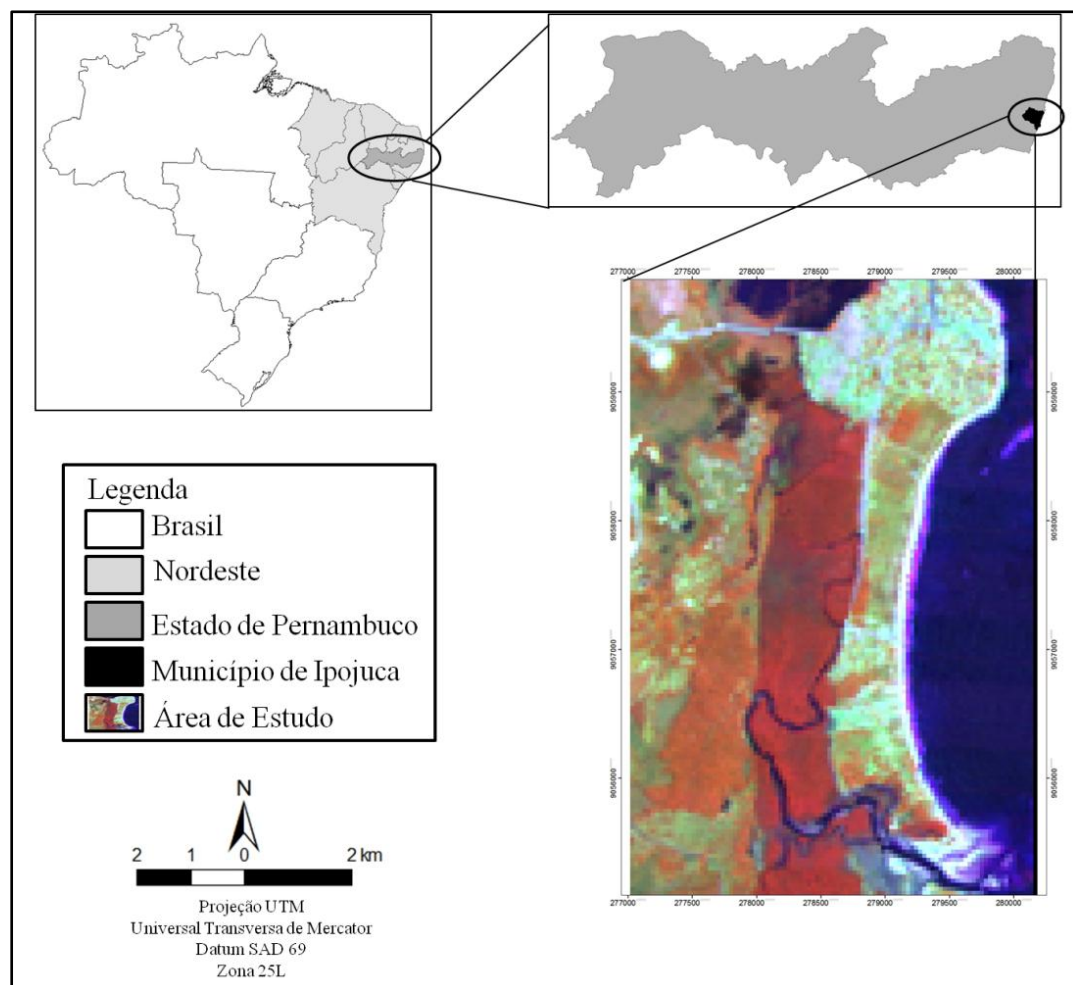
- Analisar as características físicas do solo.
- Analisar as características químicas do solo.
- Identificar os componentes principais do solo que influenciam cada espécie arbórea.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O estuário do rio Maracaípe possui uma área de 3.335 ha, estando localizado no município de Ipojuca/PE, no Nordeste brasileiro, entre as coordenadas 25L/ 279503 – 9055161/274615 – 9047965 (UTM) (Figura 01). O rio Maracaípe, assim como o rio Merepe, o riacho Canoas e os rios Tapera e Arimbi, são os constituintes principais da bacia dos grupos de pequenos rios litorâneos que drenam para este ecossistema costeiro (GL3) (www.cprh.pe.gov.br)

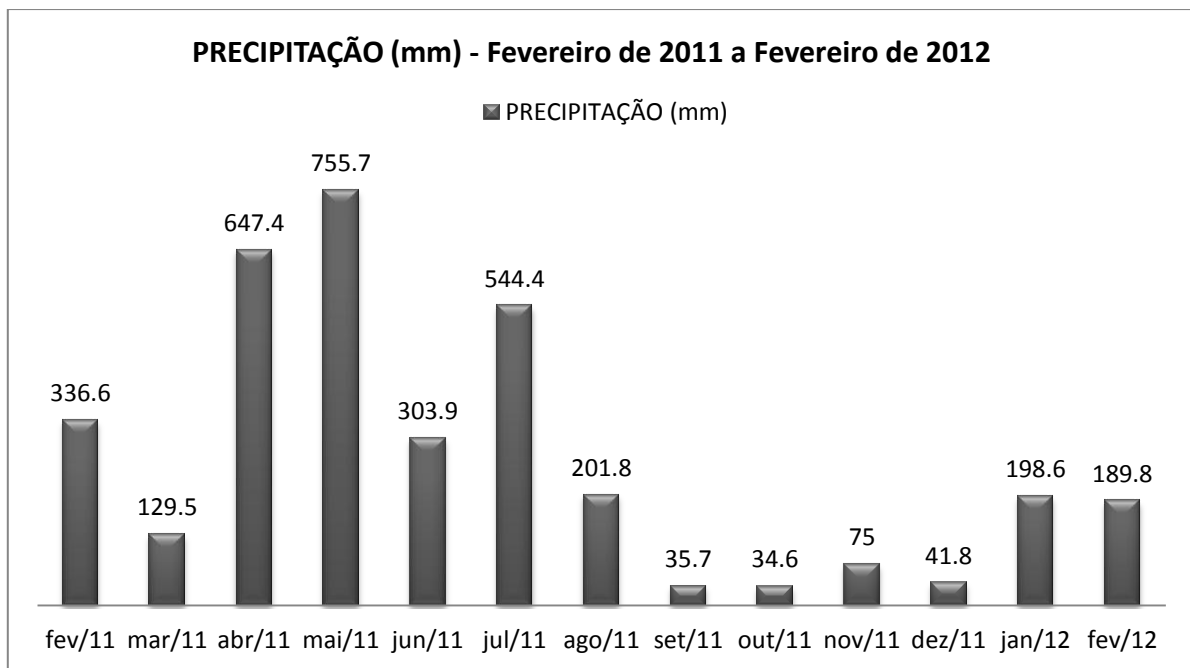
Figura 01 - Localização espacial do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE, Brasil.



O clima no litoral sul de Pernambuco é o As', segundo a classificação de Köppen, com chuvas de inverno antecipadas no outono, precipitação média de 1.800 mm, alto índice de radiação solar, típico das regiões tropicais e alto índice de evaporação (www.cprm.gov.br).

As campanhas necessárias para as coletas dos dados foram realizadas entre 23 e 30 de setembro de 2011, e 05 e 12 de fevereiro de 2012. No período entre fevereiro de 2011 e fevereiro de 2012 a precipitação totalizou 3.494,8 mm (Figura 02).

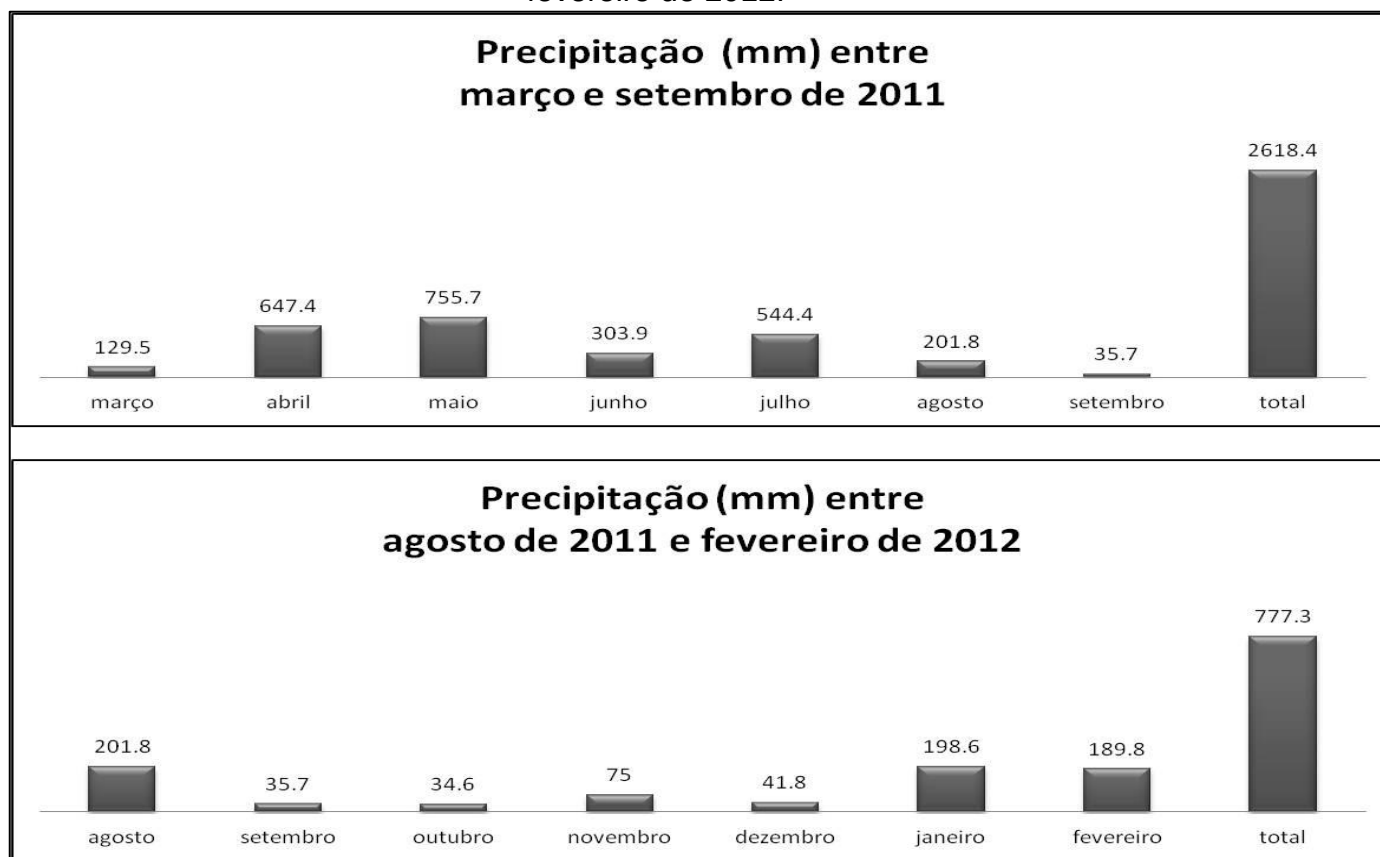
Figura 02 – Precipitação mensal em Recife, entre Fevereiro de 2011 e Fevereiro de 2012.



Fonte: INMET (estação localizada no bairro do Curado, Recife-OMM: 82900).

Os seis meses que antecederam a campanha de setembro de 2011 é considerado o período chuvoso na região e totalizou 2.618,4 mm de precipitação. Os seis meses que antecederam a campanha de fevereiro de 2012 somaram 777,3 mm de precipitação, podendo ser considerado como temporada com menor influência pluviométrica, na medida em que apresentou o total de chuvas três vezes menor que o período anterior (Figura 03).

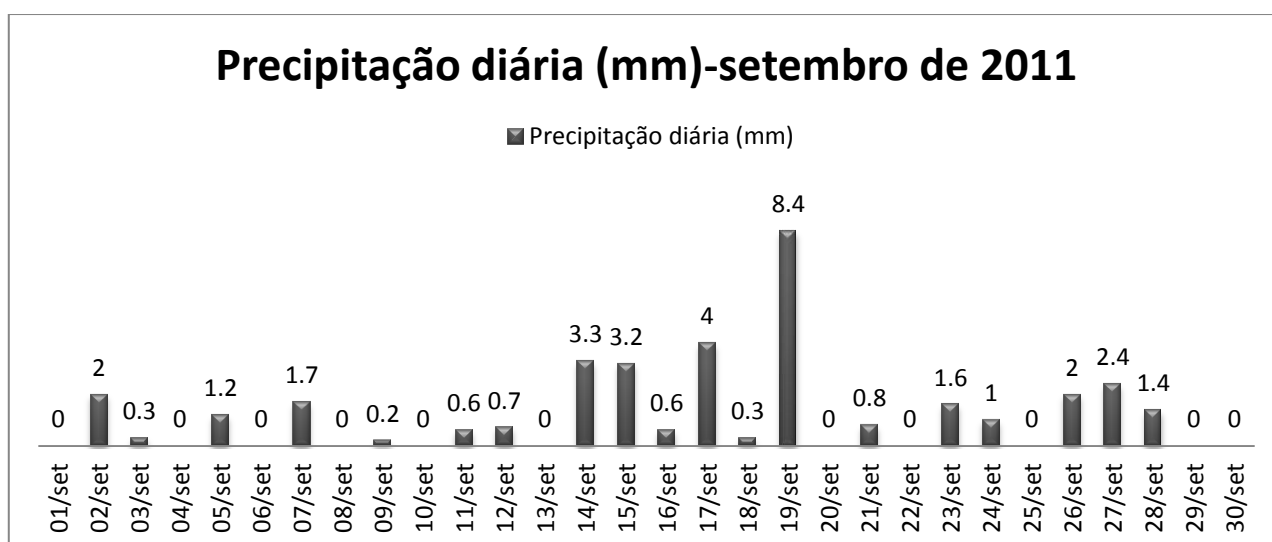
Figura 03 – Precipitação mensal em Recife/PE nos seis meses que antecederam as campanhas de setembro de 2011 e fevereiro de 2012.



Fonte: INMET (estação localizada no bairro do Curado, Recife-OMM: 82900).

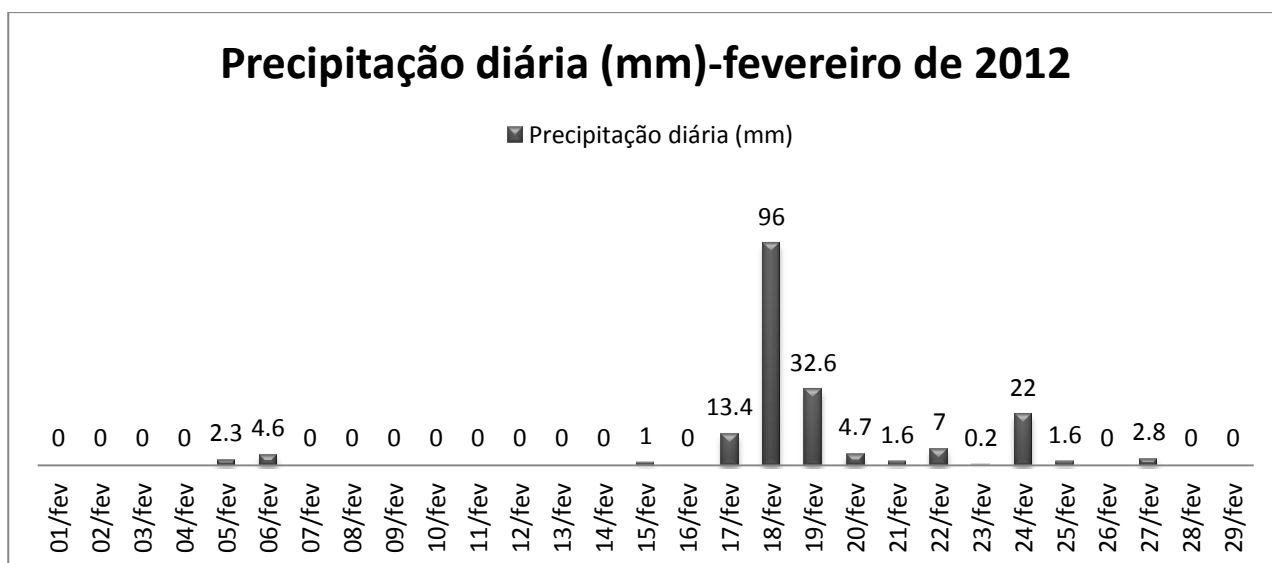
O total de precipitação no mês de setembro de 2011 foi de 35,7 mm e o de fevereiro de 2012 189,8 mm, mas a partir da análise das precipitações diárias observou-se que entre 01 e 22 de setembro de 2011, período que antecedeu a 1ª campanha, choveu 27,3 mm, entre 01 e 04 de fevereiro de 2012, período que antecedeu a 2ª campanha, o total pluviométrico foi de 6,9 mm. Os meses de setembro e fevereiro são considerados períodos secos para o clima local, no entanto, devido aos totais pluviométricos analisados, a primeira campanha pode ser considerada de maior influência das chuvas (Figuras 04 e 05).

Figura 04 – Precipitação diária em Recife/PE em setembro de 2011.



Fonte: INMET (estação localizada no bairro do Curado, Recife-OMM: 82900).

Figura 05 – precipitação diária em Recife/PE em fevereiro de 2012.



Fonte: INMET (estação localizada no bairro do Curado, Recife-OMM: 82900).

Diante dos dados pluviométricos, a primeira campanha, em setembro de 2011, pode ser considerada como período com maior influência das chuvas e a da segunda campanha, em fevereiro de 2012, como a de menor influência.

Geologicamente, o município de Ipojuca encontra-se inserido na Província Borborema, sendo constituído pelos litotipos dos complexos Salgadinho, Cabrobó e Belém do São Francisco das suítes Intrusiva Leucocrática Peraluminosa, Calcálica de Médio a Alto Potássio Itaporanga, das Vulcânicas Félsicas Itapororoca do Grupo Pernambuco, da Formação Ipojuca, a Formação Barreiras e dos Depósitos Flúvio-marinhos e Aluvionares (CPRM, 2010).

As feições do relevo da área de estudo são constituídas pela presença das Planícies Marinhas e Flúvio-Marinhas, com depósitos indiscriminados de mangue. Os depósitos de mangue atuais ocorrem nas áreas sujeitas à ação das marés. São característicos de ambientes estuarinos tropicais, onde a salinidade elevada do solo e o substrato lamoso resultante da sedimentação flúvio-marinha propiciam o desenvolvimento da vegetação de mangue (CPRM, 2001), que está presente em grande parte do estuário.

3.2 ANÁLISE FÍSICA DO SEDIMENTO E ÁGUA INTERSTICIAL

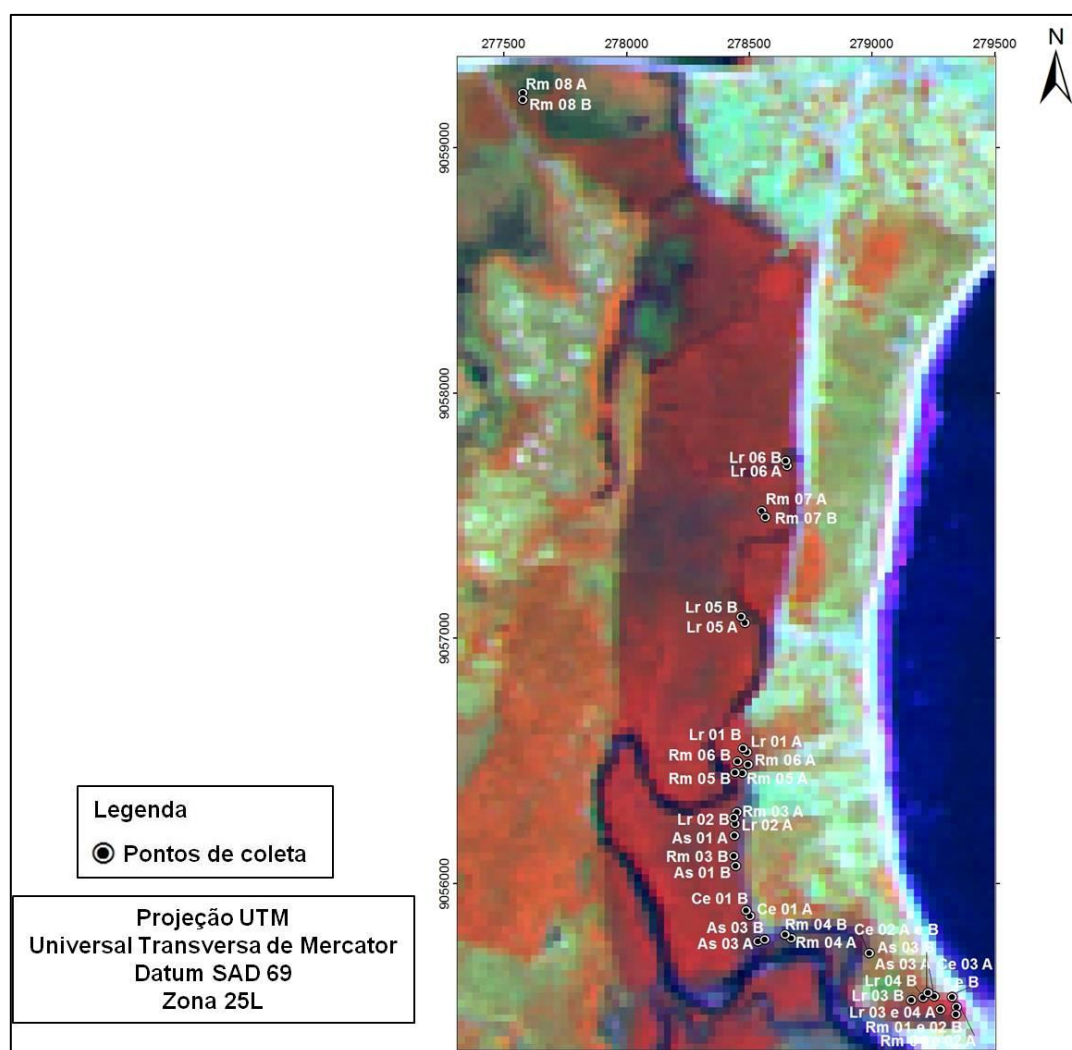
A priori foi realizada uma visita ao manguezal do estuário do rio Maracaípe/PE para identificação das espécies arbóreas, onde foi constatada a ocorrência de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana*, *Avicennia germinans* e *Conocarpus erectus*, e para determinação da quantidade de amostras compostas de solo por espécie em cada campanha, que foi estabelecida pela dominância de espécie por área ao longo do estuário (Tabela 01 e Figura 06).

Foram considerados três setores do estuário com predomínio de cada espécie identificada: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Conocarpus erectus*, nos quais foram coletadas amostras compostas de solo de cada uma na primeira campanha, realizada em setembro de 2011 e na segunda, em fevereiro de 2012. A espécie *Avicennia germinans* foi excluída da análise por terem sido encontrados apenas dois indivíduos.

Tabela 01 – Espécies e número de amostras compostas de solo por campanha no estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

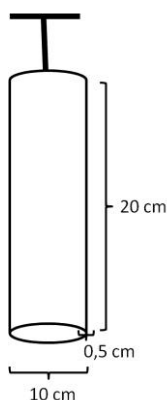
Espécie	Número de amostras compostas de solo Setembro de 2011	Número de amostras compostas de solo Fevereiro de 2012
<i>Rhizophora mangle</i>	08	08
<i>Laguncularia racemosa</i>	06	06
<i>Avicennia schaueriana</i>	03	03
<i>Conocarpus erectus</i>	03	03

Figura 06 – Pontos de coleta no estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas campanhas de setembro de 2011 (A) e fevereiro de 2012 (B).



O acesso aos locais para coleta das amostras à montante foi realizado de jangada. Para cada amostra composta foram selecionadas 15 árvores com porte semelhante e coletados testemunhos de solo de cada indivíduo, com um amostrador confeccionado em tubo de plástico PVC de 20 cm de comprimento por 10 cm de diâmetro e espessura de 0,5 cm (Figura 07).

Figura 07 – Amostrador (ferramenta para coleta dos testemunhos)



As subamostras foram colocadas em um balde, misturadas com pá e coletados cerca de 0,5 kg do sedimento, que foram embalados em saco plástico limpo e adequado para o procedimento. Posteriormente, cada amostra foi acondicionada em isopor com gelo e conduzida ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizado na cidade de Recife, capital pernambucana, para as análises físicas. Todas as 40 amostras foram submetidas à análise granulométrica, de densidade, umidade e água disponível. Os métodos utilizados para essas análises estão pormenorizadamente descritos em EMBRAPA (1997). As ferramentas (amostrador, balde e pá) foram devidamente limpas entre cada amostra coletada.

As temperaturas do solo na superfície (termômetro infravermelho Minipa modelo MT 330) e a 20 cm (termômetro digital tipo espeto Incoterm modelo 6132) foram medidas em cada subamostra, como também a temperatura e umidade do ar (termo-higrômetro Incoterm modelo 7666), equipamentos do Grupo de Estudos em Biogeografia e Meio Ambiente e do Laboratório de Sensoriamento e Geoprocessamento, ambos do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco.

No solo ao redor de cada indivíduo, dos quinze que compõem cada amostra foram instalados tubos fixos, a 20 cm de profundidade, para determinação do pH, temperatura

(pH meter Hanna modelo HI 8424) e da salinidade (refratômetro ATAGO) da água intersticial, equipamentos do Grupo de Estudos em Biogeografia e Meio Ambiente e do Laboratório de Sensoriamento e Geoprocessamento, ambos do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco.

3.3 ANÁLISE QUÍMICA DO SEDIMENTO

O mesmo procedimento metodológico foi adotado para coleta e acondicionamento das amostras para as análises químicas, diferenciando apenas o tipo de análise realizada no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

As amostras foram submetidas a análises químicas para determinação de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, P, cátions trocáveis (Ca, Mg, K, Na, Al) e H + Al. A partir destes resultados obteve-se a Soma de bases ($S = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}$), a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e saturação em bases (V), procedimentos descritos pela EMBRAPA (1997).

3.4 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS NAS ESPÉCIES DE MANGUE

A Análise dos Componentes Principais (ACP) possibilita a determinação das variáveis de maior influência nas espécies *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Conocarpus erectus*.

Para a Análise dos Componentes Principais foi formada uma matriz com os dados de cada espécie e os parâmetros supracitados, que foram padronizados para reduzir os efeitos das diferentes escalas. Logo, foi realizada uma análise multivariada, efetuando uma associação das amostras através da similaridade, utilizando os dados abióticos e as espécies, baseado na análise da correlação momento-produto de Pearson. Posteriormente, foram extraídos os autovalores da matriz de dispersão, associando a cada um desses autovalores, autovetores, os quais correspondem aos eixos principais do espaço multidimensional. O primeiro eixo principal descreve a maior dimensão elipsoide multidimensional, enquanto que os eixos principais seguintes passam por dimensões sucessivas gradativamente menores (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). O software utilizado para as análises foi o Numerical Taxonomic System (NTSYS), com licença do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE FÍSICA DO SEDIMENTO E ÁGUA INTERSTICIAL

4.1.1 Análise física do sedimento e água intersticial da espécie *Rhizophora mangle*

A granulometria é a propriedade física do solo mais importante, pois está diretamente relacionada com a porosidade, retenção de água, drenagem, aeração, densidade e é definida pela proporção relativa das classes de tamanho de partículas de um solo (LEPSCH, 2002).

De acordo com a quantidade de areia grossa, areia fina, silte e argila determinados com as análises de laboratório, a classe de textura nas amostras de *Rhizophora mangle* 06 e 08 foi a areia (A), nas 01, 02, 03, 05 e 07 foi a Areia franca (AF) e na 04, Franco Arenosa (FA), na campanha de setembro de 2011. Na campanha de fevereiro de 2012, a classe textural Areia (A) caracterizou as amostras 04 e 05, a Areia franca (AF) as 01, 02, 06 e 08 e a Franco Arenosa (FA), as 03 e 07.

Além da granulometria, a diversidade dos componentes minerais e orgânicos, bem como a proporção entre estes existentes em um solo, determina a densidade do material contido e é expressa pela densidade aparente (D_{ap}), que reflete o seu estado natural num determinado momento em relação ao seu peso por volume refletindo o estado de porosidade total, portanto uma característica mutável, e pela densidade real (D_r), que representa as características do solo em relação ao seu peso e volume real. Esta característica é imutável (CAMARGO *et al.*, 2009).

A densidade real (D_r) na espécie *Rhizophora mangle* apresentou valores entre 2,56 e 2,64 g.cm⁻³ na campanha de setembro de 2011. Na campanha de fevereiro de 2012 oscilou entre 2,50 e 2,65 g.cm⁻³. Os valores estão dentro dos limites normais que variam entre 2,3 e 2,9 g.cm⁻³(www.embrapa.br) (Tabelas 02 e 03).

Tabela 02 - Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de setembro de 2011.

ESPÉCIE	DENSIDADE (g.cm ⁻³)		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				FLOCULAÇÃO (%)	CLASSE TEXTURAL
	Dap	Dr	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA		
<i>R. mangle</i> 01	1,29	2,60	61	26	4	9	100	AF
<i>R. mangle</i> 02	1,31	2,64	58	26	7	9	100	AF
<i>R. mangle</i> 03	1,48	2,64	66	26	2	6	100	AF
<i>R. mangle</i> 04	1,22	2,61	58	22	9	11	100	FA
<i>R. mangle</i> 05	1,29	2,62	38	43	14	5	100	AF
<i>R. mangle</i> 06	1,39	2,60	56	32	7	5	100	A
<i>R. mangle</i> 07	1,31	2,56	58	28	9	5	100	AF
<i>R. mangle</i> 08	1,33	2,60	60	31	4	5	100	A

Tabela 03 - Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de fevereiro de 2012.

ESPÉCIE	DENSIDAD E (g.cm ⁻³)		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				FLOCULAÇÃO (%)	CLASSE TEXTURAL
	Dap	Dr	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA		
<i>R. mangle</i> 01	1,06	2,65	60	25	10	5	100	AF
<i>R. mangle</i> 02	1,35	2,64	55	30	10	5	100	AF
<i>R. mangle</i> 03	1,24	2,50	11	51	33	5	100	FA
<i>R. mangle</i> 04	1,54	2,64	68	22	5	5	100	A
<i>R. mangle</i> 05	1,55	2,64	62	29	4	5	100	A
<i>R. mangle</i> 06	1,52	2,64	50	36	9	5	100	AF
<i>R. mangle</i> 07	1,19	2,64	56	19	20	5	100	FA
<i>R. mangle</i> 08	1,39	2,58	56	22	17	5	100	AF

Os solos dos manguezais apresentam características variáveis devido às diversas fontes de origem. Os substratos autóctones derivam da decomposição das folhas, galhos e restos de animais, os alóctones podem ser formados a partir dos produtos de decomposição de rochas de diferentes natureza, como as graníticas e sedimentares, que são trazidos pelo hidrodinamismo dos rios e/ou mares. Os mangues podem crescer em diferentes substratos, como os mais grosseiros, no entanto, segundo Yokoya (1995), apresentam maior desenvolvimento no substrato de granulometria mais fina.

A característica predominantemente arenosa do solo em *Rhizophora mangle* no estuário do rio Maracaípe aponta a maior energia marinha na espécie. Segundo Schaeffer-Novelli (2002), nas áreas caracterizadas por maior energia das marés o sedimento tende a ser composto por fração mais grosseira, e nas áreas com menor energia há tendência de deposição de partículas mais finas.

Além de ser um indicador da influência marinha, a composição majoritariamente arenosa promove a expansão da espécie, na medida em que o sistema radicular de *Rhizophora mangle* não ultrapassa 50 cm de profundidade e distribui-se radialmente no sedimento. O sedimento arenoso apresenta menor densidade que o sedimento argiloso, o que facilita o crescimento das raízes e desenvolvimento da planta (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991; REINERT, 2008).

O substrato arenoso nessa espécie também foi observado por Cuzzuol e Campos (2001) no manguezal do estuário do rio Mucuri, na Bahia, os autores consideraram as necessidades nutricionais diferenciadas por espécie como possível indicador de distribuição, no entanto, alertam para necessidade de estudos em laboratório, em condições controladas, devido à complexidade que envolve a ação conjunta dos parâmetros físicos e químicos.

Em um manguezal no norte do Estado do Rio de Janeiro, Bernini e Rezende (2010) analisaram a concentração de nutrientes nas folhas e sedimentos e observaram a mesma classe textural nos solos com *Rhizophora mangle*. Os autores atribuíram à ocorrência da espécie nesse ambiente a adaptabilidade em variados substratos.

Outra implicação da preponderância de areia no sedimento da espécie *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Maracaípe são as extensões caulinares com arcos baixos (Figura 08). Vannucci (1999) afirma que quando as árvores crescem em lama, que não oferece suporte firme, ocorre o brotamento de raízes escoras no tronco em alturas cada vez maiores. O lodo mole é típico de solos argilosos que em conjunto com a água apresenta consistência plástica (REINERT, 2008).

Figura 08 – Extensões caulinares de *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. 2011.



Autor: VILA NOVA, 2011.

No que diz respeito à temperatura, os valores do solo a 20 centímetros de profundidade variaram entre 23,15°C e 28,28°C, com desvio médio mínimo de 0,05 e máximo de 0,82. A temperatura da superfície oscilou entre 24,35°C e 31,24°C, com desvio médio mínimo de 0,55 e máximo de 2,41. A temperatura do ar esteve entre 28,56°C e 33,22°C, com desvio médio mínimo de 0,05 e máximo de 1,64 na campanha de setembro de 2011 (Tabela 04).

Na campanha de fevereiro de 2012 a temperatura do solo a 20 centímetros de profundidade variou entre 24,20°C e 31,01°C, com desvio médio mínimo de 0,27 e máximo de 1,09. A temperatura da superfície oscilou entre 25,10°C e 32,17°C, com desvio médio mínimo de 0,69 e máximo de 2,01. A temperatura do ar esteve entre 29,85°C e 32,34°C, com desvio médio mínimo de 0,16 e máximo de 2,71. (Tabela05).

Tabela 04 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie *Rhizophora mangle* na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.

ESPÉCIE/ AMOSTRA	T° C (ar)	T° C (superfície do solo)	T° C (20 cmsolo)	HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
<i>R. mangle</i> 01	28,56 ± 1,26	25,53 ± 0,63	26,06 ± 0,26	8:00 – 11:00	0,2
<i>R. mangle</i> 02	29,29 ± 1,55	26,34 ± 0,89	26,54 ± 0,37	8:20 – 11:05	0,2
<i>R. mangle</i> 03	31,25 ± 0,57	28,55 ± 1,67	27,61 ± 0,37	9:40 – 12:05	0,2
<i>R. mangle</i> 04	31,04 ± 1,64	26,60 ± 1,34	26,45 ± 0,44	7:50 – 10:30	0,3
<i>R. mangle</i> 05	30,06 ± 0,78	27,96 ± 1,89	26,78 ± 0,41	8:30 – 10:50	0,2
<i>R. mangle</i> 06	33,22 ± 1,03	31,24 ± 2,41	28,28 ± 0,82	8:45 – 11:10	0,2
<i>R. mangle</i> 07	28,74 ± 0,39	29,34 ± 1,62	28,16 ± 0,38	8:30 – 11:00	0,2
<i>R. mangle</i> 08	31,25 ± 0,05	24,35 ± 0,55	23,15 ± 0,05	9:10 – 12:30	0,2

Tabela 05 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie *Rhizophora mangle* na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.

ESPÉCIE	T° C (ar)	T° C (superfíciesolo)	T° C (20 cmsolo)	HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
<i>R. mangle</i> 01	30,50 ± 0,33	25,93 ± 0,69	27,32 ± 0,27	10:00 – 13:00	0,2
<i>R. mangle</i> 02	30,66 ± 0,36	28,81 ± 1,04	27,92 ± 0,35	10:20 – 13:00	0,2
<i>R. mangle</i> 03	32,13 ± 2,71	28,88 ± 1,31	30,33 ± 0,60	8:00 - 10:45	0,3
<i>R. mangle</i> 04	31,36 ± 1,79	29,41 ± 1,22	29,68 ± 0,83	8:20 - 10:50	0,2
<i>R. mangle</i> 05	29,85 ± 0,7	26,89 ± 0,91	28,42 ± 0,40	8:50 – 11:30	0,1
<i>R. mangle</i> 06	32,32 ± 0,18	29,38 ± 2,01	30,26 ± 1,09	9:20 – 12:00	0
<i>R. mangle</i> 07	32,34 ± 0,16	32,17 ± 1,31	31,01 ± 0,73	9:50 – 12:10	0
<i>R. mangle</i> 08	31,70 ± 0,2	25,10 ± 0,80	24,20 ± 0,45	10:00 – 13:00	0,1

Os valores das temperaturas do solo a 20 centímetros, da superfície e do ar discordam das condições típicas para o desenvolvimento dos manguezais descritas por Fernandes e Peria (1995), que descreveram as condições ideais com amplitude térmica menor que 5°C e precipitação pluvial acima de 1.500 mm/ano (FERNANDES; PERIA, 1995).

Os maiores desvios médios foram observados nas temperaturas do ar e da superfície do solo, nas duas campanhas. As temperaturas do ar e solo estão diretamente relacionadas. O regime térmico de um solo é determinado pelo aquecimento da superfície pela radiação solar e transporte, por condução, de calor sensível para seu interior. Durante o dia, a superfície se aquece gerando um fluxo de calor para o interior.

À noite, o resfriamento da superfície, por emissão de radiação terrestre (ondas longas), inverte o sentido do fluxo, que agora passa a ser do interior do solo para a superfície (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

O fluxo de calor no solo depende da irradiância solar global, temperatura do ar, nebulosidade, chuva, vento, tipo de solo, relevo e tipo de cobertura do terreno. Os solos arenosos tendem a apresentar maiores amplitudes térmicas diárias nas camadas superficiais, pois apresentam maior porosidade, havendo um menor contato entre as partículas do solo, dificultando assim o processo de condução. A microtopografia condiciona o terreno a diferentes exposições a radiação, como também ao acúmulo de água nas baixadas, diminuindo a temperatura nessas áreas, bem como a presença de vegetação que intercepta a radiação solar, impedindo que esta atinja o solo (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Portanto, as variações de temperatura podem estar relacionadas com uma maior exposição da superfície à radiação solar em uma ou outra área medida, como também à densidade vegetal. As temperaturas médias maiores na campanha de fevereiro de 2012 apresentam relação com o período seco e altas temperaturas, características climáticas típicas do verão no litoral de Pernambuco.

Os valores de salinidade, pH e temperatura das águas intersticiais do solo na espécie *Rhizophora mangle* na campanha de setembro de 2011 são apresentados na Tabela 06.

A salinidade variou de 0 a 33,7, com desvio médio mínimo de 0 (zero) e máximo de 2,71, o potencial hidrogeniônico (pH) variou de moderadamente ácido, com 5,95 na amostra 05 a neutro, com 7,45 na amostra 08, no entanto a acidez caracterizou 50% das amostras, os desvios médio mínimo de 0,08 na amostra 06 e máximo de 0,37 na amostra 05 não alteram essa classificação. A temperatura oscilou entre 25,45°C na amostra 01 e 27,48°C na amostra 07, com desvio médio mínimo de 0,16 e máximo de 0,48.

Tabela 06 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie *Rhizophora mangle* na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

ESPÉCIE / AMOSTRA	ÁGUA INTERSTICIAL			HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
	S	pH	T °C		
<i>R. mangle</i> 01	30,20 ± 1,54	7,07 ± 0,12	25,45 ± 0,30	8:00 – 11:00	0,2
<i>R. mangle</i> 02	27,33 ± 2,71	7,01 ± 0,25	26,17 ± 0,48	8:20 – 11:05	0,2
<i>R. mangle</i> 03	28,80 ± 1,49	6,32 ± 0,24	27,01 ± 0,36	9:40 – 12:05	0,2
<i>R. mangle</i> 04	33,70 ± 1,76	7,25 ± 0,26	25,95 ± 0,34	7:50 – 10:30	0,3
<i>R. mangle</i> 05	20,53 ± 2,70	5,95 ± 0,37	26,19 ± 0,16	8:30 – 10:50	0,2
<i>R. mangle</i> 06	17,26 ± 1,88	6,48 ± 0,08	27,08 ± 0,53	8:45 – 11:10	0,2
<i>R. mangle</i> 07	28,33 ± 1,86	6,17 ± 0,20	27,48 ± 0,36	8:30 – 11:00	0,2
<i>R. mangle</i> 08	0 ± 0	7,45 ± 0,13	25,60 ± 0,2	9:10 – 12:30	0,2

Na segunda campanha, a salinidade variou de 4,00 a 35,13 com desvio médio mínimo de 0 (zero) e máximo de 1,33, o potencial hidrogeniônico (pH) variou de ligeiramente ácido, com 6,29 na amostra 07 a neutro, com 7,60 nas amostras 01 e 03, no entanto a acidez caracterizou 62,5% das amostras, levando-se em consideração os desvios médios máximo, o percentual de acidez nas amostras representa 50% do total. A temperatura oscilou entre 26,80°C na amostra 08 e 30,87°C na amostra 07, com desvio médio mínimo de 0,25 e máximo de 0,93 (Tabela 07)

Tabela 07 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie *Rhizophora mangle* na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

ESPÉCIE / AMOSTRA	ÁGUA INTERSTICIAL			HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
	S	pH	T °C		
<i>R. mangle</i> 01	33,60 ± 0,88	7,6 ± 0,31	26,85 ± 0,37	10:00 – 13:00	0,2
<i>R. mangle</i> 02	31,40 ± 0,48	7,35 ± 0,14	27,48 ± 0,37	10:20 – 13:00	0,2
<i>R. mangle</i> 03	34,00 ± 1,33	7,6 ± 0,23	29,51 ± 0,58	8:00 – 10:45	0,3
<i>R. mangle</i> 04	35,13 ± 0,46	6,71 ± 0,03	29,08 ± 0,71	8:20 - 10:50	0,2
<i>R. mangle</i> 05	33,80 ± 0,68	6,93 ± 0,01	28,01 ± 0,25	8:50 – 11:30	0,1
<i>R. mangle</i> 06	32,90 ± 0,94	6,88 ± 0,5	29,61 ± 0,93	9:20 – 12:00	0,0
<i>R. mangle</i> 07	31,40 ± 0,88	6,29 ± 0,36	30,87 ± 0,55	9:50 – 12:10	0,0
<i>R. mangle</i> 08	4,00 ± 0	6,99 ± 0,05	26,80 ± 0,4	10:00 – 13:00	0,1

Nas duas campanhas observou-se grandes variações de salinidade. Fatores ambientais como precipitação pluviométrica, evaporação e intrusão salina influenciam os valores de salinidade, que é apontada como fator limitante na zonação das espécies de mangue (TOMLINSON, 1986). No manguezal em análise a salinidade parece não condicionar a zonação da espécie *Rhizophora mangle*, na medida em que a mesma foi encontrada em salinidade de valores extremos.

O mesmo resultado foi observado por Cuzzuol e Rocha(2012) ao analisarem as interações do regime hídrico com as relações nutricionais do manguezal do rio Mucurí, na Bahia. Os autores não observaram relação entre a salinidade e a zonação da espécie *Rhizophora mangle*(com 19,5 de salinidade), como também de *Laguncularia racemosa*(com 11,2 de salinidade)e *Avicennia germinans* (com 11,3 de salinidade).

Comportamento antagônico foi constatado por Silva, Bernini e Carmo (2005) no manguezal do estuário do rio São Mateus, no Espírito Santo, onde a espécie dominou os sítios com maiores salinidades (entre 10 e 38), geralmente próximos ao contato com as águas das marés. Os autores também demonstraram a relação entre a altura das árvores de mangue e a salinidade; as árvores mais baixas estavam nos lugares com maior salinidade.

De acordo com a classificação Veneza (1958) de salinidade, as águas intersticiais em *Rhizophora mangle* foram oligohalinas (valores entre 0,5 e 5), mesohalinas (valores entre 5 e 18), polihalinas (valores entre 18 e 30) e euhalinas (valores entre 30 e 40), na primeira campanha e oligohalinas (valores entre 0,5 e 5) e euhalinas (valores entre 30 e 40), na segunda campanha.

A ampla variação de salinidade, bem como do potencial hidrogeniônico (pH), que esteve entre moderadamente ácido a neutro, na primeira campanha e de ligeiramente ácido a neutro, na segunda campanha na água intersticial em *Rhizophora mangle*, encontra-se dentro do comportamento observado por Bernini *et al.* (2006) ao analisarem a composição química do sedimento e das folhas nas espécies do manguezal do estuário do rio São Mateus, no Espírito Santo. Resultados semelhantes foram obtidos por Semensatto-Jr *et al.* (2007) num manguezal na Ilha do Cardoso, em Cananéia, São Paulo.

Outros fatores também influenciam no valor de pH, como a salinidade e temperatura. Quando analisados os dados de temperatura e do potencial hidrogeniônico observou-se que os mesmos apresentam uma relação inversamente proporcional com valores de correlação de -0,72 na primeira campanha e -0,57 na segunda (Figuras 09 e 10).

Figura 09 – Variação da temperatura e pH em *Rhizophora mangle* na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

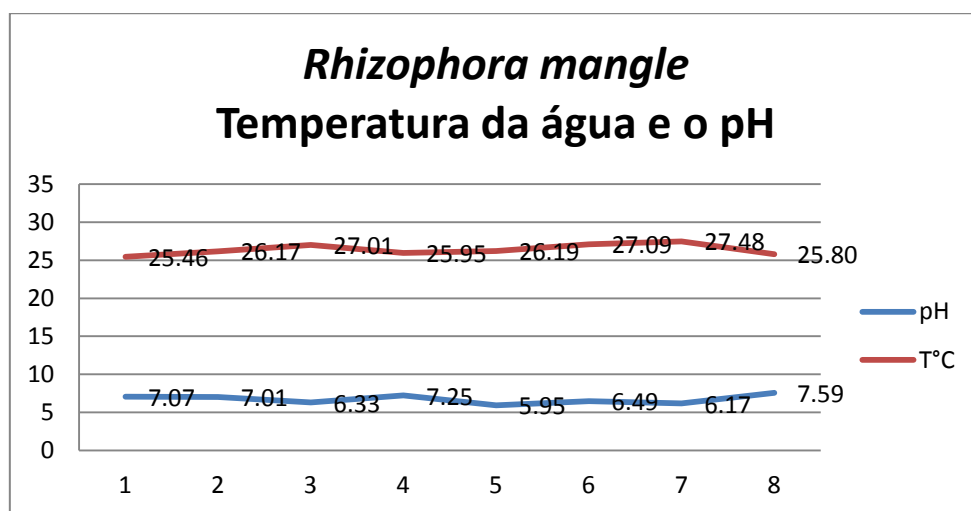
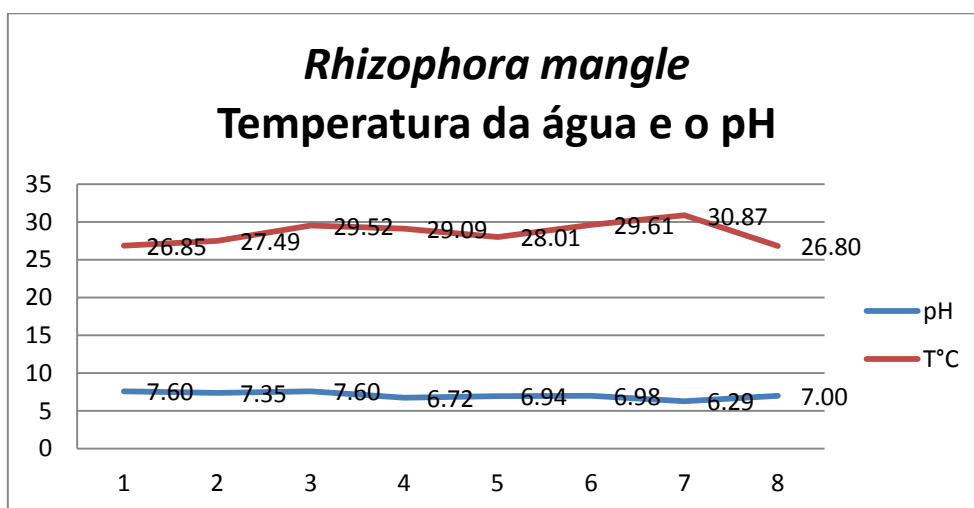


Figura 10 – Variação da temperatura e pH em *Rhizophora mangl* na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.



O aumento de temperatura e diminuição do pH implica em diminuição nos teores de matéria orgânica que podem afetar o desenvolvimento da espécie, pela mesma apresentar predileção em locais com maiores valores (TWILLEY *et al.*, 1995; SCHAEFFER–NOVELLI, 2002).

A acidificação das águas decorrente do aumento da temperatura global é um fenômeno que vem ganhando notoriedade nos últimos anos, principalmente pela ocorrência do processo nos oceanos, que vem afetando a concentração/disponibilidade de íon carbonato para o plâncton e espécies de conchas que fixam carbonato de cálcio nas suas conchas, ameaçando organismos que estão na base da cadeia alimentar (www.unesco.org).

4.1.2 Análise física do sedimento e água intersticial da espécie *Laguncularia racemosa*

De acordo com os conteúdos de areia grossa, areia fina, silte e argila determinados com as análises de laboratório, a classe de textura nas amostras de *Laguncularia racemosa* 01, 02 e 03 foi a Areia franca (AF) e na 04, 05 e 06 Franco Arenosa (FA) na campanha de setembro de 2011. Na campanha de fevereiro de 2012, a classe textural Areia (A) caracterizou as amostras 02 e 06, a Areia franca (AF) as 03 e 04 e a Franco Arenosa (FA), as 01 e 05 (Tabelas 08 e 09).

A densidade real (D_r) na espécie *Laguncularia racemosa* apresentou valores entre 2,46 e 2,64 g.cm⁻³ na campanha de setembro de 2011. Na campanha de fevereiro de 2012 oscilou entre 2,60 e 2,65 g.cm⁻³. Os valores estão dentro dos limites normais que variam entre 2,3 e 2,9 g.cm⁻³ (www.embrapa.br) (Tabelas 08 e 09).

Tabela 08 - Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de *Laguncularia racemosa* no manguezal do estuário do rio Maracáipe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de setembro de 2011.

ESPÉCIE	DENSIDADE (g.cm ⁻³)		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				FLOCULAÇÃO (%)	CLASSE TEXTURAL
	Dap	Dr	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA		
<i>L. racemosa</i> 01	1,19	2,60	49	37	9	5	100	AF
<i>L. racemosa</i> 02	1,39	2,64	61	26	8	5	100	AF
<i>L. racemosa</i> 03	1,24	2,63	15	69	11	5	100	AF
<i>L. racemosa</i> 04	1,05	2,49	47	26	20	7	100	FA
<i>L. racemosa</i> 05	1,11	2,46	43	32	20	5	100	FA
<i>L. racemosa</i> 06	1.05	2.51	15	60	20	5	100	FA

Tabela 09 - Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de *Laguncularia racemosa* no manguezal do estuário do rio Maracápe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de fevereiro de 2012.

ESPÉCIE	DENSIDADE (g.cm ⁻³)		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				FLOCULAÇÃO (%)	CLASSE TEXTURAL
	Dap	Dr	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA		
<i>L. racemosa</i> 01	1,39	2,60	11	62	22	5	100	FA
<i>L. racemosa</i> 02	1,25	2,65	68	21	6	5	100	A
<i>L. racemosa</i> 03	1,42	2,65	54	23	18	5	100	AF
<i>L. racemosa</i> 04	1,28	2,65	35	42	18	5	100	AF
<i>L. racemosa</i> 05	1,32	2,63	15	55	25	5	100	FA
<i>L. racemosa</i> 06	1,31	2,65	61	27	7	5	100	A

Assim como ocorreu na espécie *Rhizophora mangle*, o solo em *Laguncularia racemosa* apresentou predominância de areia. Das plantas lenhosas, a espécie é considerada pioneira, adaptada aos sedimentos arenosos, com baixa frequência de inundações e intolerante à sombra (SCHAEFFER-NOVELLI, 2002).

A colonização primária por *Laguncularia racemosa* foi observada por Cunha-Lignon (2005) no Mar de Cananéia nos manguezais em áreas de progradação em associação com *Spartina alterniflora*.

Kilca et al. (2010) estudaram os diferentes estágios sucessionais no manguezal do estuário do rio Piauí, em Sergipe. Seus dados reforçam a espécie como pioneira, ao concluírem que os mangues em estágios sucessionais mais jovens apresentaram o maior número de indivíduos de *Laguncularia racemosa*.

Além de ser uma espécie pioneira, um manguezal composto por um bosque monoespecífico de *Laguncularia racemosa*, com estrutura homogênea, é um forte indício de áreas degradadas em processo de regeneração, na medida em que os manguezais sujeitos a maior frequência de distúrbios possuem menor representatividade de espécies de Rhizophoraceae (TOMLINSON, 1986; PERIA, et al., SMITH, 1992; SOUZA; SAMPAIO, 2001). Trata-se de um bom indício para a área em estudo, pelo fato de haver maior representatividade de *Rhizophora mangle*.

Dentre as espécies de mangue é a que apresenta menor tolerância a baixas temperaturas (JIMÉNEZ; SAUTER, 1991). Os valores observados estão em consonância com a afirmativa: os valores do solo a 20 centímetros de profundidade variou entre 27,15°C e 27,90°C, com desvio médio mínimo de 0,25 e máximo de 0,46. A temperatura

da superfície oscilou entre 26,05°C e 28,05°C, com desvio médio mínimo de 0,54 e máximo de 0,92. A temperatura do ar esteve entre 29,23°C e 32,75°C, com desvio médio mínimo de 0,62 e máximo de 1,08 na campanha de setembro de 2011 (Tabela 10).

Na campanha de fevereiro de 2012 a temperatura do solo a 20 centímetros de profundidade variou entre 27,71°C e 30,46°C, com desvio médio mínimo de 0,14 e máximo de 0,98. A temperatura da superfície oscilou entre 26,74°C e 33,56°C, com desvio médio mínimo de 0,85 e máximo de 1,96. A temperatura do ar esteve entre 28,09°C e 32,01°C, com desvio médio mínimo de 0,54 e máximo de 1,56 (Tabela 11).

Tabela 10 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie *Laguncularia racemosa* na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracáipe, Ipojuca/PE. Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.

ESPÉCIE / AMOSTRA	T° C (ar)	T° C (superfície solo)	T° C (20 cm solo)	HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
<i>L. racemosa 01</i>	29,23 ± 0,63	26,05 ± 0,92	27,39 ± 0,40	10:00 – 13:00	0,2
<i>L. racemosa 02</i>	32,52 ± 0,79	27,41 ± 0,63	27,90 ± 0,28	10:20 – 13:00	0,2
<i>L. racemosa 03</i>	32,75 ± 0,85	27,35 ± 0,82	28,32 ± 0,46	8:00 – 10:45	0,3
<i>L. racemosa 04</i>	32,34 ± 0,82	27,49 ± 0,79	27,73 ± 0,39	8:20 - 10:50	0,2
<i>L. racemosa 05</i>	30,01 ± 0,62	28,05 ± 0,54	27,76 ± 0,27	8:50 – 11:30	0,1
<i>L. racemosa 06</i>	30,23 ± 1,08	27,35 ± 0,73	27,78 ± 0,25	9:20 – 12:00	0,0

Tabela 11 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie *Laguncularia racemosa* na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracáipe, Ipojuca/PE. Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.

ESPÉCIE / AMOSTRA	T° C (ar)	T° C (superfície solo)	T° C (20 cm solo)	HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
<i>L. racemosa 01</i>	31,40 ± 1,56	29,83 ± 1,71	28,85 ± 0,29	8:00 – 11:00	0,2
<i>L. racemosa 02</i>	32,01 ± 0,54	33,56 ± 1,06	30,46 ± 0,98	8:20 – 11:05	0,2
<i>L. racemosa 03</i>	28,09 ± 0,56	26,74 ± 1,08	27,71 ± 0,16	9:40 – 12:05	0,2
<i>L. racemosa 04</i>	30,21 ± 0,60	28,24 ± 1,34	28,20 ± 0,14	7:50 – 10:30	0,3
<i>L. racemosa 05</i>	31,57 ± 0,63	30,65 ± 0,85	30,35 ± 0,45	8:30 – 10:50	0,2
<i>L. racemosa 06</i>	30,76 ± 0,58	29,14 ± 1,96	28,51 ± 0,65	8:45 – 11:10	0,2

De modo geral, os valores das temperaturas do ar e do solo na superfície e a 20 centímetros em *Laguncularia racemosa* foram maiores que os apresentados em *Rhizophora mangle*, corroborando com a assertiva de intolerância da espécie a baixas temperaturas, quando comparada com as demais espécies de mangue.

Ball (1980), ao analisar os padrões de sucessão secundária num manguezal ao sul da Flórida, concluiu que *Laguncularia racemosa* é intolerante à sombra, e que apresenta uma taxa de crescimento superior à da *Rhizophora mangle* no mesmo período de tempo. O autor atribuiu este processo a uma maior taxa de assimilação da radiação solar pela fotossíntese na espécie.

Além da exposição solar, *Laguncularia racemosa* é apontada como menos tolerante à salinidade. Jiménez (1985) relata que a espécie cresce sobre uma grande variedade de condições, mas em geral prefere locais onde as inundações pelas marés são menos frequentes e intensas, sendo dominante em locais onde a salinidade da água intersticial é baixa. No entanto, comportamento antagônico foi observado em Maracaípe.

Na campanha de setembro de 2011 a salinidade variou de 27,33 a 37,47, com desvio médio mínimo de 0,75 e máximo de 2,32. A acidez predominou em 100% das amostras; o potencial hidrogeniônico (pH) variou de moderadamente ácido, com 5,58 na amostra 02, a ligeiramente ácido, com 6,87 na amostra 03. Vale ressaltar que os desvios médio mínimo de 0,06 na amostra 03 e máximo de 0,34 na amostra 01 não alteram essa classificação. A temperatura oscilou entre 27,01°C, na amostra 01 e 27,67°C na amostra 03, com desvio médio mínimo de 0,24 e máximo de 0,59 (Tabela 12).

Tabela 12 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie *Laguncularia racemosa* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de setembro de 2011.

ESPÉCIE / AMOSTRA	ÁGUA INTERSTICIAL			HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
	S	pH	T °C		
<i>L. racemosa 01</i>	27,33 ± 1,77	6,38 ± 0,34	27,01 ± 0,59	10:00 – 13:00	0,2
<i>L. racemosa 02</i>	37,47 ± 2,24	5,58 ± 0,20	27,25 ± 0,42	10:20 – 13:00	0,2
<i>L. racemosa 03</i>	35,27 ± 0,75	6,87 ± 0,06	27,67 ± 0,48	8:00 – 10:45	0,3
<i>L. racemosa 04</i>	29,27 ± 1,98	6,62 ± 0,11	27,53 ± 0,46	8:20 - 10:50	0,2
<i>L. racemosa 05</i>	30,07 ± 2,32	6,64 ± 0,07	27,22 ± 0,25	8:50 – 11:30	0,1
<i>L. racemosa 06</i>	29,53 ± 1,56	6,26 ± 0,11	27,35 ± 0,24	9:20 – 12:00	0,0

Na segunda campanha a salinidade variou de 26,80 a 36,60, com desvio médio mínimo de 0,60 e máximo de 1,50. O potencial hidrogeniônico (pH) variou de moderadamente ácido, com 5,66 na amostra 02, a neutro, com 7,30 na amostra 05, no entanto a acidez caracterizou 66,66% das amostras. Levando-se em consideração os desvios médios máximos, o percentual de acidez nas amostras cai para 16,66% do total. A temperatura oscilou entre 27,80°C na amostra 03 e 30,76°C na amostra 06, com desvio médio mínimo de 0,13 e máximo de 0,92 (Tabela 13).

Tabela 13 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie *Laguncularia racemosa* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de fevereiro de 2012.

ESPÉCIE / AMOSTRA	ÁGUA INTERSTICIAL			HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
	S	pH	T °C		
<i>L. racemosa</i> 01	33,50 ± 1,5	7,26 ± 0,19	28,37 ± 0,53	8:00 – 11:00	0,2
<i>L. racemosa</i> 02	36,60 ± 1,32	5,66 ± 0,16	30,00 ± 0,92	8:20 – 11:05	0,2
<i>L. racemosa</i> 03	29,53 ± 0,63	6,79 ± 1,15	27,80 ± 0,13	9:40 – 12:05	0,2
<i>L. racemosa</i> 04	26,80 ± 1,25	6,63 ± 0,68	28,07 ± 0,16	7:50 – 10:30	0,3
<i>L. racemosa</i> 05	30,67 ± 0,66	7,30 ± 0,13	29,65 ± 0,46	8:30 – 10:50	0,2
<i>L. racemosa</i> 06	34,40 ± 0,60	6,68 ± 0,52	30,76 ± 0,58	8:45 – 11:10	0,2

Em *Laguncularia racemosa* a salinidade foi classificada como polihalina (valores entre 18 e 30) e euhalina (valores entre 30 e 40) nas duas campanhas. Como observado, os valores nessa espécie foram maiores que em *Rhizophora mangle*.

O mesmo comportamento foi observado por Rossi e Mattos (2002) ao realizarem a caracterização química e física nos solos de mangue no Estado de São Paulo, ao constatarem que um número relevante de sítios com dominância de *Laguncularia racemosa* apresentou alta salinidade. Segundo Sobrado (2000), *Laguncularia* tolera condições mais salinas do que *Rhizophora mangle* por apresentar o uso mais eficiente da água.

No entanto, Petri *et al.* (2011) descreveram tendência discordante aos resultados encontrados no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. Ao analisarem a distribuição das espécies e estrutura no manguezal do rio Benevente, Anchieta, no Espírito Santo, concluíram que a maior densidade de *Laguncularia racemosa* ocorreu na região de menor salinidade.

Schaeffer-Novelli (2000) afirma que o gênero *Laguncularia* é encontrado em costas banhadas por águas de baixa salinidade, às vezes ao longo de canais de água salobra, ou em praias arenosas protegidas, portanto em águas com salinidade elevada.

A salinidade parece não ser um parâmetro que determina a distribuição de *Laguncularia*, que indica estar mais relacionada à intolerância a longos períodos de alagamento, por isso a zonation mais frequente na porção interior dos bosques e margeando o apicum (JIMÉNEZ, 1985; SCHAEFFER-NOVELLI, 2000; PELLEGRINI, 2000; BRAZ; PEREZ FILHO, 2001)

No que diz respeito ao potencial hidrogeniônico (pH) na água intersticial, esteve entre moderadamente ácido a ligeiramente ácido, na primeira campanha e de moderadamente ácido a neutro, na segunda campanha. De modo geral a acidez foi maior em *Laguncularia racemosa* do que em *Rhizophora mangle*, resultados que contrariam a afirmativa de Cuzzuol e Campos (2001) de que *Laguncularia racemosa* domina em áreas com pH mais elevado quando analisaram os aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do rio Mucuri, na Bahia.

Cuzzuol e Rocha (2012) também observaram maiores valores de pH em *Laguncularia* quando estudaram a interação do regime hídrico com as relações nutricionais no ecossistema manguezal. No entanto, os autores chamam a atenção para o maior pH no período associado à menor precipitação e vazão do rio, e sugerem que os maiores valores dos componentes relacionados às bases trocáveis (SB, CTC, V) e da S podem ser apontados como possíveis fatores de variação do pH entre as épocas do ano.

As variações de pH no estuário do rio Maracaípe corroboram com essa assertiva, que apresentou correlação com a salinidade de -0,40 na primeira campanha e de -0,43 na segunda. Os valores apontam uma relação inversamente proporcional.

A influência do regime hídrico também foi observada em *Laguncularia racemosa* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, que apresentou uma maior diminuição da acidez no período seco, correspondente à segunda campanha, em fevereiro. A relação inversa de temperatura e do potencial hidrogeniônico também foi observado em *Laguncularia racemosa*, assim como em *Rhizophora mangle* (Figuras 11 e 12).

Figura 11 – Variação da temperatura e pH em *Laguncularia racemosa* na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

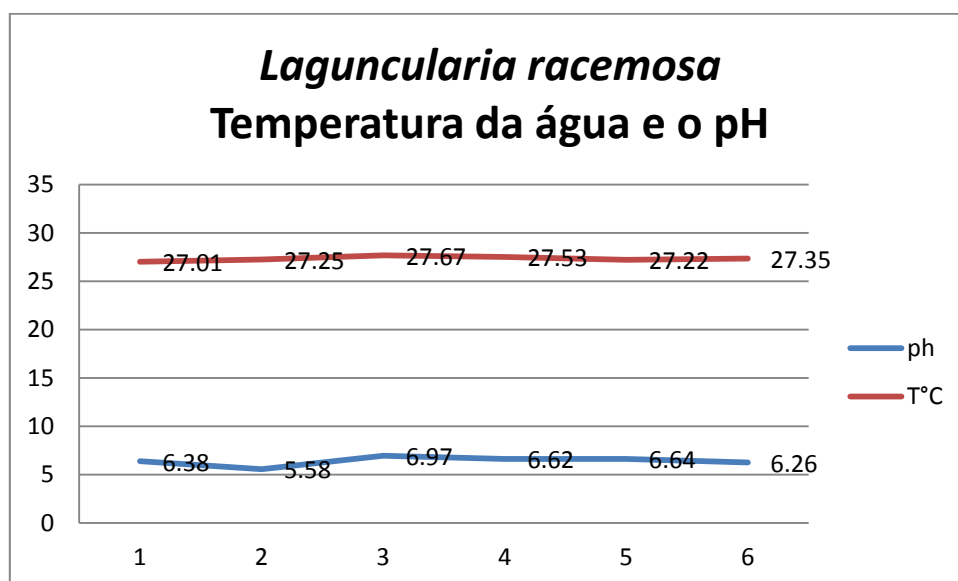
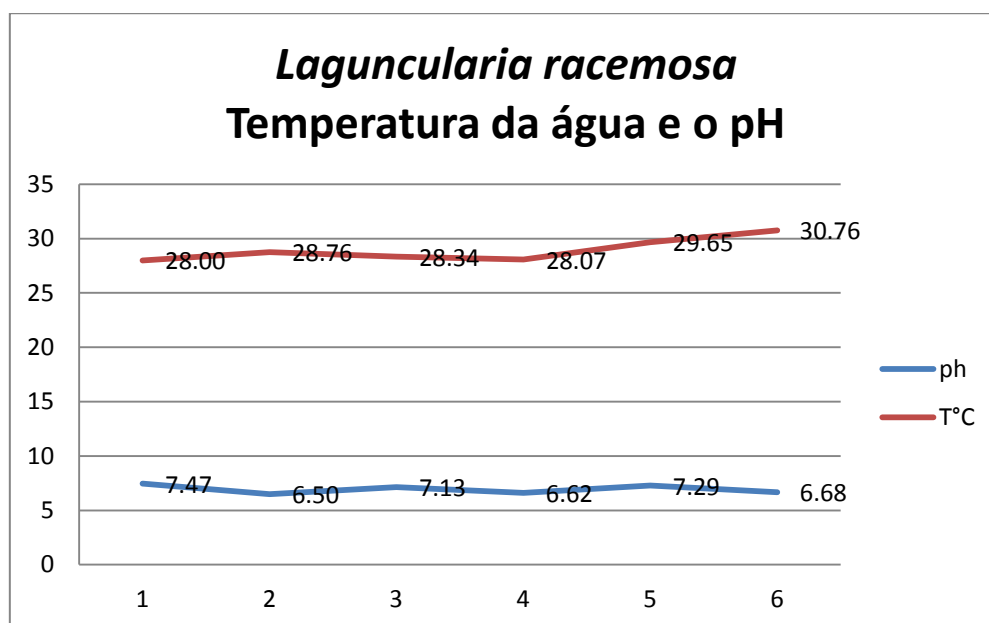


Figura 12 – Variação da temperatura e pH em *Laguncularia racemosa* na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.



No entanto, essa relação é mais evidente no período seco, referente à segunda campanha, pelo fato de no período chuvoso as águas pluviais e da umidade atmosférica atuarem com maior relevância nos processos físico-químicos em conjunto com a temperatura. Tais processos refletem nos valores de correlação de temperatura e pH, que na campanha de setembro de 2011 foi de 0,46 e na campanha de fevereiro de 2012, - 0,30, diferente da *Rhizophora mangle*, que apresentou o mesmo comportamento nas duas campanhas.

4.1.3 Análise física do sedimento e água intersticial da espécie *Avicennia schaueriana*

A característica textural nas amostras de *Avicennia schaueriana* 01 e 03 foi Areia franca (AF) e Franco Arenosa (FA) na amostra 02, na campanha de setembro de 2011. Na campanha de fevereiro de 2012, a classe textural Areia franca (AF) caracterizou as amostras 02 e 03 a Franco Arenosa (FA) a 01 (Tabelas 14 e 15).

A densidade real (Dr) na espécie *Avicennia schaueriana* apresentou valores entre 2,53 e 2,59 g.cm⁻³ na campanha de setembro de 2011. Na campanha de fevereiro de 2012 oscilou entre 2,61 e 2,65 g.cm⁻³. Os valores estão dentro dos limites normais, que variam entre 2,3 e 2,9 g.cm⁻³, assim como em *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* (www.embrapa.com) (Tabelas 14 e 15).

Tabela 14– Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de *Avicennia schaueriana* no manguezal do estuário do rio Maracápe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de setembro de 2011.

ESPÉCIE	DENSIDAD E (g.cm ⁻³)		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				FLOCULAÇÃO (%)	CLASSE TEXTURAL
	Dap	Dr	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA		
A. <i>schaueriana</i> 01	1,33	2,59	58	29	8	5	100	AF
A. <i>schaueriana</i> 02	1,20	2,53	11	68	10	11	100	FA
A. <i>schaueriana</i> 03	1,28	2,59	54	28	11	7	100	AF

Tabela 15– Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de *Avicennia schaueriana* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de fevereiro de 2012.

ESPÉCIE	DENSIDADE (g.cm ⁻³)		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				FLOCULAÇÃO (%)	CLASSE TEXTURAL
	Dap	Dr	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA		
<i>A. schaueriana</i> 01	1,16	2,61	2	65	28	5	100	FA
<i>A. schaueriana</i> 02	1,31	2,65	57	28	8	7	100	AF
<i>A. schaueriana</i> 03	1,39	2,65	45	40	10	5	100	AF

Como observado, os valores da fração areia e areia fina na espécie são maiores que os de silte e argila, seguindo a mesma tendência das espécies *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*.

O gênero *Avicennia* é considerado um dos mais tolerantes às oscilações ambientais, podendo ser encontrado dominando substratos altamente salinos e áreas sujeitas a baixas temperaturas (CINTRÓN-MOLERO; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992). No entanto, alguns estudos descrevem a formação de estratos de *Rhizophora* nas margens e de *Avicennia* nas áreas mais internas, onde o sedimento é mais arenoso (CINTRÓN; LUGO; MARTINEZ, 1985; SCHAEFFER-NOVELLI, 2002).

Essa descrição condiz com os resultados encontrados no manguezal do estuário do rio Maracaípe. Tognella De Rosa *et al.* (2006) também acharam os mesmos resultados no manguezal do rio Lagoa do Furado, em Santa Catarina. Os autores chamam a atenção para a presença abundante da espécie em ambientes com temperaturas mais frias.

Onofre *et al.* (2007), ao estudarem a biodisponibilidade de metais traços nos sedimentos de manguezais da porção norte da Baía de Todos os Santos, concluíram que o sedimento é arenoso na maior extensão, inclusive nos locais com *Avicennia schaueriana*.

Os autores também observaram a presença de um bosque com predomínio da espécie na presença de muito lixo (vasilhames e sacos plásticos, latas, papel, etc.).

Oliveira, Freitas e Accioly (1996), ao analisarem a composição do solo de um manguezal na Bahia sob a ação de resíduos industriais, observaram a presença do gênero *Avicennia* em solos argilosos.

Da mesma forma Tognella de Rosa (2000), ao avaliar os atributos ecológicos e econômicos dos manguezais na Baía da Babitonga e rio Tavares, em Santa Catarina,

comprovou a adaptação de *Avicennia* aos diversos ambientes, que refletem também nos valores de temperatura observados.

O valor da temperatura do solo a 20 centímetros de profundidade variou entre 27,62°C e 28,52°C, com desvio médio mínimo de 0,43 e máximo de 0,61. A temperatura da superfície oscilou entre 27,90°C e 28,35°C, com desvio médio mínimo de 0,75 e máximo de 0,93. A temperatura do ar esteve entre 31,84°C e 35,20°C, com desvio médio mínimo de 1,00 e máximo de 1,48 na campanha de setembro de 2011 (Tabela 16).

Na campanha de fevereiro de 2012 a temperatura do solo a 20 centímetros de profundidade variou entre 28,08°C e 29,24°C, com desvio médio mínimo de 0,27 e máximo de 0,75. A temperatura da superfície oscilou entre 28,10°C e 31,96°C, com desvio médio mínimo de 0,54 e máximo de 4,21. A temperatura do ar esteve entre 30,12°C e 32,89°C, com desvio médio mínimo de 0,59 e máximo de 2,24 (Tabela 17).

Tabela 16 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie *Avicennia schaueriana* na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.

ESPÉCIE / AMOSTRAS	T° C (ar)	T° C (superfície solo)	T° C (20 cm solo)	HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
<i>A. schaueriana</i> 01	31,84 ± 1	28,09 ± 0,81	28,34 ± 0,48	8:00 – 11:00	0,2
<i>A. schaueriana</i> 02	35,20 ± 1,1	27,90 ± 0,93	28,52 ± 0,61	8:20 – 11:05	0,2
<i>A. schaueriana</i> 03	33,32 ± 1,48	28,35 ± 0,75	27,62 ± 0,43	9:40 – 12:05	0,2

Tabela 17 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie *Avicennia schaueriana* na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE. Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.

ESPÉCIE / AMOSTRAS	T° C (ar)	T° C (superfície solo)	T° C (20 cm solo)	HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
<i>A. schaueriana</i> 01	30,12 ± 0,61	29,03 ± 1,11	28,08 ± 0,27	7:50 – 10:30	0,3
<i>A. schaueriana</i> 02	32,89 ± 0,59	28,10 ± 0,54	29,24 ± 0,73	8:30 – 10:50	0,2
<i>A. schaueriana</i> 03	32,44 ± 2,24	31,96 ± 4,21	28,80 ± 0,75	8:45 – 11:10	0,2

No que diz respeito à salinidade, na campanha de setembro de 2011 houve uma variação de 35,00 a 39,60, com desvio médio mínimo de 0,40 e máximo de 2,16. O potencial hidrogeniônico (pH) foi predominantemente neutro, representando 66,66% das amostras. O pH variou de moderadamente ácido, com 5,44 na amostra 01, a neutro, com 7,25 na amostra 02. Vale ressaltar que os desvios médio mínimo de 0,09 na amostra 02 e máximo de 0,24 na amostra 01 não alteram essa classificação. A temperatura oscilou entre 27,68°C na amostra 03 e 28,20°C na amostra 02, com desvio médio mínimo de 0,48 e máximo de 0,77 (Tabela 18).

Tabela 18 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie *Avicennia schaueriana* na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracápe, Ipojuca/PE.

ESPÉCIE / AMOSTRAS	ÁGUA INTERSTICIAL			HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
	S	pH	T °C		
<i>A. schaueriana</i> 01	39,60 ± 1,04	5,44 ± 0,24	27,69 ± 0,48	8:00 – 11:00	0,2
<i>A. schaueriana</i> 02	36,17 ± 2,16	7,25 ± 0,09	28,20 ± 0,56	8:20 – 11:05	0,2
<i>A. schaueriana</i> 03	35,00 ± 0,40	7,04 ± 0,17	27,68 ± 0,77	9:40 – 12:05	0,2

Na segunda campanha a salinidade variou de 31,63 a 36,00, com desvio médio mínimo de 0,50 e máximo de 0,71. O potencial hidrogeniônico (pH) variou de ligeiramente ácido, com 6,50 na amostra 02, a neutro, com 7,47 na amostra 01, no entanto a neutralidade caracterizou 66,66% das amostras. Os desvios médios mínimos e máximos não alteram a classificação. A temperatura oscilou entre 28,00°C, na amostra 01 e 28,76°C na amostra 02, com desvio médio mínimo de 0,30 e máximo de 0,78 (Tabela 19).

Tabela 19 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie *Avicennia schaueriana* na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracápe, Ipojuca/PE.

ESPÉCIE / AMOSTRAS	ÁGUA INTERSTICIAL			HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
	S	pH	T °C		
<i>A. schaueriana</i> 01	34,50 ± 0,50	7,47 ± 0,10	28,00 ± 0,30	7:50 – 10:30	0,3
<i>A. schaueriana</i> 02	36,00 ± 0,57	6,50 ± 0,31	28,76 ± 0,46	8:30 – 10:50	0,2
<i>A. schaueriana</i> 03	31,63 ± 0,71	7,13 ± 0,17	28,34 ± 0,78	8:45 – 11:10	0,2

Na espécie *Avicennia schaueriana* a salinidade foi classificada como euhalina (valores entre 30 e 40) nas duas campanhas. Como observado, os valores nessa espécie foram maiores que em *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*.

Avicennia schaueriana é considerada a espécie mais tolerante à salinidade (TOMLINSON, 1986), deste modo, os valores encontrados estão dentro do descrito na literatura. O gênero *Avicennia* é considerado sal-includente, apresentando estruturas especializadas, as glândulas de sal, em excretar o sal que é absorvido pela planta (KATHIRESAN, 2001) (Figura 13).

Figura 13 – A espécie *Avicennia schaueriana* excretando o sal



Autor – VILA NOVA, 2012.

Apesar de ser uma espécie flexível a uma gama de ambientes, um conjunto de fatores indica a ocorrência da *Avicennia schaueriana* em áreas com características que refletem os seus mecanismos de funcionamento, resultado das adaptações ao longo de sua evolução (KATHIRESAN, 2001).

Segundo Soto e Jiménez (1982), as salinidades mais altas estão diretamente relacionadas com os sítios mais ricos em partículas arenosas. Os resultados encontrados no presente estudo concordam com as observações dos referidos autores.

A relação da salinidade e do potencial hidrogeniônico em *Avicennia schaueriana*, assim como na espécie *Laguncularia racemosa*, foi contrária nas duas campanhas, com valores de -0,93 na primeira campanha e de -0,49 na segunda.

Da mesma forma que em *Laguncularia racemosa*, comportou-se a relação da temperatura e do pH em *Avicennia schaueriana* (Figuras 14 e 15).

Figura 14 – Variação da temperatura e pH em *Avicenniaschaueriana* na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

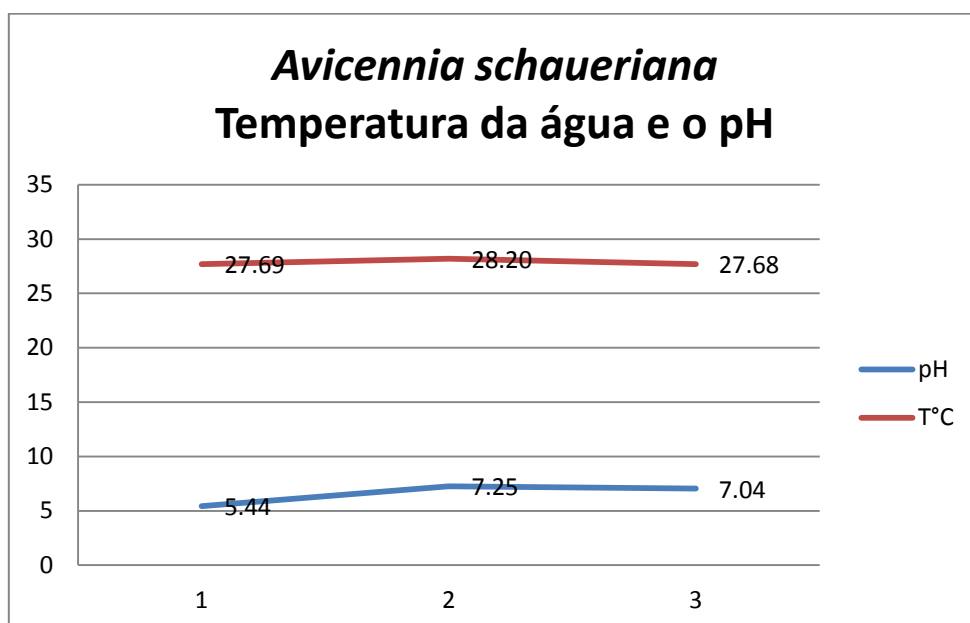
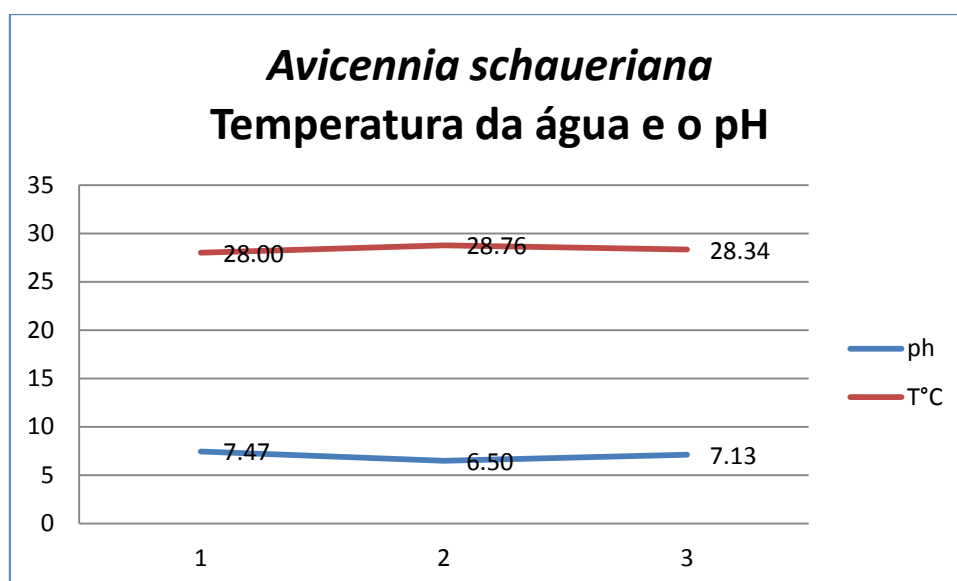


Figura 15 – Variação da temperatura e pH em *Avicennia schaueriana* na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.



A correlação de temperatura e pH na primeira campanha foi de 0,57 e de 0,99 na segunda campanha, processos que apontam a influência das precipitações do período chuvoso, correspondente à primeira campanha, nos parâmetros físico- químicos.

4.1.4 Análise física do sedimento e água intersticial da espécie *Conocarpus erectus*

A característica textural nas amostras de *Conocarpus erectus* foi Arenosa (A) nas campanhas de setembro de 2011 e de fevereiro de 2012. A densidade real (D_r) na espécie apresentou valores entre 2,64 e 2,65 g.cm⁻³ na campanha de setembro de 2011. Na campanha de fevereiro de 2012, o valor foi de 2,65 g.cm⁻³ em todas as amostras. Os valores estão dentro dos limites normais, que variam entre 2,3 e 2,9 g.cm⁻³ (www.embrapa.com), assim como em *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosae* *Avicennia schaueriana* (Tabelas 20 e 21).

Tabela 20 - Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de *Conocarpus erectus* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de setembro de 2011.

ESPÉCIE	DENSIDADE (g.cm ⁻³)		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				FLOCULAÇÃO (%)	CLASSE TEXTURAL
	Dap	Dr	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA		
<i>C. erectus</i> 01	1,42	2,64	82	10	3	5	100	A
<i>C. erectus</i> 02	1,48	2,65	75	13	7	5	100	A
<i>C. erectus</i> 03	1,57	2,65	57	34	4	5	100	A

Tabela 21 - Valores dos parâmetros físicos da rizosfera de *Conocarpus erectus* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE nas amostras da campanha de fevereiro de 2012.

ESPÉCIE	DENSIDADE (g.cm ⁻³)		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				FLOCULAÇÃO (%)	CLASSE TEXTURAL
	Dap	Dr	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA		
<i>C. erectus</i> 01	1,38	2,65	67	24	4	5	100	A
<i>C. erectus</i> 02	1,69	2,65	51	42	2	5	100	A
<i>C. erectus</i> 03	1,38	2,65	81	8	6	5	100	A

As características encontradas estão em consonância com a literatura, que descreve a presença da espécie *Conocarpus erectus* nos setores mais altos, afastados das margens, na borda do ecossistema, com a presença de sedimentos arenosos (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991; VANNUCCI, 1999).

Mesmo apresentando essas características, a espécie vem sendo cultivada em áreas urbanas, com grau de poluição, em solos argilosos e compactados, com certo sucesso (GILMAN; WATSON, 1993).

A resiliência a ambientes hostis também é destacada por Von Linsingen e Cervi (2007), ao afirmarem que a espécie é recomendada a plantios urbanos e na recuperação de áreas degradadas ao longo do litoral tropical americano, por tolerar altas temperaturas, poluição do ar, ambientes salinos, solos pobres e compactados.

Assim com a espécie *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* seleciona áreas expostas ao sol, como observado nos valores de temperatura do solo a 20 centímetros de profundidade, que variaram entre 26,80°C e 29,80°C, com desvio médio mínimo de 0,53 e máximo de 1,52. A temperatura da superfície oscilou entre 30,10°C e 30,50°C, com desvio médio mínimo de 0,48 e máximo de 0,73. A temperatura do ar esteve entre

29,70°C e 32,71°C, com desvio médio mínimo de 0,35 e máximo de 0,75 na campanha de setembro de 2011 (Tabela22).

Na campanha de fevereiro de 2012 a temperatura do solo a 20 centímetros de profundidade variou entre 30,30°C e 32°C, com desvio médio mínimo de 0,10 e máximo de 0,20. A temperatura da superfície oscilou entre 31,07°C e 40,20°C, com desvio médio mínimo de 0,33 e máximo de 0,73. A temperatura do ar esteve entre 31,90°C e 34,30°C, com desvio médio mínimo de 0,28 e máximo de 0,73 (Tabela 23).

Tabela22 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie *Conocarpus erectus* na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.
Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.

ESPÉCIE / AMOSTRAS	T° C (ar)	T° C (superfície solo)	T° C (20 cm solo)	HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
<i>C. erectus 01</i>	32,71 ± 0,75	31,50 ± 0,73	29,14 ± 1,52	8:00 – 11:00	0,2
<i>C. erectus 02</i>	29,83 ± 0,48	30,70 ± 0,53	29,80 ± 0,53	8:20 – 11:05	0,2
<i>C. erectus 03</i>	29,70 ± 0,35	30,10 ± 0,48	26,80 ± 0,73	9:40 – 12:05	0,2

Tabela 23 – Valores médios de temperatura atmosférica e do solo na superfície e a 20 cm de profundidade na espécie *Avicennia schaueriana* na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.
Os valores que seguem as médias representam o desvio médio.

ESPÉCIE / AMOSTRAS	T° C (ar)	T° C (superfície solo)	T° C (20 cm solo)	HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
<i>C. erectus 01</i>	34,30 ± 0,73	40,20 ± 0,53	30,30 ± 0,1	7:50 – 10:30	0,3
<i>C. erectus 02</i>	33,03 ± 0,28	31,30 ± 0,33	30,07 ± 0,11	8:30 – 10:50	0,2
<i>C. erectus 03</i>	31,90 ± 0,53	31,07 ± 0,73	32,00 ± 0,20	8:45 – 11:10	0,2

Como observado, *Conocarpus erectus* é uma espécie que apresenta tolerância às altas temperaturas, que se desenvolve bem em alta radiação solar, como também é muito resistente à seca, propriedades que possibilitaram a introdução da espécie na Arábia Saudita para fins urbanos (ABOHASSAN; TEWFIK; ELWAKEEL, 2010)

Além das altas temperaturas, a espécie também é tolerante ao sal (GILMAN; WATSON, 1993). Na campanha de setembro de 2011 houve uma variação de salinidade de 29,14 a 30,67, com desvio médio mínimo de 0,44 e máximo de 1,28. O potencial hidrogeniônico (pH) foi predominantemente neutro, representando 66,66% das amostras.

O pH variou de ligeiramente ácido, com 6,81 na amostra 02, a neutro, com 7,28 na amostra 01. Vale ressaltar que os desvios médio mínimo de 0,09 na amostra 02 e máximo de 0,41 na amostra 01 não alteram essa classificação. A temperatura oscilou entre 28,35°C, na amostra 01 e 34,10°C na amostra 02, com desvio médio mínimo de 0,24 e máximo de 1,28 (Tabela 24).

Tabela 24 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie *Conocarpus erectus* na campanha de janeiro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracáipe, Ipojuca/PE.

ESPÉCIE / AMOSTRAS	ÁGUA INTERSTICIAL			HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
	S	pH	T °C		
<i>C. erectus 01</i>	29,14 ± 0,44	7,28 ± 0,41	28,35 ± 1,28	8:00 – 11:00	0,2
<i>C. erectus 02</i>	30,67 ± 0,88	6,81 ± 0,09	34,10 ± 0,37	8:20 – 11:05	0,2
<i>C. erectus 03</i>	29,50 ± 1,28	7,21 ± 0,14	29,10 ± 0,24	9:40 – 12:05	0,2

Na segunda campanha a salinidade variou de 32,00 a 34,00, com desvio médio de zero. O potencial hidrogeniônico (pH) variou de ligeiramente ácido, com 6,34 na amostra 01, a neutro, com 7,21 na amostra 03, no entanto a acidez caracterizou 66,66% das amostras. Os desvios médios mínimos e máximos não alteram a classificação. A temperatura oscilou entre 32,40°C, na amostra 03 e 34,10°C na amostra 02, com desvio médio mínimo de 0,17 e máximo de 0,33 (Tabela 25).

Tabela 25 – Valores médios da salinidade (S), pH e temperatura (T°C) da água intersticial na espécie *Conocarpus erectus* na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracáipe, Ipojuca/PE.

ESPÉCIE / AMOSTRAS	ÁGUA INTERSTICIAL			HORÁRIO DAS AMOSTRAGENS	ALTURA DAS MARÉS
	S	pH	T °C		
<i>C. erectus 01</i>	34,00 ± 0	6,34 ± 0,05	33,50 ± 0,33	7:50 – 10:30	0,3
<i>C. erectus 02</i>	32,00 ± 0	6,81 ± 0,03	34,10 ± 0,17	8:30 – 10:50	0,2
<i>C. erectus 03</i>	34,00 ± 0	7,21 ± 0,05	32,40 ± 0,24	8:45 – 11:10	0,2

Na espécie *Conocarpus erectus* a salinidade foi classificada como polihalina (valores entre 18 e 30) e como euhalina (valores entre 30 e 40) na campanha de setembro de 2011 e como euhalina (valores entre 30 e 40) na campanha de fevereiro de 2012.

El-Mahrouk, El-Nady e Hegazi (2010) concordam com a assertiva de tolerância da espécie à salinidade, mas ao estudarem a influência da água do mar sobre o crescimento, composição química e características de *Conocarpus erectus* observaram que a mesma apresenta um crescimento mais rápido em águas menos salinas.

O comportamento do potencial hidrogeniônico em *Conocarpus erectus* no estuário do rio Maracápe é semelhante ao descrito por Gilman e Watson (1993), no qual a espécie apresenta-se em ambientes de ácidos a alcalinos.

Abohassan, Tewfik e El Wakeel (2010) registraram a presença da espécie, que foi introduzida com êxito em solos neutros na Arábia Saudita.

A temperatura e pH em *Conocarpus erectus* apresenta forte correlação oposta, com valores de -0,99 na campanha de setembro de 2011 e -0,04 na campanha de fevereiro de 2012 (Figuras 16 e 17).

Figura 16 – Variação da temperatura e pH em *Conocarpus erectus* na campanha de setembro de 2011 no manguezal do estuário do rio Maracápe, Ipojuca/PE.

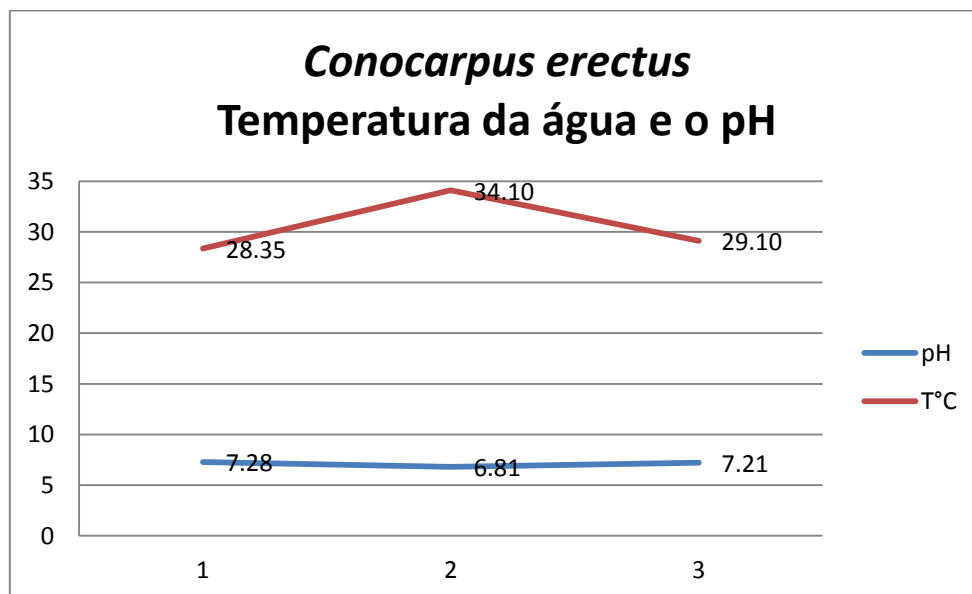
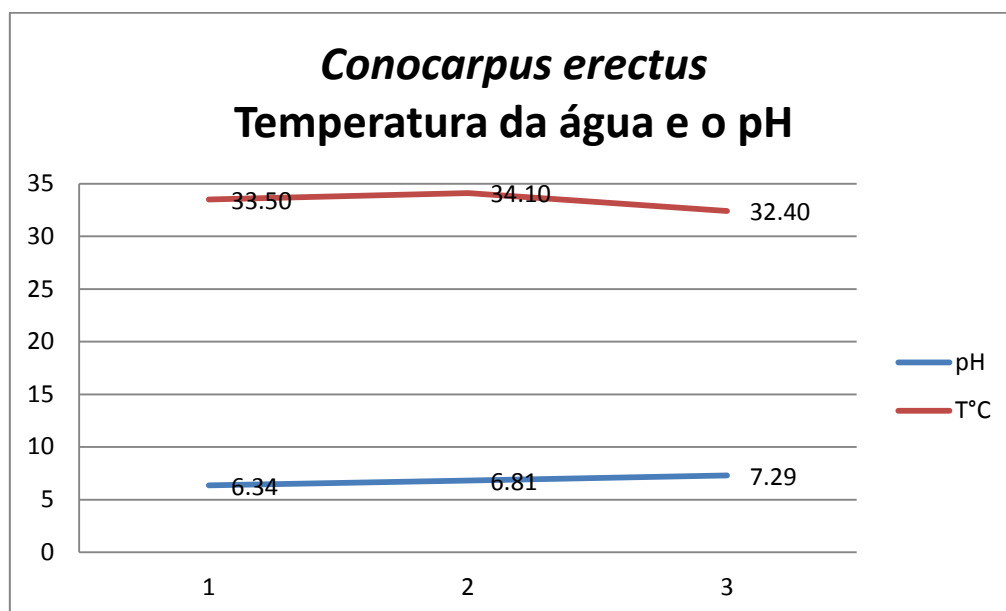


Figura 17 – Variação da temperatura e pH em *Conocarpus erectus* na campanha de fevereiro de 2012 no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.



A acidificação da água pode estar relacionada com uma variação na quantidade de matéria orgânica no sedimento, como ressalta Mendes Filho (2009), pelo fato de a mesma ao se decompor, liberar gás carbônico, que reage com a água para formar o ácido carbônico e, conseqüentemente, baixar o potencial hidrogeniônico, além dos resíduos ácidos lançados no ambiente, como efluentes domésticos.

O resumo dos dados físicos do solo das espécies arbóreas do manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE estão na tabela abaixo:

Tabela 26 – Resumo das características físicas do solo nas espécies arbóreas do manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

ESPÉCIES	SOLO		ÁGUA INTERSTICIAL		
	CLASSE TEXTURAL DO SOLO	TEMPERATURA MEDIANA DO SOLO (20 cm, SUPERFÍCIE) E DO AR	SALINIDADE	pH	TEMPERATURA MEDIANA
<i>Rhizophora mangle</i>	Arenosa, Areia franca e Franco Arenosa	Acima de 25°C*	Entre 0 e 35*	Entre 5 e 7*	Acima de 25°C*
<i>Laguncularia racemosa</i>	Arenosa, Areia franca e Franco Arenosa	Acima de 26°C*	Entre 27 e 37*	Entre 5 e 7*	Acima de 27°C*
<i>Avicennia schaueriana</i>	Areia franca, Franco Arenosa	Acima de 27°C*	Entre 31 e 39*	Entre 5 e 7*	Acima de 27°C*
<i>Conocarpus erectus</i>	Arenosa	Acima de 29°C*	Entre 29 e 34*	Entre 6 e 7*	Acima de 28°C*

* Os valores foram arredondados para baixo, pois a temperatura mínima é um dos fatores limitantes na colonização e desenvolvimento dos manguezais

Como observado, a concentração de areia seguiu a ordem *Conocarpus erectus* > *Laguncularia racemosa* > *Rhizophora mangle* > *Avicennia schaueriana*. As temperaturas do solo a 20 cm de profundidade, da superfície e do ar apresentou a ordem *Conocarpus erectus* > *Avicennia schaueriana* > *Laguncularia racemosa* > *Rhizophora mangle*.

A maior oscilação da salinidade na água intersticial foi na espécie *Rhizophora mangle* e a menor, em *Conocarpus erectus*. O potencial hidrogeniônico apresentou o mesmo intervalo em *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana* e um intervalo menor em *Conocarpus erectus*. A temperatura da água intersticial seguiu a ordem *Conocarpus erectus* > *Avicennia schaueriana* > *Laguncularia racemosa* > *Rhizophora mangle*.

4.2 ANÁLISE QUÍMICA DO SEDIMENTO

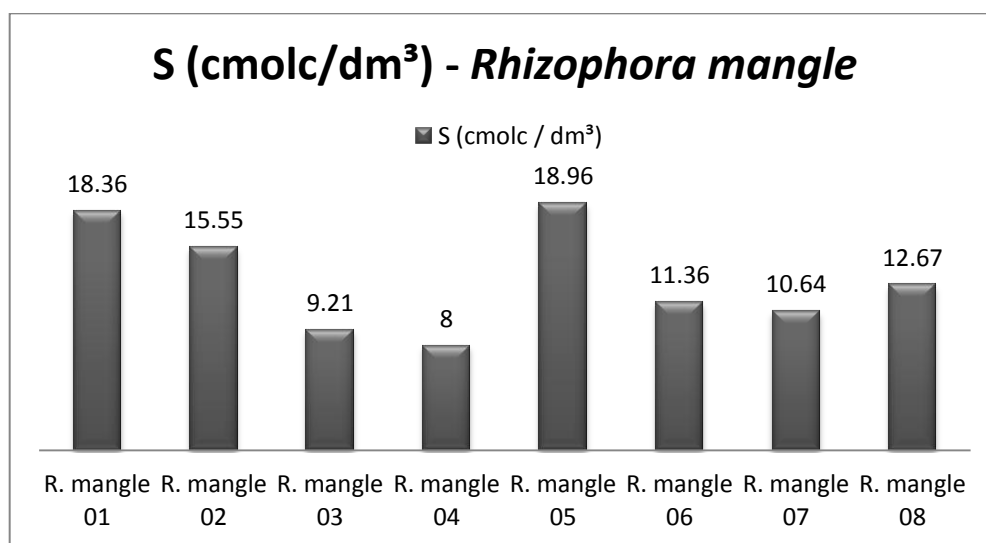
4.2.1 Análise química do sedimento da espécie *Rhizophora mangle*

A compreensão dos teores de nutrientes que se encontram nos ecossistemas é fundamental para o conhecimento de sua estrutura e funcionamento. No manguezal, a disponibilidade adequada de nutrientes está intrinsecamente relacionada à disponibilidade de água e às propriedades físico-químicas do sedimento (CINTRON; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

No manguezal do estuário do rio Maracaípe o fósforo variou de 3 mg/dm³ a 24 mg/dm³ na espécie *Rhizophora mangle*, o potencial hidrogeniônico (pH) variou de extremamente ácido, com 0,5 na amostra 02 a neutro, com 7,9 na amostra 05, no entanto a acidez caracterizou 75% das amostras.

A concentração das bases trocáveis seguiu a ordem Mg > Ca > K. A soma do cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Sódio (Na) e Potássio (K), denominada soma das bases trocáveis (S), apresentou valores entre 8 cmolc/dm³ e 18,96 cmolc/dm³ (Figura 18).

Figura 18 – Soma das bases trocáveis na espécie *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de setembro de 2011.

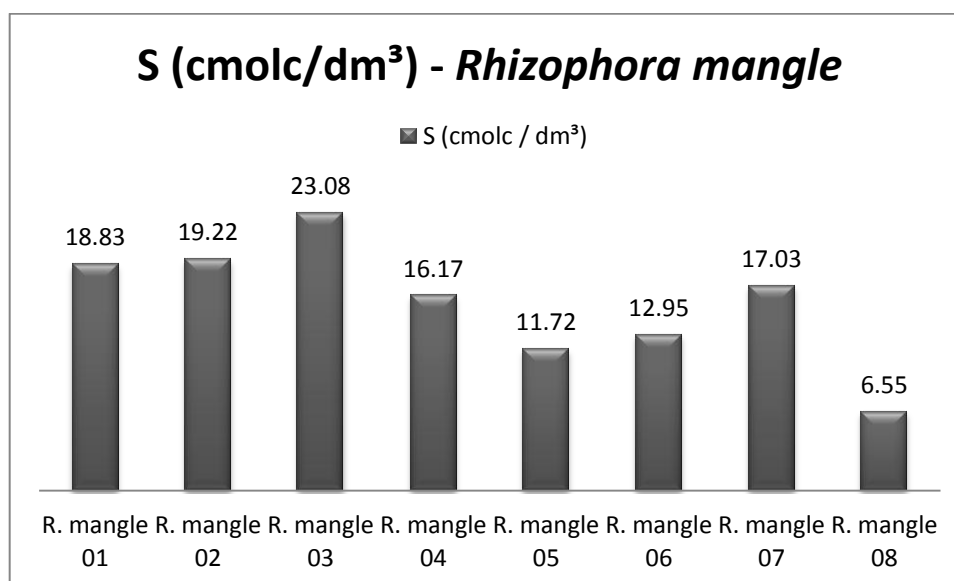


A capacidade de troca catiônica (CTC) apresentou-se moderadamente baixa em todas as amostras, com valores entre 10 e 18 cmolc/dm³. A saturação por bases (V) em 75% das amostras foi superior a 50%, variando entre 59% e 99%, assim, o solo foi classificado como eutrófico. A saturação por alumínio (m) foi de 2% na amostra 06 e de 9% na amostra 07.

Na segunda campanha, a maior concentração de fósforo (P) oscilou entre 3 e 21 mg/dm³, o potencial hidrogeniônico (pH) variou de extremamente ácido, com 4,3 na amostra 02, a ligeiramente alcalino, com 8 na amostra 02, no entanto a acidez caracterizou 62,50% das amostras.

A concentração das bases trocáveis seguiu a ordem $Mg > Ca > K$. A soma das bases trocáveis (S) apresentou valores entre 6,55 e 23,08 cmolc/dm³ (Figura 19).

Figura 19 – Soma das bases trocáveis na espécie *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de fevereiro de 2012.



A capacidade de troca catiônica (CTC) apresentou-se de moderadamente baixa, com 12,6 cmolc/dm³, a moderadamente alta, com 21,1 cmolc/dm³. A saturação por bases (V) em 75% das amostras foi superior a 50%, variando entre 52% e 96%, sendo o solo foi classificado como eutrófico. A saturação por alumínio (m) foi de 1% na amostra 07 e de 2% nas amostras 05 e 08.

O sedimento na espécie *Rhizophora mangle* nas duas campanhas foi predominantemente ácido, o mesmo comportamento observado por Rossi e Mattos (2002) ao realizarem uma caracterização físico-química dos solos de mangue no Estado de São Paulo. Os autores consideraram perfis predominantemente muito ácidos, como também um perfil com caráter neutro.

No entanto, os resultados encontrados no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca, discordam com os valores observados por Cuzzuol e Campos (2001) ao estudarem os aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do rio Mucuri, na Bahia, no qual a espécie apresentou característica neutra em todos os sítios.

Os valores de pH são muito variáveis, podendo ocorrer mudanças sazonais muito acentuadas pelo ciclo das marés, que submete os sedimentos a inundações periódicas, elevando os valores do potencial hidrogeniônico com a saturação do solo e diminuindo ao ficarem expostos (ODUM; HEALD, 1972; CINTRON; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

No que diz respeito ao magnésio, a maior concentração ocorreu nas amostras da espécie *Rhizophora mangle*, resultado semelhante ao encontrado por Oliveira, Freitas e Accioly (1996), que constataram maiores concentrações de Magnésio em relação ao Cálcio e Potássio ao estudarem a composição química das folhas e do solo de *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemoso* no manguezal do rio Mucuri, na Bahia.

O mesmo comportamento foi observado num manguezal o norte do Rio de Janeiro por Bernini e Rezende (2010) ao estudarem a concentração de nutrientes nas folhas e sedimentos do ecossistema.

O magnésio no solo depende da textura e do conteúdo de matéria orgânica, ambos responsáveis pela capacidade de troca catiônica. A concentração de Mg é usualmente maior em solos arenosos do que naqueles com alto conteúdo de argila. Isso é explicável pelo fato de que os solos com grande conteúdo de argila têm maior capacidade adsorvente do que os arenosos (WIEND, 2007).

Como observado, as frações predominantemente arenosas no solo da espécie *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Maracaípe pode justificar a maior concentração de magnésio na espécie, como também a maior influência marítima (BERNINI; REZENDE, 2010).

A soma das bases trocáveis (S) apresentou valores mínimos de 8 e 6,55 cmolc/dm³ e máximos de 18,96 e 23,08 cmolc/dm³, na primeira e segunda campanha, respectivamente. A capacidade de troca catiônica oscilou entre os mínimos de 10 e 12,6 cmolc/dm³ e máximos de 18 a 21,1 cmolc/dm³, nas campanhas de setembro de 2011 e fevereiro de 2012, respectivamente.

Os valores da CTC estão em consonância com os resultados obtidos por Oliveira, Freitas e Accioly (1996) no solo da espécie *Rhizophora mangle* do manguezal do rio Mucuri, na Bahia. No entanto, os valores estão abaixo do encontrado na referida espécie por Cuzzuol e Campos (2001) no mesmo estuário.

Lopes e Guidolin (1987) afirmam que os solos com CTC entre 6 e 25 cmolc/dm³ apresentam alta percentagem de argila ou alto teor de matéria orgânica, pH baixo, maior capacidade de retenção de nutrientes e maior capacidade de retenção de umidade, portanto diferente dos valores encontrados no estuário do rio Maracaípe.

Os valores apontados pelos autores e as descrições do solo apresentam algumas reflexões sobre o solo de *Rhizophora mangle* no estuário do rio Maracaípe. Apesar da matéria orgânica (MO) não ter sido analisada no presente estudo, a predominância da fração arenosa nas amostras e os valores da CTC encontrados apontam para um alto teor de MO no solo, como também a acidez, que reflete também na saturação por bases.

A saturação por bases apresentou valores mínimos de 52% e 59% e máximos de 96% e 99%. O parâmetro reflete quanto por cento dos pontos de troca de cátions potencial do complexo coloidal do solo estão ocupados por bases, ou seja, quanto por cento das cargas negativas, passíveis de troca a pH 7,0, estão ocupados por Ca, Mg, K e Na, em comparação com aqueles ocupados por H e Al. É um parâmetro utilizado para separar solos considerados férteis ($V\% > 50$) de solos de menor fertilidade ($V\% < 50$) (SILVA, 2009).

Cuzzuol e Rocha (2011), ao estudarem a interação do regime hídrico com as relações nutricionais em ecossistema manguezal, observaram resultados semelhantes na saturação por bases em *Rhizophora mangle*, com valores acima de 80%, além de concluírem que as maiores concentrações de nutrientes estavam presentes na espécie.

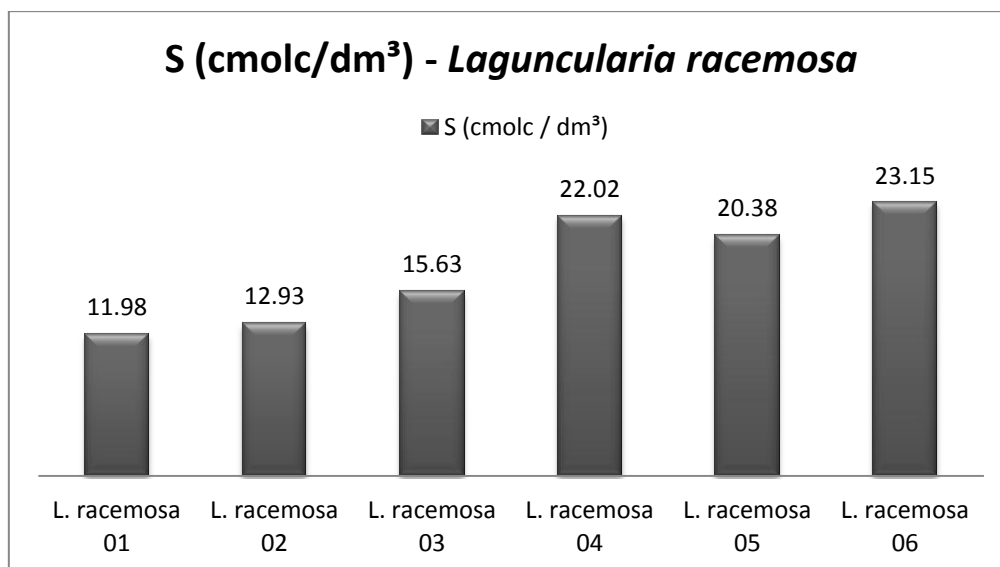
Rhizophora mangle é considerada uma espécie intolerante a longos períodos secos, com predileção por ambientes com solos frequentemente inundados, onde a disponibilidade de nutrientes aumenta na medida em que as maiores concentrações estão relacionadas às menores amplitudes das marés, sendo, portanto, a espécie que melhor se adapta aos alagados (LUGO; SNEDAKER, 1974).

4.2.2 Análise química do sedimento da espécie *Laguncularia racemosa*

Em *Laguncularia racemosa* a concentração de fósforo (P) no sedimento oscilou entre 4 e 18 mg/dm³, o potencial hidrogeniônico (pH) variou de extremamente ácido, com 3,8 na amostra 04, a ligeiramente alcalino, com 8,1 na amostra 03, no entanto a acidez caracterizou 83,33% das amostras.

A concentração das bases trocáveis seguiu a ordem $Ca > Mg > K$. A soma do cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Sódio (Na) e Potássio (K), denominada soma das bases trocáveis (S), apresentou valores entre 11,98 e 23,15 cmolc/dm³ (Figura 20).

Figura 20 – Soma das bases trocáveis na espécie *Laguncularia racemoso* manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de setembro de 2011.

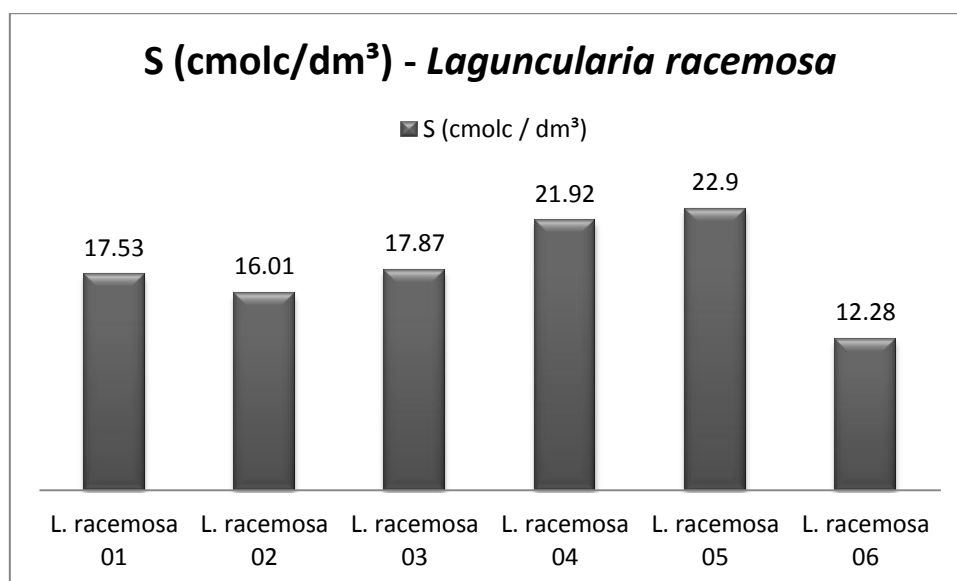


A capacidade de troca catiônica (CTC) oscilou entre moderadamente baixa, com valor de 14,8 cmolc/dm³ e alta, com 35,2 cmolc/dm³. A saturação por bases (V) em 83,33% das amostras foi superior a 63%, variando entre 63% e 85%, assim o solo foi classificado como eutrófico. A saturação por alumínio (m) foi de 1% nas amostras 06 e de 5% na amostra 04.

Na segunda campanha, a maior concentração de fósforo (P) variou entre 3 e 14 mg/dm³, o potencial hidrogeniônico (pH) alterou de extremamente ácido, com 4,3 na amostra 02, a ligeiramente alcalino, com 8 na amostra 02, no entanto a acidez caracterizou 62,50% das amostras.

A concentração das bases trocáveis seguiu a ordem $Mg > Ca > K$. A soma das bases trocáveis (S) apresentou valores entre 12,28 e 22,90 cmolc/dm³ (Figura 21).

Figura 21 – Soma das bases trocáveis na espécie *Laguncularia racemosa* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de fevereiro de 2012.



A capacidade de troca catiônica (CTC) oscilou entre moderadamente baixa, com valor de 14 cmolc/dm³ e alta, com 30,6 cmolc/dm³. A saturação por bases (V) em 83,33% das amostras foi superior a 72%, variando entre 72% e 99%, sendo o solo classificado como eutrófico. A saturação por alumínio (m) foi de 1% nas amostras 03 e 04.

O sedimento na espécie *Laguncularia racemosa* nas duas campanhas foi predominantemente ácido, assim como em *Rhizophora mangle*. Bernini *et al.* (2006) analisaram a composição química do sedimento e de folhas das espécies do manguezal do estuário do rio São Mateus, no Espírito Santo e concluíram que o potencial hidrogeniônico em *Laguncularia racemosa* oscilou de levemente ácido a neutro.

O caráter levemente ácido do sedimento também foi notado por Cuzzuol e Rocha (2011) na espécie, com valor de 6,9, ou seja, bem próximo a neutralidade.

Coelho *et al.* (1982) alertam que o consumo de oxigênio aumenta em decorrência da decomposição de matéria orgânica, acidificando o sedimento, que pode ter origem natural, produzida pelos rios, pelo próprio estuário ou mar, além das atividades humanas, vindo dos esgotos residenciais ou industriais.

Esse processo pode justificar a acidez em algumas amostras do sedimento da espécie, na medida em que o estuário foi classificado como extremamente impactado por Nova e Torres (2012). A emissão de efluentes domésticos foi um dos tensores observados pelas autoras.

A maior concentração de Cálcio na primeira campanha em relação ao magnésio e potássio em *Laguncularia racemosa* é relatada na literatura. Por ser uma espécie que apresenta menos tolerância às inundações prolongadas em relação à *Rhizophora mangle*, a concentração de Magnésio tende a ser menor como relatado por Bernini e Rezende (2010). A predominância de Magnésio na segunda campanha pode refletir a maior influência marinha no período analisado.

A soma das bases trocáveis (S) apresentou valores mínimos de 11,28 e 12,98 cmolc/dm³ e máximos 23,15 e 22,90 cmolc/dm³, na primeira e segunda campanha, respectivamente. A capacidade de troca catiônica oscilou entre os mínimos de 14,8 e 14 cmolc/dm³ e máximo de 35,2 a 30,6 cmolc/dm³, nas campanhas de setembro de 2011 e fevereiro de 2012, respectivamente.

Os valores da capacidade de troca catiônica estão bem acima do encontrado por Oliveira, Freitas e Accioly (1996) ao analisarem a composição química das folhas e do solo em *Laguncularia racemosa* sob ação de resíduos industriais, que foi de 16,00 cmolc/dm³.

Os valores da CTC estão diretamente relacionados com a matéria orgânica. Um solo rico em matéria orgânica apresentará altos valores de CTC total, mas sendo ácido, poderá apresentar baixos valores de CTC efetiva, que exclui o Hidrogênio. Se houver condições favoráveis à sobrevivência de bactérias e fungos, formam-se ácidos húmicos. Esses ácidos têm um importante papel na formação de grumos e macroporos responsáveis por tornar a terra fofa e facilitar a entrada de ar e água no solo (RONQUIM, 2010).

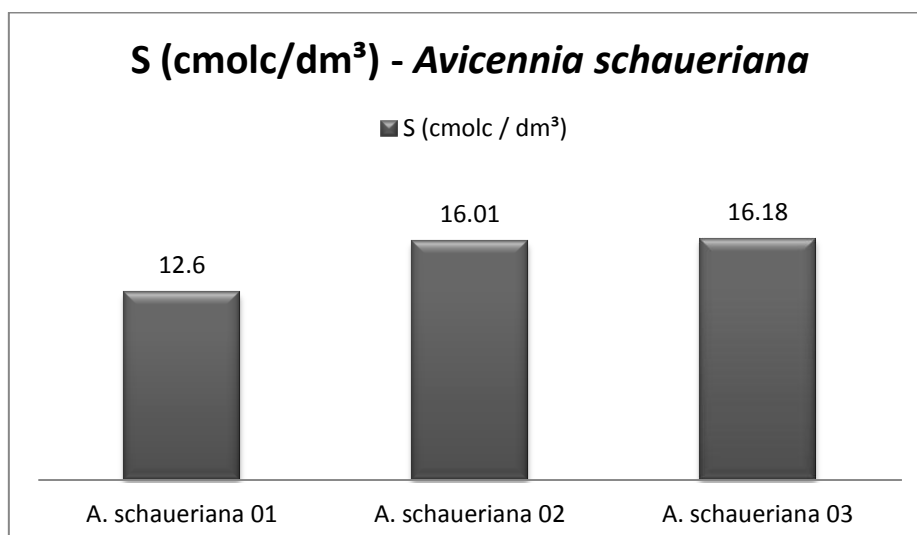
No que diz respeito à saturação por bases, esta apresentou valores mínimos de 63% e 72% e máximos de 85% e 99%. Assim como na espécie *Rhizophora mangle*, o solo em *Laguncularia racemosa* foi considerado eutrófico. Ball (1980) e McKee e Rooth (2008) consideram esta como uma espécie intolerante à sombra e dependente de sítios com solos mais férteis.

4.2.3 Análise química do sedimento da espécie *Avicennia schaueriana*

Em *Avicennia schaueriana* a concentração de fósforo (P) no sedimento oscilou entre 5 e 14 mg/dm³, o potencial hidrogeniônico (pH) variou de moderadamente ácido, com 5,9 na amostra 01, a ligeiramente alcalino, com 8,2 na amostra 02. O caráter alcalino caracterizou 66,66% das amostras.

A concentração das bases trocáveis seguiu a ordem Ca > Mg > K. A soma das bases trocáveis (S) apresentou valores entre 12,60 e 16,18 cmolc/dm³ (Figura 22).

Figura22 – Soma das bases trocáveis na espécie *Avicennia schaueriana* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de setembro de 2011.

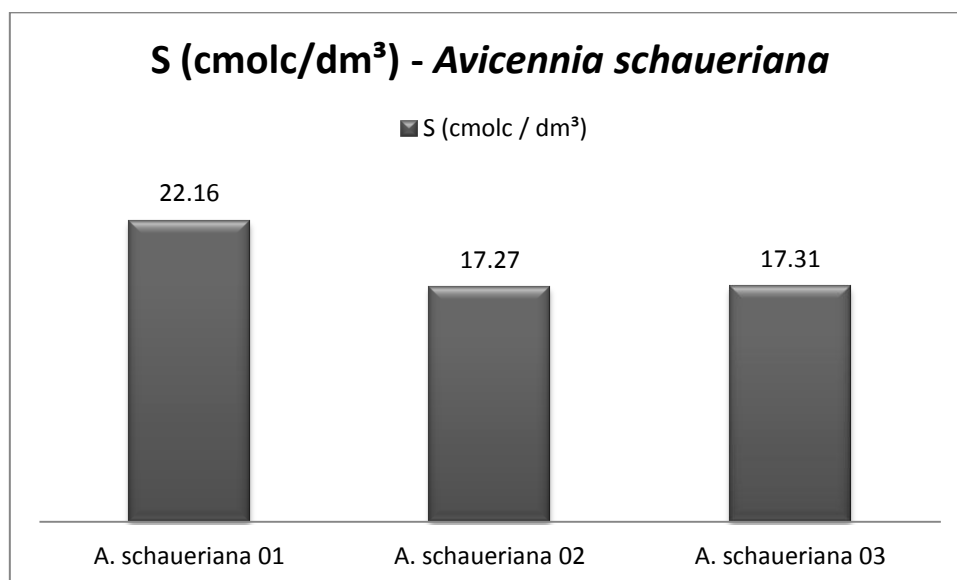


A capacidade de troca catiônica (CTC) em todas as amostras foi moderadamente baixa, com valor mínimo de 14,8 cmolc/dm³ e máximo de 16,18cmolc/dm³. A saturação por bases (V) em todas as amostras foi superior a 85%, caracterizando o solo como eutrófico. Não houve saturação por alumínio em nenhuma amostra.

Na segunda campanha, a maior concentração de fósforo (P) variou entre 3 e 14 mg/dm³, o potencial hidrogeniônico (pH) oscilou de fortemente ácido, com 5,4 na amostra 03, a ligeiramente alcalino, com 8,1 na amostra 01, no entanto a alcalinidade representou 66,66% das amostras.

A concentração das bases trocáveis seguiu a ordem $Mg > Ca > K$. A soma das bases trocáveis (S) apresentou valores entre 17,27 e 22,16 $cmolc/dm^3$ (Figura 23).

Figura 23 – Soma das bases trocáveis na espécie *Avicennia schaueriana* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de fevereiro de 2012.



A capacidade de troca catiônica (CTC) oscilou entre moderadamente baixa, com valor de 17,4 $cmolc/dm^3$ e moderadamente alta, com 22,16 $cmolc/dm^3$. A saturação por bases (V) em todas as amostras foi superior a 87%, caracterizando o solo como eutrófico. Não houve saturação por alumínio em nenhuma amostra.

O solo na espécie *Avicennia schaueriana* nas duas campanhas foi predominantemente alcalino, diferentemente das espécies *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*.

Mizushima, Amorim e Falcão (2011) ao estudarem o efeito dos metais-traço sobre a decomposição da celulose em folhas de *Avicennia schaueriana* em sedimentos de manguezais submetidos à poluição por atividades petrolíferas da baía de Todos os Santos, na Bahia, observaram que o pH apresentou caráter neutro em todos os sítios.

Oliveira, Freitas e Accioly (1996) encontraram comportamento distinto no manguezal do estuário do rio Mucurí, na Bahia. Os autores observaram que o solo na espécie *Avicennia schaueriana* se apresentou ligeiramente ácido, com 6,1, menor valor quando comparado aos de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*. A variedade dos

tipos de ambientes na espécie *Avicennia schaueriana* está dentro do descrito na literatura, pelo fato da mesma ser tolerante a estresse (KATHIRESAN, 2001).

As concentrações das bases trocáveis apresentaram maior valor de Cálcio em relação ao Magnésio e o Potássio, em setembro de 2011, e o Magnésio mais que o Cálcio e Potássio, em fevereiro de 2012.

A maior concentração de Cálcio em relação aos outros nutrientes no gênero *Avicennia* foi constatada por Bernini e Rezende (2010). Os autores atribuíram aos fatores gênero e sítio, no qual o gênero exibiu concentração de Ca quatro vezes mais elevada no interior da floresta.

Cuzzuol e Rocha (2012) também observaram no estuário do rio Mucurí, na Bahia, maior concentração de Ca no sedimento do gênero e alertaram que embora o Ca tenha-se acumulado nos sedimentos na época de maior vazão do rio, a absorção do Ca não foi estimulada pela maior disponibilidade desse elemento, e destacaram que outros fatores como as exigências nutricionais interespecíficas e as propriedades físico-químicas dos sedimentos podem estar envolvidos.

A mudança nas concentrações na segunda campanha, na qual o Magnésio foi maior, pode refletir uma maior influência marinha, como também, o processo de inclusão de sais no sistema da espécie.

A soma das bases trocáveis (S) apresentou valores mínimos de 12,60 e 17,27 cmolc/dm³ e máximos de 16,18 e 22,16 cmolc/dm³, na primeira e segunda campanha, respectivamente. A capacidade de troca catiônica oscilou entre os mínimos de 14,8 e 17,4 cmolc/dm³ e máximos de 16,18 a 22,16 cmolc/dm³, nas campanhas de setembro de 2011 e fevereiro de 2012, respectivamente.

Os resultados da capacidade de troca catiônica em *Avicennia schaueriana* no manguezal do estuário do rio Maracaípe concordam como os valores encontrados por Cuzzuol e Campos (2001) na espécie, ao analisarem os aspectos nutricionais na vegetação de manguezal num estuário na Bahia. Os autores atribuíram as diferenças de CTC entre as espécies à composição granulométrica em cada uma delas.

Reinert e Reichert (2006) postulam que a menor composição da fração areia observada na espécie no presente estudo confere ao solo uma menor lixiviação, poder de concentração de matéria orgânica de médio a alto e menor taxa de decomposição, o que permite a liberação paulatina de nutrientes tornando-o fértil por mais tempo.

Essa assertiva justifica os valores de saturação por bases, que foram de 85% e 87% nas duas campanhas e, como observado, há pouca variação nos valores entre os períodos e manutenção nos níveis dos mesmos.

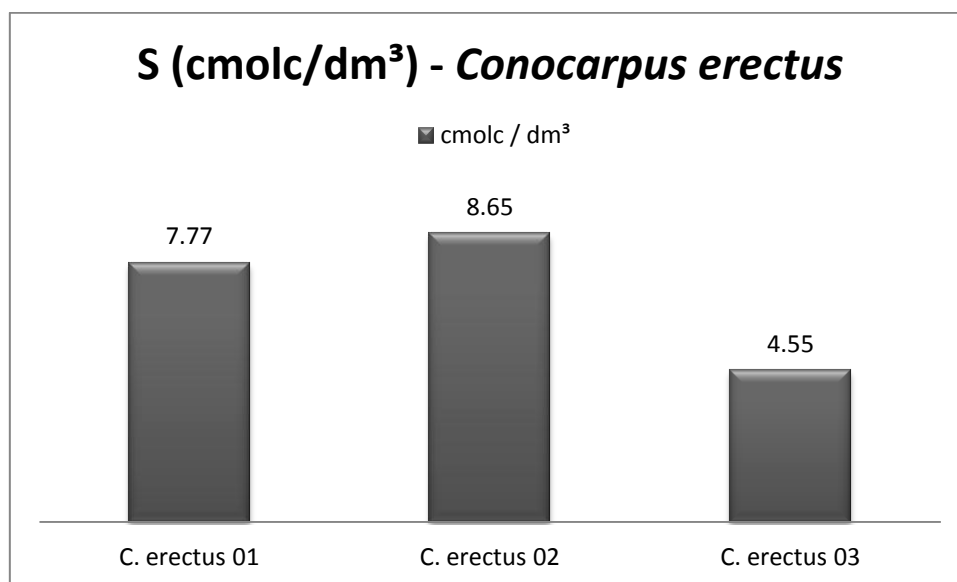
Lacerda, Ittekkot e Patchineelam (1994) ressaltam a capacidade da espécie em aumentar o teor de oxigênio no sedimento pelas raízes, elevando a quantidade de matéria orgânica, processo que também abona o caráter eutrófico encontrado nos resultados do presente estudo.

4.2.4 Análise química do sedimento da espécie *Conocarpus erectus*

Em *Conocarpus erectus* a concentração de fósforo (P) no sedimento oscilou entre 9 e 21 mg/dm³, o potencial hidrogeniônico (pH) em todas as amostras foi ligeiramente alcalino, com 7,8 na amostra 02 e 8,3 na amostra 03.

A concentração das bases trocáveis seguiu a ordem Ca = Mg > K. A soma das bases trocáveis (S) apresentou valores entre 4,55 e 8,65 cmolc/dm³ (Figura 24).

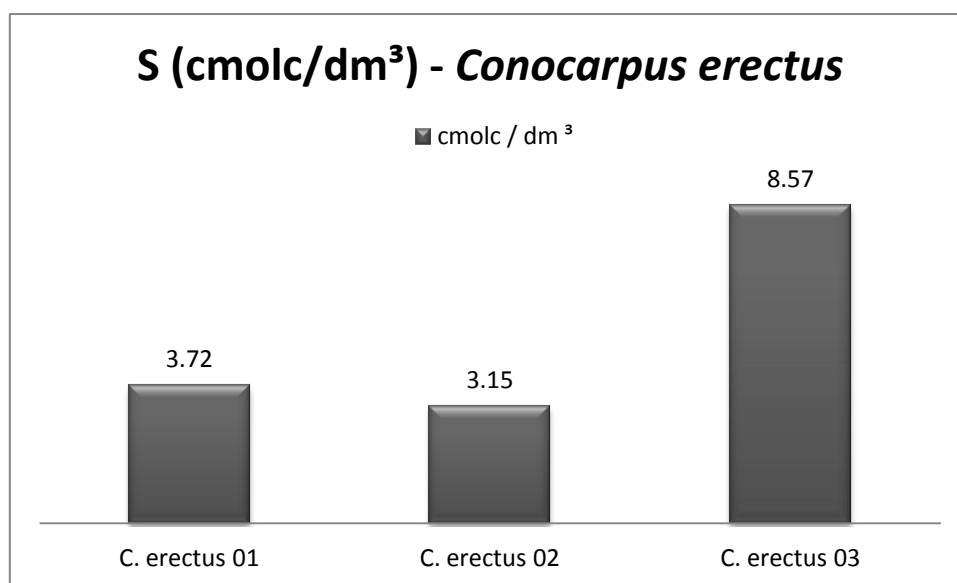
Figura 24 – Soma das bases trocáveis na espécie *Conocarpus erectus* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de setembro de 2011.



A espécie não apresentou capacidade de troca catiônica e nem saturação por bases. Na segunda campanha, a maior concentração de fósforo (P) variou entre 16 e 31 mg/dm³ e o potencial hidrogeniônico (pH) foi levemente alcalino em todas as amostras

A concentração das bases trocáveis seguiu a ordem Mg > Ca > K. A soma das bases trocáveis (S) apresentou valores entre 3,15 e 8,57 cmolc/dm³ (Figura 25).

Figura 25 – Soma das bases trocáveis na espécie *Conocarpus erectus* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE na campanha de fevereiro de 2012.



Assim como na primeira campanha, não houve capacidade de troca catiônica nem saturação por bases na campanha de fevereiro de 2012.

A característica alcalina no solo da espécie *Conocarpus erectus* no manguezal do estuário do rio Maracaípe concorda as descritas por El-Mahrouk, El-Nady e Hegazi (2010), ou seja, arenoso e com altos valores de pH.

Cuzzuol e Campos (2001) observaram que o potencial hidrogeniônico aumenta, tendendo a neutralidade, nos solos com maior fração de areia, quando analisaram as características físico-químicas nas espécies *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* e *Rhizophora mangle*, esta última apresentando solo predominantemente arenoso, com valores de pH acima de 7,0.

O aumento da concentração da fração arenosa parece elevar o valor do potencial hidrogeniônico, contrariando a assertiva de que os solos mais secos tendem a diminuir o pH. Vale ressaltar que o mesmo pode ser alterado por uma gama de fatores, como as variações das marés (ODUM; HEALD, 1972; CINTRON; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

No que diz respeito à concentração de Magnésio ter sido igual ao de Cálcio na campanha de setembro de 2011 e maior em fevereiro de 2012 parece estar relacionada às características físicas do solo, na medida em que o mesmo é maior em solos arenosos.

O caráter arenoso do solo parece influenciar também nos baixos valores da soma das bases trocáveis (S) e nenhuma capacidade de troca catiônica, que é mais susceptível à lixiviação, erosão, matéria orgânica baixa, além de aquecer rápido, o que confere uma carência de nutrientes nesse tipo de ambiente, no qual *Conocarpus erectus* se estabelece (REINERT; REICHERT, 2008).

O resumo dos dados químicos do solonchais espécies arbóreas do manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE estão descritas na Tabela 27.

As espécies *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* apresentaram solos ácidos, enquanto *Avicennia schaueriana* e *Conocarpus erectus*, solos alcalinos.

A concentração das bases seguiu a ordem $Mg > Ca > K$ nas duas campanhas na espécie *Rhizophora mangle*. Em *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana* a ordem foi $Ca > Mg > K$ na campanha de setembro de 2011 e $Mg > Ca > K$ na campanha de fevereiro de 2012. Em *Conocarpus erectus* os teores de Cálcio e Magnésio foram equivalentes na primeira campanha e na segunda apresentou a sequência $Mg > Ca > K$. De modo geral, observou-se a influência marinha pela predominância do Magnésio em todas as espécies e em grande parte das amostras, na medida em que o Cálcio apresentou teores mais elevados na época de maiores precipitações, correspondente à primeira campanha (Tabela 27).

Tabela 27 – Resumo das características de pH e concentração das bases no solo das espécies arbóreas no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

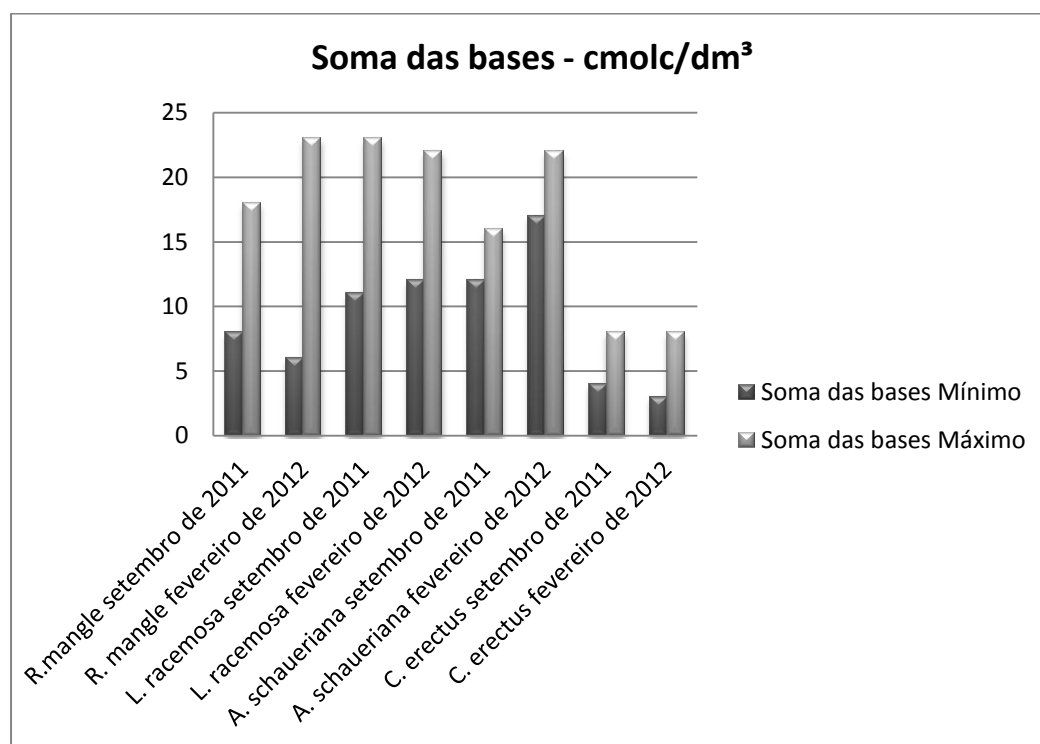
Espécie / Campanha	pH	Concentração das bases
<i>R.mangle</i> setembro de 2011	ácido	Mg, Ca, K
<i>R. mangle</i> fevereiro de 2012	ácido	Mg, Ca, K
<i>L. racemosa</i> setembro de 2011	ácido	Ca, Mg, K
<i>L. racemosa</i> fevereiro de 2012	ácido	Mg, Ca, K
<i>A. schaueriana</i> setembro de 2011	alcalino	Ca, Mg, K
<i>A. schaueriana</i> fevereiro de 2012	alcalino	Mg, Ca, K
<i>C. erectus</i> setembro de 2011	alcalino	Ca=Mg, K
<i>C. erectus</i> fevereiro de 2012	alcalino	Mg, Ca, K

Na campanha de setembro de 2011, o valor mais baixo da soma das bases ocorreu na espécie *Conocarpus erectus*, seguida por *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. O valor mais alto foi na espécie *Laguncularia racemosa*, em sequência *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* e *Conocarpus erectus*.

Na campanha de fevereiro de 2012, o valor mais baixo da soma das bases teve o mesmo comportamento da primeira campanha. O valor máximo apresentou uma diferença com *Rhizophora mangle* com a maior soma, seguida por *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Conocarpus erectus*.

O valor da soma das bases seguiu a ordem *Laguncularia racemosa* > *Rhizophora mangle* > *Avicennia schaueriana* > *Conocarpus erectus* (Figura 26).

Figura 26 – Valor da soma das bases no solo das espécies arbóreas no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

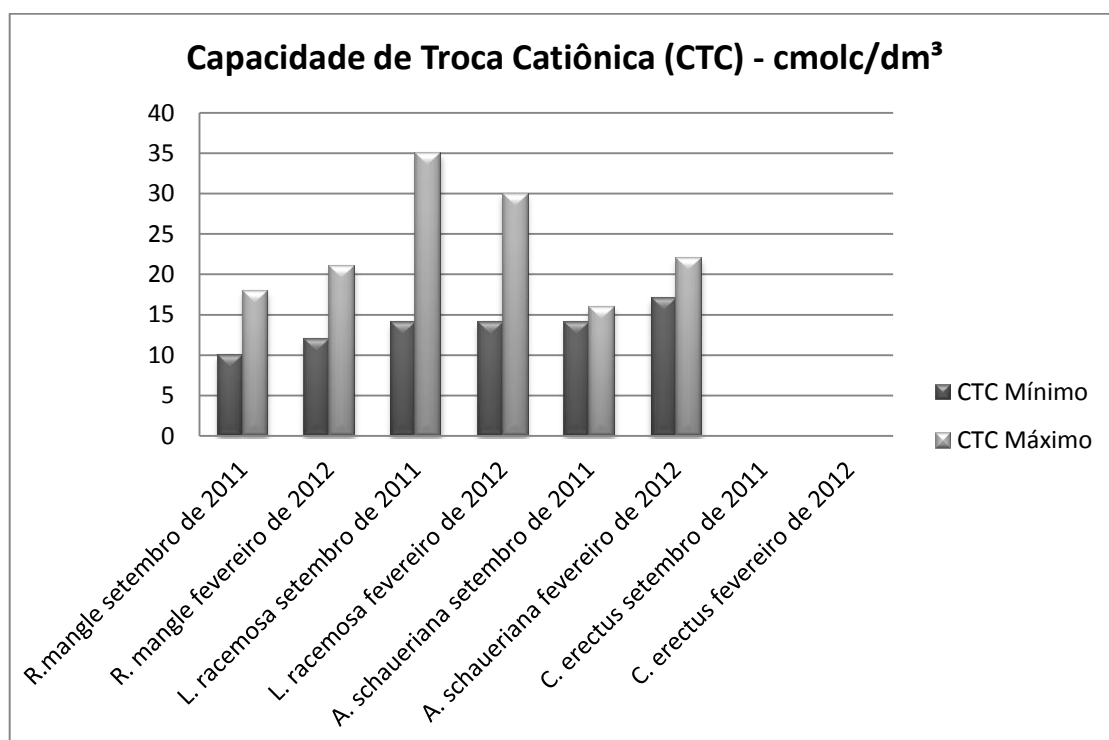


Na campanha de setembro de 2011, o valor mais baixo da Capacidade de Troca Catiônica ocorreu na espécie *Rhizophora mangle*, seguida por *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. O valor mais alto foi na espécie *Laguncularia racemosa*, em sequência *Rhizophora mangle* e *Avicennia schaueriana*. *Conocarpus erectus* não apresentou CTC.

Na campanha de fevereiro de 2012, o valor mais baixo da soma das bases teve o mesmo comportamento da primeira campanha, assim como o valor máximo. A espécie *Conocarpus erectus* não apresentou CTC.

O valor da Capacidade de Troca Catiônica seguiu a ordem *Laguncularia racemosa* > *Rhizophora mangle* > *Avicennia schaueriana* (Figura 27).

Figura 27 – Valor da Capacidade de Troca Catiônica no solo das espécies arbóreas no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

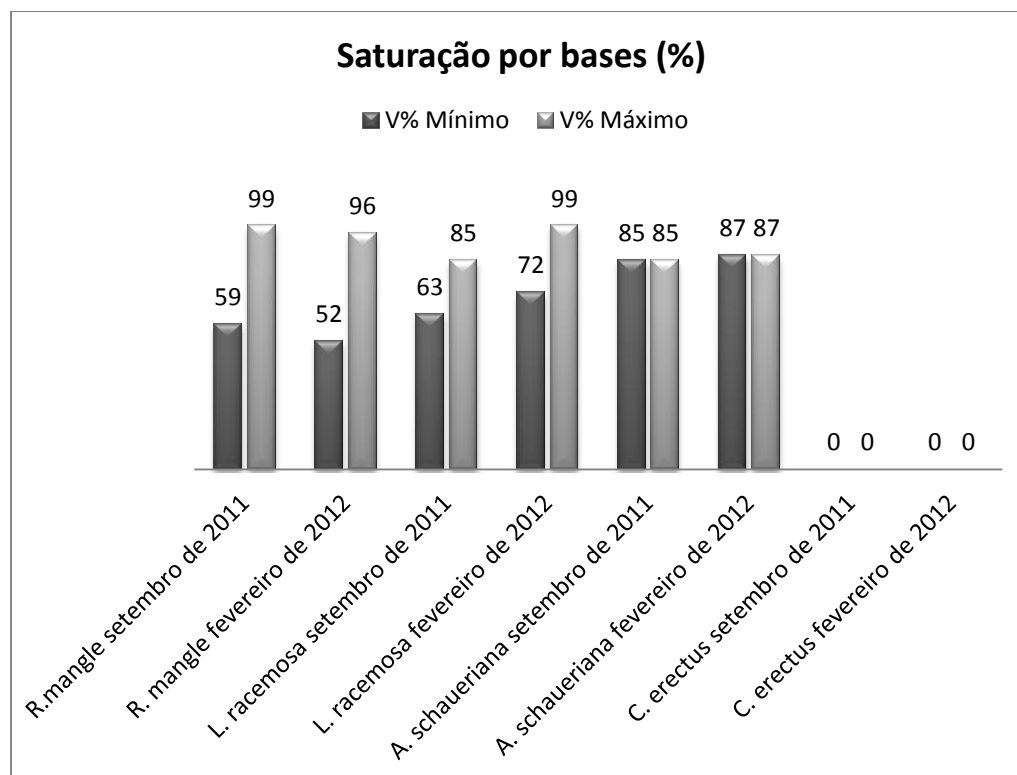


Na campanha de setembro de 2011, o valor mais baixo da saturação por bases ocorreu na espécie *Rhizophora mangle*, seguida por *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. O valor mais alto foi na espécie *Rhizophora mangle*, em sequência *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. *Conocarpus erectus* não apresentou saturação por bases.

Na campanha de fevereiro de 2012, o valor mais baixo da saturação por bases teve o mesmo comportamento da primeira campanha, enquanto o valor máximo apresentou a sequência *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle* e *Avicennia schaueriana*. A espécie *Conocarpus erectus* não apresentou saturação por bases.

O valor da saturação por bases seguiu a ordem *Laguncularia racemosa* > *Rhizophora mangle* > *Avicennia schaueriana* (Figura 28).

Figura 28 – Valor da saturação das bases no solo das espécies arbóreas no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.



4.3 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS NAS ESPÉCIES DE MANGUE

4.3.1 Análise dos Componentes Principais na espécie *Rhizophora mangle*

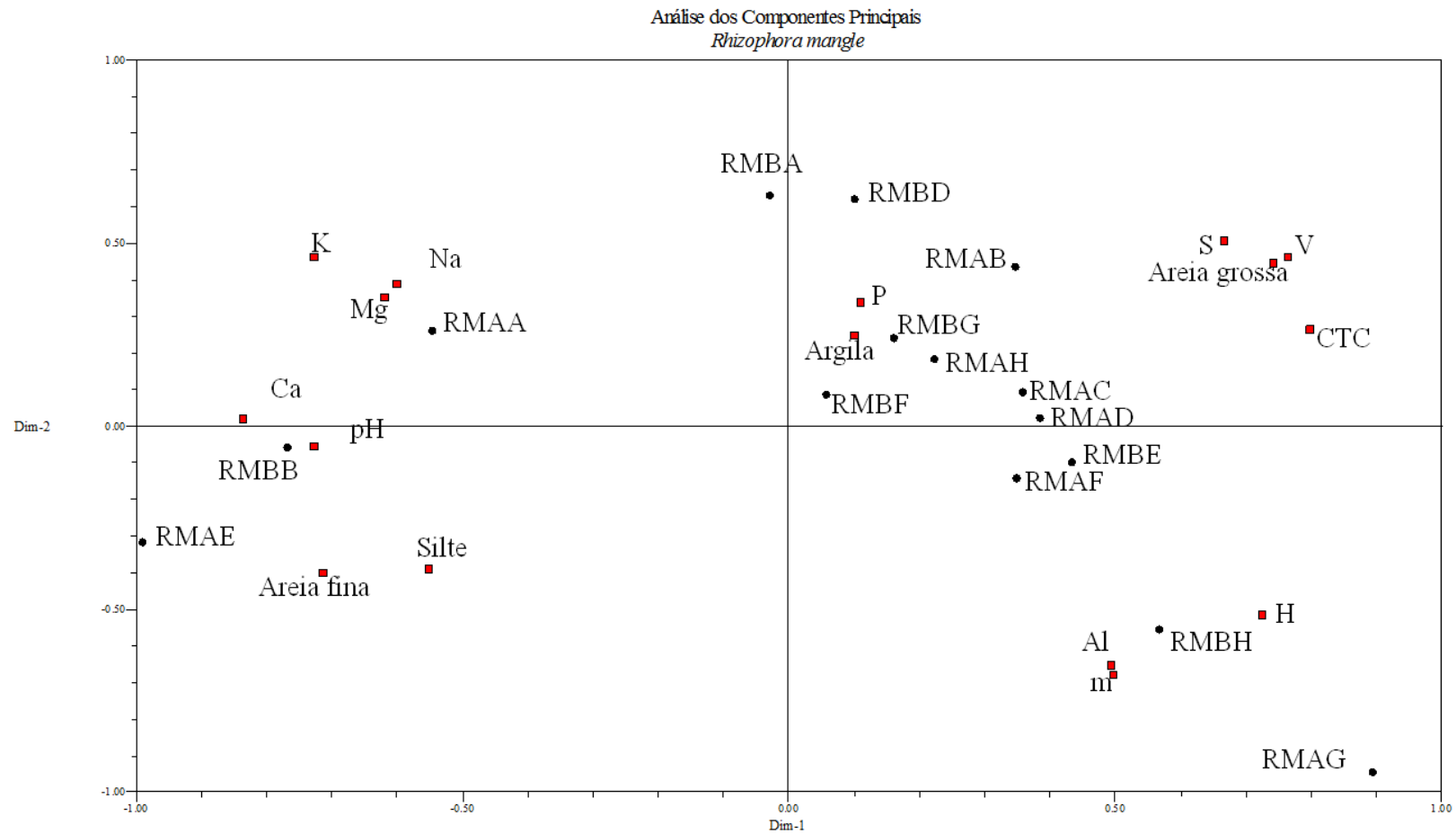
Na Análise dos Componentes Principais em *Rhizophora mangle* os autovalores das duas primeiras dimensões explicaram 58,98% da variação total, sendo 41,03% correspondente à primeira e 17,95%, à segunda. A terceira foi de 14,84%, totalizando 73,83% das variáveis que envolvem as dezesseis amostras da espécie. Na dimensão um (D1) os índices estão relacionados com a CTC, V, Areia grossa eH, e inversamente proporcional aos índices de Ca, K, pH, e areia Fina. Na dimensão dois (D2) o S explicou os principais valores em detrimento dos valores de m e Al (Tabela 28 e Figura 29).

Tabela 28 – Análise dos Componentes Principais na espécie *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Maracápe, Ipojuca/PE.

PARÂMETROS ANALISADOS	D1	D2	D3
Areia Grossa	0.7422	0.4456	0.221
Areia fina	-0.7129	-0.3999	-0.1908
Silte	-0.551	-0.3912	-0.3600
Argila	0.1014	0.2489	0.7123
P	0.1103	0.3369	0.3996
pH	-0.7264	-0.0565	0.0905
Ca	-0.8356	0.0181	0.1272
Mg	-0.6203	0.3517	-0.5533
Na	-0.6014	0.3876	-0.4739
K	-0.7267	0.4609	-0.4105
Al	0.4943	-0.6528	-0.2769
H	0.7249	-0.5165	-0.2183
S	0.6659	0.5064	-0.5006
CTC	0.7978	0.264	-0.5044
V	0.7638	0.463	-0.2829
m	0.4976	-0.6794	-0.2456

* Os valores em negrito têm maior representatividade

Figura 29 – Análise dos Componentes Principais na espécie *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.



A partir da Análise dos Componentes Principais observou-se que, dentre os parâmetros físicos, a fração granulométrica Areia grossa, apresentou maior influência na espécie *Rhizophora mangle*. Quanto aos componentes químicos, o H, CTC e V tiveram maior controle.

As características físicas parecem ter a mesma importância que as químicas na determinação do crescimento e saúde dos manguezais (VANNUCCI, 1999). Schaeffer-Novelli (1991) afirma que a espécie *Rhizophora mangle* ocorre preferencialmente em zonas dominadas por silte, contrariando os resultados encontrados em Maracaípe, mas Bernini e Rezende (2010) advertiram à adaptabilidade da espécie em variados substratos.

Reinert e Reichert (2008) descreveram as propriedades de um solo com característica arenosa como sendo de menor porosidade, baixa retenção de água, boa drenagem e aeração, menor densidade do solo, de rápido aquecimento, resistente a compactação, baixa CTC, mais lixiviável e com baixo teor de matéria orgânica.

Como supracitado, os valores da capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação por bases (V), que têm relação direta com a CTC no solo na espécie *Rhizophora mangle*, apresentaram valores elevados, e relação inversa com a diminuição do pH e, portanto, com a acidificação do solo.

Mello (1983) postula que a maior disponibilidade dos nutrientes se dá em solos próximos a neutralidade, mas que uma leve acidez favorece a solubilidade de micronutrientes como Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Cobre (Cu). Souza *et al.* (1996) observaram essa tendência no manguezal da ilha do Pati, na Bahia, e notaram também que a diminuição do potencial hidrogeniônico num solo com muita matéria orgânica resultou em altos valores de CTC.

O caráter ácido do solo na espécie *Rhizophora mangle* no presente estudo, caracteriza-se por possuir predominância de íons H^+ em detrimento de íons cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+) adsorvidos em seu complexo coloidal de troca (RONQUIM, 2010), o que justifica a relação inversa entre o H e o Ca e K.

A capacidade de troca catiônica e a saturação por bases, processos químicos que apresentaram grande influência em *Rhizophora mangle*, têm como base de análise a soma das bases, que totaliza o Cálcio, Magnésio, Potássio e Fósforo no sedimento.

A soma das bases na espécie apresentou preponderância do Magnésio nas duas campanhas. O magnésio é um elemento essencial para a vida vegetal. A atividade fotossintética da maior parte das plantas é baseada na absorção da energia da luz solar, para transformar água e dióxido de carbono em hidratos de carbono e oxigênio. Esta reação só é possível devido à presença de clorofila, cujos pigmentos contêm um composto rico em magnésio (www.cprm.gov.br). As fontes deste nos solos se relacionam com o aporte marinho bem como de minerais, a exemplo da magnesita e carnalita (LICHT, 2005).

O componente areia grossa, que é típico de ambientes com maior energia das marés (SCHAEFFER-NOVELLI, 2002), em conjunto com os principais componentes químicos, certifica a maior influência marinha na espécie no estuário do rio Maracaípe.

A preferência da espécie por ambientes alagados e de maior influência marinha é descrito na literatura por Fróis Abreu (1939), em suas observações na Guiana Maranhense; Lima (1957), nos estudos fitogeográficos que realizou em Pernambuco; Rey e Rutledge (2001), nas análises sobre os manguezais; Schaeffer-Novelli (2002), no estudo dos grupos dos ecossistemas manguezal, marisma e apicum; e Duke e Allen (2006), ao descreverem o gênero.

4.3.2 Análise dos Componentes Principais na espécie *Laguncularia racemosa*

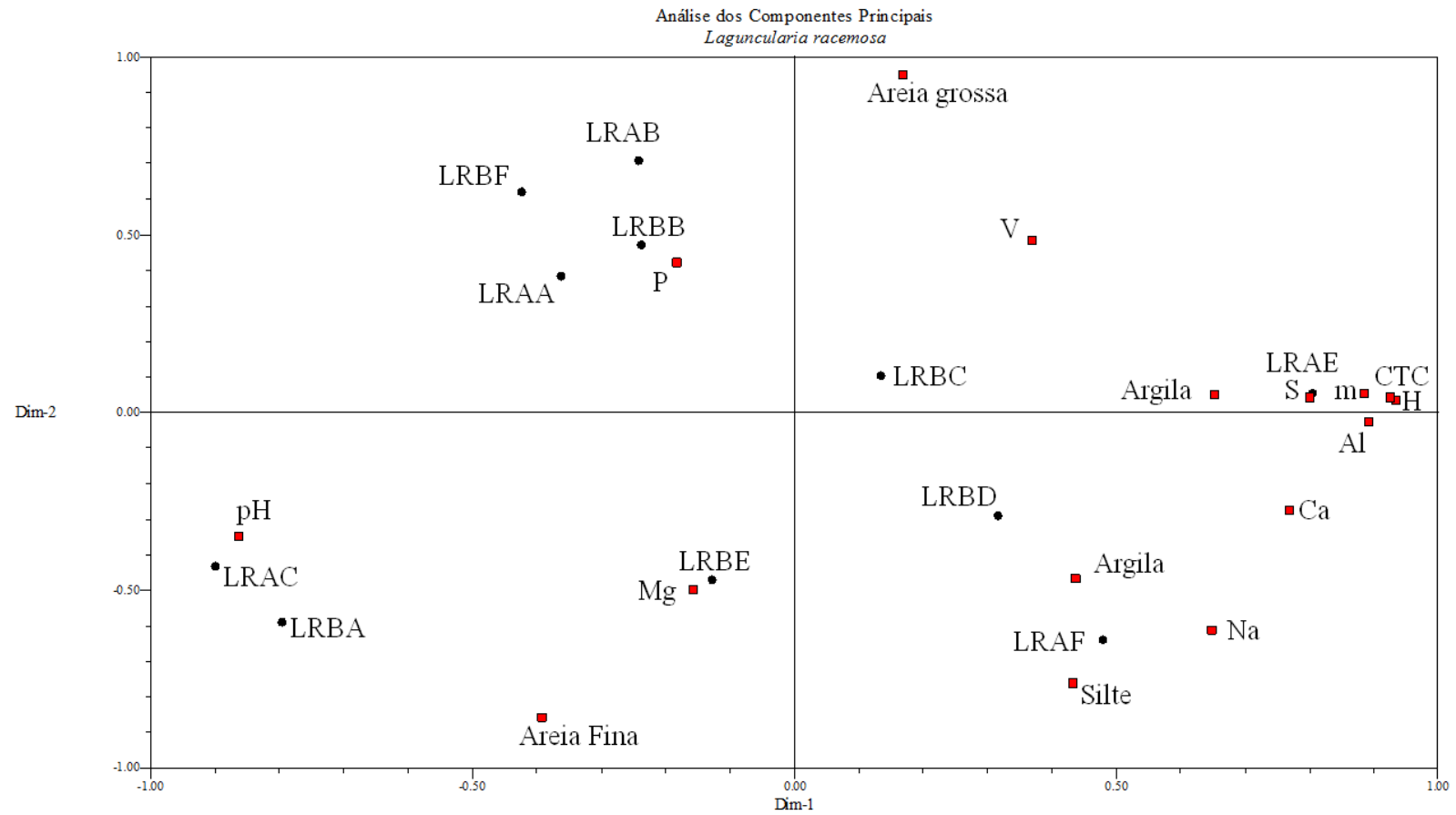
Na Análise dos Componentes Principais em *Laguncularia racemosa* os autovalores das duas primeiras dimensões explicaram 65,91% da variação total, sendo 42,99% correspondente à primeira e 22,92%, à segunda. A terceira foi de 19,10%, totalizando 85,02% das variáveis que envolvem as doze amostras da espécie. Na dimensão um (D1) os índices estão relacionados com o H, CTC, Al, m. S e Ca, e inversamente proporcional ao pH. Na dimensão dois (D2), a Areia grossa explicou os principais valores em detrimento dos valores de Areia fina e Silte (Tabela 29 e Figura 30).

Tabela 29 – Análise dos Componentes Principais na espécie *Laguncularia racemosa* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

PARÂMETROS ANALISADOS	D1	D2	D3
Areia Grossa	0.1678	0.9492	0.1058
Areia fina	-0.3924	-0.8554	-0.1147
Silte	0.4319	-0.7599	0.0066
Argila	0.653	0.0522	-0.4734
P	-0.1825	0.4221	0.1911
pH	-0.8628	-0.3475	-0.1825
Ca	0.7689	-0.2739	-0.4979
Mg	-0.1566	-0.4978	0.8143
Na	0.6481	-0.6125	0.1544
K	0.4366	-0.4656	0.6813
Al	0.891	-0.0273	-0.4344
H	0.9328	0.0337	-0.0511
S	0.8001	0.0445	0.5716
CTC	0.9259	0.0430	0.3631
V	0.368	0.4819	0.7072
m	0.8849	0.0557	-0.4353

* Os valores em negrito têm maior representatividade

Figura 30 – Análise dos Componentes Principais na espécie *Laguncularia racemosa* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.



A partir da Análise dos Componentes Principais observou-se que os componentes químicos Ca, Al, m, H, S, CTC apresentaram maior influência na espécie *Laguncularia racemosa*.

A capacidade de troca de cátions (CTC) de um solo representa a quantidade total de cátions retidos à superfície desses materiais em condição permutável, que é a soma das bases (Ca, Mg, Na, K) + Al e H. Esses componentes apresentaram relação direta na espécie no manguezal do estuário do rio Maracaípe em conjunto com a saturação por Alumínio (m), que expressa a fração ou quantos por cento da CTC efetiva estão ocupados pela acidez trocável ou Al trocável (LOPES; GUIDOLIN, 1987).

O solo dos manguezais apresenta caráter anaeróbico por causa da sua compactação (VANNUCCI, 1999). Quando o pH decresce, ocorre a intemperização da argila, aumentando a liberação de alumínio, o que justifica a relação inversa do potencial hidrogeniônico em detrimento do Ca, Al, H, S, CTC, m. Como supracitado, a saturação por alumínio em *Laguncularia racemosa* apresentou valores entre 1 e 5%. Segundo Osaki (1991) esses valores são considerados pouco prejudiciais.

Observou-se que o Cálcio, composto na soma das bases (S) e na capacidade de troca catiônica (CTC), apresentou-se como elemento à parte na ACP. O Cálcio é um elemento indispensável para um ótimo crescimento das plantas, e tem a sua absorção limitada pela alta salinidade, e como fonte as conchas de ostras, dentre outras (LACERDA, 1986; SOUZA, 2008).

O gênero *Laguncularia* apresenta menor tolerância à intensidade das marés e longos períodos de inundação, preferindo a parte mais interna do bosque. É uma planta que apresenta tolerância à salinidade devido ao sistema de excreção de sal, para a sua regulação salina, o que permite o desenvolvimento da planta num ambiente com essas características (MILLER; LUGO, 2009).

A tolerância à salinidade na espécie é descrita na literatura por Fróis-Abreu (1939), Mckee (1995), ao estudar a variação interespecífica nos mangues neotropicais em resposta à disponibilidade de luz e nutrientes e Estrada *et al.* (2008), ao analisarem os anéis de crescimento na espécie.

4.3.3 Análise dos Componentes Principais na espécie *Avicennia schaueriana*

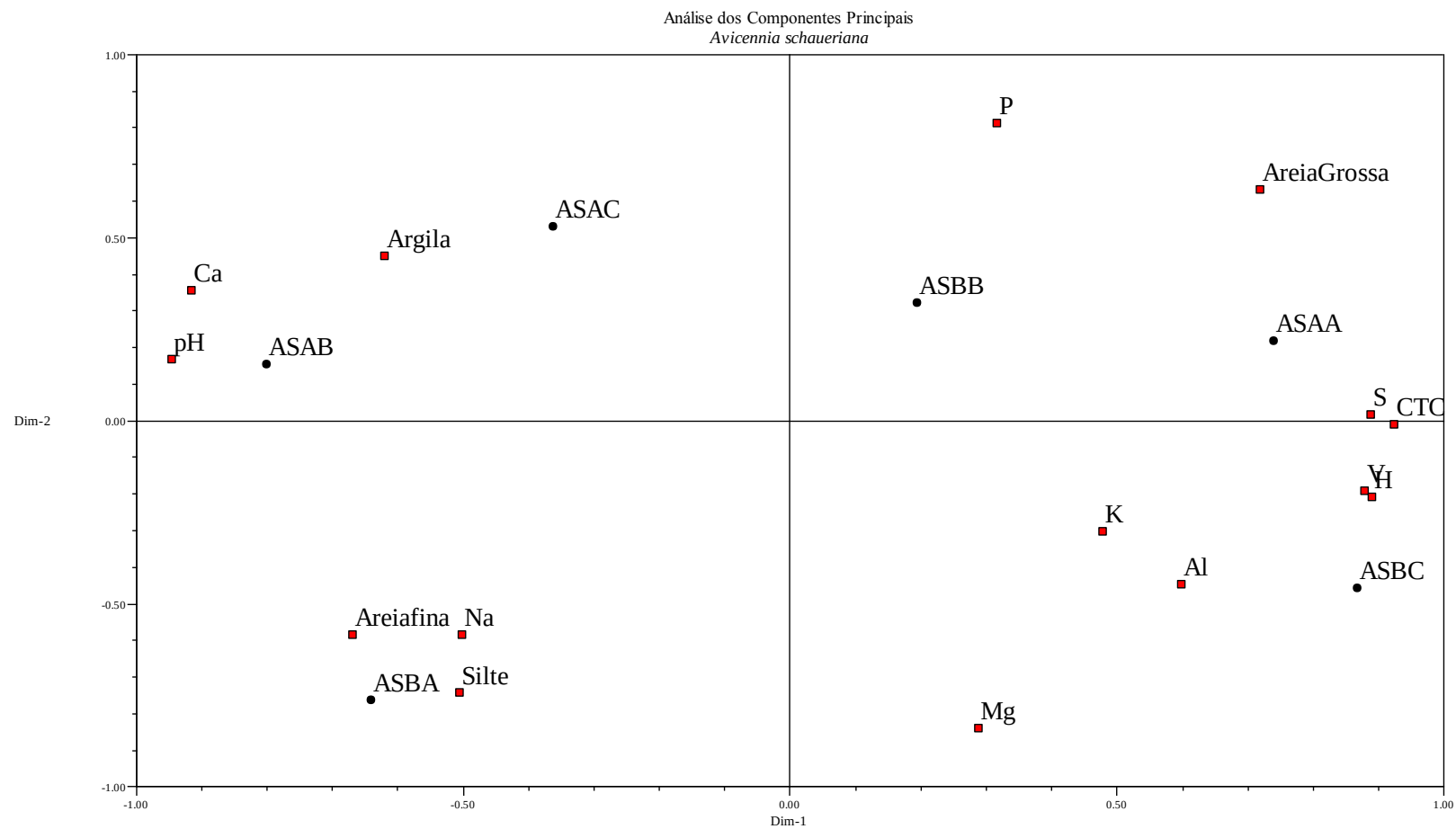
Na Análise dos Componentes Principais em *Avicennia schaueriana* os autovalores das duas primeiras dimensões explicaram 75,22% da variação total, sendo 50,35% correspondente à primeira e 24,87%, à segunda. A terceira foi de 10,91%, totalizando 86,13% das variáveis que envolvem as seis amostras da espécie. Na dimensão um (D1) os índices estão diretamente relacionados com a CTC, H, S, V e Areia grossa, e inversamente proporcional aos valores de pH e Ca. Na dimensão dois (D2) o P influenciou o valor em detrimento do Mg e Silte (Tabela 30 e Figura 31).

Tabela 30 – Análise dos Componentes Principais na espécie *Avicennia schaueriana* no manguezal do estuário do rio Maracáipe, Ipojuca/PE.

PARÂMETROS ANALISADOS	D1	D2	D3
Areia Grossa	0.7184	0.6294	0.1727
Areia fina	-0.6676	-0.5843	-0.3283
Silte	-0.5040	-0.7443	0.4199
Argila	-0.6187	0.4486	-0.5801
P	0.317	0.8106	0.2729
pH	-0.9448	0.1669	0.1633
Ca	-0.9137	0.3545	0.0763
Mg	0.2881	-0.8423	0.1623
Na	-0.5017	-0.5855	-0.0478
K	0.4777	-0.3021	0.6952
Al	0.5991	-0.4495	-0.5445
H	0.8900	-0.2102	-0.1894
S	0.8884	0.0171	-0.0555
CTC	0.9231	-0.0126	-0.0768
V	0.8781	-0.1925	-0.1604
m	0	0	0

* Os valores em negrito têm maior representatividade

Figura 31 – Análise dos Componentes Principais na espécie *Avicennia schaueriana* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.



A partir da Análise dos Componentes Principais observou-se que o principal componente físico foi a Areia grossa e os componentes químicos H, S, CTC, V apresentaram maior influência na espécie *Avicennia schaueriana*, embora, como supracitado, a espécie se desenvolva numa gama de ambientes (CINTRÓN-MOLERO; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992). Deste modo, o comportamento observado encontra-se dentro das características verificadas em outros sítios com *Avicennia schaueriana*. Onofre *et al.* (2007) assinalaram a característica arenosa na espécie, na Bahia, e Moser *et al.* (2010), no gênero, nas Ilhas Virgens, dos Estados Unidos.

Além disso, a produção anual de um grande número de propágulos flutuantes que se dispersam amplamente tem sido apontada como o principal fator da capacidade de *Avicennia* crescer e reproduzir-se através de uma ampla gama de condições climáticas, salinas e das marés (DUKE *et al.*, 1998).

O sedimento do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca, no qual a espécie foi analisada, apresentou caráter eutrófico e alcalino, o que reflete a influência do H, S, CTC e V. Quando há alta concentração de hidrogênio (H^+), o meio torna-se ácido, se houver mais íons hidroxila (OH^-), alcalino, o que facilita a absorção de nutrientes.

O pH parece ter grande influência na espécie, na medida em que sedimentos com uma percentagem mais elevada de areia apresentam menor capacidade de reter a matéria orgânica e nutrientes (BERNINI *et al.*, 2010), o que reforça a importância do H na disponibilidade de nutrientes nessas condições ambientais.

4.3.4 Análise dos Componentes Principais na espécie *Conocarpus erectus*

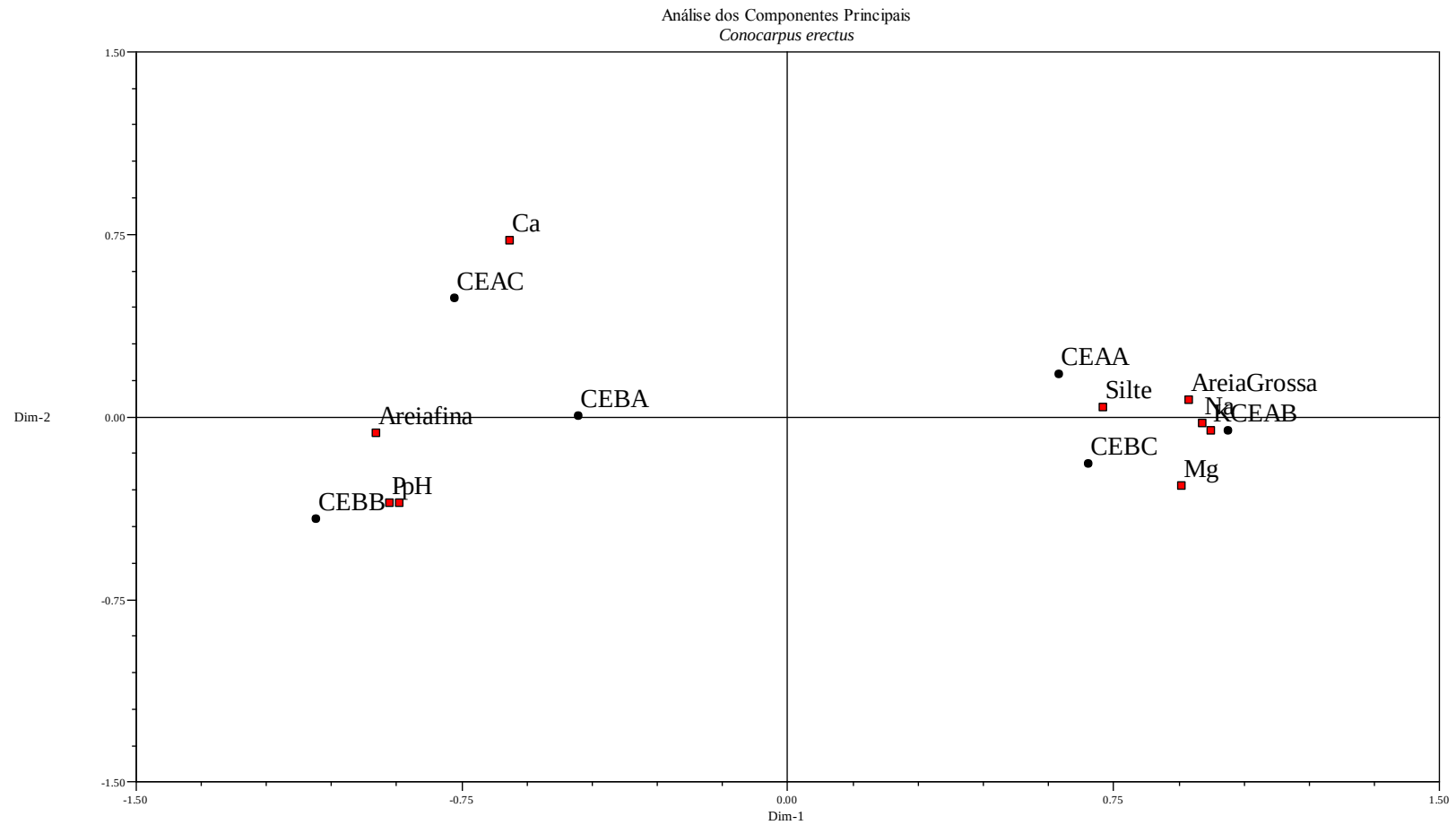
Na Análise dos Componentes Principais em *Conocarpus erectus* os autovalores das duas primeiras dimensões explicaram 87,45% da variação total, sendo 77,77% correspondente à primeira e 9,67%, à segunda. A terceira foi de 6,05%, totalizando 93,50% das variáveis que envolvem as seis amostras da espécie. Na dimensão um (D1) os índices estão relacionados com o K, Na, Mg, Areia grossa e Silte em detrimento da Areia fina, P, pH. Na dimensão dois (D2), o Ca explicou os principais valores (Tabela 31 e Figura 32).

Tabela 31 – Análise dos Componentes Principais na espécie *Conocarpus erectus* no manguezal do estuário do rio Maracáipe, Ipojuca/PE.

PARÂMETROS ANALISADOS	D1	D2	D3
Areia Grossa	0.9231	0.0672	0.1960
Areia fina	-0.9469	-0.0672	-0.0892
Silte	0.7269	0.0403	-0.6817
Argila	0	0	0
P	-0.9158	-0.3557	-0.0711
pH	-0.8925	-0.3548	-0.0662
Ca	-0.6380	0.7244	-0.0827
Mg	0.9054	-0.2816	-0.0887
Na	0.9536	-0.0251	0.0755
K	0.9752	-0.0578	0.0630
Al	0	0	0
H	0	0	0
S	0	0	0
CTC	0	0	0
V	0	0	0
m	0	0	0

* Os valores em negrito têm maior representatividade

Figura 32 – Análise dos Componentes Principais na espécie *Conocarpus erectus* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.



A partir da Análise dos Componentes Principais na espécie *Conocarpus erectus* observou-se que os principais parâmetros físicos que influenciaram na espécie foram a Areia grossa e o silte; dentre os parâmetros químicos, o K, Na e Mg significaram mais.

A característica arenosa é típica dos sítios com a espécie *Conocarpus erectus* que também necessita de poucos nutrientes, o que permite o seu desenvolvimento em solos lixiviados, processo peculiar à esses ambientes (SCHAEFFER-NOVELLI, 2002).

A influência do K, Mg e Na é um indício da intrusão marinha como descreveram Cuzzuol e Campos (2001). Cuzzuol e Rocha (2012) observaram maiores concentrações desses nutrientes em sítios mais afastados das inundações sazonais das marés, mas chamam à atenção para esse processo também.

Como observado, cada espécie apresentou influência de certos parâmetros: *Rhizophora mangle* seguiu a ordem CTC > V > Areia grossa > H; *Laguncularia racemosa*, H > CTC > Al > m > S > Ca; *Avicennia schaueriana*, CTC > H > S > V > Areia grossa; e *Conocarpus erectus*, K > Na > Mg > Areia grossa > Silte.

5 CONCLUSÕES

- As espécies apresentaram um padrão de parâmetros que inclui a temperatura, o potencial hidrogeniônico e a salinidade. A temperatura por espécie que seguiu a ordem ascendente *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Conocarpus erectus*; O solo ácido foi preterido pelas espécies *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*, o solo alcalino, pelas espécies *Avicennia schaueriana* e *Conocarpus erectus*; A *Rhizophora mangle* foi a espécie que apresentou maior adaptação às variações de salinidade. Os maiores valores de salinidade e de menor amplitude foram observados na *Avicennia schaueriana* e *Conocarpus erectus*.
- A concentração dos macronutrientes analisados, como o Magnésio, Sódio, Cálcio e Pótássio, que chegam ao ecossistema pelas marés, indicam a forte influência marinha no estuário do rio Maracaípe.
- A fonte dos sedimentos com a característica predominantemente arenosa para o estuário pode estar relacionada com o desmatamento dos mangues, restinga e vegetação adjacentes.
- O maior aporte pluvial na primeira campanha impôs modificações nas concentrações dos macronutrientes nas espécies *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Conocarpus erectus*, o que não ocorreu em *Rhizophora mangle*, que manteve o mesmo padrão nos dois períodos analisados.
- A granulometria do solo parece ter influenciado mais nos processos físico-químicos nas espécies *Rhizophora mangle* e *Conocarpus erectus*, nas quais a Areia grossa apresentou maior influência na ACP em associação com os macronutrientes.
- Os resultados indicaram um padrão definido em relação a alguns parâmetros analisados para cada espécie como temperatura, potencial hidrogeniônico, concentrações de nutrientes, no entanto são necessárias análises complementares, como a concentração de matéria orgânica, composição mineralógica, para uma melhor compreensão dos processos físico-químicos no solo em cada espécie.

REFERÊNCIAS

ABOHASSAN, A. TEWFIK, S. F. A.; EL WAKEEL, A. O. **Effect of Thinning on the above Ground Biomass of (*Conocarpus erectus* L.) Trees in the Western Region of Saudi Arabia**. JKAU: Met., Env. & Arid Land Agric. Sci., v. 21, n.1, p. 3-17, 2010.

ANDRADE, M. C. de. **A Terra e o Homem no Nordeste**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1973.

BALL, M. C. **Patterns of Secondary Succession in a Mangrove Forest Southern Florida**. Oecologia, v.44. p.226-235, 1980.

BARBOSA, F. G. **Estrutura e Análise Espaço Temporal da Vegetação do Manguezal do Pina, Recife – PE**: subsídios para manejo, monitoramento e conservação. Recife: 2010, 91f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco, 2010.

BARROS H. M.; MACEDO, S. J.; ESKINAZI LEÇA, E.; LIMA, T. **Gerenciamento Participativo de Estuários e Manguezais**. Recife : Editora Universitária da UFPE, 2000, 252 p.

BRASIL. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **Serviços Geológicos do Brasil (CPRM)**. Disponível em:<<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paranaguá/relatorios/IPOJ176.pdf>>Acesso em: 11 out. 2010.

BRAZ, E. M. Q.; PEREZ-FILHO, A. **Influência do Esgoto Doméstico no Ecossistema Manguezal**. Holos Environment, n. 1, p. 199-213, 2001.

BÊRREDO, J. F.; COSTA, M. L. da.; VILHENA, M. do P. S. P.; SANTOS, J. T. dos. **Mineralogia e Geoquímica de Sedimentos de Manguezais da Costa Amazônica**: o exemplo do estuário do rio Marapanim (Pará). Revista Brasileira de Geociências, n.38, p. 24-35, 2008.

BERNINI, E.; SILVA, M. A. B. da.; CARMO, T. M. S. do.; CUZZUOL, G. R. **Composição Química do Sedimento e de Folhas das Espécies do Manguezal do Estuário do Rio São Mateus, Espírito Santo, Brasil**. Revista Brasileira de Botânica, v.29, n.4, p.689-699, 2006.

BERNINI, E.; REZENDE, C. E. **Concentração de Nutrientes em Folhas e Sedimentos em um Manguezal do Norte do Estado do Rio de Janeiro**. Revista da Gestão Costeira Integrada, n. especial 02, manguezais do Brasil, 2010.

CINTRON, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Factores abioticos**. In: Introducción a la ecología del manglar. UNESCO-ROSTLAC. p.19-29, 1983.

CINTRÓN-MOLERO, G.; LUGO, A. E.; MARTINEZ, R. 1985. **Structural and Functional Properties of Mangrove Forests**. In: D'ARCY, W. G.; CORREA A., M. D. (ed.) The botany and natural history of Panama. St. Louis, M. O. : Missouri Botanical Garden, p. 53-68, 1985.

CINTRÓN-MOLERO, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Ecology and Management New World Mangroves**. In: Seeliger, U (ed). Coastal plant communities of Latin America. Academic Press, San Diego, p. 233-258, 1992.

COELHO, P. A; TORRES, M. F. A. **Áreas Estuarinas de Pernambuco: Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de PE**. Recife, v.17, p. 67-80, 1982.

COELHO, P.A; BATISTA-LEITE. L. M. A; SANTOS, M. A. C; TORRES, M. F. A. **O Manguezal**. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. (Orgs). Oceanografia um Cenário Tropical. Bagaço: Recife, 2004. 761 p.

CORREIA, V.L. **O Bosque de Mangue do Estuário do Rio Timbó, Estado de Pernambuco, Brasil**: características estruturais e vulnerabilidade da área frente as tensões antrópicas. Recife: 2002, resumo. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Pernambuco, 2002.

CUNHA-LIGNON, M. **Ecologia de manguezais**: desenvolvimento espaço-temporal no sistema costeiro Cananéia-Iguape. São Paulo: 2005. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CUZZUOL, G. R. F.; CAMPOS, A. **Aspectos Nutricionais na Vegetação de Manguezal do Estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil**. Revista Brasil. Bot., São Paulo, v.24, n.02, p.227-234, 2001.

CUZZUOL, G. R. F.; ROCHA, A. C. **Interação do Regime Hídrico com as Relações Nutricionais em Ecossistema Manguezal**. Acta Botanica Brasilica n.26, p. 11-19, 2012.

DUKE, N.C. **Genetic diversity, distributional barriers and rafting continents**: more thoughts on the evolution of mangroves. Hydrobiologia, p. 167-181, 1995.

DUKE, N.C.; BALL, M.C.; ELLISON, J.C. **Factors Influencing Biodiversity and Distributional Gradients in Mangroves**. Global Ecology and Biogeography Letters, v. 7, p. 27-47, 1998.

DUKE, N. C.; ALLEN, J. A. ***Rhizophora mangle*, *R. samoensis*, *R. racemosa*, *R. harrisonii*** (Atlantic-East Pacific red mangrove) Rhizophoraceae mangrove family.. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry, p. 01-18. 2006.

EL-MAHROUK, M. E.; EL-NADY, M. F.; HEGAZI, M. A. **Effect of Diluted Seawater Irrigation and Exogenous Proline Treatments on Growth, Chemical Composition and Anatomical Characteristics of *Conocarpus erectus* L.** J. Agric. Res. Kafer El-Sheikh Univ., n.36, p. 420-446, 2010.

ESTRADA, G. C. D.; CALLADO, C. H.; SOARES, M. L. G.; LISI, C. S. **Annual growth rings in the mangrove *Laguncularia racemosa* (Combretaceae)**. *Trees*, n. 22, p. 663-670, 2008.

FERNANDES, A. J.; PERIA, L. C. S. **Características do Ambiente**. In: SCHAEFFER-NOVELLI (org). *Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar*. Caribbean Ecological Research. São Paulo, 1995. p.13-15.

FIRME, L. P. **Caracterização Físico-química de Solos de Mangue e Avaliação de sua Contaminação por Esgoto Doméstico via Traçadores Fecais**. São Paulo, 2003, 82f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo. 2003.

FRÓIS-ABREU, S. **Observações sobre a Guiana Maranhense**. *Revista Brasileira de Geografia*, v.1, n.4, p. 26-54, 1939.

GILMAN, E. F.; WATSON, D. G. ***Conocarpus erectus*: Buttonwood**. Fact Sheet ST-179, nov.,1993.

JIMÉNEZ, J. A. *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f., White mangrove. In: [Silvicultural Manual] , Chapter 3. U.S. Forest Service, 1985.

JIMÉNEZ, J.A.; SAUTER, K. **Structure and Dynamics of Mangrove Forests along a Flooding Gradient**. *Estuaries*, n. 14, p. 49-56, 1991.

KATHIRESAN, K. **Biology of Mangroves**. *Advanced Study in Marine Biology*, p. 125-145, 2001.

KILCA, R. V.; COSTA, A. P.; ZANINI, R. R.; CARVALHO, F. A.; COSTA, A. F da. **Estrutura de Manguezais em Diferentes Estágios Sucessionais no Estuário do Rio Piauí, Sergipe-Brasil**. *São Leopoldo: Pesquisas Botânica*, n. 61, p. 171-189, 2010.

KJERFVE, B.; LACERDA, L. A. Mangroves of Brazil. In: LACERDA, L.D.; FIELD, C.D. (ed.) **Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions**. Part I. Latin America. ITTO/ISME, Okinawa, p. 245-272, 1993.

LACERDA, L. D. **Manguezais: florestas de beira mar**. *Ciência Hoje*, 1984. p. 63-70.

LACERDA, L. D. **Pesquisas Brasileiras sobre Ciclagem de Nutrientes em Ecossistemas Costeiros: identificação de prioridades**. *Acta Limnol. Brasil.*, v. 01, p. 03-27, 1986.

LACERDA, L. D.; ITTEKKOT, V.; PATCHINEELAM, S. R. **Biogeochemistry of Mangrove Soil Organic Matter: a comparison between *Rhizophora* and *Avicennia* soils in south-eastern Brazil**. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 40, p. 713–720, 1994.

LEGENDRE P.; LEGENDRE L. **Numerical Ecology**. 2 ed. Elsevier, Amsterdam, 1998. 853 p.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.178p.

LIMA, D. de A. **Estudos Fitogeográficos de Pernambuco**. Pesquisas Agronômicas de Pernambuco. Recife: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio. n. 2. 1957. 42 p.

LOPES, A. S. ; GUIDOLIN, J.A. . **Interpretação de análise de solos conceitos e aplicações**.Boletim técnico, n. 2. Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, São Paulo, 1987.

LUGO, A. E.; SNEDAKER, S. C. **The Ecology of Mangroves**. Annual Review of Ecology and Systematic, p. 39-64, 1974.

MCKEE, K. L. **Interspecific variation in growth, biomass partitioning, and defensive characteristics of neotropical mangrove seedlings: response to light and nutrient availability**. American Journal of Botany, p. 299–307, 1995.

MCKEE, K.; ROTH, J. E. **Where Temperate Meets Tropical**: multi-factorial effects of elevated CO₂, nitrogen enrichment, and competition on a mangrove-salt marsh community. Global Change Biology, n. 14, p. 971–984, 2008.

MENDES FILHO, N. E. **Caracterização Química da Matéria Orgânica nos Sedimentos do Solo do Manguezal e Dinâmica de Nutrientes nas Águas Superficiais e Intersticiais no Médio Estuário do Rio Paciência em Iguaiá-Paço do Lumiar (MA)**. João Pessoa: 2009. Tese (Doutorado em Química Analítica)-Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009. 186p.

MILLER, G. L.; LUGO, A. E. **Guide to the Ecological Systems of Puerto Rico**. United States Department of Agriculture, 2009. 444 p.

MIZUSHIMA, M. Y. B.; FALCÃO, J. V. C.; AMORIM, S. M. C.**Efeito dos metais-traço sobre a decomposição da celulose em folhas de *Avicennia schaueriana* em sedimentos de manguezais submetidos à poluição por atividades petrolíferas da Baía de Todos os Santos-BA**. Brazilian Journal of Plant Physiology, p.143-146, 2011.

MOSER, J. G.; WHELAN, K. R. T.; SHAMBLIN, R. B.; ATKINSON, A. J.; PATTERSON, J. M. **Buck Island Reef National Monument, U.S. Virgin Islands**. Natural Resource Program Center Fort Collins, Colorado, February, 2010.

MOURA, A. R. L. U; SÁ, L. T. L.; LIMA, G. M.; ALVES, F. P. **Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Identificação de Áreas Estuarinas do Canal de Santa Cruz e Rio Jaguaribe – Pernambuco**.Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. UFSC, Florianópolis, 2002.

MOURA, R. T. ; MONTES, M. F.; SILVA, C. P.; COSTA, K. M. P. **Aspectos gerais da hidrobiologia do Litoral Norte de Pernambuco**.Brasília: IBAMA, 2009. 138 p.

NICKERSON, N.H.; THIBODEAU, F.R. **Association between pore water sulfide concentrations and the distribution of mangroves**. Biogeochemistry, v. 1, p.183-192, 1985.

ODUM, W. E.; HEALD, E. J. **Trophic Analyses of an Estuarine Mangrove Community**. Bulletin of Marine Science, p. 671-738, 1972.

OLIVEIRA, S. S.; FREITAS, H. M.; ACCIOLY, M. da C. **Composição Química das Folhas de *Avicennia germinans* (L.) Stearn, *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F. e *Rhizophora mangle* L. e Solo do Manguezal do rio Mucurí-BA, sob Ação de Resíduos Industriais**. Sitientibus, n.15, p. 133-150, 1996.

OLIVEIRA, S. S.; BRITTO, I. C.; FREITAS, H. M. de B. **Composição Química das Folhas da *Rhizophora mangle* L. e do Sedimento de Manguezais não Impactados e Impactados por Resíduos Industriais**. Sitientibus, n.23, p. 35-44, 2000.

ONOFRE, C. R. E.; CELINO, J. J.; NANO, R. M. W.; QUEIROZ, A. F. S. **Biodisponibilidade de Metais Traços nos Sedimentos de Manguezais da Porção Norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil**. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 7, n. 2, p. 65-82, 2007.

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.

PELLEGRINI, J. A. C. **Caracterização da Planície Hipersalina (Apicum) Associada a um Bosque de Mangue em Guaratiba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro-RJ**. São Paulo: 2000. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PEREIRA, A. R. ; ANGELOCCI, L. R. ; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2002. 478p .

PERIA, L.C.S.; FERNANDES, P.P.C.P.; MENEZES, G.V.; GRASSO, M.; TOGNELLA, M.M.P. **Estudos estruturais comparativos entre bosques de mangue impactados(Canal da Bertiooga) e não impactados (Ilha do Cardoso), Estado de São Paulo**. In: II SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: ESTRUTURA, FUNÇÃO E MANEJO, Anais... Águas de Lindóia, São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo. v. 2, p. 183-193, 1990.

PERNAMBUCO. COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE (CPRH). **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Sul de Pernambuco**. Recife: CPRH/GERCO, 2003. 87p.

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, p. 107-116, 2011.

PRADA-GAMERO, R. M.; VIDAL-TORRADO, P.; FERREIRA, T. O. **Mineralogia e físico-Química dos Solos de Mangue do Rio Iri no Canal de Bertioga (Santos, SP).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 28, p. 233-243, 2004.

RAMOS, M. G. M.; GERALDO, L. P. **Avaliação das Espécies de Plantas *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* como Bioindicadoras de Poluição por Metais Pesados em Ambientes de Mangues.** Engenharia sanitária ambiental. v.12, n. 4, p. 440-445, 2007.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADE, M. M. C. **Limites Críticos de Densidade do Solo para o Crescimento de Raízes de planta de cobertura em Argissolo Vermelho.** Revista Brasileira de Ciência do solo, n. 32, p. 1806-1816, 2008.

REY, J. R.; RUTLEDGE, C. R. **Mangrove.** Institute of Food and Agricultural Sciences, Florida, ENY 660, p.1-5, 2001.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de Fertilidade do Solo e Manejo Adequado para as Regiões Tropicais.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 30p.

ROSSI, M.; MATTOS, I. F. de A. **Solos de Mangue do Estado de São Paulo: caracterização química e física.** Revista do Departamento de Geografia, n.15, p. 101-113, 2002.

SANTIAGO, M. M.; OLIVEIRA, T. H.; SILVA, C. A. V.; TORRES, M. F. A. T.; GALVINCIO, J. D. G. **Fusão de Imagens do Satélite Alos E Cbers-2b como Suporte ao Mapeamento e Quantificação da Área do Manguezal do Pina – PE.** Universidade Federal de Viçosa, 2008.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezais Brasileiros.** São Paulo, 43 p, 1991.

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

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Grupo de Ecossistemas: Manguezal, Marisma e Apicum.** São Paulo: Brasil, 2002. 119 p.

SCHULER, C. A. B.; ANDRADE, V. C.; SANTOS, D. S. O manguezal: composição e estrutura. In: BARROS, H. M.; ESKINAZI-LEÇA, E; MACEDO, S. J; LIMA, T. **Gerenciamento participativo de estuários e manguezais.** Recife: Ed. Universitária da UFPE, p.27-38, 2000.

SEMENSATTO-JR, M D. L.; ARAÚJO, G. C. L.; FUNO, H. F.; SANTA-CRUZ, J.; DIAS-BRITO, D. **Metais e Não-Metais em Sedimentos de um Manguezal Não-Poluído, Ilha do Cardoso, Cananéia (SP).** Revista Pesquisas em Geociências, n. 34, p. 25-31, 2007.

SILVA, J.D.V. **Parâmetros Oceanográficos e Distribuição das Espécies e Bosques de Mangues do Estuário do rio Paripe – PE**. Recife: 1995, 98f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1995.

SILVA, M. A. B. da; BERNINI, E.; CARMO, T. M. S. do. **Características Estruturais de Bosques de Mangue do Estuário do Rio São Mateus, ES, Brasil**. Acta bot. Bras., n. 19, p. 465-471, 2005.

SILVA, C. A. R.; OLIVEIRA, S.R.; RÊGO, R. D. P.; MOZETO, A. A. **Dynamics of Phosphorus and Nitrogen Through Litter Fall and Decomposition in a Tropical Mangrove Forest**. *Marine Environmental Research*, v. 64, p. 524-534, 2007.

SILVA, F. C. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2 ed. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, J. S.; OLIVEIRA, T. H. & TORRES, M. F. A. **Utilização de imagens aéreas na análise temporal de ambientes impactados**: estudo de caso - estuário do rio Jaboatão - Pernambuco – Brasil. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Natal, Brasil. 25 a 30 de abril de 2009, INPE. p. 8257-8263.

SILVA, J. B. da. **Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo do Ecossistema Manguezal em Pernambuco**. Recife: 2012, 188f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

SMITH, T.J. **Forest Structure**. In: ROBERTSON, A.I.; ALONGI, D.M. (eds.), Tropical mangrove ecosystems. American Geophysical Union, Washington, p. 101-136, 1992.

SOBRADO, M.A. **Relation of Water Transport to Leaf Gas Exchange Properties in Three Mangrove Species**. *Trees*, v.14, p.258-262, 2000.

SOTO, R.; JIMÉNEZ, J. **Análisis Fisionómico del Manglar de Puerto Soley, La Cruz/ Guanacaste, Costa Rica**. *Rev. Biol. Trop.* n. 30, p.161-168, 1982

SOUZA, H. F., GUEDES, M. L. S., OLIVEIRA, S. S., SANTOS, E. S. **Alguns Aspectos Fitossociológicos e Nutricionais do Manguezal da Ilha de Pati-Bahia-Brasil**. *Sitientibus*, n.15, p. 151-165,1996.

SOUZA, M. M. A.; SAMPAIO, E. V. **Tipos fisiográficos dos manguezais de Suape-PE-Brasil**: estrutura da vegetação e sedimento. In: Mangrove 2000 – Sustentabilidade de estuários e manguezais: desafios e perspectivas. Trabalhos completos. Recife, p.1-11, 2000. 1 CD.

SOUZA, M.M.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. **Variação Temporal da Estrutura dos Bosques de Mangue de Suape-PE Após a Construção do Porto**. *Acta Botanica Brasilica*, v. 15, p. 1-12, 2001.

SOUZA, H. **Teores e Concentrações de Cálcio e Magnésio no Cafeeiro Recepado em Funções de doses e Fontes de P_2O_5** . Minas Gerais: 2008, 49f. Monografia (Tecnólogo em Cafeicultura) - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Minas Gerais. 2008.

TOMLINSON, P.B. **The Botany of Mangroves**. New York: Cambridge University Press, 1986. 170p.

TOGNELLA-DE-ROSA, M.M.P. 2000. **Manguezais Catarinenses, Baía da Babitonga e Rio Tavares**: uma abordagem parcial dos atributos ecológicos e econômicos. São Paulo: 2000. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

TOGNELLA DE ROSA, M. M. P.; OLIVEIRA, R. G.; SOARES, M. L. G.; SCHALLENBERGER, B. H.; MARINHEIRO, B. G.; CUNHA, S. R. **Estrutura do Manguezal do Rio Lagoa Furada, Penha, SC**. Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável. Santa Catarina, p. 77-92, 2006.

TWILLEY, R.R.; SNEDAKER, S.C.; YÁÑEZ-ARANCIBIA, A.; MEDINA, E. **Mangrove systems**. In: HEYWOOD, V.H. (org.). Global Biodiversity Assessment. Biodiversity and Ecosystem Function: Ecosystem Analyses. Cambridge, Cambridge University Press, p. 387-393, 1995.

VANNUCCI, M. **Os Manguezais e nós**: Uma Síntese de Percepções. Tradução de Denise Navas Pereira. São Paulo: Edusp, 1999.

VILA NOVA, F. V. P.; TORRES, M. F. A. **avaliação Ambiental em Unidades de Conservação**: estuário do rio Maracaípe, Ipojuca-PE, Brasil. Revista de Geografia, v. 29, n.03, p. 199-224, 2012.

VON LINSINGEN, L.; CERVI, A. C. **Conocarpus erectus Linnaeus, nova ocorrência para aflora do Sul do Brasil**. ADUMBRATIONES AD SUMMÆ EDITIONEM, v.12, n. 26, 2007.

WIEND, TONI. **Otimização da Produção**. Informações Agronômicas n.117, março, p.19-21, 2007.

YOKOYA, N. S. **Distribuição e Origem**. In: SCHAEFFER-NOVELLI (org). Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. Caribbean Ecological Research. São Paulo, 1995. p.9-12.

CPRM. Disponível em:

<<http://www.cprm.gov.br/geoecoturismo/geoparques/litoral/caracterizacaofisica.html>>
Acesso em: 15/10/2012.

CPRM. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/q23magnesio.pdf>>
Acesso em: 15/10/2012.

INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/porta/>> Acesso em: 12/10/2012

UNESCO. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/natural-sciences/ioc-oceans/priority-areas/rio-20-ocean/10-proposals-for-the-ocean/1a-ocean-acidification/>>
Acesso em: 12/10/2012.