



Universidade Federal do Pará
Centro de Geociências
Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**ESTUDO DOS CÁTIOS CÁLCIO, MAGNÉSIO, SÓDIO, POTÁSSIO E
DA SALINIDADE NA ÁGUA INTERSTICIAL DO SEDIMENTO DO
MANGUEZAL DE BRAGANÇA – NE DO PARÁ**

TESE APRESENTADA POR

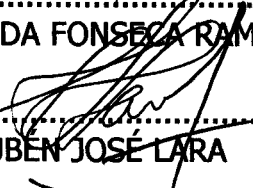
MARLENE FURTADO DA COSTA

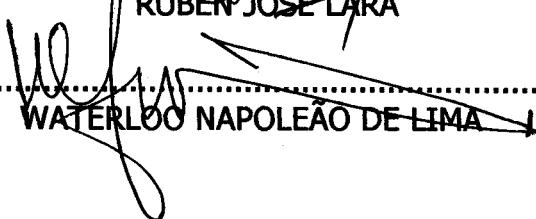
Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em
Ciências na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.

Data de Aprovação: 01.08.2000

Comitê de Tese:


.....
JOSÉ FRANCISCO DA FONSECA RAMOS (Orientador)


.....
RUBEN JOSÉ LARA


.....
WATERLOO NAPOLEÃO DE LIMA

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as dificuldades e pelas oportunidades oferecidas para vencê-las.

Ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Centro de Geociências pela forma como sempre recebe alunos vindos de outros centros e ao Curso de Pós- Graduação em Geologia e Geoquímica pela parceria e realização deste trabalho.

Ao professor doutor José Francisco da Fonseca Ramos pela orientação e grande contribuição nessa dissertação ,além da grande amizade.

Ao doutor Rubén Lara pelo desenvolvimento do tema de pesquisa e ao seu grande apoio intelectual , pessoal e a examinação desse trabalho.

Ao doutor Waterloo Napoleão de Lima pelo acompanhamento desde a iniciação científica até a aprovação dessa dissertação.

Aos professores e funcionários do Centro de Geociências que representam a ferramenta mais importante encontrada por todos nós na realização dos nossos trabalhos. Ao Dário, Antônio, Natalino, Leila, Walmeire, Cleida, Nemisa, Glaydes, Nilza, Aida, Lúcia, Hélio, Lopes, Nascimento, Carlos Alberto, Afonso e Pompeu.

Aos meus colegas de turma Rosemary Pimentel, Elson Luis , Marco Baia, José Maria Calaf, José Anaisse, Humberto Yamaguchi, Felipe Nobre, Simone Baia pelos momentos de aflição e a guerra de nervos compartilhada.

Aos alunos de iniciação científica Helder Ribeiro, Giselly Corrêa, Marcilene Dantas, Ednei Lobato pelo grande trabalho nos manguezais da vida. Aos alunos de iniciação científica, hoje da pós-graduação, Helenice Leal, Jorge Alberto, Revelino Caldas e Betânia Azevedo, pelas longas caminhadas na lama e muitos momentos de sacanagem dentro do mangue.

À Adriana Bordalo, Hemert Amorin, Marlis Ramires, meus colegas de sala pela grande amizade e compartilhamento do espaço físico e vida acadêmica.

Às minhas amigas Rosiane Freire, Jane Randel, Ellen Reis e Adriana Peniche pelos muitos anos de álbum de fotografias.

Ao Idamor Júnior, Davi Brasil, Emanuel Nazareno, Ana Paula Lima, Luciane Nunes, Rosa Santa Rosa, Aldebaro Júnior, Augusto César Moutinho que durante a graduação compartilharam muitos momentos de alegria.

À Kátia Regina, Zilma Lima, mulheres de verdade e amigas de todas as broncas e com quem trocamos idéias em todas as horas.

À Maria Clarindo, Marcia Milene, Firmino Júnior, Albano Leite, Túlio Costi, Cláudio Lamarão, Tony Carlos, Ronaldo Mendes, Flávio Moura, Regina Célia, Márcia Gaspar, Luciana Melo, Gérson Estumano, Jackson Douglas, Marcelo Moreno, pelos encontros constantes pelos corredores do CG.

Ao meu pai que mesmo sem poder ver o resultado, deve estar muito contente com a direção tomada.

À minha mãe corajosa e mulher de verdade que me ensinou a tirar da vida muito mais do que ela possa nos oferecer.

Aos meus irmão e a seus filhos pela vida cheia de bagunça, personalidades fortes e fraternidade.

DEDICATÓRIA

Dedico esta etapa da minha vida e em particular esse trabalho a uma pessoa que, apesar dos seus vinte e pouquíssimos anos, me ensinou que devemos fechar cada ciclo da nossa vida com a mesma garra e determinação que iniciamos e que os momentos devem ser vividos intensamente. Por tudo isso e pela forma como se tornou marcante e presente na minha vida, além da amizade, carinho, companheirismo, cumplicidade e afeto. Este trabalho e esta etapa da minha vida é dedicada ao Fábio H. G. Domingos, ao seu cheiro bom e a sua forma persistente de encarar a vida.

RESUMO	
ABSTRACT	 2
1 - INTRODUÇÃO	 3
2 - REVISÃO DA LITERATURA	 5
2.1 - MANGUEZAIS NO BRASIL	 5
2.1.1 - Histórico	 5
2.1.2 - Manguezais ao longo da costa brasileira	 6
2.2 - O MANGUEZAL E A SUA FLORA	 8
2.2.1 - Árvores do manguezal	 8
2.3 - ESTRUTURA E ECOLOGIA DOS MANGUEZAIS	 9
2.4 - TRANSIÇÃO ÁGUA DOCE - ÁGUA SALGADA NOS MANGUEZAIS. CONSEQUÊNCIAS SEDIMENTOLÓGICAS E GEOQUÍMICAS	 11
2.5 - SALINIDADE E A ECOLOGIA VEGETAL	 13
2.6 - MACRONUTRIENTES	 16
2.6.1 - Formas de macronutrientes no solo	 16
2.6.2 - Cátions macronutrientes	 17
2.7 - PROCESSOS DE DECOMPOSIÇÃO NO SEDIMENTO DO MANGUEZAL	 21
2.8 - MACRONUTRIENTES NO MANGUEZAL	 23
2.8.1 - Cátions macronutrientes e sua importância na ecofisiologia do manguezal	 23
3 - ÁREA DE ESTUDO	 26
3.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO	 26
3.2 - CLIMA	 26
3.3 - VEGETAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	 28
3.4 - GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	 28
3.5 - PADRÕES MORFOLÓGICOS	 30
3.5.1 - Planalto costeiro	 31
3.5.2 - Planície aluvial	 31
3.5.3 - Planície estuarina	 31
3.5.4 - Planície costeira	 32
4 - METODOLOGIA	 35
4.1 - SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	 35
4.2 - PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM	 40
4.3 - PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	 41
4.3.1 - Medidas físico - químicas	 41
4.3.2 - Determinação do teor de umidade e matéria orgânica no sedimento	 41
4.3.3 - Dosagem dos cátions macronutrientes cálcio, magnésio, sódio e potássio em E.A.A	 42
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	 43
5.1 - SALINIDADE E MACRONUTRIENTES NA ÁGUA INTERSTICIAL	 43
6 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	 79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 82

RESUMO

O trabalho apresentado tem como principal objetivo o estudo da variação da salinidade e elementos maiores como cálcio, magnésio, potássio e sódio na água intersticial do sedimento do manguezal, durante um ano de coleta de setembro de 1997 a setembro de 1998, ou seja, em todo um período sazonal da região de manguezal de Bragança.

As concentrações dos cátions estudados, bem como da salinidade mostraram a influência das precipitações intensas do período chuvoso da região e os efeitos severos das altas temperaturas da estação seca e também a localização de cada área estudada foi um fator que contribuiu para a maior ou menor concentração desses elementos na água intersticial e também nos valores de salinidade.

O manguezal degradado foi a área com as maiores anomalias quanto ao sódio e a salinidade devido a sua exposição direta aos raios solares, sofrendo com isso mais intensamente o processo de evaporação da água intersticial, chegando a valores que excederam o tolerável pela vegetação, enquanto que a área do Acarajó, por ser mais continental, apresentou um comportamento de manguezal típico de água doce e salinidade reduzida.

O bosque de *Avicennia*, comparado com a área degradada, mostra diferenças quanto ao suprimento de alguns desses elementos com o potássio e o cálcio, isso se deve a utilização desses elementos no metabolismo dessa área, que nos processos de decomposição da liteira e posterior lixiviação do solo, torna esses elementos disponíveis para enriquecer a água intersticial do sedimento e torná-los prontamente utilizáveis pelas plantas. Isso difere o manguezal degradado das outras áreas com cobertura vegetal.

ABSTRACT

The present work has main objective to study range in salinity and amount of calcium, magnesium, potassium and sodium at pore water of mangrove sediments, during seasonal period of september/1997 to september/1998 at Bragança mangrove area.

Cation concentration and salinity has showed the intense influence of precipitation during rainy season and the intense effects of high temperatures in dry season. The site of each studied area was an important factor to increase or decrease cations concentrations values in the pore water as well as salinity.

Highest anomalies in sodium values and salinity were find at degraded mangrove area caused by direct exposition to solar rays, that causes intensive pore water evaporation, values exceeding the supported limit to vegetation has been found. Acarajo area, with continental pattern of fresh water mangrove and reduced salinity.

The *Avicennia* area, if compared with degraded area, differ in amount of some elements analyzed such as calcium and potassium. It can be explained explained by the utilization of these elements in area's metabolism, that in the decomposition process as well as in the soli leaching, release these elements to the pore water of sediments. This fact differ degraded mangrove area to the others with vegetal coverage.

1 – INTRODUÇÃO

Os manguezais dominam cerca de setenta e cinco por cento das costas tropicais do mundo. Nessas regiões, caracterizadas por altas temperaturas, variação de salinidade e substratos anaeróbicos, as florestas de manguezais têm sido consideradas como ecossistemas altamente produtivos, não sendo somente um sistema com alta produtividade primária, mas a fonte de gestão dos ecossistemas estuarinos como uma forma de exportação de matéria orgânica (BOTO, 1981).

A relação dos manguezais com a água é regida por uma extrema diversidade. As florestas anfíbias se desenvolvem tanto em clima quente, como em climas de transições úmidas ou áridas e até em clima temperado. Geralmente ocupam as costas protegidas ou abrigadas, desde a borda do mar até dentro das zonas inundáveis pouco profundas dos complexos estuarinos, deltáicos ou lagunares, mas podem ocasionalmente se desenvolver em zonas pouco influenciadas pelo mar como em zonas de ligação com a água doce (EGLER, 1952).

Os solos dos manguezais, ricos em matéria orgânica, assumem a forma de “esponjas” que absorvem o fluxo das águas, que serão mais tarde, lentamente escoadas pela maré baixa. Parte dessa água percola em direção a outras franjas do manguezal, fluindo em seguida em direção ao canal de maré. A outra parte percola em direção à franja terrestre na ordem de reposição da água evaporada pelo clima árido (BALTZER, 1982).

O projeto MADAM (Mangrove Dynamics and Management), que é um projeto de cooperação alemão - brasileiro, foi concebido de forma conjunta por cientistas brasileiros e alemães, sendo financiado através do Ministério da Educação, Ciência, Pesquisa e Tecnologia (BMBF) do governo alemão e do lado brasileiro pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), tem como objetivo o estudo do ecossistema manguezal

localizado em Bragança, criando com isso uma base de desenvolvimento científico e de sustentabilidade dessa área, tão importante para a população local, que retira desse ecossistema a base de sua subsistência mas, que às vezes, sem responsabilidade, utiliza os recursos encontrados nessa floresta, sem levar em conta a responsabilidade do uso vinculada a preservação.

O sub - projeto Biogeoquímica de Manguezais, desenvolvido por colaboradores da área de geoquímica ambiental do Departamento de Geoquímica do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará e de cientistas do Zentrum für Marine Tropenökologie (Bremen, Alemanha), tem como objetivo estudar as mudanças geoquímicas sofridas pela água intersticial do sedimento do manguezal durante todo um período sazonal da região, levando em conta os fatores de enriquecimento nos períodos de estiagem, característicos dos meses de altas taxas de evaporação e temperaturas elevadas, observadas entre os meses de julho a dezembro, bem como a diluição sofrida pela entrada da água das grandes precipitações e altas marés, durante o período chuvoso compreendido entre os meses de janeiro a junho.

A salinidade é uma característica importante dos manguezais devido estabelecer relações com a vegetação e o tipo de clima de cada área. A água intersticial do sedimento é responsável pela reserva dos nutrientes, que serão utilizados pelas plantas, estando disponíveis, dependendo da concentração de cada um e da necessidade desses elementos pelas referidas plantas. Com as mudanças sazonais, a salinidade sofre grandes evaporações na estação seca, com grandes alterações na presença de quantidades elevadas de sais tóxicos, dentre eles o sódio, que em grandes quantidades pode restringir o crescimento de certas espécies de plantas.

O principal objetivo desse trabalho é o estudo geoquímico dos elementos cálcio, magnésio, potássio e sódio, bem como as suas relações com a salinidade, caracterizando cada área de estudo quanto ao suprimento desses macronutrientes e as suas relações entre si. Além da salinidade e dos cátions macronutrientes na água intersticial, medidas de condutividade elétrica, pH, umidade e matéria orgânica do sedimento foram feitas, para melhor caracterizar cada área de trabalho quanto a parâmetros ambientais importantes e singulares para as áreas de manguezais.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - MANGUEZAIS NO BRASIL

2.1.1 - Histórico

No Brasil, os manguezais são áreas de grande importância, sendo mais extensamente utilizados que os manguezais da África e da América Central. As áreas de floresta ocupam uma longa porção da costa brasileira, desde o Amapá, ao Norte, até Santa Catarina, ao Sul e constituem uma unidade ecológica importantíssima para as zonas costeiras (MACIEL, 1989; SCHAEFFER - NOVELLI & CINTRÓN, 1990).

A estabilidade dos recursos do manguezal e a utilização de forma racional dessas áreas para a aquicultura é o que mais se busca. A criação de áreas costeiras protegidas, levando em consideração a sua conservação, é uma importante forma de promover a estabilidade desse ecossistema para o desenvolvimento sustentável das zonas costeiras. Como um exemplo dos benefícios econômicos derivados dos manguezais brasileiros, um pequeno manguezal de aproximadamente 4,370 ha no estuário do rio Paraíba, no Piauí, sustenta mais de 10.000 pessoas que dependem da abundância de peixes e caranguejos.

Numa escala comercial, a pesca artesanal é, provavelmente, a mais importante atividade econômica nos sistemas de manguezais ao longo da costa brasileira. Na região norte, a atividade canoeira utiliza as árvores do manguezal e o tanino das árvores como matéria prima, o que torna os manguezais brasileiros muito mais explorados que os da Ásia ou América Central. No Brasil, principalmente nos estados do sudeste, as áreas de manguezais foram sujeitas a intensas pressões de projetos de desenvolvimento. Áreas urbanas, aeroportos, portos e shopping-centers ocupam espaço onde um dia existiram manguezais. O difícil acesso e a baixa densidade populacional, são as principais razões pelas quais os manguezais dos estados do Amapá, Pará e Maranhão permaneçam na grande maioria intactos. O baixo custo da eletricidade e grande abundância desse recurso no Brasil é uma outra razão pela qual as florestas de mangue não sejam

cortadas para combustível como acontece no oeste da África (MACIEL, 1989; SCHAEFFER - NOVELLI & CINTRÓN, 1990).

2.1.2 - Manguezais ao longo da costa brasileira

2.1.2.1 - Extensão e distribuição

As florestas de manguezais estão distribuídas numa faixa de 6800 km na costa brasileira, ou em 92 % da linha da costa. Se estendem desde o Oiapoque, Amapá, ao Norte, até a praia do sonho, Santa Catarina, ao Sul (SCHAEFFER - NOVELLI, 1989) . Somente o estado do Rio Grande do Sul não possui florestas de mangues na sua costa. O limite extremo ao leste está na ilha de Fernando de Noronha, onde um pequeno banco de manguezal preto (*Laguncularia racemosa*) bordeia o estuário do rio Maceió.

Há diferentes estimativas da área de cobertura dos manguezais no Brasil. A área mais aproximadamente estimada é de 1,38 milhões de hectares. (¹Saenger *et al.* *apud* LACERDA *et al.*, 1990) reportou que o Brasil é o país do mundo com a mais extensa cobertura de floresta de manguezais com 2,5 milhões de hectares, comparado com a Indonésia que possui 2,1 milhões de hectares.

2.1.2.2 - Caracterização dos manguezais brasileiros

Oitenta e cinco por cento dos manguezais brasileiros ocorrem ao longo dos 1.800 km da costa do Amapá, Pará e Maranhão, especialmente entre Belém(PA) e São Luís(MA) . O estado do Maranhão, com 0,5.10⁶ ha de manguezais, abrange aproximadamente a metade da área

¹ SAENGER, P., HEGERL, E. J. & DAVIE, J.D.S. 1983. Global status of mangrove ecosystems. The environmentalist 3:1 – 88.

total de manguezais no Brasil, sendo o estado com a mais extensa e estruturalmente complexa floresta de manguezais.

Ao longo da costa norte do Brasil, o extenso sistema de manguezais reflete as características hidrológicas e topográficas das áreas costeiras. As marés semidiurnas chegam a atingir em alguns lugares cerca de 8 m. Como as costas geralmente consistem de extensas planícies do Quaternário, essas áreas são inundadas durante as grandes marés e na estação chuvosa. Ao longo da costa norte do Maranhão a precipitação excede 2.000 mm por ano, sendo este o principal fator de crescimento e de produção do mais espetacular sistema de manguezais do Brasil. Como resultado da larga amplitude das marés e grandes precipitações, os sistemas de manguezais se estendem por mais de 40 km nos cursos dos rios e estuários do Pará e Maranhão.

No norte, as árvores de *Avicennia* são bem desenvolvidas, ocorrem com maior frequência e medem mais de 1 metro de diâmetro e 40 - 45 metros de altura (²Sant'Anna and Whately *apud* LACERDA et al.,1990). As árvores de *Rhizophora* ocorrem apenas nas costas mais protegidas. *Spartina alterniflora* se desenvolve na orla das marés ao longo da costa norte, e *Hibiscus tiliaceus*, tipicamente dominam as margens terrestres dos manguezais.

Os manguezais no estuário do Amazonas são completamente diferentes, devido sua típica quantidade de água doce da floresta. Embora sejam bem desenvolvidas, as árvores dos manguezais nesta área, têm uma distribuição relativamente restrita devido a grande taxa de entrada de água doce e a competição da água doce pelas macrófitas.

No nordeste, os manguezais tem menor porte que os da costa norte. *Rhizophora mangle* é a mais notável vegetação, e atingem 10-20 metros de altura (³Hueck *apud* LACERDA et al.,1990). Na parte interna das baías com altas quantidades de água doce e onde o clima é

² SANT'ANNA, E.M. & WHATELY, M. H. 1981. Distribuição dos manguezais do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 3:47- 63.

³ HUECK, K. 1972. As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica. Ed. Universidade de Brasília. São Paulo. 446 pp.

úmido, os manguezais podem ser bem extensos. Na costa sudeste, do Rio de Janeiro até Santa Catarina, se estendem por 1.250 km e contêm apenas 5 % da área total de mangue do país.

2.2 - O MANGUEZAL E A SUA FLORA

2.2.1 - Árvores do manguezal

Os manguezais brasileiros são compostos de árvores nativas e uma flora diversificada tipicamente característica dessas áreas, associadas tanto com os habitats terrestres quanto com os aquáticos. As árvores são dominadas pelo genus *Rhizophora* (Rhizophoraceae) com três espécies, o genus *Avicennia* (Avicenniaceae) com duas espécies e *Laguncularia* e *Conocarpus* (Combretaceae) com apenas uma espécie. *Rhizophora mangle* é a mais desenvolvida das espécies do manguezal e ocorre ao longo de um gradiente de condições ambientais nas costas tropicais e subtropicais do Brasil, onde os manguezais são encontrados (SCHAEFFER-NOVELLI, 1989). Dependendo das condições ambientais, *R. mangle* chega a atingir 25 metros de altura em clima úmido com abundância de água doce e rica em nutrientes. Em clima quente e árido, essa espécie cresce apenas como árvores anãs com menos de 1 metro de altura (⁴Prance et al. apud SCHAEFFER-NOVELLI, 1989). *R. racemosa* e *R. harrisonii* têm a mais restrita distribuição e a menor variação climática. São encontradas na costa norte úmida, onde geralmente existem como árvores com alturas superiores a 20 metros nas margens dos cinturões de *R. mangle* (SANTOS, 1986).

⁴ PRANCE, G.T., SILVA, M.F., ALBUQUERQUE, B.W., ARAÚJO, I.S.S., CORREIRA, L.M.M., BRAGA, P.I., LISBOA, L.C.L. & VILLENA, R.C.Q. 1975. Revisão taxonômica das espécies amazônicas de Rhizophoraceae. Acta amazônica 5:5 - 22.

2.3 - ESTRUTURA E ECOLOGIA DOS MANGUEZAIS

Os ambientes deposicionais tropicais ao longo das linhas de costa com baixa energia de ondas são mais frequentemente colonizados por árvores tolerantes ao sal e arbustos. No Brasil e em muitos lugares, esses ambientes são mais proliferados em locais úmidos com ampla descarga de rios, especialmente no delta dos rios, ao longo das plataformas, golfos, estuários e lagoas, que são áreas protegidas nas elevações do mar. Nos locais onde a amplitude das marés é maior, como no caso da costa do Amapá ao sul do Maranhão (variação de maré de 3 a 6 m e marés de sizígia de 4 a 8 m), os manguezais tornam-se particularmente extensivos, devido a inundação regular das marés de águas marinhas salobras e também episódios de inundação pelos rios. Em geral, os manguezais têm sido divididos em manguezais verdadeiros, manguezais de menores elementos e manguezais associados (TOMLINSON, 1986).

Os manguezais verdadeiros são compostos de espécies florísticas tolerantes ao sal, toxiconomicamente distintas das espécies terrestres, as quais são especialmente adaptadas para colonizar e dominar os ambientes costeiros, enquanto os manguezais menores ocupam os habitats periféricos e raramente formam comunidades dominantes (CINTRÓN - MOLERO & SCHAEFFER - NOVELLI, 1992). Os manguezais associados são aqueles invadidos por plantas transitórias dos ambientes de água doce e hipersalinos (CINTRÓN - MOLERO & SCHAEFFER - NOVELLI, 1992). Os manguezais do Pará são particularmente diversos devido ao fato de que as espécies de plantas transitam dos manguezais naturais para muitas espécies de água doce dos ambientes de várzea amazônica.

A distribuição dos manguezais é limitada pela baixa temperatura, hiper-salinidade, alta energia de ondas e ausência de água doce. Em relação a latitude, a distribuição das espécies ao longo da costa brasileira é diretamente influenciada pela temperatura, se estendendo muito

mais para o sul da costa brasileira. A razão é a presença de temperaturas mais elevadas nas costas devido a proximidade das correntes de águas aquecidas, ao Sul, do Brasil, no limite das correntes das águas quentes ocidentais, e também devido a proteção fornecida aos manguezais pela costa sudeste do Brasil.

As comunidades de manguezais em muitas partes do mundo estão sujeitas a episódios e muitas vezes a severos impactos destrutivos das tempestades tropicais, que quando bem desenvolvidas, são chamados de furacões no Atlântico Norte, tufões no Pacífico e ciclones no oceano Índico. No entanto, o norte do oceano Atlântico Sul exhibe temperaturas na superfície levemente baixas (apenas em pequenas áreas a temperatura da superfície ultrapassa 25°C) como acontece nas superfícies das massas de água de muitos lugares dos trópicos. Este é um fator que contribui para explicar porque as tempestades tropicais não se formam ou não se propagam pelo Atlântico Sul. Como resultado, a costa do Brasil e suas comunidades de manguezais são poupadas da energia potencialmente destrutiva das tempestades tropicais. Essas tempestades afetam os manguezais muito seriamente quando combinadas com as rajadas de ventos dos oceanos, inundações e o impacto das ondas costeiras. (Jennings & Coventry *apud* LACERDA *et al.* 1990), encontraram *Rhizophora* por serem altamente resistentes às tempestades tropicais. Enquanto essas tempestades não têm impacto nos manguezais brasileiros, longos períodos de estiagem podem ser igualmente prejudiciais, como um caso recente nos manguezais da baía de Sepetiba (OVALLE, 1992).

⁵ JENNINGS, J.N. & CONVENTRY, B.J. 1973. Structure and texture of a gravelly barrier island in the Fitzroy Estuary, WA, and the role of mangroves in shore dynamics. *Marine Geology* 15:145 – 167.

2.4 - TRANSIÇÃO ÁGUA DOCE – ÁGUA SALGADA NOS MANGUEZAIS. CONSEQUÊNCIAS SEDIMENTOLÓGICAS E GEOQUÍMICAS

BALTZER (1982) estudou a transição entre a água doce e a água salgada em águas estuarinas tropicais. Essa transição tem a forma estratificada na parte continental dominante, relativamente doce, quente e rica em nutrientes e em carga sólida, movimentando-se sobre as águas marinhas, mais salgadas, mais frias e mais claras. A localização dos manguezais em relação ao nível do mar, coloca-os de maneira privilegiada em contato com a margem superior. a cada maré e enchente importante, é a água continental dominante que vem decantar os elementos nutrientes, que em seguida serão coletados principalmente pelo solo e pelas algas.

Em razão da maneira do crescimento dos manguezais por acreção sobre suas franjas externas, qualquer ponto do manguezal ocupa uma posição que varia em relação ao regime hidrológico. Inicialmente localizado na margem de uma baía marinha, ele se encontra com o tempo no centro do manguezal e em seguida será, provavelmente, recoberto por um levantamento sedimentar ou destruído pela erosão do canal de maré. No decorrer desta evolução, ele passará por condições marinhas salobras, depois segundo o clima, totalmente doces e super salgadas, com o desaparecimento dos manguezais acima deste limite. Enfim, o desenvolvimento de elevações conduz os manguezais a condições continentais e dulcícolas (BALTZER, 1982).

Durante o crescimento, um manguezal se forma sobre um pacote sedimentar que compreende muitas vezes areias, sobre as quais repousam os sedimentos lamosos propriamente ditos: vazas no limite externo, turbas para o interior. As turbas são frequentemente recobertas por siltes e argilas das elevações, um lençol de água circula dentro destas formações seguindo um esquema que depende das condições climáticas; exorréica em clima úmido, misto, exorréica e endorréica em clima tropical de estações alternadas. As direções de escoamento deste lençol são estabelecidas por diversos mecanismos. A água passa de domínio redutores para domínios oxidantes, resultando em alguns casos diversas transformações diagenéticas (BALTZER, 1982).

A esta diversidade dentro dos climas e nos locais de ocupação responde uma extrema diversidade dentro da qualidade, origem e o modo de circulação das águas associadas aos manguezais. Este fato evidente para os manguezais em geral, continua verdadeiro para um manguezal em particular. A água flui livremente nos estuários, dentro dos canais de maré e nas bacias, enquanto que, dentro do sub-solo das marés, ela forma um lençol de origem marinha, fluvio - marinha ou continental (BALTZER, 1982).

Em razão de suas origens variadas e das misturas produzidas por sua circulação, as águas livres dos manguezais mostram diversas transições: água doce - água salgada, águas ricas em nutrientes - águas pobres, águas turvas - águas claras, águas agitadas e águas calmas. Dentro das águas desse lençol freático dos solos dos manguezais, encontra-se igualmente as transições: salinidade elevada - baixa, pH ácido-básico, Eh oxidante-redutor, circulação rápida-lenta (BALTZER, 1982).

Nas águas livres, as transições observadas são principalmente reguladas pelo meio exterior aos pântanos, dependendo da geomorfologia, que rege a frequência de inundações pelas marés e, portanto, a importância relativa da entrada das águas (marés, enchentes, precipitações, escoamento e evaporação). Elas são a causa principal da zonation vegetal, às vezes muito precisa, que se observa nos manguezais, zonation que se desenvolve geralmente seguindo passo a passo as etapas da construção dos pântanos (BALTZER, 1982).

Dentro das águas do lençol frático, as transições observadas resultam em parte, também, de fatores exteriores aos pântanos, além da influência dos seres vivos e da sua acumulação de matéria orgânica - vegetais, microorganismos, fauna - tornando-se muito marcantes. Aqui é o manguezal que rege a transição, pela organização das acumulações de matéria orgânica com a permeabilidade e as condições geoquímicas que elas provocam. Todas as transições observadas são influenciadas pela transição água doce - água salgada, quer dizer, pela transição água continental - água marinha.

A maneira de construção dos pântanos de manguezais por acreção sobre as baías

ou por elevações sobre as margens dos canais, é intimamente ligada ao jogo de transições águas doces - águas salgadas, ou seja, entre águas continentais e marinhas. Na maioria dos casos, o desenvolvimento dos manguezais depende da natureza e abundância das águas continentais. A evolução diagenética dos sedimentos depende igualmente destes fatores, visto que as propriedades geoquímicas e as condições de escoamento do lençol freático incluindo os sedimentos dos manguezais são também dependentes. Durante o desenvolvimento dos pântanos de manguezais, um ponto geográfico vai ter modificado várias vezes suas relações com a transição água doce - água salgada. No início, a elevação do solo seguida da sedimentação favorecida pelo manguezal, começa a provocar uma redução da salinidade, porque as águas estando estratificadas, o meio está mais frequentemente em contato com as águas da parte superior. Em seguida, dependendo das condições climáticas (presença ou não de chuvas), as modificações de salinidade induzidas pelo aumento periférico, terá um grande aumento (clima árido), uma grande diminuição (clima super úmido) ou ainda, uma alternância sazonal ou topográfica (presença simultânea de locais hipersalinos e não salinos característicos de clima tropical). Sob clima regularmente ou ocasionalmente árido, a salinidade ultrapassa a tolerância das peletuvias e estas últimas serão substituídas pelos pântanos hipersalinos e por halófitas herbáceas (BALTZER, 1982).

2.5 – SALINIDADE E A ECOLOGIA VEGETAL

O sal restringe o crescimento das plantas em grandes áreas do globo mais do que faz qualquer outra substância inibidora que elas possam encontrar no ambiente normal. A vegetação natural dos habitats salinos é frequentemente esparsa; as áreas demasiadamente salinas são desprovidas de cobertura vegetal. As plantas que crescem em habitats salinos possuem adaptações especiais; coletivamente são chamadas halófitas. Universalmente, a salinidade é um dos grandes fatos da vida vegetal e, portanto, de toda a vida.. Os habitats correspondentes são diversos: há pântanos salinos, úmidos e muitas vezes frios; há desertos salinos secos e quentes ;

há a comunidade das pulverizações salinas da praia ; há os oceanos e os estuários dos rios (EPSTEIN,1975).

As condições salinas apresentam duas ameaças fisiológicas distintas para as plantas. Os baixos potenciais osmóticos das soluções salinas fazem com que as plantas expostas a esses meios tenham que mostrar potenciais osmóticos intracelulares ainda mais baixos. De outro modo seriam sujeitas ao ressecamento osmótico porque a água se moveria das células para o substrato (EPSTEIN,1975).

A segunda dificuldade que nasce da condição salina é a presença no meio de altas concentrações iônicas potencialmente tóxicas. O ânion mais proeminente é em geral o cloreto, como nos oceanos, que contém cerca de 0,46 M de NaCl e menores concentrações de outros sais.

Há uma condição de alguns solos afetados pelo sal em regiões áridas e semiáridas em que o primeiro fator osmótico não se aplica. Os solos alcalinos ou sódicos são aqueles cuja a capacidade de troca catiônica é ocupada até a extensão de mais de 15 por cento pelo íon sódio, mas que não contém necessariamente muitos sais em solução.

Quanto mais alta a proporção de sódio entre os cátions trocáveis, menor é a porcentagem dos sítios de troca ocupados pelo cálcio, magnésio e potássio. Nesses solos, a toxidez pelo sódio, muitas vezes agravadas pela carência de cálcio, não é acompanhada pelos potenciais osmóticos baixos que caracterizam as condições salinas. Embora o sódio e o cloreto sejam os íons mais importantes e potencialmente tóxicos nos substratos salinos, outros íons neles encontrados podem desempenhar um papel importante, muitas vezes decisivo na ecologia de tais áreas. O sulfato, o bicarbonato, o borato e o lítio são os quatro principais, podendo haver outros. A salinidade é então caracterizada por dois aspectos únicos: baixo potencial osmótico e altas concentrações de sódio e de outros íons que podem ser tóxicos. Mas esses fatores não representam a faixa completa de diversidade e adversidade que as plantas nos habitats salinos devem ser capazes de enfrentar. Por exemplo, a concentração de nutrientes essenciais pode ser

baixa, a aeração pode ser restrita e a troca gasosa fotossintética pode ser limitada, especialmente em zonas de maré durante os períodos em que as plantas estão submersas (EPSTEIN,1975).

Entretanto, olhadas com uma perspectiva global, essas deficiências nos habitats salinos terrestres não são tão cruciais quanto outra, a de água. As áreas com maiores salinidades são salinas porque estão em regiões áridas e semi-áridas do globo sendo evitadas pelo ciclo hidrológico. Não sendo lavados, tais solos são progressivamente salinizados devido a presença constante da água freática carregada de sais e pelo sal cíclico. A evaporação e a transpiração pelas plantas removem água mas não o sal, de modo que a solução nesses solos tendem a ficar cada vez mais salinas. As maiores áreas afetadas pelo sal combinam então duas características adversas: salinidade e aridez. Consequentemente, as plantas nativas das áreas salinas devem ser adaptadas para qualquer situação adversa que esses habitats possam ter em comum com os outros e, adicionalmente, para a condição singular da salinidade combinada com a ameaça de retirada osmótica de água e com a toxidez pelo sódio e de outros íons presentes em altas concentrações (EPSTEIN,1975).

O aspecto osmótico desse dilema duplo foi estudado por EPSTEIN, 1975. Sua idéia era que as plantas sofriam seca fisiológica em condições salinas mesmo quando o solo ou outro meio estivessem úmidos. Esse ponto de vista está incorporado na prática comum dos especialistas em salinidade de expressar o grau de salinidade de um solo em termos de condutividade elétrica de uma solução ou suspensão aquosa obtida dele. Essa medida reflete a concentração total de íons em solução, mas não dá nenhuma informação sobre a sua composição. O cloreto, como o sódio, é absorvido e translocado por muitas halófitas em uma extensão maior que a verificada nas não halófitas. Como acontece nas não halófitas, quando os cátions minerais são absorvidos em quantidades maiores que os ânions, os ácidos orgânicos completam o déficit de ânions minerais.

Diferentemente das plantas sensíveis ao sal, as halófitas são capazes de tolerar as altas concentrações de íons minerais que acumulam em seus tecidos. Os mecanismos desta

tolerância salina, ou reciprocamente, os mecanismos do dano pelo sal aos tecidos sensíveis, são desconhecidos. Os sais podem destruir a estrutura das enzimas e de outras macromoléculas, danificar organelas, afetar a fotossíntese e a respiração, inibir a síntese das proteínas e causar deficiências iônicas (EPSTEIN, 1975).

A implicação é que as halófitas são capazes de resistir ou acomodar-se a esses e a outros efeitos que a salinidade pode ter nas plantas sensíveis.

A acumulação e tolerância a altas concentrações intracelulares de íons, são universais no metabolismo mineral das halófitas. Algumas delas apresentam adaptações adicionais. Certas halófitas têm glândulas salinas nas suas folhas que excretam o sal para a superfície da qual é eventualmente removido pelo vento ou pela água.

2.6 - MACRONUTRIENTES

2.6.1 - Formas de macronutrientes no solo

Os macronutrientes provêm das rochas e dos minerais que formam o solo. Minerais primários como feldspato, mica, hornblenda e augita, formados à medida que o magma fundido esfriou, contêm pequenas quantidades desses nutrientes. À medida que os minerais primários se desintegram, formam-se minerais secundários como argilas, calcita, apatita e gipssita. Minerais primários e secundários são exemplos de complexos compostos insolúveis em que são encontrados os macro e micronutrientes. Tais fontes servem como reservas para os nutrientes, que são complementados por formas mais simples e solúveis prontamente assimiláveis pelos vegetais superiores (BRADY, 1989).

Como resultante dos processos químicos e biológicos atuantes, os elementos do solo se movimentam lentamente, via de regra, das formas mais complexas para as mais simples, sendo que o inverso também ocorre e elementos disponíveis podem reverter a formas insolúveis e indisponíveis. As reações no solo a que é submetido cada elemento são relativamente específicas, à medida que se movimenta de ou para condição mais assimilável. No entanto, existem alguns princípios gerais que regulam as reações no solo de certos cátions como Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , e NH_4^+ e de ânions como NO_3^- , HSO_4^- e H_2PO_4^- (BRADY, 1989).

2.6.2 - Cátions macronutrientes

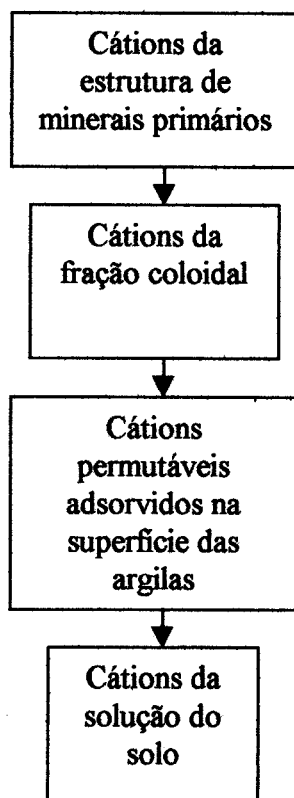
Segundo BRADY(1989), para entender a maneira pela qual os cátions macronutrientes tornam-se assimiláveis pelos vegetais em crescimento, convém dar atenção à composição inorgânica genérica dos solos minerais que contém tais elementos.

Embora essa composição varie consideravelmente de um solo para outro, suas propriedades físicas e químicas se enquadram, na sua maioria, em três tipos básicos de componentes. Em primeiro lugar, existe uma estrutura sólida que inclui, além de pequenas porções de macroelementos essenciais, quantidades muito maiores de silício, oxigênio, alumínio e ferro, nos casos de materiais inorgânicos, bem como carbono, hidrogênio e oxigênio, nos casos de materiais orgânicos. Essa estrutura que predomina na massa total do solo, retém os elementos essenciais, na sua maioria, sob formas relativamente indisponíveis. Inclui ainda minerais primários como feldspato, mica e quartzo, juntamente com grandes partículas orgânicas. Inclui também partículas mais finas de argila e humus.

Em segundo lugar, uma agregação de cátions associados retidos na superfície das partículas de argila e humo por cargas negativas que caracteriza esses colóides. Os cátions assim

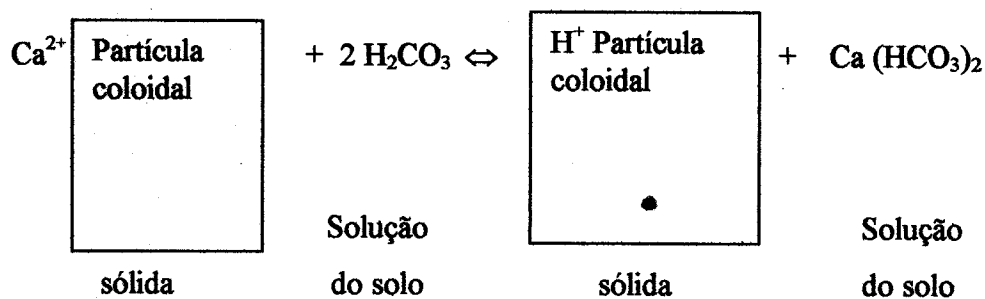
retidos não dispõem de massa tão significativa quanto os cátions da estrutura sólida, dominam porém as propriedades químicas dos solos quanto ao suprimento de elementos essenciais aos vegetais. Em terceiro lugar, há os cátions na solução do solo que se acham disponíveis para absorção vegetal ou para lixiviação do solos.

Os vegetais absorvem cátions da solução do solo, que pelo menos até certo ponto, são repletados por outros cátions retidos nas superfícies coloidais. Assim, a estrutura sólida é, na realidade, um reservatório de nutrientes para uso futuro, a longo prazo. De maneira geral, a liberação desses cátions poderá ser explicada da seguinte maneira:



Nota-se que, dentro de certos limites, as reações são reversíveis, o que possibilita adicionar nutrientes solúveis e mantê-los retidos sob formas menos disponíveis no solo, o que poderá ser processo desejável, porque os cátions da solução do solo estão sujeitos não só a captação pelos vegetais, como também à lixiviação do solo.

A reação admite também que os cátions da solução do solo poderão ser trocados por cátions adsorvidos das superfícies coloidais, como acontece com os íons H^+ no ácido carbônico (H_2CO_3), formado por CO_2 e água no solo, pode ser permutado com Ca^{2+} adsorvido na superfície coloidal (BRADY, 1989).



Essa permuta de íons H^+ por Ca^{2+} e vice-versa, assume importância prática, pois ajuda a manter o equilíbrio acidez- basicidade dos solos.

A maior parte dos elementos macronutrientes permanece sob formas inassimiláveis, como parte das estruturas.

Minerais primários tais como feldspatos, micas (na sua maioria, Si, Al, Fe, O e OH com alguns elementos essenciais).

Grandes partículas orgânicas (na sua maioria C, H, O com alguns elementos essenciais).

Argilas silicatadas e outros minerais secundários (na sua maioria, Si, Al, Fe, O e OH com alguns elementos essenciais).

Humo (na sua maioria C, H e O com alguns elementos essenciais).

Ca^{+2}
 H^+
 Al^{3+}
 H^+
 K^+
 H^+

Mg^{2+}
 K^+
 Ca^{2+}

Ca^{2+}
 Mg^{2+}
 H^+
 K^+

Estrutura sólida rígida
e semi-rígida

(a)

Cátions permutáveis
adsorvidos

(b)

Solução
do solo

(c)

Diagrama ilustrativo dos três componentes principais das partes quimicamente mais ativas do solo (a). A estrutura sólida é composta de partículas grossas e de partículas mais finas ou coloidais, que perfazem a massa dos sólidos do solo. (b) cátions na solução do solo, dos quais os

vegetais estão capacitados a absorver os elementos essenciais. A fração grossa é quase inativa quimicamente, porém em prazos longos poderá desagregar-se para produzir partículas de tamanho coloidal e cátions permutáveis. A fração coloidal inclui partículas com superfícies carregadas negativamente, capazes de atrair e reter (adsorver) cátions nas suas superfícies sólidas dos solos minerais (BRADY, 1989).

O diagrama ilustrativo mostra as proporções de potássio, cálcio e magnésio sob forma permutável, comparadas com as das formas menos disponíveis das estruturas sólidas. Nota-se que, especialmente quanto ao potássio, proporção muito elevada deste elemento é encontrada em formas relativamente indisponíveis nos minerais das estruturas sólidas. Mais uma vez, fica evidenciado que a quantidade total de um elemento nutriente em um solo assume menor importância do que o que se acha disponível ou que poderá tornar-se prontamente disponível para captação pelos vegetais. As partículas mais finas do solo, argila e humo, são essenciais como pontos focais para estas reações.

2.7 – PROCESSOS DE DECOMPOSIÇÃO NO SEDIMENTO DO MANGUEZAL

Um aumento no número de investigações da influência das florestas de manguezais na ciclagem de nutrientes e na cadeia alimentar, têm sido evidenciados (⁶Boto et al. *apud* ALONGI, 1991). Quantidades de partículas orgânicas dissolvidas e particuladas trocadas entre os manguezais e as águas costeiras dependem de fatores como a área de extensão da floresta, amplitude de marés e sazonalidade das chuvas. Em geral, a maiorias das florestas de manguezais exportam a liteira para outras áreas (ALONGI et al., 1993).

⁶ BOTO, K.G., BUNT, J.S. & WELLINGTON, J. T. 1984. Variations in mangrove forest productivity in Northern Australia and Papua New Guinea. *Estuarine. Coastal Shelf Science*. Vol. 19. pp. 321-329.

A extensão na qual os nutrientes são utilizados pelos manguezais para o crescimento das plantas é limitada por fatores geoquímicos, além do tipo de solo, estado de redução, taxa de crescimento microbial e intensidade de bioturbações. Como exemplo das limitações geoquímicas, quando o P solúvel é adicionado ao solo, é rapidamente utilizado e imobilizado pelas reações de adsorção dependendo da mineralogia da argila presente, da quantidade de ferro e do potencial de redução. Características edáficas e microbianas dos sedimentos dos manguezais variam com o tipo de floresta, nível das marés ou a combinação de ambos (⁷Nickerson and Thibodeau; ⁸Ahmad-Shah *Apud* ALONGI, 1991).

Muitos estudiosos têm sugerido que os manguezais são espécies específicas em sua habilidade na redução dos solos, níveis de nutrientes e atividade microbiana, outros encontraram diferenças nas características entre os tipos de florestas devido a densidade das raízes aéreas e a frequência de inundações. Sem considerar os mecanismos que afetam a química do solo, há contudo diferenças na química das águas intersticiais dos sedimentos e por implicação, diferenças na atividade microbiana bentônica entre os sedimentos colonizados por diferentes espécies de mangue, sugere que as diferenças na concentração de sulfato na água intersticial entre *Rhizophora* e *Avicennia* são resultado da melhor atividade heterotróficas nos depósitos de lama colonizados por *Rhizophora* (⁹Carlson *et al.* *apud* ALONGI, 1991).

⁷NICKERSON N.H. & THIBODEAU, F.R. 1985. Association between pore water sulfide concentration and distribution of mangroves. *Biogeochemistry*, vol. 1, pp. 209-219.

⁸ AHMAD-SHAH, A.A. 1991. Edaphic factors associated with different mangrove communities in peninsular Malaysia., India. *Living resources in coastal areas*, edited by AC. Alcala. University of the Philippines. Quezon City pp.433-440.

⁹ CARLSON, P. R., YARBRO, L.A. , ZIMMERMANN, C. F. & MONTGOMERY, J.R. 1983. Pore water chemistry of an overwash mangrove island. *Florida Scientist* 46, 239 – 249.

2.8. - MACRONUTRIENTES NO MANGUEZAL

2.8.1-Cátions macronutrientes e sua importância na ecofisiologia do manguezal

Cátions macronutrientes como K, Mg e Ca são usados como fonte importante na ecofisiologia, com as plantas do manguezal não poderia ser diferente. O sódio é também um nutriente essencial para algumas halófitas. O potássio é essencial para elas e para todas as plantas superiores. Nos meios salinos, a relação de sódio para o potássio é tipicamente alta, na água do mar por exemplo é de 40 a 50 para 1, podendo ainda ser maior nos solos salinos. Isso significa que as halófitas necessitam da capacidade fisiológica de absorver quantidades de potássio dos meios contendo um grande excesso do cátion alcalino intimamente relacionado, o sódio. Essa consideração chama a atenção para o mecanismo de absorção de cátions alcalinos no tecido foliar de *Avicennia marina*, o cloreto de sódio provocou um certo aumento na velocidade de absorção do potássio (Figura 1). O cálcio desempenha um papel crucial nas respostas das plantas sensíveis e tolerantes ao sal (EPSTEIN, 1975).

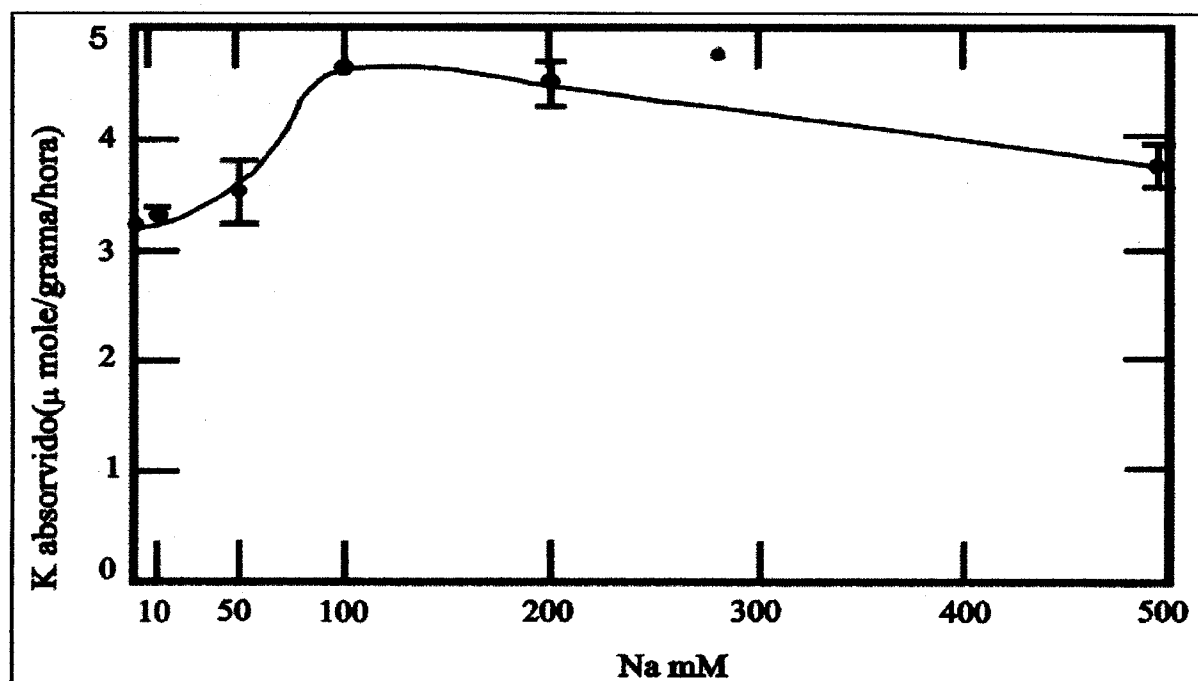


Figura 1 – Absorção do potássio marcado por tecido foliar destacado de *Avicennia Marina* em função da concentração de NaCl. Concentração de potássio como KCl, 10 mM (EPSTEIN, 1975).

Nos ecossistemas de manguezais, as concentrações desses cátions influenciam significativamente a estrutura da vegetação (PATTERSON & MEDELSON, 1991). Cálcio e potássio são os cátions alcalinos provavelmente responsáveis pelo desenvolvimento da tolerância de altas concentrações salinas nos manguezais. Além disso, micronutrientes como nitrogênio e fósforo, macronutrientes como potássio, cálcio e magnésio têm também um significativo papel na produtividade primária e distribuição algas. COHEN *et al.* (1998), estudou a concentração dos cátions Ca, Mg, Na e K nas águas do canal do Furo do Chato no manguezal de Bragança entre 1996 e 1997 e suas relações com a sazonalidade da região. Com base nos dados diários, a concentração desses cátions mostra uma tendência conforme as marés devido a mistura das águas do estuário com as águas do manguezal. As concentrações médias foram maiores no final da estação seca (dezembro de 1996) e maiores no final da estação chuvosa (abril de 1997). Embora a concentração de cátions e a salinidade sejam estritamente relacionados, esta padronização mostra que as concentrações de Ca, Mg, Na e K não dependem unicamente da salinidade e sim refletem a variação sazonal da produção primária no ambiente aquático.

Nas águas invadem o manguezal de Bragança, o sódio e o magnésio são os elementos maiores, seguidos pelo cálcio e potássio. A estação chuvosa promove uma queda nas concentrações dos nutrientes cálcio, magnésio, sódio e potássio, resultado da baixa razão evaporação/precipitação. Outro fator que também pode alterar as concentrações dos nutrientes é resultado da assimilação desses elementos nutrientes pelos organismos que compõem a cadeia alimentar, um exemplo é o período de maior população do zooplâncton, onde são obtidos baixos valores para as concentrações de cálcio (COHEN & RAMOS, 1997).

As águas estuarinas que inundam o manguezal durante as marés altas têm diferenças físico-químicas daquelas que são exportadas por ele e durante a estação chuvosa, são mais ricas em nutrientes do que as águas da maré baixa, no entanto, ao longo da estação seca, esse comportamento se inverte, isso se deve a maior demora por parte das águas estuarinas em assimilar as mudanças climáticas que condicionam em grande parte as características físico-

químicas dessas águas, ou seja, as águas que deixam o manguezal são mais suscetíveis às mudanças dos fatores climáticos, quando comparadas com as águas estuarinas, que possuem um volume de água muito maior para ser modificado e uma taxa de mistura muito grande com as águas das bacias oceânicas, funcionando assim como um agente regulador da composição das águas costeiras (COHEN & RAMOS, 1997).

3 - ÁREA DE ESTUDO

3.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A cidade de Bragança está localizada a 200 km no nordeste do estado do Pará, aproximadamente 150 km ao sul da foz do rio Amazonas. Situada entre a planície costeira e o Oceano Atlântico, existe uma área de manguezal de aproximadamente 110 km², que em alguns lugares chega a atingir 20 km de largura. A área entre o rio Caeté e o rio Tapeçurú é atravessada por uma densa rede de canais. Esta região é parte da mais extensa área de manguezais no estado do Pará e Maranhão. O acesso a essa área se dá através da rodovia PA - 242 até a cidade de Bragança e nas margens da estrada Bragança - Ajuruteua se encontra uma área de floresta de manguezal onde foram escolhidas as cinco áreas para estudo (figura 2).

3.2 - CLIMA

O clima da região Bragantina é quente e úmido com duas estações bem definidas, sendo a estação chuvosa compreendida entre o final de dezembro até julho e estação seca de agosto a final de novembro. A temperatura média do ar na região é de 25.7°C com média variando de 9.4°C. A maior temperatura foi de 36.7 °C e a menor de 14.9 °C. A média anual de precipitação entre 1973 e 1990 foi de 2545 mm , umidade relativa do ar 85 % e taxa de evaporação de 814 mm (RIBEIRO et al.,1997).

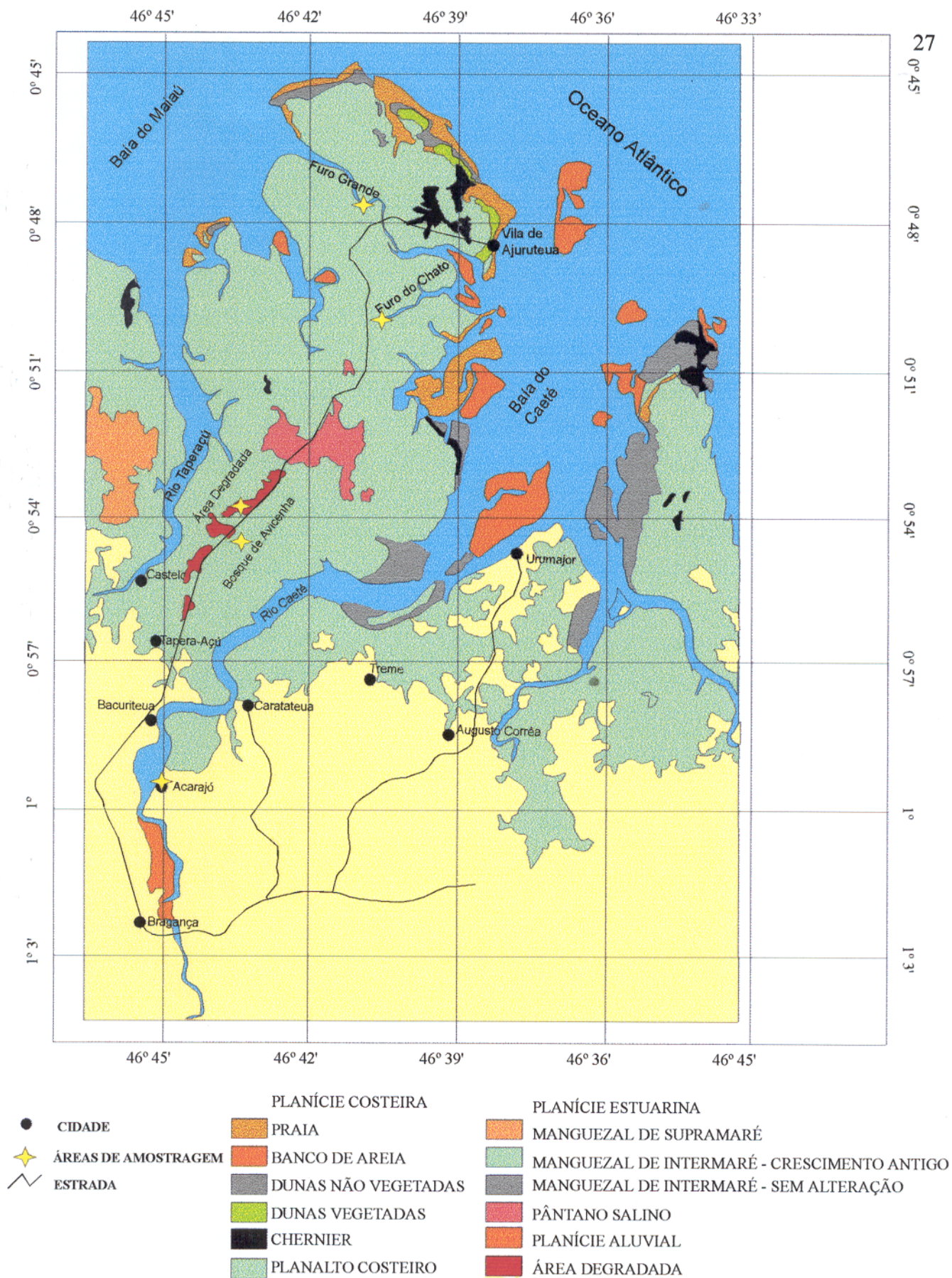


FIGURA 2 - Mapa de localização das áreas de amostragem e principais tipos geomorfológicos da planície costeira bragantina (modificado de SOUZA FILHO, 1995).

3.3 –VEGETAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A vegetação da área é composta principalmente por *Rhizophora mangle*, *Avicennia spec. cf. germinans* e *Laguncularia racemosa*. As espécies variam em crescimento, estrutura e desenvolvimento devido a influência de fatores locais como posição geográfica e regime de inundações. As proximidades da cidade de Bragança, com a influência da água doce ocorrem espécies como *Acrostichum spec. cf. aureum* (Pteridophyta/Petridaceae) e *Crimum undulatum* (Amasrylliaceae) (¹⁰Mehlig *apud* SCHWENDENMANN,1998).

3.4. - GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

O litoral NE do Pará perfaz 600 km de extensão, indo desde a foz do Rio Amazonas até a foz do rio Gurupi. (¹¹Franzinelli *apud* SOUZA FILHO, 1995) caracterizou dois tipos de costa nesta região: (1) costa de emersão, situada a oeste da baía de Marajó, que se apresenta reta e contornada por baixos cordões arenosos, com planície de maré muito bem desenvolvida e; (2) costa de submersão, a leste da Baía de Marajó.

A costa de submersão é referida neste trabalho como uma costa embaiada transgressiva dominada por maré.(Franzinelli *apud* SOUZA FILHO,1995) compartimentou esta costa em dois setores: (1) um a oeste da baía de Pirabas, onde as baías costeiras recortam as falésias ativas do Planalto Costeiro e; (2) outro a leste, onde o Planalto Costeiro recua em direção ao sul, constituindo falésias mortas e as baías recortam a planície costeira.

¹⁰ MEHLIG, U. 1998. Personal Communication Zentrum Fur Marine Tropenokologie, Bragança - Pará .

¹¹ FRANZINELLI, E. 1982. Contribuição a geologia da costa do Estado do Pará (entre as baías de Curuçá e Maiu). SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUATERNÁRIO, 4. Atas. 305-322. Manaus, INQUA.

A Tabela 3.4.1 sintetiza as principais unidades morfológicas da área da planície costeira Bragantina.

Tabela 3.4.1- Principais unidades morfológicas da planície costeira Bragantina e suas sub-unidades e área de abrangência. (SOUZA FILHO, 1995).

Unidades Morfológicas	Sub-unidades Morfológicas	Área (km ²)
Planalto Costeiro	-----	493
Planície Aluvial	Canal meandrante	
	Planície de inundação	3
	Levee	
Planície estuarina	Canal estuarino (funil estuarino, segmento retilíneo, segmento meandrante, canal de curso superior)	462
Planície costeira	Córregos de maré	
	Planície de inundação	
	Pântano salino (interno e externo)	83
	Manguezal (supramaré e intermaré)	471
	Chenier	5,5
	Planície arenosa	49
	Dunas costeiras	6,5
	Praia	-----

3.5 - PADRÕES MORFOLÓGICOS

A Planície Costeira Bragantina foi compartimentada em três unidades morfológicas distintas, com base na forma, natureza do sedimento, vegetação e processos atuantes. Estas unidades são mapeadas na Figura 3.5.1 e são referidas como: (1) Planície Aluvial; (2) Planície Estuarina e; (3) Planície Costeira. (SOUZA FILHO,1995).

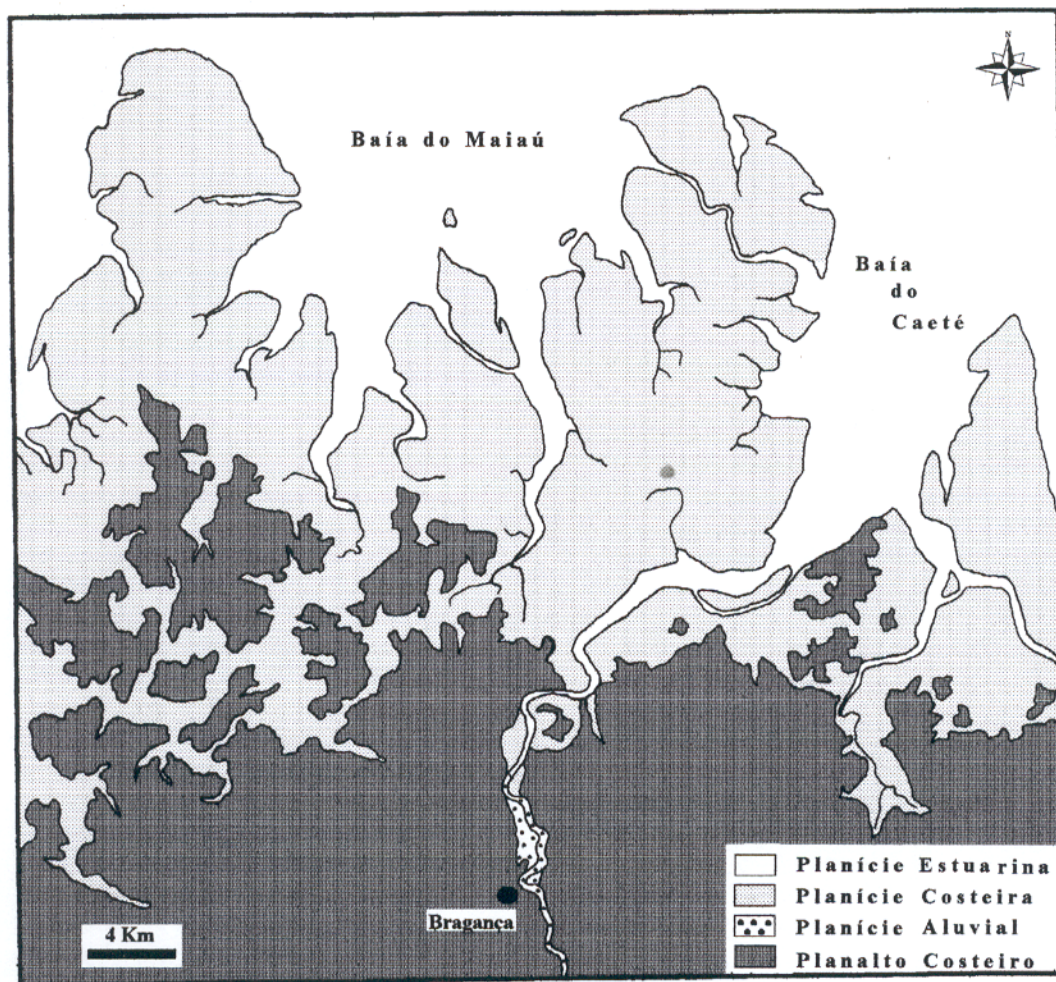


Figura 3 - Unidades morfológicas da Planície Costeira Bragantina (SOUZA FILHO,1995).

3.5.1. Planalto costeiro

Corresponde ao embasamento da planície costeira Bragantina e é constituído por sedimentos do Grupo Barreiras. Representa uma superfície plana arrasada, suavemente ondulada e fortemente dissecada, com cotas entre 50 e 60m, que diminuem progressivamente em direção à planície costeira ao norte (COSTA et al. 1977). Este contato é marcado por uma mudança litológica (sedimentos areno-argilosos avermelhados do grupo Barreiras e lamosos da planície costeira) e vegetacional (floresta secundária e mangue) brusca e morfológica (falésias mortas de até 1m de altura) (SOUZA FILHO, 1995).

3.5.2- Planície aluvial

Estende-se a sul do limite da maré na planície estuarina à altura de Bragança, abrangendo uma área de 3 km². Esta unidade morfológica é subdividida em três subunidades abaixo descrita:

3.5.3- Planície estuarina

É limitada a sul pela planície aluvial no limite superior da influência das marés e a norte pela zona onde dominam os processos marinhos, ocupando uma área de 462 km². É margeada pela planície costeira em sua porção distal e pelo planalto costeiro na proximal. A planície estuarina é formada por três subunidades morfológicas descritas abaixo.

3.5.3.1- Canal Estuarino

A geomorfologia dessa subunidade varia da porção distal para a proximal, refletindo progressivamente a influência das marés ao longo do canal estuarino. Este é representado, principalmente, pelo estuário do rio Caeté que é compartimentado em quatro padrões morfológicos distintos.

3.5.4 - Planície costeira

É a mais extensa das unidades morfológicas, abrangendo uma área de 615,7 km². É limitada a sul por falésias mortas de 1 a 2 m de altura esculpidas no Planalto Costeiro, e a norte dessa zona dominam os processos marinhos, sendo recortada pela planície estuarina. Seis subunidades foram identificadas:

3.5.4.1- Pântanos Salinos

São representados pelos “Campos de Bragança”, que ocupam uma área de 82,7 km² estando sob influência do domínio da supramaré. São subdivididos em :

3.5.4.2 - Pântanos Salinos Internos

Estão encaixados em uma rede de drenagem colmatada , alimentada principalmente pela pluviosidade. Permanece alagada durante o período chuvoso e seca durante o período de estiagem. Estes pântanos são colonizados por *eleucharias sp.*(juncus) e limitados pela floresta degradada sobre o Planalto Costeiro.

3.5.4.3 - Pântanos Salinos Externos

Ocorrem mais a norte e são limitados internamente pelo Planalto Costeiro com floresta secundária e externamente pela planície costeira lamosa com vegetação de mangue. Apresenta a mesma morfologia do pântano salino interno, diferindo deste por ser mais baixo relativamente e por ser influenciado diariamente pelas marés.

3.5.4.4 - Manguezais

São constituídos por sedimentos lamosos colonizados, principalmente, por *Rhizophora* e *Avicennia*, submetidos à influência das marés, ocupando uma área de 466,8 km². Os manguezais são caracterizados em termos de tipo de sedimento e vegetação. A razão da utilização deste critério é que estes depósitos são representados estratigraficamente por um espesso pacote de lama (>6 m) rico em matéria orgânica, sem estruturação aparente, apresentando por vezes lentes milimétricas de areia intercalada e forte bioturbação e fitoturbação. Diferenciando-se da unidade de pântano salino, pelas características morfológicas e tipo de vegetação.

Baseado na ação das marés, na altimetria relativa e no porte da vegetação de mangue, subdividiu-se estes depósitos em: (1) manguezal de supramaré, topograficamente mais elevado, menor porte arbóreo e influenciado pelas marés somente durante os períodos de sizígia e (2) manguezal de intermaré, topograficamente mais baixo, maior porte arbóreo, com frentes de progradação colonizada por mangues jovens que margeam a planície costeira.

Os manguezais de intermaré ao longo da linha de costa dão a estas características morfológicas distintas, constituindo costas erosivas, progradacionais e retrogradacionais respectivamente). As costas erosivas ocorrem ao longo das baías estuarinas, onde predominam os processos erosivos provocados pela ação das correntes de marés que erodem os depósitos de

manguezal e provocam o recuo da linha de costa e uma redistribuição dos sedimentos. As areias da planície arenosa, comumente, são transportadas sobre os terraços lamosos erosivos, provocando a asfixia do manguezal. A costa de progradação ocorre em áreas estuarinas mais protegidas, onde predomina a sedimentação. Inicialmente o substrato é colonizado por *Spartina sp.*, que fixa o sedimento lamoso, propiciando posteriormente a colonização deste bancos por mangues, formando-se uma franja de progradação na frente dos mangues adultos do ambiente de intermaré. A costa retrogradacional ocorre ao longo da linha de costa, aproximadamente E-W. Esta costa é marcada pela migração do cordão de duna-praia ("dune-beach ridge") sobre os manguezais de intermaré.

4.1- SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Cinco áreas do manguezal de Bragança foram selecionadas para estudo com base nas diferenças de localização e características específicas de cada uma, como por exemplo, maior influência do rio Caeté ou da água do mar, maior exposição aos fatores climáticos, nível de chegada das marés. São elas:

Área do Acarajó - área de manguezal, mais próxima da cidade de Bragança, sob a influência da água doce do rio Caeté, recebendo inundação diária da maré. O sedimento nesta área apresenta uma umidade muito maior se comparado com as outras áreas. O material amostrado apresenta coloração cinza escuro a preto e forte odor característico da decomposição do material vegetal.



Fotografia 1 – Entrada de acesso a área do Acarajó. Colheita de arroz, cultivado na área com característica de água doce (SCHWENDENMANN, 1998).

Bosque de *Avicennia* – apresenta uma floresta de manguezal natural, localizada em um terreno mais alto, sendo alagado pela maré a cada duas semanas e recebe maior influência das marés se comparada com as outras áreas. O sedimento nesta área se encontra mais úmido se comparado com a área degradada localizada à sua frente. A coloração deste material na camada superficial está compreendida entre castanho e marrom com matizes ferruginosos mostrando a oxidação de alguns metais como o ferro. Nos 50 cm de profundidade, a coloração passa de marrom para cinza escuro e apresenta uma maior umidade se comparada com os dez centímetros inicialmente amostrados.



Fotografia 2 – Bosque de *Avicennia* no final do período seco, área de aparecimento de árvores jovens e com crescimento do tronco reto, típico da espécie.



Fotografia 3 – Bosque de Avicennia na área de predomínio de árvores de maior porte e com raízes terrestres de pneumatóforos característicos de áreas de mangue.

Área degradada - área de manguezal degradado, que se localiza em frente área Avicennia, caracterizada por um terreno muito seco e sem vegetação, somente troncos mortos de uma floresta de manguezal que supõem-se tenha sido antes da degradação igual a área Avicennia, depois de uma grande área totalmente degradada encontra - se uma floresta que é a transição com o manguezal degradado. Nesta área degradada o sedimento é muito compactado se comparado com as outras áreas e caracterizado pela menor umidade dentre as outras áreas amostradas. A coloração é castanho a marrom na superfície e a presença de metais oxidados é muito grande. Esta área está sujeita a ação rigorosa dos fatores meteorológicos como grandes taxas de evaporação e altas temperaturas na superfície, principalmente no período de estiagem compreendido entre os meses de junho a dezembro.

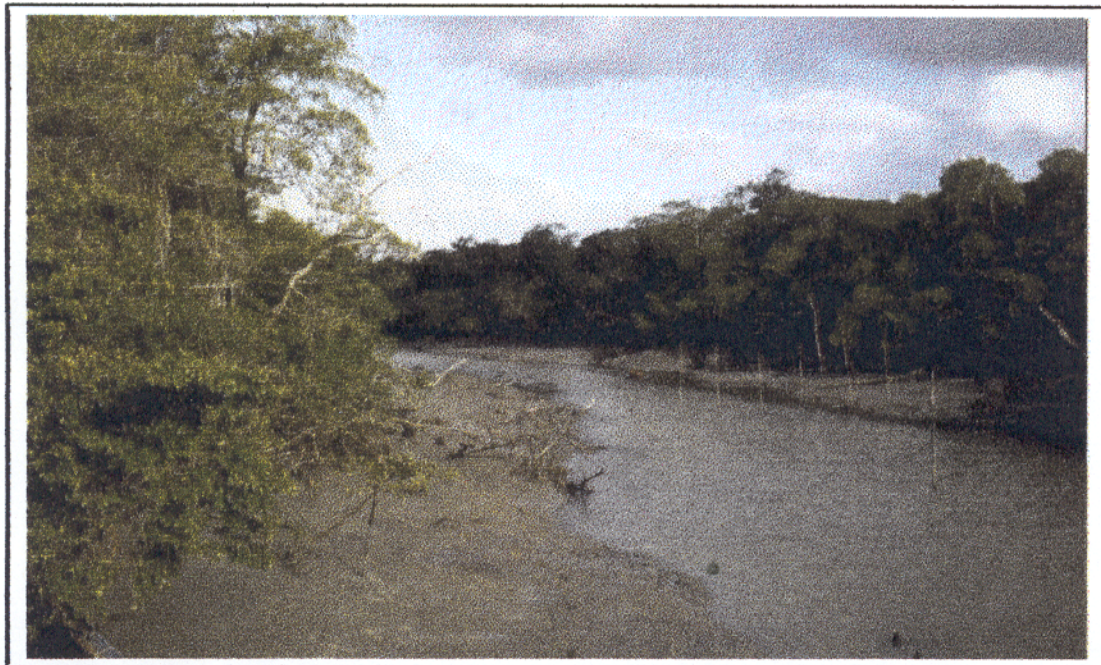


Fotografia 4 – Área degradada no período chuvoso com características de solo pouco úmido pela inundação escassa das marés. Nota-se a presença de pouca vegetação, além troncos mortos de árvores que não resistiram ao processo rigoroso do clima seco



Fotografia 5 – Área degradada no período seco. As altas temperaturas formam uma fina camada de sal na camada superficial do sedimento.

Furo do Chato - É uma área caracterizada por apresentar um sedimento seco, mas não compactado como acontece na área degradada. A umidade nesta área também é baixa e o sedimento tem característica de material erodido, sofre inundação diária e é irrigada por pequenos canais, localizados dentro da floresta de manguezal, é a área mais próxima do furo grande.



Fotografia 6- Furo do chato na maré baixa, vista lateral.



Fotografia 7 – Furo do Chato em processo de inundação pela maré. A fotografia mostra as raízes das Rhizophoras que se fixam mesmo no sedimento mole.

Furo grande - É a área que apresenta uma umidade mais próxima a área do Acarajó e com coloração semelhante. É mais próxima ao mar, com o bosque localizado à beira do furo de comunicação entre dois córregos que cortam o manguezal, permanece em contato mais prolongado com a água do mar e tem regularidade quanto a presença de água.

4.2 - PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM

Nas cinco áreas escolhidas para as amostragem, levando-se em consideração que se teria graus diferentes de influência da salinidade e por isso zonação da vegetação, demarcou-se dez pontos de amostragem. Em cada ponto, duas porções do sedimento do manguezal foram requeridas para análise, sendo a primeira, os primeiros 10 cm de profundidade e a segunda, os 10 cm finais do total de 55 cm, isso considerando o maior grau de evaporação e lavagem pela entrada da água das chuvas e das marés na porção inicial em relação à porção final do sedimento. As perfurações foram feitas com trados de aço de 1 m de comprimento graduados a cada 10 cm, sempre efetuando a retirada do sedimento com cuidado para que se obtivesse o sedimento completo, sendo em alguns casos necessário a retirada a cada 10 cm para não provocar uma compressão muito forte no sedimento.

As amostragens foram feitas a cada três semanas, acompanhando as fases da lua, sempre depois da inundação do manguezal pela maré, perfazendo um ano de coleta entre setembro de 1997 e setembro de 1998, tendo-se nesse período, todo o período de estiagem e toda a estação chuvosa da região.

Depois de coletadas e identificadas, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos apropriados e mantidas a 4° C até a chegada ao Laboratório de Análises Químicas e de Hidroquímica do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará, onde foram mantidas sob refrigeração para posterior análise.

4.3 - PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

4.3.1 - Medidas físico - químicas

Para determinação dos parâmetros físico-químicos, como condutividade, salinidade e pH, o seguinte procedimento de preparação foi adotado:

- Usando a água deionizada como meio extrator da água intersticial do sedimento (JANZEN, 1993), aproximadamente 20 g do sedimento do manguezal, foi diluído com 100 ml de água deionizada.
 - A mistura na proporção 5:1(água: sedimento), foi levada ao banho de ultrassom por 5 minutos para uma completa homogeneização, seguida de uma centrifugação a 2.000 rpm por 5 min. A filtração dos extratos foi feita em filtro Milipore Wathman nº 42 para a separação das partículas em suspensão.
 - Na porção água intersticial + água deionizada fez-se a leitura da condutividade elétrica e salinidade em aparelho WTW LF 197 - Tetra Con. 325 e pH pelo método potenciométrico em aparelho HI 8424 microcomputer pHmeter.
-

4.3.2 - Determinação do teor de umidade e matéria orgânica no sedimento

Para a determinação da quantidade de água nas amostras do sedimento do manguezal, o sedimento foi submetido a secagem em estufa a 105 ° C por 24 h, e para a determinação do teor de matéria orgânica, o sedimento isento de umidade, foi levado à calcinação a 550° por 8 h.

4.3.3 - Dosagem dos cátions macronutrientes cálcio, magnésio, sódio e potássio em E.A.A

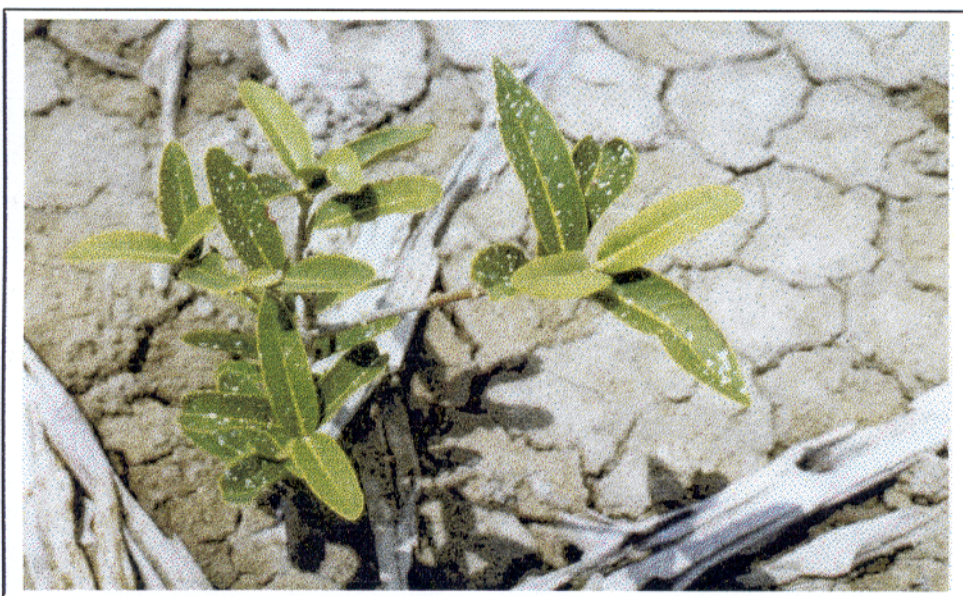
Devido ao grande teor do elemento sódio na água intersticial do sedimento em quase todas as áreas, com exceção da área do Acarajó, uma grande diluição se fez necessária para a dosagem deste elemento por espectrometria de absorção atômica (E.A.A). Para a leitura dos elementos cálcio, magnésio e potássio, procedeu-se uma menor diluição sendo em geral de 20 vezes para cálcio, magnésio e potássio e 500 vezes para o sódio. Depois de preparadas, às amostras adicionou-se 1 ml de CsCl_2 na dosagem dos elementos sódio e potássio, e 2 ml de SrCl_2 na dosagem dos elementos cálcio e magnésio, isso se fez para evitar que ocorra a ionização precoce dos cátions a serem analisados.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – SALINIDADE E MACRONUTRIENTES NA ÁGUA INTERSTICIAL

A salinidade no manguezal de Bragança mostra valores médios diferentes entre si nas cinco áreas de trabalho. Os fatores que contribuem para isso são principalmente a influência da sazonalidade e a localização de uma área em relação a outra.

A área de manguezal degradado e área *Avicennia*, são duas áreas centrais, distintas entre si pela ausência de cobertura vegetal no bosque degradado e uma floresta de mangue natural na área de *Avicennia*. LÔLA et al. (1998) monitorou a umidade relativa do ar e a temperatura do solo nessas duas áreas. Na área degradada a temperatura do solo chegou ao limite de 40°C entre 14:00 e 15:00 horas, enquanto que no Bosque de *Avicennia* as maiores temperaturas diárias não ultrapassaram 28°C, mostrando a importância da vegetação na amenização das elevadas temperaturas da região. O manguezal degradado tem umidade relativa do ar consideravelmente menor do que o manguezal natural, pois sem vegetação não há influência do processo de evapotranspiração nessa área, que devido a maior exposição do sedimento ao sol, tem os maiores valores de salinidade da água intersticial, chegando inclusive a apresentar camadas de sais cristalizados na superfície das folhas da vegetação escassa (fotografia 8).



Fotografia 8 –Sais cristalizados nas folhas da pequena planta na área degradada (SCHWENDENMANN, 1998).

A salinidade média geral da água intersticial da área está entre 69 e 113 ‰, na profundidade de 10 cm esse valor vai de 69 a 135‰, enquanto que na profundidade de 50 cm esse valor cai para 70 a 91 ‰, deixando evidente a intensidade da exposição da camada superficial as altas temperaturas da região, principalmente no período de estiagem, onde as altas taxas de evaporação provocam somente a evaporação da água, concentrando os sais da solução do solo, deixando a água intersticial mais salina. Com a chegada da estação chuvosa a partir de fevereiro de 1998 esse comportamento se inverte quanto as duas profundidades. Enquanto na camada de 10 cm a estação seca confere maior enriquecimento de sais, na estação chuvosa a profundidade de 50 cm é que se mostra com maior salinidade, isso se deve ao fato de que a entrada das grandes marés e o alto índice de precipitação da região provoca a lavagem somente da camada mais superficial, e deixa os 50 cm de profundidade mais protegido nesse período. Assim como a salinidade, o sódio também acompanha a mesma variação sazonal.

Quanto aos cátions macronutrientes, o mesmo comportamento também foi observado quanto a sazonalidade. O magnésio foi o elemento majoritário, seguido pelo potássio e o cálcio, as menores concentrações observadas foram na campanha de 13/03/98, que é o início do período chuvoso onde há um decréscimo nas concentrações desses cátions resultante das chuvas fortes e das grandes marés desse período. O comportamento dos cátions macronutrientes em ppm podem ser observados nas tabelas de 5.1.1 a 5.1.3.

Tabela 5.1.1 – Concentração dos cátions macronutrientes e salinidade geral na área Degradada nas campanhas de 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	M g , ppm	K, ppm	Ca, ppm	Na ,ppm	Salinidade, ‰
22/10/97	3410	1.188	872	49.729	82
09/12/97	3628	1.340	786	41.984	113
26/12/97	2666	1.268	887	35.741	82
10/02/98	3254	1.186	700	42.973	69
13/03/98	1326	705	276	18.946	81
26/05/98	2716	1.063	600	27.676	74
07/08/98	1991	405	515	27.949	70
13/09/98	2314	2.075	714	44.912	88

Tabela 5.1.2 – Concentração dos cátions macronutrientes e salinidade na área Degradada na profundidade de 10 cm durante as campanhas de 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg, ppm	K, ppm	Ca, ppm	Na, ppm	Salinidade ‰
22/10/97	3.611	1.216	841	56.112	86
09/12/97	2.550	1.301	794	42.988	135
26/12/97	2.958	1.288	954	39.625	93
10/02/98	3.258	1.127	715	42.802	69
13/03/98	1.423	677	260	18.692	78
26/05/98	2.728	979	589	26.730	71
07/08/98	2.012	421	519	29.745	77
13/09/98	2.547	2.203	783	51.531	100

Tabela 5.1.3 – Concentração dos elementos e salinidade na Área Degradada na profundidade de 50 cm durante as campanhas de 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg ppm	K ppm	Ca ppm	Na ppm	Salinidade ‰
22/10/97	3.210	1.160	903	43.346	79
09/12/97	2.727	1.379	778	40.979	91
26/12/97	2.375	1.248	821	31.856	71
10/02/98	3.250	1.245	685	43.145	70
13/03/98	1.228	732	292	19.200	85
26/05/98	2.703	1.148	612	28.623	77
07/08/98	1.970	389	512	26.153	64
13/09/98	2.081	1.948	646	38.292	75

As figuras 4 a 9 mostram a variação sazonal da salinidade e das concentrações de sódio na água intersticial do manguezal degradado.

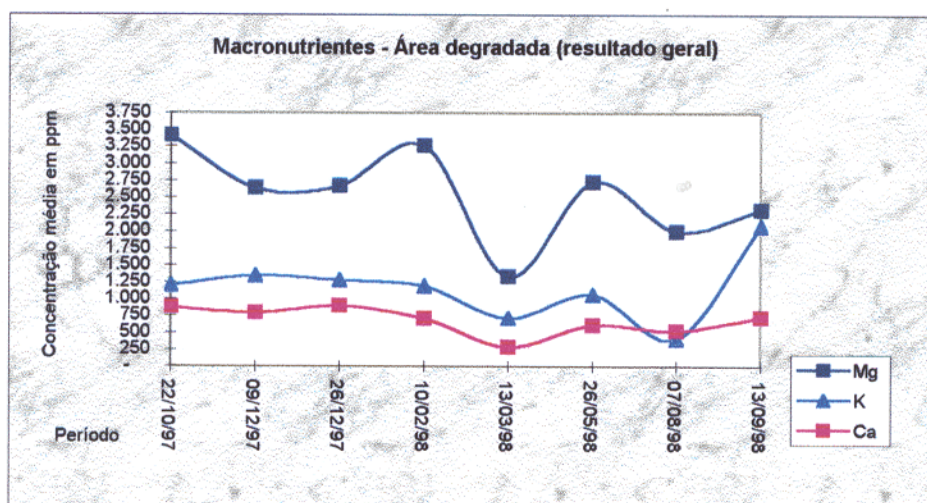


Figura 4 – Resultado geral dos macronutrientes na água intersticial do manguezal degradado durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 07/08/98 e 13/09/98.

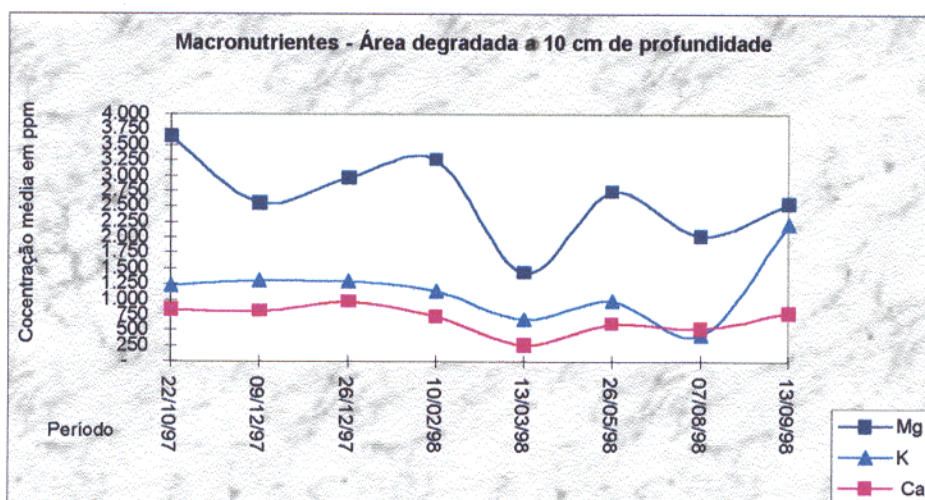


Figura 5 – Resultado dos macronutrientes na água intersticial do manguezal degradado na profundidade de 10 cm durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 07/08/98 e 13/09/98.

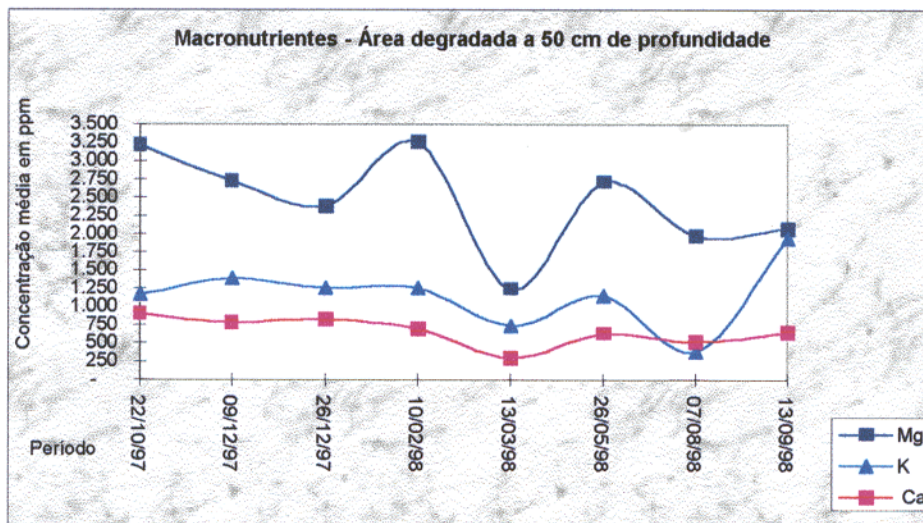


Figura 6 – Resultado dos macronutrientes na água intersticial do manguezal degradado na profundidade de 50 cm durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 07/08/98 e 13/09/98.

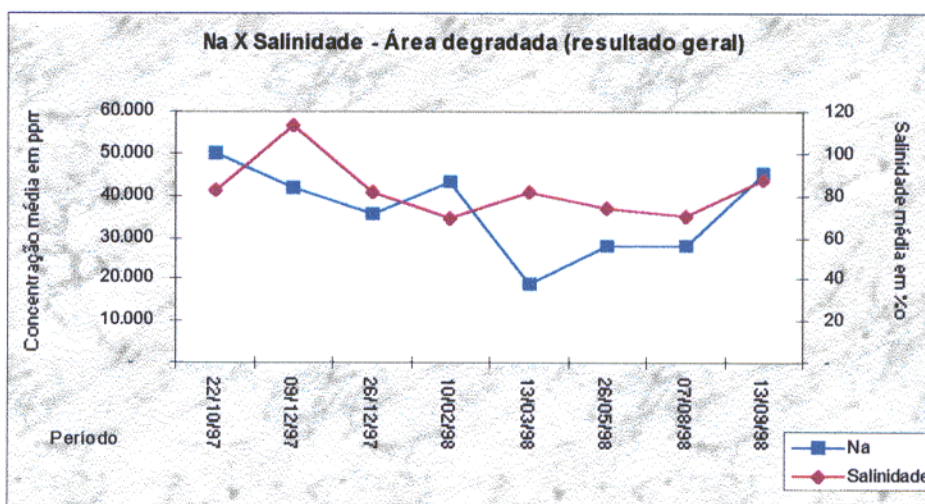


Figura 7 – Salinidade X Na geral na água intersticial do sedimento manguezal degradado durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 07/08/98 e 13/09/98.

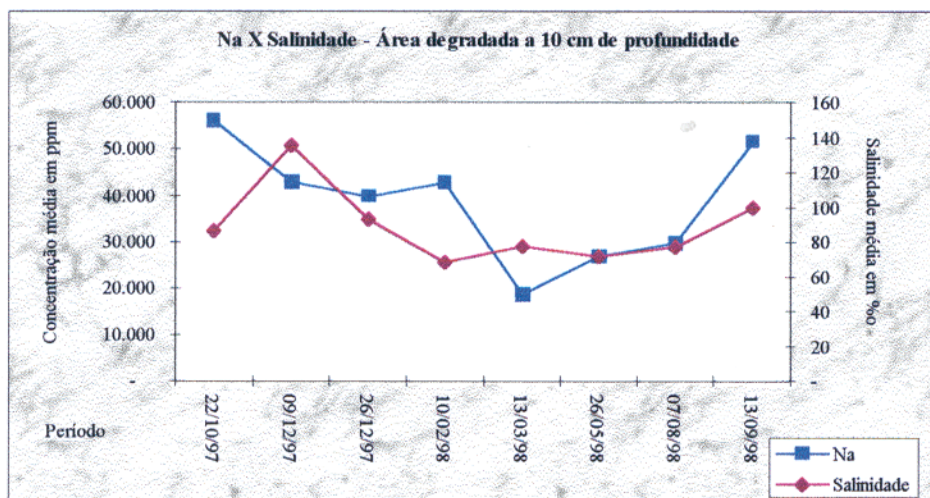


Figura 8 – Salinidade X Na na água intersticial do sedimento manguezal degradado na profundidade de 10 cm durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 07/08/98 e 13/09/98.

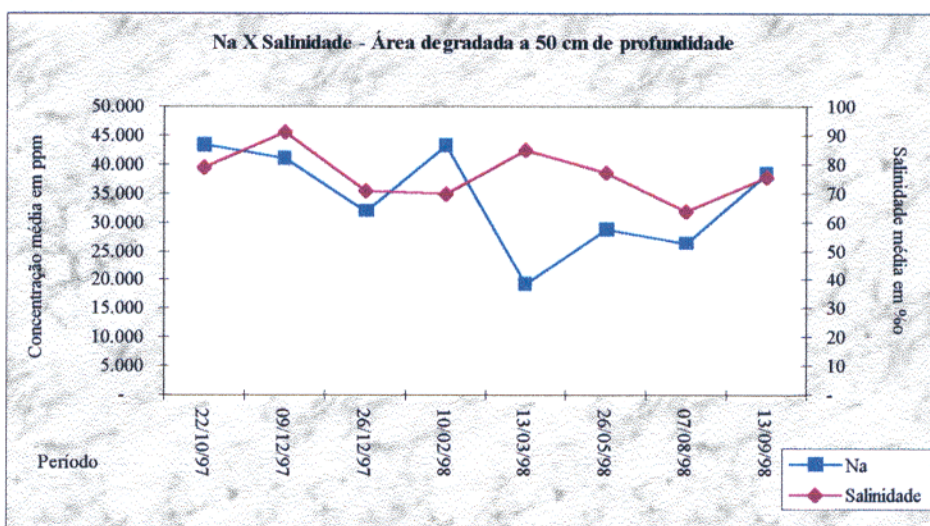


Figura 9 – Salinidade X Na na água intersticial do sedimento manguezal degradado na profundidade de 50 cm durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 07/08/98 e 13/09/98.

No bosque de *Avicennia*, a tendência sazonal é a mesma da área degradada, o que diferencia as duas áreas é cobertura vegetal do bosque de *Avicennia*, que protege o sedimento do manguezal das ação agressiva das altas taxas de evaporações a que é sujeito o manguezal degradado. Outra diferença entre essas duas área tão próximas entre si quanto a localização, é o fato da camada a 10 cm de profundidade apresentar valores de salinidade menores do que a camada a 50 cm de profundidade na estação seca onde os valores vão de 43‰ em 22/10/97 a 45‰ em 26/12/97 a 10 cm e 49 ‰ e 62‰ no mesmo período na profundidade de 50 cm (Tabela 5.1.3). Com a chegada das chuvas e início da estação chuvosa, esses valores se alteram para 35‰ em 19/01/98 e 28‰ em 26/05/98.

As baixas concentrações de K (por volta de 350 ppm) nas águas intersticiais de 10 e 50 cm de profundidade na área Avicênia, observadas no período entre final de outubro a final de dezembro de 1997, que coincide com as menores precipitações pluviométricas, pode ser o resultado da absorção pelas árvores de *Avicennia*, que predominam na área. No início de fevereiro as concentrações de K cresceram muito (a níveis de 1200 ppm) o que sugere ser o efeito das primeiras grandes chuvas sazonais. A água de precipitação pode ter lavado a vegetação, ao mesmo tempo que se enriquece no solo em K proveniente da decomposição da liteira. Essa água rica em K penetra no solo e alimenta os seus interstícios, aumentando sobremaneira a concentração desse elemento, dando origem a um forte contraste com o período anterior, de baixa ou nenhuma alimentação e intenso consumo de K pelas plantas. Do início de fevereiro até o final de agosto a concentração de K nas águas intersticiais da área decresceu regularmente, o que indica a progressiva diminuição da fonte de K, isto é, aquele obtido da lavagem da vegetação e da decomposição da liteira, que com o passar do período chuvoso vai se empobrecendo nesse elemento, em decorrência da contínua decomposição e lixiviação sem um correspondente aporte de novas folhas. Em setembro de 1998 as concentrações de K se assemelham aquelas do período seco de 1997.

Tabela 5.1.4 – Concentração dos cátions macronutrientes e da salinidade em geral no bosque de *Avicennia* durante as campanhas de 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg, ppm	K, ppm	Ca, ppm	Na, ppm	Salinidade, ‰
22/10/97	1646	299	710	22739	46
09/12/97	2085	363	894	21223	63
26/12/97	1299	292	524	18121	54
19/01/98	2908	1020	753	42246	50
13/03/98	1062	476	326	17761	45
26/05/98	1143	669	449	22924	43
02/07/98	1058	446	399	15705	42
07/08/98	1622	570	595	22429	59
13/09/98	1515	517	581	22894	50

Tabela 5.1.5 – Concentração dos cátions macronutrientes e da salinidade no bosque de *Avicennia* a 10 cm de profundidade durante as campanhas de 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg ppm	K ppm	Ca ppm	Na ppm	Salinidade ‰
22/10/97	1663	296	433	26113	43
09/12/97	1970	315	612	19329	55
26/12/97	1281	263	457	18142	45
19/01/98	2691	908	626	42109	35
13/03/98	1022	349	269	15882	35
26/05/98	956	560	367	18280	28
02/07/98	913	395	333	15210	35
07/08/98	1995	656	725	24300	67
13/09/98	1246	1113	332	14041	34

Tabela 5.1.6 – Concentração dos cátions macronutrientes e da salinidade no bosque de *Avicennia* a 50 cm de profundidade durante as campanhas de 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg, ppm	K, ppm	Ca, ppm	Na, ppm	Salinidade, ‰
22/10/97	1629	302	988	19364	49
09/12/97	2200	411	1176	23116	71
26/12/97	1316	322	590	18101	62
19/01/98	3124	1133	879	42384	65
13/03/98	1101	603	382	19640	55
26/05/98	1330	779	531	27568	57
02/07/98	1202	498	465	16200	49
07/08/98	1249	484	465	20558	52
13/09/98	1446	1551	374	13794	52

As figuras 10 a 15 mostram o comportamento da salinidade, do sódio e dos macronutrientes no bosque de *Avicennia*. As tabelas de 5.1.4 a 5.1.6 mostram as concentrações na área em geral, a 10 cm de profundidade e a 50 cm de profundidade.

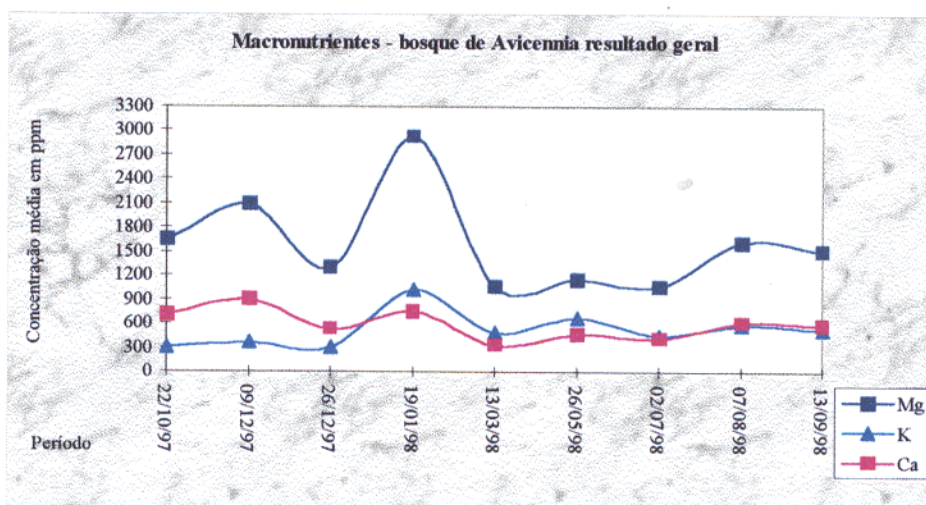


Figura 10 – Resultado geral dos macronutrientes na água intersticial do bosque de Avicennia durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

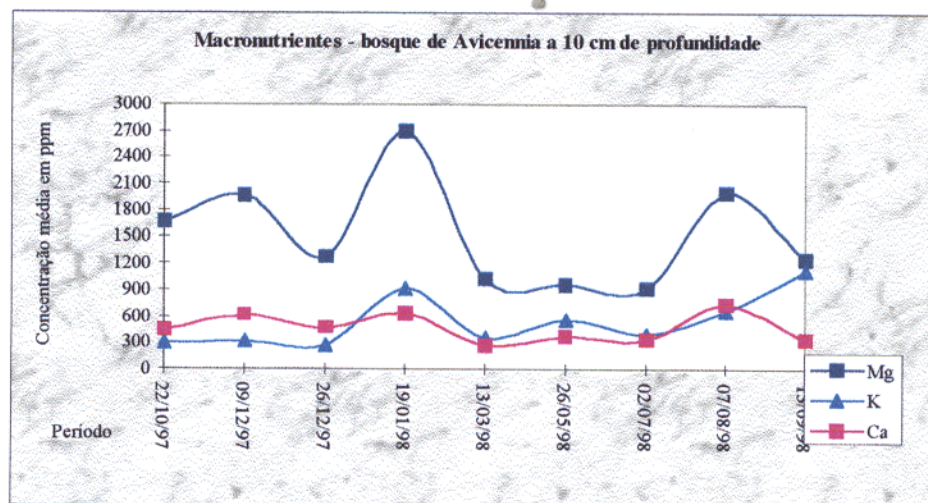


Figura 11– Resultado dos macronutrientes na água intersticial do bosque de Avicennia a 10 cm de profundidade durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

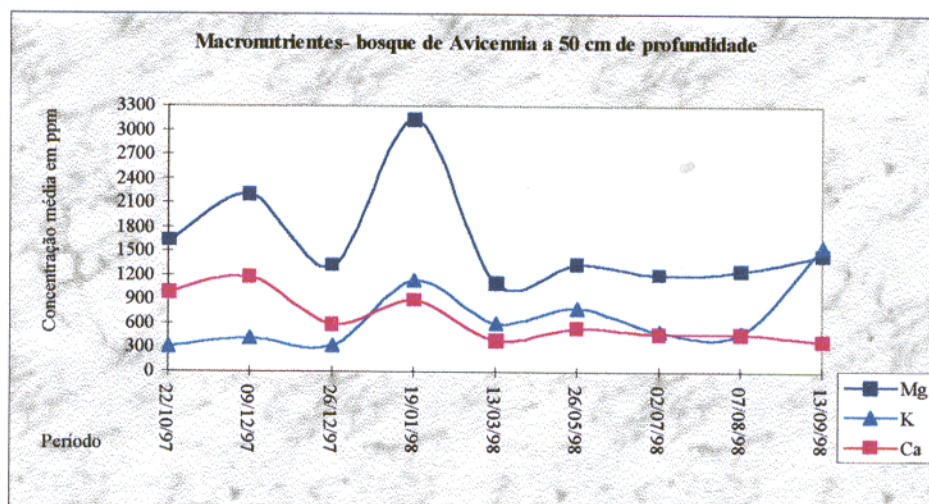


Figura 12– Resultado dos macronutrientes na água intersticial do bosque de Avicennia a 50 cm de profundidade durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

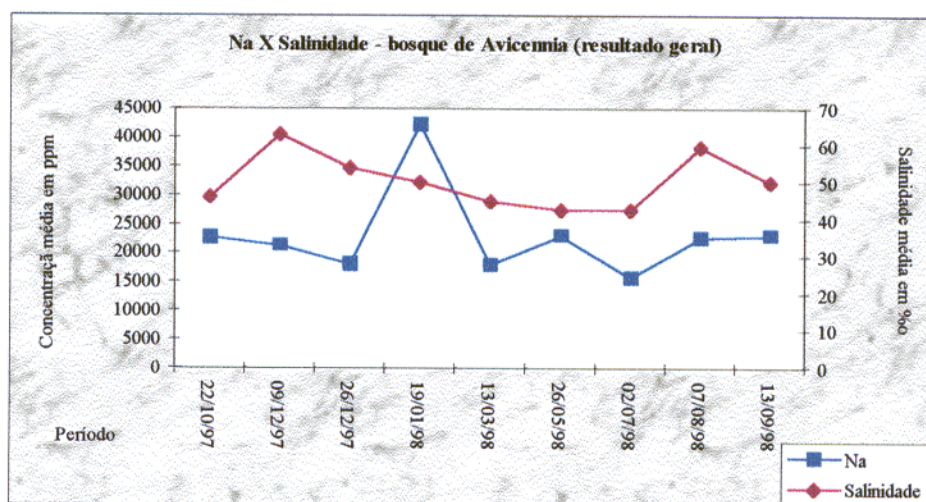


Figura 13 – Salinidade X Na - resultado geral na água intersticial do sedimento do bosque de Avicennia a cm de profundidade durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

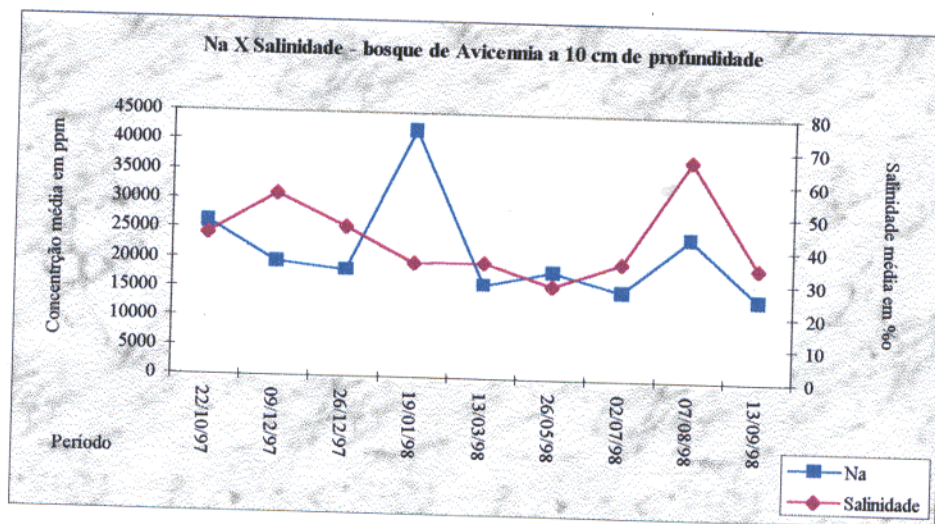


Figura 14 – Salinidade X Na na água intersticial do sedimento do bosque de Avicennia a 10 cm de profundidade durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

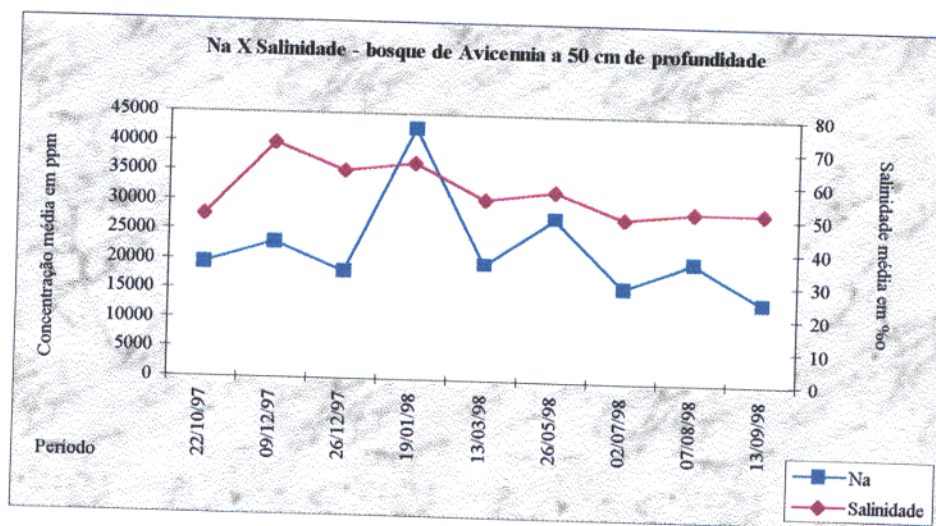


Figura 15 – Salinidade X Na na água intersticial do sedimento do bosque de Avicennia a 50 cm de profundidade durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Na área do Acarajó , onde a maior influência é exercida pela água doce do rio Caeté, a salinidade não ultrapassa 22‰, mesmo no período de estiagem, onde a ausência das chuvas e os níveis baixos das marés concentra os sais trazidos pelas marés salobras, atribuindo esse valor de salinidade a água intersticial do sedimento. Os menores valores de salinidade são encontrados na estação chuvosa em 26/05/98 que é de apenas 4‰. Quanto aos cátions macronutrientes as figuras de 16 a 21 mostram o comportamento desses cátions na água intersticial nas camadas a 10 e 50 cm de profundidade, e como no bosque de *Avicennia*, a camada superficial recebe maior influência das chuvas e das marés, enquanto que na profundidade de 50 cm a chegada desse volume de água é menor. O cálcio também tem valores maiores se comparados com o potássio. magnésio e sódio são os maiores constituintes dessa água intersticial e os valores médios gerais e a 10 e 50 cm de profundidade são mostrados nas tabelas 5.1.7, a 5.1.9.

Tabela 5.1.7 – Concentração dos cátions macronutrientes e da salinidade geral na área do Acarajó nas campanhas de 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg, ppm	K, ppm	Ca, ppm	Na, ppm	Salinidade ,‰
22/10/97	1.444	323	683	7.365	11
09/12/97	2.562	626	618	8.163	22
26/12/97	1.753	543	828	8.103	21
19/01/98	975	545	610	7.082	18
13/03/98	745	414	380	5.909	15
26/05/98	756	476	390	5.859	10
02/07/98	1.085	632	646	6.165	8
07/08/98	1.121	768	635	6.424	13
13/09/98	1.361	442	652	7.752	11

Tabela 5.1. 8 – Concentração dos cátions macronutrientes e da salinidade na profundidade de 10 cm na área do Acarajó nas campanhas de 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg, ppm	K,ppm	Ca, ppm	Na, ppm	Salinidade, ‰
22/10/97	1.299	382	571	7.913	11
09/12/97	2.088	607	603	8.066	22
26/12/97	1.898	601	849	7.915	21
19/01/98	942	549	582	6.867	17
13/03/98	805	471	399	5.450	10
26/05/98	801	495	396	4.941	4
02/07/98	1.168	666	622	6.118	4
07/08/98	1.133	783	644	6.386	5
13/09/98	1.393	512	689	8.459	10

Tabela 5.1.9 – Concentração dos cátions macronutrientes e da salinidade na profundidade de 50 cm na área do Acarajó nas campanhas de 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg, ppm	K, ppm	Ca, ppm	Na ,ppm	Salinidade ,‰
22/10/97	1.661	382	852	6.543	11
09/12/97	3.035	607	633	8.260	22
26/12/97	2.028	601	900	7.888	20
19/01/98	1.009	549	638	7.298	20
13/03/98	685	471	362	6.368	19
26/05/98	711	495	384	6.776	16
02/07/98	1.002	666	670	6.213	13
07/08/98	1.108	783	627	6.462	20
13/09/98	1.328	512	616	7.046	12

As figuras 15 a 20 mostram o comportamento sazonal dos cátions cálcio, magnésio, sódio e potássio e da salinidade na área do Acarajó.

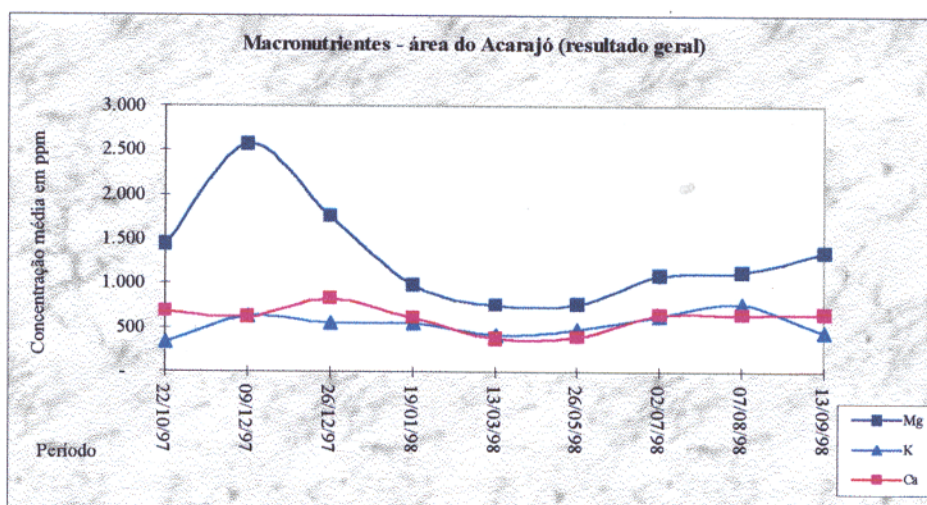


Figura 16 – Resultado geral dos macronutrientes na água intersticial do sedimento da área do Acarajó durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

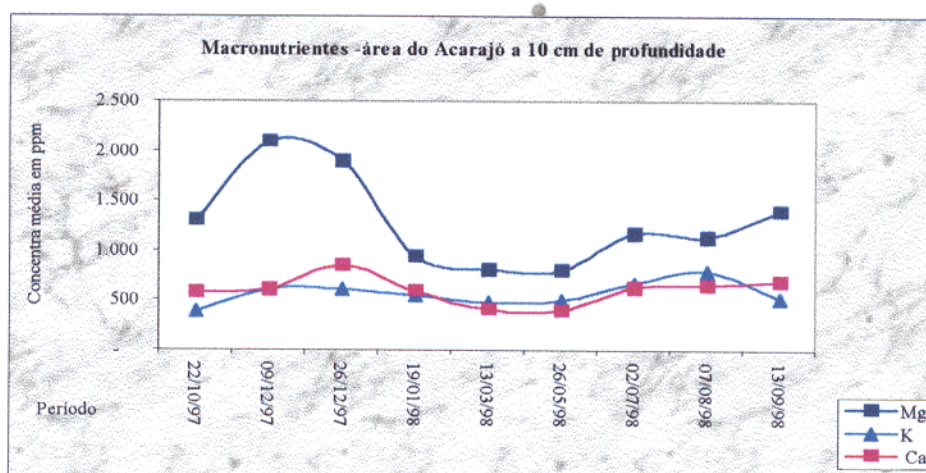


Figura 17 – Resultado dos macronutrientes na água intersticial do sedimento da área do Acarajó na profundidade de 10 cm durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

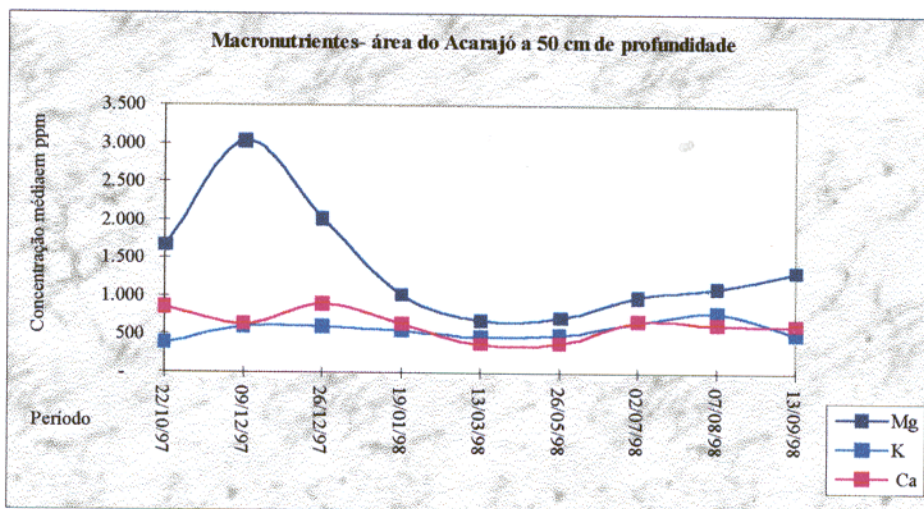


Figura 18 – Resultado dos macronutrientes na água intersticial do sedimento da área do Acarajó na profundidade de 50 cm durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

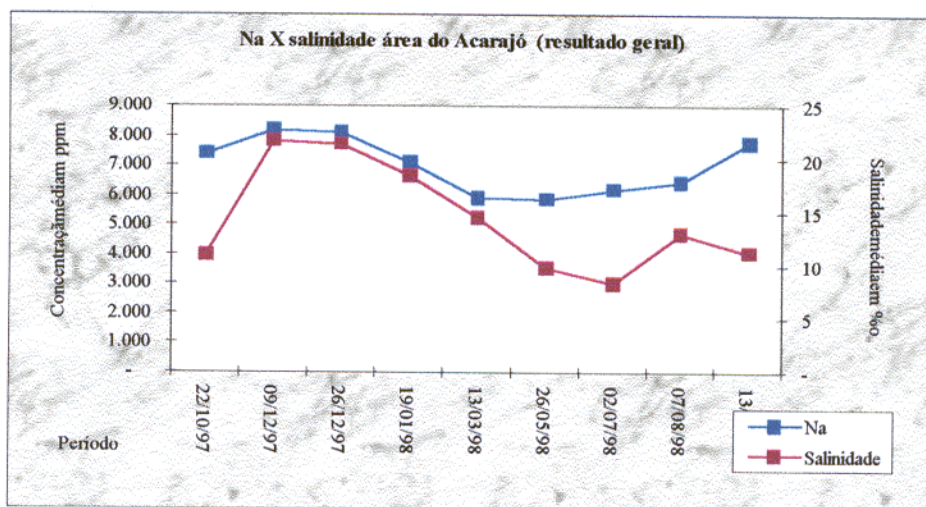


Figura 19 – Salinidade X Na geral na água intersticial do sedimento da área do Acarajó durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

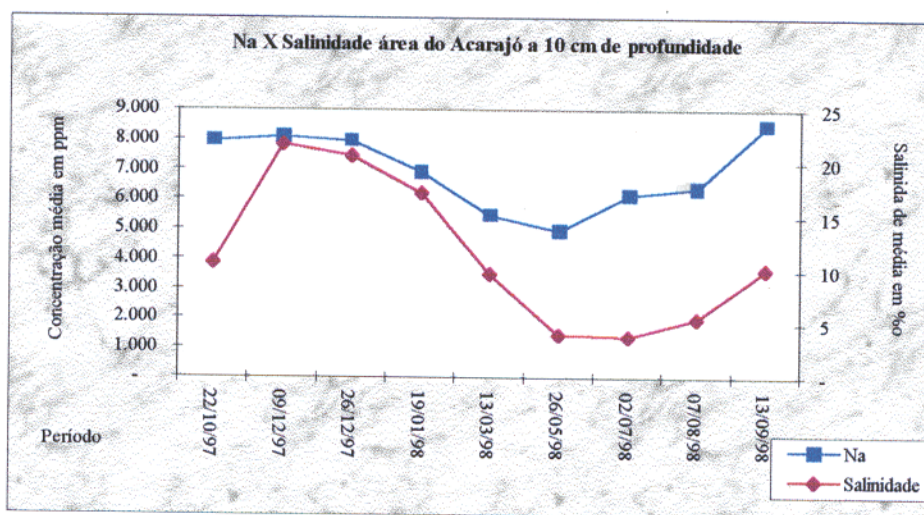


Figura 20 – Salinidade X Na na água intersticial do sedimento da área do Acarajó na profundidade de 10 cm durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

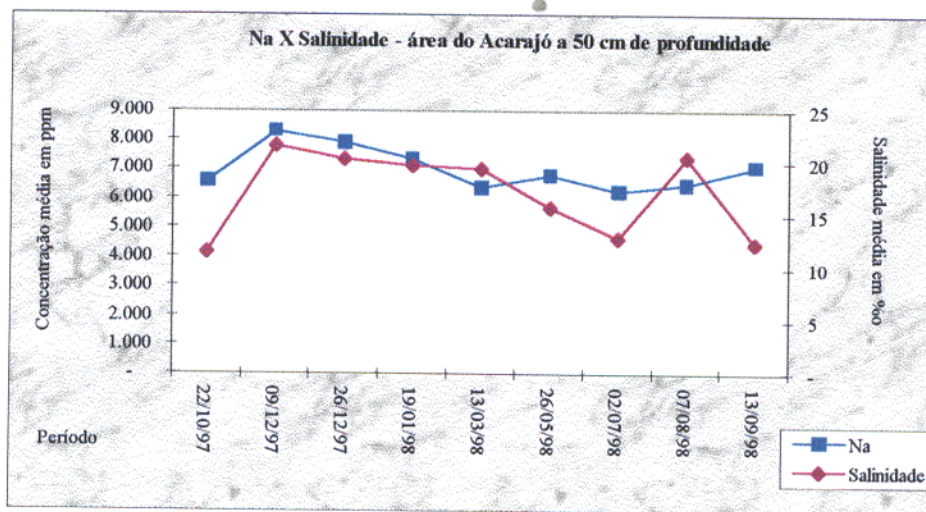


Figura 21 – Salinidade X Na na água intersticial do sedimento da área do Acarajó na profundidade de 50 cm durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

No Furo do Chato, os valores de salinidade são maiores na camada a 10 cm, principalmente no início do período de estiagem quando chega até a 66 ‰, com a seguida queda na época das chuvas atingindo 31‰. A 50 cm de profundidade, os valores de salinidade são mais ou menos constantes tanto no período seco quanto na estação chuvosa, variando de 19 a 35‰ no máximo. (tabelas de 5.1.10 a 5.1.12). Os cátions macronutrientes tem uma regularidade particular nessa área tanto nos dados gerais quanto nas duas profundidades. O cálcio está em torno de 400 ppm e o potássio 600 ppm, com o magnésio variando de 800 a 1.000 ppm (figuras de 22 a 27).

Tabela 5.1.10 – Concentração dos cátions macronutrientes e da salinidade geral na área do furo do Chato nas campanhas de 30/09/97, 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg, ppm	K, ppm	Ca, ppm	Na, ppm	Salinidade,‰
30/09/97	882	596	380	10.193	49
22/10/97	1.029	622	345	9.873	38
09/12/97	811	513	375	9.413	47
26/12/97	973	554	384	9.242	38
19/01/98	717	471	296	8.197	33
10/02/98	752	482	278	6.680	20
13/03/98	728	479	313	7.209	33
26/05/98	944	476	280	9.085	18
02/07/98	687	499	266	10.459	22
07/08/98	1.131	467	288	12.001	30
13/09/98	1.192	724	398	12.298	32

Tabela 5.1.11 – Concentração dos cátions macronutrientes e da salinidade na área do furo do Chato a 10 cm de profundidade nas campanhas de 30/09/97, 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg, ppm	K, ppm	Ca, ppm	Na, ppm	Salinidade, ‰
30/09/97	974	650	409	10.995	66
22/10/97	1.136	688	380	10.864	50
09/12/97	903	572	413	10.166	58
26/12/97	1.058	576	410	9.950	40
19/01/98	773	501	314	8.633	30
10/02/98	777	510	277	6.773	13
13/03/98	820	545	371	8.065	31
26/05/98	1.078	514	280	10.008	18
02/07/98	752	499	240	10.855	21
07/08/98	1.498	514	331	13.029	32
13/09/98	1.224	793	553	11.336	33

Tabela 5.1.12 – Concentração dos cátions macronutrientes e da salinidade na área do furo do Chato a 50 cm de profundidade nas campanhas de 30/09/97, 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg, ppm	K, ppm	Ca, ppm	Na, ppm	Salinidade, ‰
30/09/97	790	542	350	9.391	33
22/10/97	921	555	309	8.882	25
09/12/97	718	455	338	8.660	36
26/12/97	888	532	359	8.534	35
19/01/98	661	441	278	7.761	35
10/02/98	728	455	278	6.586	28
13/03/98	636	414	255	6.353	34
26/05/98	809	438	279	8.163	19
02/07/98	621	498	292	10.063	23
07/08/98	765	420	245	10.973	27
13/09/98	1.161	656	243	13.260	31

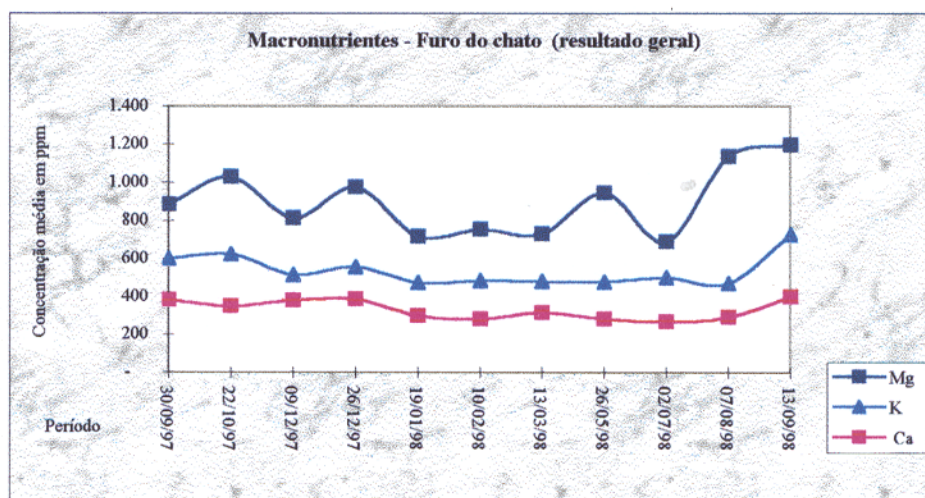


Figura 22 – Resultado geral dos macronutrientes na água intersticial do sedimento do Furo do chato durante as campanhas realizadas em 30/09/97, 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

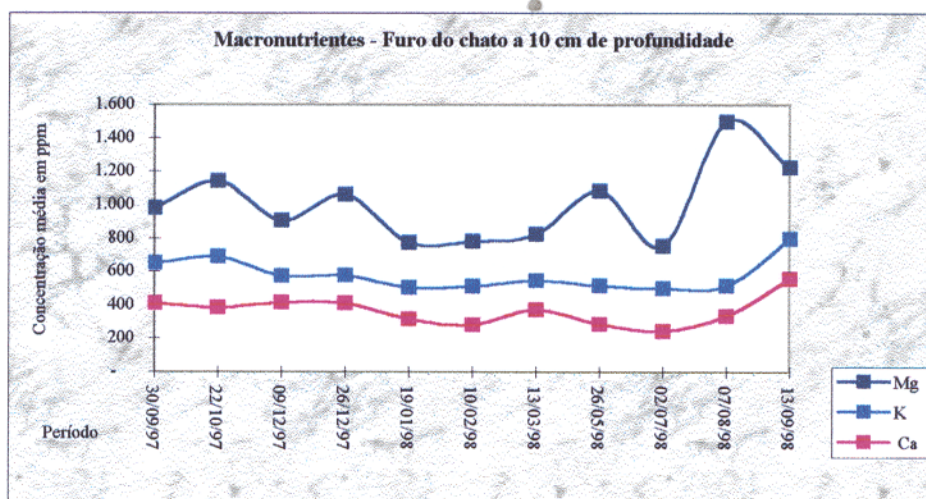


Figura 23 – Resultado dos macronutrientes na água intersticial do sedimento do Furo do chato na profundidade de 10 cm durante as campanhas realizadas em 30/09/97, 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

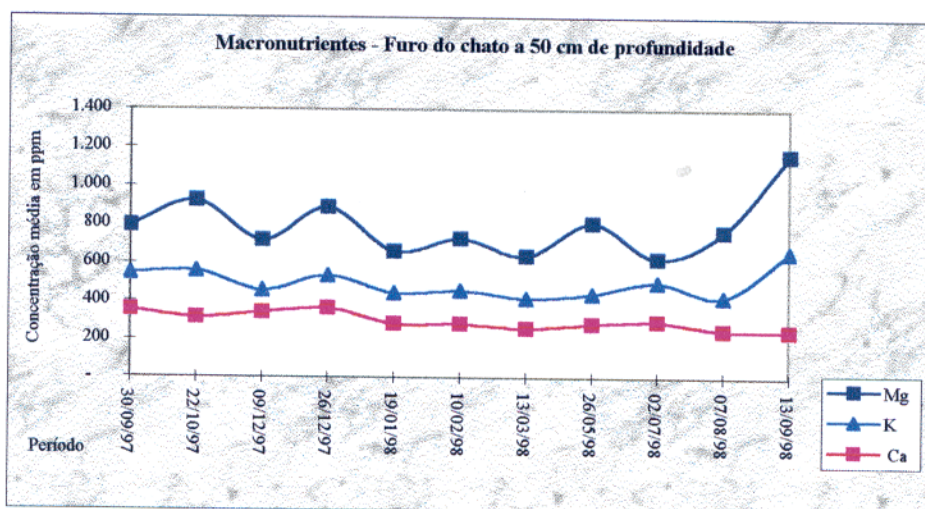


Figura 24 – Resultado dos macronutrientes na água intersticial do sedimento do Furo do chato na profundidade de 50 cm durante as campanhas realizadas em 30/09/97, 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

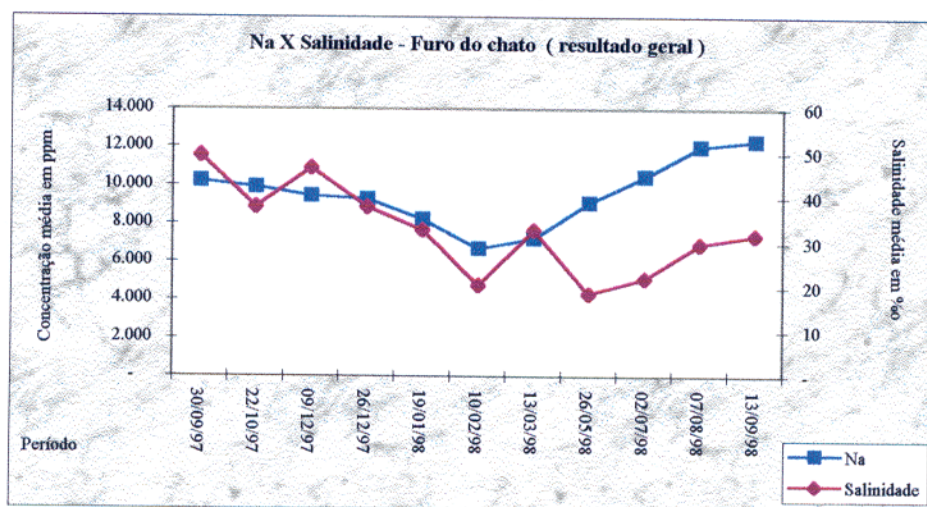


Figura 25 – Salinidade X Na geral na água intersticial do sedimento do Furo do chato durante as campanhas realizadas em 30/09/97, 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

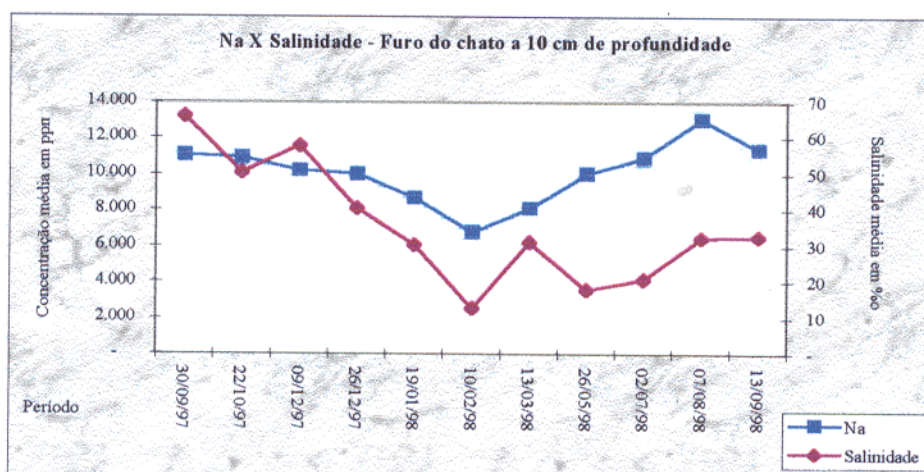


Figura 26 – Salinidade X Na na água intersticial do sedimento do Furo do chato na profundidade de 10 cm durante as campanhas realizadas em 30/09/97, 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

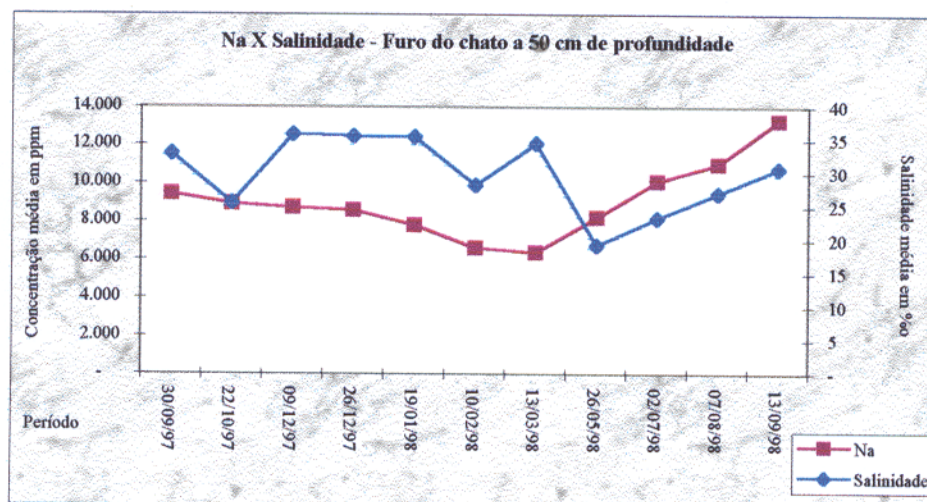


Figura 27 – Salinidade X Na na água intersticial do sedimento do Furo do chato na profundidade de 50 cm durante as campanhas realizadas em 30/09/97, 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 19/01/98, 10/02/98, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

O furo Grande é a área com a maior influência da água do mar e seus valores de salinidade se assemelham a salinidade da água do mar . A salinidade nesta área está em torno de 37 ‰, muito próxima a da água do mar 35‰, isso nas duas profundidades amostradas e, somente no período seco de 1997 até dezembro a curva da salinidade aumenta, a partir daí todos os valores de salinidade e macronutrientes tem uma regularidade. Tanto no Furo grande quanto no Furo do Chato, o potássio tem concentração maior que o cálcio. (Figuras 28 a 32) . Os valores de salinidade e dos cátions macronutrientes nessa área podem ser observados nas tabelas 5.1.13 a 5.1.15.

Tabela 5.1.13 – Concentração dos cátions macronutrientes e da salinidade geral na área do furo Grande nas campanhas de 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg, ppm	K, ppm	Ca ,ppm	Na, ppm	Salinidade, ‰
22/10/97	2103	1198	1092	17912	31
09/12/97	2379	947	1117	16123	37
26/12/97	2282	1084	981	15742	37
13/03/98	1025	857	660	12768	29
26/05/98	1177	971	722	14994	29
02/07/98	1222	990	778	14438	25
07/08/98	1322	1171	832	15737	33
13/09/98	1280	1174	857	17481	34

Tabela 5.1.14 – Concentração dos cátions macronutrientes e da salinidade na área do furo Grande a 10 cm de profundidade nas campanhas de 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg, ppm	K, ppm	Ca, ppm	Na, ppm	Salinidade, ‰
22/10/97	2218	1283	1218	18617	32
09/12/97	2449	1025	1231	17648	42
26/12/97	2283	1092	946	15047	37
13/03/98	1089	901	676	12606	30
26/05/98	1242	1047	754	15425	30
02/07/98	1265	1045	861	14794	23
07/08/98	1417	1234	902	16423	35
13/09/98	1340	1192	910	17603	34

Tabela 5.1.15 – Concentração dos cátions macronutrientes e da salinidade na área do furo Grande a 50 cm de profundidade nas campanhas de 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

Período	Mg, ppm	K, ppm	Ca, ppm	Na, ppm	Salinidade, ‰
22/10/97	1988	1112	967	17206	30
09/12/97	2309	868	1003	14598	33
26/12/97	2281	1076	1016	16437	36
13/03/98	961	812	644	12930	27
26/05/98	1113	895	689	14563	27
02/07/98	1178	935	695	14083	28
07/08/98	1228	1108	762	15051	32
13/09/98	1221	1155	804	17358	33

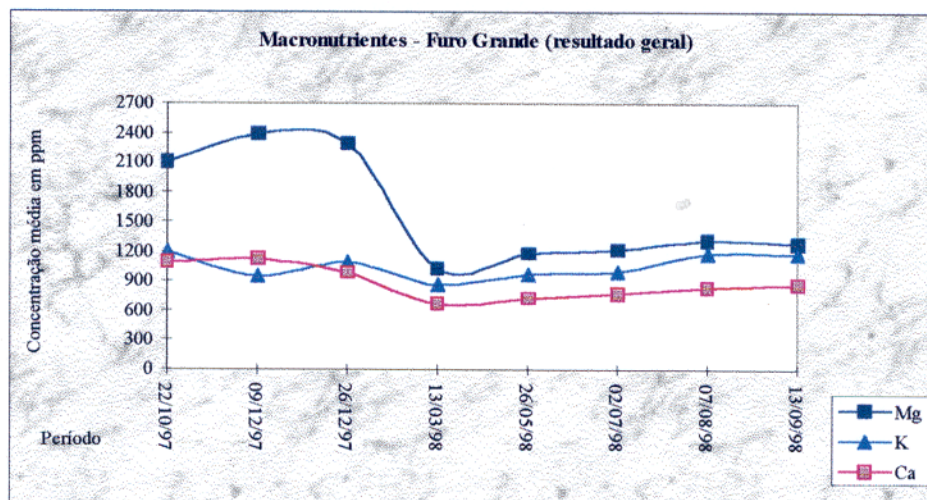


Figura 28 – Resultado geral dos macronutrientes na água intersticial do Furo Grande durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

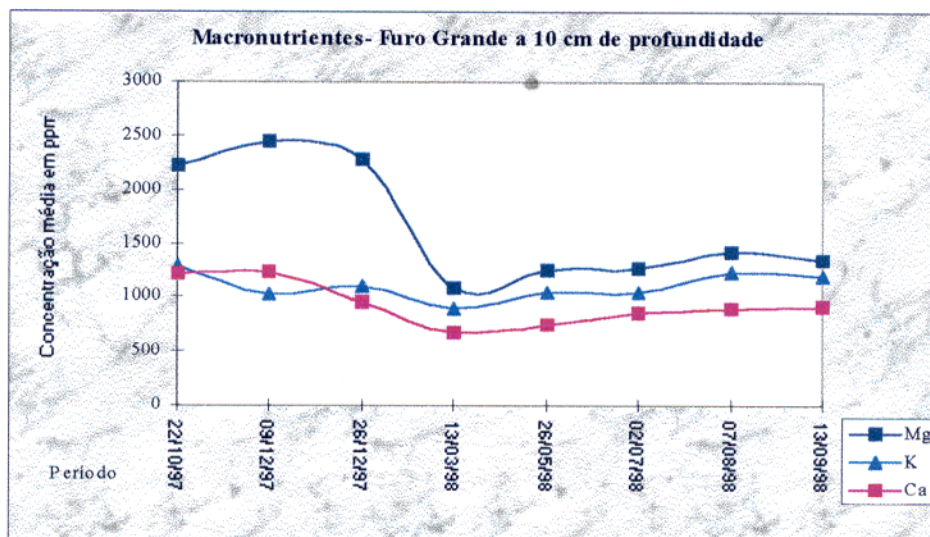


Figura 29 – Resultado dos macronutrientes na água intersticial do sedimento do Furo Grande na profundidade de 10 cm durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

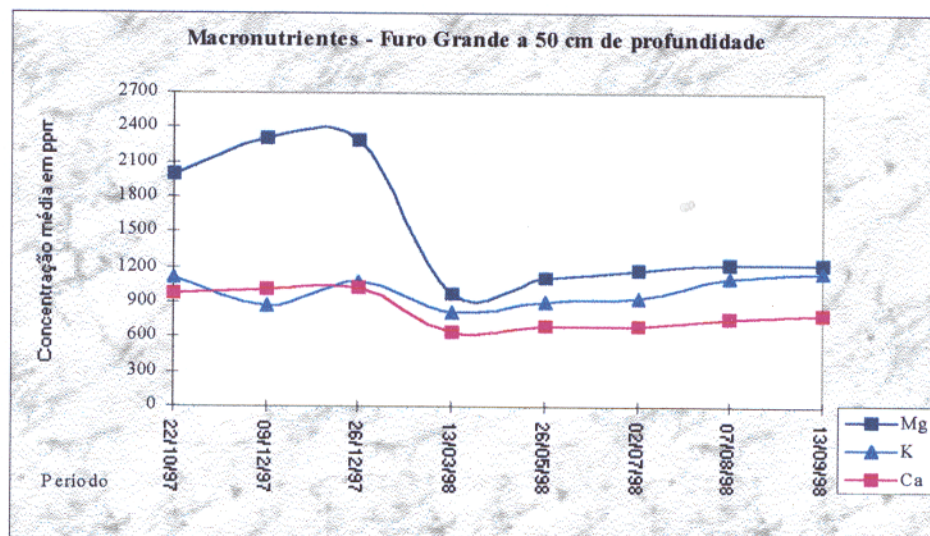


Figura 30 – Resultado dos macronutrientes na água intersticial do sedimento do Furo Grande na profundidade de 50 cm durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

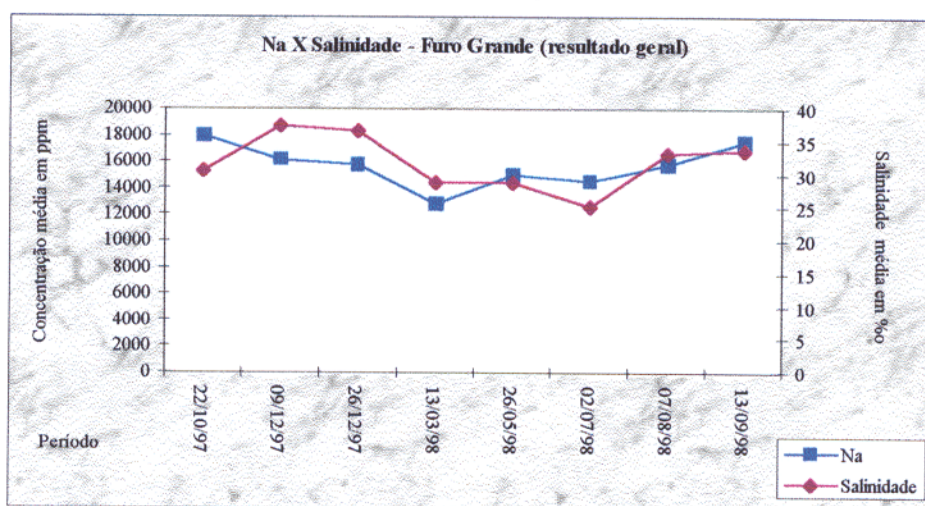


Figura 31 – Salinidade X Na geral na água intersticial do sedimento do Furo Grande durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

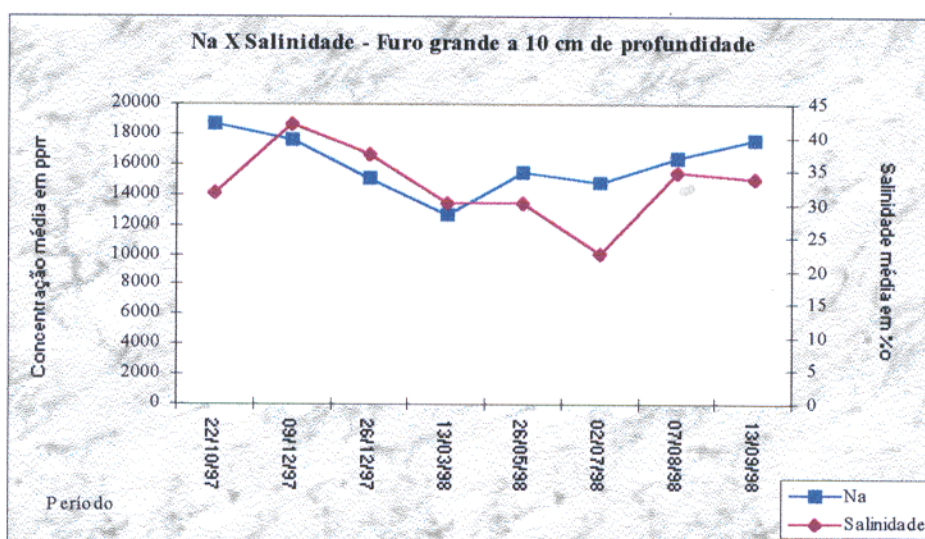


Figura 32 – Salinidade X Na na água intersticial do sedimento do Furo Grande na profundidade de 10 cm durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

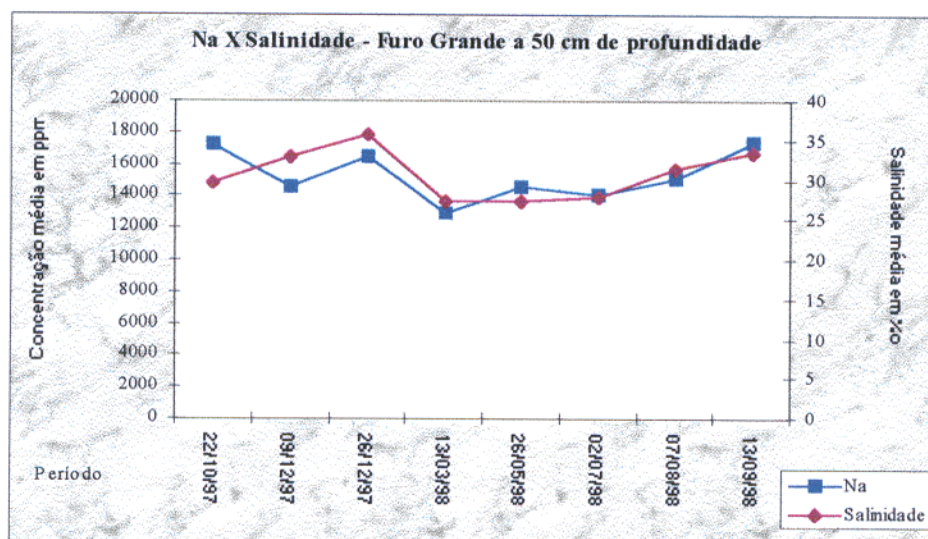


Figura 33 – Salinidade X Na na água intersticial do sedimento do Furo Grande na profundidade de 50 cm durante as campanhas realizadas em 22/10/97, 09/12/97, 26/12/97, 13/03/98, 26/05/98, 02/07/98, 07/08/98 e 13/09/98.

6- CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração a influência da sazonalidade no comportamento dos cátions macronutrientes e suas concentrações na água intersticial do sedimento do manguezal conclui-se que :

A entrada das marés e os períodos de inundação a que são submetidas as áreas estudadas, assim como as precipitações anuais do período chuvosos que caem sobre a região, provoca uma diluição na água intersticial do sedimento, fazendo com que os valores médios dos cátions macronutrientes e da salinidade, tenham um decréscimo considerável nesse período, compreendido entre os meses de janeiro a julho, enquanto que a estação seca, que compreende os meses de julho a dezembro, promove um enriquecimento da água intersticial , pois a evaporação intensa a que é submetido o sedimento do manguezal provoca a concentração dos cátions com evaporação da água da solução do solo.

A localização das áreas estudadas e a profundidade de amostragem, também foi um fator característico das áreas entre si, isso se deve ao fato de que a maior ou menor influência recebida tanto pela água doce do Rio Caeté que atribui características dulcícolas a água intersticial com concentrações menores de sódio, quanto pela água do mar, que deixa a água intersticial rica em sódio, leva a uma maior ou menor salinidade. Nas camadas mais superficiais o aprisionamento da água intersticial se relata apenas quando da estabilidade do período seco em manter sem diluição a água aprisionada nos poros, mas que na presença do volume de águas da estação chuvosa muda a composição com a alta diluição, o que não ocorre nas camadas mais profundas, que devido serem atingidas com maior dificuldade pelas chuvas, permanecem mais tempo com a concentração estável em relação a salinidade e aos cátions.

As baixas concentrações de potássio durante o período seco no bosque de *Avicennia* é resultado da falta de alimentação desse elemento por conta da ausência das chuvas,

que nesse período se tornam bastante escassas, não enriquecendo a água intersticial em potássio proveniente da lixiviação do solo e decomposição das folhas.

A área do Acarajó por ser localizada na parte mais continental, recebe a influência direta da água doce do rio Caeté ; seus baixos valores de salinidade conferem a essa área característica de manguezal de água doce. A própria vegetação dessa área mostra a presença de espécies de plantas de ambientes de salinidade reduzida.

No Furo do Chato, os valores gerais de salinidade se mostram mais ou menos constantes ao longo do ano com valor máximo de 49 ‰ em setembro de 1997 e mínimo de 18‰ em maio de 1998. A sua proximidade com o Furo Grande faz com que essas áreas se assemelhem quanto a salinidade, somente as flutuações sazonais é que diferenciam essas duas áreas, pois o Furo do Chato recebe mais intensamente a influência sazonal na camada a 10 cm de profundidade, não tendo uma inundação regular pela como o Furo Grande. A camada a 10 cm tem salinidade decrescente até o final do período de estiagem (final de dezembro), chegando ao máximo de 66‰ em setembro de 1997 , com a chegada do período chuvoso a partir de janeiro até maio de 98, há uma pequena mas regular queda, deixando a salinidade em torno de 30‰. Quanto a camada a 50 cm de profundidade, a maior salinidade medida foi de 35‰ no final do período seco em 26/12/97, assim como no manguezal degradado, nesta área, na estação chuvosa, a camada a 50 cm de profundidade tem maior salinidade que a camada a 10 cm de profundidade.

A área do Furo Grande é mais influenciada pela água do mar tendo uma localização que o coloca em contanto permanente com a água salina e lhe atribui uma regularidade na salinidade tanto nas camada a 10 cm quanto na de 50 cm, ficando a salinidade durante todo o ano em torno de 32‰.

Quanto ao suprimento de cátions macronutrientes a mesma variação sazonal é observada nas cinco áreas estudadas, tendo o manguezal degradado os mais elevados valores de sódio dentre as outras áreas de 19.200 a 43.000 ppm e a área do Acarajó a menor concentração de sódio de 5.900 a 8.100 ppm aproximadamente . O magnésio foi o elemento seguinte, seguido pelo

cálcio e o potássio.

No manguezal degradado os elevados valores de sódio atingiram aproximadamente 50.000 ppm no final do período seco de 1997. A alta concentração desse cátion na solução do solo o leva a condições tóxicas para as plantas que aparecem escassamente nessa área, o magnésio foi o segundo elemento seguido pelo cálcio e potássio, que nessa área chega a atingir até 2000 ppm em setembro de 1998, pois não há o consumo desse elemento pelas plantas como ocorre no bosque de *Avicennia*.

Enquanto a concentração de potássio é maior no manguezal degradado, no bosque de *Avicennia* há um comportamento inverso. Nessa área é o cálcio que apresenta as maiores concentrações, devido a utilização do potássio pela plantas dessa área no seu metabolismo, levando as concentrações de potássio nessa área de 292 a 1020 ppm. Quanto ao cálcio, nas duas áreas as concentrações são similares de 320 a 900 ppm aproximadamente, havendo variações sazonais em ambas conforme a profundidade. A 50 cm de profundidade a água intersticial está mais concentrada em cálcio com valores de 380 a 1200 aproximadamente, pois a camada mais superficial sofre maior lavagem pelas chuvas e água das marés, além disso cátions monovalentes como sódio e potássio são mais facilmente removidos do que cálcio e magnésio.

A área do Acarajó também acompanha a mesma tendência do bosque de *Avicennia* quanto aos cátions macronutrientes. Furo Grande e Furo do Chato tem comportamento similar ao manguezal degradado, com valores de potássio maiores que os de cálcio, provavelmente devido ao consumo desse elemento pela cadeia alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONGI, D. M. 1991. The role of intertidal mudbanks in the diagenesis and export of dissolved and particulate materials from the Fly Delta, Papua New Guinea. **J.Exp. Mar.Biol.Ecol.** 149: 81-107.
- ALONGI, D. M.; CHRISTOFFERSEN, P. ; TIRENDI, F. 1993. The influence of forest type on microbial-nutrient relationships in tropical mangrove sediments. **J.Exp.Biol..Ecol.**, 171: 201-223.
- BALTZER, F. 1982. La transition eau douce-eau salée dans les mangroves. Conséquences sédimentologiques et géochimiques. **Mém.Soc. Géol. Fr NS 144** : 27-42.
- BALTZER, F.; CONCHON, O. ; FREYTET, P.; PURSER, B.H. 1982. Un complexe fluvio-deltaïque sursalé et son contexte: originalité du Mehran (SE Iran). **Mém.Soc. Géol. Fr., N.S.** 144: 43-52.
- BALTZER, F.; KENIG, F.; BOICHARD, R; PLAZIAT, J.C. ; PURSER, B.H. 1994. Organic matter distribution, water circulation and dolomitization beneath the Abu Dhabi Sabkha (United Arab Emirates). **Spec. Publis Int. ass. Sediment.** 21: 409-427.
- BOTO, K. G. 1981. Nutrients and mangroves. In: Connell, D.W. & Hawker, D. W. (eds.) **Pollution in tropical aquatic systems**. CRC Press. Boca Raton . 130 – 145.

- BRADY, N.C, 1989. **Natureza e propriedade dos solos**. 7ª Ed Trad. Antônio B. Neiva de Figueiredo. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. 329 p.
- CINTRÓN- MOLERO, G. & SCHAEFFER- NOVELLI, Y. 1992. Ecology and management of new world mangrove. In: COASTAL PLANT COMMUNITIES OF LATIN AMERICA. Seeliger, U. ed. Academic press. New York. 392 p.
- COHEN, M.C.L. AND RAMOS, J.F. 1997. Caracterização geoquímica das Águas do mangue de Bragança. In: WORKSHOP INTERNACIONAL "DINÂMICA E RECOMENDAÇÕES PARA MANEJO EM ÁREAS DE MANGUEZAIS DE BRAGANÇA – PARÁ, 3º, Belém- Pará, Abstract. p .60-62 .
- COHEN, M.C.L.; LARA, R.J; RAMOS, J.F ; DITTMAR, T. 1998. Factors influencing the variability of Mg, Ca and K in waters of mangrove creeck in Bragança, north Brazil. **Mangroves and Salt Marshes** (44). 1-7.
- COSTA, J.L.; ARAÚJO, A.A.F.; VILLAS BOAS, J.M.; FARIAS, C.A.S.; SILVA NETO, C.S. WANDERLEY FILHO, V.J.R. 1977. **Projeto Gurupi**, Belém, DNPM/CPRM. v.1, 258 p.
- COSTA, A .C.L; FILHO, J.D.C.S. ; RIBEIRO, J.B.M. 1997. Estudo do Comportamento da Evaporação na Área Experimental do Projeto. In: WORKSHOP INTERNACIONAL "DINÂMICA E RECOMENDAÇÕES PARA MANEJO EM ÁREAS DE MANGUEZAIS DE BRAGANÇA – PARÁ, 3º, Belém- Pará, Abstract. p .64 .

- COSTA, A .C.L; FILHO, J.D.C.S. ; RIBEIRO, J.B.M. 1997 b Estudo do Comportamento da Precipitação Pluviométrica na Área Experimental do Projeto MADAM. In: WORKSHOP INTERNACIONAL "DINÂMICA E RECOMENDAÇÕES PARA MANEJO EM ÁREAS DE MANGUEZAIS DE BRAGANÇA – PARÁ, 3º, Belém- Pará, **Abstract.** p .65 -66 .
- EGLER, F. E. 1952. Southeast saline Everglades vegetation. Flórida. Vegetatio. Acta Geobotanica.
- EPSTEIN, E.1975. **Mineral Nutrition of plants.** New York, John Willey and Sons. 341 p.
- JANSEN, H.H. 1993. **Solubre salts- Soil sampling and methods of analysis.** Flórida, Lewis Publishers, Boca Raton, .pp 161-166.
- KJERFVE,B.; LACERDA,L.D. ; DIOP, E.H.S.1997. **Mangrove Ecosystem Studies In Latin America and Africa.** 349 p.
- LACERDA, L. D.1990. **Conservation and sustainable utilization of mangrove forests in Latin America and Africa regions.** International society for mangrove ecosystems. Ts.13, Vol. 1.
- LACERDA, L. D. & REZENDE, C. E. 1990. Mangrove carbon export to the sea: reevaluation of a paradigm. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DE MANGUEZAIS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: ESTRUTURA, FUNÇÃO E MANEJO. 2º, Águas de Lindóia, São Paulo. Vol. 2, pp. 169-182.

- LÔLA, A.C.; SOUZA FILHO, J.D. ; COSTA, R.B. 1999. Estudo de Variações Meteorológicas Provocadas pela Degradação de Manguezais na Região Bragantina-PA. In. INTERNACIONAL CONFERENCE. 5 °, Belém- Pará. **Abstract** p. 60.
- MACIEL, N.C. 1989. Mangrove Preservation : past and present efforts. In. INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON UTILIZATION OF COASTAL ECOSYSTEMS: PLANNING, POLLUTION AND PRODUCTIVITY. Rio Grande do Sul. Editora de FURG. SIUEC. Vol.2. p. 77-98.
- MARTORANO, L.G.; PERREIRA, L.C.; CÉZAR, E.G.M.; PEREIRA, I.C.B. 1993. **Estudos Climáticos do Estado do Pará, Classificação Climática (KÖPPEN) e Deficiência Hídrica (THORNTHWHITE, MATHER)**. Belém, SUDAM/ EMBRAPA, SNLCS. 53p.
- MENEZES, M.1999. Monitoramento e mortalidade de plântulas de mangue na península Bragança – Ajuruteua. In. INTERNACIONAL CONFERENCE. 5 °, Pará. **Abstract**. Belém – Pará . p. 68.
- OKAFOR, L.I. & OLOJEDE-NELSON, S.O 1985. Salinity changes irrigation water of mangrove swamp at Warry, Nigeria. **Plant and soil** . 84: 23-27 .
- OVALLE, A. R.C. 1992. **Hidroquímica de um canal de maré no manguezal de Itacuruçá, Rio de Janeiro**. PhD Thesis, Universidade Federal de São Carlos.
- OVALLE, A . R. C.; REZENDE, C. E. ; SILVA, C. A .R. 1990. Fators affecting the hydrochemistry of a mangrove tidal creek, Sepetiba Bay, Brazil. **Estuarine Coastal and Shelf Science**. 31: 639-650.

- PATTERSON, C.S. & MENDELSON, I. A. 1991. A comparison of physicochemical variables across plant zones in a mangal/saltmarsh community in Louisiana. **Wetlands** 11: 139-161 .
- RIBEIRO, J. B. M., COSTA, A. C. L.; FILHO, J. D. S. 1997. **Manguezal de Bragança – PA. Abordagem meteorológica sobre impacto ambiental- projeto MADAM**. Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Pará. Trabalho de Conclusão de Curso. 101 p.
- SANTOS, M.C.F.V. 1986. Considerações sobre a ocorrência de *Rhizophora harrisonii* Leechamn e *Rhizophora racemosa* G.F.W. Meyer no litoral do estado do Maranhão, Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia da Universidade Federal do Maranhão**. 7: 71-91 .
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1982. **Importância do manguezal e suas comunidades**. ALCIMAR, 6pp.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1989. **Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal**. Publicação especial do Instituto Oceanográfico (Universidade de São Paulo) 7: 1-16.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRON, G. 1986. **Guia para Estudo de Áreas de Manguezal: estrutura, função e flora**. São Paulo, Caribbean Ecological Research. 150p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRON, G. 1990. Status of mangrove research in Latin america and the Caribbean . **Boletim do Instituto Oceanográfico (USP)** 38 (1): 93-97.
- SCHWENDENMANN, L. 1998. **Tidal and Seazonal of Soil and water properties in a Brazilian Mangrove Ecosystem**. Germany University of Karlsruhe, 101p.

- SILVA, R.B.; LÔLA, A . C. & . SOUZA FILHO, J.D 1999. Estudo da Intercepção Pluviométrica em área de Manguezal no Estado do Pará. In . INTERNACIONAL CONFERENCE. 5 °, Belém -Pará. Abstract p.85.
- SOUZA FILHO, P.W.M.1995. **Influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia da planície costeira Bragantina (NE do Pará) durante o Holoceno.** Belém, UFPA. Centro de Geociências.123 p. (Dissertação de Mestrado).
- SOUZA FILHO, P.W.M & EL – ROBRINI, M.1996. Morfologia, processos de sedimentação e litofáceis dos ambientes morfo-sedimentares da planície costeira Bragantina, nordeste do Pará, Brasil. **GEONOMOS**, 4 (2): 1-16.
- TOMLINSON, P. B. 1986. **The Botany of Mangroves.** Cambridge University Press. Comunnication. 190 p.
-