

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

**CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS
DO RIO SUCURIJU, CABO NORTE, AMAPÁ, BRASIL.**

DIEGO DE ARRUDA XAVIER

Recife - 2012

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

**CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS
DO RIO SUCURIJU, CABO NORTE, AMAPÁ, BRASIL.**

DIEGO DE ARRUDA XAVIER

Dissertação de mestrado
apresentada como requisito
parcial na obtenção do título
de Mestre em Oceanografia.

Orientadora: Dra. Núbia Chaves Guerra
Departamento de Oceanografia – CTG - UFPE

Co-Orientador: Dr. José Francisco Berrêdo
Centro de Ciências da Terra e Ecologia - MPEG

Recife - 2012

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

X3c

Xavier, Diego de Arruda.

Características sedimentológicas e físico-químicas do Rio Sucuriju, Cabo Norte, Amapá, Brasil / Diego de Arruda Xavier. - Recife: O Autor, 2012.

x, 100 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Núbia Chaves Guerra.

Co-Orientador: Prof. Dr. José Francisco Berrêdo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2012.

Inclui Referências Bibliográficas.

1. Oceanografia. 2. Sedimentos. 3. Testemunhos. 4. Salinidade. 5. PH. I. Fujii, Mutue Toyota. (Orientadora). II. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.)

BCTG/2012-056

Folha de Aprovação.

**CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DO RIO
SUCURIJU, CABO NORTE, AMAPÁ, BRASIL.**

Diego de Arruda Xavier

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Francisco Berrêdo (Presidente)
MPEG – Centro de Ciências da Terra e Ecologia

Prof. Dr. Roberto Lima Barcellos
UFPE – CTG - Departamento de Oceanografia.

Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso
UFPE – CTG – Departamento de Geologia

Prof. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes
UFPE – CTG – Departamento de Oceanografia

**Ontem fui rio.
Amanhã serei mar.
Hoje sou Pororoca.**

(Manuel Netto)

Agradecimentos

Ao CNPq pelo auxílio para a realização do estudo proposto.

A Universidade Federal de Pernambuco, ao Departamento de Oceanografia, ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia.

A Prof^a.Dr^a Núbia Chaves Guerra e o Prof. Dr. José Francisco Berrêdo pelo empenho, orientação e por acreditarem no meu trabalho.

Ao Prof.Dr. Roberto Barcellos pelo apoio, ajuda e colaboração para a finalização deste trabalho.

A Universidade Federal do Pará, ao Laboratório de Oceanografia Geológica (LIOG) pela infra-estrutura cedida para a realização do trabalho; ao Laboratório de Mineralogia e Geoquímica Aplicada (LAMiGA) pela infra-estrutura e pelo processamento para aquisição dos dados obtidos.

A Prof^a. Dr^a. Odete Silveira, pelo apoio na realização do trabalho, pelas conversas e orientações. Muito Obrigado.

A Família Xavier, por todo o apoio e ajuda na empreitada de estar em Recife e minha família em Belém (mãe, pai e irmã) pela compreensão e afeto nos momentos alegres e ajuda nos momentos difíceis.

A Manuelle Ataíde, a pessoa especial que estava nos momentos de alegrias e tristezas nessa longa caminhada numa cidade desconhecida, sou extremamente grato por todos os momentos vividos. Muito Obrigado por tudo mesmo. Devo-te mais uma.

Aos companheiros de todos os momentos, Antônio Nogueira Neto, Adams Silva, Edson Régis, Rodrigo Moraes, Andréa Viana, Simone Albuquerque, Juliana Sul. Valeu galera.

A todos que de forma direta ou indireta ajudaram na conclusão desse trabalho e me ajudaram e apoiaram na vida em Recife, trazendo bons momentos na terra do frevo e do maracatu.

Deixo os meus agradecimentos a todos.

RESUMO

A Planície Costeira Amapaense apresenta características peculiares, em relação a sua posição geográfica adjacente ao Rio Amazonas, características atmosféricas influenciadas pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), forçantes oceânicas e amazônicas, representadas pela circulação geral do oceano Atlântico (Corrente Norte Equatorial e a retroflexão da Corrente Norte Brasileira) e pelo potencial hidrodinâmico do Rio Amazonas, respectivamente. Dentre essas peculiaridades, algumas influenciam na linha de costa atual, apresentando grande instabilidade morfológica e ecológica. O Rio Sucuriçu está localizado no extremo leste do Estado do Amapá, inserido na REBIO Piratuba tornando-a uma unidade de proteção integral de biota e demais atributos naturais existentes em seus limites. O presente estudo tem como objetivos descrever a distribuição granulométrica dos testemunhos, descrever a hidrodinâmica de sedimentação, as condições físico-químicas das águas intersticiais (salinidade, pH e potencial redox), quantificar o teor de matéria orgânica ao longo do rio Sucuriçu. Sete testemunhos foram recuperados ao longo do rio sub-amostrados para análise granulométrica e quantificação do teor de matéria orgânica e a realização das medições dos parâmetros físico-químicos das águas intersticiais. De acordo com a análise textural do sedimento variou entre silte a areia muito fina, e a classificação de Shepard entre silte a silte arenoso. Os parâmetros físico-químicos, os valores de salinidade variaram entre 3 a 25, o pH entre 3,95 a 8,23, o potencial redox entre -224 mV a 244 mV e a porcentagem de matéria orgânica entre 2,00% a 31,19%. A intensidade da energia hidrodinâmica é o principal causador nas modificações da circulação e transporte que influenciam nos gradientes de sedimentação no rio Sucuriçu, com o aumento da energia hidrodinâmica ao ocorre o incremento em porcentagem de areia na deposição, diferentemente, em períodos de menor intensidade hidrodinâmica ocasiona o incremento em porcentagem de sedimentos finos na deposição ao longo do rio. A variação dos valores de salinidade, pH e potencial redox entre montante e foz 3 a 25, 3,95 a 8,23 e -224 mV a 244 mV, respectivamente, é efeito da ação da cunha salina sobre os parâmetros físico-químicos, apresenta-se mais oxigenada oxidando o material orgânico e os minerais oxidáveis presente no sedimento, a intensidade hidrodinâmica diminui em direção a montante do rio fazendo com que a cunha salina diminuindo a intensidade ocasionando poucas modificações nos valores de pH e potencial redox na região. O regime pluviométrico e os períodos climáticos são os principais fatores que influenciam no desenvolvimento da cunha salina intersticial, sendo o principal fator responsável pela variabilidade dos parâmetros físico-químicos, associado à granulometria dos sedimentos e ao regime de marés. Os gradientes de sedimentação e os parâmetros físico-químicos representaram duas zonas distintas: a zona redutora, com maior influência continental tanto na sedimentação (menor circulação e transporte, maior acúmulo de sedimentos finos) quanto nos parâmetros físico-químicos (influência de águas doces, mais ácidas, ligeiramente redutoras) e a zona oxidante, com maior influência oceânica, localizado próximo da foz, tanto na sedimentação (maior circulação e transporte, acréscimo na porcentagem de areia na sedimentação) quanto nos parâmetros físico-químicos (influência de águas marinhas, levemente alcalinas e ligeiramente oxidantes).

Palavras chaves: sedimentos, testemunhos, salinidade, pH, potencial redox, água intersticial, matéria orgânica, Amapá

ABSTRACT

The coastal plain Amapaense showed peculiar characteristics in relation to geographic position adjacent to the Amazon River, atmospheric characteristics influenced by Intertropical Convergence Zone (ITCZ), oceanic and Amazon forcing, represented by the general circulation of the Atlantic Ocean (Equatorial North Currents and retroflexion Brazilian North Currents) and hydrodynamic potential of the Amazon River, respectively. Among these peculiarities, some influence in modern coastal line showed morphologic and ecological instability. The Sucuriçu River is situated in extreme east of the Amapá State, inserted in REBIO Piratuba making it an integral protection unit of the biota and other natural attributes existing in their limits. The study has as objectives to describe grain size distribution, to describe sedimentary hydrodynamic, the physical-chemical conditions of the interstitial water (salinity, pH and redox potential), to quantify percentage of organic matter along of the Sucuriçu River. Seven cores was recuperated along of the Sucuriçu River sampled for grain size analyses and quantification of percentage organic matter and measured of physical-chemical interstitial water. According textural sediments analysis ranged mean between silt to very fine sand, Sheppard classification ranged between silt to silty sand. The physical-chemical the salinity presented ranged 3 to 25, pH ranged 3.95 to 8.23, redox potential ranged -224 mV to 244 mV and percentage of organic matter ranged 2.00 % to 31.19%. The intensity of hydrodynamic energy is main cause in modification of the circulation and transport that influencing in gradients sedimentation in the Sucuriçu River, with increase in hydrodynamic energy intensity occur increase in the percentage of sands sedimentation, unlike in periods of lower intensity hydrodynamics cause increase in the percentage of fine sediments in the sedimentation along the river. The variation of salinity, pH and redox potential between the upstream and mouth the river 3 to 25, 3.95 to 8,23 and -224 mV to 244 mV, respectively, is the effect of the action of saline wedge on the physical-chemical parameters more oxygenated oxidizing the organic material and minerals oxidizables present in the sediments, the intensity hydrodynamics decrease toward the upstream river causing the saline wedge decreasing the intensity occurring few changes in pH and redox potential in the region. The rainfall and climatic periods are mains factors influencing the development of interstitial saline wedge, being the main factor responsible for variability of physical-chemical parameters associated with the sediment grain size and tidal regime. The gradient sedimentation and physical-chemical parameters represent two distinct zones: reduction zone, with greater influence both in continental sedimentation (lower circulation and transport, higher accumulation of fine sediments) as the physical-chemical parameters (influence of fresh water, more acidic, slightly reduce) and zone oxidizing, with greater influence of the ocean, located near mouth of the river, both in sedimentation (greater circulation and transport, increase in the percentage of sands in the sedimentation) as the physical-chemical parameters (influence of marine water, slightly oxidizing and slightly alkaline).

Keyword: sediments, cores, salinity, pH, potential redox, interstitial water, organic matter, Amapá.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: CARTA IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO DO RIO SUCURIJU.	20
FIGURA 2: CINTURÕES LACUSTRES DESCRITOS POR SILVEIRA (1998). (A) CINTURÃO LACUSTRE OCIDENTAL; (B) CINTURÃO LACUSTRE MERIDIONAL E (C) CINTURÃO LACUSTRE ORIENTAL. MODIFICADO DE SILVEIRA & SANTOS (2006).	21
FIGURA 3: IMAGEM DA NASCENTE DO RIO SUCURIJU MOSTRANDO A FEIÇÃO DO “TUMOR” DE LAMA (<i>MUD LUMP</i>) DESCRITO POR SILVEIRA (1998).	23
FIGURA 4: IDENTIFICAÇÃO DAS UNIDADES MORFOESTRUTURAS DO ESTADO DO AMAPÁ. MODIFICADO POR LIMA <i>ET AL.</i> (1991) <i>APUD</i> SILVEIRA (1998)	26
FIGURA 5: MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO.	28
FIGURA 6: FOTO DO MANGUEZAL PRESENTE NAS MARGENS DO RIO SUCURIJU. FOTO: ACERVO LIOG – UFPA.	32
FIGURA 7: GRÁFICO DA VARIAÇÃO ANUAL DOS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS DO ANO DE COLETA DAS AMOSTRAS PARA O ESTADO DO AMAPÁ. FONTE INMET (2010)	33
FIGURA 8: EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA OBTENÇÃO DOS DADOS FÍSICO-QUÍMICOS. A) MEDIDOR DE PH; B) MEDIDOR DO POTENCIAL DE OXIRREDUÇÃO; C) REFRAÔMETRO. FOTO: DIEGO XAVIER (2009)	36
FIGURA 9: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E LOCALIZAÇÃO DOS TESTEMUNHOS RECUPERADOS NA ETAPA DE CAMPO.	47
FIGURA 10: CLASSIFICAÇÃO LITOLÓGICA DOS TESTEMUNHOS RECUPERADOS NO RIO SUCURIJU.	48
FIGURA 11: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO A.	50
FIGURA 12: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO B	52
FIGURA 13: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO C.	54
FIGURA 14: DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO D.	56
FIGURA 15: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO E.	58
FIGURA 16: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO F.	60
FIGURA 17: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO G.	62
FIGURA 18: DIAGRAMA DE SHEPARD (1954) PARA TODOS OS TESTEMUNHOS.	64

FIGURA 19: GRÁFICO DE PORCENTAGENS DE AREIA, SILTE E ARGILA EM RELAÇÃO A PROFUNDIDADE DOS TESTEMUNHOS A, B, C, D, E, F E G (PORCENTAGEM DE AREIA EM PRETO, SILTE EM BRANCO E ARGILA EM CINZA).	66
FIGURA 20: DIAGRAMA DE PEJRUP (1988) PARA TODOS AS SUBAMOSTRAGENS DOS TESTEMUNHOS RECUPERADOS.	67
FIGURA 21: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS NO RIO SUCURIJU.	78
FIGURA 22: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS VALORES DE SALINIDADE INTERSTICIAL PARA CADA TESTEMUNHO RECUPERADO.	80
FIGURA 23: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS VALORES DE PH PARA CADA TESTEMUNHO RECUPERADO.	81
FIGURA 24: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS VALORES DE POTENCIAL REDOX (MV) PARA CADA TESTEMUNHO RECUPERADO.	82
FIGURA 25: GRÁFICO DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS PH X POTENCIAL REDOX.	83
FIGURA 26: DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS VALORES DE SALINIDADE INTERSTICIAL (A) E POTENCIAL REDOX (MV) (B).	85
FIGURA 27: DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS VALORES DE PH DAS ÁGUAS INTERSTICIAIS (A) E PORCENTAGEM DE MATÉRIA ORGÂNICA (B).	86
FIGURA 28: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DAS PORCENTAGENS DE MATÉRIA ORGÂNICA PARA CADA TESTEMUNHO RECUPERADO.	87
FIGURA 29: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA DOS TESTEMUNHOS RECUPERADOS AO LONGO DO RIO SUCURIJU.	88
FIGURA 30: GRÁFICO DE ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DE TODOS OS TESTEMUNHOS AO LONGO DO RIO SUCURIJU. PC1 EXPLICADA PELA PORCENTAGEM DE AREIA (0,563) E PC2 EXPLICADO PELOS VALORES DE PH (-0,724).	97

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: IDENTIFICAÇÃO DOS TESTEMUNHOS AMOSTRADOS.	35
TABELA 2: PONTOS, LONGITUDE, LATITUDE E PROFUNDIDADE DE CADA TESTEMUNHO COLETADO.	47
TABELA 3: ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO TESTEMUNHO A. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SAR – SILTE ARENOSO, S – SILTE, AS – AREIA SÍLTICA.	49
TABELA 4: ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO TESTEMUNHO B. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SAR – SILTE ARENOSO, S – SILTE.	51
TABELA 5: ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO TESTEMUNHO C. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SARG – SILTE ARGILOSO, SAR – SILTE ARENOSO, AS – AREIA SÍLTICA	53
TABELA 6: ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS GRANULOMÉTRICOS DO TESTEMUNHO D. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SAR – SILTE ARENOSO, AS – AREIA SÍLTICA.	55
TABELA 7: ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO TESTEMUNHO E. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SAR – SILTE ARENOSO.	57
TABELA 8: ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO TESTEMUNHO F. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SAR – SILTE ARENOSO, AS – AREIA SÍLTICA.	59
TABELA 9: ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO TESTEMUNHO G. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SA – SILTE ARENOSO, AS – AREIA SÍLTICA, S – SILTE.	61
TABELA 10: LATITUDE, LONGITUDE E PROFUNDIDADE DE CADA TESTEMUNHO.	78
TABELA 11: MÁXIMO, MÍNIMA E MEDIANA DE SALINIDADE INTERSTICIAL.	79

TABELA 12: MÁXIMO, MÍNIMA E MEDIANA DE PH INTERSTICIAL.	81
TABELA 13: MÁXIMO, MÍNIMO E MEDIANA DE POTENCIAL REDOX INTERSTICIAL (MV).	82
TABELA 14: MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIA E DESVIO PADRÃO DA PORCENTAGEM DE MATÉRIA ORGÂNICA.	87
TABELA 15: CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E PORCENTAGEM DE MATÉRIA ORGÂNICA (MO)	89
TABELA 16: CORRELAÇÃO ENTRE OS DADOS SEDIMENTOLÓGICOS E DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS TESTEMUNHOS RECUPERADOS AO LONGO DO RIO SUCURIJU.	96

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em quatro capítulos assim descritos.

O PRIMEIRO capítulo é a Introdução, que mostra os objetivos do estudo, localização e acesso da área, características ambientais da região e os materiais e métodos utilizados durante o trabalho.

O SEGUNDO capítulo é composto pelo artigo intitulado “*Análise Granulométrica Dos Testemunhos Presentes Ao Longo Do Rio Sucuriju – Cabo Norte – Amapá – Brasil*”. Mostra os resultados obtidos com as análises granulométrica nos testemunhos recuperados e a correlação com a análise de hidrodinâmica. Artigo ainda não submetido.

O TERCEIRO capítulo é composto pelo artigo intitulado “*Análise Do Comportamento Físico-Químico Da Água Intersticial Do Sedimento Do Rio Sucuriju – Cabo Norte – Amapá*”. Submetido à Revista Tropical Oceanography em setembro de 2011. Esse artigo apresenta os resultados sobre a influência da cunha salina intersticial sobre os parâmetros físico-químicos (pH/Eh e salinidade intersticial) ao longo do rio Sucuriju.

O quarto capítulo intitulado como “Considerações Finais”, apresenta a síntese dos resultados que serviram de base para a conclusão dos artigos precedentes, assim como as referências utilizadas ao final do capítulo.

SUMÁRIO

RESUMO	i	
ABSTRACT	ii	
LISTA DE FIGURAS	ii	
LISTA DE TABELAS	v	
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	vii	
CAPÍTULO I		
1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	19
2.1	OBJETIVO GERAL	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3	LOCALIZAÇÃO E ACESSO	19
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	20
4.1	ZONA COSTEIRA AMAPAENSE	20
4.2	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	23
4.3	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA REGIONAL	24
4.3.1	Geologia do Estado do Amapá	24
4.3.2	Geomorfologia do Estado do Amapá	25
4.4	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO	27
4.4.1	Geologia	27
4.4.1.1	Terciário	27
4.4.1.2	Quaternário	27
4.4.2	Geomorfologia	28
4.5	VEGETAÇÃO	30
4.5.1	Campos de Planícies do Amapá	30
4.5.2	Manguezal	30

4.6	CLIMA	31
4.7	PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS	32
4.7.1	Marés	32
4.7.2	Correntes	33
4.7.3	Salinidade	33
5	MATERIAIS E MÉTODOS	34
5.1	CAMPO	34
5.2	LABORATÓRIO	34
5.2.1	Parâmetros Físico-Químicos da Água Intersticial	34
5.2.2	Análises Sedimentológicas	35
6	REFERÊNCIAS	36

CAPÍTULO II

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS TESTEMUNHOS PRESENTES AO LONGO DO RIO SUCURIJU – CABO NORTE – AMAPÁ-

		41
RESUMO		42
ABSTRACT		42
INTRODUÇÃO		43
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO		44
MATERIAL E MÉTODOS		46
RESULTADOS E DISCUSSÃO		47
CONCLUSÃO		67
AGRADECIMENTOS		67
REFERÊNCIAS		67

CAPÍTULO III

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DA
ÁGUA INTERSTICIAL DO SEDIMENTO DE MANGUEZAL
DO RIO SUCURIJU – CABO NORTE – AMAPÁ.

	73
RESUMO	74
ABSTRACT	74
INTRODUÇÃO	75
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA	75
MATERIAL E MÉTODOS	77
RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
CONCLUSÃO	88
AGRADECIMENTOS	89
REFERÊNCIAS	89
CAPÍTULO IV	
CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
REFERÊNCIAS	98

Capítulo I

1 - INTRODUÇÃO

A região costeira do Estado do Amapá, devido sua localização, apresenta uma dinâmica fisiográfica peculiar. O regime de ventos e a precipitação, que ocorrem devido à presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), influenciam diretamente na zona equatorial. Tais processos são responsáveis pela determinação das condições hidrológicas locais (PAVÊ *et al.*, 2003).

Além da forçante atmosférica, atuam também as forçantes oceânica e amazônica representadas pelo sistema de circulação geral do oceano Atlântico (Corrente Norte Equatorial e retroflexão da Corrente Norte Brasileira) e pela descarga do rio Amazonas, respectivamente. Diante de tais condições, a linha de costa apresenta uma grande instabilidade morfológica e, conseqüentemente, ecológica (SILVEIRA E SANTOS, 2006).

A Planície Costeira do Amapá está inserida no limite de três reservas federais: Reserva biológica do Lago Piratuba (3.570 km²), Parque Nacional do Cabo Orange (6.190 km²) e a Estação Ecológica Maracá-Jipioca (720 km²), gerenciadas pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (SILVEIRA, 1998) (Figura 1).

A área em estudo contempla o Distrito do Sucuriju que se situa no extremo leste do estado do Amapá na região denominada Cabo Norte e está inserida no Cinturão Lacustre Oriental onde fazem parte os Lagos Piratuba, Trindade, Escara e Maresia, com disposição geográfica próxima à linha de costa. O lago Piratuba é o maior e o mais importante deles, pois faz a conexão com o rio Sucuriju, por onde deságuam as águas continentais e onde foi estabelecida a Vila do Sucuriju às suas proximidades. (SILVEIRA E SANTOS, 2006).

A Reserva Biológica do Lago Piratuba é uma unidade de proteção integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, não sendo, por lei, permitida interferência humana direta ou modificações ambientais, exceto às medidas de recuperações de ecossistemas alterados e a prática de manejo para recuperação e preservação do equilíbrio natural, a biodiversidade e os processos ecológicos (DIAS, 2003; SILVEIRA *et al.*, 2004).

A Reserva foi criada em Decreto N^o 84.914/1980, alterado pelo Decreto N^o 89.932/1984, e está inserida na Planície Costeira do Setor Atlântico do Estado, onde alcança sua maior extensão longitudinal, conhecida como a Região dos Lagos. A criação dessa unidade de conservação foi fundamentada na preocupação do Governo Federal em preservar a flora para futuras pesquisas nos ecossistemas do Baixo Amazonas, além da fauna ameaçada do litoral norte brasileiro, pela destruição desses ecossistemas (LIMA *et al.*, 1974; DIAS, 2003).

O manguezal é o principal ambiente que circunda aproximadamente todo o curso do rio. Os estudos dos parâmetros físico-químicos da água intersticial (salinidade, pH e potencial redox) são um dos fatores importantes para o desenvolvimento e distribuição espacial do manguezal. As variações desses parâmetros ocasionam adaptações no ambiente, modificando seus níveis de tolerância, e essas adaptações modificam os padrões geoquímicos e sedimentológicos. Outros parâmetros como, condição climática, flutuação da maré, bioturbação e o teor de matéria orgânica são importantes porque contribuem para a complexidade geoquímica encontrada nos manguezais (MCKEE, 1993; MARCHAND *et al.*, 2003; MARCHAND *et al.*, 2004);

A complexidade dos estudos geoquímicos nos sedimentos de mangue é resultado de inúmeras interações entre os processos sedimentares, com característica de processo físico juntamente com os parâmetros biológicos determinam as modificações físico-químicas, esses processos dependem das características fisiográficas da área, influência do padrão climático e as modificações da vegetação (MARCHAND *et al.*, 2004). As modificações nos padrões sedimentológicos e nos parâmetros físico-químicos das águas intersticiais influenciam a biota bentônica, determinando o nível de tolerância para todas as espécies (ALONGI *et al.*, 1996).

O estudo tem como objetivo caracterizar quanto a sedimentologia os pacotes sedimentares associando a intensidade da energia hidrodinâmica durante o período de sedimentação, quantificar e analisar as modificações nos parâmetros físico-químicos (pH, potencial redox e salinidade) e o teor de matéria orgânica correlacionando com a presença da cunha salina e correlacionar a sedimentologia com os parâmetros físico-químicos a observando a interação entre os dois parâmetros no ambiente de manguezal.

2 - OBJETIVOS

2.1 – OBJETIVO GERAL

Descrever as características sedimentológicas e físico-químicas ao longo do rio Sucuriju.

2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a distribuição granulométrica dos testemunhos coletados;
- Descrever a hidrodinâmica da sedimentação com base nos dados granulométricos;
- Descrever as condições físico-químicas (pH, Eh e salinidade intersticial) a partir dos testemunhos coletados;
- Quantificar o teor de matéria orgânica e correlacionar com os parâmetros analisados;

3 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O Distrito de Sucuriju está localizado na região do Cabo Norte no extremo leste do Estado do Amapá, entre os paralelos 01°39'49"N e 49°55'43"W (Figura 1). Apresenta uma área de 16700 ha; a Vila do Sucuriju está localizada na margem direita do rio Sucuriju próximo a sua foz. Dista 220 km da capital do Estado, Macapá - AP.

O acesso para a região pode ser realizado por via aérea saindo da cidade de Belém até Macapá, ou por via fluvial com duração de 24 horas. A partir de Macapá o acesso pode ser por via terrestre até o município de Amapá Grande e, em seguida, por via fluvial com barco de alumínio com motor de popa, ou, por via fluvial e marítima com embarcação regional saindo de Macapá até a Vila do Sucuriju, com duração de 36 horas.

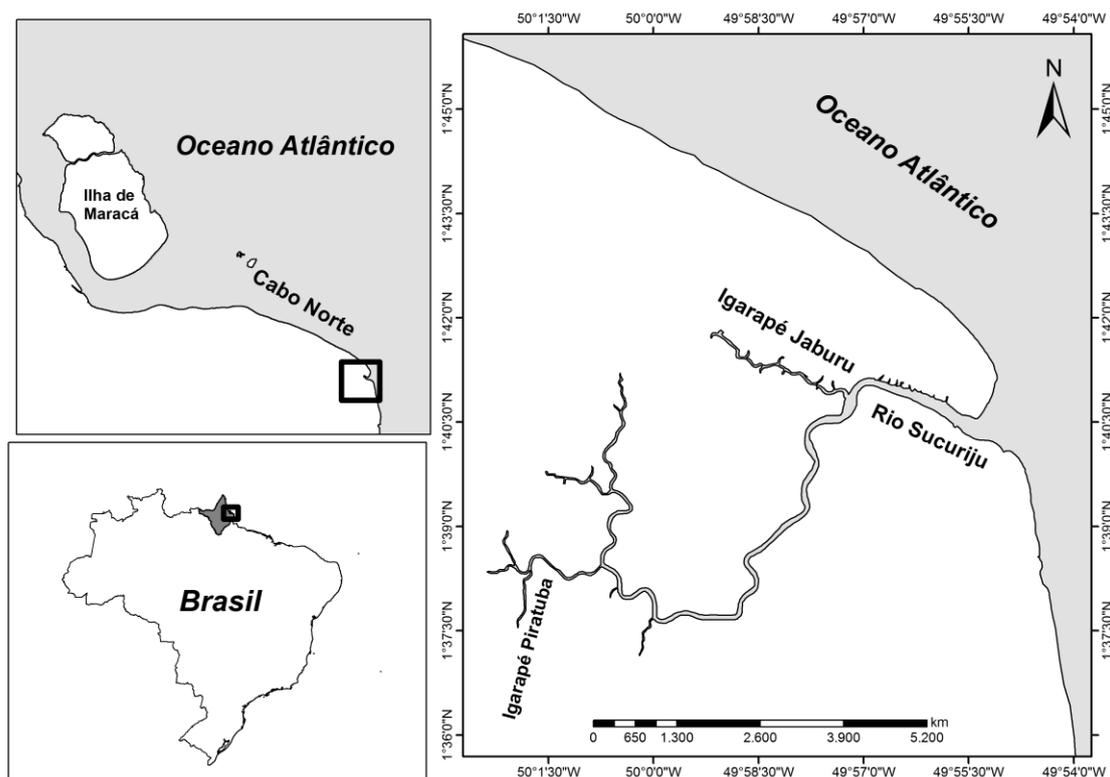


FIGURA 1: CARTA IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO DO RIO SUCURIJU.

4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

4.1 - ZONA COSTEIRA AMAPAENSE

De acordo com Pavê (2003) e Silveira e Santos (2006) a região costeira norte brasileira pode ser considerada como uma área sujeita a várias condições limitantes. Sua posição equatorial, entre duas margens continentais de comportamentos opostos está submetida às conjunções de três principais forçantes: 1) forçante atmosférica (ITCZ) que provoca o regime dos alísios e as precipitações, e que determina a alternâncias climáticas e hidrológicas dos rios locais; 2) forçante oceânica resultante da circulação oceânica global (Corrente Norte Equatorial) e suas modulações com a forçante atmosférica (reflexão da CCBN), e; 3) forçante amazônica que resulta do transporte dos sedimentos do amazonas, estando sob influência das forçantes atmosférica e oceânica.

Essas forçantes são caracterizadas por periodicidade próprias, mas também, por variabilidades de acordo com a escala de tempo e espaços, diferenciados e múltiplos. Nessa situação sua conjunção e seu impacto são determinantes para o funcionamento na estruturação dos espaços litorâneos que conduzem na costa amazônica a uma grande instabilidade da linha de costa no plano ambiental, e, por consequência, ecológica (PAVÊ, 2003; SILVEIRA E SANTOS, 2006).

Contudo, o quadro dinâmico dessa região é de macromarés de fortes correntes que convive com a ocorrência esporádica de pororocas, fenômeno associado com a ação da maré caracterizada pela entrada de uma ou várias ondas no estuário. Ocorre principalmente durante as marés de sizígia, sendo potencializado nos períodos de equinócio (CHANSON, 2005; SANTOS, 2006) atuando sobre uma planície costeira cujos processos evolutivos têm relação intrínseca com a evolução geológica e tectônica regional (SILVEIRA E SANTOS, 2006).

Duas regiões se sobressaem no cenário local. A primeira delas é a Região dos Lagos do Amapá, que se desenvolveu sobre meandros e parte de antigas drenagens conformando um mosaico de áreas rebaixadas com formas variadas e interligadas por canais de comunicação. O sistema de lagos se inicia no Lago Duas Bocas a oeste e flui para leste, alcançando o rio Araguari através do igarapé do Tabaco, diferenciados em três grandes Cinturões Lacustres (Figura 2) (SILVEIRA, 1998).

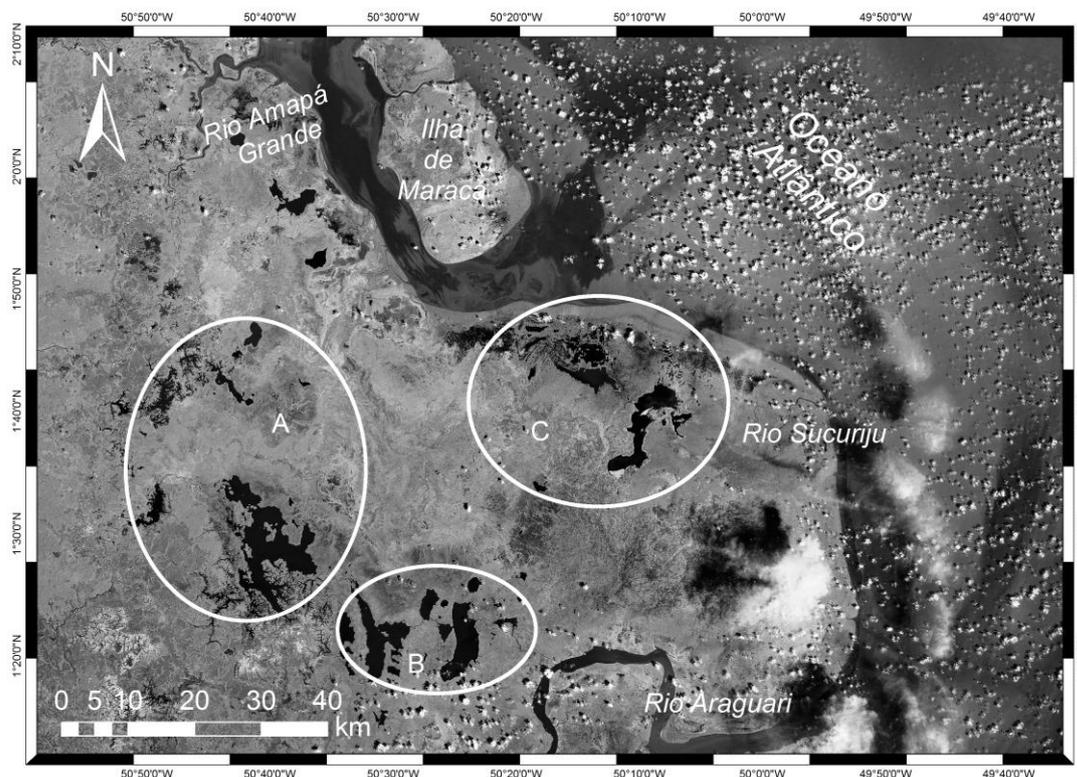


FIGURA 2: CINTURÕES LACUSTRES DESCRITOS POR SILVEIRA (1998). (A) CINTURÃO LACUSTRE OCIDENTAL; (B) CINTURÃO LACUSTRE MERIDIONAL E (C) CINTURÃO LACUSTRE ORIENTAL. MODIFICADO DE SILVEIRA & SANTOS (2006).

A segunda refere-se à região costeira entre o rio Amapá Grande e a foz do Araguari, tendo como anteparo à ação direta das marés e correntes; esta apresenta baixo gradiente, submetida ao regime de macromarés semi-diurnas, com fortes correntes de maré e ventos alísios. A linha de costa é bordejada por manguezais, tanto na porção continental quanto na insular. Na porção

continental, os terraços de abrasão são constituídos por depósitos de turfas contíguos a terraços lamosos, enquanto que, nos terraços da porção oeste da Ilha de Maracá, nas marés baixas do período de menor descarga do rio Amazonas (julho – dezembro) são reconhecidos até três paleoníveis de vegetação nos quais são observadas raízes em posição de vida, sugerindo eventos regressivos/transgressivos pretéritos (TAKIYAMA, 2008).

Barras arenosas e feições caracterizadas como *megaripple marks* são observadas parecendo haver um retrabalhamento desses sedimentos entre os limites da Ilha de Maracá e o continente e o Canal do Varador de Maracá. Nessa região, as grandes modificações do meio físico estão relacionadas com a ação natural. Apesar disso, a abertura de canais artificiais por pescadores, que permitam acesso à pesca no Lago Piratuba podem colocar em risco a manutenção desse frágil ecossistema (TAKIYAMA, 2008).

No Cabo Norte uma feição anômala arredondada descrita por Silveira (1998) como um possível “*mud lamp*” com aproximadamente 12 km de raio, se sobressai aos sensores remotos, provavelmente originado pela sedimentação arenosa proveniente do rio Araguari sobre as lamas costeiras. Silveira e Santos (2006) puderam reconhecer o *mud lamp* de coloração cinza escura, que demonstra um ressaltado em função do desenvolvimento de uma rede de drenagem característica. Segundo Morgan (1961) e Morgan *et al.*(1968) esses *mud lumps* emergem freqüentemente às proximidades da foz dos distributários e formam ilhas temporárias onde pode existir uma relação entre essa atividade diapírica e a sedimentação nos distributários. Estima-se que o aparecimento dessas feições coincida com os eventos de sedimentação rápida observada durante períodos de enchente (Figura 3).

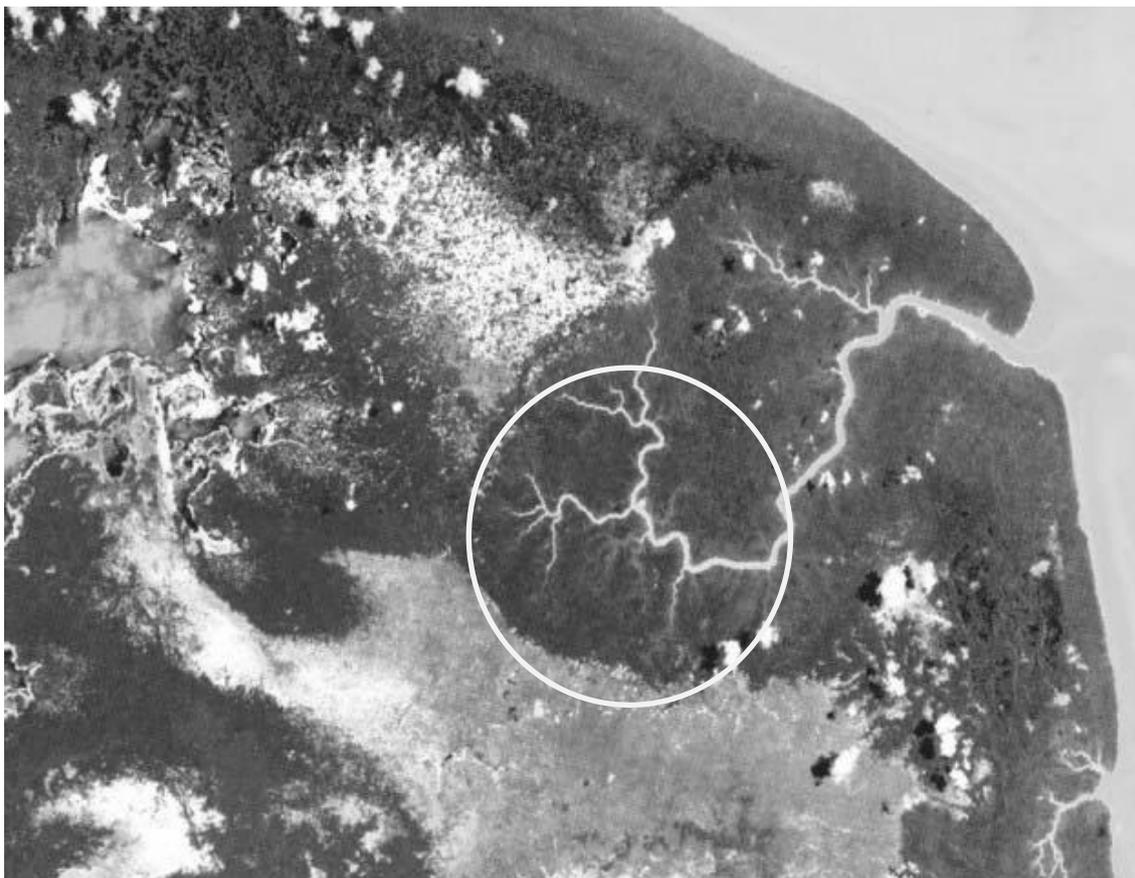


FIGURA 3: IMAGEM DA NASCENTE DO RIO SUCURIJU MOSTRANDO A FEIÇÃO DO “TUMOR” DE LAMA (*MUD LUMP*) DESCRITO POR SILVEIRA (1998).

4.2 - UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

A área abriga a unidade de conservação (UC) Reserva Biológica do Lago Piratuba – REBIO PIRATUBA, existindo ainda a proposta para a criação da Reserva Marinha Extrativista do Sucuriju, na porção extrema leste da UC no Cabo Norte. Em áreas contíguas, à região proposta está limitada no extremo leste pela Estação Ecológica Maracá-Jipioca (ESEC MARACÁ-JIPIOCA) e ao sul pelo arquipélago da Bailique, o qual se encontra em processo de estudo para a criação de UC voltada para fins de ecoturismo. Isso demonstra claramente a importância da região, tanto no contexto regional de um Estado que acredita nos recursos naturais como fonte de desenvolvimento, quanto nacional, devido a importância da biodiversidade na criação das UC Federais (SILVEIRA *et al.*, 2004).

A reserva é assim denominada devido a existência do extenso lago homônimo localizado em seu interior denominado Piratuba, com aproximadamente 357.000 ha e perímetro de 390 km, localizada entre os municípios de Amapá e Tartarugalzinho. A Reserva Biológica do Lago Piratuba é uma unidade de proteção integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites. Na qual por lei, são sendo permitidas interferências humanas diretas ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de

recuperação de ecossistemas alterados e a prática do manejo para recuperação e preservação do equilíbrio natural, a biodiversidade e os processos ecológicos (DIAS, 2003).

A Reserva foi criada pelo Decreto Nº 84.914/1980 alterado pelo Decreto Nº 89.932/1984. Está inserida a Planície Costeira do Setor Atlântico do Amapá, onde alcança sua maior extensão longitudinal, conhecida como a Região dos Lagos, representando o maior conjunto lacustre do litoral norte brasileiro de acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). A UC foi criada com o objetivo de preservar a flora para futuras pesquisas nos ecossistemas do Baixo Amazonas e a fauna ameaçada do litoral norte brasileiro, pela destruição desses ecossistemas (LIMA *et al.*, 1974; DIAS, 2003).

4.3 - GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA REGIONAL

4.3.1 - Geologia do Estado do Amapá

O Arqueano é representado pelo Complexo Guianense, Suíte Metamórfica Ananaí-Tartarugal Grande e por granitóides (LIMA *et al.*, 1974). Segundo esses autores, o Complexo Guianense é formado por granodioritos, trondhjemitos e tonalitos e constituem o embasamento, enquanto que a Suíte Ananaí-Tartarugal Grande é composta por meta-quatizitos ferríferos, piriclasitos e charnokitos entre outros.

Lima (*op. cit.*) cita, que, no Proterózoico Inferior, estágio de formação dos oceanos, devido a processos distensionais, o material máfico e ultramáfico produzido pelo extravasamento foi metamorfizado constituindo o Grupo Vila Nova, composto por rochas metamáficas, ultramáficas, meta ácidas de origem vulcânica, xistos, quartzitos e formações ferríferas.

Com a abertura do Oceano Atlântico, a Bacia do Amazonas foi submetida a uma subsidência acentuada, recebendo intensa sedimentação clástica, constituída de arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados vermelhos de ambiente fluvial, os quais compõem a Formação Alter do Chão (LIMA *et al.* 1974).

O desenvolvimento laterítico/bauxítico verificado no Amapá foi provocado por mudanças climáticas e processos intempéricos ocorridos desde o Paleoceno até o Mioceno. As coberturas sedimentares do Cenozóico se restringem à orla do Atlântico; a Formação Barreiras aflora desde Macapá - AP até o Rio Uaçá numa estreita banda que se adelgaça rumo ao norte sob formas de platôs de cotas baixas. O Quaternário se encontra na faixa litorânea de largura variável, desde o Oiapoque-AP até Macapá-AP, constituindo várias áreas de planície de inundação (*tidal flats*), pantanosas (*tidal marshes*) e lagos residuais com sedimentações mista, marinha e fluvial (LIMA *et al.*, 1974).

As variações do nível marinho foram responsáveis pela construção dos estuários durante a última transgressão, sendo influenciadas também pela tectônica regional. Essa, por sua vez, controla a fisiografia da costa influenciando a direção dos rios e, conseqüentemente, com reflexos na sedimentação (MENDES, 1994; SILVEIRA, 1998; SOUZA FILHO E EL-ROBRINI, 2000; SANTOS, 2006).

4.3.2 – Geomorfologia do Estado do Amapá

Segundo Boaventura e Narita (1974) a região do Amapá pode ser individualizada em cinco unidades morfoestruturais: Planaltos residuais do Amapá, Planalto rebaixado da Amazônia, Colinas do Amapá, Depressão Periférica do Norte do Pará e Planície Flúvio-Marinha Macapá-Oiapoque. Lima *et al.* (1991) classificaram essa última unidade como Planície Costeira do Amapá (Figura 4).

Boaventura e Narita (1974) subdividiram a Planície Flúvio-Marinha Macapá-Oiapoque em dois domínios geomorfológicos tendo como referencial o rio Flechal. Segundo esses autores, ao norte a geomorfologia sofre a influência marinha caracterizada por processos e formas marinhas, como a formação de restingas.

Nas últimas décadas foram realizadas várias pesquisas na zona costeira norte amapaense nas quais se observou a inexistência de restingas, porém comprovam a atuação de processos eminentemente marinhos na construção de cabos lamosos que predominam nessa região (MENDES, 1994; ALLISSON, 1993; SILVEIRA, 1998). Para o domínio sul, a geomorfologia sofre influências fluviais que estão sujeitas à ação do Sistema de Dispersão Amazônico. Nessas planícies são reconhecidas feições resultantes de processos erosivos e deposicionais, tanto atuais quanto antigos. Os terraços de abrasão, lagos e planícies de maré dominam as formas atuais, enquanto que os paleocanais e paleodeltas são os registros morfológicos mais antigos (SILVEIRA E SANTOS, 2006).

4.4 – GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

4.4.1 - Geologia

Pouco se conhece da geologia da área estudada, porém, Silveira e Santos (2006), em levantamentos realizados na Reserva Biológica do Lago Piratuba, definiram algumas seções geológicas do Terciário e do Quaternário descritos a seguir (Figura 5):

4.4.1.1 - Terciário

Grupo Barreiras: unidade localizada na porção sudoeste da área de entorno da Reserva Biológica do Lago Piratuba (REBIO PIRATUBA), nas margens do lago Novo e como pequenas ilhas entre o lago Novo e o lago Comprido, na forma de pequenos terraços erosivos. Esses sedimentos se apresentam geralmente como terraços erosivos de coloração avermelhada basicamente argilosa. Na margem oeste do lago Duas Bocas, o Grupo Barreiras apresenta uma constituição mais arenosa que varia de fina a grosseira, formando crostas e camadas lateríticas.

4.4.1.2 - Quaternário

Depósitos de Planície Flúvio-Estuarina 1: são os depósitos mais expressivos dentro da REBIO PIRATUBA e em seu entorno. São representados pelas áreas de campos arbustivos e herbáceos, além de áreas planas desenvolvidas atrás das vegetações de várzeas e manguezais bordejando os lagos localizados no interior da planície costeira. Esses depósitos são caracterizados por sedimentos pelíticos, siltes e argilas, de coloração cinza amarelada, ricos em matéria orgânica, localizados comumente em sua porção mais interna, não apresentando estruturas aparentes, a não ser uma intensa bioturbação causada pelas raízes. Na porção externa situada às margens dos canais, verifica-se estratificação plana paralela típica de ambiente influenciado por maré. Na porção noroeste da área da REBIO e seu entorno essas áreas apresentam uma sedimentação com influência marinha, verificada pela presença de vegetação resistente à salinidade.

Depósitos de Planície Flúvio-Estuarina 2: ocorrem às margens do rio Araguari e de outras drenagens sob influência direta da maré, caracterizados por sedimentos pelíticos a siltico-arenosos de coloração cinza amarelada em áreas de várzeas. Essas áreas são atingidas pelas marés diariamente e ficam completamente inundadas durante as marés de sizígia.

Depósitos de Planície Flúvio-Estuarina e Flúvio-Marinha: depósitos situados ao longo da costa, desde a foz do rio Araguari até o extremo norte da área. Estão associados às áreas sob influência mais direta da salinidade caracterizados por sedimentos pelíticos nas áreas onde predomina a vegetação de manguezais e por sedimentos siltico-arenosos a arenosos em

áreas onde os processos dinâmicos são mais intensos. Formam bancos, barras e planícies arenosas em áreas de acreção e assoreamento nas margens e no meio dos canais. A maré é o principal agente de ação em todo o processo sedimentar desta unidade, pois, atua diariamente através dos canais de maré, carreando grande quantidade de sedimentos para a porção mais interna da planície. Esses depósitos apresentam estratificação paralela e intensa bioturbação.

Depósitos Lacustres: encontram-se na área da REBIO PIRATUBA e em seu entorno. Apresentam sedimentação pelítica típica de lagos e depósitos ricos em matéria orgânica que variam de centímetros a metros. Esses depósitos têm como principal provedor as águas pluviais, principalmente no período chuvoso, mas, durante o período de menos chuva e em marés excepcionais, as águas marinhas podem alcançar alguns lagos.

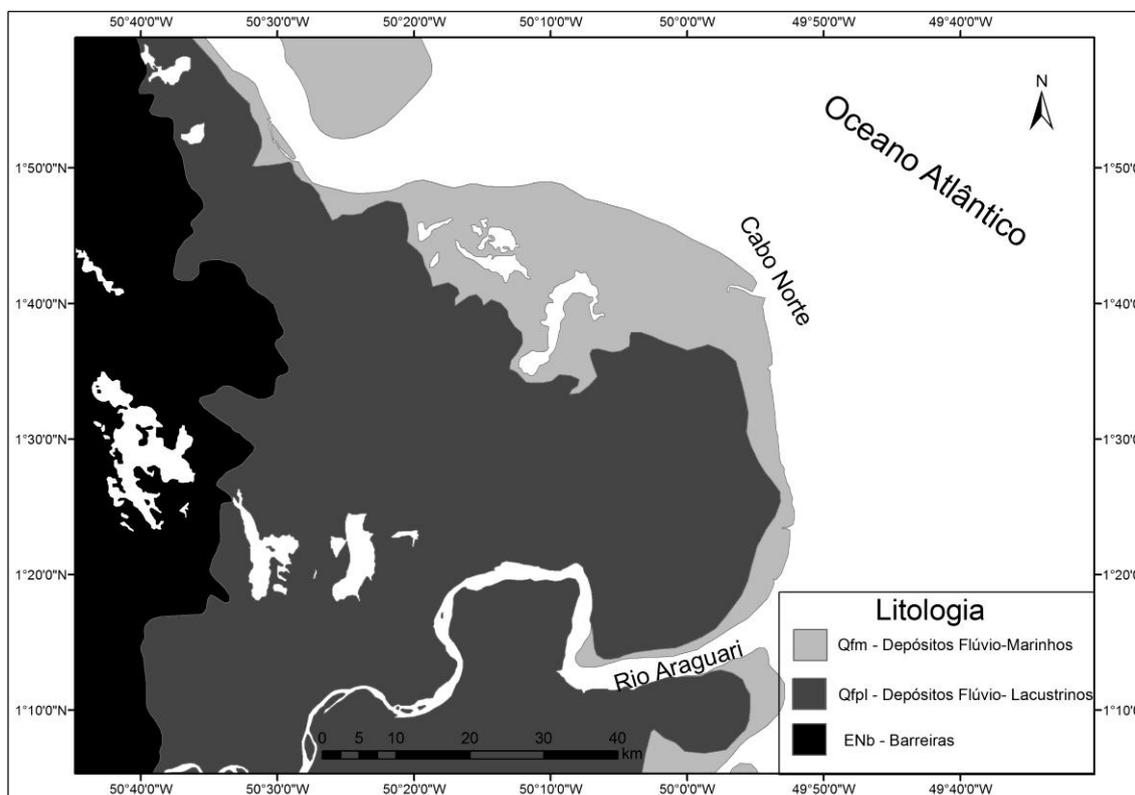


FIGURA 5: MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO.

4.4.2 - Geomorfologia

A região dos lagos do Amapá está concentrada no domínio sul da planície costeira, localizada entre o Rio Amapá Grande e a região imediatamente ao norte do rio Araguari. Nessa área podem ser identificadas três subáreas principais: A) Cinturão Lacustre Oriental; B) Cinturão Lacustre Meridional e; Cinturão Lacustre Ocidental (SILVEIRA, 1998). Devido aos objetivos do trabalho, dar-se-á maior ênfase para o domínio do Cinturão Oriental, onde está inserida a área a ser estudada.

O Cinturão Lacustre Oriental compreende os lagos Piratuba, Trindade, Escara e Maresia, com disposição geográfica próximo à linha de costa. O Lago Piratuba apresenta-se sob a forma de um S com o comprimento maior no sentido NE-SW. Sua porção sul assemelha-se ao formato de uma bota, quando visto em perspectiva sugere tratar de uma de paleodrenagem cuja continuidade em direção ao continente é o Cinturão Lacustre Meridional, porém, sem os estudos geofísicos e estratigráficos essa informação não pode ser confirmada (SILVEIRA E SANTOS, 2006).

Os outros lagos do cinturão apresentam-se sob vários formatos. Em sua grande maioria, resultantes de sedimentação fina e de restos de matéria orgânica que são trazidos do continente e também, como resultado da dinâmica do rio Amazonas. O Lago Piratuba é o maior em extensão e o mais importante deles, tendo em vista o estabelecimento da Vila do Sucuriju às suas proximidades. Segundo Silveira (1998) o relato dos moradores diz que há menos de um século o mar possuía livre acesso ao Piratuba, aos lagos dos Ventos, Floriano e dos Gansos. Atualmente, esses lagos encontram-se isolados, não havendo o acesso direto das águas do mar aos mesmos. O acesso natural de águas salgadas até algumas porções dos lagos pode ocorrer apenas em marés excepcionais durante a estação de baixas descargas.

Na região do Cinturão Lacustre Oriental, os lagos propriamente ditos estão separados da linha de costa por uma faixa de extensão variável de manguezais, desde o “rego do Duarte” até o *mud lump* (MORGAN *et al.*, 1968) descrito por Silveira (1998). Os sedimentos são lamosos com grande quantidade de matéria orgânica decomposta.

Silveira e Santos (2006) identificaram as seguintes unidades geomorfológicas na REBIO PIRATUBA:

- **Planícies Flúvio-Marinhas:** são formadas por barras arenosas que gradativamente são anexadas ao continente e sofrem influência diária das marés.
- **Planícies Flúvio-Estuarinas:** Localizadas no baixo curso do rio Araguari, submetidas às marés semi-diurnas e aos processos erosivos

relacionados à pororoca. A grande mobilização de sedimentos disponibilizados pela erosão auxilia na formação de ilhas no baixo curso do rio Araguari.

- **Planícies Fluviais:** No baixo curso do rio Araguari essas planícies se apresentam como áreas contíguas à margem direita do rio Araguari; são áreas rebaixadas e mostrando baixos terraços que são propícias à colmatação.
- **Planícies Fluviais Antigas (A):** Áreas de evolução mais antiga representam as regiões modificadas por processos de mudanças de nível de base, causando desorganização da drenagem. Nas bordas atlântica e fluvial, sofrem influência de marés e inundações pluviais. Largas porções estão sendo utilizadas para prática de bubalinocultura. São áreas em que se registram grande degradação, principalmente estando sujeitas ao fogo (combustão espontânea).
- **Tabuleiros Costeiros:** Representados por sedimentos de coloração avermelhada em terraços esculpido no Grupo Barreiras. São áreas dissecadas resultantes do aprofundamento de drenagens em relevos tabulares e de interflúvios tabulares. Correspondem aos Planaltos Rebaixados descritos por Boaventura & Narita (1974) e Lima *et al.* (1991).

4.5 - VEGETAÇÃO

4.5.1 - Campos de Planície do Amapá

Estende-se pelos terraços aluviais da área do estuário amazônico que compreende as ilhas da foz do rio Amazonas e toda a faixa costeira do Estado do Amapá, onde não há influência da salinidade.

A cobertura vegetal como as gramíneas, ciperáceas e melastomataceas distribuem-se de acordo com os níveis de inundação. Nas regiões mais alagadas e baixas tem-se o predomínio de aningas (*Montrichardia arborescens Schott.*), tiriricão (*Scleria sp.*), buriti (*Mauritia flexuosa Mart.*) e piri-piri (*Cyperus giganteus Vahl.*).

Já a vegetação das regiões mais altas é composta por canaranas (*Echinoa sp, Panicum spp.*), o capim rabo-de-rato (*Hememachne sp.*), capim serra-perna (*Laercia sp.*) e o capim arroz (*Oryza peneris Moench.*). No meio dos campos inundáveis, nota-se a predominância dos Parques do Cerrado ocupando pequenos “tesos” com a dominância de capim barba-de-bode (*Aristida sp.*) (COSTA NETO *et al.*, 2006.).

4.5.2 - Manguezal

O manguezal é definido como uma comunidade vegetal que se estende ao longo da zona costeira exposta aos processos transicionais dos ambientes marinhos, estuarinos e lagunar, com alternância de inundações derivadas da atuação das marés em regime mixohalino (HERZ, 1991). Segundo esse autor, os mangues tropicais estão entre as paisagens mais marcantes do mundo instaladas em redutos de sedimentação fina, de baixios adjacentes aos terraços marinhos, emersos a partir de eventos glácio-eustático holocênicos. Nesses ambientes, poucas espécies de árvores de diversas famílias desenvolvem-se para resistir à imersão em águas salinas intersticiais, desenvolvendo adaptações como estruturas de enraizamento especial, troncos reforçados para se sustentarem em terrenos lamosos moles e pneumatóforos para a captura de oxigênio pelas raízes e excreção de sal.

De acordo com Herz (1991), o desenvolvimento dos manguezais em geral está relacionado com a dinâmica das águas costeiras e à redução da salinidade em decorrência da alta carga de água doce oriunda do Amazonas. Assim, o manguezal constitui-se num tipo singular de vegetação que não tolera temperaturas baixas, confinado a um *habitat* salobro marinho, hostil a maioria das plantas em decorrência das baixas taxas de O₂ decorrentes da oxidação da matéria orgânica, gerada a partir da decomposição das folhas e biotas associadas.

Na foz do Rio Sucuriçu há o predomínio de bosques mais jovens, com porte em torno de 10 metros de altura. Em direção ao curso médio do rio, onde esses mangues tornando-se mais altos, apresentam uma zonação que inicia com siriúbas (*Avicennia sp*) e taboca (*Guadua sp.*), seguida de siriúba, taboca e açai (*Euterpe oleracea*), na altura do rio Urubu afluente do rio Sucuriçu e, posteriormente, siriúba, taboca e heliconia (*Heliconia bihai*) (COSTA NETO *et al.*, 2006) (Figura 6).



**FIGURA 6: FOTO DO MANGUEZAL PRESENTE NAS MARGENS DO RIO SUCURIJU.
FOTO: ACERVO LIOG – UFPA.**

4.6 - CLIMA

Segundo Bezerra *et al.* (1990), por apresentar elevados índices térmicos, a costa amapaense apresenta em toda sua extensão um clima do tipo Megatérmico, caracterizado por temperaturas elevadas em qualquer época do ano, com médias térmicas anuais oscilando entre 26°C e 28°C. As médias anuais das máximas temperaturas apresentam valores entre 30°C e 33°C e as mínimas entre 21°C e 25°C. Segundo os mesmos autores a região possui índices de precipitação elevados com totais anuais de chuvas variando entre 1500 a 3500 mm, aumentando para o norte.

De acordo com Leite *et al.* (1974) o clima atuante em toda a costa do Amapá é segundo a classificação de Gaussen, do tipo Termoxeroquimênico Atenuado correspondente ao Amw', segundo a classificação de Koppen (PERES *et al.*, 1974).

O regime pluviométrico do litoral amapaense é tropical, com variável distribuição das precipitações ao longo do ano, caracterizado por um período bastante chuvoso com mais de 70% do total anual que vai do período de janeiro a julho, e um período de sub-seca que começa no mês de agosto e se prolonga até dezembro com precipitações entre 100 a 550 mm (INPE, 2010) (Figura 7).

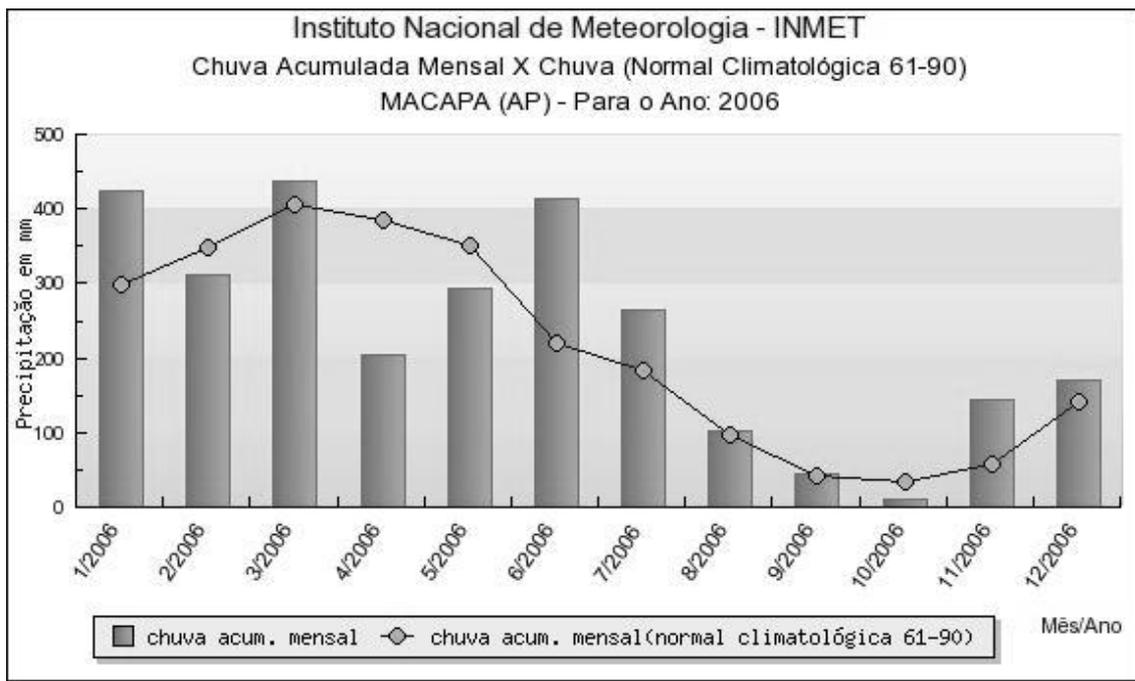


FIGURA 7: GRÁFICO DA VARIAÇÃO ANUAL DOS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS DO ANO DE COLETA DAS AMOSTRAS PARA O ESTADO DO AMAPÁ. FONTE INMET (2010)

4.7 - PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS

4.7.1 - Marés

A costa norte sofre influência constante da maré dinâmica definida como sendo a variação periódica do nível de água do mar, acompanhada constantemente por correntes horizontais, que sofrem influência das forças astronômicas (PINHEIRO, 1987). O litoral amapaense registra marés com amplitudes variando de 5,5m na maré de sizígia e 2,5m na maré de quadratura. Na Ilha de Maracá, mais precisamente no Igarapé do Inferno a amplitude de maré na sizígia foi registrada medindo 12m (NOVELLI E MOLLERO, 1988; MENDES, 1994; DHN, 2008).

4.7.2 - Correntes

A Corrente Costeira Norte do Brasil (CCNB) é a maior corrente de contorno Oeste nas latitudes tropicais do Oceano Atlântico. Essa corrente fecha o giro Equatorial dirigido pelos ventos, sustentando um sistema zonal de contracorrente. Transporta águas do Atlântico sul através do Equador, constituindo parte da célula de Revolvimento Meridional do Oceano Atlântico, um importante componente da circulação da termohalina global (FONSECA *et al.*, 2000).

A velocidade da Corrente Costeira Norte Brasileira varia entre 25 e 200 cm/s, apresentando, porém, velocidades instantâneas maiores, as quais dependem dos padrões e da localização dos ventos no trajeto da corrente. De

modo geral, o limite mais interno da corrente se situa dentro de uma faixa distante de 20 a 40 Km da linha de costa, enquanto que as velocidades máximas se desenvolvem em uma faixa, que se encontra entre 150 a 200 Km da linha de costa (LUEDEMANN, 1967).

4.7.3 - Salinidade

Os baixos valores de salinidade, situados próximos à costa, são atribuídos ao influxo das águas do rio Amazonas e de drenagens que atingem o litoral amapaense (rio Flechal, Calçoene, Cunani, Araguari, Sucuriçu, entre outros), enquanto que os baixos valores de salinidade nas plataformas médias e externas são evidenciados pela influência da pluma das águas do Amazonas nessas regiões (MENDES, 1994). Durante os meses de maio e junho, quando a descarga do rio Amazonas é muito forte, a salinidade atinge valores baixos, em torno de 12, aumentando em direção à plataforma externa. Nos meses de novembro e dezembro, período de estiagem, a salinidade torna-se mais elevada na plataforma interna, em torno de 24, aumentando em direção à plataforma externa (MENDES, *op. cit.*).

4.8 – CARACTERÍSTICAS DO RIO SUCURIÇU.

O rio Sucuriçu tem extensão de 16,44 km e a foz apresenta largura de 590 metros, faz conexão com o Lago Piratuba, e sua vazão dependem dos rio Jaburu, Urubu e do Igarapé Piratuba e do período pluviométrico. Apresenta-se em forma de funil com morfologia de fundo raso, sofre influência de macromaré semi-diruna e em períodos de vazante (aproximadamente 8 horas) maior que os de enchente (aproximadamente 3 horas) (TAKIYAMA, 2008). Nos meses de março e setembro tem-se o registro de pororoca, causando a erosão e a remobilização dos sedimentos presente nas margens e no fundo. (SANTOS, 2006).

5 - MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 - CAMPO

A etapa de campo foi realizada no período de dezembro de 2006 ao final do período de estiagem da região. As coletas das amostras foram obtidas através de dois tipos de testemunhagem: *vibra-core*, que é baseada na inserção de um tubo de alumínio de aproximadamente seis metros no sedimento através de um motor por vibração; e *push-core* que consiste na inserção manual de um tubo de alumínio de aproximadamente dois metros. Após o procedimento, o tubo foi devidamente selado para minimizar alterações químicas no sedimento sendo posteriormente levado ao laboratório para os devidos procedimentos.

5.2 - LABORATÓRIO

Foram utilizados sete testemunhos (Tabela 1). Em laboratório, os testemunhos foram descritos macroscopicamente, definidos seus parâmetros através das análises físico-químicas da água intersticial (pH, Eh e Salinidade) e em seguida sub-amostrados com base na litologia descrita macroscopicamente, totalizando 63 sub-amostragens.

TABELA 1: IDENTIFICAÇÃO DOS TESTEMUNHOS AMOSTRADOS.

PONTOS	IDENTIFICAÇÃO	RECUPERADO (cm)
F02	A	368
F01	B	426
PC – 19	C	134
PC – 17	D	126
PC – JABURU	E	81
URUBU	F	330
IGARAPÉ PIRATUBA	G	230

5.2.1 - Parâmetros Físico-Químicos da Água Intersticial

No Laboratório Institucional de Oceanografia Geológica (LIOG), pertencente ao Centro de Geociências e a Faculdade de Oceanografia - UFPA foram realizadas as medições dos parâmetros físico-químicos da água intersticial dos sedimentos tais como pH, potencial de oxi-redução (mV) e a salinidade intersticial.

O pH foi aferido através da inserção direta do eletrodo de vidro nos sedimentos lamosos, utilizando-se o aparelho da BIOBLOCK modelo ETANCHE IP67. Para as medições do potencial redox (mV) utilizou-se o eletrodo de platina de alta precisão também introduzido no sedimento e registrado no aparelho METROHM 744 PHMETER. A salinidade da água intersticial foi extraída através de prensa manual obtendo-se algumas gotas para a leitura no refratômetro ATAGO modelo S/Mill-E SALINITY 0 – 100 (GARRELS e CHRIST, 1965; BALTZAR, 1982; MARIUS, 1985; BERRÊDO, 2006) (Figura 8).

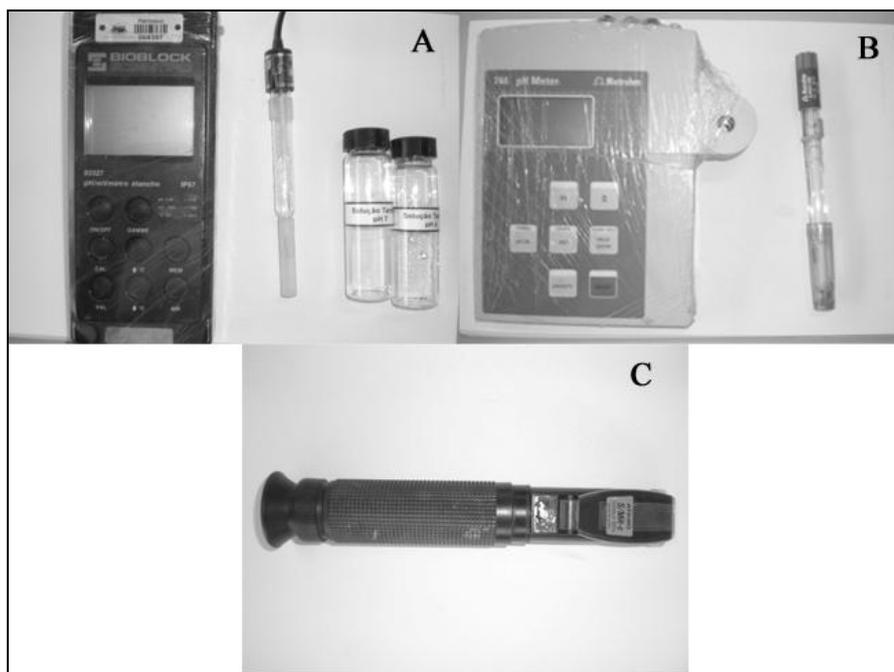


FIGURA 8: EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA OBTENÇÃO DOS DADOS FÍSICO-QUÍMICOS. A) MEDIDOR DE PH; B) MEDIDOR DO POTENCIAL DE OXIRREDUÇÃO; C) REFRAATÔMETRO. FOTO: DIEGO XAVIER (2009)

5.2.2 - Análises Sedimentológicas

As análises sedimentológicas foram realizadas no Laboratório de Mineralogia, Geoquímica e Aplicações (LaMiGA) pertencente a Universidade Federal do Pará (UFPA). Para a quantificação das frações sedimentológicas foi utilizado o granulômetro a laser da marca *FRITSCH* modelo *ANALYSETTE 22 MICROTEC PLUS* em intervalos de leitura variando entre 0,009 a 2000 μm .

Para a preparação das amostras foi utilizado o método de calcinação para sedimento com o objetivo de eliminar a matéria orgânica, obedecendo a metodologia proposta por Byers *et al.* (1978). Depois de calcinadas as amostras foram pulverizadas em gral de ágata e adicionado 5ml de água destilada e 5 gotas de pirofosfato de sódio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) a 5% como solução dispersante para a leitura no equipamento. Após a leitura das amostras, geraram-se tabelas para a análise granulométrica no software Sysgran 3.0 utilizando as análises proposta por Folk e Ward (1957), Pejrup (1988) e a classificação de Shepard (1954).

6 - REFERÊNCIAS

ALLISON, M. A. 1993. *Mechanisms of Coastal Progradation and Muddy Strata Formation Adjacent to the Amazon River*. New York, State University of New York. Marine Science Research Center. 322p. Tese (Doutorado) - Marine Science Research Center, SUNY.

ALONGI, D. M. 1996. *The dynamics of benthic nutrients pools and fluxes in tropical mangrove forests*. Journal of Marine Research, 54: 123-148.

BALTZER, F. 1982. *La sedimentation et la diagenèse précoce sur les côtes à mangroves*. Cah. ORSTOM, Géol. XII, 175-189.

BERREDO, J. F. 2006. *Geoquímica dos sedimentos de manguezais do Nordeste do Pará: o exemplo do Estuário do Rio Marapanim*. 185p. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica – Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém - PA.

BEZERRA, P. E. L; OLIVEIRA, W; REGIS, W. D. E; BRAZÃO, J. E. M; GAVINHO, J; COUTINHO, R. C. P. 1990. *Amazônia Legal: zoneamento das potencialidades e dos recursos naturais*. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA & SUDAM. Projeto zoneamento das potencialidades dos recursos naturais da Amazônia Legal: geologia, solos e vegetação. Rio de Janeiro.

BOAVENTURA, F. M. C.; NARITA, C. 1974. *Geomorfologia da folha NA/NB-22-Macapá*. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha NA/NB-22-Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM. (Levantamento dos Recursos Naturais, 6).

BYERS, C.; MILLS, E. L.; STEWART, P. L. 1978. *A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments with suggestions of a standard methods*. Hydrobiologia, v. 58 (1), p. 43-47.

CHANSON, H. 2005. *Mascaret, Aegir, Pororoca, Tidal Bore. Quid? Où? Quand? Comment? Pourquoi?* La Houille Blanche, 3: 103-114.

COSTA NETO, S.V.; SENNA, C.S.F.; COUTINHO, R.S. 2006. *Vegetação das áreas Sucuriju e Região dos Lagos no Amapá*. In: PROJETO de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO. Macapá, AP. Relatório Técnico-Científico Meio Físico.

DIAS, T. C. A de C. 2003. *Gestão participativa: Uma alternativa de ecodesenvolvimento para a Reserva Biológica do Lago Piratuba-AP*. 2003. 135 p. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2003.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). 2008. Marinha do Brasil. Disponível em <https://www.mar.mil.br/dhn/dhn/index.html> acessado dia 02 de dezembro de 2008.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. 1957. *Brazos river bar: a study in the significance of grain-size parameters*. Journal of Sedimentary Research. n.27, p. 3-26.

FONSECA, C.A.; PATTI, J.R.; CAMPOS, E.J.D. & SILVEIRA, I.C.A. da. 2000. *Estudo numérico dos vórtices emitidos pela Corrente Norte do Brasil. Laboratório de Modelagem dos Oceanos*. Laboratório Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP). São Paulo – SP.

GARRELS, R.M; CHRIST, C.L. 1965. *Solutions, Minerals and Equilibria*. New York, Harper et Row Ed., 450 p.

HERZ R. 1991. *Manguezais do Brasil*. Instituto Oceanográfico Universidade de São Paulo. São Paulo - SP. 227 pp.

INPE - Instituto de Pesquisa Espaciais. 2010, www.inpe.br acessado em 07 de agosto de 2010.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2010, www.inmet.gov.br acessado em 20 de setembro de 2010;

LEITE, P. F; VELOSO, H. P & GÓES FILHO, L. 1974. *Vegetação da folha NA/NB 22 – Macapá*. In: Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha NA/NB 22 – Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM.

LUEDEMANN, E. F. 1967. *Preliminary results of drift-bottle releases and recoveries in the Western Tropical Atlantic*. Bol. Inst. Oceanografia. São Paulo, n. 16: p13-22.

LIMA, M.I.C; MONTALVÃO, R. M. G; ISSLER, R. S; OLIVEIRA, A. S; BASEI, M. A. S; ARAÚJO, J. F. V; SILVA, G. G. 1974. *Geologia da Folha NA/NB.22 – Macapá*. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha NA/NB.22 – Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM (Levantamento de Recursos Naturais, 6).

LIMA, M.I.C.; BEZERRA, P.E.L.; ARAÚJO, H.J.T. 1991. *Sistematização da geologia do estado do Amapá*. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3, 1991, Belém. Anais. Belém, SBG-Núcleo Norte, p. 322-335.

MARCHAND, C., LALLIER-VERGE`S, E., BALTZER, F., 2003. *The composition of sedimentary organic matter in relation to the dynamic features of a mangrove-fringed coast in French Guiana*. Estuar. Coast. Shelf Sci. 56,119–130.

MARCHAND, C.; BALTZER, F.; LALLIER-VERGÈS, E.; ALBÉRIC, P. 2004. *Pore-water chemistry in mangrove sediments: relationship with species composition and developmental stages (French Guiana)*. *Marine Geology*, (208): 361-381.

MARIUS, C. 1985. *Mangroves du Sénégal et de la Gambia*. *Trav. et Doc. OSRTOM* (193):357;

MCKEE, K. L. 1993. *Soil physico-chemical patterns and mangrove species distribution: Reciprocal effects?*. *Journal of Ecology*, 81: 477-487.

MENDES, A.C. 1994. *Estudo sedimentológico e estratigráfico de sedimentos holocênicos na Costa do Amapá*. 1994. 269f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém – PA.

MORGAN, J.P. 1961. *Mud lumps at the mouth of Mississipe river*. In: *Genesis and Paleontology of the Mississipe River mudlumps*. Louisiana Dept. Conservation. Geol. Bull. 35 p.

MORGAN, J. P. COLLEMAN, J. M; GAGLIANO, S. M. 1968. *Mudlumps: diapiric structures in Mississipi river delta sediments*. In: *Diapirism and Diapirs* (Eds. J. Braunstein & G.D. O'Brien). Tulsa. Mem. Am. Ass. Petrol. Geol.; 8: 115-161.

NOVELLI, Y. S.; MOLLERO, G. C. 1988. *Expedição nacional aos manguezais do Amapá - Ilha de Maracá*. São Paulo: IO/USP, 99p. (Relatório Técnico).

PAVÊ, A. 2003 *Assises de la Recherche, plateau des Guyanee*. Atelier n.1 – Ecosistèmes Côtiers.

PEJRUP, M. 1988. *The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach*. In: BOER, P. L.; VAN GELDER, A.; NIO, S. D. (Ed). *Tide-influenced sedimentary environments and facies*. D. Reidel, Dordrecht, p. 289-300.

PERES, R. N.; SERRUYA, N. M.; VIEIRA, L. S. 1974. *Levantamento exploratório de solos da Folha NA/NB.22 - Macapá*. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha NA/NB.22 - Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. S.ed.p. (Levantamento de Recursos Naturais, 6).

PINHEIRO, R. V. L. 1987. *Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará (PA)*. 1987. 164f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém – PA.

SANTOS, V. F. dos. 2006. *Ambientes costeiros amazônicos: avaliação de modificações por sensoriamento remoto*. 2006. 306p. Tese de Doutorado. Universidade Federal Fluminense - UFF. Niterói - RJ.

SHEPARD, F. P. 1954. *Nomenclature base Don sand-silt-clays rations*. Journal of Sedimentology Petrology. v.24, n.3, p. 151-158.

SILVEIRA, O. F. M. 1998. *A planície costeira do Amapá dinâmica de ambiente costeiro influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias*. 1998. 00f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica – Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.

SILVEIRA, O. F. M; SANTOS, V.F. 2006. *Aspectos Geológicos-Geomorfológicos da Região Costeira entre o Rio Amapá Grande e a Região dos Lagos do Amapá*. In: PROJETO de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO. Macapá - AP. Relatório Técnico-Científico Meio Físico.

SILVEIRA, O. F. M; SILVEIRA, O. T.; COSTA NETO, S. V. 2004. *História natural das regiões dos Lagos e Sucuriju, Amapá, Brasil*. (Relatório de Atividades).

SOUZA FILHO, P. W. M.; EL-ROBRINI, M. 2000, *Geomorphology of the Bragança coastal zone, northeastern Pará State*. Revista Brasileira de Geociências n.30: p.522 - 526.

TAKIYAMA, L.R. 2008. *Caracterização espacial dos parâmetros de qualidade de água na região do lago Piratuba e vila do Sucuriju*. In: Petrorisco Rede 05/01: Sub-Projeto no Estado do Amapá. Relatório técnico. Macapá.

Capítulo II

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS TESTEMUNHOS PRESENTES AO LONGO DO RIO SUCURIJU – CABO NORTE – AMAPÁ – BRASIL.

DIEGO DE ARRUDA **XAVIER**¹; NÚBIA CHAVES **GUERRA**¹; JOSÉ FRANCISCO **BERRÊDO**²; ODETE FÁTIMA DA **SILVEIRA**³

¹Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Oceanografia, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Abiótica; Av. Arquitetura, s/n. Cidade Universitária. CEP: 50740-550. Recife – Pernambuco – Brasil. diego.a.xavier@gmail.com; nchaves@ufpe.br

²Museu Paraense Emílio Goeldi, Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia; Av. Perimetral, 1901 – Terra Firme. CEP: 66077-530 – Belém – Pará – Brasil. berredo@museu-goeldi.br

³Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Laboratório Institucional de Oceanografia Geológica; Rua Augusto Corrêa, 01 – Guamá, CEP: 66075-110, Belém – Pará – Brasil. silveira@ufpa.br

RESUMO

A região costeira do Amapá apresenta um ambiente diferenciado para o desenvolvimento de estudos relacionados à sedimentologia por apresentar diversas peculiaridades atmosféricas e hidrodinâmicas. O rio Sucuriju está localizado no extremo leste do estado do Amapá, situado na planície costeira marinha tendo contribuição de sedimentos de origem quaternária e predominância de manguezal. O estudo tem como objetivos descrever a distribuição granulométrica dos testemunhos coletados e a hidrodinâmica da sedimentação com base nos dados granulométricos. Foram recuperados sete testemunhos, para a análise textural de Folk & Ward apresentou variação entre silte médio a areia muito fina, e Sheppard entre silte a silte arenoso. Os resultados das análises sedimentológicas nos testemunhos e ao longo do rio evidenciaram a presença de um gradiente de sedimentação influenciado pela intensidade da energia hidrodinâmica, em períodos de maior intensidade ocorrem maior transporte e incremento na porcentagem de areia e em períodos de menor intensidade maior acúmulo de sedimentos finos ao longo do rio. A análise em vertical das porcentagens de areia, silte e argila foram observadas acréscimo nas porcentagens de areia em algumas profundidades, representando os períodos de maior intensidade hidrodinâmica. Os períodos climáticos somados a intensidade hidrodinâmica são os principais fatores responsáveis pelos gradientes de sedimentação ao longo do estuário do rio Sucuriju, contribuindo em períodos de estiagem amazônica ocorre o aumento da circulação dentro do estuário, conseqüentemente aumentando o transporte e deposição das partículas arenosas, entretanto, em períodos de inverno amazônico a circulação dentro do estuário é menor ocorrendo acúmulo de sedimentos da fração fina.

Palavras chaves: sedimentos, granulometria, hidrodinâmica, testemunhos, Amapá.

ABSTRACT

The coastal region of the Amapá presents a differentiated environment for the development of studies related to the sedimentology by presenting diverse atmospheric and hydrodynamics peculiarities. Sucuriju River is located at the extreme east of Amapá state, situated at the marine coastal plain contributing to the quaternary origin sediments and predominance of mangrove. The study has as objectives to describe the grain size distribution of the cores collected and the hydrodynamics of the sedimentation based in granulometric data. Seven cores were recuperated, for the textural of Folk & Ward analysis. It presented variation between medium silt to very fine sand, and Sheppard between silt to silty sand. The results of the sedimentological analyses in the cores and along the river showed up the presence of a sedimentation gradient influenced by the intensity of hydrodynamics energy, in periods of bigger intensity occurs bigger transport and increase in the sand's percentage and in periods of smaller intensity, bigger accumulation of thin sediments along the river. The vertical analysis of sand, silt and clay's percentages were observed accretion in percentages of sand in some depths, representing the periods of bigger hydrodynamics intensity. The climatic periods added to the hydrodynamics intensity are the main responsible factors for sedimentation gradients along the Sucuriju River, contributing in Amazon drought periods occurs increase of the circulation in estuary, consequently, increasing the transport and deposition of the sand particles, however, in Amazon winter periods is low circulation within the estuary occurring accumulation of the fine size.

Keyword: sediments, grain size, hydrodynamic, cores, Amapá.

INTRODUÇÃO

O manguezal é definido como uma comunidade vegetal que se estende ao longo da zona costeira exposta aos processos transicionais dos ambientes estuarinos e lagunar, com alternância de inundações derivadas das marés em regime mixoalino (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 1989; HERZ, 1991; SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2000; KJERFVE *et al.*, 2002). E o desenvolvimento desse ambiente está relacionado com a dinâmica das águas costeiras e à salinidade em decorrência da alta descarga de água doce, neste caso, o rio Amazonas (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 1989; HERZ, 1991).

Na costa brasileira, os manguezais ocorrem desde o Amapá até Santa Catarina, margeando estuários, lagoas e enseadas costeiras (LACERDA, 1999). No Amapá toda a região costeira é tomada por mangues denominando como “costa de mangue”, nesta área as mudanças relativamente rápidas, que ocorrem na linha de costa, resultam de um complexo de fatores, alguns facilitando o recuo do mar (pequena declividade no perfil longitudinal dos vales ocupados por águas saturadas por sedimentos, represamento de águas pluviais pela maré, floclulação e colmatação da vegetação), enquanto outros ampliam a ação destrutiva das vagas (altura de maré, pororoca, tempestades violentas e corrente litorâneas) (SILVEIRA, 1972; MENDES, 1990; MENDES, 1994; SILVEIRA, 1998; COSTA NETO *et al.*, 2006). Para a região estudada Costa Neto *et al.*(2006) afirmam a presença de bosques de mangue jovens com aproximadamente 10 m, e aumentando em direção ao continente.

O estudo sedimentológico tem como objetivo mostrar as peculiaridades que o ambiente sofreu durante a sedimentação. A análise do tamanho das partículas dos sedimentos pode indicar o comportamento do agente deposicional relacionado aos respectivos níveis de energia, tornando-se essencial para o entendimento do ambiente (PETTIJOHN *et al.*, 1987; BOULHOSA, 2007). Segundo Folk & Ward (1957) o diâmetro médio das partículas é o índice de energia do meio transportador e reflete a média geral do tamanho dos sedimentos, sendo afetado pela área fonte, pela velocidade da corrente e pelos processos de deposição do sedimento, valores de média positivos indicam a predominância de finos sobre a fração grosseira e para valores de média negativos indicam predominância da fração grosseira sobre a fina (SUGUIO, 1980; DJUWANSI *et al.*, 1980; SUGUIO, 2002; BERREDO *et al.*, 2008). O grau de seleção ou tendência dos grãos se distribui em torno do valor médio e reflete a variação nas condições de transporte (SUGUIO, 1980; SUGUIO, 2002). A assimetria é indicada pelo afastamento das medidas do diâmetro médio da mediana (SUGUIO, 1980; LANDIM, 2002). As medidas de curtose refletem a dinâmica seletiva envolvida no processo de sedimentação, retratando o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência.

Para Cintrón-Molero e Schaeffer-Novelli (1983), os solos de manguezais são formados por sedimentos autóctones ou alóctones, esses ambientes em geral são de baixa energia com predomínio de acúmulo de frações finas (argila e limos). Com frequência podem atingir vários metros de profundidade sendo pobremente consolidados e semi-fluídos.

O estudo tem como objetivos descrever a distribuição granulométrica dos testemunhos coletados e com base nos resultados obtidos descrever a hidrodinâmica da sedimentação ocorrida no rio Sucuriju.

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

A Planície Costeira Amapaense apresenta características peculiares, em relação a sua posição geográfica, adjacente ao Rio Amazonas; atmosférica, influenciada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); forçantes oceânicas e amazônicas, representada pela circulação geral do oceano Atlântico (Corrente Norte Equatorial e a retroflexão da Corrente Norte Brasileira) e pelo potencial hidrodinâmico do Rio Amazonas, respectivamente. Dentre estas peculiaridades, algumas influenciam na linha de costa atual, causando grande instabilidade morfológica e ecológica (SILVEIRA, 1998; SILVEIRA E SANTOS, 2006; XAVIER, 2009).

A região costeira amapaense apresenta dinâmica de macromarés e fortes correntes e em certos locais com episódios de pororoca (rio Araguari, rio Sucuriju e Canal do Inferno) que atua sobre uma planície costeira cujo processo evolutivo tem relação intrínseca com a evolução geológica e tectônica regional. Duas regiões que sobressaem no cenário descrito; A primeira a Região dos Lagos do Amapá, mosaico de áreas rebaixadas com formas variadas e interligadas por canais de comunicação (SILVEIRA, 1998). A segunda região se refere à área costeira entre o rio Amapá Grande a foz do rio Araguari, tendo ação direta da ação das marés e correntes costeiras, região de baixo gradiente submetida ao regime de macromarés semi-diurna, com fortes correntes de maré e ventos alísios. Sua linha de costa é bordejada por manguezais, tanto na porção continental quanto insular. Em sua porção continental apresenta terraços de abrasão, barras arenosas e megaripple marks, nesta região as modificações do meio físico estão relacionadas à ação natural (MENDES, 1994; SILVEIRA, 1998; SILVEIRA *et al.*, 2004; SILVEIRA e SANTOS, 2006).

O Distrito de Sucuriju está localizado na região do Cabo Norte no extremo leste do Estado do Amapá, entre os paralelos 01°39'49"N e 49°55'43"W. Possui área de 16.700 ha, localizada na margem direita do rio Sucuriju próximo a sua foz e encontra-se 220 km da capital do Estado. (SILVEIRA 1998; SILVEIRA *et al.*, 2004) (Figura 9). A cobertura vegetal é caracterizada por sete tipos de bosques de manguezal, que sofrem influência da topografia e dos períodos de inundação, e na foz do rio ocorrem bosques

mistos, drenados por canais de maré com sedimentos recentes, denominados pelos gêneros *Rhizophora sp.* e *Avicennia sp.* (COSTA NETO *et al.*, 2006).

O padrão climático da região apresenta altos índices térmicos e em toda a sua extensão apresenta-se do tipo megatérmico, caracterizado por temperaturas elevadas ao longo do ano com médias oscilando entre 26°C a 28°C. Apresenta duas estações: a estação chuvosa que ocorre entre os meses de janeiro a julho com aproximadamente 70% do total anual do índice pluviométrico e a estação seca que ocorre nos meses de agosto a dezembro com precipitações variando entre 100 a 550 mm (PERES *et al.*, 1974; BEZERRA *et al.*, 1990)

Em termos geológicos é composta por duas unidades: O Terciário caracterizado pelo Grupo Barreiras, que apresenta sedimentos argilosos a areno-argilosos com aspecto mosqueado e coloração amarelo-avermelhado a colorações avermelhadas. E o Quaternário composto por quatro grupos, os Depósitos de Planícies Flúvio-Estuarina; Depósitos de Planície Flúvio-Estuarina 2; Depósitos de Planícies Flúvio-Estuarina e Flúvio-Marinha; Depósitos Lacustres (SILVEIRA, 1998).

Em estudos geomorfológicos no Amapá, Boaventura & Narita (1974) identificaram cinco compartimentos morfoestruturais, essas unidades compreendem os Planaltos Residuais do Amapá, Planalto Rebaixado da Amazônia, Colinas do Amapá, Depressão Periférica do Norte do Pará e Planície Flúvio-Marinha Macapá-Oiapoque. Lima *et al.* (1991) definiram uma nova classificação também com cinco unidades representadas pela Planície Costeira do Amapá, Planalto Rebaixado da Amazônia, Planalto da Bacia da Amazônia, Planalto Dissecado Jari-Araguari e Planalto Dissecado do Norte do Amapá.

Silveira (2002) para as áreas de entorno da Reserva Biológica do Lago Piratuba identificou seis unidades geomorfológicas que são as Planícies Flúvio-Marinha, Planícies Flúvio-Estuarina, Planícies Fluviais, Planícies Fluviais Antigas (A), Planícies Fluviais Antigas e os Tabuleiros Costeiros.

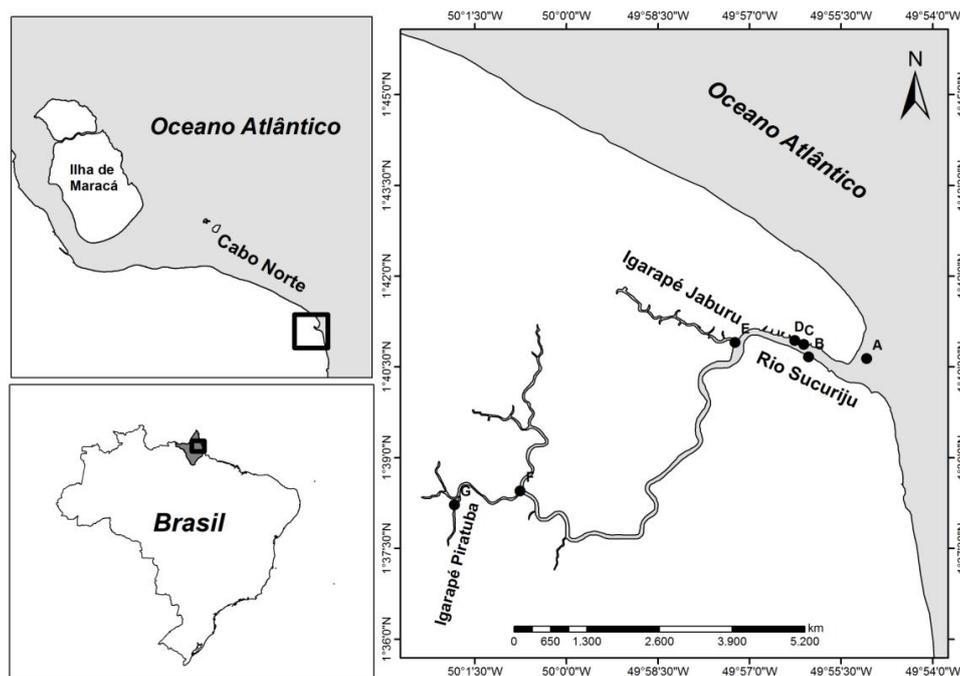


FIGURA 9: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E LOCALIZAÇÃO DOS TESTEMUNHOS RECUPERADOS NA ETAPA DE CAMPO.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostragens foram realizadas em dezembro/2006, período de estiagem na região, utilizando-se amostrador pontual por vibração (vibracore) em pontos pré-definidos ao longo do rio, totalizando sete testemunhos, variando entre diferentes profundidades (Tabela 2).

TABELA 2: PONTOS, LONGITUDE, LATITUDE E PROFUNDIDADE DE CADA TESTEMUNHO COLETADO.

Pontos	Código	Latitude (N)	Longitude (W)	Recuperado (cm)
F02	A	1,677319	-49,917947	368
F01	B	1,677783	-49,933811	426
PC-19	C	1,681267	-49,935150	134
PC-17	D	1,682360	-49,937555	126
PC-JABURU	E	1,681808	-49,933277	81
URUBU	F	1,640919	-50,012556	330
IG. PIRATUBA	G	1,637093	-50,030511	230

Em laboratório os tubos foram seccionados longitudinalmente e sub-amostrados obedecendo às diferenças de fácies observadas. Em seguida, o sedimento sub-amostrados foram lavados para a retirada do sal (WENTWORTH, 1922; SUGUIO, 1980) e a eliminação do material orgânico presente no sedimento obedeceu a metodologia de calcinação descrita por Byers *et al.* (1978). À quantificação das porcentagens granulométrica utilizou-se o granulômetro a laser ANALYSETTE 22 MICRO TEC PLUS com intervalo de leitura de 0,08 μm a 2000,00 μm . A partir dos dados obtidos foram realizadas as análises textural de Folk e Ward (1957), classificação de Shepard

(1954) e Pejrup (1988) através de software Sysgran. Para a obtenção dos dados de altimetria foi utilizado uma imagem SRTM da região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 10 apresenta a classificação litológica ao longo dos testemunhos recuperados do rio Sucuriçu.

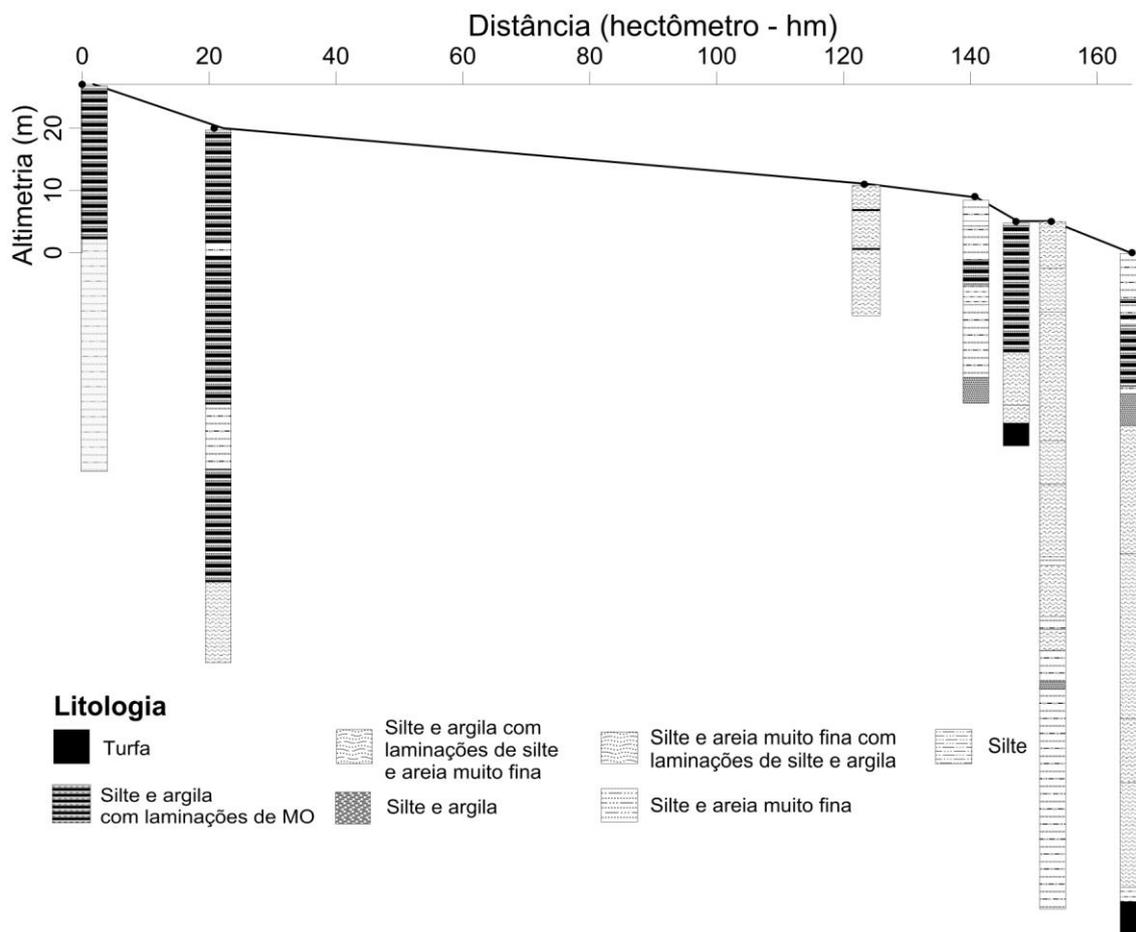


FIGURA 10: CLASSIFICAÇÃO LITOLÓGICA DOS TESTEMUNHOS RECUPERADOS NO RIO SUCURIJU.

O testemunho A, para a classificação de Folk e Ward (1957) o diâmetro médio do sedimento variando entre silte médio a areia muito fina, com predominância de silte médio. Grau de seleção variando de muito pobremente selecionado a pobremente selecionado, assimetria positiva e curtose variando de platicúrtica a leptocúrtica (Tabela 3 e Figura 10).

TABELA 3: ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO TESTEMUNHO A. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SAR – SILTE ARENOSO, S – SILTE, AS – AREIA SÍLTICA.

Testemunho A	D.M (φ)	G.S	Assim.	Curt.	% Ar	%Sil	%Arg	%M.O	Shepard
017-025 (A1)	5,26	1,77	0,27	0,86	25,72	64,63	9,65	7,00	Sar
092-107 (A2)	4,88	2,32	0,10	0,78	37,55	50,45	12	9,50	Sar
114-125 (A3)	5,95	1,65	0,13	0,90	9,49	76,98	13,52	7,00	S
152-165 (A4)	5,54	1,70	0,15	0,92	18,22	71,55	10,22	8,00	Sar
173-184 (A5)	4,94	1,59	0,25	1,03	29,18	64,65	6,17	4,00	Sar
246-258(A6)	3,63	1,52	0,22	1,32	24,24	67,02	8,74	4,00	As
282-298 (A7)	5,17	1,66	0,26	0,98	22,55	68,46	8,993	4,50	Sar
327-337 (A8)	5,34	1,72	0,17	0,91	46,94	39,67	13,39	2,00	Sar
343-352 (A9)	4,72	2,40	0,25	0,80	25,72	64,63	9,65	5,50	As

Para o testemunho B a análise textural de Folk e Ward (*op cit.*) apresenta variação para o diâmetro médio entre silte médio a silte grosso, com predominância de silte grosso. O Grau de seleção é muito pobremente selecionado a pobremente selecionado, assimetria positiva a muito positiva e curtose variando de platicúrtica a leptocúrtica (Tabela 4 e Figura 12).

TABELA 4: ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO TESTEMUNHO B. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SAR – SILTE ARENOSO, S – SILTE.

Testemunho B	D.M (φ)	G.S	Assim.	Curt.	% Ar	%Sil	%Arg	%M.O	Shepard
010 (B1)	4,81	2,28	0,05	0,81	37,45	52,83	9,72	9,00	Sar
020 (B2)	5,48	1,55	0,17	0,97	15,78	76,20	8,02	5,00	S
040 (B3)	5,00	1,47	0,25	1,13	23,11	71,41	5,48	3,00	Sar
055 (B4)	4,70	1,29	0,24	1,17	27,46	68,63	3,91	2,00	Sar
076 (B5)	5,25	1,61	0,21	0,99	21,04	71,11	7,85	6,00	Sar
090 (B6)	5,32	1,44	0,20	1,07	15,61	78,35	6,04	5,06	S
115 (B7)	4,74	2,09	0,32	0,95	44,31	44,83	10,86	5,50	Sar
140 (B8)	4,81	1,45	0,30	1,10	29,34	65,71	4,95	5,00	Sar
158 (B9)	5,58	1,54	0,17	0,98	12,76	78,60	8,64	6,00	S
170 (B10)	4,88	1,47	0,26	1,14	26,52	67,89	5,60	4,00	Sar
190 (B11)	5,07	1,50	0,25	1,11	22,07	72,02	5,91	4,00	Sar
207 (B12)	4,92	1,68	0,22	1,05	30,89	62,53	6,58	6,00	Sar
230 (B13)	4,98	2,02	0,29	0,90	37,92	50,98	11,10	6,70	Sar
245 (B14)	5,45	1,70	0,20	0,93	19,39	70,48	10,13	4,00	Sar
270 (B15)	4,51	1,13	0,23	1,39	30,22	66,92	2,86	3,00	Sar
290 (B16)	4,47	1,10	0,21	1,28	32,43	64,98	2,59	5,00	Sar
305 (B17)	4,37	1,14	0,24	1,16	39,81	57,80	2,39	4,50	Sar
314 (B18)	4,48	1,23	0,26	1,22	35,95	60,93	3,12	4,00	Sar
320 (B19)	4,69	1,29	0,24	1,18	27,51	68,52	3,97	5,00	Sar

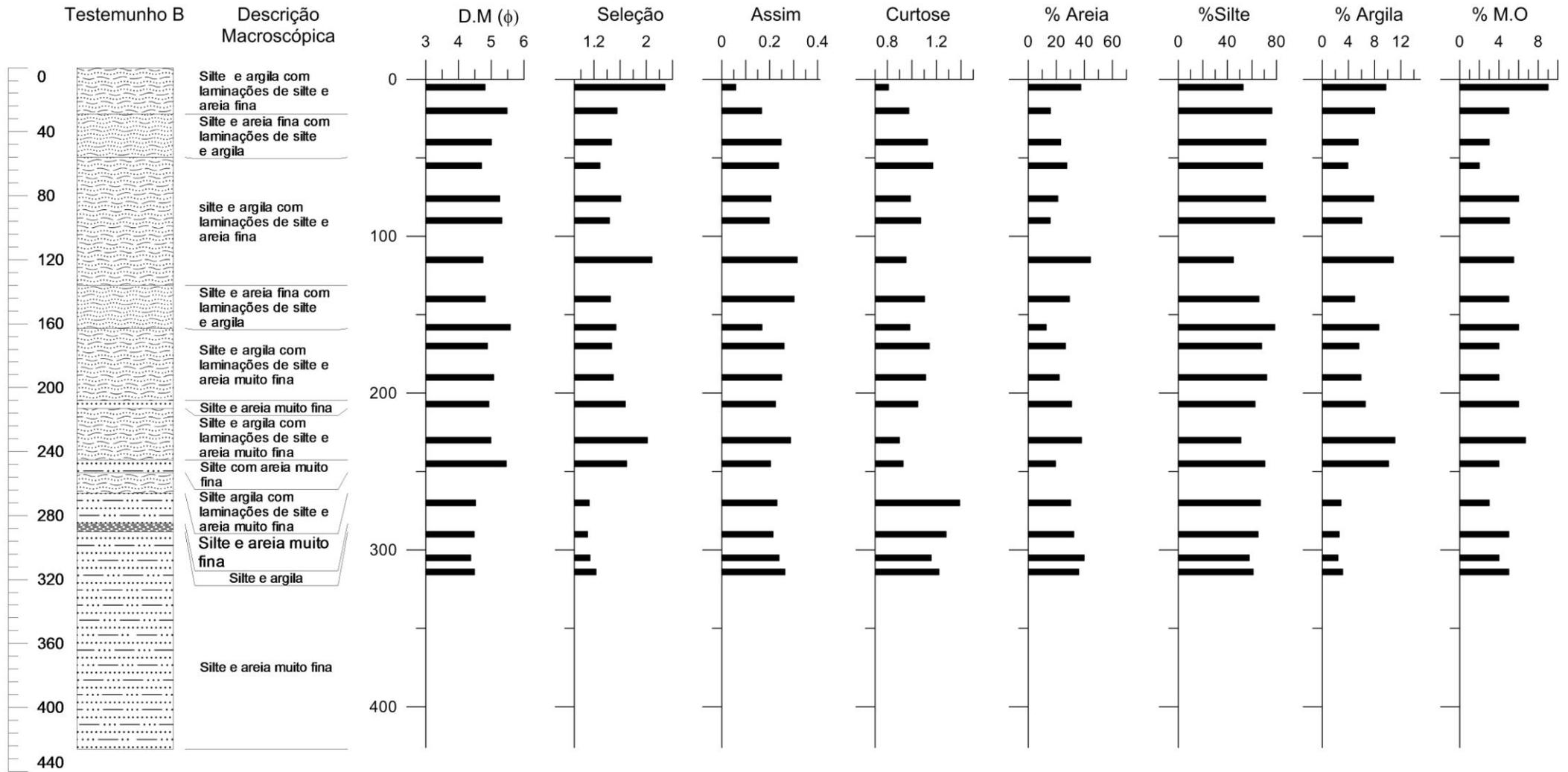


FIGURA 12: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO B

O testemunho C (Tabela 5) apresentou os seguintes diâmetros médios (FOLK E WARD, *op cit.*) silte médio a areia muito fina, com o predomínio de silte grosso. O Grau de seleção é muito pobremente selecionado a pobremente selecionado, assimetria positiva e curtose variando de platicúrtica a leptocúrtica (Figura 13).

TABELA 5: ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO TESTEMUNHO C. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SARG – SILTE ARGILOSO, SAR – SILTE ARENOSO, AS – AREIA SÍLTICA

Testemunho C	D.M (φ)	G.S	Assim.	Curt.	% Ar	%Sil	%Arg	%M.O	Shepard
002-006 (C1)	5,90	1,69	0,12	0,86	11,66	75,20	13,14	8,00	Sar
020-026 (C2)	4,58	1,94	0,25	0,97	43,82	49,14	7,05	5,50	Sar
038-043 (C3)	3,55	1,59	0,20	1,16	66,45	31,10	2,45	5,00	As
057-064 (C4)	3,65	1,31	0,19	1,22	65,65	32,77	1,58	3,50	As
078-084 (C5)	4,08	1,67	0,26	1,07	52,30	44,37	3,33	6,00	As
084-092 (C6)	4,32	1,82	0,25	1,00	47,62	47,50	4,89	5,00	As
112-118 (C7)	4,96	2,16	0,41	0,93	44,58	40,77	14,65	31,19	As

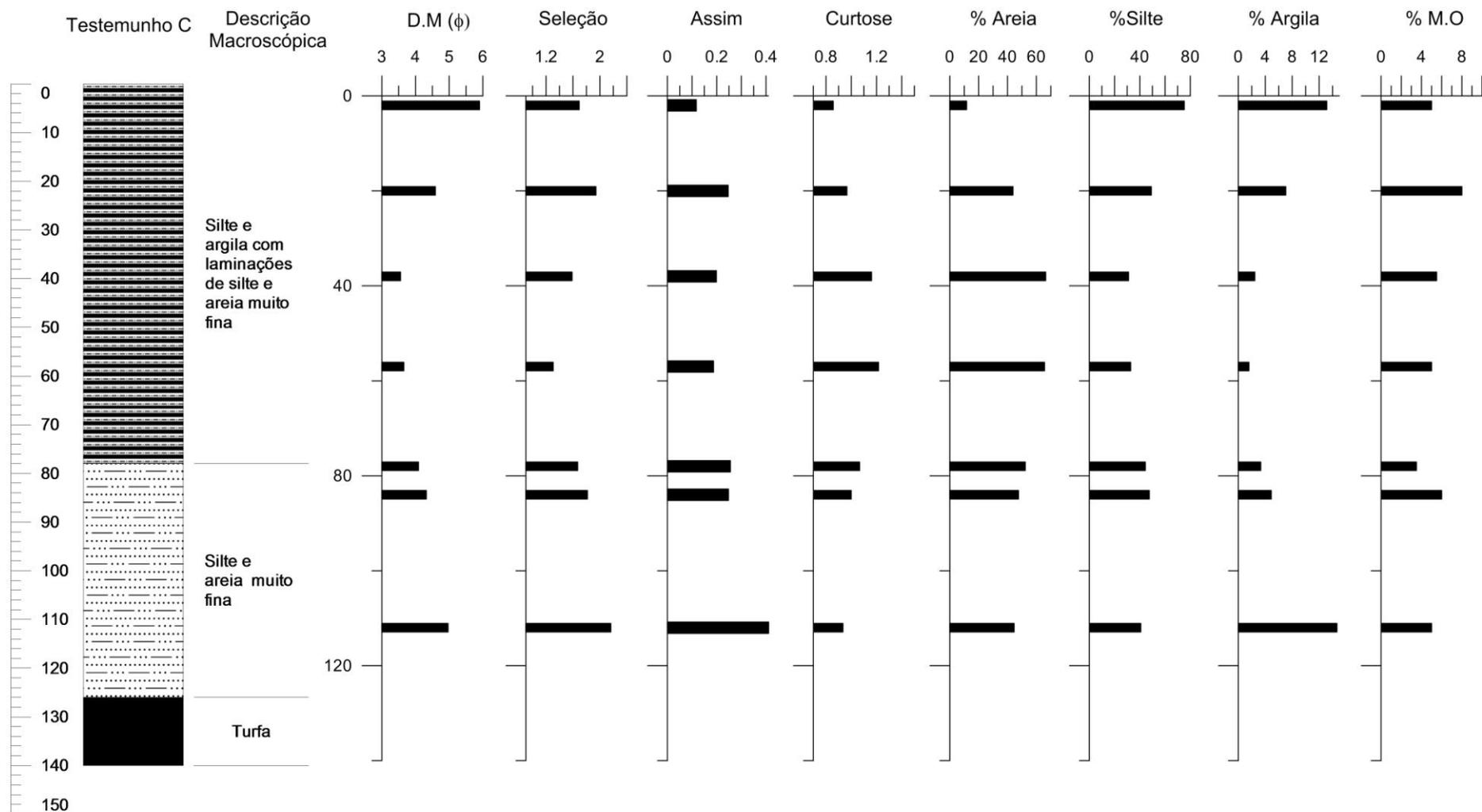


FIGURA 13: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO C.

Os dados granulométricos obtidos para o testemunho D (Tabela 6) apresentaram valores de diâmetros médios variando de silte grosso a areia muito fina, com predomínio de silte grosso. Grau de seleção de muito pobremente selecionado a pobremente selecionado, assimetria positiva e curtose apresentando variação de mesocúrtica e a leptocúrtica (Figura 14).

TABELA 6: ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS GRANULOMÉTRICOS DO TESTEMUNHO D. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SAR – SILTE ARENOSO, AS – AREIA SÍLTICA.

Testemunho D	D.M (ϕ)	G.S	Assim	Curt.	% Ar	%Sil	%Arg	%M.O	Shepard
000-005 (D1)	4,57	1,71	0,28	1,14	42,10	52,45	5,45	6,00	Sar
017-019 (D2)	4,92	1,89	0,20	0,97	33,94	57,54	8,52	6,50	Sar
055-063 (D3)	4,18	1,56	0,24	1,27	49,42	46,68	3,90	4,50	As
082-087 (D4)	3,65	0,99	0,06	1,03	65,65	34,20	0,15	3,50	As
099-107 (D5)	4,35	1,78	0,39	1,35	51,20	40,14	8,66	4,00	As
124-127 (D6)	4,59	1,99	0,30	1,15	45,90	44,37	9,73	6,00	As

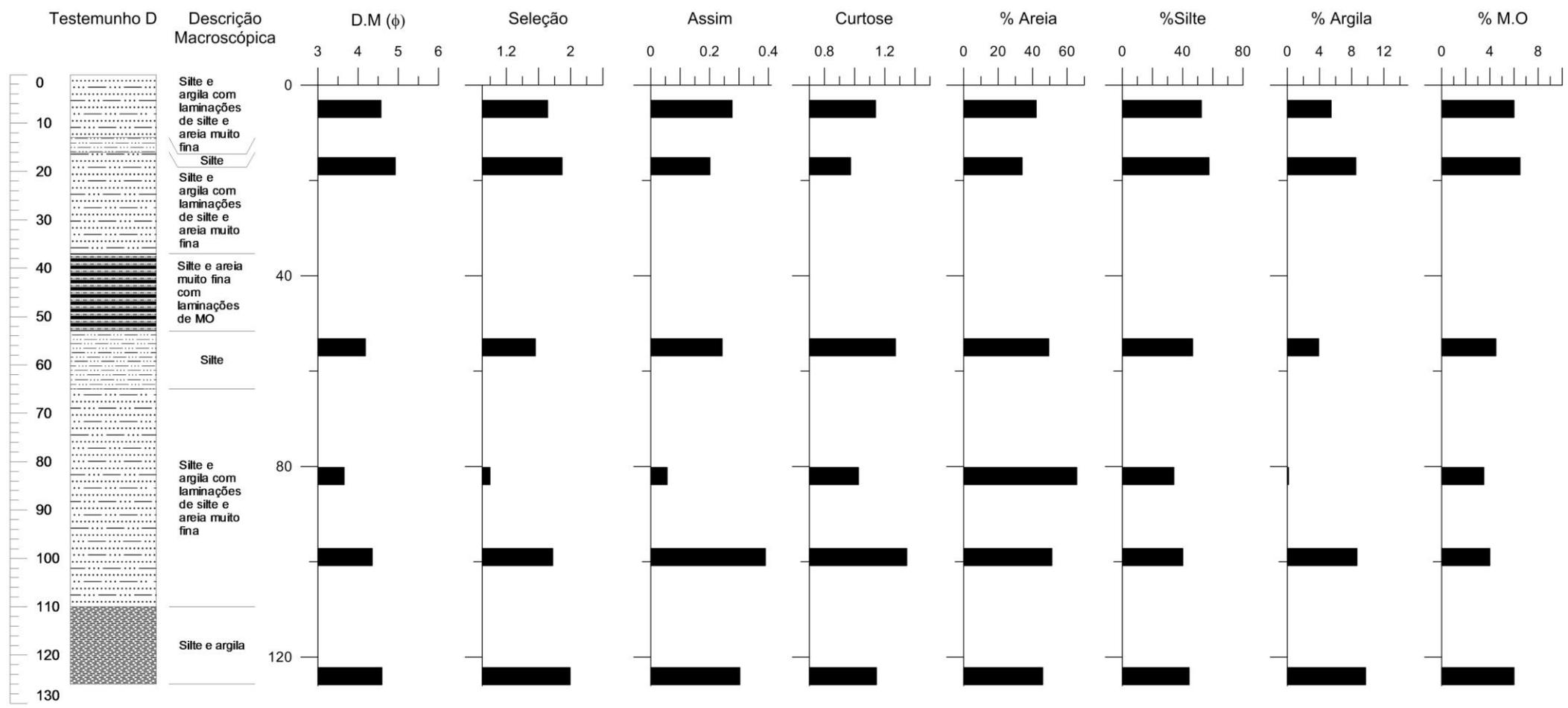


FIGURA 14: DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO D.

O testemunho E (Tabela 7) não apresenta muitas variações comparando com os demais testemunhos, apresentando granudecrescência ascendente, apresentando valores médios variando de silte médio a silte grosso. Grau de seleção de muito pobremente selecionado a pobremente selecionado, assimetria positiva e curtose variando entre platicúrtica a leptocúrtica (Figura 16).

TABELA 7: ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO TESTEMUNHO E. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SAR – SILTE ARENOSO.

Testemunho E	D.M (ϕ)	G.S	Assim.	Curt.	% Ar	%Sil	%Arg	%M.O	Shepard
08-11(E1)	5,45	2,01	0,18	0,87	24,35	61,85	13,80	8,50	Sar
24-29(E2)	5,03	1,54	0,25	1,09	24,60	69,08	6,32	9,00	Sar
57-63(E3)	4,86	1,42	0,24	1,12	26,10	69,15	4,75	6,00	Sar
73-80(E4)	4,49	1,64	0,28	1,16	44,49	51,44	4,07	8,00	Sar

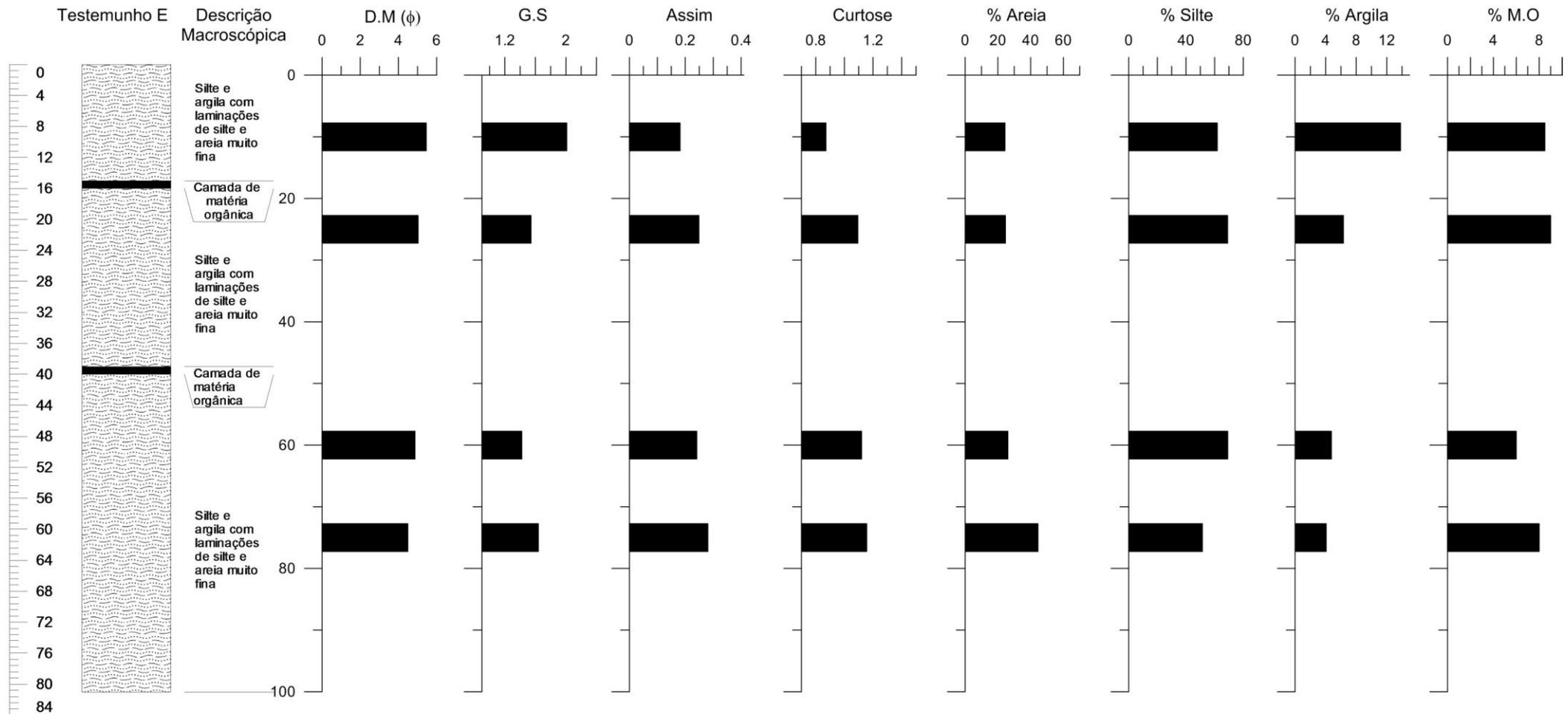


FIGURA 15: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO E.

Para o testemunho F (Tabela 8) os resultados granulométricos apresentaram diâmetro médio variando entre silte médio a silte grosso, com predominância de silte grosso. A seleção variando de muito pobremente selecionado a pobremente selecionado, assimetria varia entre positiva a muito positiva e a curtose entre platicúrtica a leptocúrtica, de acordo com Folk e Ward (*op. cit.*) (Figura 17).

TABELA 8: ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO TESTEMUNHO F. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SAR – SILTE ARENOSO, AS – AREIA SÍLTICA.

Testemunho F	D.M (ϕ)	G.S	Assim.	Curt.	% Ar	%Sil	%Arg	%M.O	Shepard
010 - 020 (F1)	4,77	1,74	0,23	1,14	34,10	59,27	6,63	4,49	Sar
030 - 040 (F2)	4,71	1,88	0,20	0,96	38,25	55,26	6,49	7,50	Sar
058 - 064 (F3)	4,76	2,01	0,23	0,90	39,00	52,04	8,96	7,00	Sar
111 - 118 (F4)	4,25	1,97	0,35	1,16	54,12	37,47	8,41	5,00	As
124 - 128 (F5)	4,51	1,91	0,29	1,16	45,12	46,54	8,33	5,00	Sar
175 - 185 (F6)	4,80	1,91	0,28	0,99	39,34	51,63	9,03	5,50	Sar
220 - 222 (F8)	5,18	1,74	0,22	0,96	24,67	67,24	8,09	6,00	Sar
320 - 322 (F9)	4,86	2,03	0,23	0,85	39,70	51,50	8,80	7,00	Sar

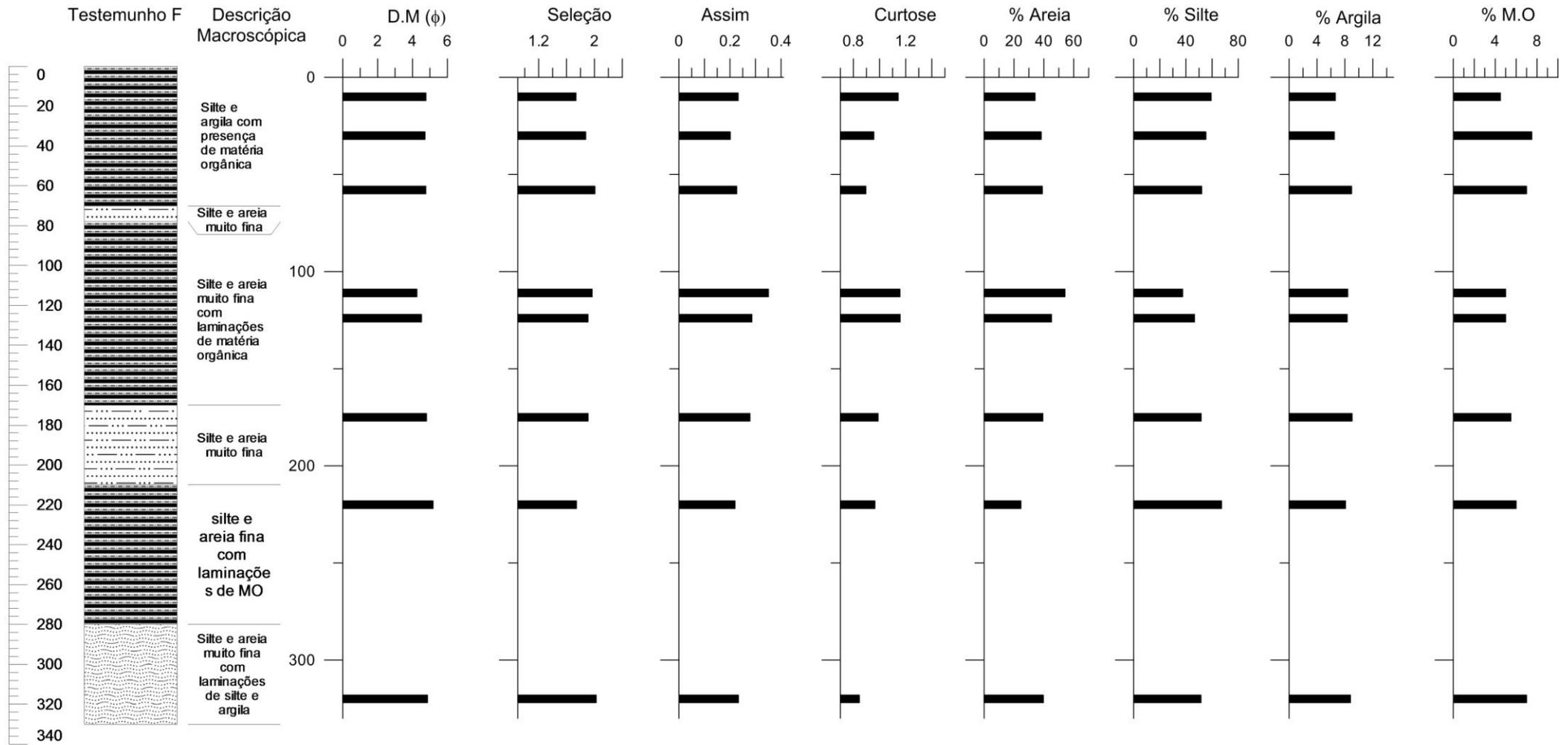


FIGURA 16: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO F.

Os dados de diâmetro médios obtidos para o testemunho G (Tabela 9) variaram de silte médio a areia muito fina. Grau de seleção de muito pobremente selecionado a pobremente selecionado, assimetria positiva a muito positiva, e curtose apresentando variação de platicúrtica a leptocúrtica (Figura 17).

TABELA 9: ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO TESTEMUNHO G. DIÂMETRO MÉDIO (D.M), GRAU DE SELEÇÃO (G.S), ASSIMETRIA (ASSIM.), CURTOSE (CURT.), % AREIA (%AR), % SILTE (%SIL), % ARGILA (%ARG), % MATÉRIA ORGÂNICA (%M.O); SHEPARD: SA – SILTE ARENOSO, AS – AREIA SÍLTICA, S – SILTE.

Testemunho G	D.M (φ)	G.S	Assim.	Curt.	% Ar	%Sil	%Arg	%M.O	Shepard
00 - 16 (G1)	5,75	1,73	0,21	0,86	14,47	72,33	13,20	10,99	S
10 - 23 (G2)	5,70	1,60	0,22	0,94	10,89	78,22	10,89	11,00	S
37 - 42 (G3)	4,42	1,60	0,28	1,19	45,17	50,60	4,23	4,00	Sar
44 - 62 (G4)	5,76	1,68	0,22	0,90	11,97	75,34	12,69	13,99	Sar
73 - 90 (G5)	5,21	2,09	0,20	0,87	29,59	57,45	12,96	8,50	Sar
105 - 124 (G6)	3,91	1,34	0,20	1,26	57,13	41,04	1,83	7,00	As
141 - 157 (G7)	4,84	1,96	0,26	0,96	38,14	52,09	9,77	6,00	Sar
176 - 182 (G8)	4,12	1,65	0,16	1,17	48,92	47,76	3,31	7,50	Sar
200 - 215 (G9)	4,32	1,70	0,33	1,48	49,09	43,37	7,53	5,00	Sar

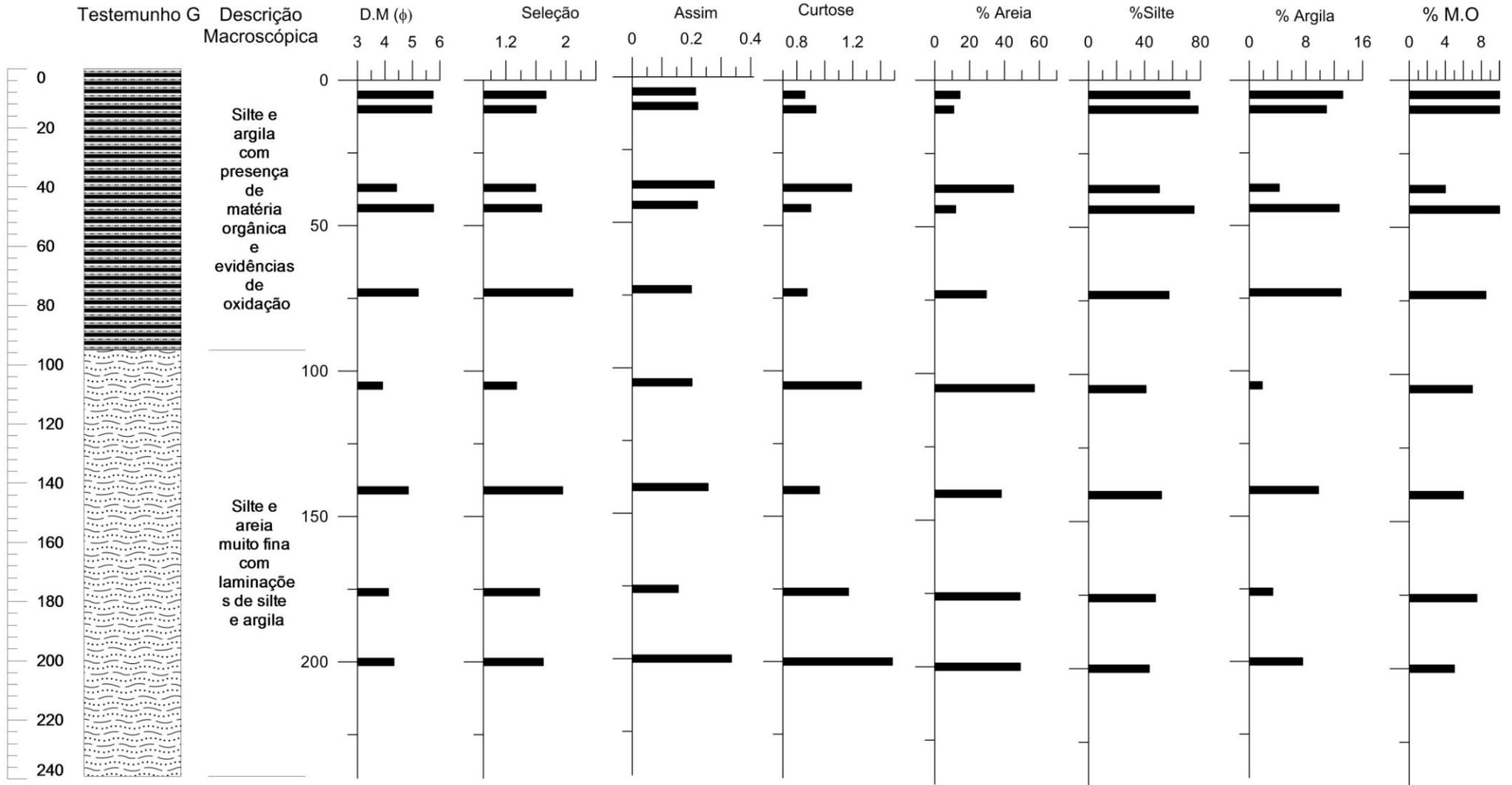


FIGURA 17: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS PARA O TESTEMUNHO G.

Em geral o grau de seleção variou entre 0,99 a 2,40, característico de sedimentos moderadamente selecionados a muito pobremente selecionados. A energia hidrodinâmica no rio Sucuriju é o principal fator no condicionamento do grau de seleção verificado na distribuição das partículas, além da vegetação de *Rhizophora sp.* por apresentar raízes com estruturas que induzem a redução do fluxo de água na interface sedimento-água, permitindo o acúmulo de material fino (FURUKAWA *et al.*, 1997; MARCHAND *et al.*, 2004; BERREDO *et al.*, 2008).

Os valores de assimetria variaram de 0,41 a 0,05, classificados como aproximadamente simétricos a muito positivos; a assimetria positiva dos sedimentos do rio Sucuriju indica baixa energia envolvida na deposição dos sedimentos e explicam o mal selecionamento das amostras dos testemunhos (FOLK & WARD, 1957; DUANE, 1964; SUGUIO, 1980). Os valores de curtose variaram entre 1,48 a 0,84, classificando os sedimentos do rio Sucuriju como mesocúrticos a leptocúrticos. Conforme a análise de Folk e Ward (*op. cit.*) os sedimentos dos testemunhos variaram entre silte médio a areia muito fina, para a classificação de Shepard (1954) os sedimentos para os mesmos testemunhos variam entre silte a areia siltica (Figura 16). A predominância sedimentar indica a resposta da energia hidrodinâmica durante a deposição. A alta intensidade hidrodinâmica é registrada através da predominância de areia muito fina em alguns testemunhos (SUGUIO, *op. cit.*).

Os resultados das análises de Folk e Ward (*op. cit.*) e Shepard (*op. cit.*) para o rio Sucuriju corroboraram os trabalhos de Mendes (1990; 1994), Silveira (1998), Silveira (2002), Silveira e Santos (2006), Santos (2008), Gomes (2008), Bosnic (2008), Reis *et al.* (2011) e Souza (2011) realizados na planície costeira do Amapá, e mostram o predomínio de sedimento siltico-arenosos durante a deposição Holocênica na região.

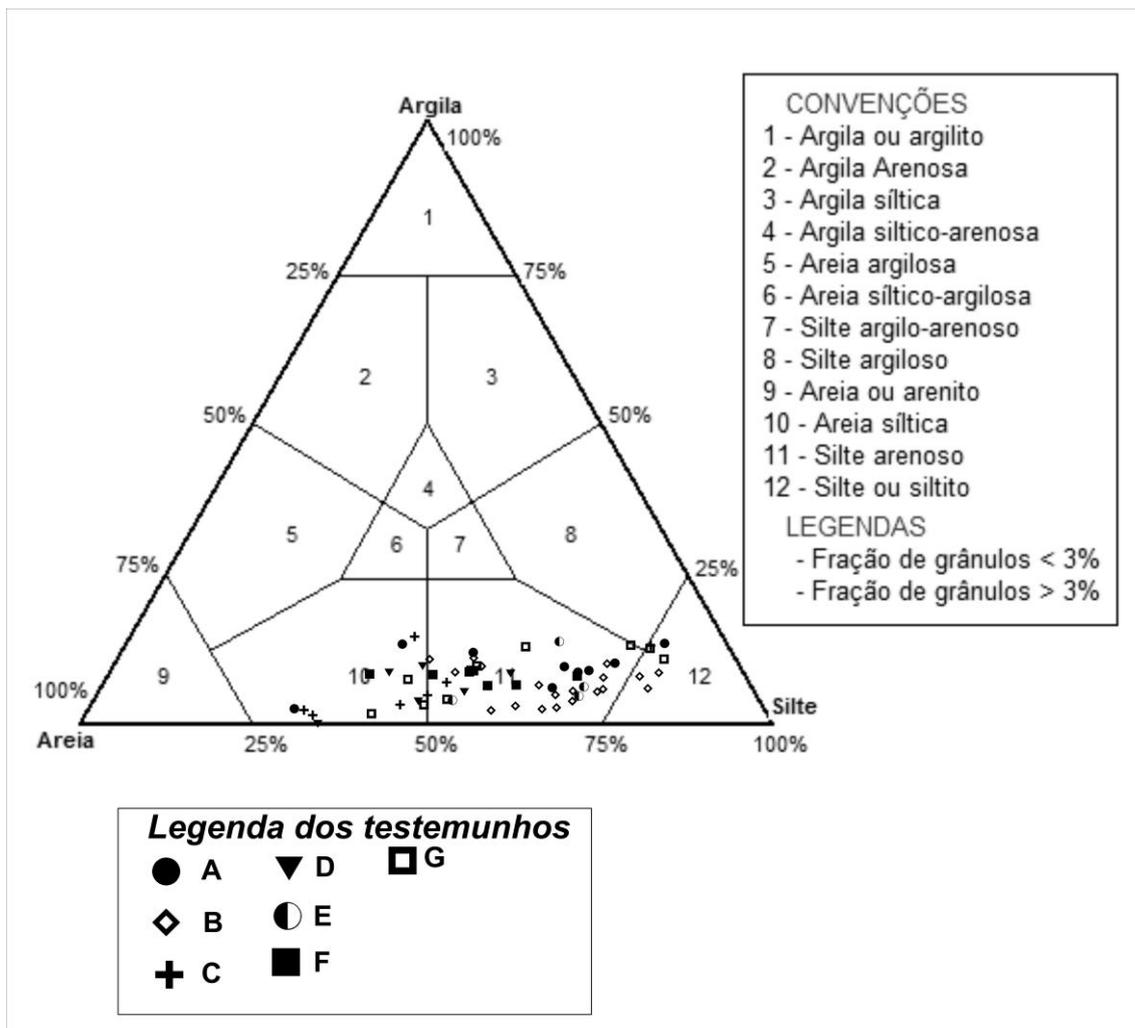


FIGURA 18: DIAGRAMA DE SHEPARD (1954) PARA TODOS OS TESTEMUNHOS.

De acordo com os resultados apresentados para a região do Cabo Norte, as amplitudes de maré e as intensas correntes geram fortes processos de sedimentação e erosão (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 1989; ALLISON *et al.*, 1990; FARIAS JR *et al.*, 1990; MENDES, 1990. NITROUER *et al.*, 1991; MENDES, 1994; SILVEIRA, 1998).

As variações da predominância sedimentar ao longo dos testemunhos respondem à intensidade da energia hidrodinâmica diretamente acopladas ao padrão climático (SILVEIRA, 1998; SANTOS, 2006). Em períodos de inverno amazônico apresentam valores elevados nos índices pluviométricos aumentando a vazão e diminuindo a hidrodinâmica da calha do rio, ocorrendo maior acúmulo de sedimentos finos oriundos do lago Piratuba e das margens durante a sedimentação. Em períodos de seca amazônica apresentam menores valores nos índices pluviométricos diminuindo a vazão e aumentando a hidrodinâmica, facilitando o acréscimo na porcentagem de areia durante a sedimentação (SILVEIRA, 1998, SILVEIRA E SANTOS, 2002; SANTOS, 2006; TAKIYAMA, 2008).

Os pontos A, C, D e G apresentaram acréscimos nas porcentagens de areia ao longo dos testemunhos, essa contribuição clástica apresentam maior frequência em períodos de estiagem, quando a descarga fluvial é menor. O que favorece a influência de águas oceânicas, carreando maior porcentagem de sedimentos clásticos para dentro do estuário (Figura 19) (ALLISSON *et al.*, 1990; MENDES, 1990; MENDES, 1994; SILVEIRA, 1998; SILVEIRA E SANTOS, 2006; SANTOS, 2006).

De acordo com Silveira (1998) e Dias (2003) o Lago Piratuba tinha conexão direta com o oceano atlântico e atualmente encontra-se a aproximadamente a 22 km distantes em linha reta da linha de costa atual. Por meio dos dados obtidos através do estudo dos testemunhos ao longo do rio pode-se observar os registros de progradação da linha de costa. Pela descrição macroscópica do testemunho G fica evidente a diferenciação no padrão de sedimentação neste ponto. No intervalo entre 95 cm a 239 cm do testemunho G, a camada sedimentar apresenta registro de sedimento do tipo silte e areia muito fina com laminações de silte e argila, estruturas típicas de ambientes influenciados por maré. Por um determinado evento geológico o padrão de sedimentação foi alterado, ocasionando a diminuição na energia hidrodinâmica facilitando a deposição de sedimentos finos e material orgânico (intervalo de 0 cm a 95 cm), ambiente deposicional típico de baixa energia hidrodinâmica (*vide* Figura 17).

Após a progradação da linha de costa na região do Sucuriju, a posição geográfica e a geomorfologia local, pela distribuição dos pontos ao longo do rio e pela configuração sinuosa do rio respectivamente, são os principais fatores no padrão de sedimentação atual ocorrendo uma zonação no padrão de sedimentação. Os testemunhos E, F e G por estar localizados na porção mais interna sofrem com menor hidrodinâmica e maior influência continental, apresentando maior porcentagem em sedimentos da fração fina (silte e argila). Para os testemunhos A, B, C e D localizados nas proximidades da foz sofrem com maior hidrodinâmica e maior influência marinha, comprovados pelos aumentos nos pulsos na porcentagem de areia (Figura 19).

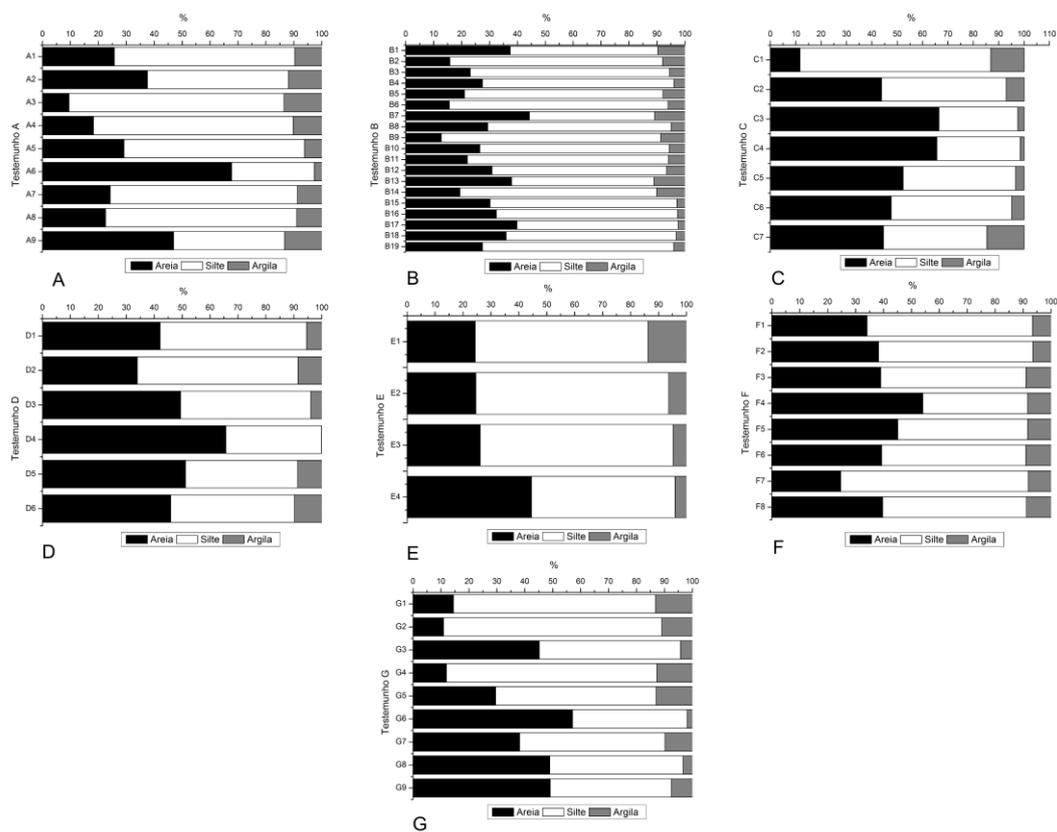


FIGURA 19: GRÁFICO DE PORCENTAGENS DE AREIA, SILTE E ARGILA EM RELAÇÃO A PROFUNDIDADE DOS TESTEMUNHOS A, B, C, D, E, F E G (PORCENTAGEM DE AREIA EM PRETO, SILTE EM BRANCO E ARGILA EM CINZA).

Pela classificação de Pejrup (1988) o ambiente de sedimentação está submetido a influência de energia hidrodinâmica alta a muito alta. No caso do rio Sucuriju o fator determinante foram as porcentagens de areia e silte, conforme representado na figura 17, baixas porcentagens argila demonstrando pequena influência continental na classificação de Pejrup (*op.cit.*) o que, na verdade, não é observado de acordo com os demais parâmetros, mostrando uma grande influência continental para a área como um todo. A intensidade hidrodinâmica observada pelo diagrama triangular de Pejrup (*op. cit.*) durante o período de deposição desses sedimentos, ocorria o predomínio de alta hidrodinâmica, justificando os maiores valores nas porcentagens de silte e areia. (REINEICK E SINGH, 1980; READING, 1986; SUGUIO, 2002; NICHOLS, 2009) (Figura 20).

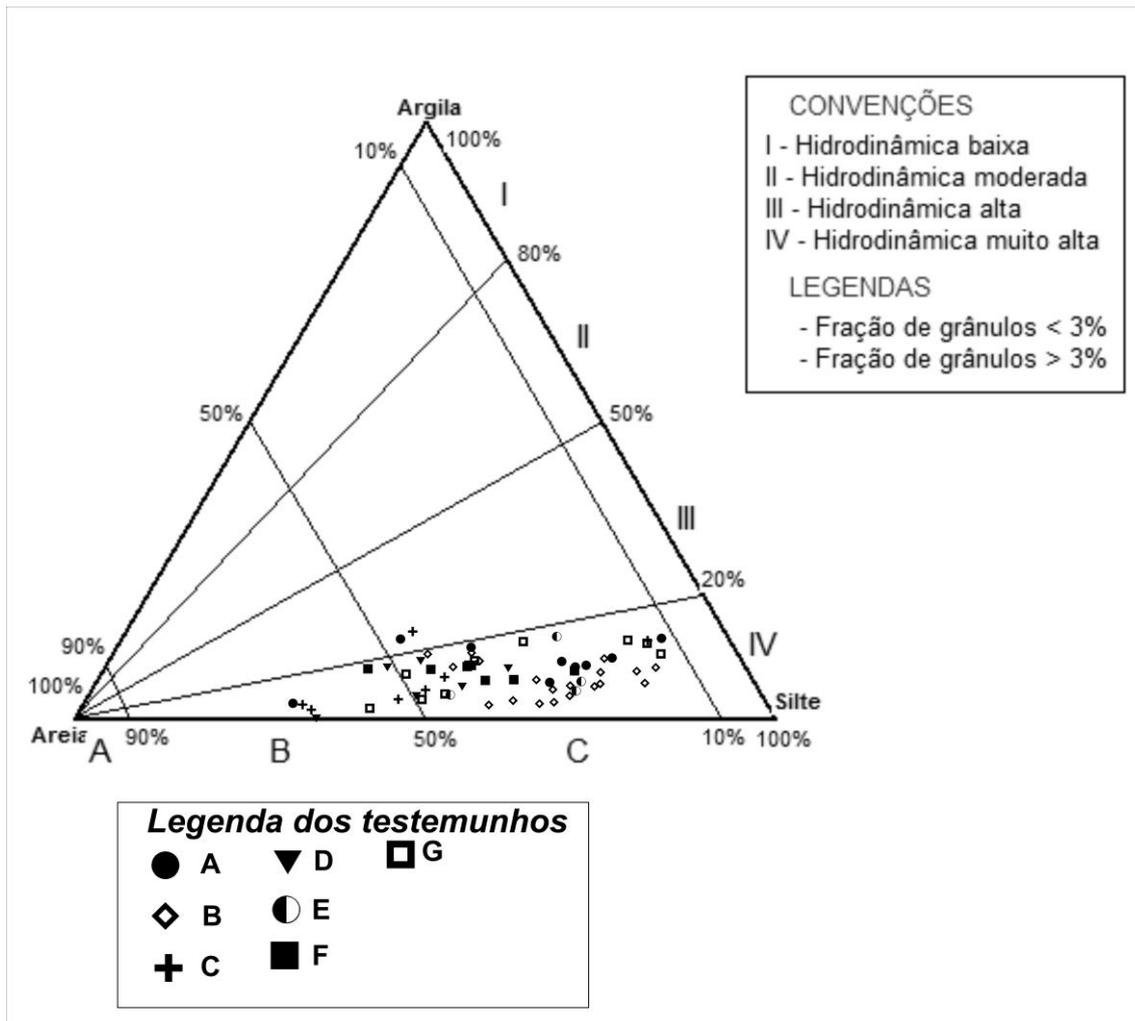


FIGURA 20: DIAGRAMA DE PEJRUP (1988) PARA TODAS AS SUBAMOSTRAGENS DOS TESTEMUNHOS RECUPERADOS.

CONCLUSÃO

Os resultados sedimentológicos obtidos para o rio Sucuriçu caracterizam a área como altamente dinâmica sofrendo influências de várias forçantes como a amazônica, atmosférica e oceânica, fatores atuam diretamente na modificação da linha de costa do Estado e na sedimentação. A intensidade hidrodinâmica somada com o período climático são os principais fatores que contribuem na sedimentação local, em períodos de menor pluviosidade a vazão do rio diminui e facilita a maior circulação carreando em maior quantidade sedimentos arenosos, em períodos de maior pluviosidade ocorre a predominância da fração fina durante a sedimentação. A progradação da linha de costa foi confirmada através dos relatos dos moradores locais e do testemunho próximo ao lago observado pelo registro da diminuição na energia hidrodinâmica ocorrendo a transição da deposição influenciada por maré para deposição tipo lacustre. Pela posição geográfica dos pontos e a forma sinuosa do rio Sucuriçu os pontos mais internos (E, F e G) encontram-se na porção mais continental apresentam menor intensidade hidrodinâmica facilitando a deposição de sedimento de fração fina (silte e argila) e os pontos mais próximos da foz (A, B, C e D) apresentam maior influência marinha apresentando maior hidrodinâmica e maior porcentagem de areia na sedimentação.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, ao Museu Paraense Emílio Goeldi, ao Laboratório Institucional de Oceanografia Geológica pertencente a Universidade Federal do Pará e ao Projeto Subsídio ao Plano de Manejo da Rebio Piratuba (IBAMA/IEPA/UFPa) e ao Projeto Amasis.

REFERÊNCIAS

ALLISON, M. A; NITTRouer, C. A; RINE, J. M; KUEHL, S. A; SEGALL, M. P; FARIA JR, L. E. C; DIAS, G. M; FIGUEIREDO, A. G. 1990 – Preliminary results from the AMASSEDS Project – Deposition, erosion and accumulation of Amazon River sediment along the Amapá coast, Brazil, 13th international Sedimentological Congress, August (26-31), Nottingham, England.

BERRÊDO, J. F; COSTA, M. L; PROGENE, M. P. S; 2008. *Efeito das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará*. Acta Amazonica. 38. 3. 473-482.

BEZERRA, P. E. L; OLIVEIRA, W; REGIS, W. D. E; BRAZÃO, J. E. M; GAVINHO, J; COUTINHO, R. C. P. 1990. *Amazônia Legal: zoneamento das potencialidades e dos recursos naturais*. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA & SUDAM. Projeto zoneamento das

potencialidades dos recursos naturais da Amazônia Legal: geologia, solos e vegetação. Rio de Janeiro.

BOAVENTURA, F. M. C.; NARITA, C. 1974. *Geomorfologia da folha NA/NB-22-Macapá*. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha NA/NB-22-Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1974. (Levantamento dos Recursos Naturais, 6).

BOSNIC, I. 2008. *Caracterização morfo-sedimentar e aspectos geoquímicos da deposição recente dos lagos Escara e Trindade, REBIO do Lago Piratuba-AP*. 110f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Universidade Federal do Pará, Belém – PA.

BOULHOSA, M. B. M. 2007. *Morfologia, sedimentológica e índices de sensibilidade ambiental ao derrame de óleo na região portuária de Vila do Conde – Barcarena – PA*. Relatório do Programa de Capacitação Institucional – PCI/MPEG.

BYERS, C.; MILLS, E. L.; STEWART, P. L. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments with suggestions of a standard methods. *Hydrobiologia*, v. 58 (1), p. 43-47.

CINTRÓN-MOLERO, G., SCHAEFFER-NOVELLI, Y., 1983. *Mangrove forests: Ecology and response to natural and man induced stressors*. In: Coral Reefs, Seagrass Beds and Mangrove: their Interaction in the Coastal Zones of the Caribbean. UNESCO Reports in Marine Science, vol. 23, pp. 87-113.

COSTA NETO, S. V.; SENNA, C. S. F.; COUTINHO, R. S. 2006. *Vegetação das áreas Sucuriju e Região dos Lagos no Amapá*. In: PROJETO de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO. Macapá, AP. Relatório Técnico-Científico Meio Físico.

DIAS, T. C. A de C. 2003. *Gestão participativa: Uma alternativa de ecodesenvolvimento para a Reserva Biológica do Lago Piratuba-AP*. 2003. 135 p. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília.

DJUWANSAH, M; DELAUNE, M; MARIUS, C. 1990. *Sédimentologie des formations holocenes de la Guyane Francaises*. Sysposium International sur l'évolution des littoraux des Guyanes et de la zone caraibe méridonale pendant le Quaternaire, Cayenne. Volume de Résumes. p. 52-56.

DUANE, D. B. 1964. *Significance of skewness in recent sediments, Western Pinlico Sound, North Caroline*. Journal of Sedimentary Petrology. 34 (4): 864-874.

FARIAS JR., L. E. C.; VITAL, H.; SILVEIRA, O. F. M.; MENDES, A. C. 1990. *Geological evolution of Maracá Island, Amapa Coast, and its relation with the*

sea level change in the north of Brazil. AGU FALL Meeting. San Francisco. Abstracts. p.99.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. 1957. *Brazos river bar: a study in the significance of grain-size parameters*. Journal of Sedimentary Research. n.27, p. 3-26.

FURUKAWA, K; WOLANSLI, E; MUELLER, H. 1997. *Currents and sediment transport in mangrove forest*. Estuar. Coast. Shelf Sci. 44, 301-310.

GOMES, T. P. 2008. *Meiofauna e nematofauna da zona costeira da Reserva Biológica do Lago Piratuba, Amapá, Brasil*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Biologia Ambiental). Universidade Federal do Pará – campus de Bragança. 66p

HERZ, R. 1991. *Manguezais do Brasil*. Instituto Oceanográfico Universidade de São Paulo. São Paulo - SP. 227 pp.

KJERFVE, B., PERILLO, G. M. E., GARDNER, L. R., RINE, J. M., DIAS, G. T. M., MOCHEL, F. R. 2002. *Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America*. In: Healy, T.R., Wang, Y., Healy, J-A. (Eds.), *Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Functions*. Elsevier, Amsterdam, pp. 219–239.

LACERDA, L. D. 1999. *Os manguezais do Brasil*. In: VANNUCCI, M. *Os manguezais e nós: uma síntese de percepções*. São Paulo: Editora da USP. cap. 3 (Apêndices), p. 185-196.

LANDIM, P. M. B. 2002. *Análise estatística de dados geológicos multivariados*. UNESP – Rio Claro. 120pp.

LIMA, M. I. C.; BEZERRA, P. E. L.; ARAÚJO, H. J. T. 1991. *Sistematização da geologia do estado do Amapá*. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3. Belém. Anais. Belém, SBG-Núcleo Norte, 1991. p. 322-335.

MENDES, A. C. 1990. *Estratigrafia e Mineralogia do Recente na Região da Ilha de Maracá- Amapá*. TCC/Depto. Geologia – UFPA. 38p.

MENDES, A. C. 1994. *Estudo sedimentológico e estratigráfico de sedimentos holocênicos na Costa do Amapá*. 269f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém -

NICHOLS, G. 2009. *Sedimentary and stratigraphy*. 2ª ED. Ed. Wiley-Blackwell. 432pp.

NITTROUER, C.A.; KUEHL, S.A.; RINE, J.M.; FIGUEIREDO, A.G.; FARIA JR.; L.E.C.; DIAS, G.T.M.; SILVA, M.A.M.; ALLISON, M.A.; PACIONI, T.D.; SEGALL, M.P.; UNDERKOFFER, E.C.; BORGES, H.V.; SILVEIRA, O.F. 1991. *Sedimentology and stratigraphy of the Amazon Continental Shelf*. Oceanography, 4:33-38.

PEJRUP, M. 1988. *The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach*. In: BOER, P. L.; VAN GELDER, A.; NIO, S. D. (Ed). *Tide-influenced sedimentary environments and facies*. D. Reidel, Dordrecht, p. 289-300.

PERES, R. N.; SERRUYA, N. M.; VIEIRA, L. S. 1974. *Levantamento exploratório de solos da Folha NA/NB.22 - Macapá*. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha NA/NB.22 - Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. S.ed.p. (Levantamento de Recursos Naturais, 6).

PETTIJOHN, F. J; POTTER, P. R; SIEVER, R. 1987. *Sand and sandstone*. Springer study Edition Series. Ed. Sprienger. 2ª. 552p.

READING, H. G.1986. *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Wiley-Blackwell, p. 688.

REINECK, H. E.; SINGH, I. B. 1980. *Depositional environments and facies*. Oxford: Blackwell Scientific, p. 577.

REIS, C. D. N; SILVEIRA, O. F. M; SANTOS, V. F. 2011. *Aspectos sedimentológicos do estuário do rio Sucuriju – Amapá*. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. CD-ROM.

SANTOS, C. A. 2008. *Caracterização Morfo-sedimentar do Igarapé do Tabaco, entre o rio Araguari e o Lago Comprido de Baixo, REBIO do Lago Piratuba - AP*. 90f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. Belém-PA.

SANTOS, V. F. dos. 2006. *Ambientes costeiros amazônicos: avaliação de modificações por sensoriamento remoto*. 2006. 306p. Tese de Doutorado. Universidade Federal Fluminense - UFF. Niterói - RJ.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y; CINTRÓN-MOLERO, G; SOUZA, M. L. D. R; FALKENBERG, D. B. 1989. *Expedição nacional aos manguezais do Amapá*. Unpublished Scientific Report.

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

SHEPARD, F. P. 1954. *Nomeclature base Don sand-silt-clays rations*. Journal of Sedimentology Petrology. v.24, n.3, p. 151-158.

SILVEIRA, J. D. 1972. *Morfologia do litoral*. In: Azevedo, A. (Ed.) Brasil – a terra e o homem. Companhia Editora Nacional. São Paulo, v.1: 253-305.

SILVEIRA, O. F. M. 1998. *A planície costeira do Amapá dinâmica de ambiente costeiro influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias*. 1998. 00f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica – Curso de Pós-Graduação em

Geologia e Geoquímica. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.

SILVEIRA, O. F. M. 2002. *Geomorfologia da área de entorno da Reserva Biológica do Lago Piratuba*. IBAMA: [S.n.]. 10p. (Relatório de Atividades)

SILVEIRA, O. F. M; SANTOS, V. F. 2006. *Aspectos geológicos-geomorfológicos da região costeira entre o Rio Amapá Grande e a Região dos Lagos do Amapá*. In: Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO. Macap, AP. Relatório Técnico-científico Meio Físico.

SILVEIRA, O. F. M; SILVEIRA, O. T.; COSTA NETO, S. V. 2004. *História natural das regiões dos Lagos e Sucuriju, Amapá, Brasil*. (Relatório de Atividades).

SOUZA, J. R. A. 2011. *Caracterização sedimentar de fundo do baixo curso do rio Araguari, Estado do Amapá, entre o Igarapé Santana e a área próxima a Foz*. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Pará. 90p

SUGUIO, K. 1980. *Rochas sedimentares: Propriedade, gêneses e importância econômica*. São Paulo. Ed. Edgar Blucher. 499p.

SUGUIO, K. 2002. *Geologia Sedimentar*. São Paulo; Edgard Blücher Ltda.

TAKIYAMA, L.R. 2008. *Caracterização espacial dos parâmetros de qualidade de água na região do lago Piratuba e vila do Sucuriju*. In: Petrorisco Rede 05/01: Subprojeto no Estado do Amapá. Relatório técnico. Macapá.

WENTWORTH, C. K. 1922. *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. Journal of Geology, 30: 377-392.

XAVIER, D. A. 2009 *Comportamento geoquímico de carbono, nitrogênio e fósforo do Rio Sucuriju – AP*. 67f Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.

Capítulo III

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DA ÁGUA INTERSTICIAL DOS SEDIMENTOS DO MANGUEZAL DO RIO SUCURIJU – CABO NORTE - AMAPÁ.

DIEGO DE ARRUDA **XAVIER**¹, NÚBIA CHAVES **GUERRA**¹, JOSÉ FRANCISCO **BERRÊDO**², ODETE FÁTIMA MACHADO DA **SILVEIRA**³

¹Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Oceanografia, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Abiótica; Av. Arquitetura, s/n. Cidade Universitária. CEP: 50740-550. Recife – Pernambuco – Brasil. diego.a.xavier@gmail.com; nchaves@ufpe.br

²Museu Paraense Emílio Goeldi, Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia; Av. Perimetral, 1901 – Terra Firme. CEP: 66077-530 – Belém – Pará – Brasil. berredo@museu-goeldi.br

³Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Laboratório Institucional de Oceanografia Geológica; Rua Augusto Corrêa, 01 – Guamá, CEP: 66075-110, Belém – Pará – Brasil. silveira@ufpa.br

RESUMO

O rio Sucuriju está localizado na região do Cabo Norte situado no extremo leste do Estado do Amapá, presente na faixa costeira caracterizada por uma planície inundável flúvio-marinha, composta por sedimentos Quaternários e vegetação do tipo de manguezal. O estudo tem como objetivos, descrever as condições físico-químicas intersticiais, quantificar o teor de matéria orgânica no sedimento e correlacionar com os parâmetros analisados ao longo do rio. Foram recuperados sete testemunhos da foz do rio até a proximidade do Lago Piratuba. Os resultados de salinidade variaram de 3 próximo ao lago a 25 nas proximidades da foz; o pH entre 3,95 a 8,23; o potencial redox entre -244 mV a 224 mV e a porcentagem de matéria orgânica entre 2,00% a 31,19%. As variações do regime pluviométrico e a sazonalidade climática interferem na intensidade da cunha salina dentro do estuário, sendo a principal causadora nas modificações dos parâmetros físico-químicos e na concentração do teor de matéria orgânica presente no sedimento. Devido as variações verticais desses parâmetros pode-se distinguir duas zonas com características distintas: a zona oxidante localizada próximo à foz do rio, apresenta maior salinidade (média de 13,2), pH levemente alcalino (média de 7,48) e potencial redox ligeiramente oxidante (média de -30,4 mV), demonstra área de maior influência oceânica; e a zona redutora localizada a montante do rio, com valores de salinidade menores (média 9,6), pH levemente ácidos (média 9,93) e potencial redox ligeiramente redutores (média -130,2), demonstrando área com maior influência continental.

Palavras chaves: água intersticial, manguezal, testemunhos, salinidade, pH, potencial redox, matéria orgânica, Amapá.

ABSTRACT

The Sucuriju River is located in the North Cape region situated at the extreme east of Amapá State, present in the coastal streak characterized by an unfloodable fluvio-marine plain, composed by Quaternary sediments and mangrove vegetation. The study has as objectives to describe the physical-chemical interstitial conditions, to quantify the content of organic matter in the sediment and correlate with the analyzed parameters along the river. Seven cores were recuperated of the river mouth up to proximity of the Lake Piratuba. The results of salinity varied from 3 near to the lake to 25 in the proximities of the mouth, the pH between 3.95 to 8.23; the redox potential between -244 mV to 224 mV and the percentage of organic matter between 2.00% to 31,19%. The variations of pluviometric regime and the climatic seasonal variation interfere in the intensity of the wedge salinity inside the estuary, being the main causal in the modifications of physical-chemical parameters and in the concentration of the organic matter content present in the sediment. Because of vertical variations of those parameters it could be able to distinguish two zones with distinct characteristics along the river: the oxidant zone located near to the mouth of the river, presents bigger salinity (medium of 13,2), pH lightly alkaline (medium of 7.48) and redox potential slightly oxidant (medium of -30,4 mV), shows area with bigger ocean influence; and the reducer zone located upstream of the river, with smaller values of salinity (medium 9,6), pH lightly acid (medium 9.93) and redox potential slightly reducers (medium -130,2), showing an area with bigger continental influence.

Keywords: interstitial water, mangrove, cores, salinity, pH, redox potential, organic matter, Amapá.

INTRODUÇÃO

Os estudos dos parâmetros físico-químicos da água intersticial (salinidade, pH e potencial redox) são a chave para o desenvolvimento e distribuição espacial da vegetação. As variações desses parâmetros ocasionam adaptações no ambiente, modificando seus níveis de tolerância, e as adaptações modificam os padrões geoquímicos e sedimentológicos. Outros parâmetros como clima, flutuação da maré, evolução da vegetação, bioturbação e o teor de matéria orgânica contribuem para a complexidade geoquímica nos manguezais (MCKEE, 1993; MARCHAND *et al.*, 2003; MARCHAND *et al.*, 2004);

Os padrões sedimentológicos ditados pela hidrodinâmica podem influenciar no desenvolvimento da vegetação e na modificação dos parâmetros físico-químicos das águas intersticiais, esses parâmetros podem determinar a estruturação de bosques, associados a geomorfologia (MARCHAND *et al.*, 2004). Modificações nos parâmetros físico-químicos influenciam na biota bentônica determinando o nível de tolerância para as espécies (KATHIRESAN *et al.*, 1996; KJERFVE *et al.*, 1999).

As modificações das variáveis geoquímicos em ambientes de manguezal são levados em consideração à dependência de vários parâmetros, como: presença de matéria orgânica, mineralogia, flutuação da maré, bioturbação, topografia (CLARK *et al.*, 1998; MARCHAND *et al.*, 2003), tipo de vegetação (KRYGER & LEE, 1996; NICKERSON & THIBODEAU, 1985; MARCHAND *et al.*, 2004) e o movimento das águas intersticiais (BALTZER, 1982; BALTZER *et al.*, 1995).

O estudo teve como objetivos descrever as condições físico-químicas das águas intersticiais (salinidade, pH e potencial redox), quantificar o teor de matéria orgânica nos sedimentos e correlacionar com os parâmetros físico-químicos ao longo do rio Sucuriçu.

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A Planície Costeira Amapaense apresenta características peculiares, em relação à sua posição geográfica. Por se encontrar adjacente ao Rio Amazonas apresenta comportamento atmosférico, influenciada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pelas forçantes oceânicas e amazônicas representadas pela circulação geral do Oceano Atlântico (Corrente Norte Equatorial e a retroflexão da Corrente Norte Brasileira) e pelo potencial hidrodinâmico do Rio Amazonas, respectivamente. Essas características influenciam na linha de costa atual, a qual apresenta grande instabilidade morfológica e ecológica (ALLISON *et al.*, 1990; GEYERS *et al.*, 1995). A região costeira encontra-se inserida no limite de três Reservas Federais: a Reserva Biológica do Lago Piratuba (REBIO Piratuba), Parque Nacional do Cabo

Orange e a Estação Ecológica Maracá-Jipioca (EsEc Maracá-Jipioca) todos gerenciados pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (SILVEIRA, 1998; SILVEIRA e SANTOS, 2006).

Na Planície Costeira do Amapá, apresenta uma região altamente hidrodinâmica nominada Cabo Norte e nela tem-se como um dos destaques da região o rio Sucuriju que está localizado no extremo leste do Estado do Amapá, inserido na REBIO Piratuba, uma unidade de proteção integral de biota. Essa região tem influência do clima equatorial quente e úmido, com chuvas em torno de 3000 mm/ano, com períodos de menor índice pluviométrico nos meses de julho a dezembro e períodos de maior pluviosidade entre os meses de janeiro a junho. A região é regida pelo regime de macromarés, e com a soma das forçantes climáticas que atuam concisamente nas modificações sedimentológicas e geoquímicas causando alterações significativas nos parâmetros físico-químicos (potencial redox, pH e salinidade intersticial) e nas propriedades físicas do sedimento (BALTZER *et al.*, 1995; BALTZER *et al.*, 2004; MARCHAND *et al.*, 2004; BERREDO *et al.*, 2008).

A vegetação de manguezal é predominante na região do Cabo Norte, com predomínio de bosques jovens, com árvores em torno de 10 metros de altura no entorno da planície costeira, apresentando-se mais altos em direção ao continente, com característica de bosques mistos até o encontro da vegetação de terra firme (COSTA NETO *et al.*, 2006). Na área estudada a vegetação predominante é caracterizada por sete tipos de bosques de manguezal, que sofrem a influência da topografia e, conseqüentemente, da frequência da inundação (COSTA NETO *op cit.*).

O Distrito de Sucuriju está localizado na região do Cabo Norte no extremo leste do Estado do Amapá, entre os paralelos 01°39'49"N e 49°55'43"W. Possui extensão de 16.700 ha, localizada na margem direita do rio Sucuriju, próximo a sua foz. Caracteriza-se por uma planície inundável flúvio-marinha, com sedimentos fixados predominantemente por manguezais e dista 220 km da capital do Estado, Macapá (SILVEIRA, 1998) (Figura 21).

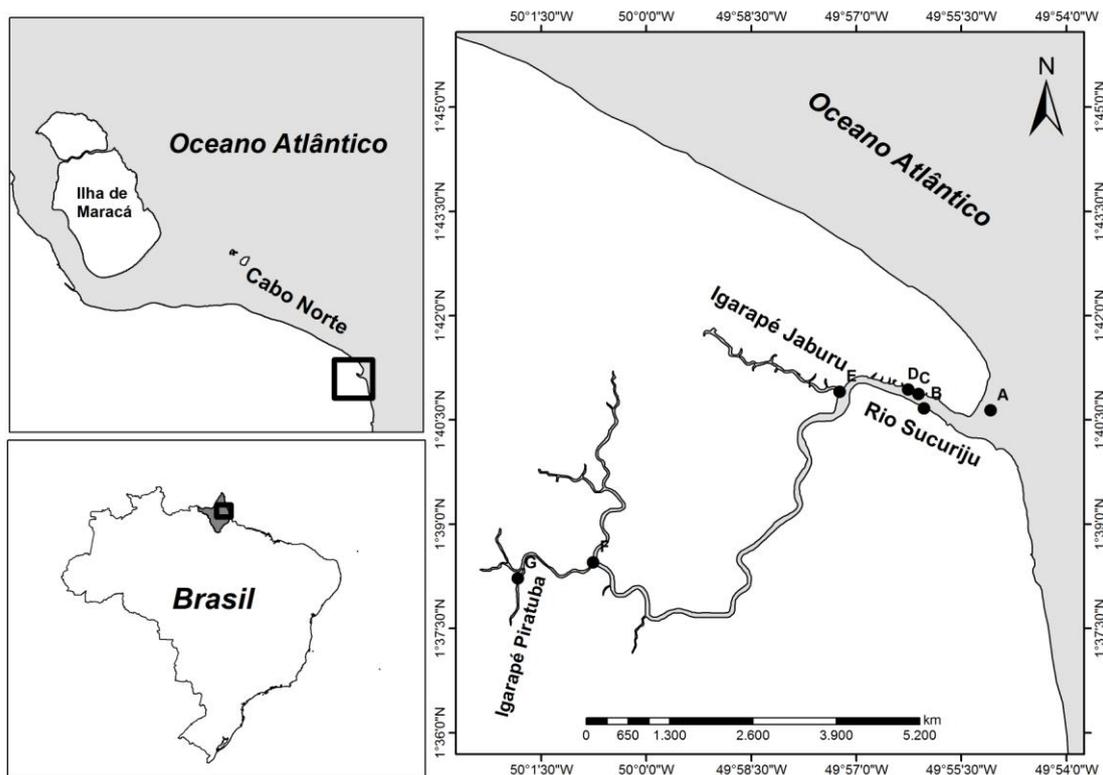


FIGURA 21: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS NO RIO SUCURIJU.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostragens foram realizadas em dezembro/2006, período de estiagem na região, utilizando-se amostrador pontual por vibração (*vibracore*) em pontos pré-definidos ao longo do rio, totalizando sete testemunhos recuperados, variando de 81 cm na foz do rio Jaburu (testemunho E) a 426 cm (testemunho A) localizado na foz do rio Sucuriçu. A localização e a profundidade de cada testemunho encontram-se na tabela 10.

TABELA 10: LATITUDE, LONGITUDE E PROFUNDIDADE DE CADA TESTEMUNHO.

Pontos	Código	Latitude (N)	Longitude (W)	Profundidade (cm)
F02	A	1,677319	-49,917947	368
F01	B	1,677783	-49,933811	426
PC-19	C	1,681267	-49,935150	140
PC-17	D	1,682360	-49,937555	126
PC-JABURU	E	1,681808	-49,933277	81
URUBU	F	1,640919	-50,012556	330
IG. PIRATUBA	G	1,637093	-50,030511	230

Em laboratório, os testemunhos foram cortados longitudinalmente com serra industrial de 200 mm e motor trifásico de 3HP. Após a abertura do tubo, separou-se uma das duas metades que foi envolta em filme de PVC e reservada para as medições físico-químicas enquanto a outra foi conservada sob-refrigeração para análises posteriores. As sub-amostragens para as

medições dos parâmetros físico-químicos tiveram como referência as diferenças na distribuição vertical de fácies.

Os dados de salinidade foram obtidos através de um refratômetro manual (ATAGO), mediante a extração, sob pressão, de algumas gotas de água intersticial. O registro dos valores de pH e Eh (mV), foram obtidos com o equipamento da marca Metrom 744, através da inserção do eletrodo de vidro (pH) e do eletrodo de platina (Eh) diretamente no sedimento (GARRELS E CHRIST, 1965; BALTZER, 1982; MARIUS, 1985; BERREDO E COSTA., 2002). O eletrodo para as leituras de pH foi calibrado periodicamente com solução-padrão de pH 4 e 7 (escala NIST). Utilizou-se uma lixa extremamente fina para eliminar sulfetos aderidos à platina do eletrodo de Eh (mV), para não interferir nas leituras (BERREDO, 2006). A quantificação da matéria orgânica obedeceu a metodologia de calcinação a 500°C por 6 horas (BYERS *et al.*, 1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de salinidade variaram entre 25 (testemunho A localizado na foz do rio) e 3 (testemunho G próximo ao Lago Piratuba) (Tabela 11) ao final do período de estiagem na região. A variação da salinidade nas águas intersticiais demonstra os efeitos da evapotranspiração somados ao forte período de estiagem da região (junho a dezembro), com temperaturas elevadas e baixos índices pluviométricos, fatores que diminuem a vazão do rio e possibilitam o aumento da influência oceânica observada através da presença da cunha salina intersticial no estuário. Os menores valores de salinidade são registrados no testemunho G que se encontra próximo ao Lago Piratuba, região que apresenta maior influência de fluxos de água doce (Figura 22 e 26A).

TABELA 11: MÁXIMO, MÍNIMA E MEDIANA DE SALINIDADE INTERSTICIAL.

	A	B	C	D	E	F	G
Máximo	25	13	10	12	23	12	11
Mínimo	11	7	10	6	18	5	3
Mediana	15	10	10	10	21	5,5	4,5

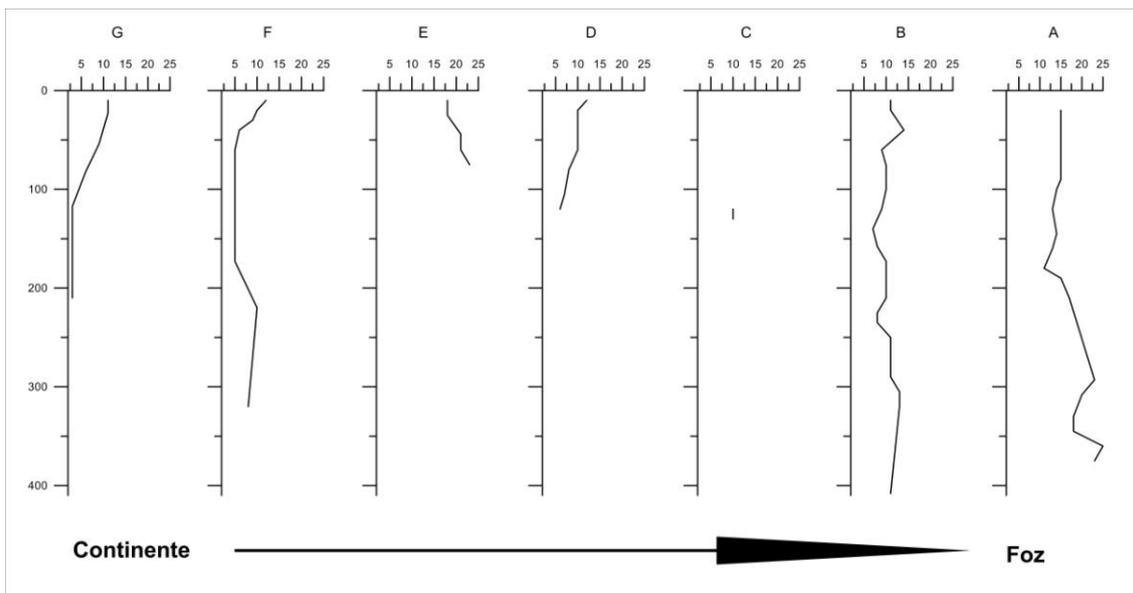


FIGURA 22: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS VALORES DE SALINIDADE INTERSTICIAL PARA CADA TESTEMUNHO RECUPERADO.

O testemunho E apresentou valores de salinidade próximos aos encontrados na foz (Testemunho A) por efeito da flutuação da maré ocorre o acúmulo de águas marinhas e somadas aos efeitos de evapotranspiração, ocorre o aumento na concentração dos sais no sedimento. Existe a hipótese de que a variação da salinidade no testemunho E seja reliquiar. Em tempos pretéritos, o oceano tinha livre acesso ao Lago Piratuba (SILVEIRA, 1998) e a o aumento da concentração de sais pode ter ocorrido através da adsorção de silte e argila.

Segundo Twilley e Chen (1998), Kathiresan e Thangam (1990), Kathiresan *et al.*, (1996) e Berredo *et al.*, (2008) a salinidade é um dos parâmetros vitais para a distribuição, produtividade e crescimento das florestas de mangue, as mudanças na salinidade são normalmente controladas pelo clima, hidrologia, chuva, topografia e flutuação da maré. Para o rio Sucuriçu esses parâmetros definem a zonação da vegetação descrita por Costa Neto *et al.* (2006) segundo o qual, na foz do rio há o predomínio da vegetação de *Rhizophora sp.* e *Avicennia sp.* e, em direção a montante ocorrem espécies vegetais de terra-firme.

Os valores de pH variaram entre levemente alcalino (8,23) nos testemunhos A e B localizados na foz a ácido (3,95) (testemunho G), localizado próximo ao lago Piratuba. Os valores da tabela 12 são similares aos obtidos nas pesquisas de Baltzer *et al.* (1995), Middelburg *et al.* (1996), Clark *et al.* (1998), Marchand *et al.* (2003), Baltzer *et al.* (2004) Marchand *et al.* (2004), Fiot e Gratiot (2006) e Berredo *et al.* (2008) (Figura 23 e Figura 27A).

TABELA 12: MÁXIMO, MÍNIMA E MEDIANA DE PH INTERSTICIAL.

	A	B	C	D	E	F	G
Máximo	8,23	8,23	7,30	7,71	7,34	7,17	7,20
Mínimo	5,61	4,30	6,36	7,44	6,78	6,62	3,95
Mediana	7,70	7,60	6,83	7,64	7,24	6,93	6,79

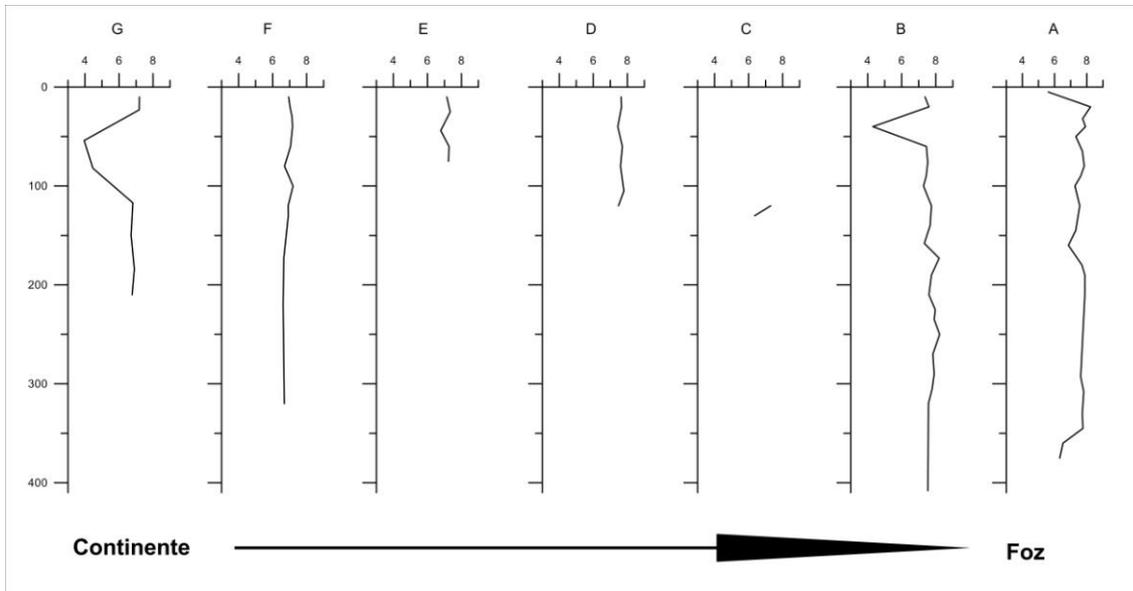


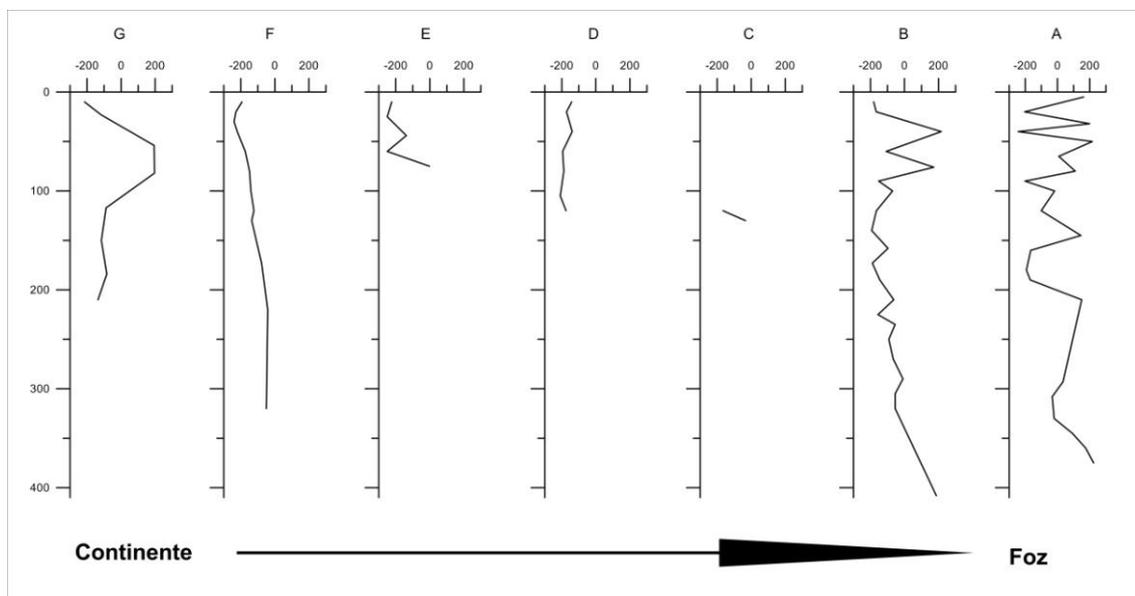
FIGURA 23: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS VALORES DE PH PARA CADA TESTEMUNHO RECUPERADO.

Conforme a figura 27A o rio Sucuriçu é influenciado por dois tipos de ambiente diferentes, onde os valores de pH na foz apresentam-se ligeiramente alcalinos devido à maior influência de águas oceânicas, e a montante do rio onde os valores de pH apresentam-se levemente ácidos, devido a maior influência de águas continentais. Os valores de pH podem ser modificados também pelos processos de oxidação e pela influência das águas continentais mais ácidas, a reação de oxidação corresponde à liberação de íons H^+ acidificando as águas intersticiais e a maior percolação das águas continentais ligeiramente mais ácidas influenciam nos valores de pH intersticiais.

O potencial redox varia entre levemente oxidante (+216 mV) no testemunho B a levemente redutor (-250 mV) no testemunho E (Tabela 13), são semelhantes aos de Alongi *et al.* (1996), Marchand *et al.* (2003), Berredo *et al.* (2008) (Figura 26B).

TABELA 13: MÁXIMO, MÍNIMO E MEDIANA DE POTENCIAL REDOX INTERSTICIAL (MV).

	A	B	C	D	E	F	G
Máximo	224	216	-34	-139	-2	-42	196
Mínimo	-244	-193	-166	-209	-250	-240	-215
Mediana	8	-92	-100	-175	-224	-145	-102

**FIGURA 24: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS VALORES DE POTENCIAL REDOX (MV) PARA CADA TESTEMUNHO RECUPERADO.**

A variação de pH e potencial redox sofreu influência da presença de matéria orgânica e minerais oxidáveis (pirita) no sedimento e principalmente da entrada da maré salina mais oxigenada no ambiente oxidando a matéria orgânica (KRAUSKOPF, 1972; ALONGI *et al.*, 1996; MARCHAND *et al.*, 2004, BERREDO e COSTA, 2002). Conforme a distribuição vertical dos parâmetros analisados (Figura 26 e 27), a cunha salina é um dos causadores das modificações no pH e potencial redox. Com a diminuição da salinidade em direção à montante do rio Sucuriju, observa-se que os valores de pH diminuem, tornando-se levemente mais ácidos e o potencial redox em condições levemente redutoras. O desnível topográfico possivelmente é um dos fatores limitantes para o deslocamento da cunha salina intersticial dentro do estuário, como observados pela pouca variação nos parâmetros físico-químicos a montante do rio demonstrando que a entrada da água salina neste ponto apresenta-se quase nula, sofrendo maior influência dos parâmetros físico-químicos de águas continentais.

Conforme demonstrados pelos testemunhos D, E, F e G ocorrem a predominância levemente redutoras ao longo do testemunho, segundo Marchand *et al.* (2003) as condições redutoras geralmente são associadas a manguezais mais antigos, ricos em carbono orgânico, afirmação que pode explicar os resultados obtidos de potencial redox para ao rio Sucuriju. Em

manguezal mais antigo, os valores de potencial redox em relação à profundidade variam em relação à superfície não apresentando uma zona de oxidação, sem contato direto com águas oceânicas. Neste caso, ocorre um aumento na concentração da matéria orgânica (KRAUSKOPF, 1972; MARCHAND *et al.*, 2003, MARCHAND *et al.*, 2004; DELAUME & REDDY, 2005; BERRÊDO *et al.*, 2008). A oxidação do material orgânico e minerais oxidáveis provoca a liberação de íons H^+ , que diminuem o pH, tornando-o levemente ácido, originando uma correlação negativa entre os parâmetros pH e potencial redox (KRAUSKOPF, 1972; ALONGI *et al.*, 1996; CLARK, 1998; MARCHAND *et al.*, 2004; BERREDO, 2006) (Figura 25).

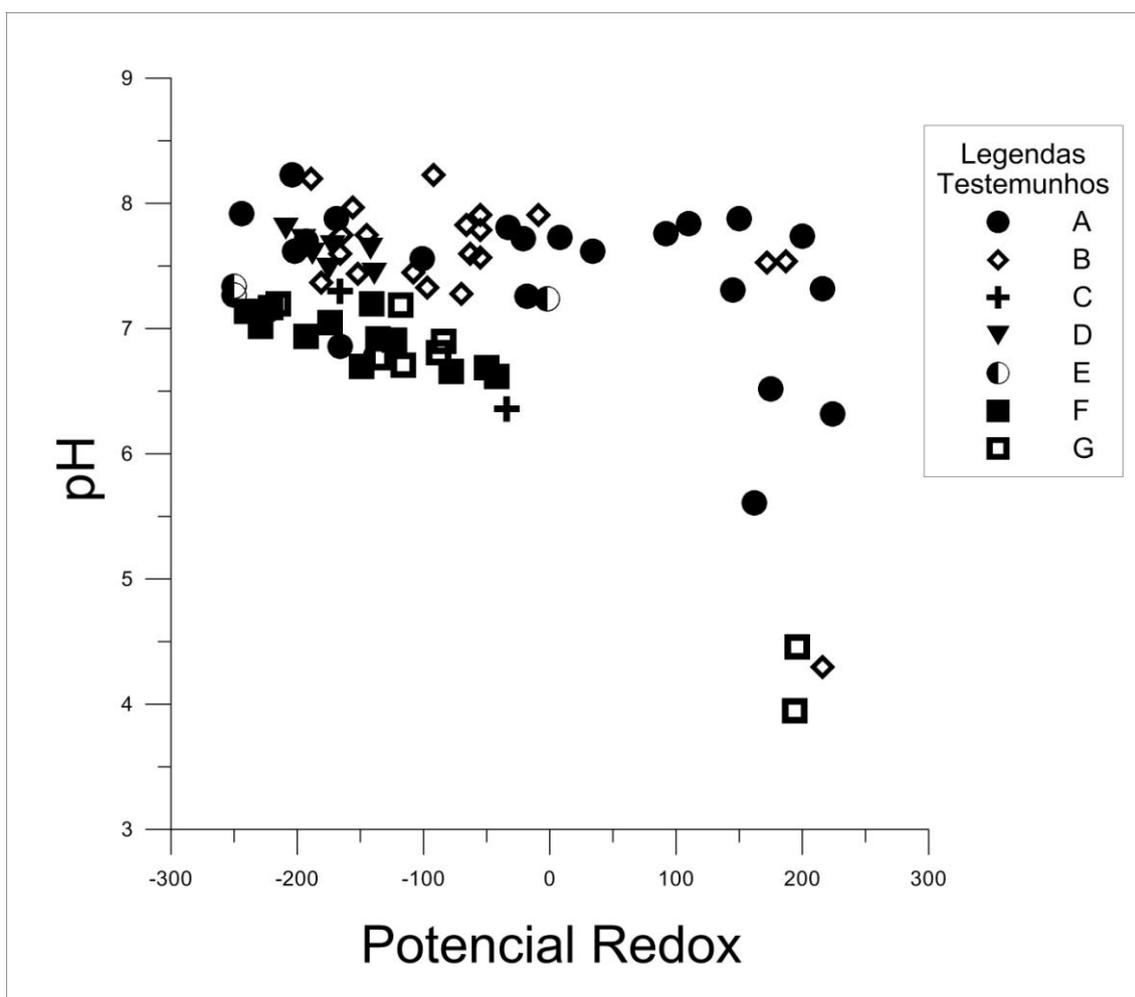


FIGURA 25: GRÁFICO DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS PH X POTENCIAL REDOX.

Na Figura 26 pode-se observar a variação dos parâmetros salinidade, pH e potencial redox ao longo do rio. A percolação das águas marinhas, mais oxigenadas, oxida o material orgânico e os minerais presente no sedimento aumentando as alterações no pH e no potencial redox. Na foz do rio Sucuriju (testemunho A) ocorrem as maiores alterações desses parâmetros, devido ao maior contato com as águas oceânicas, oxidando o material orgânico presente no sedimento.

Através dos dados obtidos observa-se a presença de duas zonas dentro do rio Sucuriju. A zona oxidante, localizada na foz do rio apresentando maiores valores de salinidade, pH levemente alcalino e potencial redox levemente oxidante (médias 13,2; 7,48 e -30,4 respectivamente). E a zona redutora, localizada a montante do rio apresentando menores valores de salinidade, pH levemente ácido e potencial redox levemente redutor (médias 9,6; 6,93 e -130,2 respectivamente).

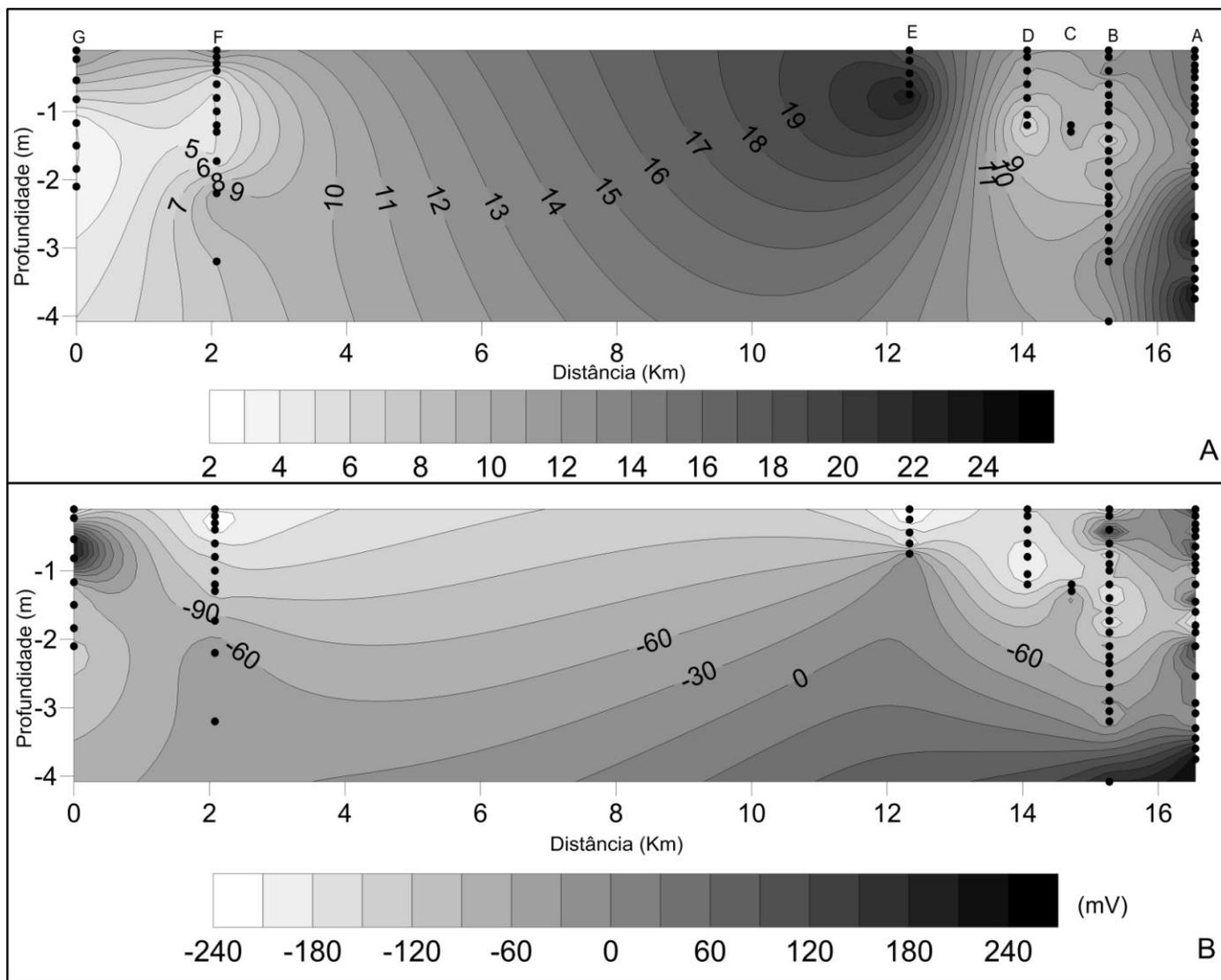


FIGURA 26: DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS VALORES DE SALINIDADE INTERSTICIAL (A) E POTENCIAL REDOX (MV) (B).

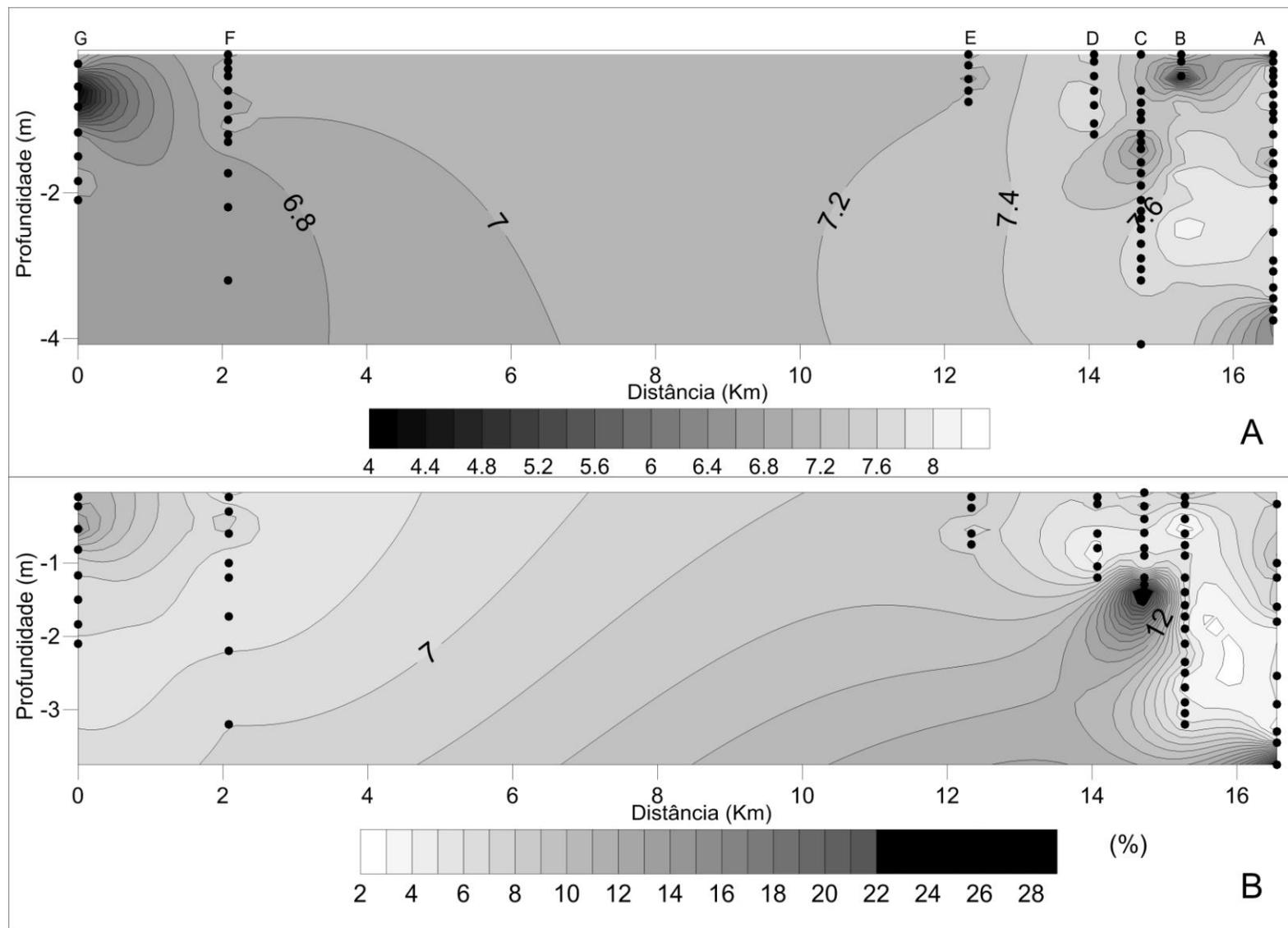


FIGURA 27: DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS VALORES DE PH DAS ÁGUAS INTERSTICIAIS (A) E PORCENTAGEM DE MATÉRIA ORGÂNICA (B).

Na região estudada os teores de matéria orgânica situam-se entre 31,19% (testemunho C) e 2,00% (testemunho G) (Tabela 14, Figura 26). Essa grande variação nos teores de matéria orgânica é evidenciada pela presença de turfa na base dos testemunhos A e C (Figura 28).

TABELA 14: MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIA E DESVIO PADRÃO DA PORCENTAGEM DE MATÉRIA ORGÂNICA.

	A	B	C	D	E	F	G
Máximo	25,02	9,00	31,19	6,50	9,00	7,50	14,00
Mínimo	2,00	2,00	3,50	3,50	4,50	4,50	4,00
Mediana	6,25	5	5,25	5,25	8,25	5,75	7,5

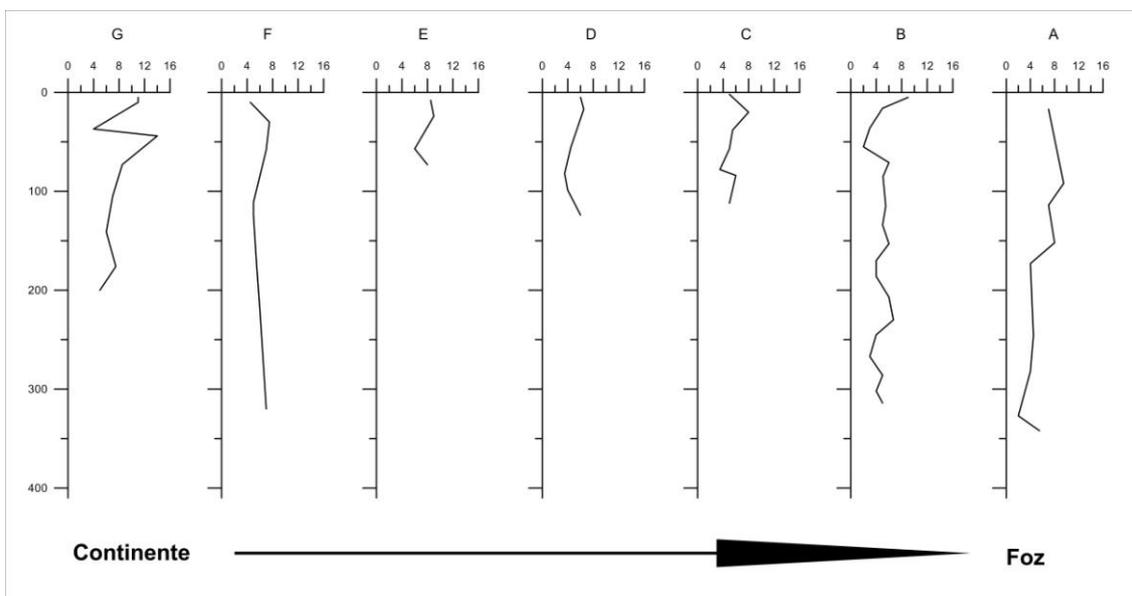


FIGURA 28: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DAS PORCENTAGENS DE MATÉRIA ORGÂNICA PARA CADA TESTEMUNHO RECUPERADO.

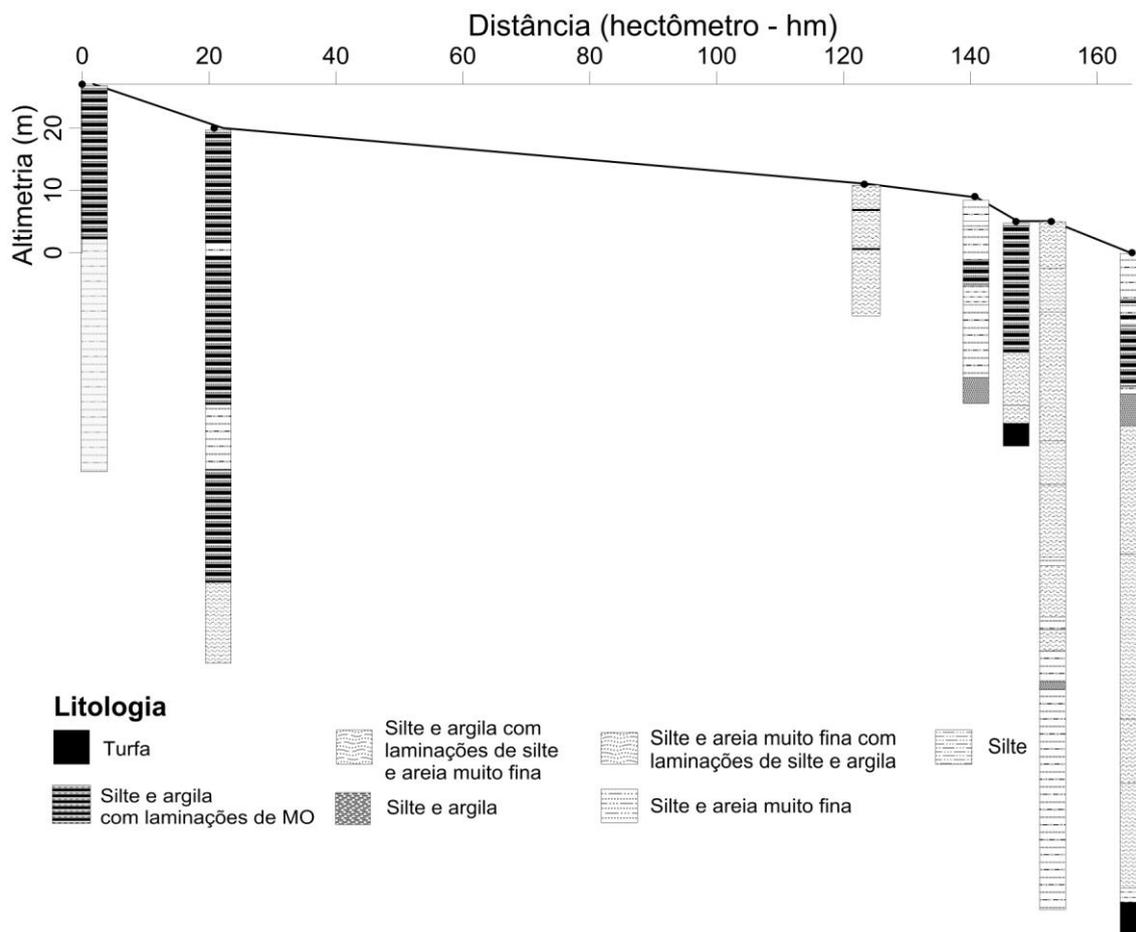


FIGURA 29: DESCRIÇÃO LITOLÓGICA DOS TESTEMUNHOS RECUPERADOS AO LONGO DO RIO SUCURIJU.

A ocorrência de turfa nos testemunhos (A e C) indicam sedimentação em ambiente de baixa energia hidrodinâmica, com baixa remobilização e oxidação desse material orgânico. De acordo com McCabe (1984) e Franchi (2004) o aumento vertical da camada de turfa depende da quantidade de material orgânico e o nível do lençol freático, e a deposição rápida de sedimentos clásticos preservam as características dessa camada.

Os resultados dos teores de matéria orgânica para os sedimentos do rio Sucuriçu são similares aos estudos de Alongi *et al.* (1996), Bava e Seralathan (1999), Marchand *et al.* (2003), Marchand *et al.* (2004), Schwendenmann *et al.* (2006), Vidal e Backer (2006), Berredo *et al.* (2008). E o resultados dos teores de matéria orgânica para as turfeiras são similares aos apresentados por Franchi (2000; 2004) e Delavy (2010) para as turfeiras encontradas nos estados de São Paulo e Amapá, respectivamente.

A variação na concentração do material orgânico presente no sedimento de manguezais é o principal fator para a variação dos parâmetros pH e potencial redox das águas intersticiais (SCHAEFFER-NOVELLI & CITRÔN-MOLLERO, 1988; KRISTENSEN *et al.* 2008). Observando a correlação entre os parâmetros físico-químicos da água intersticial dos testemunhos com a porcentagem de matéria orgânica, observou-se tendência positiva entre o potencial redox (Eh) e negativa com o pH e a matéria orgânica, resultado corroborado com os estudos realizados por Becking *et al.* (1960), Krauskopf (1972), Allongi *et al.*, (1996), Clark *et al.* (1998) e Marchand *et al.* (2004) (Tabela 15).

TABELA 15: CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E PORCENTAGEM DE MATÉRIA ORGÂNICA (MO)

	MO	EH	PH	SAL
MO	1		-	-
EH	0,51	1	-	-
PH	-0,71	-0,53	1	-
SAL	-0,69	0,09	-0,74	1

A correlação da salinidade com a matéria orgânica apresenta-se inversamente proporcional, a entrada da água salina em contato com os sedimentos do rio Sucuriju promove a oxidação do material orgânico, diminuindo a concentração deste material, conseqüentemente com a oxidação da matéria orgânica, ocorrem modificações no pH (liberando mais íons H⁺) e no potencial redox (apresentando resultados levemente oxidantes) (BECKING *et al.*, 1960; KRAUSKOPF, 1972; KATHIRESAN & THANGAM, 1990; CLARKE *et al.*, 1993; MARCHAND *et al.*, 2004; BERREDO *et al.*, 2008).

CONCLUSÃO

Em ambientes de manguezal os parâmetros físico-químicos, como a salinidade, o pH e o potencial redox, são fatores limitantes para a distribuição espacial e desenvolvimento dos bosques de manguezais. A influência da cunha salina somada ao padrão climatológico (períodos de maior e menor pluviosidade) são os fatores responsáveis pelas modificações nos parâmetros pH e potencial redox e na concentração do material orgânico presente no sedimento. Em períodos de menor pluviosidade (junho a dezembro) ocorre a diminuição da vazão do rio e o registro da salinidade intersticial é mais acentuado em direção montante. As águas marinhas (mais oxigenadas) adentram o rio causando modificações nestes parâmetros e, em contato com os materiais orgânicos e minerais oxidáveis presentes nos sedimentos produzem reações de oxidação, que contribuem para a diminuição da concentração do material orgânico do sedimento, aumenta a acidez, e modifica os valores do potencial redox, tornando-os levemente oxidantes.

Ao longo do rio Sucuriju foi observado à presença de duas zonas com propriedades físico-químicas diferentes. A primeira, zona oxidante, encontra-se na foz do rio apresentando valores mais salinos, potencial redox levemente oxidante e pH levemente alcalino, características de ambiente influenciado pelo oceano. A segunda, zona redutora, situado próximo ao Lago Piratuba, com menor salinidade, potencial redox levemente redutor e pH levemente ácido, ambiente influenciado por características de transição a um ambiente lacustre.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, ao Museu Paraense Emílio Goeldi, ao Laboratório Institucional de Oceanografia Geológica pertencente a Universidade Federal do Pará e ao Projeto Subsídio ao Plano de Manejo da Rebio Piratuba (IBAMA/IEPA/UFPa) e ao Projeto Amasis.

REFERÊNCIAS

ALLISON, M. A; NITTRouer, C. A; RINE, J. M; KUEHL, S. A; SEGALL, M. P; FARIA JR, L. E. C; DIAS, G. M; FIGUEIREDO, A. G. 1990 – Preliminary results from the AMASSEDS Project – Deposition, erosion and accumulation of Amazon River sediment along the Amapá coast, Brazil, 13th international Sedimentological Congress, August (26-31), Nottingham, England.

ALONGI, D. M; TIRENDI, F; GOLDRICK, A. 1996. *Organic matter oxidation and sediment chemistry in mixed terrigenous-carbonate sands of Ningaloo Reef, Western Australia*. Marine Chemistry. 203 – 219.

BALTZER, F. 1982. *La sédimentation et la diagenèse précoce sur les côtes à mangroves*. Cah. ORSTOM, Géol. XII, 175-189.

BALTZER, F.; PLAZIAT, J.C; PROST, M.T.; RUDANT, J.P. 1995. *Long-term effects of Seasonal changes on geochemical properties of sediments in mangroves-swamps in French Guiana*. III Workshop ECOLAB. Belém-Pará. 51-54p.

BALTZER, F.; ALLISON, M.; FROMARD, F. 2004. *Material exchange between the continental shelf and mangrove-fringed coasts with special reference to the Amazon-Guianas coast*. Marine Geology, 208:115-126

BAVA, K. A; SERALATHAN, P. 1999. *Interstitial water and hydrochemistry of a Mangrove and adjoining water system, southwest coast of India*. Environ. Geol. 38 (1) 47-52.

BECKING, L. G. M; KAPLAN, I. R; MOORE, D. 1960. *Limits of the environment in terms pH and oxidation-reduction potential*. Journal of Geology. 68(3). 243 – 284.

BERREDO, J.F; COSTA, M.L. 2002. *Modificações sazonais nas propriedades físico-químicas de manguezais do estuário do rio Marapanim, nordeste do Pará*. In: WORKSHOP ECOLAB, 6., Belém, 2002. Anais. Belém, ECOLAB 1 Cd ROM.

BERREDO, J. F. 2006. *Geoquímica dos sedimentos de manguezais do Nordeste do Pará: o exemplo do Estuário do Rio Marapanim*. 185p. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica – Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica) Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. Belém.

BERREDO, J. F; COSTA, M. L; PROGENE, M. P. S; 2008. *Efeito das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará*. Acta Amazonica. 38. 3. 473-482.

BYERS, C; MILLS, E. L; STEWART, P. L. 1978. *A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments with suggestions of a standard methods*. Hydrobiologia, v. 5 (1), p. 43-47.

CLARK, M.W., MCCONCHIE, D., LEWIS, D.W., SAENGER, P., 1998. *Redox stratification and heavy metal partitioning in Avicennia-dominated mangrove sediments: a geochemical model*. Chem. Geol. 149, 147–171.

CLARKE, P. J; ALLAWAY, W. G; 1993 *The regeneration niche of the grey mangrove (Avicennia marina) effects of salinity, light and sediments factors on establishment, growth and survival in the field*. Oecologia (93) 548 – 556.

COSTA NETO, S.V.; SENNA, C.S.F.; COUTINHO, R.S. 2006. *Vegetação das áreas Sucuriju e Região dos Lagos no Amapá*. In: PROJETO de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO. Macapá, AP. Relatório Técnico-Científico Meio Físico.

DELAUNE, R. D; REDDY, K. R. 2005. *Redox potential*. Wetlands Biochemistry Biennal Report. 366-371.

DELAVY, F. P. 2010. *Turfas na Planície Costeira do Amapá: caracterização física, mineralógica e química*. Monografia. Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociência. Faculdade de Oceanografia. 92p.

FIOT, J.; GRATIOT, N. 2006. *Structural effects of tidal exposures on mudflats along the French Guiana coast*. Marine Geology, (228):25-37.

FRANCHI, J. G. 2000. *Aplicação de turfa na recuperação de solos degradados pela mineração de areia*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 105p.

FRNCHI, G. F. 2004. *Utilização de turfa como adsorvente de metais pesados*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 19p.

GARRELS, R.M; CHRIST, C.L. 1965. *Solutions, Minerals and Equilibria*. New York, Harper et Row Ed., 450 p.

GEYERS, W. R; BEARDSLEY, R. C; LENTZ, S. J; CANDELA, J; LIMEBURNER, R; JOHNS, W. E; CASTRO, B. M; SOARES, I. J. 1996. *Physical oceanography of the Amazon shelf*. Continental Shelf Research, 28: 113-123.

KATHIRESAN, K.; THANGAM, T. S. 1990. *A note on the effects of salinity and pH on growth of Rhizophora seedlings*. The Indian Forester, 116(3): 243-244.

KATHIRESAN, K; MOORTHY, P; RAVIKUMAR, S. 1996. *A note on the influence of salinity and pH on rooting of Rhizophora mucromata Lamk. Seedling*. The Indian Forester, 122 (8): 763-764.

KJERFVE, B; LACERDA, L. D; REZENDE, C. E; OVALLE, A. R. C. 1999. *Hydrological and hydrogeochemical variations in mangrove ecosystems*. In: Mangrove ecosystems in tropical America: structure, function and management. (Yanez-Arancibia, A. and Lara-Dominquez, A. I. eds.) INECOL (Mexico), IUCN/ORMA (Costa Rica), NOAA/NMFS (Beaufort, NC, USA), pp. 71-81.

KRISTENSEN, E; BOUILLON, S; DITTMAR, T; MARCHAND, C. 2008. *Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review*. Aquatic Botany. 201-219.

KRAUSKOPF, K. B. 1972. *Introdução à geoquímica I*. São Paulo: Polígono S.A. 294p. Tradução de Michal Lando e Paulo S.C. Bogus.

KRYGER, L; LEE, K. S. 1996. *Effects of mangrove soil ageing on the accumulation of hydrogen sulphide in roots of Avicennia ssp*. Biogeochemistry. 35: 367 – 375.

MARCHAND, C., LALLIER-VERGÈS, E., BALTZER, F., 2003. *The composition of sedimentary organic matter in relation to the dynamic features of a mangrove-fringed coast in French Guiana*. Estuar. Coast. Shelf Sci. 56,119–130.

MARCHAND, C.; BALTZER, F.; LALLIER-VERGÈS, E.; ALBÉRIC, P. 2004. *Pore-water chemistry in mangrove sediments: relationship with species composition and developmental stages (French Guiana)*. Marine Geology, (208):361-381

MARIUS, C. 1985. *Mangroves du Sénégal et de la Gambia. Trav. et Doc. OSRTOM* (193):357;

MCCABE, P. J. 1984. *Depositional environments of coal and coal-bearing strata*. In: RAHMANI, R. A; FLORES, R. M. (ed) Sedimentology of coal and coal-bearing sequences. Blackwell Scient. Public., Oxford. Spec. Publ. Int. Assoc. Sediment, v. 7, p. 13-42.

- MCKEE, K. L. 1993. *Soil physico-chemical patterns and mangrove species distribution: Reciprocal effects?* Journal of Ecology, 81: 477-487.
- MIDDELBURG, J.J., NIEUWENHUIZE, J., SLIM, F.J., OHOWA, B., 1996. *Sediment biogeochemistry in an East African mangrove forest (Gazi Bay, Kenya)*. Biogeochemistry 34, 133–155.
- NICKERSON, N. H. & THIBODEAU, F. R. 1985 *Association between porewater sulfide concentrations and the distribution of mangroves*. Biogeochemistry 1, 183–192
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. S.; CITRÓN-MOLLERO, G. C. 1988. *Expedição nacional aos manguezais do Amapá - Ilha de Maracá*. São Paulo: IO/USP. 99p. (Relatório Técnico).
- SCHWENDENMANN, L.; RIECKE, R.; LARA, R. J. 2006. *Solute dynamics in a north brasilian mangrove: the influence of sediment permeability and freshwater input*. Wetland Ecology and Management, 14: 463-475
- SILVEIRA, O. F. M. 1998. *A planície costeira do Amapá dinâmica de ambiente costeiro influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias*. 1998. 00f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica – Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- SILVEIRA, O. F. M.; SANTOS, V.F. 2006. *Aspectos Geológicos-Geomorfológicos da Região Costeira entre o Rio Amapá Grande e a Região dos Lagos do Amapá*. In: PROJETO de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO. Macapá - AP. Relatório Técnico-Científico Meio Físico.
- TWILLEY, R. R.; CHEN, R. 1998. *A water budget and hydrology model of a basin mangrove forest in Rookery Bay, Florida*. Marine and Freshwater Research, 49: 309 – 323.
- VIDAL, R. M. B; BECKER, H. 2006. *Distribuição de manganês, ferro, matéria orgânica e fosfato nos sedimentos do manguezal do rio Piranji, Ceará*. Arq. Ciên. Mar. 39:34-43.

Capítulo IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos de sedimentologia para os sedimentos subsuperficiais do rio Sucuriçu mostraram para a classificação de Folk e Ward (1957) a variação de areia muito fina a silte médio e para a classificação de Shepard (1954) a variação de areia siltica a silte. Porém, as oscilações mais expressivas ao longo do rio e nos testemunhos foram as diferenças nas porcentagens das frações areia, silte e argila. A sazonalidade climática entre os períodos de inverno e verão amazônico condicionam na periodicidade da energia hidrodinâmica, determinando em períodos de menor vazão o aumento da intensidade hidrodinâmica ocorrendo acréscimo nas porcentagens de areia. As variações dessas porcentagens revelaram pelo diagrama triangular de Pejrup (1988) que o ambiente foi influenciado por hidrodinâmica muito alta a alta.

Pela descrição macroscópica dos testemunhos, pode ser observado que a região do Sucuru sofreu processo da progradação da linha de costa, demonstrado pelo testemunho G, que mostra o registro da mudança na intensidade hidrodinâmica. De acordo com os relatos obtidos por Silveira (1998) e Dias (2003) o Oceano Atlântico tinha livre acesso ao Lago Piratuba, e hoje está distante aproximadamente 22 km da linha de costa atual.

Os resultados dos parâmetros físico-químicos demonstraram que a entrada salina do estuário causa modificações nos parâmetros físico-químicos e no teor de matéria orgânica presente no sedimento do rio Sucuriçu. E deixa evidente duas zonas com características diferentes ao longo do rio: a zona oxidante situada na foz do rio com maior salinidade (média de 13,9), levemente alcalinas (média de 7,44) e ligeiramente oxidante (média de -63,58). E a zona redutora com características inversas a zona oxidante apresentando menor salinidade (média de 6,7), levemente ácidas (média de 6,65) e ligeiramente redutoras (média de -107,15).

Na atual configuração do rio Sucuriçu percebe-se que os gradientes de sedimentação e o dos parâmetros físico-químicos apresentam melhor resposta quanto a sua posição geográfica. Tendo o testemunho E localizado próximo ao lago Piratuba com menor intensidade hidrodinâmica, maior deposição de finos na sedimentação, e os parâmetros físico-químicos com influência de águas doces, mais ácidas, ligeiramente redutoras. E o testemunho A localizado na foz do rio com maior influência oceânica com maior intensidade hidrodinâmica, maior concentração de sedimentos arenosos na sedimentação, e os parâmetros físico-químicos influenciados por águas marinhas, levemente alcalinas e ligeiramente oxidantes.

A correlação entre os dados sedimentológicos e os dados dos parâmetros físico-químicos foi utilizada para melhor compreensão da relação entre os parâmetros (Tabela 16).

TABELA 16: CORRELAÇÃO ENTRE OS DADOS SEDIMENTOLÓGICOS E DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS TESTEMUNHOS RECUPERADOS AO LONGO DO RIO SUCURIJU.

	<i>Areia</i>	<i>Silte</i>	<i>Argila</i>	<i>M.O</i>	<i>Eh</i>	<i>pH</i>	<i>Sal</i>
Areia	1						
Silte	-0,97	1					
Argila	-0,32	0,07	1				
M.O	-0,03	-0,10	0,50	1			
Eh	-0,17	0,14	0,13	0,12	1		
pH	0,09	-0,03	-0,22	-0,33	-0,58	1	
Sal	-0,35	0,34	0,09	0,02	0,13	0,20	1

A correlação salinidade x areia apresenta-se de forma inversamente proporcional, o que a princípio parece estar ligado à posição geográfica dos testemunhos em relação ao oceano, existem mais duas hipóteses para esse resultado: 1) com o aumento da porcentagem de areia aumentam os espaços intersticiais e a percolação, porém a areia não consegue reter água em seus interstícios, dificultando a amostragem; 2) a partícula de sal adsorve as partículas finas (silte, argila e alguns coloides) aumentando a floculação e decantação dessas partículas facilitando o processo de deposição, evidente através da correlação entre salinidade x silte (KRAUSKOPF, 1972; MARCHAND *et al.*, 2003; MARCHAND *et al.*, 2004; LARA E COHEN, 2006).

A correlação entre pH x argila apresenta-se inversamente proporcional, o aumento da porcentagem de argila condiz com área de maior influência continental essa influência continental apresenta maior concentração de material orgânico fazendo com que os sedimentos apresentem pH levemente ácidos (KRAUSKOPF, 1972; MIDDELBURG *et al.*, 1996; NASNOLKA *et al.*, 1996; LARA E COHEN, 2006). A correlação pH x salinidade explica a diferença entre áreas costeiras e continentais que mostram resultados diretamente proporcionais, o aumento ou a diminuição do pH depende da influência marinha, representada pela salinidade (WHITE, 1999; MARCHAND *et al.*, 2004; BIANCHI, 2007; HARISSON, 2007; BERREDO *et al.*, 2008).

Para Krauskopf (1972), Alongi *et al.* (1996), Marchand *et al.* (2003), DeLaune e Reddy (2005), Stefánsson *et al.* (2005), Xavier *et al.* (2007) a correlação potencial redox e pH apresentam-se de forma inversamente proporcional, com o aumento da oxidação conseqüentemente ocorre o aumento de íons hidrogeniônicos aumentando a acidez, corroborando com os dados obtidos para as águas intersticiais do rio Sucuriju.

A análise de componentes principais (ACP) foi realizada com o intuito de obter melhor relação entre as características extraídas dos dados (LANDIM 2002). Através dessa análise estatística pode-se observar a similaridade entre

os testemunhos, afirmando a presença de duas zonas com características diferentes no rio Sucuriçu, conforme descrito no capítulo III. Os principais coeficiente que ocasionaram a divisão entre os testemunhos foram os parâmetros pH e potencial redox conforme mostrado na tabela 24 (Figura 24).

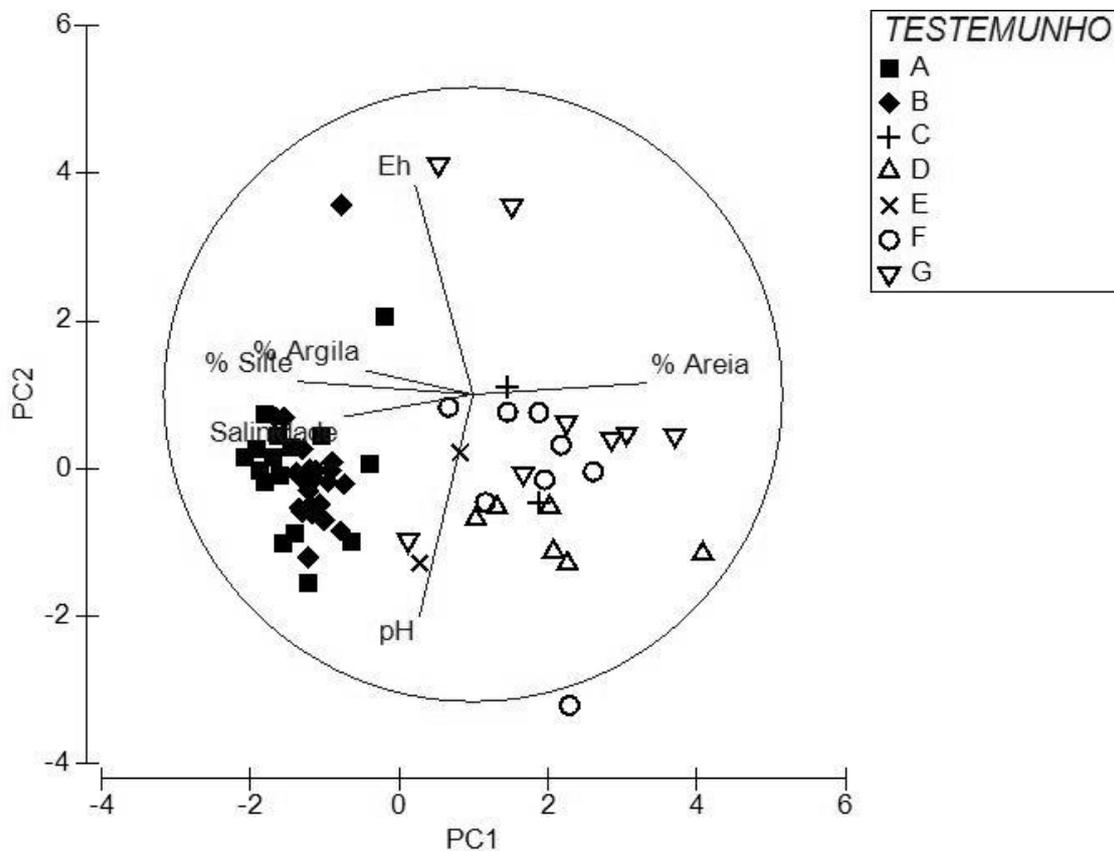


FIGURA 30: GRÁFICO DE ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DE TODOS OS TESTEMUNHOS AO LONGO DO RIO SUCURIÇU. PC1 EXPLICADA PELA PORCENTAGEM DE AREIA (0,563) E PC2 EXPLICADO PELOS VALORES DE PH (-0,724).

Marchand *et al.* (2004) afirma que os baixos valores de salinidade no interior do manguezal ocorrem por estar submetidos a descargas de água doce quando localizados próximos as nascentes dos rios. Outro fator que afeta na salinidade intersticial é a pluviosidade, em períodos de maior pluviosidade aumenta a percolação de águas doces nos interstícios diminuindo a salinidade. E o principal fator que incrementam os valores de salinidade são os processos de evapotranspiração. Berredo *et al.* (2008) afirmam que além dos processos biológicos, os processos atmosféricos e físicos são fatores importantes na atenuação do registro da cunha salina dentro do estuário, corroborando com os resultados obtidos para o rio Sucuriçu.

Segundo Shepherd (1989) a permeabilidade nos sedimentos diminui com a diminuição do diâmetro médio dos grãos. Marchand *et al.* (2004) em trabalho na Guiana Francesa caracterizou areia fina no substrato do

manguezal, os mesmos afirmam que a presença desse tipo de sedimento facilita a presença de salinidade nas águas intersticiais tanto de forma lateral quanto vertical. Baltzer (1982), Baltzer *et al.* (1995), Baltzer *et al.* (2004), Fiot e Gratiot (2006) e Berredo *et al.* (2008) afirmam que nos sedimentos lamosos, mesmo sob períodos curtos mas com marcantes sazonalidades, as propriedades geoquímicas dos sedimentos são alteradas quando as águas intersticiais são submetidas a processos de evapotranspiração significativos. Esses processos originam diferenciação vertical e lateral na transição do domínio das águas salinas e águas doces mostrando modificações significativas e progressivas na salinidade e grau de oxidação. De fato observado no presente estudo.

Marchand *et al.* (2003) e Marchand *et al.* (2004) afirmam que os valores do potencial redox aumentam com a idade da floresta, de mangues jovens a maduros, sugerindo a liberação de oxigênio a partir das raízes, destacando a influência da *Rhizophora* na modificação geoquímica do sedimentos. Além desse fator, o manguezal é inundado em cada período de maré, permitindo a renovação de elementos oxidantes. Ovalle *et al.* (1990) comenta que com a entrada da maré de enchente ocorre o aumento da salinidade, oxigênio dissolvido e pH nos estuários.

Sposito e Page (1985) e Clark *et al.* (1998) afirmam que as reações redox em solos e sedimentos são frequentemente baixas por causa das semi-reações de redução e oxidação geralmente envolvendo a ação microbiana. Desta maneira, alguns minerais podem estar presentes nos sedimentos muito embora as condições redox favorecerem a existência de outros minerais, os sulfetos estão presente nos sedimentos em potencial redox redutor.

Para melhor compreensão do ambiente de estudado faz-se necessário estudos posteriores como topografia, batimetria, vazão, análise isotópica, datação, mineralogia e metais traços que juntamente com os resultados obtidos deste estudo terá melhor compreensão dos causadores de modificações geoquímicas e dos processos de sedimentação para melhor compreensão da evolução holocênica da região.

REFERÊNCIAS

- ALONGI, D; MTIRENDI, F; GOLDRICK, A. 1996. *Organic matter oxidation and sediment chemistry in mixed terrigenous-carbonate sands of Nigaloo Reef, Western Australia. Marine Chemistry.* 203-219.
- BALTZER, F. 1982. *La sédimentation et la diagenèse précoce sur les côtes à mangroves. Cah. ORSTOM, Géol.* XII, 175-189.
- BALTZER, F.; PLAZIAT, J.C; PROST, M.T.; RUDANT, J.P. 1995. *Long-term effects of Seasonal changes on geochemical properties of sediments in mangroves-swamps in French Guiana.* III Workshop ECOLAB. Belém-Pará. 51-54p.
- BALTZER, F.; ALLISON, M.; FROMARD, F. 2004. *Material exchange between the continental shelf and mangrove-fringed coasts with special reference to the Amazon-Guianas coast. Marine Geology,* 208:115-126
- BERREDO, J. F; COSTA, M. L; PROGNE, M. P. S; 2008. *Efeito das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará.* Acta Amazonica. 38. 3. 473-482.
- CLARK, M.W., MCCONCHIE, D., LEWIS, D.W., SAENGER, P., 1998. *Redox stratification and heavy metal partitioning in Avicennia-dominated mangrove sediments: a geochemical model.* Chem. Geol. 149, 147–171.
- DELAUNE, R. D; REDDY, K. R. 2005. *Redox Potential.* Biochemistry of Wetlands. Elsevier (in press).
- DIAS, T. A. de C. 2003. *Gestão participativa: Uma alternativa de ecodesenvolvimento para a Reserva Biológica do Lago Piratuba- AP.* 135p. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília.
- FIOT, J.; GRATIOT, N. 2006. *Structural effects of tidal exposures on mudflats along the French Guiana coast. Marine Geology,* (228):25-37.
- FOLK, R. L.; WARD, W. C.1957. *Brazos river bar: a study in the significance of grain-size parameters.* Journal of Sedimentary Research. n.27, p. 3-26.
- KRAUSKOPF, K. B. 1972. *Introdução à geoquímica I.* São Paulo: Polígono S.A. 294p. Tradução de Michal Lando e Paulo S.C. Bogus.
- LANDIM, P. M. B. 2002. *Análise estatística de dados geológicos multivariados.* UNESP – Rio Claro. 120pp.
- LARA, R. J; COHEN, M. C. L. 2006. *Sediment porewater salinity, inundation frequency and mangrove vegetation height in Bragança, North Brazil: na*

ecohydrology-based empirical model. *Wetlands Ecology and Management*. 14:349-358.

MARCHAND, C., LALLIER-VERGÈS, E., BALTZER, F. 2003. *The composition of sedimentary organic matter in relation to the dynamic features of a mangrove-fringed coast in French Guiana*. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 56,119–130.

MARCHAND, C.; BALTZER, F.; LALLIER-VERGÈS, E.; ALBÉRIC, P. 2004. *Pore-water chemistry in mangrove sediments: relationship with species composition and developmental stages (French Guiana)*. *Marine Geology*, (208):361-381

OVALLE, A. R. C; REZENDE, C. E; LACERDA, L. D; SILVA, C. A. R. 1990. Factors affecting the hydrochemistry of a mangrove tidal creek, Sepetiba Bay, Brazil. *Estuar., Coast Shelf Sci.* 31, 639-650.

PEJRUP, M. *The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach*. In: BOER, P. L.; VAN GELDER, A.; NIO, S. D. (Ed). *Tide-influenced sedimentary environments and facies*. D. Reidel, Dordrecht, p. 289-300. 1988.

SHEPARD, F. P. 1954. *Nomenclature base Don sand-silt-clays rations*. *Journal of Sedimentology Petrology*. v.24, n.3, p. 151-158.

SILVEIRA, O. M. F. 1998. *A planície costeira do Amapá dinâmica de ambiente costeiro influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias*. 1998. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará, Belém.

SPOSITO, G; PAGE, A .L. 1985. Cycling of metal ions in the soil environment. In SINGEL, H. (ed). *Metal ions in biological systems*. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 287-332

STEFÁSSON, A; ARNÓSSON, S; SVEINBJÖRSDÓTTIR, A. C. 2005. *Redox reactions and potentials in natural water at disequilibrium*. *Chemical Geology*. 221, 289-311.

XAVIER, D. A; SILVA, P. D. A; BERREDO, J. F; SILVEIRA, O. F. M; DELAVY, F. P; PINTO, N. S. S. 2007. *Propriedades físico-químicas e composição de diatomáceas dos sedimentos na foz do Sucuriju-AP*. Resumo expandido. In: Anais VIII WORKSHOP ECOLAB. Macapá – AP.