



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

MARIA DA CONCEIÇÃO GOMES BENTES

ESTUDO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DO SISTEMA ESTUARINO
LAGUNAR NÍSIA FLORESTA-PAPEBA-GUARAÍRAS

Natal
2006

MARIA DA CONCEIÇÃO GOMES BENTES

**ESTUDO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DO SISTEMA ESTUARINO
LAGUNAR NÍSIA FLORESTA – PAPEBA – GUARAÍRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Ada Cristina Scudelari

Co-Orientadora: Prof^ª Dr^ª Maria Del Pilar Durante Ingunza

Natal – RN

2006

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Bentes, Maria da Conceição Gomes.

Estudo dos sedimentos de fundo do sistema estuarino lagunar
Nísia Floresta - Papeba - Guaraíras / Maria da Conceição Gomes
Bentes. – Natal, RN, 2006.

95 f.

Orientador : Ada Cristina Scudelari.

Co-orientadora: Maria Del Pilar Durante Ingunza.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do
Norte.

1. Sedimentos - Dissertação. 2. Metais pesados - Dissertação. 3.
Guaraíras – Papeba – Nísia Floresta – Dissertação. I. Scudelari, Ada
Cristina. II. Ingunza, Maria Del Pilar Durante. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 639.512

Maria da Conceição Gomes Bentes

**ESTUDO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DO SISTEMA ESTUARINO
LAGUNAR NÍSIA FLORESTA – PAPEBA – GUARAÍRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª Dr^ª Ada Cristina Scudelari
Orientadora - UFRN

Prof^ª Dr^ª Maria Del Pilar Durante Ingunza
Co-orientadora – UFRN

Prof^ª Dr^ª Josette Lourdes de Sousa Melo
Examinador Interno – UFRN

Dr. José Simplicio de Holanda
Examinador Externo – EMPARN

Natal, 19 de junho de 2006

Homenagem Especial

Aos meus pais Orlando Bentes (*in memoriam*) e Neta Bentes, que sempre me encorajaram com suas palavras sábias, ensinando-me sempre a ser melhor como ser humano, deixando-me o maior legado, a dignidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que me dá forças para superar todas as dificuldades que a vida sempre nos impõe.

a minha orientadora Prof.^a Dra. Ada Cristina Scudelari pela orientação e discussões acadêmicas durante todas as etapas do trabalho, pela dedicação, paciência, respeito, amizade e confiança que sempre teve por mim;

a minha co-orientadora Prof.^a Maria del Pilar pelas orientações em sala de aula, sempre disposta a me ajudar em tudo que precisei, durante a execução desse trabalho;

aos professores do LARHISA, que sempre me ajudaram e incentivaram nos momentos mais difíceis.

aos grandes amigos, companheiros dessa longa jornada Josyanne Giesta, Angelina Guedes, Germário Marcos, Fátima Bezerra e todos da turma da pós-graduação de 2003.1, pelos momentos divertidos, pela convivência maravilhosa, que sempre nos tornam melhores do que somos.

Agradeço especialmente a Alfredo Osvaldo Dantas de Azevedo, excelente profissional e grande amigo, pela sinceridade de sua amizade e respeito que sempre me dedicou e que sem a sua imensa ajuda não teria conseguido chegar até aqui.

a Thaise Emanuelli, que sempre esteve pronta a me ajudar não só nas coletas, mas na elaboração dos gráficos e que nos momentos difíceis sempre me deu força e encorajou, meus sinceros agradecimentos e todo o meu carinho.

a Luzia de Fátima Saldanha a quem devo tanto o meu respeito e meu carinho mais sincero.

a Leonor, funcionária da PPgES, que com sua eficiência, carinho e dedicação, cuida como ninguém de tudo que se relaciona as atividades acadêmicas para que nada nos falte.

a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN, pela disponibilidade do seu laboratório para a execução das análises das amostras;

aos funcionários do departamento de Meteorologista da EMPARN, que sempre forneceram dados estatísticos e gentilmente cederam o aparelho GPS para a localização dos pontos de coletas, meus agradecimentos sinceros.

a Luana Freire, pela imensa ajuda que me foi dada na confecção dos mapas,

a Valdo Lopes, técnico do laboratório da EMPARN, pela colaboração inestimável na preparação e execução das análises de granulometria, meus sinceros agradecimentos;

a todos os amigos do laboratório da EMPARN (ex-CDM) pelo companherismo, carinho, e ajuda que sempre me foi dado;

Agradeço especialmente aos meus irmãos Paulo, Izabel, Dulce e Hélder, que em momento algum me faltaram;

as minhas filhas Karinne, Danielle e Isabela, pelo apoio incondicional, amor, carinho e extrema paciência em todos os momentos;

ao meu genro Tales Alexandre pelo apoio e incentivo que sempre me foi despendido;

ao amigo Ival Teixeira, que sempre me incentivou a lutar e nunca desistir dos meus ideais;

ao Sr. Everaldo Joaquim de Santana, pela gentileza e boa vontade, de ter emprestado o barco sempre que foi preciso para as coletas, o que foi imprescindível para a realização desse trabalho.

RESUMO

BENTES, Maria da Conceição Gomes: **Estudo dos Sedimentos de Fundo do Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta - Papeba - Guaraíras/RN**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2006.

O Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta – Papeba – Guaraíras é formado por três corpos d'água (lagunas de Nísia Floresta, Papeba e Guaraíras) interligados por canais e corresponde aos estuários de três importantes rios que desembocam no litoral leste do Rio Grande do Norte, que são o Jacu, o Trairi e o Araraí. Dentre as atividades desenvolvidas no entorno do mesmo, estão à indústria canavieira, a carcinicultura e o turismo. Estas atividades podem acarretar degradação qualidade do ecossistema aquático natural, devido ao desmatamento da vegetação nativa, ocupação de áreas inadequadas como os manguezais e o lançamento de efluentes. As lagunas que compõem o Sistema vêm apresentando forte assoreamento e alterações morfológicas. Isto se deve a ação conjunta de processos antrópicos e processos naturais. Sendo assim é de fundamental importância que sejam feitos estudos que possam contribuir ao conhecimento do meio físico da região.

Nesta dissertação foram estudados os sedimentos de fundo do Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guaraíras, segundo os aspectos de granulometria, matéria orgânica e metais pesados. Foram analisados os sedimentos coletados em campanhas de campo feitas em 2000 e 2005, e os resultados obtidos foram avaliados comparativamente aos resultados dos estudos desenvolvidos por Carvalho (1982), Silveira (1981) e Carvalho (1978). A metodologia seguida nas análises foi a da EMBRAPA.

Conclui-se que os sedimentos do Sistema Estuarino Lagunar são formados por frações granulométricas com classificação textural: areia, silte arenoso, areia siltosa e silte argiloso. Verifica-se que o sistema sofreu alterações quanto aos ambientes deposicionais, indicando que o mesmo vem sofrendo fortes alterações na sua hidrodinâmica. O Sistema apresentou crescimento nos teores de matéria orgânica, e quanto aos metais pesados, os teores de Ferro, Manganês e Zinco foram os mais expressivos, também apresentado acréscimo em suas concentrações no período estudado.

PALAVRAS-CHAVE: Sedimentos - Metais Pesados - Nísia Floresta - Papeba-Guaraíras

ABSTRACT

BENTES, Maria da Conceição Gomes: **Bottom Sediments Study of Estuarine Lagoon System of Nísia Floresta - Papeba - Guaraíras**. Dissertation (Master in Sanitary Engineering). Federal University of Rio Grande do Norte. Natal, 2006.

The Estuarine Lagoon System Nísia Floresta - Papeba - Guaraíras is formed by three bodies of water (lagoons of Nísia Forest, Papeba and Guaraíras) linked by canals and corresponds to the estuaries of three important rivers that discharge in the east coastal of Rio Grande do Norte, that are the Jacu, the Trairi and the Araraí. Among the activities developed around it, there are the sugar cane industry, the shrimp farms and the tourism. These activities can cause degradation quality of the natural aquatic ecosystem, due to the deforestation of the native vegetation, occupation of inadequate areas as the mangroove and the launching of effluent. The lagoons that compose the System have presented strong sedimentation and morphologic alterations. This is because of the joint action of anthropic and natural processes. So it is very important studies must have made to contribute for the knowledge of the environment of the region.

In this dissertation the bottom sediments of Estuarine Lagoon System Sistem of Nísia Floresta - Papeba - Guaraíras have been studied, according to aspects of granulometry, organic substance and heavy metals. The sediments collected made in field campaigns in 2000 and 2005 had been analyzed, and the results gotten were evaluated comparatively to the results of the studies developed by Carvalho (1982), Silveira (1981) and Carvalho (1978). The methodology followed in the analysis was from EMBRAPA.

One concludes that the sediments of the Estuarine Lagoon System are formed by grain sized fractions with textural classification: sand, sandy silt, silty sand and clay silt. It is verified that the system suffered alterations in relation to the depositional environments, indicating that it has been suffering strong alterations in its hydrodynamics. The System presented growth in texts of organic substance, and in relation to the heavy metals, the texts of Iron, Manganese and Zinc were the most expressive, also presented addition in its concentrations in the period studied.

KEY-WORDS: Sediments- Heavy metal - Nísia Floresta-Papeba-Guaraíras

LISTA DE FIGURAS

Figur a 2.1 -	Mapa de localização geográfica do Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta -Papeba- Guaraiás	4
Figur a 2.2 -	Detalhe do Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta-Papeba- Guaraiás..... .	6
Figur a 2.3 -	Campo de várzea, próximo à lagunade Papeba.....	9
Figur a 2.4 -	Manguezal no Rio Baldum.....	9
Figur a 2.5 -	Rio Jacu chegando à laguna de Guaraiás.....	1 1
Figur a 2.6 -	Mapa geológico do Sistema Estuarino Lagunar Nísia-Floresta- Papeba-Guaraiás	1 3
Figur a 2.7 -	Canal de Surubajá após arrombamento.....	1 8
Figur a 2.8 -	Laguna de Nísia Floresta.....	1 9
Figur a 2.9 -	Rio Trairi/Araraí na entrada da Laguna de Nísia Floresta.....	2 0
Figur a 2.10 -	Entrada da laguna de Papeba.....	2 1
Figur a 2.11 -	Laguna de Guaraiás.....	2 3
Figur	Diagrama de Shepard – Classes Texturais de	4

a 4.1 -	Solos.....	4
Figur a 4.2 -	Pontos de coleta no Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta (1982) - Papeba (1981) - Guaraíras (1978).....	4 6
Figur a 4.3 -	Zonas homogêneas da Granulometria de Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta – Papeba - Guaraíras	5 3
Figur a 4.4 -	Zonas homogêneas da matéria orgânica das lagunas de Nísia Floresta e Papeba	5 4
Figur a 5.1 -	Pontos de amostragem do Sistema Estuarino Lagunar em 2000 sobrepostos ao mapa de zonas homogêneas de granulometria de 1980.	5 7
Figur a 5.2 -	Pontos de amostragem do Sistema Estuarino Lagunar em 2000 sobrepostos ao mapa de zonas homogêneas de matéria orgânica de 1980..... ..	5 8
Figur a 5.3 -	Pontos de coletas de 2005 do Sistema Estuarino Lagunar sobrepostos ao mapa de zonas homogêneas de granulometria de 1980.....	6 8
Figur a 5.4 -	Pontos de coletas de 2005 do Sistema Estuarino Lagunar sobrepostos ao mapa de zonas homogêneas de matéria orgânica de 1980.....	6 9

LISTA DE TABELAS

Tabel a 4.1 -	Granulometria, carbono total e matéria orgânica – Nísia Floresta – 1982.....	4
	..	8
Tabel a 4.2 -	Granulometria – Papeba – 1981.....	4 9
Tabel a 4.3 -	Granulometria - Guaraíras – 1978.....	5 2
Tabel a 5.1 -	Granulometria e matéria orgânica da campanha de 2000 do Sistema Estuarino Lagunar.....	5 9
Tabel a 5.2 –	Resultados das análises de metais pesados da campanha de 2000 do Sistema Estuarino Lagunar.....	6 0
Tabel a 5.3 -	Comparação textural na laguna de Nísia Floresta 2000 – 1980.....	6 1
Tabel a 5.4 -	Comparação textural na laguna de Papeba 2000 – 1980.....	6 4
Tabel a 5.5 –	Comparação textural na laguna de Guaraíras 2000 – 1980.....	6 6
Tabel a 5.6 -	Resultados da granulometria e matéria orgânica de Nísia Floresta – 2005.....	7 0
Tabel a 5.7 -	Resultados da granulometria e matéria orgânica de Papeba – 2005.....	7 1
Tabel a 5.8 -	Resultados da granulometria e matéria orgânica de Guaraíras – 2005..	7 1
Tabel a 5.9 -	Resultados das análises de metais pesados de Nísia Floresta – 2005....	7 2
Tabel a 5.10 -	Resultados das análises de metais pesados de Papeba – 2005.....	7 2
Tabel a 5.11 -	Resultados das análises de metais pesados de Guaraíras – 2005.....	7 3
Tabel a 5.12	Comparação textural na laguna de Nísia Floresta 2005 – 1980.....	7 4

-		
Tabela 5.13	Comparação de matéria orgânica na laguna de Nísia Floresta 2005 – 1980.....	7
-	..	5
Tabela 5.14	Comparação textural na laguna de Papeba 2005 – 1980.....	7
-		7
Tabela 5.15	Comparação textural na laguna de Guaraíras 2005 – 1980.....	7
-		9
Tabela 5.16	Pontos para avaliação textural de Nísia Floresta, 1980-2000-2005.....	8
-		0
Tabela 5.17	Pontos para avaliação textural de Papeba 1980-2000-2005.....	8
-		1
Tabela 5.18	Pontos para avaliação textural de Guaraíras 1980-2000-2005.....	8
-		1
Tabela 5.19	Pontos para avaliação da matéria orgânica de Nísia Floresta 1980-2000-2005.....	8
-		2
Tabela 5.20	Pontos avaliação da matéria orgânica de Papeba 1980-2000-2005.....	8
-		2
Tabela 5.21	Pontos avaliação da matéria orgânica de Guaraíras 2000-2005.....	8
-		3
Tabela 5.22	Valores máximos, mínimos e médios de metais pesados em Nísia Floresta.....	8
-		3
Tabela 5.23	Valores máximos, mínimos e médios de metais pesados em Papeba....	8
-		4
Tabela 5.24	Valores máximos, mínimos e médios de metais pesados em Papeba....	8
-		4

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO 2- DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	03
2.1 Considerações Gerais	03
2.2 Localização Geográfica da Área Estudada	04
2.3 Características Sócio – Econômicas	07
2.4 Clima	08
2.5. Vegetação	08
2.6 Rede de drenagem	10
2.7 Geologia	11
2.8 Geomorfologia	14
2.9 Evolução morfológica	16
2.10 Complexo Estuarino Lagunar Nísia Floresta – Papeba – Guaráíras.....	18
2.10.1 Laguna de Nísia Floresta	19
2.10.2 Laguna de Papeba	21
2.10.3 Laguna de Guaráíras	22
CAPÍTULO 3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
3.1 Características dos Metais em Estudo.....	25
3.2 Comportamento dos Metais Pesados em Estuários	26

3.3 Metais Pesados nos Sedimentos	27
3.4 Implicações Ambientais por Metais Pesados	29
3.5 Toxicologia e tolerância dos Metais Pesados	29
3.5.1 Cádmiio	30
3.5.2 Chumbo	31
3.5.3 Zinco	32
3.5.4 Cromo	33
3.5.5 Níquel	34
3.5.6 Cobre	34
3.5.7 Características de Ferro e do Manganês	35
3.5.7.1 Ferro	36
3.5.7.2 Manganês	36
3.6 Influência da Matéria orgânica nos Metais Pesados	37
3.7 Estado da Arte.....	38
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA	42
4.1 Aspectos Metodológicos	42
4.2 Realização dos Ensaio s	43
4.2.1 Determinação da Granulometria	43
4.2.2 Determinação da Matéria Orgânica	44
4.2.3 Determinação dos Metais Pesados	45
4.3 Caracterização dos Sedimentos de fundo do Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guaráiras –1980.....	45
4.3.1 Caracterização do sedimentos de fundo da laguna de Nísia Floresta	45
4.3.2 Caracterização dos sedimentos de fundo de Papeba	48
4.3.3 Caracterização dos sedimentos de fundo da laguna de Guaráiras	50
4.3.4 Mapa de Zonas Homogêneas do Sistema.....	52
4.4 Campanha de campo de 2000 e 2005	55
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1 Caracterização dos sedimentos de fundo do Sistema Estuarino Lagunar de 2000	56
5.1.1 Pontos de Coleta.....	56
5.1.2 Resultados.....	59
5.2 Discussão Comparativa entre as campanhas de 2000 e 1980.....	60
5.2.1 Nísia Floresta.....	60
5.2.2 Papeba	63

5.2.3 Guaraíras	65
5.3 Caracterização dos sedimentos de fundo Sistema Estuarino Lagunar em 2005.....	67
5.3.1 Pontos de Coleta	67
5.3.2 Resultados.....	70
5.4 Discussão comparativa entre as campanhas de 2005 e 1980.....	73
5.4.1 Nísia Floresta	73
5.4.2 Papeba.....	76
5.4.3 Guaraíras	78
5.5 Discussão comparativa das campanhas de 1980, 2000 e 2005 do Sistema Estuarino Lagunar.....	80
5.5.2 Matéria Orgânica.....	82
5.5.3 Metais Pesados	83
.....	
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES	86
REFERÊNCIAS	88

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Norte possui uma linha de costa de aproximadamente 400 km, caracterizada por belas paisagens costeiras, que apresentam variações morfológicas desde falésias de colorações diversas e arrecifes de águas claras com rica fauna marinha até praias arenosas. Dentre esta diversidade de paisagens, destaca-se no litoral oriental sul o Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta – Papeba - Guaraíras., inserido no domínio político dos municípios de Nísia Floresta, Arês, Senador Georgino Avelino, Goianinha e Tibau do Sul.

Este Sistema é formado por três corpos d'água (lagunas de Nísia Floresta, Papeba e Guaraíras) interligados por canais e corresponde aos estuários de três importantes rios que desembocam no litoral leste do Rio Grande do Norte, que são Jacu, Trairi e Araraí.

Os municípios que abrigam o referido Sistema vêm apresentando um grande potencial de desenvolvimento e conseqüentemente um crescimento na taxa de ocupação, segundo o Instituto de Desenvolvimento Econômico do Meio Ambiente – IDEMA (2005).

Dentre as atividades desenvolvidas no entorno do mesmo, estão à indústria canavieira, a carcinicultura e o turismo. Estas atividades podem acarretar degradação da flora local, devido ao desmatamento da vegetação nativa, ocupação de áreas inadequadas como os manguezais e o lançamento de efluentes, deteriorando assim a qualidade do ecossistema aquático natural.

O referido Sistema possui uma dinâmica muito delicada e frágil, conforme se pode constatar nos trabalhos de Carvalho (1978), Silveira (1981) e Carvalho (1982), Bagnoli e

Farias (1995), Melo (1997), Scudelari *et al* (1998 e 1999), Santos Jr. *et al* (1999), Scudelari e Medeiros (1999), Melo (2000), Amaral (2000), Diniz *et al* (2000), Scudelari *et al* (2000), Santos Jr. *et al* (2001), Scudelari *et al* (2001a), Scudelari *et al* (2001b) e Pereira (2004).

As lagunas que compõem o Sistema vem apresentando forte assoreamento e alterações morfológicas. Isto se deve a ação conjunta de processos antrópicos e processos naturais. Sendo assim é de fundamental importância que sejam feitos estudos que possam contribuir ao conhecimento do meio físico da região para que ações de regulamentação preventiva possam ser implantadas pelo poder público a fim de garantir a qualidade ambiental da região.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo estudar os sedimentos de fundo do Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta – Papeba - Guaraíras, segundo os aspectos de granulometria, matéria orgânica e metais pesados. Para tanto são analisados os sedimentos coletados em campanhas de campo feitas em 2000 e 2005, e os resultados obtidos são avaliados comparativamente aos resultados dos estudos desenvolvidos por Carvalho (1978), Silveira (1981) e Carvalho (1982), aqui denominados de campanha de 1980, que estudaram os sedimentos, segundo aspectos de granulometria e matéria orgânica, de Guaraíras, Papeba e Nísia Floresta respectivamente.

O estudo granulométrico visa contribuir para o entendimento da evolução morfológica da região através das alterações nos ambientes deposicionais do sistema. O estudo da matéria orgânica além de contribuir para o entendimento da evolução morfológica, visa contribuir ao conhecimento do comportamento dos metais pesados na região. O estudo dos metais pesados, além da determinação dos seus teores, visa contribuir ao conhecimento da qualidade ambiental do sistema.

O trabalho foi dividido em 6 capítulos. O capítulo 2 resume todas as informações da região como: localização, características sócio-econômicas, clima, vegetação, geologia, geomorfologia, rede de drenagem, evolução morfológica, as ações antrópicas e as características do Sistema Estuarino Lagunar. O capítulo 3 mostra as características físico-químicas dos metais pesados, sua ocorrência, seu comportamento nos estuários e sedimentos e o que contribui para sua toxidez. É relatado também o comportamento da matéria orgânica nos sedimentos e a granulometria. O capítulo 4 relata a metodologia utilizada na realização dos ensaios para a determinação da granulometria, dos teores de matéria orgânica e da concentração dos metais pesados. Também é apresentada a caracterização do Sistema referente aos trabalhos de Carvalho (1978), Silveira (1981) e Carvalho (1982), aqui denominados de campanha de 1980 e que servem como base de

comparação para este estudo. O capítulo 5 expõe toda a caracterização dos sedimentos de fundo do Sistema em estudo feita na campanha de 2000 e 2005, determinando os mesmos parâmetros citados no capítulo 4 e também apresenta a discussão dos resultados em relação a 1980. Por fim, No capítulo 6 têm-se as conclusões sobre a pesquisa, e as sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO

Neste capítulo são apresentadas a localização geográfica da área estudada e suas principais características sócio-econômicas e aspectos fisiográficos, como clima, vegetação, geologia, geomorfologia e rede de drenagem. Apresenta-se também uma síntese da evolução morfológica do Sistema. Algumas características específicas pertinentes a cada laguna também são apresentadas ao final do capítulo.

2.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Estado do Rio Grande do Norte possui uma extensão de linha de costa em torno de 400 km. Uma significativa parcela de sua economia está associada a atividades que são desenvolvidas na região costeira. Nesse sentido, destacam-se o turismo, a cultura canavieira e a aqüicultura, como elementos geradores de riquezas.

A zona costeira do Rio Grande do Norte divide-se em dois setores: norte e oriental. A zona costeira oriental, região objeto do presente trabalho, apresenta algumas feições morfológicas típicas como dunas, falésias, tabuleiros, planícies flúvio-marinhas e lagoas costeiras.

Neste setor costeiro está situado o Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta - Papeba - Guaráiras. Localizado na costa leste do Estado, distando cerca de 40 km de Natal, vem sofrendo várias modificações no decorrer do tempo, provocadas por processos naturais e por uma série de intervenções antrópicas.

Em função disso, o Sistema tem sido alvo de vários estudos desde a década de 70, como, a caracterização dos sedimentos de fundo feita por Carvalho (1978), Silveira (1981) e Carvalho (1982), respectivamente. Bagnoli e Farias (1995) também apresentaram uma discussão a respeito da evolução morfológica e em termos de estudos geológicos e geomorfológicos dessa região, podem-se citar os trabalhos de Melo (1997), Melo (2000) e Amaral (2000). Scudelari *et al* (1998 e 1999), Scudelari e Medeiros (1999), Scudelari *et al* (2000), Scudelari *et al* (2001a), Scudelari *et al* (2001b), e Pereira (2004) apresentaram caracterização e diagnóstico ambiental enfatizando o meio físico do referido Sistema Estuarino, identificando os vários impactos exercidos sobre as lagunas.

Os principais problemas identificados na área referem-se ao assoreamento a que vem sendo submetido todo o Sistema e a erosão pluvial e costeira. Nesse sentido, trabalhos de Santos Jr. *et al* (1999), Diniz *et al* (2000), Santos Jr. *et al* (2001) e Pereira (2004), procuraram identificar as causas e entender os mecanismos de ação de tais processos.

2.2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA ESTUDADA

O Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta – Papeba – Guaraíras, está inserido numa Área de Preservação Ambiental (APA), criada pelo Decreto nº 14.369, de 22 de março de 1999, do governo do Estado do Rio Grande do Norte, a 60 km ao sul de Natal, capital do Estado (Figura 2.1).



Figura 2.1 - Mapa de localização geográfica do Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta -Papeba- Guaraiás ,Fonte: SUDENE (1971)

Os municípios que compreendem esse Sistema são: São José de Mipibu, Arês, Senador Georgino Avelino, Nísia Floresta, Tibau do Sul e Goianinha, e estendendo-se por uma área de 180 km². O acesso à área é feito pela BR – 101 e pela RN – 003 que liga o município de Goianinha ao de Tibau do Sul, distando de Natal/RN cerca de 80 km.

O Sistema estudado é formado por três corpos de água (lagunas de Nísia Floresta – Papeba – Guaraiás), interligados por canais e esse Sistema corresponde aos estuários de três rios importantes que desembocam no litoral leste do Rio Grande do Norte que são: Jacu, Trairi e Arará (Figura 2.2).

A laguna de Guaraiás tem orientação principal na direção SW-NE com comprimento em torno de 7 km e largura média de 2 km. A de Nísia Floresta é orientada no sentido NW-SE, possuindo comprimento de 4,5km e largura variável, com um máximo de 1,6km. E a de Papeba é a menor das três, com uma forma aproximadamente circular, de diâmetro em torno de 0,8km. A ligação entre as lagoas de Guaraiás e Papeba é feita pelo canal de Surubajá, enquanto que entre Papeba e Nísia Floresta se dá por meio do canal do Boqueirão. A comunicação com o mar é feita através da laguna de Guaraiás, por meio de um canal com aproximadamente 350 m de largura.

O Sistema Estuarino sofre influência das marés em função da ampla ligação com o mar na embocadura de Guaraíras. Durante a preamar, a elevação do nível de água nas lagoas chega a 1,5m em Guaraíras, e 0,5m em Nísia Floresta e Papeba.

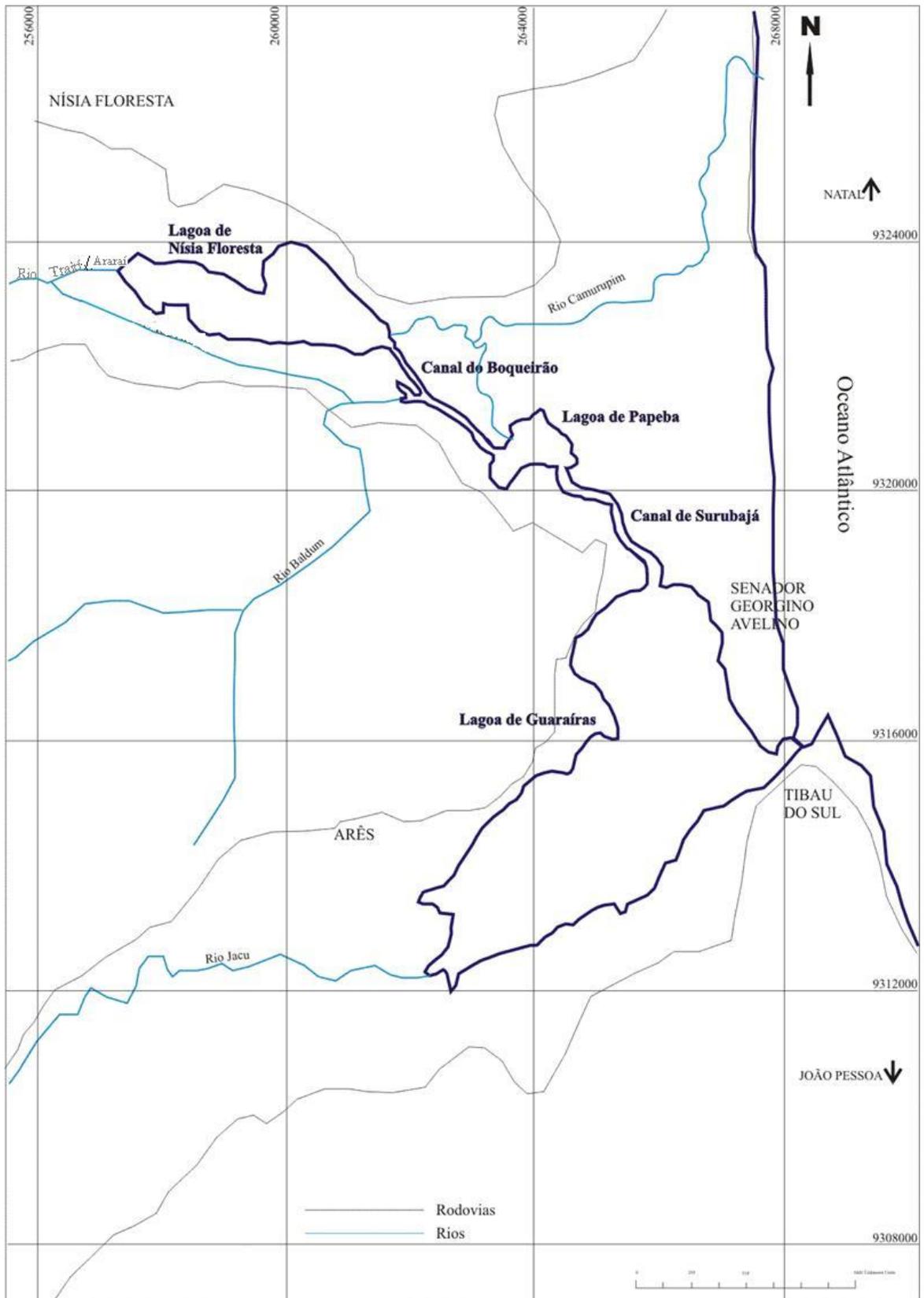


Figura 2.2 - Detalhe do Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guarairas

2.3 - CARACTERÍSTICAS SÓCIO – ECONÔMICAS

Alguns municípios da área em estudo datam de uma urbanização recente, com início na década de 60, como Senador Georgino Avelino e Tibau do Sul. Outros são mais antigos, criados no século XIX como São José de Mipibu em 1785, Arês em 1876, Nísia Floresta em 1852 e Goianinha em 1832 (IDEMA, 2005).

Segundo Melo (2000), a área apresenta uma atividade sócio-econômica ligada principalmente às atividades de agricultura, através do cultivo da cana-de-açúcar, de hortaliças e a aqüicultura, com criação de camarão, peixes e ostras. Porém, o enfoque maior da atividade sócio-econômica que vem tomando grande impulso, é o turismo, passando a representar uma importante fonte de arrecadação local, a qual tem se destacado principalmente na laguna de Guaraíras e nas praias de Tibau do Sul e Pipa.

Outra atividade que apresenta grande interesse atualmente na região é a exploração da carcinicultura, que em 2004 apresentou a maior taxa de crescimento anual do Estado com mais de 1.716% comparado os anos de 1999 a 2003, obtendo o primeiro lugar na pauta de exportação estadual (CLUSTER DO CAMARÃO, 2004).

Segundo levantamento feito pelo Instituto de Desenvolvimento Econômico do Meio Ambiente - IDEMA em 2004, denominado “Cadastramento dos Carcinicultores no Estado do Rio Grande do Norte”, existem empreendimentos de carcinicultura às margens das lagunas, sendo a maioria considerada de pequeno e médio porte.

Reafirmando essa situação, conforme o “Plano de Desenvolvimento Sustentável para a Carcinicultura no Rio Grande do Norte” (CLUSTER DO CAMARÃO, 2004), apenas 33 produtores de camarão de cativeiro solicitaram licença ambiental para o desenvolvimento da atividade.

De maneira geral, os produtores que não dispõem de tecnologia e recursos financeiros, por questões de economia nos custos de produção, impactam fortemente as águas das lagunas através do despejo de efluentes ricos em material orgânico, cloro, biocidas, cal, etc.

2.4 - CLIMA

O clima dessa região é determinado, segundo a classificação de Köppen, como quente e úmido com predominância de precipitação pluviométrica, cuja média anual é de 1.400 mm sendo as maiores concentrações entre os meses de março e agosto.

Esta área situa-se numa zona de transição entre os tipos sub-úmido, úmido tropical e sub-úmido seco tropical, com uma temperatura média anual entre 20 e 25^oC, e a umidade relativa do ar oscilando entre 75% e 80%.

Segundo a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN *apud* Melo (2000), os fatores que mais influenciam para que o clima seja quente e úmido, é a sua localização geográfica e duas estações bem definidas: uma seca, entre os meses setembro e fevereiro e outra chuvosa, entre os meses de março e agosto.

Os ventos úmidos apresentam uma predominância no quadrante sudeste, sendo que no verão predominam os alísios e os contra-alísios com velocidade média de 2,06 m/s (4 nós) durante todo ano, os quais não penetram muito além do litoral. A umidade relativa do ar é em torno de 75% e a insolação média anual é de 2.954 horas (EMPARN, 2005).

2.5 - VEGETAÇÃO

Os Informativos Municipais do Instituto de Desenvolvimento Econômico do Meio Ambiente – (IDEMA, 2005) identificam e caracterizam os vários tipos de formações vegetais presentes na área, quais sejam:

- campos de várzea - tipo de vegetação que ocorre nas várzeas úmidas e na periferia dos cursos d'água formado especialmente por tipos herbáceos da família das gramíneas e ciperáceas (Figura 2.3);



Figura 2.3 – Campo de várzea, próximo à lagunade Papeba

- manguezal - sistema ecológico costeiro tropical dominado por mangues e animais típicos, aos quais se associam outras plantas e animais, adaptados a um solo que é inundado periodicamente pelas marés, com uma salinidade bastante variada (Figura 2.4);

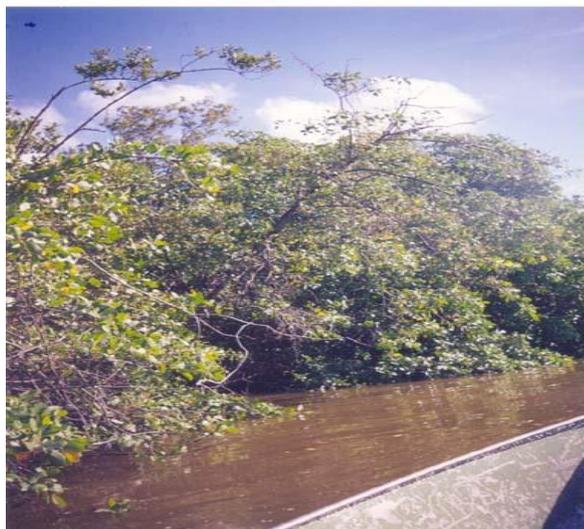


Figura 2.4 – Manguezal no Rio Baldum

- vegetação de tabuleiros - encontrada cobrindo os Tabuleiros costeiros em áreas onde ocorre a intervenção antrópica e que são semelhantes aos cerrados;

- formação de praias e dunas, que consiste na vegetação fixadora de areias, nativa de dunas.

A presença da mata Atlântica ainda é percebida tanto nos platôs como nas vertentes, assim como a existência de fruteiras como coqueiros, cajueiros, bananeiras e mangueiras, além dos extensos canaviais nos platôs.

2.6 - REDE DE DRENAGEM

Como a região esta estabelecida entre platôs e vales há o favorecimento da permanência de águas superficiais, encontrando-se uma rede de drenagem bem definida com canais fluviais, lagoas, lagoas, canais artificiais, estuário e mar, formando um Sistema Estuarino Lagunar de grande porte.

Este Sistema é formado pelas três lagoas, hoje lagoas devido ao seu contato com as águas marinhas, Nísia Floresta, Papeba e Guaraíras, estando inserido na bacia hidrográfica dos rios Jacu, na cabeceira da laguna de Guaraíras, Baldum, na proximidade da laguna de Papeba, e Trairi e Araraí, na cabeceira da laguna de Nísia Floresta. Estes são responsáveis pelo escoamento de água doce como também pelo carreamento de sedimentos provenientes do continente para a zona estuarina costeira (Carvalho, 1978) (Figura 2.2).

À jusante, através da desembocadura da laguna de Guaraíras o Sistema tem acesso com o mar, sendo alimentado pela maré e estando sujeito a todas as variações da mesma. Com este acesso o Sistema, que é interligado por canais artificiais, funciona como estuário dos citados rios, pelo fato de que se encontram nos seus vales (Pereira, 2004).

Encontram-se também na região aquíferos confinados ou semi-confinados na Formação Barreiras, além dos aquíferos aluvionares presentes sob os leitos e terraços dos rios e riachos (IDEMA, 2005).

O rio Trairi tem sua nascente na serra do Cuité na Paraíba, apresentando um leito de até 4 km de largura, percorrendo vários municípios até chegar à laguna de Nísia Floresta. Sua bacia possui cerca de 2.384 km² de área, abrangendo parte da região do agreste e litoral leste do Estado e cortando a área direção E – W (Melo, 2000).

O rio Jacu é perene, oriundo de regiões cristalinas, de curso regular, desembocando na extremidade sul da laguna de Guaraíras. Forma uma vasta planície aluvionar, atravessando a área com direção Sudoeste-Nordeste e propiciando a formação de extensos manguezais (Melo, 2000) (Figura 2.5).

O rio Baldum é de menor expressão, desemboca no canal do Boqueirão nas proximidades da laguna de Papeba e sua ligação com a laguna de Guaraíras é feita pelo

canal de Surubajá, enquanto que a comunicação com o mar se dá através da laguna de Guaraíras, por um canal com 350 m de largura.



Figura 2.5 – Rio Jacu chegando à laguna de Guaraíras

Outra contribuição fluvial importante é a do rio Araraí que consiste em um canal perene, o qual lança suas águas permanentemente na laguna de Nísia Floresta, contribuindo de forma constante com um aporte de água doce para a mesma.

Sobre o regime de perenização desses rios, Melo (2000) complementa: “A perenização dos rios e riachos locais principalmente nos seus baixos cursos, decorre basicamente do índice pluviométrico elevado e de contribuições subterrâneas”.

O Sistema Lagunar apresenta características próprias de sistema estuarino como: variações de salinidade, de densidade da água, da flora, da fauna, turbidez das águas, além de variação da temperatura.

2.7 - GEOLOGIA

A geologia da região é caracterizada por coberturas sedimentares, sendo formada por uma seqüência sedimentar neoceno-zóica, (Carvalho, 1978). No entorno da laguna de Guaraíras, os sedimentos da Formação Barreiras são predominantes, ocorrendo também em porções aflorantes por toda área, além, de formar o embasamento da laguna.

O litoral oriental do Rio Grande do Norte, onde está inserido o Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta – Papeba - Guaraíras, apresenta uma geologia caracterizada por

sedimentos cenozóicos, os quais são compreendidos pelas formações Potengi e Barreiras e por dunas (Pereira, 2004).

A Formação Barreiras expõe-se por toda faixa litorânea, acompanhando a linha de costa ou reabrindo até 50 km no continente por toda a extensão oriental do litoral dos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (PROJETO RADAM BRASIL–Mapa Geomorfológico, 1981).

Predominam sedimentos argilosos, com cores variadas, esbranquiçadas e até avermelhadas. São comuns os níveis conglomeráticos com seixos subangulosos. Podem ocorrer também intercalações sílticas, ocorrendo formação de tabuleiros ao longo de todo o litoral. Geralmente são sedimentos pouco consolidados.

A região é formada por dunas móveis e fixas sobreposta a um tabuleiro costeiro onde se identificam pontos de instabilidade de encostas nas proximidades da planície de inundação (Pereira, 2004).

Em seu estudo sobre a região do Sistema Estuarino-Lagunar, Melo (2000) descreve que a unidade da região estudada é composta por rochas do embasamento pré-cambriano. Sobrepostos a este, encontram-se depositados os sedimentos mesozóicos siliciclásticos na base e carbonáticos no topo (Figura 2.6).

Em discordância erosional com os sedimentos mesozóicos está uma das principais unidades geológicas da região litorânea, constituída por sedimentos de textura variada, em geral, não consolidadas, atribuídos à Formação Barreiras, cuja idade varia do Terciário Superior ao Quaternário Inferior (Pereira, 2004).

Os sedimentos quaternários, sub-recentes e recentes, sobrepostos à Formação Barreiras, são constituídos basicamente por areias de dunas, coberturas arenosas, além de sedimentos aluvionares recentes ao longo das drenagens e sedimentos de mangues na faixa intermaré. Também na porção litorânea estão as rochas supra Barreiras, as planícies e os *beach rocks*. A geologia da área, de acordo com Melo (2000), é mostrada na Figura 2.6.

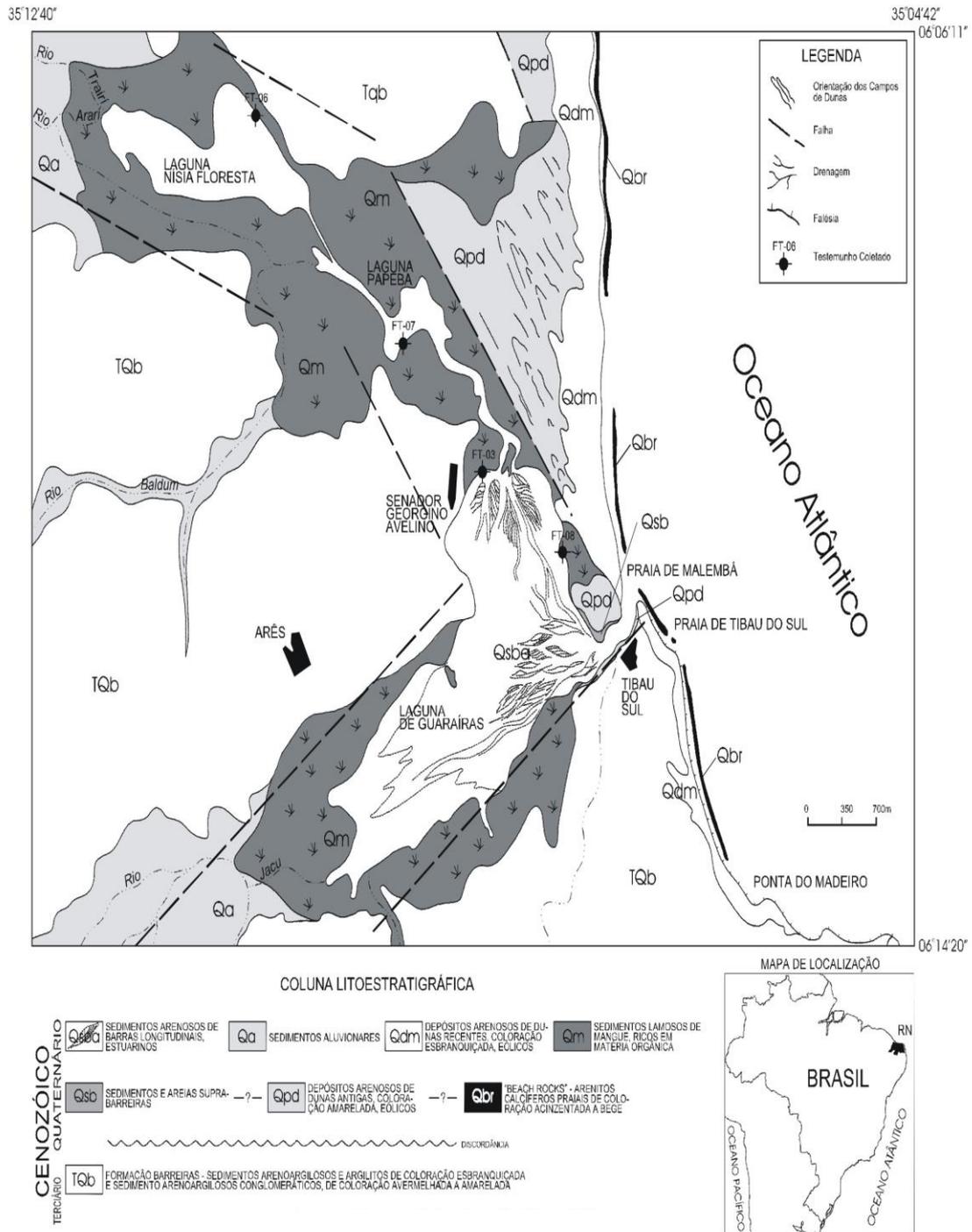


Figura 2.6 – Mapa geológico do Sistema Estuarino Lagunar Nísia-Floresta-Papeba-Guarairás (Melo, 2000).

Amaral (2000) cita as seguintes formações do litoral oriental do Rio Grande do Norte:

- A Formação Barreiras onde predominam os sedimentos areno-argilosos, com intercalações sílticas e conglomeráticas;
- Os depósitos eólicos ou dunas que são sedimentos eólicos que se distinguem em imagens de sensores remotos, por não apresentar vegetação de grande porte e formam extensos cordões paralelos à praia;
- Os depósitos fluvio-lacustres que são sedimentos associados aos leitos dos rios principais, podendo possuir granulação tão grossa quanto o cascalho;
- Os arenitos de praia;
- Os sedimentos da plataforma.

2.8 - GEOMORFOLOGIA

Com base nos trabalhos de Carvalho (1978), Carvalho (1982), verifica-se que a geomorfologia da região estudada inclui os seguintes tipos de relevos:

- Tabuleiros litorâneos – que não ultrapassam 80 metros de altitude, sustentados pelo substrato rochoso de sedimentos terciários da Formação Barreiras, com espessuras e cores variadas (Carvalho, 1982). Sua morfologia consiste em colinas amplas de topos planos com vertentes bem inclinados e fundos planos. Quando em contato com as águas oceânicas originam as falésias
- Falésias – são encostas costeiras ou escarpas entalhadas nos sedimentos de Formação Barreiras, fazendo ora com o mar ora com as lagoas;
- Vales dos rios e riachos – formando feições características de ambientes fluviais, constituindo planícies aluvionares e terrenos estuarinos também chamados de planície de mangues (Carvalho, 1982);
- Lagoas costeiras – que correspondem a corpos de água superficiais, salgada, preenchendo depressões dentro dos vales fluviais;
- Praias – que consistem no estirâncio de areia que faz a interface com o mar, e é delimitada pela preamar e pela baixa-mar;
- Dunas – ao longo da costa, na porção leste da área, fazendo interface com o mar, constituídas de sedimentos arenosos de diversas granulometrias, formando uma cobertura para os sedimentos da Formação barreiras. São formadas principalmente pela ação dos ventos alísios e apresentam-se como dunas móveis e fixas (Carvalho, 1982).

Segundo Pereira *et al* (1996) são identificadas na região, as seguintes unidades geotécnicas:

- As planícies de maré que compreendem os sedimentos lamosos e arenosos presentes nos manguezais do rio Baldum e da laguna de Nísia Floresta;
- A planície aluvial localiza-se nas regiões de baixadas ao longo dos rios de baixa vazão e riachos, sendo planícies compostas por sedimentos areno-argilosos, com matéria orgânica, podendo atingir até 10 metros de espessura;
- A planície costeira é formada por areias quartzosas eólicas, desprovidas de vegetação natural, com largura máxima em torno de 500m e nível freático aflorante e sub-aflorante. Ocorre a formação sazonal de lagoas e canais temporários pela oscilação do lençol subterrâneo;
- A orla costeira corresponde ao estirâncio das praias formadas por sedimentos quartzosos finos e com presença marcante de recifes. Na orla costeira estão incluídas as falésias das praias de Tabatinga e Pirambuzios, compostas por sedimentos da Formação Barreiras;
- Lençol arenoso, localizado sobre os tabuleiros, sendo sedimentos quartzosos eólicos, inconsolidados, com lençol freático aflorante, formando lagoas;
- O campo dunar compreende as dunas móveis e fixas, localiza-se na porção central da área, e é constituído por areias quartzosas eólicas inconsolidadas, podendo atingir até 40 metros de altura;
- As vertentes ocorrem principalmente ao longo das margens dos rios e subordinamente na parte leste da lagoa do Bonfim, composta apenas pelas rochas sedimentares da Formação Barreiras com cobertura de solos arenosos mais finos no topo e mais espessos na base;
- Os tabuleiros que são terrenos ligeiramente ondulados compostos por rochas da Formação Barreiras, com cobertura de solo residual arenoso e altitude média em torno de 55 a 65 metros.

Ainda, no Sistema estudado podem-se identificar as feições geomorfológicas, as quais são descritas da seguinte maneira (Melo, 2000):

- Modelados fluviais: correspondem aos tabuleiros recortados por vales aluviais dos principais cursos d'água da área, os quais encontram-se encaixados em depressões esculpidas nos sedimentos da Formação Barreiras;
- Sistema estuarino-lagunar: compreende o sistema de três lagoas Nísia Floresta, Papeba e Guaraíras, as quais interagem através dos canais artificiais do Boqueirão e Surubajá. A laguna de Guaraíras corresponde a zona de estuário do Sistema, recebendo diretamente o

fluxo e refluxo das correntes de maré. As feições morfológicas dessa laguna são um delta de maré vazante e barras arenosas estuarinas no seu interior;

- Feições costeiras: são representadas pelas falésias, praias, bermas e dunas. As falésias estão esculpidas nos sedimentos da Formação Barreiras e de forma abrupta, em consequência do termino brusco dos tabuleiros.

2.9 - EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA

As evoluções morfológicas ocorreram na região do Sistema, principalmente no que se refere a rede de drenagem. Ressalta-se que, as evoluções conhecidas mais significativas, ocorreram devido às influências antrópicas no ambiente.

De acordo com os estudos de Bagnoli e Farias (1995) o desenvolvimento da laguna de Guaraíras está atrelado a um abaixamento do nível do mar, ocorrido após a última grande transgressão holocênica. Na época houve uma intensa migração para o sul de um esporão arenoso, aprisionando assim uma laguna alimentada por rios e de forma intermitente pelo mar. As modificações sofridas por essa laguna são bem particulares, pois de acordo com o mapa de Albernaz, de 1612, havia uma ligação entre ela e o mar e apresentava-se circundada por intensa vegetação.

Em 1638 Guaraíras encontrava-se separada do mar, fazendo-se supor que entre 1612 e 1638, ocorreu o fechamento da barra pelo desenvolvimento para o sul de um esporão de areia, passando de laguna para lagoa. A barra obstruída da laguna e as ligações desta com as lagunas vizinhas e o rio Trairi são registrados de forma detalhada pelo alemão Georg Marcgrave, no mapa de 1643.

Quando ocorriam as grandes enchentes, as lagoas transbordavam e o rio Camurupim servia de estuário, desaguando no mar parte do grande fluxo de água proveniente principalmente da laguna de Nísia Floresta. Nesses períodos de cheia, a laguna de Guaraíras, sendo a mais próxima do mar, alargava seu espelho d'água de tal forma que suas águas cobriam as plantações cultivadas na região.

Em 1923 o Governo do Estado do Rio Grande do Norte abre neste esporão que isolava a lagoa com o mar, um estreito canal com a finalidade de drenar a lagoa, para conquistar mais terras para o plantio da cana-de-açúcar.

Um alargamento catastrófico deste canal, aberto pelo Estado, ocorreu em 14/04/1924, no ápice da maior enchente registrada no século XX e em questão de horas, o canal de poucos metros de largura, foi arrombado em cerca de 200 metros pela ação violenta das águas trazidas pelos rios Jacu e Trairi, ficando assim a laguna de Guaraíras permanentemente ligada ao mar até os dias atuais.

A partir deste ocorrido, o ecossistema Estuarino Lagunar passou a sofrer maior incidência das marés em função da ampla ligação com o mar na embocadura da laguna de Guaraíras, contribuindo para o seu assoreamento e também pelo aumento da incidência de manguezal, devido à salinidade das águas e dos solos. Com a entrada da água do mar e as interligações entre as lagoas, as mesmas tornaram-se lagunas de água salobra, uma espécie de braço de mar, e passaram a desenvolver fauna e flora características de ambiente de transição.

Depois desse acontecimento o Sistema passou a sofrer uma grande influência das marés, causando alterações significativas na dinâmica hídrica e sedimentar do mesmo, além de assorear a rede de drenagem, o curso de água ficou invertido, mudando a sua direção saindo um pouco do canal de Camurupim.

Diniz (2000) relata que foram feitas obras de dragagem e linearização dos canais artificiais do Boqueirão e de Surubajá objetivando manter a ligação entre as três lagunas, como também foi construída a barragem de Surubajá, em 1962.

De acordo com Carvalho (1982), essa barragem tinha finalidade de impedir o escoamento de água salgada para a laguna de Nísia Floresta, funcionando com comportas o que permitia apenas o escoamento de água doce na baixa-mar.

Porém, essa barragem causou problemas com a diminuição do espelho d'água das lagunas a montante, qual seja uma maior deposição de sedimentos de granulação fina, além da diminuição da salinidade, comprometendo os ecossistemas.

Com uma nova enchente em 1974 o Sistema sofreu alterações e uma delas foi o alargamento do rio Trairi que segundo Carvalho (1982), perdeu o seu vale original e interligou-se ao rio Araraí, provocando um forte assoreamento no seu talvegue. A outra ocorrência foi o arrombamento parcial da barragem de Surubajá aumentando a influência da maré nos canais e lagunas à montante (Figura 2.7).



Figura 2.7 - Canal de Surubajá após arrombamento

Essa barragem ocasionou tanto para a laguna de Nísia Floresta como para a laguna de Papeba, graves conseqüências, pois as águas vindas da maré enchente, trazidas pelas correntes, chocam-se com a mesma, provocando a deposição da carga sedimentar e este fato é constatado durante a maré baixa, onde as barras de lama ficam expostas.

A ação das poucas ondas e a pouca profundidade da laguna fazem com que boa parte da carga sedimentar permaneça em suspensão, atingindo a parte central da laguna, inclusive em áreas de baixa circulação de águas, assoreando cada vez mais o ambiente.

Outras modificações vêm ocorrendo recentemente, e de forma bem significativa, com as instalações de viveiros de camarão nas margens das três lagunas, principalmente na laguna de Nísia Floresta, mudando o escoamento natural da rede de drenagem (Pereira, 2004).

Além de tudo isso, observa-se ao longo do tempo, modificações sofridas no contorno das lagunas no que se refere a sua posição, principalmente Guaraíras, devido as correntes provenientes da preamar que vão arrastando os sedimentos que compõem a margem fazendo com que essas recuem gradativamente.

2.10 - SISTEMA ESTUARINO LAGUNAR NÍSIA FLORESTA – PAPEBA – GUARAÍRAS

A seguir, serão apresentadas algumas características específicas pertinentes às lagunas que compõem o Sistema.

2.10.1 - LAGUNA DE NÍSIA FLORESTA

A laguna de Nísia Floresta era conhecida como Paraguaçu no século XVII, mudando para Papary e atualmente Nísia Floresta. Possui 4,5km de comprimento na direção leste-oeste e 1,6km na direção norte-sul (Figura 2.8).



Figura 2.8 – Laguna de Nísia Floresta

Intercomunica-se com a laguna de Papeba através do canal artificial do Boqueirão com 2,5km de comprimento, e com Guaraíras, através do Canal de Surubajá, com, 1,5km, a qual constitui na drenagem natural desse sistema de lagunas (Melo,2000),(Figura 2.2).

A laguna de Nísia Floresta é rasa de circulação restrita de água salgada, fundo bastante homogêneo, tendo características de uma lagoa costeira e sofrendo o processo de colmatação até os dias de hoje, cujos rios que a alimentam, Trairi e Araraí, são seus maiores fornecedores de sedimentos.

Suas áreas pantanosas e de manguezais se estendem ao longo de suas margens e as grandes extensões da laguna já colmatadas e transformadas em terra firme, indicam que o processo de entulhamento, muito mais ativo nos dias atuais, reflete na distribuição dos sedimentos através de uma complexa associação de influências ambientais, passadas e recentes (Figura 2.9).



Figura 2.9 – Rio Trairi/Araraí na entrada da Laguna de Nísia Floresta

Os arredores da laguna de Nísia Floresta, caracterizam-se pelos depósitos pertencentes ao Grupo Barreiras. Este grupo estende-se de norte ao sul da área sendo representado pela Formação Guararapes, com ocorrência do intemperismo Riacho Morno (Araújo, 1973).

Uma das características importantes da área é a presença dos aluviões. Trata-se de depósitos fornecidos pelas margens e vertentes, constituídos em sua maioria de siltes e argilas, sendo levados pelas águas dos rios que são depositados ao longo das áreas de fraca energia. Essa laguna é alimentada pelos rios Trairi e Araraí na direção nordeste. Segundo Carvalho (1982), o sedimento que recobrem o fundo dessa laguna provém de áreas a montante sendo transportados principalmente pelos rios Trairi e Araraí.

Já para jusante, todo material depositado é oriundo da ação das águas oceânicas que penetram através da laguna de Guaraíras e alcançam aproximadamente 17 km, atingindo a desembocadura do rio Trairi na porção Noroeste da laguna de Nísia Floresta.

A área é circundada pelos sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras e pela própria natureza desses sedimentos, a rede de drenagem transporta muito material argiloso, principalmente nos períodos de maior descarga pluviométrica, que são trazidos em suspensão, floculando em contato com a água salgada proveniente da laguna de Guaraíras com uma conseqüente sedimentação (Melo, 2000).

Com relação à circulação das águas nessa laguna, pode-se caracterizá-la da seguinte maneira: na preamar, a água salgada oriunda da Laguna de Guaraíras penetra na laguna de Nísia Floresta, através dos canais anteriormente citados; enquanto na baixa-mar, as águas retornam para o mar, acrescidas da descarga líquida dos rios (Carvalho, 1978).

2.10.2 - LAGUNA DE PAPEBA

É a menor das três lagunas possuindo uma área de 2,0 km² e está localizada no centro do Sistema Lagunar, sendo alongada na direção norte-sul. Papeba é uma laguna rasa, cuja profundidade oscila entre 0,5 a 0,75 metros e nos canais na direção noroeste e centro-sul da laguna, registra-se um aumento de profundidade atingindo de 0,9 a 1,5 metros (Figura 2.2).

Comunica-se a noroeste com a Laguna de Nísia Floresta através do Canal do Boqueirão, a sudoeste com o rio Baldum e a sudeste com a Laguna de Guaraíras, através do Canal de Surubajá (Silveira, 1981). A circulação das águas nessa laguna apresenta-se de duas maneiras e estão relacionadas diretamente aos movimentos de fluxo e refluxo das marés (Figura 2.10).



Figura 2.10 – Entrada da laguna de Papeba

Na preamar as águas marinhas provenientes da laguna de Guaraíras alcançam-na através do Canal de Surubajá, ocasionando assim uma perda considerável de energia e conseqüente deposição da carga sedimentar em sua distribuição lateral. Na baixa-mar, as águas marinhas acrescidas dos cursos fluviais, transportam para a laguna sedimentos terrígenos fluviais. (Silveira,1981).

Esse processo também está relacionado à diferença de densidade das águas, uma vez que o aporte fluvial é contínuo e a energia relacionada apenas aos movimentos de

fluxo e refluxo das marés, evidencia a presença de barras arenosas emersas, nas quais desenvolvem-se vegetações de mangues, sendo este mais um fator que propicia a deposição de sedimentos finos. Silveira (1981) estudando os sedimentos de fundo da laguna em questão constatou que a zona central, na direção sudeste, é expressiva na deposição de sedimentos caracterizada pela fração areno-siltica gradando lateralmente na direção norte, para sedimentos areno-siltico-argilosos.

Com respeito à hidrografia, o rio principal que alimenta a área é o Baldum, oriundo de região cristalina, perene, de curso regular, é alimentado por precipitações pluviométricas e que penetra na laguna na porção sudeste, através do canal do Boqueirão.

Além do rio Baldum e córregos existentes, a laguna de Papeba é drenada pelas águas da Laguna de Nísia Floresta, situada a oeste da mesma que em épocas remotas, não tinha penetração na mesma; só depois do fechamento da Barra de Camurupim e a abertura do Canal do Boqueirão é que suas águas vieram a drená-la. A sudeste, a laguna recebe as águas da laguna de Guaraíras através do canal de Surubajá, onde a água salgada penetra por ocasião da preamar. (Silveira, 1981).

A penetração da água salgada pelo canal de Surubajá associada à existência de solos areno-siltosos e a vegetação de mangues que é bem densa na porção sudeste da laguna, determinam o escoamento parcial das águas na baixa-mar ocasionando, assim, o aumento dos lençóis freáticos da região.

2.10.3 - LAGUNA DE GUARAÍRAS

A laguna de Guaraíras mede cerca de 7 km de comprimento, com largura variando entre 1,40 a 2,0km. Possui grande influência marinha, pois a mesma possui ampla comunicação com o mar através de um canal de, mais ou menos, 200 metros de largura e uma profundidade variando em torno de 8 metros. Apresenta-se alongada na direção sudoeste-noroeste e representa a foz do rio Jacu afogada (Carvalho,1978).

A laguna de Guaraíras está localizada ao sul de Natal, perfazendo um total de 76,96 km² e abrangendo os municípios de Arês a sudeste; Senador Georgino Avelino a noroeste e, Tibau do Sul a nordeste (Figura 2.11).



Figura 2.11 – Laguna de Guaraíras

A morfologia do assoalho de Guaraíras apresenta-se rasa nas margens, oscilando entre 0,5 a 2,0 metros estando as zonas mais profundas confinadas ao longo dos canais. O assoreamento permitiu a expansão natural da zona de manguezal ao longo do perímetro da laguna (Carvalho, 1978).

De acordo com mapas históricos das incursões holandesas no século XVIII, a laguna de Guaraíras não tinha comunicação com o mar diretamente. A influência marinha na mesma se dava por intermédio do rio Trairi através das lagoas de Nísia Floresta e Papeba. Nesta época, o rio Trairi tinha sua foz na barra de Camurupim, na porção nordeste da área, com isso, o fluxo das águas no Sistema Lagunar sofreu uma inversão, passando a desembocar definitivamente na laguna de Guaraíras, tendo hoje uma ampla comunicação com o mar.

O rio Jacu é o rio mais importante da área, oriundo de região cristalina, perene, de curso regular e desemboca na extremidade sudoeste da laguna, formando uma vasta planície aluvionar na direção SW-NE. Devido a sua ampla comunicação com o mar, a laguna é alimentada diretamente por este rio na preamar e, secundariamente, pela pluviosidade e pelo deságüe das lagoas de Nísia Floresta e Papeba.

As lagoas de Nísia Floresta e Papeba situam-se a noroeste da área, nas quais deságuam respectivamente, os rios Baldum e Santo Alberto, separadas da laguna de Guaraíras pela barragem de Surubajá, que se encontra parcialmente destruída possibilitando a subida e descida das águas marinhas (Carvalho, 1978).

A penetração da água salgada através da barra associada à existência de solos areno-silticos e vegetação de mangues relativamente densa, notadamente na extremidade

sul da laguna, determinam o escoamento parcial das águas, na baixa-mar, ocasionando desta forma o aumento do nível hidrostático da região. Suas águas são pouco transparentes, excetuando nos locais mais profundos, confinados ao longo dos canais, isso devido principalmente ao movimento de fluxo e refluxo das marés.

De acordo com os dados de Carvalho (1978), as porções nordeste e noroeste caracterizam-se como as de maior movimentação, representadas por sedimentos arenosos e ocorrência de cascalho. Os sedimentos finos dominam as zonas centro e sul da laguna devido às correntes marinhas de baixa energia e a forte influencia do rio Jacu, favorecendo ampla sedimentação desses materiais. Além da contribuição fluvial, a laguna é suprida de sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras e seus colúvios com transição abrupta.

CAPÍTULO 3

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo serão descritas as características físico-químicas dos metais pesados, sua ocorrência, seu comportamento nos estuários e sedimentos e o que contribui para sua toxicidade. É relatado também o comportamento da matéria orgânica nos sedimentos e a granulometria.

3.1 - CARACTERÍSTICAS DOS METAIS EM ESTUDO

Define-se como Metal a maioria dos elementos químicos cujas propriedades físicas são diferentes de outros sólidos, tendo especificamente :

- Elevada refletividade;
- Condutividade elétrica alta, que diminui com a temperatura;
- Alta condutividade térmica;
- Propriedades mecânicas como: dureza e ductibilidade (Coton e Wilkinson, 1978)

Os metais têm grande afinidade por grupamentos orgânicos contidos em frações do solo, nos sedimentos e nos tecidos biológicos. Isso lhes confere as propriedades de bioacumulação e biomagnificação na cadeia alimentar e persistência no meio ambiente, e se encarrega de transformar concentrações consideradas baixas em tóxicas para a biota e para o homem sendo que a persistência garante os efeitos ao longo do tempo, mesmo de interrompidas as emissões (Tavares, 1990).

Para outros autores “metal pesado” é o termo geral aplicado coletivamente a um grupo de metais e metalóides com densidade maior que 6g/cm^3 . Apesar da sua abrangência, o termo é usualmente aplicado a elementos tais como: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn cujas características estão comumente associadas a problemas de poluição e toxicidade (Coton e Wilkinson, 1978)

Os metais se classificam em:

- Elementos essenciais: Sódio (Na), Potássio (K), Cálcio (Ca), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Níquel (Ni) e Magnésio (Mg).
- Micro-contaminantes ambientais: Arsênio (As), Chumbo (Pb), Cádmiio (Cd), Mercúrio (Hg), Alumínio (Al), Titânio (Ti), e Antimônio (Sb).
- Essenciais e simultaneamente-contaminantes: Cromo (Cr), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Cobalto (Co), Manganês (Mn) e Níquel (Ni) (Coton e Wilkinson, 1978).

Estes elementos podem estar na forma solúvel, fixada pelos minerais do solo, precipitada com outros componentes, na biomassa e complexada com a matéria orgânica (Krauskopf, 1972).

Estas características se encarregam de transformar as concentrações consideradas baixas em tóxicas não só para a biota como para o homem e como são bioacumulativos geram efeitos ao longo tempo mesmo depois de interrompidas as emissões (Tavares, 1990).

3.2 - COMPORTAMENTO DOS METAIS PESADOS EM ESTUÁRIOS

É reconhecida a importância dos estuários pela sua capacidade de depuração e do papel que desempenha ao nível da sustentabilidade ecológica, através dos complexos processos físicos e biogeoquímicos que ocorrem, proporcionando elevadas produtividades biológicas e abrigo para muitas espécies ainda em idade jovem (Rodrigues, 1990).

Existe cada vez mais a conscientização dos impactos negativos sobre estes ecossistemas aquáticos provocados pela introdução de metais pesados, metalóides, pesticidas, como também o que isso representa para o ser humano.

Muitos destes sistemas encontram-se sujeitos a contaminações crônicas, devido a descargas contínuas ao longo de décadas. Essas contaminações não apresentam geralmente efeitos visíveis, mas por ser tão disseminado e correr de forma regular, pode ser mais importante numa escala global e em longo prazo, do que outros eventos de poluição mais visíveis e com mortalidades localizadas (Rodrigues, 1990).

No estuário, a concentração dos compostos químicos é extremamente variável e de uma forma muito crítica nas áreas onde ocorrem constantes alterações no potencial hidrogeniônico (pH), no potencial de oxi-redução (Eh), no oxigênio dissolvido (O₂), no aporte de água doce, na concentração de nutrientes e na salinidade (Rodrigues, 1990).

Estas variações dependem essencialmente de uma combinação de influência das descargas de água doce, das oscilações das marés, da circulação na região costeira

adjacente, que são influenciadas por efeitos da ação dos parâmetros meteorológicos e dos efeitos impostos pelas características geomorfológicas e geológicas do estuário (Felleberg, 1990).

O aumento da salinidade na zona de encontro das massas de água doce e salgada pode acelerar a sedimentação do material particulado conduzido pelos rios e afetar a atividade de alguns compostos iônicos dissolvidos em decorrência do aumento da carga iônica. Reações de oxidação e de redução são também afetadas, em virtude do Oxigênio ser menos solúvel em águas salinas (Hemond e Fechner, 1994).

O comportamento dos metais em estuários sofre alterações e são capazes de modificar não só a partição particulado/dissolvido, mas a qualidade dos suportes em cada fase e no processo erosivo, pois todo material é carregado pelas águas para o sedimento, onde fica depositado (Fernandes, 1991).

Pela sua posição geográfica, os estuários favorecem o recebimento do material carregado para posterior sedimentação, sendo que o fator de grande influência na deposição do material é a circulação estuarina. Esses fatores somados representam uma forma de acúmulo do material fino e como consequência os metais pesados se associam a ele (Tavares, 1992).

3.3 - METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS

O sedimento por ser uma porção do sistema aquático extremamente dinâmico e as condições físico-químicas que se desenvolvem nesta área, conferem ao mesmo o título de depósito das substâncias que aportam no sistema, mantendo um registro histórico das variações na composição da matriz do corpo d'água.

A contaminação nos sedimentos por metais pesados constitui hoje um dos problemas ambientais mais críticos em muitos países. No Brasil, a preocupação em relação às consequências destes processos e a vulnerabilidade dos ecossistemas é recente, motivada por casos de poluição e improbidade de uso dos recursos naturais em várias regiões do mundo (Garcia, 1998).

A concentração de metais pesados no solo é um dos fatores de contaminação que pode limitar o seu uso, o que torna necessário o estudo dos teores destes elementos para a proposição de parâmetros (níveis de referência) que definam concentrações críticas para

sua utilização agrícola segura. Esses valores de referência de qualidade devem ser estabelecidos em função das concentrações naturais dos elementos no solo considerando sua variação de propriedade (Machado, 2002).

A nível mundial, as concentrações encontradas são muito variáveis, pois decorrem do tipo de solo, da diversidade ambiental e das diferentes metodologias de extração. Daí a grande dificuldade que se tem para determinar o grau de toxidez dos metais, pois não existe normatização para identificá-los estabelecidos pelo Órgão Mundial de Saúde - OMS (Chaney e Giordano, 1976).

O comportamento dos metais no sedimento é determinado pelo seu teor nas rochas de origem, pelo grau de intemperismo a que esse metal foi submetido, pelo equilíbrio entre as partículas de argila, matéria orgânica, Hidróxidos de Ferro, alumínio, Manganês e pelos quelantes solúveis.

Nos sedimentos, os metais formam as seguintes fases:

- Fase Trocável – os metais estão ligados com a superfície de trocas de argilo-minerais, óxido de Ferro e Manganês e matéria orgânica adsorvida na interface sólido/líquido como resultado das forças intermoleculares fracas;
- Fase oxidável – formada por metais que aparecem ligados à matéria orgânica principalmente ao material húmico e ainda os metais ligados a sulfeto, que são produzidos em ambientes ricos em matéria orgânica (Souza, 2003);
- Fase carbonática – existe quando há co-precipitação resultante da mistura de águas alcalinas com as de baixa alcalinidade levando o pH a ser elevado bruscamente;
- Fase redutível – formada por metais ligados a óxido de Ferro e Manganês, ambos considerados como excelentes indicadores de metais traços e essas substâncias em condições anóxicas tornam-se instáveis, provocando a solubilização dos metais a elas associadas;
- Fase residual – formado por metais que se encontram ligado à rede cristalina dos minerais e que dificilmente seriam liberados (Souza,2003).

É importante estudar a geoquímica dos sedimentos porque assim são mantidas informações atualizadas quanto ao risco que os mesmos podem representar para os organismos aquáticos, uma vez que, poluentes incorporados aos sedimentos podem ser remobilizados por alterações do meio circundante (Maia, 2003).

3.4 - IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS POR METAIS PESADOS

Dependendo das características físico-químicas do meio os metais ocorrem na natureza de duas maneiras: na forma catiônica simples e como ânions complexos. Quando os metais contaminantes entram no meio natural e passam a interagir com a superfície (água), com as fases sólidas (minerais e matéria orgânica) e com gases, podendo ser imobilizados parcialmente ou transportados por distâncias variáveis pelo fluxo de águas subterrâneas (Krauskopf, 1972).

A imobilização dos Metais Pesados no sedimento é devido fundamentalmente a adsorção e a troca catiônica das fases sólidas e da formação de minerais de baixa temperatura e a intensidade disso depende da espécie do elemento, da mineralogia, do pH e da quantidade de matéria orgânica (Krauskopf, 1972).

Um metal é considerado tóxico quando prejudica o crescimento e/ou o metabolismo das células mesmo em pequena concentração. Segundo Felleberg (1980), a intoxicação por metais pesados se processa de duas maneiras: a primeira decorre da formação de complexos entre íons de metais com grupos funcionais de enzimas (quelatos), responsáveis por determinados processos metabólicos e que ficam bloqueadas; e a segunda, envolve as membranas celulares que se combina com vários metais alterando sua estrutura.

3.5 - TOXICOLOGIA E TOLERÂNCIA DOS METAIS PESADOS

A comprovação de que todas as formas de vida, tanto animal como vegetal, têm necessidade de alguns elementos químicos para a manutenção de seu sistema orgânico, é indicativo de que tais elementos devem ser absorvidos em quantidades moderadas sendo o excesso prejudicial, embora existam alguns elementos que são prejudiciais aos organismos mesmo em quantidades traços.

Quanto à toxicologia dos metais deve-se levar em consideração o que eles provocam na saúde, como distúrbios celulares que afetam o crescimento e/ou o metabolismo, chegando a causar morte muitas vezes, mesmo que estes metais se encontrem em baixa concentração (Fernandes, 1991).

3.5.1 - CÁDMIO (Cd)

Esse elemento é um metal branco, brilhante, mole e sua superfície escurece rapidamente em contato com o ar, mas não oxida facilmente. Não é encontrado puro na natureza, é subproduto da produção do Zinco. Devido a sua semelhança com o Zinco, suas propriedades físicas e químicas se apresentam juntos na natureza formando ligas (Coton e Wilkinson, 1987).

O Cádmio se combina principalmente com sulfetos em minérios de Zinco, Chumbo e Cobre e suas fontes naturais são as rochas sedimentares e fosfáticas de origem marinha e atividades vulcânicas (Cardoso e Chasin, 2001).

As fontes antropogênicas do Cádmio são as de mineração do Zinco, queima de combustíveis, fosséis, emissões de indústrias de cimento, ferro e aço, uso de fertilizantes fosfatados e disposição de esgotos que contenham este metal.

O Cádmio é utilizado na produção industrial de plástico e vidro, nas baterias de Níquel/Cádmio, como estabilizadores de produtos de Policloreto de Vinila (PVC), no recobrimento de produtos ferroso e não-ferroso, nas ligas metálicas, de latão e em produtos agrícolas (Cardoso e Chasin, 2001).

A sua alta resistência à corrosão justifica seu emprego extensivo na eletrodeposição sobre os outros metais principalmente o ferro e o aço na fabricação de porcas, parafusos, equipamentos tradicionais como o de pigmentos e galvanoplastia.

Esse metal tem maior mobilidade em ambientes aquáticos do que outros elementos químicos e, segundo pesquisas feitas e comprovadas, os rios podem transportar o Cádmio até uma distância de 50 km de sua fonte geradora (Who, 1992).

Além disso, altas concentrações de Cádmio para indivíduos da mesma espécie, coletados em diversos locais, estão associados normalmente à proximidade de áreas urbanas, industriais ou de pontos de lançamento de lixo contendo esse metal (ATSDR, 1997).

No meio aquático, parte do Cádmio é solúvel, enquanto que os complexos insolúveis ou adsorvidos em sedimento são relativamente estáveis. Este metal é bem mais tóxico na presença do Zinco e do Cobre e tanto na forma iônica como na elementar ele se acumula no organismo por um longo período, mesmo em baixos níveis de concentração (ATSDR, 1999).

Esse elemento se concentra nos rins e no fígado dos animais e sua contaminação é feita através da ingestão de plantas aquáticas e terrestres que captam e retém o Cádmio.

Ele é bioacumulado por fitoplânctos e conseqüentemente por organismos marinhos, evidenciando que a biota marinha concentra esse metal pesado em valores maiores do que os equivalentes terrestres ou de água doce (ATSDR, 1997).

Crustáceos e moluscos concentram o Cádmio em taxas elevadas tendo sido encontrados valores de 2 a 30 mg/kg de peso úmido (WHO, 1992). Os peixes também concentram o Cádmio nas suas guelras e paredes intestinais, apresentando muitas vezes quantidades superiores às do próprio meio (Cardoso e Chasin, 2001).

O Cádmio e seus compostos são poluentes perigosos ao meio ambiente e a saúde humana, estando este incluído na lista de substâncias potencialmente perigosas pelo International Register of Potentially Toxic Chemical of United Nations Environmental Program – IRPTC.

A exposição humana ao Cádmio (Cd) ocorre pela ingestão de alimentos e água contaminados, pela inalação de partículas que contenham esse elemento, pelo cigarro ou atividades desempenhadas onde o elemento se faça presente. Outras fontes são os fungicidas utilizados nas hortaliças e adubos provenientes do lixo urbano (Cardoso e Chasin, 2001). Os efeitos nocivos ao homem são, a hidrocefalia, fenda palatal e labial, transtornos gastrintestinais que causam vômitos, diarreias e irritação na mucosa estomacal. Quando absorvido pelo organismo esse metal se concentra no fígado, nos rins, pâncreas e vértebras e a inalação provoca lesões pulmonares graves podendo conduzir a morte.

3.5.2 - CHUMBO (Pb)

O Chumbo é um metal tóxico que tende a se acumular nos tecidos do homem e animais. É cinza-azulado, maleável, brilhante na superfície recém cortada e que fica opaco no contato com o ar. É mole e que por ter uma grande ductibilidade pode ser cortado em lâminas, mas nunca é estirado em fios por ter baixa resistência à tração e seu principal minério é a galena (Coton e Wilkinson, 1987).

Suas fontes naturais são as emissões vulcânicas, intemperismo geoquímico e nevoas aquáticas. As atividades antropogênicas e o transporte desse metal se fazem através do ar proveniente de varias fontes, como atividades de mineração, tanto na fundição primária como na secundária.

O Chumbo está presente também em vários tipos de ligas e seus compostos são preparados e utilizados em grande escala e a aplicação mais importante desse metal é na produção de placas de baterias elétricas (Tavares e Carvalho, 1992).

O Chumbo metálico tem sua aplicação na indústria química e da construção, na fabricação de produtos onde a resistência à corrosão é requerida, no revestimento de cabos como um dos componentes da solda e na indústria automotiva como material revestimento (ATSDR, 1997).

Intoxicações por chumbo foram clinicamente identificadas como decorrentes da utilização de medicamentos e cosméticos tendo ocorrido em crianças e adulto. A toxicidade aquática deste elemento é influenciada pela concentração iônica livre, a qual interfere na disponibilidade do chumbo para os organismos (WHO, 1989).

A toxidez aguda do chumbo é caracterizada por queimaduras na boca, sede intensa, inflamação no trato gastrointestinal ocasionado por diarreias e vômitos. A toxidez crônica produz anorexia, náuseas, vômitos, dores abdominais diversas, paralisia, confusão mental, distúrbios visuais, anemias e convulsões (Batalha, e Parlatore, 1977).

A quantidade de chumbo ingerido pelo homem através de alimentos e bebidas admissível é da ordem de 0,05 mg/kg de peso corporal por semana e neste nível a excreção é regular com o nível de absorção (Batalha e Parlatore, 1977).

3.5.3 - ZINCO (Zn)

O Zinco é um metal branco azulado, brilhante quando polido, que se torna ligeiramente opaco quando entra em contato com o ar por formar uma camada autoprotetora de óxido ou carbonato. Está presente no solo, no ar, na água e na maioria dos minerais e rochas. Sua origem natural mais importante é o minério blenda ou esfalerita (ZnS), de grande valor industrial e comercial (Sienko e Plane, 1976).

Sua presença nas águas naturais deve-se ao seu emprego em materiais galvanizados, elétricos, pigmentos, produtos farmacêuticos, inseticidas, ânodos de sacrifício e provenientes de cascos de navios e resíduos industriais (Alloway e Ayres, 1993).

Quando entra no meio ambiente por processos de mineração ou fundição, normalmente está associado à presença de Cádmio, Cobre ou Chumbo, assumindo neste caso, caráter mais poluente (Figueiredo, 1997).

O pH influencia diretamente o zinco; em condições ácidas ($\text{pH} < 7,0$) ele pode estar presente na fase aquosa em forma iônica e para valores de pH acima de 8,0 pode precipitar ou formar compostos orgânicos complexos, os quais podem acarretar o aumento da mobilidade deste elemento.

Na água, se combina predominantemente ao material em suspensão antes de acumular no sedimento. Suas origens antropogênicas incluem a produção do ferro e do aço, as queimadas, a corrosão de estruturas galvanizadas, queima de combustíveis fósseis, efluentes de esgotos sanitários, incineração de lixo, fertilizantes e pesticidas que contenham esse metal (Who, 1989).

3.5.4 - CROMO (Cr)

O Cromo é um metal de cor cinza de cor, duro, brilhante, quebradiço, resistente a corrosão e que mesmo na presença da umidade não se oxida em contato com o ar. Quando aquecido, perde o brilho superficialmente.

Seu principal minério é a cromita que quando reduzida parcialmente pelo aquecimento com o carvão resulta em ferrocromo, elemento este utilizado em ligas de aço. Está também presente nas rochas, nos animais, nas plantas, no solo, poeiras e névoas vulcânicas (WHO, 1988; ATSDR, 2000).

É um micronutriente essencial ao metabolismo de carboidratos nos animais e raramente é encontrado nas águas naturais; porém pode ocorrer como contaminante nas águas sujeitas à poluição por despejos de curtume, de indústrias de cromato e água de refrigeração, onde é usado para o controle da corrosão (Boldrini e Pereira, 1987).

As fontes antropogênicas de contaminação por Cromo são as emissões das indústrias de cimento, fundições, soldagem de ligações metálicas, manufaturas de aço e ligas, galvanoplastia, fertilizantes, incineração de lixo, etc.

Sua toxicidade está relacionada ao seu estado de oxidação, sendo o Cromo (VI) bem mais tóxico que o Cr (III) em virtude de ter maior mobilidade de penetrar as células. Os efeitos destes dois estados de oxidação são bastante diferentes, tanto nas propriedades químicas quanto nos efeitos biológicos que podem sofrer os organismos. A exposição ao Cromo pode ocorrer pela inalação, ingestão de água ou alimentos contaminados pelo metal ou o contato direto com o elemento (ATSDR, 2000).

Os efeitos nocivos à saúde são câncer pulmonar, ulceração e perfuração do septo nasal, irritação no trato respiratório, problemas cardiovasculares, gastrintestinais, hematológico, hepáticos e renais.

O Cromo (VI) é considerado pela EPA – Environmental Protection Agency (USA) como carcinogênico ao homem quando presente na atmosfera, podendo causar câncer pulmonar, porém nada é comprovado de que esse elemento na forma de Cromo (III) na água ou nos alimentos seja cancerígeno (ATSDR, 2000).

3.5.5 - NÍQUEL (Ni)

O Níquel é um metal branco prateado, brilhante dúctil e maleável. Quando está em sua forma compacta, é muito estável ao ar e a água. É encontrado no solo, na água, nas emissões vulcânicas, embora sua principal origem natural, seja os minérios de sulfato de níquel.

Combina-se com outros metais como o Ferro, Zinco, Cobre e Cromo e forma ligas altamente resistentes à corrosão e a altas temperaturas, utilizadas na cunhagem de moedas e fabricação de jóias (WHO, 1991; ATSDR, 2003).

As fontes antropogênicas são a queima de combustíveis fósseis, a incineração do lixo, a galvanoplastia, esgotos sanitários e a liberação dos resíduos das indústrias onde é utilizado o Níquel nas ligas e compostos no seu processo de fabricação ou fundição (ATSDR, 2003).

No meio ambiente, o Níquel se une a partículas que contenham Ferro ou Manganês, geralmente presentes no solo e no sedimento. Na água e nos esgotos o Níquel pode estar na forma dissolvida ou ligado ao material em suspensão. A exposição aos efeitos desse metal pode ser através da ingestão de água ou alimento contaminado, pela inalação do ar ou pelo consumo de cigarro e pelo contato direto da pele com solo ou com produtos que contenham níquel (Grupta, 1996).

Dentre os efeitos nocivos, o mais comum são as alergias, além de diarreia, vômitos, dores de cabeça, irritabilidade e tontura. Segundo o órgão International Agency for Research on Cancer (USA) – IARC, os compostos de Níquel são cancerígenos (Who, 1991).

3.5.6 - COBRE (Cu)

O Cobre é um metal marrom avermelhado, nobre como a Prata e o Ouro; maleável, dúctil excelente condutor de eletricidade e de calor. Perde seu brilho em contato com o ar lentamente e se reveste de uma camada de hidroxicarbonato verde que o protege da corrosão (Olhweiler, 1973; Sienko e Plane, 1976) .

O Cobre é encontrado em diversos sais minerais e compostos orgânicos e na natureza é amplamente encontrado na forma elementar e metálica. Também é encontrado em pequenas quantidades nas águas superficiais e subterrâneas. Na forma de cloreto, sulfato e nitrato são muito solúveis na água, não acontecendo o mesmo quando se apresenta em forma de carbonato, hidróxidos, óxidos e sulfetos (Pedrozo e Lima, 2001).

Os íons de Cobre, que se encontram em um pH igual ou maior que 7 nas águas naturais, precipitam carbonato e hidróxido e são assim removíveis por adsorção ou sedimentação. Este é o motivo pelo qual não se encontram concentrações significativas de cobre em águas superficiais e subterrâneas (Pedrozo e Lima,2001)

Esse elemento não é considerado tóxico de efeito cumulativo como o Mercúrio e o Chumbo, porém elevadas concentrações podem ocasionar vômitos e uma ingestão oral prolongada pode ocasionar problemas hepáticos (Boldrini e Pereira, 1987).

Suas fontes antropogênicas incluem a galvanoplastia, fundição do ferro, mineração, corrosão de tubos de cobre e de latão por águas ácidas, fungicidas usados na preservação de madeiras e efluentes sanitários.

Tanto a deficiência como o excesso de Cobre podem causar efeitos nocivos a saúde, e nas crianças, a deficiência produz anemia nutricional (WHO, 1998; ATSDR, 2002).

A literatura mostra que a disponibilidade do cobre é geralmente pequena para as concentrações totais de metais na água. Vários processos influenciam a disponibilidade desse elemento no sistema aquático incluindo a complexação a ligantes orgânicos e inorgânicos, adsorção a óxidos metálicos, argila e material particulado em suspensão, bioacumulação e troca entre sedimento e água (WHO, 1998).

3.5.7 - CARACTERÍSTICAS DO FERRO E DO MANGANÊS

Existem três elementos mais abundantes que sofrem oxidação e redução durante a sedimentação, em complemento às reações de hidrólise e precipitação que são: Ferro, Manganês e Enxofre.

O Ferro e o Manganês são os metais pesados que normalmente aparecem em maior quantidade nos sedimentos. Suas concentrações em geral, são muitas vezes maiores que a dos demais elementos, principalmente o Ferro (Oliveira, 1996).

3.5.7.1 FERRO (Fe)

Uma grande variedade de íons pode causar a precipitação do Ferro como: carbonatos, sulfeto e silicato e a reação de precipitação é favorecida pelo aumento na alcalinidade do meio.

As situações geológicas em que ocorre a precipitação do Ferro são:

- Oxidação nas condições originais;
- Oxidação no solo provenientes de rocha original;
- Oxidação em lagos, riachos e pântanos, quando a água é areada e já perdeu seu conteúdo de matéria orgânica;
- Sobre a forma de sulfeto, se o potencial de oxi-redução é baixo e o teor de enxofre é grande (Krauskopf, 1972).

Existem bactérias que são ativas na formação de minérios de ferro em regiões pantanosas e lagoas ocasionando a precipitação sob a forma de óxido férrico. O Ferro que se acumula no sedimento estuarino é proveniente de esgotos domésticos, industriais e área portuária. Pode ocorrer sob a forma de óxidos hidratados, de películas coloidais ou na cobertura de outras partículas minerais podendo transportar metais pesados (Krauskopf, 1972).

Em ambiente estuarinos é comum ocorrerem variações no potencial de oxi-redução devido a fatores que, como a circulação e batimetria, tornam o ambiente anóxico. Desta forma mudanças de fase podem ocorrer transformando sulfetos, os metais pesados que antes estavam na forma de óxidos hidratados, adsorvidos e coprecipitados.

De acordo com estes fatores, podem considerar tanto os óxidos hidratados de Ferro como os sulfetos dependendo do potencial redox de cada região como concentradores de metais pesados em sedimentos estuarinos (Maia, 2003).

3.5.7.2 Manganês (Mn)

A química do Manganês é muito parecida com a do Ferro. Em soluções com baixo potencial de oxi-redução (Eh) e pH, tanto o Manganês como o Ferro são estáveis sob a forma de íons bivalentes. Ambos formam carbonatos, sulfetos e silicatos que são bastante insolúveis e são facilmente oxidados nas condições de superfícies (Krauskopf, 1972).

O comportamento sedimentário do Manganês é análogo ao do Ferro. O metal é dissolvido a partir dos seus compostos em rochas ígneas e persiste na forma de Mn^{+2} enquanto a solução for ligeiramente ácida e não tão oxidante.

A precipitação do Manganês pode ocorrer sempre que o pH aumenta, pode também formar sulfeto ou hidróxidos se o Potencial de oxi-redução for muito baixo. Da mesma forma que o Ferro, os óxidos de Manganês precipitam sob a forma de colóides e podem ser transportados por longas distâncias (Tavares & Carvalho, 1992).

Os metais encontrados nos sedimentos de óxido de Manganês são os de Níquel, Cobalto, Chumbo e Cobre, particularmente abundantes, indicando que a adsorção é suplementada pela formação de compostos definidos.

Outra propriedade que o Manganês se assemelha ao Ferro é a aceleração da sua oxidação pelas bactérias; algumas delas favorecem a precipitação de Ferro e são responsáveis pela formação excessiva de óxidos de Manganês em pântanos e lagoas (Oliveira, 1996)

3.6 - Influência da Matéria Orgânica nos Metais Pesados

A matéria orgânica exerce função importante no transporte dos metais no sedimento desde que seja capaz de adsorver traços de metais e assumir lugar em processos diagenéticos depois da decomposição.

Corresponde, via de regra, pelo menos a metade da capacidade de permuta de cátions do solo e é talvez a responsável, mais do que qualquer outro fator isolado, pela estabilidade dos agregados do solo. Além disso, fornece os componentes necessários à energia e ao crescimento dos microorganismos (Brady, 1991).

Sua fonte original no solo é o tecido vegetal e sob condições naturais, copas, raízes de árvores, arbustos e outras plantas nativas, fornecem anualmente grandes quantidades de resíduos orgânicos.

As condições climáticas, especialmente a temperatura e precipitação, exercem influências dominantes nas quantidades de matéria orgânica nos solos e a sua decomposição é mais acelerada em climas quentes, enquanto que em climas frios a perda é mais reduzida (Jeny, 1990).

A matéria orgânica quando disposta no solo é atacada por microorganismos que integram a biomassa microbiana a fim de obter energia e nutriente necessário para manutenção de seus processos vitais (Marques, 2000).

Dada a complexidade da degradação da matéria orgânica no solo, inúmeros compostos intermediários e finais, de natureza diversa, se formam e exercem influência marcante em toda a química do solo, afetando sua fertilidade, a forma de ocorrência e a disponibilidade de elementos químicos como os metais pesados.

Em relação aos metais pesados, estruturas denominadas complexos e quelatos (composto orgânico que se combina com certos cátions metálicos como Ferro, Manganês, Zinco, Cobre, contribuindo para proteger esses cátions em benefício dos vegetais em crescimento) exercem papéis importantes na medida em que comprometem esses elementos em suas estruturas, reduzindo ou mesmo impedindo a absorção dos mesmos (Marques, 2000).

3.7 - ESTADO DA ARTE

Nesse item, serão apresentados alguns trabalhos sobre a contaminação de Metais Pesados no meio ambiente e sua causas.

A contaminação por metais pesados é um problema que abrange todo o mundo, sendo causada principalmente pela ação antropogênica. Os estudos relativos à contaminação por metais pesados nos ecossistemas têm indicado concentrações elevadas desses elementos em áreas próximas de complexos industriais urbanos, e também, nas áreas de agricultura altamente tecnificada.

Do Valle (1998) e Sampaio (1997) mostraram que existe contaminação por metais pesados no maior igarapé urbano de Manaus pelo despejo dos efluentes industriais no seu leito, principalmente por Mercúrio, Ferro e Enxofre.

Fernandes (2001), através de análises no estuário do rio Tejo, comprovou que o caso de contaminação por Arsênio é crônica e resulta principalmente das emissões devido ao processamento de Arsenopirita no complexo da QUIMIGAL, ao sul desse estuário.

Garcia (1998), mostrou que os metais pesados poluem as águas e sedimentos da lagoa da Conceição (SC), por um tipo de tinta usada nos cascos das embarcações antiincrustante em níveis bastante elevados, acima dos permitido pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Machado *et al* (2002), comprova através de amostras analisadas em ostras de mangue, do estuário de Cananéia (SP), a contaminação por Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Mercúrio (Hg), Cobre (Cu) e Zinco (Zn), no período de 1996 a 1997, em níveis acima do permitido pela legislação brasileira.

Mendonça (2004), avaliou a concentração dos metais nos sedimentos de fundo do Sistema Estuarino da Baía de Vitória (ES). Nas análises feitas, as altas concentrações desses elementos encontrados, confirmam a contribuição de origem antrópica pelo descarte de efluentes domésticos e industriais encontrando esses valores acima do permitido pela OMS.

Minillo (1995), estudou o cultivo de peixes no estuário da Lagoa dos Patos (RS) e constatou através de cortes histológicos das brânquias das tainhas, hiperplasia, apontando como causa a exposição desses organismos a metais pesados na região.

Moura (2002), avaliou a concentração dos metais pesados em 10 (dez) pontos de amostragem no Rio Embu-Mirim, o maior tributário que forma a bacia hidrográfica do reservatório de Guarapiranga. Os resultados obtidos mostram que, existe um grande aumento desses elementos, comprometendo a qualidade dos sedimentos de fundo e a água do rio.

Ramalho e Sobrinho (2001), mostram através de solos pouco húmico que a utilização da torta de filtro cultivados em cana-de-açúcar, acarreta em larga escala o aumento significativo dos teores totais de metais pesados como Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Cobre e Níquel, em todas as profundidades.

Sampaio (1997) mostra em suas pesquisas que no Igarapé do Quarenta, onde tem a maior concentração urbana de Manaus, suas águas já possuem um teor de metais pesados como o Zinco, Cobre, Ferro e Manganês.

Santos (1997) detectou através de amostras de sedimentos de manguezais do estuário do Rio Joanes (BA) que os metais pesados não apresentam teores tóxicos elevados, com exceção do Chumbo.

Santos (2002) através de análises em frações granulométricas, avaliou a concentração de metais pesados em sedimento de fundo do rio Pitimbu (Natal/RN). Comprovou que a região desse rio próximo a lagoa do Jiqui é a que apresenta maior biodisponibilidade de elementos e esse aporte de poluição química é de origem antropogênica.

Silva (1996) pesquisou a contaminação de sedimentos de fundo em igarapés próximo a Manaus, em áreas próximas a garimpos e constatou alta contaminação por Mercúrio, Ferro, Enxofre.

Silva (2001) através de trabalhos realizados na caracterização de rejeitos de mineração de ouro constatou que, os mesmos apresentam elevados teores totais de Arsênio, Ferro, Zinco e Enxofre, contaminando solos e cursos d'água, bem como a sua incorporação na cadeia trófica.

Souza (2003) através de pesquisa em solo, mostra que a contaminação por metais pesados como Bário, Zinco, Cromo, Níquel, se encontra acima dos limites críticos e foi provocada pelo impacto ambiental da atividade de mineração do xisto no rio das Pedras (PR).

Tavares *et al* (2003) através de análises feitas em sedimentos coletados na lagoa Rio das Pedras – Moji – Guaçu (SP), comprova a presença de metais pesados, cuja concentração é elevada, relacionada à atividade agrícola da cana-de-açúcar, nas proximidades da lagoa.

3.8 - Matéria Orgânica

A matéria orgânica acha-se presente em todos os tipos de sedimentos, as vezes, constituindo a sua maior parte.

Quanto a sua acumulação, ela tem recebido considerável atenção pelas seguintes razões:

- A matéria orgânica, ao ser depositada no fundo, constitui fonte de alimento para animais bentônicos e bactérias, portanto, a quantidade no sedimento e, particularmente, a taxa de fornecimento em alguma localidade, produzirão grande efeito sobre a população de organismos que vivem no fundo (Viero, 2001);
- Sua presença e as trocas causadas pela atividade orgânica, principalmente bactérias, influenciam as condições físicas e químicas, as quais prevalecem no sedimento e;

- Seu depósito implica na alteração da água em carbono e nitrogênio e possivelmente em outros elementos, originariamente em solução (Moreira, 2002).
- Dentro de áreas restritas como lagoas, baías e bacias isoladas, onde o fornecimento da matéria orgânica para o fundo pode ser considerado constante, é possível atribuir irregularidades locais no conteúdo da mesma em virtude dos agentes de transportes e da topografia.

Em ambientes lagunares os teores de matéria orgânica são muito variáveis e refletem as características locais do ambiente. Nos sedimentos de fundo fornecem informações sobre vários graus de aeração das diferentes áreas de sedimentação, relacionando-se também com o padrão de circulação das águas, com a composição textural dos sedimentos e o grau de seleção (Viero, 2001).

Um elevado teor de matéria orgânica presente no sedimento indica um ambiente redutor ou de baixa degradação, sugerindo águas calmas e de baixa velocidade e em ambientes que estão sujeitos a uma circulação mais efetiva, existe condições para oxidação da matéria orgânica aí depositada.

3.9 – GRANULOMETRIA

De acordo com (Suguio, 1973), o conhecimento da forma geométrica e o grau de arredondamento das partículas, são importantes características que podem ajudar na identificação da origem dos sedimentos e na sua deposição. O estudo das propriedades físicas, químicas e a decomposição orgânica do solo são de grande importância para compreensão da susceptibilidade da erosão. Esta depende, em grande parte, de suas propriedades, tais como: teor de areia, silte, argila, matéria orgânica, entre outras (Galetti, 1973).

Um outro aspecto importante da Granulometria de alguns solos transportados é a possibilidade de fornecer indicações sobre o meio transportador e o deposicionário, isto é, pode ser usado para compreensão da gênese dos sedimentos que os constitui, além de contribuir de forma significativa para subsidiar o uso e a ocupação deste (Galetti, 1973).

A Granulometria se baseia na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-se o tempo do deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição do dispersante químico Hexametáfosfato de Sódio que possui algumas propriedades que funcionam como complexantes, evitando a floculação (Fonseca, 2003).

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

Neste capítulo será mostrada a seqüência de atividades para a realização desse trabalho. Levantamento de dados, reconhecimento da área de estudo, coleta de amostras de sedimentos de fundo do Sistema Estuarino-Lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guaraíras e ensaios. Também é apresentada a caracterização do Sistema referente aos trabalhos de Carvalho (1978), Silveira (1981) e Carvalho (1982), aqui denominados de campanha de 1980 e que servem como base de comparação para este estudo.

4.1 - ASPECTOS METODOLÓGICOS

Os trabalhos de Carvalho (1982), Silveira (1981) e Carvalho (1978) apresentaram os estudos referentes aos sedimentos do Sistema Estuarino em questão enfocando a distribuição granulométrica e a matéria orgânica do mesmo.

Uma vez que o sistema vem experimentando acentuado processo de colmatção em função das alterações morfológicas que vem sofrendo e com a excessiva pressão da carcinicultura, é importante avaliar alterações nos ambientes deposicionais do mesmo (aspectos granulométricos), bem como avaliar aspectos referentes á sua qualidade ambiental.

Para tanto, a seguinte seqüência de atividades foi seguida:

- **Etapa 1:** Levantamento bibliográfico, para caracterização da região e embasamento teórico do trabalho;
- **Etapa 2:** Com base nos trabalhos de Carvalho (1982), Silveira (1981) e Carvalho (1978), determinou-se um mapa de zonas homogêneas de granulometria e matéria orgânica do Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta – Papeba - Guaraíras.

- Neste estudo os mapas referentes a estes trabalhos, são denominados de Campanha de 1980;
- **Etapa 3:** Em maio de 2000 foi feita uma campanha de campo para coletas de novas amostras. O número destas foi reduzido em relação às de 1980, uma vez que, o objetivo foi verificar possíveis alterações no ambiente anteriormente definido. Foram coletadas 30 (trinta) amostras, sendo 11 (onze) em Nísia Floresta, 7 (sete) em Papeba e 12 (doze) em Guaraíras, tendo-se como critério de localização as áreas homogêneas definidas na campanha de 1980 e o acesso ao local. As coletas foram feitas pelo Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Civil da UFRN, preservadas em saco plástico, numeradas e levadas ao Laboratório de Análise de Água, Solo e Plantas da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN, onde foram analisadas. Estas amostras foram submetidas à análise granulométrica, matéria orgânica e metais pesados (Fe, Cr, Mn, Cu, Pb, Cd, Ni e Zn);
- **Etapa 4:** No período de março e abril de 2005, foram coletadas 55 (cinquenta e cinco) amostras, sendo 21 (vinte e uma) em Nísia Floresta, 12 (doze) em Papeba e 22 (vinte e duas) em Guaraíras, tendo-se como critério de localização as áreas homogêneas de 1980, a localização das amostras da campanha de 2000 e a facilidade de acesso. Estas foram submetidas à análise granulométrica, matéria orgânica e metais pesados (Fe, Mn, Cd, Cu, Cr, Zn, Ni e Pb);
- **Etapa 5:** Procedeu-se a análise dos resultados comparativamente a 1980 no que tange a aspectos granulométricos e matéria orgânica e a análise comparativa a 2000 no que diz respeito a metais pesados.

4.2 - REALIZAÇÃO DE ENSAIOS

Todas as amostras de sedimentos coletadas do Sistema Estuarino, nas campanhas de 200 e 2005, foram tratadas seguindo técnicas usuais de quarteação, secagem, estufa a 60⁰ C e pesagem (EMBRAPA, 1997).

4.2.1 - DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA

Na determinação da granulometria, utilizou-se o método da Pipeta (Dispersão Total). Depois de pesado, o conteúdo dessas amostras foi passado numa peneira com malha de 0,053 mm, usando como agente dispersante o Hexametáfosfato de Sódio. A classificação textural é feita considerando-se o diagrama triangular de Shepard (1954), modificado por Bigarella (1972) e Salamuni (1962), (Figura 4.1) (EMBRAPA, 1997).

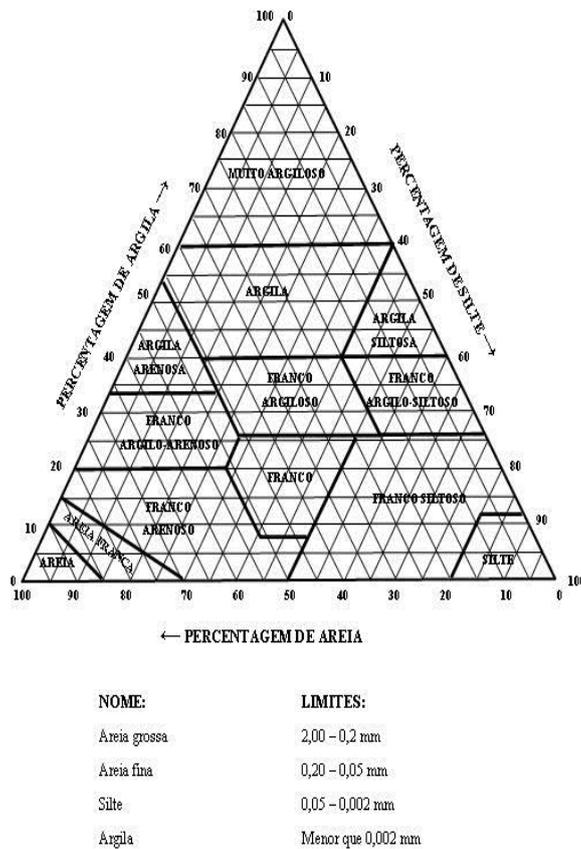


Figura 4.1 - Diagrama de Shepard – Classes Texturais de Solos

4.2.2 - DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

A determinação da matéria orgânica foi feita por ataque químico com o Dicromato de Potássio em meio sulfúrico, usando como indicador a Difenilamina, que é o mais usado e conhecido Método Titrimétrico de Walkey-Black (1934) do Carbono Orgânico Total,

descrito comumente na literatura de química dos solos. A matéria orgânica é calculada, multiplicando-se o valor do Carbono Orgânico em g.kg^{-1} pelo fator 1,724 em virtude de se admitir que na composição média do húmus, este participa com 58% (cinquenta e oito por cento) (EMBRAPA,1997).

4.2.3 - DETERMINAÇÃO DOS METAIS PESADOS

Na extração dos metais nas amostras utilizou-se a solução extratora de Mehlich 1 ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de HCl + $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ de H_2SO_4) , a mais empregada atualmente pelos laboratórios de análise (EMBRAPA, 1997). A leitura dos metais foi feita pelo método de Espectrofotometria de Absorção Atômica, modelo AA-220 VARIAN.

4.3 - Caracterização dos Sedimentos de Fundo do Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guarairas – 1980

Nesse item serão apresentadas as características das lagunas que compõem o referido Sistema Estuarino que foi objeto de estudos em detalhes nas décadas de 70 e 80.

Serão tomados como base inicial, os trabalhos de Carvalho (1978), Silveira (1981) e Carvalho (1982) que estudaram respectivamente os aspectos sedimentológicos das lagunas de Guarairas, Papeba e Nísia Floresta. A seguir é apresentado o mapa de localização das amostras utilizadas nestes trabalhos para os estudos de granulometria, carbono orgânico e matéria orgânica (Figura 4.2).

4.3.1 - CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGUNA DE NÍSIA FLORESTA

Carvalho (1982) estudou a Laguna de Nísia Floresta, através de 27 (vinte e sete) amostras coletadas do sedimento de fundo (Figura 4.2), onde foi determinado a sua granulometria e o carbono orgânico. A granulometria seguiu a metodologia da via úmida onde as amostras são peneiradas, as frações pesadas ($<0,063 \text{ mm}$) calculadas e na fração mais fina, foram determinados os teores de Silte, Argila e o carbono orgânico. Os valores de matéria orgânica foram obtidos a partir do carbono orgânico conforme determinado em EMBRAPA,1997 (Tabela 4.1).

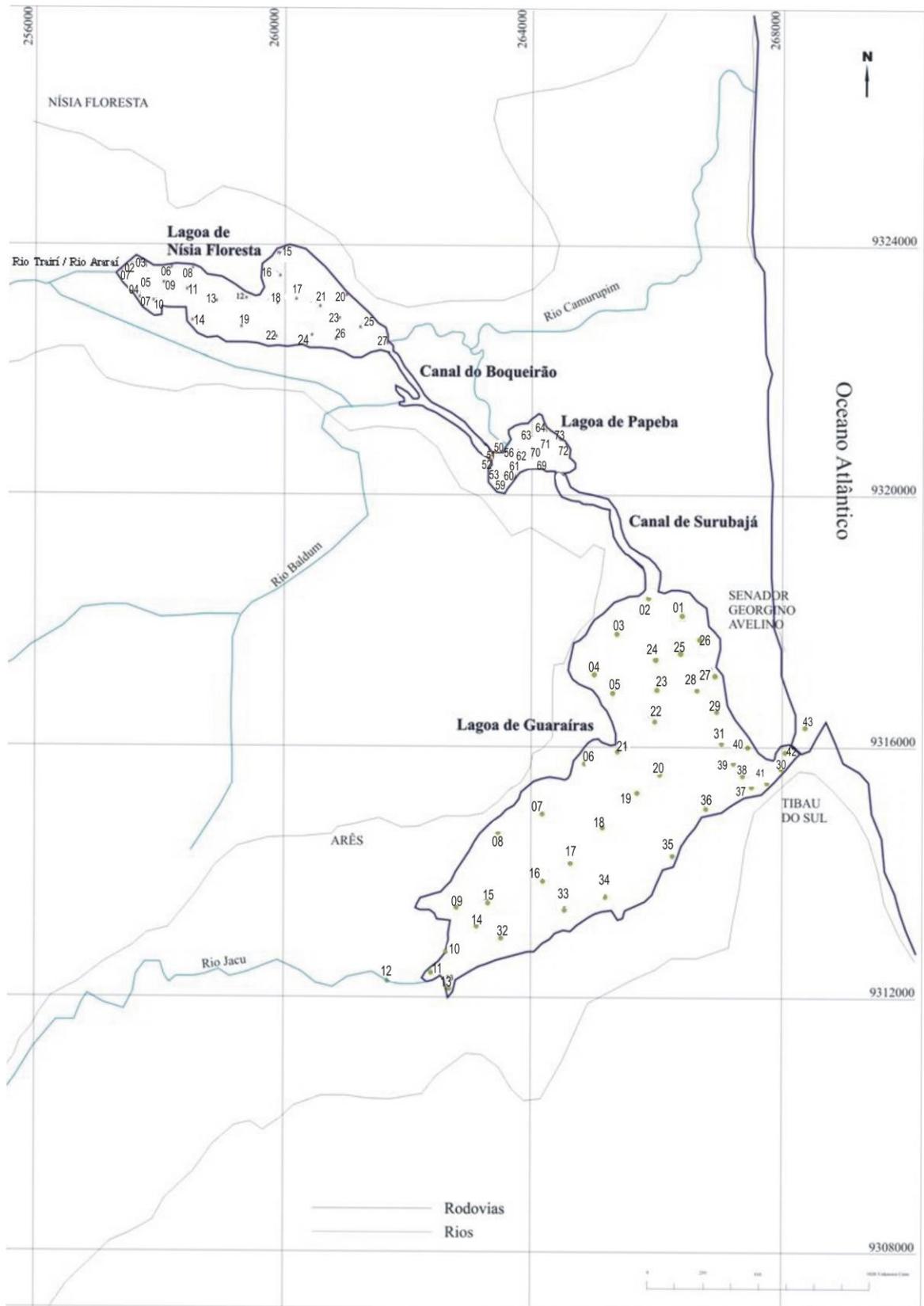


Figura 4.2 - Pontos de coleta no Sistema Estuarino Lagunar Nisia Floresta (1982) - Papeba (1981) - Guaraíras (1978).

Carvalho (1982) define que a topografia de fundo da laguna é uniforme na sua litologia nas partes rasas e os seus sedimentos são essencialmente microclásticos e com muita matéria orgânica. Nos canais a granulometria torna-se mais grosseira, sendo bastante arenosa. Observa que, na extremidade da laguna de Nísia Floresta, na foz do rio Trairi, mais precisamente a amostra 1 (um) (Figura 4.2), há um índice bem maior da fração arenosa originando a formação de um pequeno delta. Porém na amostra 2 (dois), a fração areia diminui consideravelmente, ambas, contudo, seriam a continuação do leito fluvial. A amostra 5 (cinco) tem uma correlação quase idêntica entre os diversos componentes, sendo que a fração areia volta a ser mais representativa, e em virtude de sua localização próxima aos afloramentos do Grupo Barreiras circundantes à laguna, indica que um possível colúvio deste Grupo penetrou na área de sedimentação.

O sedimento mais fino (silte e argila) acha-se depositado na parte mais interna da laguna sendo representado pelas demais amostras que são típicas para o ambiente lagunar. As amostras 25 (vinte e cinco) e 26 (vinte e seis) localizadas nas proximidades do canal do Boqueirão são caracterizadas por areia bastante fina e possivelmente, esse material tem como área fonte as dunas situadas a nordeste da área (Carvalho, 1982).

Observa-se que sedimentos com altas percentagens em Carbono Total indicam ambientes redutores ou de baixa degradação da matéria orgânica, portanto, águas calmas e de baixas velocidades. O oposto indica regiões sujeitas a uma circulação mais efetiva e suficiente para oxidar a matéria orgânica depositada.

O princípio utilizado é o de que os constituintes do humos são extremamente sensíveis aos diversos fatores que condicionam os processos de deposição, tendo concluído que a distribuição quantitativa da matéria orgânica nos sedimentos de fundo, é muito mais suscetível ao mecanismo hidrodinâmico que afeta a granulometria (Carvalho, 1982).

Com base nestes resultados foi feita a determinação das zonas homogêneas de Granulometria e de matéria orgânica referentes a laguna de Nísia Floresta, apresentadas nas Figuras 4.3 e 4.4.

Tabela 4.1 – Granulometria, carbono total e matéria orgânica – Nísia Floresta - 1982

N ^o AMOST.	%AREIA	%ARGILA	%SILTE	CLASSIF. TEXTURAL	Carbono total g.kg ⁻¹	Matéria orgânica g.kg ⁻¹
01	75,50	12,00	12,50	Areia Siltosa	0,03	0,052
02	1,30	66,00	32,70	Argila Siltosa	2,64	4,55
03	1,90	49,50	48,60	Argila Siltosa	2,72	4,70
04	-	75,00	25,00	Argila Siltosa	4,20	7,20
05	22,0	40,0	38,0	Argila Siltosa	3,60	6,21
06	-	62,0	38,0	Argila Siltosa	3,01	5,20
07	-	84,0	16,0	Argila Siltosa	4,84	8,34
08	-	65,0	35,0	Argila Siltosa	4,41	7,60
09	-	56,5	43,50	Argila Siltosa	4,20	7,24
10	42,0	34,0	24,0	Areia Argilosa	4,26	7,34
11	-	69,0	31,0	Argila Siltosa	5,19	8,90
12	-	77,0	23,0	Argila Siltosa	3,06	5,27
13	-	73,0	27,0	Argila Siltosa	6,11	10,53
14	-	58,0	42,0	Argila Siltosa	5,46	9,41
15	-	78,0	22,0	Argila Siltosa	4,39	7,57
16	-	78,5	21,5	Argila Siltosa	4,36	7,51
17	-	74,5	25,5	Argila Siltosa	3,51	6,05
18	-	77,0	23,0	Argila Siltosa	4,71	8,12
19	-	72,5	27,5	Argila Siltosa	5,10	8,80
20	13,50	57,0	29,50	Argila Siltosa	1,70	2,93
21	-	72,0	28,0	Argila Siltosa	1,65	2,84
22	-	90,0	10,0	Argila Siltosa	1,86	3,20
23	25,0	35,0	40,0	Silte Argiloso	1,45	2,50
24	-	62,0	38,0	Argila Siltoso	1,43	2,46
25	30,0	28,50	41,5	Silte Arenoso	3,09	5,33
26	-	87,5	12,5	Argila Siltoso	1,88	3,24

4.3.2 - CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGUNA DE PAPEBA

A laguna de Papeba foi estudada por Silveira (1981) através de 18 (dezoito) amostras coletadas, numeradas de 50 (cinquenta) a 74 (setenta e quatro) (Figura 4.2), onde foi determinada a sua granulometria (Tabela 4.2) e a matéria orgânica.

Os resultados de matéria orgânica, não foram apresentados em forma de tabela e sim, já no formato de mapa de zonas homogêneas por faixa de % de matéria orgânica, o que serve como base para este estudo. Então, com base nestes resultados foi feita a determinação das zonas homogêneas de granulometria e de matéria orgânica apresentados nas Figuras 4.3 e 4.4.

Tabela 4.2 – Granulometria – Papeba - 1981

N ^o AMOSTRA	% GRÃNULO	% AREIA	% SILTE	% ARGILA	CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL
50	0,33	88,37	7,50	3,80	Areia
51	3,00	96,55	0,41	0,04	Areia
52	0,03	99,65	0,20	0,12	Areia
56	-	89,30	6,50	4,20	Areia
57	-	85,00	7,00	8,00	Areia
58	-	49,00	35,00	16,00	Areia Siltosa
59	0,50	99,46	0,04	-	Areia
60	-	58,20	20,80	21,00	Areia Siltica Argilosa
61	-	59,00	24,00	17,00	Areia Siltosa
62	-	42,30	51,90	5,80	Areia Siltosa
63	-	47,50	32,50	20,00	Silte Arenoso
64	-	26,80	40,90	32,30	Silte Areno Argiloso
69	0,65	98,97	0,28	0,10	Areia
70	-	58,20	26,90	14,90	Areia Siltosa
71	-	51,00	30,80	18,20	Areia Siltosa
72	-	28,20	45,30	26,50	Silte Areno Argiloso
73	-	47,50	50,95	1,55	Silte Arenoso
74	1,00	97,86	1,03	0,11	Areia

Na análise comparativa das diversas zonas da laguna verificou-se que a fração fina (menor que 0,062mm) é representativa tanto na porção central da lagoa como próximo às margens, evidenciando área de baixa energia.

As zonas sul e sudoeste ocupadas pelos canais de maré apresentam sedimentos muitas vezes residuais, originados pela remoção dos finos, motivada pela ação das correntes de maré. Associada à fração areia presente encontra-se alta ocorrência de grânulos, como é o caso das amostras 51 (cinquenta e um) e 74 (setenta e quatro).

Em contato com essa fração, nas proximidades do Canal do Boqueirão, registra-se uma concentração local de sedimentos areno-sílticos, evidenciando uma área de deposição.

A zona central da laguna em direção SE é expressiva na deposição de sedimentos em ambiente de baixa energia, caracterizada pela dominância da fração areno-síltica, gradando lateralmente em direção norte para sedimentos areno-sílticos-argilosos, em menor proporção, ocorre à fração síltica arenosa.

Silveira (1981), concluiu que dominam amostras de areia com moda secundária à fração areno-síltica. Os processos mecânicos não parecem ser muitos atuantes na área de estudo, exceção feita às zonas dos canais, onde a existência de correntes, mesmo fraca, é responsável pelo retrabalhamento das areias e remoção dos finos.

No total das amostras, a distribuição granulométrica mostra um quadro geral caracterizado por silte grosso, areia fina e muito fina, ocorrendo em menor proporção, areia média e grossa (Silveira, 1981).

Os sedimentos finos dominam a zona centro-norte da laguna de Papeba, prolongando-se em direção ao sul. Sua distribuição e deposição relacionam-se provavelmente com a presença de correntes marinhas de baixa energia associada a uma forte influência fluvial, proveniente da laguna de Nísia Floresta e do rio Baldum.

Em sentido sudeste e sudoeste, faixas de areia muito fina e fina assinalam a passagem da fração siltica para areias. Zonas de movimentação mais intensa dos sedimentos de areia grossa e média situam-se na extremidade sul da lagoa ocorrendo, ainda, uma concentração local desses materiais na desembocadura do Canal do Boqueirão.

Em relação à matéria orgânica, as áreas mais oxigenadas acham-se relacionadas às zonas de maior movimentação de sedimentos, em especial as áreas ocupadas pelos canais de maré. Estes se distribuem na lagoa em direção sul e sudeste indo, por conseguinte, do canal de Surubajá, ao canal do Boqueirão.

Na parte norte, em uma faixa infletida em direção a nordeste, registram-se as maiores frequências de teores altos em matéria orgânica. Essa situação é explicada pelo fato de existir detritos orgânicos, especialmente vegetais, carreados pelos cursos de água (gamboas), que aí desembocam, como também a abundante vegetação de mangues presentes.

Na porção central da laguna a distribuição dos teores de matéria orgânica é indicativo de diminuição progressiva de aeração no sentido oeste-leste. Neste sentido, há um decréscimo na movimentação de fundo dos sedimentos, determinando uma maior concentração desta no setor oeste da laguna, devido provavelmente ao aporte fluvial, procedente da laguna de Nísia Floresta e do rio Baldum (Silveira, 1981).

4.3.3 - Caracterização dos sedimentos de fundo da laguna de Guaraíras

A laguna de Guaraíras foi estudada por Carvalho (1978), através 43 (quarenta e três) amostras, cuja localização está na Figura 4.2. A tabela 4.3 apresenta os valores obtidos das análises granulométricas das amostras e as respectivas zonas homogêneas são apresentadas na Figura 4.3. Não foi estudada a matéria orgânica neste trabalho.

Da análise comparativa das diversas áreas da laguna, verificou-se que o espalhamento das curvas granulométricas é aproximadamente coincidente para as amostras localizadas a nordeste e noroeste, sujeitas a maior influência marinha.

A fração fina (0,062mm) praticamente não aparece nestas seções, ocorrendo na área central e, limitando-se a uma maior concentração nas amostras situadas próximas às margens, vindo a dominar ao sul da mesma, uma vez que se encontra sob influência notadamente fluvial.

A fração fina (< 0,062 mm) presente nas amostras é provavelmente induzida na laguna pelas correntes de maré, enquanto que na amostra 9 (nove), situada na barra de Tibau do Sul, sugere ser material do Grupo Barreiras em virtude de muito cascalho encontrado nos sedimentos.

Na seção centro da laguna ocorre variação textural de siltes arenosos, com baixa ocorrência de cascalho, correspondendo, por conseguinte a uma zona de maior deposição de sedimentos. No sul da laguna a influência de correntes fluviais de energia moderada, é deduzida pela presença de sedimentos areno-silticos com pouco cascalho.

Do exposto, Carvalho conclui que, dominam amostras de areias com moda secundária à fração areno-sílica; sendo o principal fator a circulação na laguna originada pelas marés e secundariamente pelo rio Jacu.

Tabela 4.3 – Granulometria - Guaraíras - 1978

N ^o AMOSTRA	CASCALHO	%AREIA	%SILTE	%ARGILA	CLAS.TEXT
01	2,87	93,13	3,90	0,10	Areia
02	0,04	83,92	15,85	0,19	Areia Siltosa
03	0,23	97,27	2,46	0,04	Areia
04	0,01	97,49	2,46	0,04	Areia
05	3,56	85,44	10,90	0,10	Areia Siltosa
06	3,73	93,87	2,36	0,04	Areia
07	0,05	98,75	1,17	0,03	Areia
08	0,19	98,11	1,67	0,03	Areia
09	14,29	84,50	1,17	0,04	Areia
10	0,01	98,59	1,37	0,03	Areia
11	1,50	92,50	5,90	0,10	Areia
12	-	44,0	55,30	0,70	Silte Arenoso
13	-	45,0	54,70	0,30	Silte Arenoso
14	0,09	35,91	63,30	0,70	Silte Arenosa
15	-	31,0	68,60	0,40	Silte Arenoso
16	0,49	33,51	65,60	0,40	Siltosa
17	-	2,50	96,20	1,30	Siltoso
18	-	0,90	97,90	1,20	Siltoso
19	1,43	31,57	66,50	0,50	Silte Arenosa
20	9,82	45,18	44,60	0,40	Areia Siltosa
21	-	0,50	98,40	1,10	Siltoso
22	0,05	6,95	92,40	0,60	Siltosa
23	-	0,90	97,30	1,80	Siltosa
24	-	12,0	87,50	0,50	Siltosa
25	0,52	57,48	41,50	0,50	Areia Siltosa
26	0,50	77,50	21,70	0,30	Areia
27	-	98,60	1,36	0,04	Areia
28	-	79,0	20,80	0,20	Areia
29	0,37	90,08	9,49	0,06	Areia
30	0,39	98,21	1,37	0,03	Areia
31	0,01	98,79	1,16	0,04	Areia
32	0,96	53,04	45,50	0,50	Areia Siltosa
33	1,00	89,00	9,85	0,15	Areia
34	17,0	67,0	15,80	0,20	Areia
35	0,32	71,68	27,60	0,40	Areia
36	-	12,0	87,0	1,0	Siltoso
37	0,13	51,87	47,50	0,50	Areia Siltosa
38	0,09	97,91	1,96	0,04	Areia
39	0,06	45,94	53,50	0,50	Silte Arenoso
40	1,49	54,51	43,40	0,60	Areia Siltosa
41	3,42	79,58	16,80	0,20	Areia
42	0,74	81,26	17,75	0,25	Areia

4.3.4 – MAPAS DE ZONAS HOMOGÊNEAS DO SISTEMA

Com base nos resultados dos trabalhos de Carvalho (1982), Silveira (1981) e Carvalho (1978), foram feitos os mapas de zonas homogêneas de Granulometria de acordo com sua classificação textural (Figuras 4.3) e o mapa das zonas homogêneas de matéria orgânica (Figura 4.4).

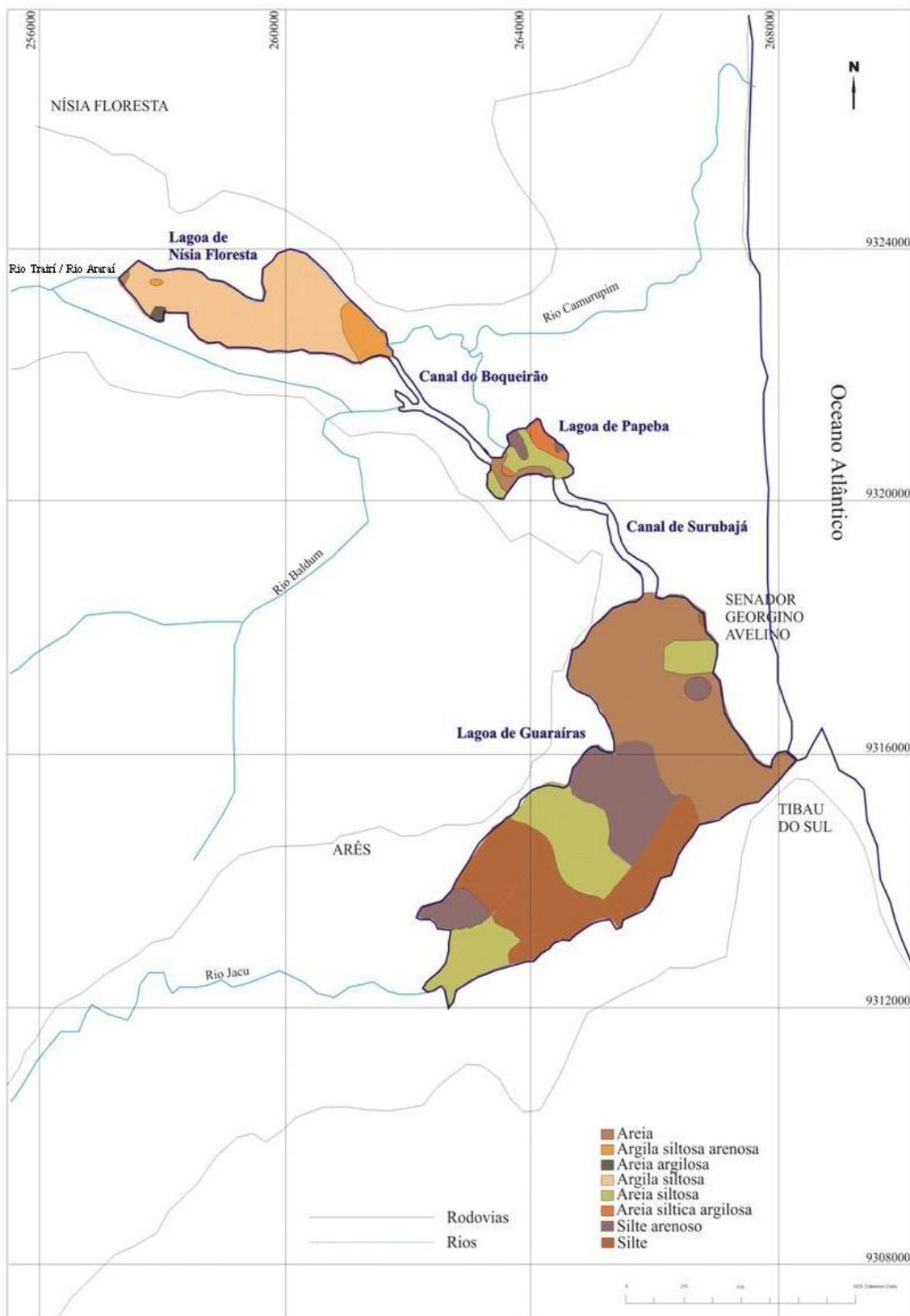


Figura 4.3 - Zonas homogêneas da Granulometria de Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta – Papeba - Guaraíras (Adaptada de Carvalho, 1982, Silveira, 1981 e Carvalho,1978)

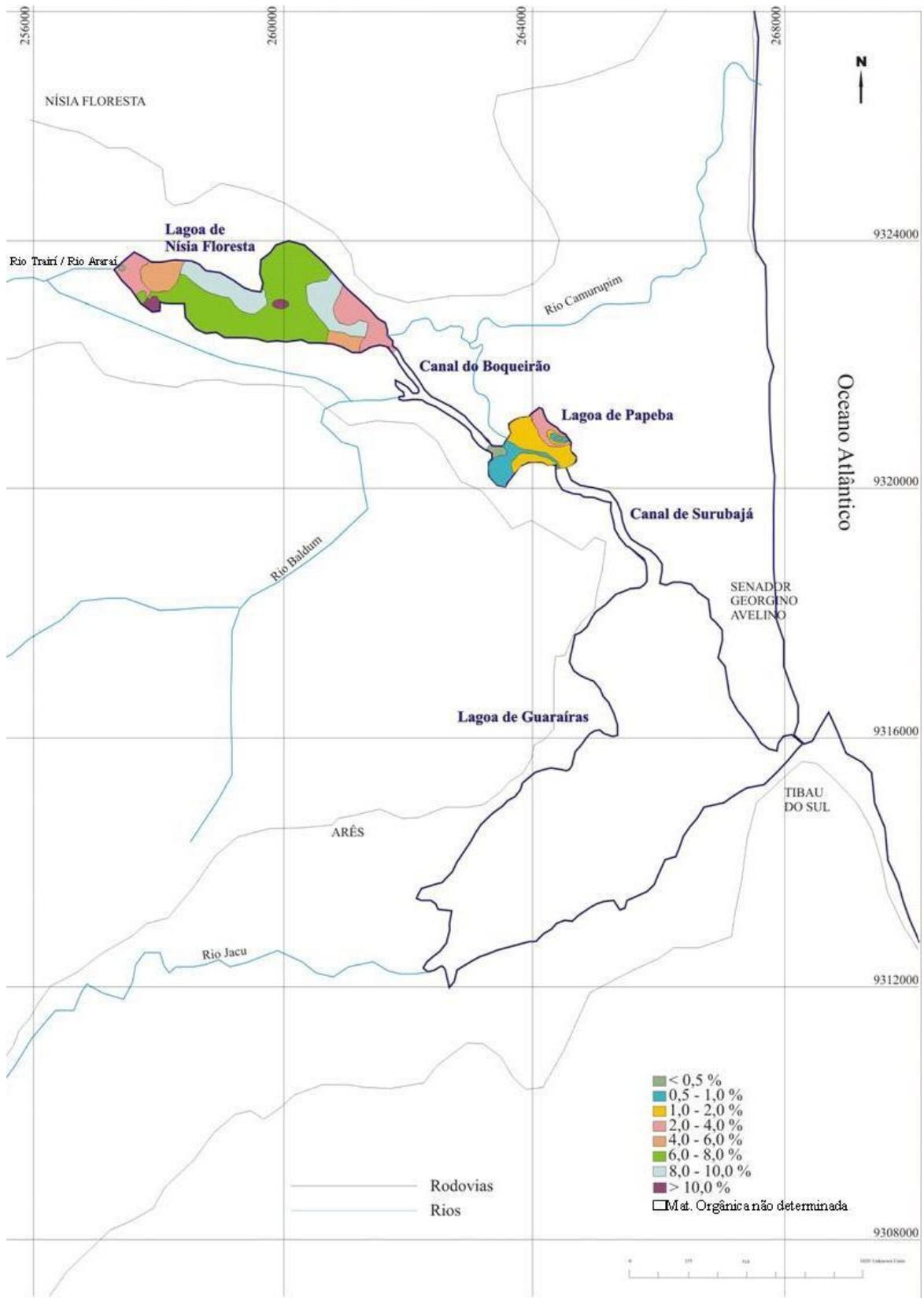


Figura 4.4 – Zonas homogêneas da matéria orgânica das lagoas de Nísia Floresta e Papeba (Adaptada de Carvalho, 1982 e Silveira, 1981)

4.4 - CAMPANHA DE CAMPO DE 2000 E 2005

Na campanha de 2000, no mês de maio, foram coletadas 30 (trinta) amostras de sedimentos no Sistema Estuarino em estudo, sendo 11 (onze) em Nísia Floresta, 7 (sete) em Papeba e 12 (doze) em Guaraíras. Utilizou-se GPS para marcar os pontos e estas coletas foram realizadas pelo Laboratório de Solo da UFRN e analisadas no Laboratório de Análise de Água, Solo e Plantas da EMPARN, onde foram determinadas a sua granulometria, matéria orgânica e metais pesados. A metodologia seguida foi a da EMBRAPA (1997).

Em 2005, nos meses de março e abril, uma nova campanha de coletas foi feita no mesmo Sistema Estuarino, totalizando 55 (cinquenta e cinco) amostras, onde 21 (vinte e uma) foi na Laguna de Nísia Floresta, 12 (doze) em Papeba e 22 (vinte e duas) em Guaraíras. Essas coletas foram feitas e analisadas no Laboratório de Análise de Água, Solo e Plantas da EMPARN e as determinações e a metodologia seguiram o mesmo critério da campanha de 2000. Essas campanhas tiveram como finalidade analisar comparativamente os parâmetros citados, mostrando a evolução de seus valores entre si e relacionando os mesmos também com as campanhas de 1980.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados referentes às campanhas de 2000 e 2005 segundo aspectos de granulometria, matéria orgânica e metais pesados. São apresentados aspectos específicos das amostras de cada campanha. Os resultados de granulometria e matéria orgânica da campanha de 2000 são discutidos comparativamente à campanha de 1980. São ainda, apresentados os resultados de metais pesados desta campanha. Os resultados da campanha de 2005 relativos à granulometria e matéria orgânica são apresentados e discutidos comparativamente as campanhas de 1980 e 2000. Os resultados de metais pesados de 2005 são apresentados e discutidos em relação à campanha de 2000.

5.1 - Caracterização dos Sedimentos de Fundo do Sistema Estuarino Lagunar em 2000

5.1.1 – PONTOS DE COLETA

Como dito no capítulo 4, foram coletadas em maio de 2000, 30 (trinta) amostras de sedimentos do Sistema Estuarino em estudo, sendo: 11 (onze) na laguna de Nísia Floresta, 7 (sete) na de Papeba e 12 (doze) na de Guaraíras. As mesmas foram coletadas levando-se em consideração as zonas homogêneas definidas pela campanha de 1980 e o acesso à área..

Na Figura 5.1 é mostrada a localização destas 30 amostras sobre o mapa de zonas homogêneas de granulometria da campanha de 1980, que serve como base ao longo de todo este trabalho. Também para facilitar a comparação dos teores de matéria orgânica, os mesmos pontos são posicionados sobre o mapa de zonas homogêneas de matéria orgânica referente à campanha de 1980 (Figura 5.2)

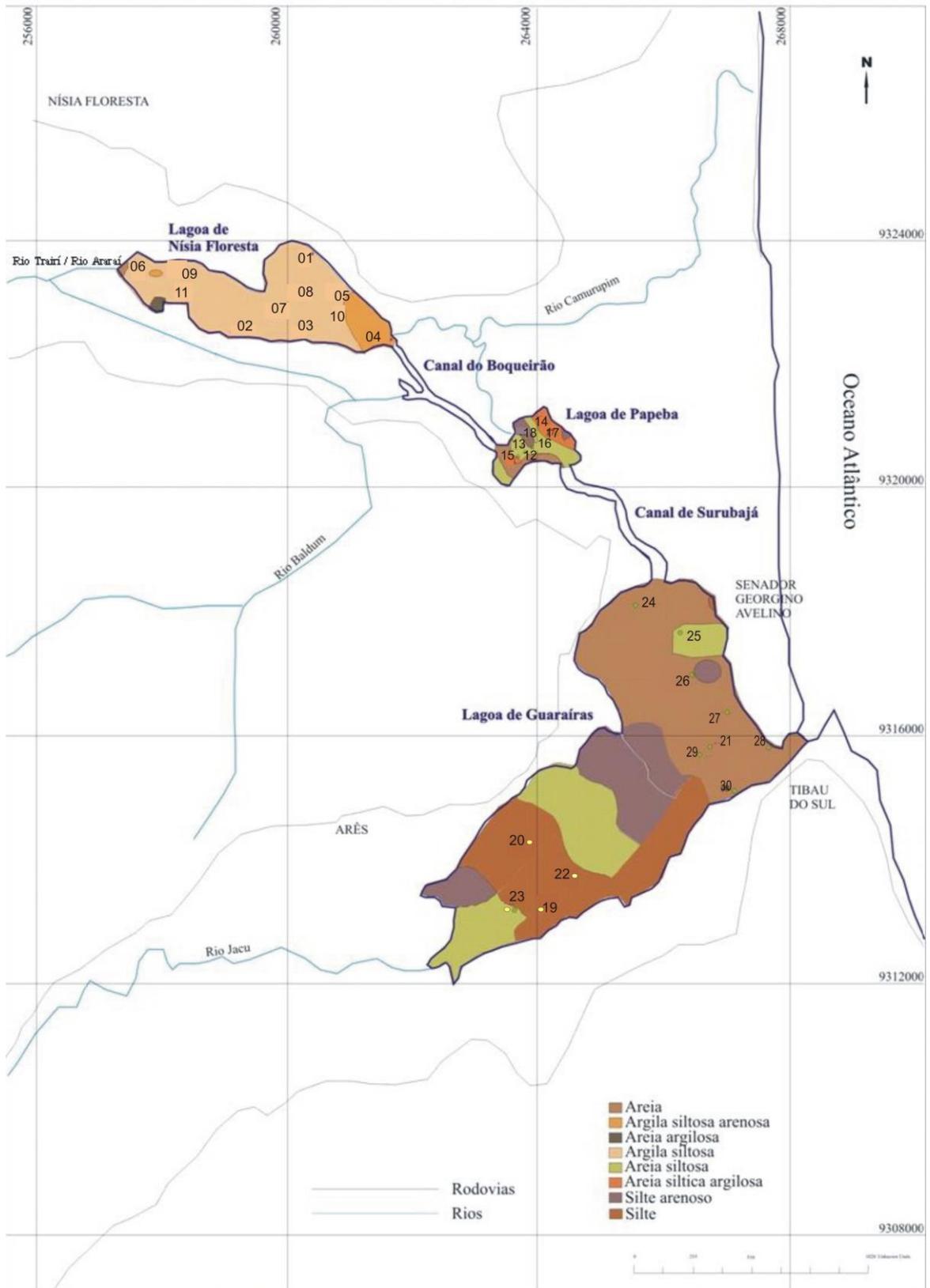


Figura 5.1 – Pontos de amostragem do Sistema Estuarino Lagunar em 2000 sobrepostos ao mapa de zonas homogêneas de granulometria de 1980

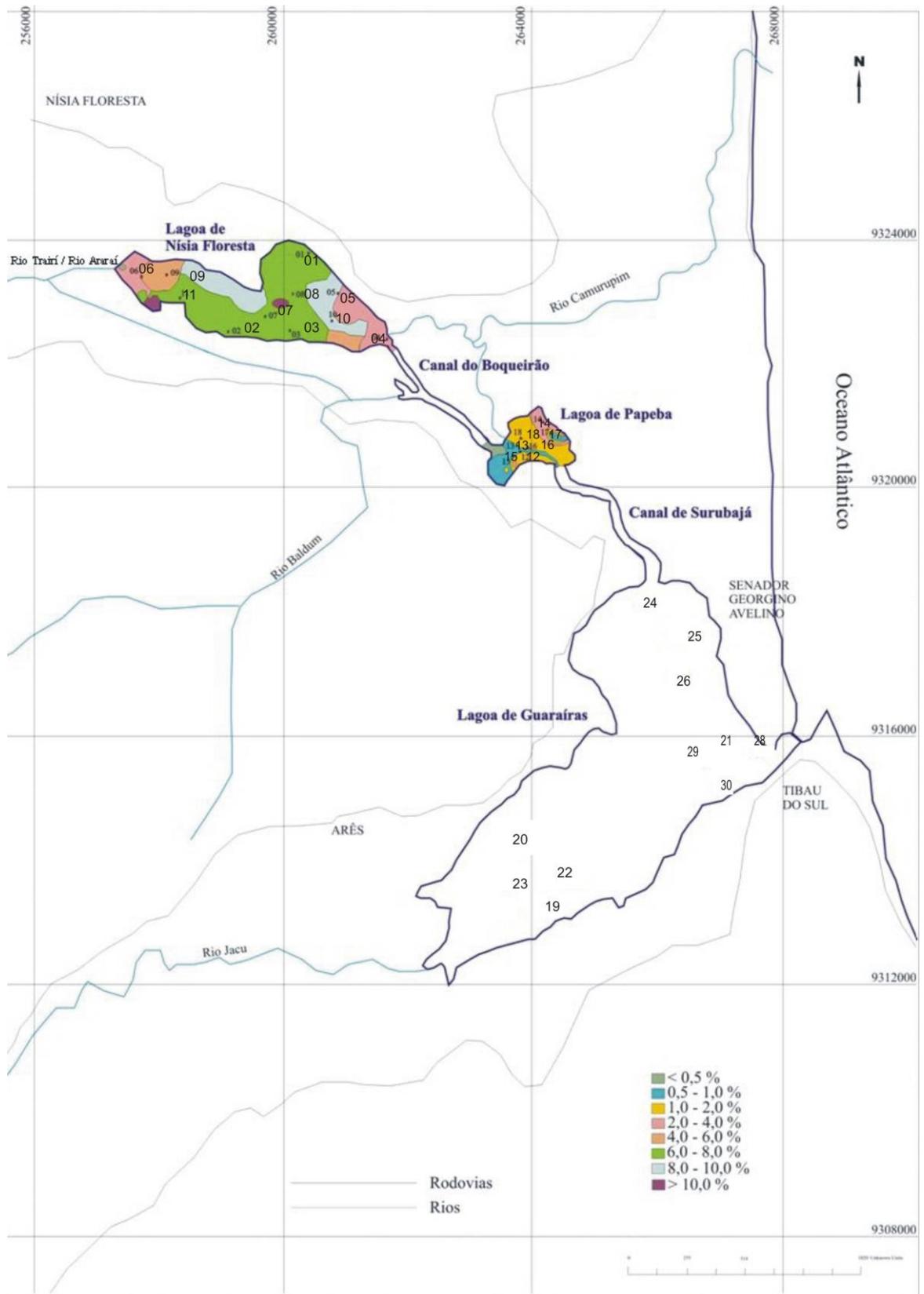


Figura 5.2 - Pontos de amostragem do Sistema Estuarino Lagunar em 2000 sobrepostos ao mapa de zonas homogêneas de matéria orgânica de 1980

Todas as amostras de sedimentos coletadas foram tratadas seguindo técnicas usuais de quarteação, secagem, estufa a 60⁰ C e pesagem, e analisadas segundo aspectos de granulometria, matéria orgânica e metais pesados seguindo os procedimentos citados no capítulo 4.

5.1.2 – RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados referentes à campanha de 2000 no Sistema Estuarino segundo aspectos de granulometria, matéria orgânica (Tabela 5.1) e metais pesados (Tabela 5.2).

Tabela 5.1 - Granulometria e matéria orgânica da campanha de 2000 do Sistema Estuarino Lagunar

LAGUNAS	Nº AMOSTRA	AREIA %	ARGILA %	SILTE %	CLASSIF. TEXT.	M.O. %
Nísia Floresta	01	11,95	27,00	61,05	Silte Argiloso	10,60
	02	29,85	15,00	55,15	Silte Arenoso	2,12
	03	46,00	15,00	39,00	Areia Siltoso	4,93
	04	28,00	20,00	52,00	Silte Arenoso	5,73
	05	85,45	1,00	13,55	Areia	0,11
	06	83,65	11,00	5,35	Areia	5,52
	07	31,45	14,00	54,55	Silte Arenoso	9,02
	08	95,20	2,00	2,80	Areia	0,32
	09	33,50	20,00	46,45	Silte Arenoso	6,10
	10	90,60	6,00	3,40	Areia	2,33
	11	42,15	10,00	47,85	Silte Arenoso	5,09
Papeba	12	77,15	8,0	14,85	Areia Siltosa	0,70
	13	92,70	3,0	4,3	Areia	0,32
	14	67,55	6,0	26,45	Areia Siltosa	4,78
	15	66,75	15,0	18,25	Areia Siltosa	1,60
	16	91,75	3,0	5,25	Areia	1,50
	17	92,80	2,0	5,20	Areia	12,46
	18	85,60	5,0	9,4	Areia Siltosa	0,85
	19	39,30	10,0	50,70	Silte	3,60
Guaraíras	20	20,50	12,0	67,50	Silte	5,83
	21	97,95	2,0	0,05	Areia	0,90
	22	47,20	8,0	44,80	Areia Siltosa	8,72
	23	80,85	5,0	14,15	Areia Siltosa	1,96
	24	98,25	1,0	0,75	Areia Siltosa	0,34
	25	82,0	8,0	10,0	Areia	1,22
	26	95,30	3,0	1,70	Areia	0,50
	27	96,80	2,0	1,20	Areia	1,60
	28	80,84	6,0	13,16	Areia	0,95
	29	96,0	3,0	1,0	Areia	0,26
	30	40,0	10,0	50,0	Silte Arenoso	0,11

Tabela 5.2 – Resultados das análises de metais pesados da campanha de 2000 do Sistema Estuarino Lagunar.

LAGOAS	Nº	Fe	Mn	Zn	Cd	Ni	Pb	Cu	Cr
	AM	mg.kg⁻¹							
N.Floresta	01	435,00	665,00	2,50	0,05	0,4	1,25	0,40	0,15
	02	380,00	170,00	8,50	0,10	0,75	1,05	0,20	0,20
	03	970,00	189,00	8,00	0,10	1,30	1,15	0,80	0,30
	04	781,00	235,00	2,00	0,05	1,80	1,00	0,50	0,15
	05	165,00	155,00	3,00	0,00	0,20	0,20	0,15	0,10
	06	206,00	235,00	4,00	0,05	2,00	1,00	0,15	0,10
	07	179,00	102,00	5,50	0,05	1,00	1,20	0,80	0,15
	08	865,00	114,00	6,20	0,05	1,20	0,85	0,25	0,20
	09	131,00	300,00	1,20	0,00	0,50	0,65	0,15	0,10
	10	984,00	19,00	4,00	0,00	0,60	0,80	0,55	0,15
	11	430,00	250,00	6,00	0,05	2,50	0,80	0,20	0,10
Papeba	12	675,00	29,00	1,50	0,00	0,40	0,30	0,80	0,20
	13	680,00	24,00	2,00	0,05	0,30	0,40	0,90	0,15
	14	835,00	72,00	8,00	0,00	1,35	0,80	2,50	0,80
	15	10,00	35,00	1,00	0,10	0,50	0,60	0,20	0,05
	16	15,00	90,00	0,50	0,15	0,40	0,95	0,15	0,00
	17	580,00	75,00	2,00	0,60	0,85	1,13	0,50	0,85
	18	140,00	40,00	1,00	0,00	0,10	0,20	0,10	0,10
Guaraíras	19	0,40	8,00	0,20	0,10	0,35	0,50	0,25	0,05
	20	115,00	12,00	1,35	0,05	0,20	0,72	0,20	0,35
	21	0,05	32,00	0,05	0,05	0,15	1,00	0,15	0,05
	22	0,30	22,00	0,10	0,05	0,50	0,85	0,10	0,10
	23	0,20	19,00	0,00	0,00	0,30	0,60	0,15	0,10
	24	0,50	10,00	0,10	0,10	0,15	0,55	0,10	0,15
	25	180,00	15,00	2,00	0,00	0,70	0,45	0,40	0,30
	26	34,00	3,20	0,30	0,00	0,05	0,20	0,20	0,25
	27	180,00	4,30	0,05	0,00	0,15	0,35	0,30	0,40
	28	43,00	13,00	0,10	0,00	0,25	0,10	0,25	0,30
	29	922,00	7,00	7,50	0,05	7,30	2,20	0,55	0,90
	30	65,00	12,00	0,80	0,00	0,10	0,20	0,15	0,45

5.2 – Discussão comparativa entre as campanhas de 2000 e 1980

5.2.1 - NÍSIA FLORESTA

A seguir são discutidos os resultados obtidos das análises de granulometria, matéria orgânica e metais pesados, referentes a campanha de 2000 para a laguna de Nísia floresta, tomando-se como referência para tal discussão, as zonas homogêneas referentes á campanha de 1980.

GRANULOMETRIA

Na classificação textural das 11 (onze) amostras analisadas da laguna de Nísia Floresta, observou-se que as amostras de 2000 apresentam textura sedimentar: Argila Siltosa, Areia Siltosa, Silte Arenoso e Areia. Comparativamente a campanha de 1980, tomando como base o mapa de zonas homogêneas de granulometria (Figura 5.1), fica evidenciada a ocorrência de alterações granulométricas na laguna. Na tabela 5.3 destacam-se os pontos onde estas alterações foram detectadas, mostrando-se sua classificação textural em 2000 e sua classificação textural corresponde às zonas homogêneas de 1980.

Tabela 5.3 – Comparação textural na laguna de Nísia Floresta 2000 - 1980

Nº	CLASSIF. TEXT.	CLASSIF. TEXT.
AM	2000	1980
1	Argila Siltosa	Argila Siltosa
2	Silte Arenoso	Argila Siltosa
3	Areia Siltosa	Argila Siltosa
4	Silte Arenoso	Argila Siltosa
5	Areia	Argila Siltosa
6	Areia	Argila Siltosa
7	Silte Arenoso	Argila Siltosa
8	Areia	Argila Siltosa
9	Silte Arenoso	Argila Siltosa
10	Areia	Argila Siltosa
11	Silte Arenoso	Argila Siltosa

Observa-se que a amostra 3 (três) mudou sua classificação textural de Argila Siltosa para Areia Siltosa, significando que, pela sua localização ocorreu uma deposição de areia, possivelmente ocasionada pelo transporte de sedimentos trazidos pelo rio Trairi.

Os sedimentos das amostras 2 (dois), 4 (quatro), 7 (sete), 9 (nove) e 11 (onze) foram classificados como Silte Arenoso em 2000, estando na zona homogênea de Argila Siltosa em 1980. Isso faz supor que estejam acontecendo alterações hidrodinâmicas significativas na laguna, estando estes pontos localizados agora em regiões de menor energia, favorecendo a deposição de sedimentos finos.

As amostras 5 (cinco), 6 (seis), 8 (oito) e 10 (dez) tiveram classificação textural em 2000 como Areia e em 1980 de acordo com as zonas homogêneas, classificadas como Argila Siltosa. Isto vem de encontro com a suposição de que estejam acontecendo alterações hidrodinâmicas significativas na laguna, estando estes pontos localizados agora em regiões de maior energia.

MATÉRIA ORGÂNICA

Os pontos 1 (um) e 7 (sete) apresentaram teores de Matéria Orgânica entre 8 e 10%, e estão localizados de acordo com as áreas homogêneas de 1980, na faixa entre 6 e 8%. Isso significa que houve uma maior deposição de material orgânico, pois são regiões de baixa energia (Tabela 5.1).

Os pontos 3 (três), 4 (quatro), 6 (seis), 9 (nove) e 11 (onze) estão na faixa entre 4 e 6% e de acordo com as áreas homogêneas de 1980, isso corresponde o seguinte:

- Pontos 3 e 11 - apresentaram uma faixa de matéria orgânica entre 4 e 6% e tiveram um decréscimo nos seus teores uma vez que se encontram em áreas cuja variação está entre 6 a 8% nas zonas homogêneas;
- Pontos 4 e 6 – Estão na faixa cujos teores de matéria orgânica varia de 2 a 4% e que apresentam valores entre 4 e 6% pela localização nas áreas homogêneas de 1980. Estão localizados nos extremos da laguna, região próxima a mangues (ponto 6) e ao canal do Boqueirão (ponto 4), onde recebe toda carga sedimentar trazida pelo rio Camurupim;
- Ponto 9 - está na faixa entre 4 e 6% mas apresentou valor entre 6 e 8% nas áreas homogêneas de 1980, possivelmente esse aumento ocorrido é devido a maior deposição de restos de folhas, animais, galhos de árvores. É uma região próxima a mangues;
- Pontos 2 e 10 - apresentam concentração de matéria orgânica entre 2 e 4%, mas estão localizadas nas regiões homogêneas de 1980 entre 6 % (2) e 8% (10). Pode-se dizer que houve um decréscimo bem expressivo nessas deposições de material em decomposição;
- Pontos 5 e 8 - tiveram valores de matéria orgânica entre 0,5 e 1%. De acordo com as áreas homogêneas de 1980 se acharam em zonas cujos teores variam entre 6 e 8% (ponto 8) e entre 8 e 10% (ponto 5). Desta forma, pode-se supor que, por ser uma

região central da lagoa estes teores estejam minimizados em virtude do carreamento dos sedimentos pelas chuvas da época ou pela influência dos movimentos de marés.

Metais Pesados

Em relação aos metais pesados pode-se observar que o Ferro e o Manganês apresentaram teores mais expressivos, uma vez que, em ambientes marinhos, onde a taxa de sedimentação é pequena ocorre o enriquecimento nos sedimentos em que esses dois elementos tendem a ser os principais constituintes. Observam-se também teores elevados de Zinco (Tabela 5.2).

Além da contribuição natural, o aporte de metais pesados para o Sistema Estuarino em estudo, pode ser devido a diversas atividades agrícolas, a carcinicultura cujos efluentes sem tratamento são lançados no corpo aquático, e a concentração urbana próximo à laguna. Não foi possível realizar análise comparativa de metais pesados em relação à campanha de 1980, uma vez que naquela campanha não foi realizada análises análise referentes a metais pesados.

5.2.2 – Papeba

A seguir são discutidos os resultados obtidos das análises de granulometria, matéria orgânica e metais pesados, referentes à campanha de 2000 para a laguna de Papeba, tomando-se como referência para tal discussão, as zonas homogêneas referentes à campanha de 1980.

GRANULOMETRIA

A laguna de Papeba foi caracterizada com as determinações de granulometria, matéria orgânica e metais pesados, a fim de se verificar o comportamento dos sedimentos através de 7 (sete) amostras coletadas (Figura 5.1). Foram identificados os seguintes grupos texturais: Areia Siltosa e Areia. Comparativamente a campanha de 1980, tomando como base o mapa de zonas homogêneas de granulometria de 1980, fica evidenciada a ocorrência de alterações granulométricas na laguna. Na tabela 5.4 destacam-se os pontos onde estas alterações foram detectadas, mostrando-se sua

classificação textural em 2000 e sua classificação textural corresponde às zonas homogêneas de 1980.

Tabela 5.4 – Comparação textural na laguna de Papeba 2000 - 1980

N ^o	CLASSIF. TEXT.	CLASSIF. TEXT.
AM	2000	1980
12	Areia Siltosa	Areia
13	Areia	Areia Siltosa
14	Areia Siltosa	Areia Siltica Argilosa
15	Areia Siltosa	Areia
16	Areia	Areia Siltosa
17	Areia	Areia Siltica Argilosa
18	Areia Siltosa	Silte Arenoso

A mudança ocorrida nas amostras 12 (doze) e 15 (quinze), 14 (quatorze) e 18 (dezoito) é, provavelmente, devido aos movimentos de fluxo e refluxo de marés, evidenciando a presença de barras arenosas emersas nas quais se desenvolvem os manguezais.

Nos pontos 13 (treze), 16 (dezesesseis) e 17 (dezesete), provavelmente, ocorreu o transporte de sedimentos terrígenos através das águas marinhas, acrescidas dos cursos fluviais pra dentro da laguna.

Estas alterações evidenciam a ocorrência de alterações hidrodinâmicas, estando a laguna hoje com menor energia hidrodinâmica, favorecendo a deposição dos sedimentos finos em algumas regiões a retirada dos mesmos em outras.

Matéria Orgânica

Com relação à matéria orgânica observou-se que as amostras 12 (doze), 13 (treze) e 18 (dezoito) apresentaram valores na faixa entre 0,5 e 1% de matéria orgânica, porém este último, mesmo estando nessa faixa, nas áreas homogêneas de 1980 ocupa localização que compreende o intervalo entre 1 e 2%, ocorrendo um decréscimo.

As amostras 15 (quinze) e 16 (dezesesseis), localizadas mais ao centro da laguna, indicando um maior teor de matéria orgânica entre 1 a 2%, permaneceram com os mesmos

teores em relação às zonas homogêneas de 1980, havendo apenas um decréscimo no ponto 16 (dezesesseis).

No ponto 17 (dezesete) que apresenta valores na zona homogênea de 1980 entre 8 e 10%, apresentou valor bem maior. Possivelmente por ser próximo a floresta de mangues onde o material em decomposição é maior.

As amostras 14 (quatorze) estão localizadas próximas a mangues com teores mais elevados de matéria orgânica, variando entre 4 a 6%. Isto é explicado pela existência de detritos orgânicos, especialmente vegetais trazidos pelas gamboas que aí desembocam. Nas áreas homogêneas, essa faixa corresponde valores entre 2 a 4%.

Metais Pesados

Nos resultados obtidos dos metais pesados, verifica-se que o Ferro e o Manganês apresentam valores mais expressivos em relação aos demais metais e um discreto valor do Zinco e do Chumbo (Tabela 5.2).

Não foi possível realizar análise comparativa de metais pesados em relação à campanha de 1980, uma vez que naquela campanha não foi realizada análises referentes a metais pesados.

5.2.3 – Guaráiras

A seguir são discutidos os resultados obtidos das análises de granulometria, matéria orgânica e metais pesados, referentes à campanha de 2000 para a laguna de Guaráiras, tomando-se como referência para tal discussão, as zonas homogêneas referentes à campanha de 1980.

GRANULOMETRIA

A laguna de Guaráiras teve seus sedimentos analisados nas 11 (onze) amostras quanto à granulometria, matéria orgânica e metais pesados, observando-se a evolução desses parâmetros em relação à campanha de 1980. Foram identificados os seguintes grupos texturais: Areia Siltosa, Areia, Silte e Silte Arenoso. Comparativamente a campanha de 1980, tomando como base o mapa de zonas homogêneas de granulometria

(Figura 5.1), fica evidenciada a ocorrência de alterações granulométricas na laguna. Na tabela 5.5 destacam-se os pontos onde estas alterações foram detectadas, mostrando-se sua classificação textural em 2000 e sua classificação textural corresponde às zonas homogêneas de 1980.

Tabela 5.5 – Comparação textural na laguna de Guaraíras 2000 - 1980

Nº	CLASSIF. TEXT. 2000	CLASSIF. TEXT. 1980
AM	2000	1980
19	Silte	Silte
20	Silte	Silte
21	Areia	Areia
22	Areia Siltosa	Silte
23	Areia Siltosa	Silte
24	Areia Siltosa	Areia
25	Areia Siltosa	Areia Siltosa
26	Areia	Areia
27	Areia	Areia
28	Areia	Areia
29	Areia	Areia
30	Silte Arenoso	Areia

As amostras 19 (dezenove), 20 (vinte), 21 (vinte e um) e 26 (vinte e seis) a 29 (vinte e nove) não sofreram alteração quanto a classificação textural; as amostras 22 (vinte e dois) e 23 (vinte e três) passaram de areia siltosa para silte. Provavelmente isto se deve ao fato destes pontos estarem localizados ao sul da laguna que é uma região cujas correntes marinhas tem baixa energia sofrendo forte influência do rio Jacu, o que favorece a sedimentação desses materiais.

A amostra 24 (vinte e quatro) localizada a noroeste da laguna, próximo ao canal de Surubajá, foi classificada de acordo com as áreas homogêneas de 1980 como Areia, e na campanha de 2000 como Areia Siltosa.

MATÉRIA ORGÂNICA

A matéria orgânica das amostras de 2000 não pôde ser comparada com a campanha de 1980, uma vez que naquela campanha a mesma não foi determinada.

A laguna de Guaraíras apresentou teores de matéria orgânica expressivos nos pontos: 22 (vinte e dois) de 8 a 10%, 20 (vinte) de 4 a 6% e 19 (dezenove) de 2 a 4% (tabela 5.1). Esses pontos localizam-se ao sul da laguna, aonde o rio Jacu chega trazendo sedimentos finos em suspensão e por ser um local onde a velocidade das correntes são mais baixas, favorecem a sedimentação. Entretanto, é importante dizer que o aporte de sedimentos não tem origem somente nos processos de vertente que ocorrem no local, mas também dos movimentos de aumento e retração da lâmina d'água em virtude de épocas de cheias e secas, que constroem terraços nas margens, os quais também podem constituir fonte de sedimentos.

Os demais pontos apresentaram valores entre 0,5 e 1%. São regiões onde a hidrodinâmica é mais forte, pois sofre influência do fluxo e refluxo das marés, o que não favorece a deposição dos sedimentos.

METAIS PESADOS

A concentração de metais pesados na laguna de Guaraíras (Tabela 5.2), apresenta valores expressivos. A amostra 29 (vinte e nove) apresentou valores altos de Ferro (Fe) e em todos os metais, exceto o Cádmio (Cd) e o Cobre (Cu). As amostras 20 (vinte) e 25 (vinte e cinco) apresentaram teores altos de Ferro, Manganês e Zinco.

5.3 - Caracterização dos Sedimentos de Fundo do Sistema Estuarino Lagunar em 2005

5.3.1 - PONTOS DE COLETA

Foi executada em 2005, na época de estiagem (meses de março e abril), uma nova campanha de coleta de 55 (cinquenta e cinco) amostras nos sedimentos de fundo do Sistema Estuarino, para determinação de granulometria, matéria orgânica e metais pesados, a fim de se estudar as suas evoluções em relação aos anos de 2000 e 1980.

A distribuição das amostras ocorreu da seguinte maneira: 21 (vinte e uma) na laguna de Nísia Floresta, 12 (doze) em Papeba e 22 (vinte e duas) em Guaraíras. As mesmas foram coletadas levando-se em consideração as zonas homogêneas definidas pela campanha de 1980, a localização das amostras da campanha de 2000 e o acesso à área..

Na Figura 5.3 é mostrada a localização destas 55 (cinquenta e cinco) amostras sobre o mapa de zonas homogêneas de granulometria da campanha de 1980, que serve como base ao longo de todo este trabalho. Também para facilitar a comparação dos teores de matéria orgânica, os mesmos pontos são posicionados sobre o mapa de zonas homogêneas de matéria orgânica referente à campanha de 1980 (Figura 5.4)

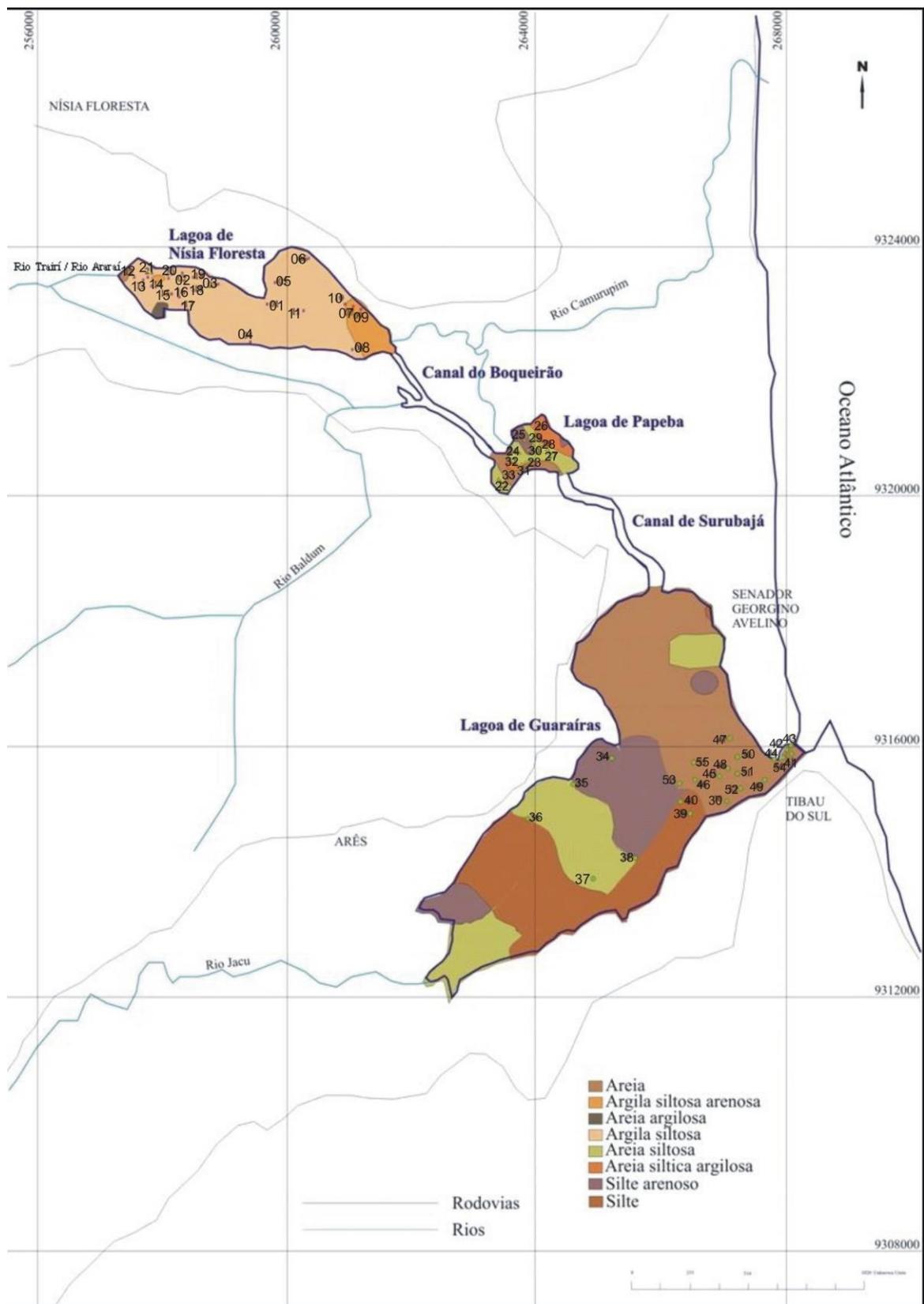


Figura 5.3 - Pontos de coletas de 2005 do Sistema Estuarino Lagunar sobrepostos ao mapa de zonas homogêneas de granulometria de 1980

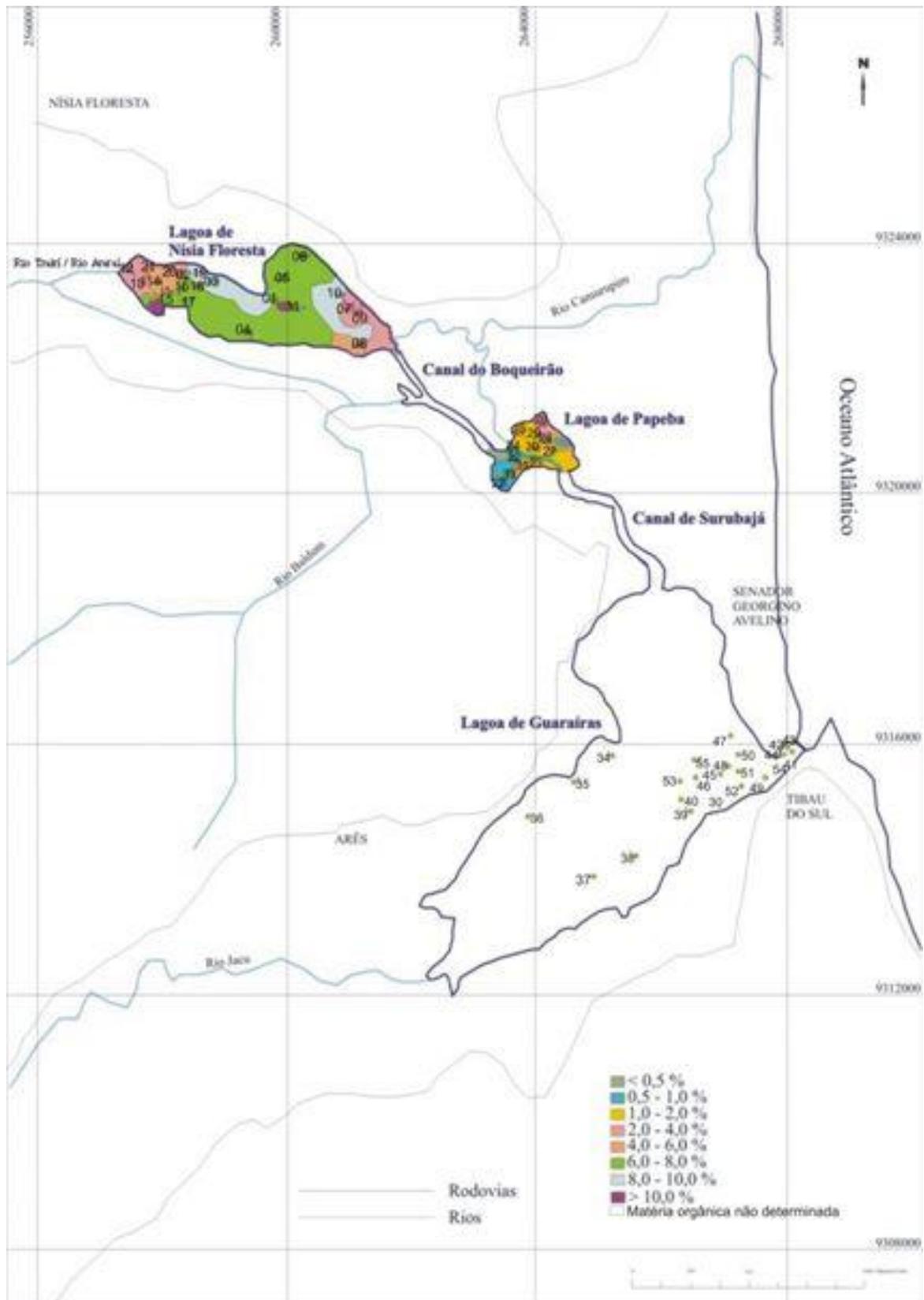


Figura 5.4 – Pontos de coletas de 2005 do Sistema Estuarino Lagunar sobrepostos ao mapa de zonas homogêneas de matéria orgânica de 1980

Todas as amostras coletadas foram tratadas seguindo técnicas usuais de quarteação, secagem, estufa a 60⁰ C e pesagem, e analisadas segundo aspectos de granulometria, matéria orgânica e metais pesados seguindo os procedimentos citados no capítulo 4.

5.3.2 – RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados referentes à campanha de 2005 no Sistema Estuarino segundo aspectos de granulometria, matéria orgânica (Tabelas 5.6, 5.7 e 5.8) e metais pesados (Tabelas 5.9, 5.10 e 5.11).

Tabela 5.6 – Resultados da granulometria e matéria orgânica de Nísia Floresta - 2005

N ^o AMOSTRA	%AREIA	%ARGILA	%SILTE	CLASSIF.	Matéria Orgânica, %
01	37,55	18,0	44,45	Silte Arenoso	4,90
02	25,55	14,0	60,45	Silte Arenoso	11,70
03	13,35	19,0	67,65	Silte Arenoso	4,80
04	19,35	19,0	61,65	Silte Arenoso	6,23
05	10,10	28,0	61,90	Silte Arenoso	5,20
06	14,60	25,00	60,40	Silte Arenoso	6,30
07	27,95	13,0	59,05	Silte Arenoso	7,40
08	21,90	20,0	58,10	Silte Arenoso	7,10
09	16,40	19,0	64,60	Silte Arenoso	6,90
10	92,55	2,00	5,45	Areia	1,80
11	14,05	26,0	59,95	Silte Argiloso	7,30
12	84,05	5,00	10,95	Areia Siltosa	6,80
13	14,10	23,0	62,90	Silte Argiloso	7,56
14	25,45	20,00	54,55	Silte Arenoso	8,10
15	7,85	21,0	71,17	Silte Argiloso	6,80
16	53,80	18,0	28,20	Areia Siltosa	7,10
17	17,95	20,0	62,05	Silte Arenoso	7,43
18	18,20	25,0	56,80	Silte Argilosa	7,60
19	26,0	18,0	56,0	Silte Arenoso	7,05
20	14,40	19,0	66,60	Silte Argiloso	8,10
21	76,75	10,0	13,25	Areia Siltosa	1,60

Tabela 5.7 – Resultados da granulometria e matéria orgânica de Papeba – 2005

N ^o AMOSTRA	%AREIA	%ARGILA	%SILTE	CLASSIF.	Matéria Orgânica, %
22	95,95	1,00	3,05	Areia	2,14
23	92,60	5,00	2,40	Areia	2,25
24	89,60	6,00	4,40	Areia	2,23
25	83,40	4,00	12,60	Areia Siltosa	2,62
26	50,40	10,00	39,60	Areia Siltosa	14,32
27	48,60	11,00	40,0	Areia Siltosa	12,20
28	52,65	11,00	36,35	Areia Siltosa	6,70
29	83,50	4,00	12,50	Areia Siltosa	2,30
30	89,45	6,00	4,55	Areia	2,50
31	89,65	3,00	7,35	Areia	2,44
32	95,15	2,00	2,85	Areia	2,44
33	86,95	5,00	8,05	Areia	2,12

Tabela 5.8 - Resultados da granulometria e matéria orgânica de Guaraíras – 2005

N ^o AMOSTRA	%AREIA	%ARGILA	%SILTE	CLASSIF.	Matéria Orgânica, %
34	84,65	4,00	11,35	Areia	2,44
35	96,65	1,00	2,35	Areia	1,80
36	41,60	14,00	44,40	Silte Arenoso	10,90
37	35,90	16,00	48,10	Silte Arenoso	12,73
38	57,10	13,00	29,90	Areia Siltosa	9,81
39	75,45	8,00	16,55	Silte Arenoso	2,05
40	91,40	1,00	7,60	Areia	5,20
41	98,75	1,00	0,25	Areia	1,62
42	98,40	1,00	0,60	Areia	1,32
43	98,90	1,00	0,10	Areia	1,73
44	46,15	13,00	40,85	Areia Siltosa	7,16
45	45,00	9,00	46,00	Areia Siltosa	1,75
46	50,00	3,00	47,00	Areia Siltosa	0,74
47	46,75	8,00	45,25	Areia Siltosa	1,40
48	80,45	12,00	7,55	Areia Siltosa	2,01
49	40,25	12,00	47,75	Silte Arenoso	1,90
50	98,30	1,00	0,70	Areia	1,20
51	98,40	1,00	0,60	Areia	1,70
52	94,10	4,00	1,90	Areia	1,90
53	77,75	10,00	12,25	Areia Siltosa	4,90
54	79,55	5,00	15,45	Areia Siltosa	1,93
55	98,80	1,00	0,20	Areia	1,70

Tabela 5.9 - Resultados das análises de metais pesados de Nísia Floresta - 2005

N^o AMOSTRA	Fe mg.kg	Mn mg.kg	Zn mg.kg	Cd mg.kg	Ni mg.kg	Pb mg.kg	Cu mg.kg	Cr mg.kg
01	670,00	838,00	7,00	0,15	3,20	1,45	0,65	0,45
02	1184,00	658,00	15,00	0,16	4,00	1,10	1,65	0,65
03	1122,00	745,00	16,00	0,15	4,20	1,25	1,25	0,80
04	980,00	680,00	8,00	0,14	3,50	1,25	0,70	0,55
05	646,00	930,00	5,50	0,10	2,50	0,90	0,40	0,30
06	760,00	693,00	6,00	0,15	3,00	1,15	0,35	0,25
07	740,00	176,00	8,10	0,16	4,00	1,60	1,00	0,65
08	1061,00	273,00	8,30	0,15	3,20	1,65	0,55	0,45
09	310,00	470,00	3,50	0,10	1,50	1,15	0,25	0,25
10	1084,00	33,00	6,00	0,00	1,00	1,40	1,15	0,70
11	734,00	382,00	8,00	0,10	3,20	1,25	0,40	0,40
12	1945,00	387,00	8,00	0,10	2,35	1,05	3,30	0,90
13	1805,00	607,00	20,00	0,10	5,00	0,90	1,55	0,45
14	1090,00	860,00	7,00	0,05	3,00	0,80	0,15	0,25
15	1077,00	755,00	8,50	0,10	3,35	1,10	0,70	0,35
16	1812,00	560,00	10,00	0,16	4,00	1,50	3,50	1,35
17	1166,00	702,00	10,00	0,14	4,15	1,50	1,65	0,80
18	1036,00	822,00	8,50	0,15	3,50	1,05	0,65	0,45
19	1031,00	725,00	9,00	0,10	6,50	0,95	0,10	0,45
20	1233,00	713,00	10,00	0,15	4,30	1,40	11,0	0,60
21	1898,00	143,00	8,00	0,05	2,15	1,05	4,00	1,00

Tabela 5.10 – Resultados das análises de metais pesados de Papeba – 2005

N^o AMOSTRA	Fe mg.kg	Mn mg.kg	Zn mg.kg	Cd mg.kg	Ni mg.kg	Pb mg.kg	Cu mg.kg	Cr mg.kg
22	235,70	66,00	2,05	0,05	0,45	0,95	0,90	0,10
23	345,00	156,25	3,00	0,00	0,50	0,50	1,05	0,10
24	47,00	188,00	3,40	0,00	0,60	0,85	1,30	0,10
25	40,50	131,25	5,00	0,00	0,70	0,75	1,70	0,10
26	332,00	407,50	16,00	0,15	3,00	1,35	1,60	0,50
27	370,00	517,50	17,00	0,20	3,00	1,20	1,35	0,55
28	309,00	390,00	14,25	0,10	2,25	1,45	3,50	0,45
29	461,00	200,00	4,60	0,00	0,85	0,60	1,65	0,15
30	373,00	150,00	3,45	0,00	0,75	0,55	1,40	0,10
31	481,00	165,00	4,00	0,00	0,65	0,70	1,45	0,15
32	248,00	30,00	3,00	0,00	0,35	0,50	0,95	0,00
33	385,00	48,00	3,50	0,05	1,10	0,95	1,10	0,25

Tabela 5.11 - Resultados das análises de metais pesados de Guarairás - 2005

Nº AMOSTRA	Fe mg.kg ⁻¹	Mn mg.kg ⁻¹	Zn mg.kg ⁻¹	Ni mg.kg ⁻¹	Cd mg.kg ⁻¹	Pb mg.kg ⁻¹	Cu mg.kg ⁻¹	Cr mg.kg ⁻¹
34	2,60	18,00	0,3	0,55	0,15	1,0	0,35	0,15
35	265,00	13,00	3,40	0,50	0,10	1,30	1,50	0,45
36	1,00	44,00	0,15	0,45	0,10	1,20	0,35	0,16
37	1,15	37,00	0,20	0,60	0,15	1,20	0,35	0,20
38	0,80	24,00	0,15	0,55	0,10	1,15	0,40	0,16
39	0,90	15,00	0,15	0,45	0,10	1,05	0,25	0,20
40	280,00	19,00	4,00	1,20	0,00	1,20	0,55	0,50
41	94,00	9,00	1,00	0,10	0,00	0,50	0,35	0,40
42	200,00	12,00	0,15	0,35	0,00	0,60	0,55	0,55
43	78,00	21,00	2,00	0,30	0,00	0,50	0,45	0,40
44	1938,00	15,00	9,00	12,40	0,20	4,00	2,05	2,00
45	77,00	17,00	1,35	0,15	0,00	0,40	0,30	0,55
46	180,00	13,00	2,00	0,50	0,05	0,53	0,55	0,65
47	176,00	12,00	1,50	0,25	0,00	0,40	0,40	0,50
48	3,00	24,00	0,55	0,55	0,10	0,70	0,25	0,15
49	4,00	17,00	0,40	0,50	0,10	0,65	0,30	0,20
50	92,00	8,00	1,20	0,10	0,00	0,30	0,35	0,30
51	98,00	40,00	1,30	0,25	0,00	0,20	0,30	0,35
52	321,00	25,00	3,00	0,60	0,05	1,00	0,65	0,70
53	1,40	16,00	0,20	0,50	0,10	0,55	0,30	0,20
54	2,00	14,00	0,35	0,50	0,10	0,90	0,25	0,20
55	71,00	15,00	1,10	0,25	0,00	0,00	0,30	0,35

5.4 – DISCUSSÃO COMPARATIVA ENTRE AS CAMPANHAS DE 2005 E 1980

5.4.1 - NÍSIA FLORESTA

A seguir são discutidos os resultados das análises de granulometria, matéria orgânica e metais pesados, referentes à campanha de 2005 para a laguna de Nísia floresta, tomando-se como referência para tal discussão, as zonas homogêneas referentes á campanha de 1980.

GRANULOMETRIA

As 21 (vinte e uma) amostras coletadas em Nísia Floresta no ano de 2005 apresentaram as seguintes classes texturais: Silte Arenoso, Silte Argiloso, Areia Siltosa e Areia. Comparativamente a campanha de 1980, tomando como base o mapa de zonas homogêneas de granulometria (Figura 5.3), fica evidenciada a ocorrência de alterações

granulométricas na laguna. Na tabela 5.12 destacam-se os pontos onde estas alterações foram detectadas, mostrando-se sua classificação textural em 2005 e sua classificação textural corresponde às zonas homogêneas de 1980.

Tabela 5.12 – Comparação textural na laguna de Nísia Floresta 2005 - 1980

N ^o	CLASSIF. TEXT.	CLASSIF. TEXT.
AM	2005	1980
1	Silte Arenoso	Argila Siltosa
2	Silte Arenoso	Argila Siltosa
3	Silte Arenoso	Argila Siltosa
4	Silte Arenoso	Argila Siltosa
5	Silte Arenoso	Argila Siltosa
6	Silte Arenoso	Argila Siltosa
7	Silte Arenoso	Argila Siltosa Arenosa
8	Silte Arenoso	Argila Siltosa
9	Silte Arenoso	Argila Siltosa Arenosa
10	Areia	Argila Siltosa
11	Silte Argiloso	Argila Siltosa
12	Areia Siltosa	Argila Siltosa
13	Silte Argiloso	Argila Siltosa
14	Silte Arenoso	Argila Siltosa
15	Silte Arenoso	Argila Siltosa
16	Areia Siltosa	Argila Siltosa
17	Silte Arenoso	Argila Siltosa
18	Silte Arenoso	Argila Siltosa
19	Silte Arenoso	Argila Siltosa
20	Silte Argiloso	Argila Siltosa
21	Areia Siltosa	Argila Siltosa

Observa-se que na maioria dos pontos amostrados houve uma maior concentração nos sedimentos finos, denotando a perda de energia das águas que aportam ao sistema. Isto se deve a alterações hidrodinâmicas que a laguna vem sofrendo ao longo dos últimos anos.

Os sedimentos das amostras 10 (dez), 12 (doze), 16 (dezesseis) e 21 (vinte e um) apresentaram um teor mais elevado de areia do que as outras amostras, pois se localizam próximo a chegada do rio Trairi na laguna, podendo este teor se dever ao carreamento de areias do rio quando das enchentes.

MATÉRIA ORGÂNICA

A matéria orgânica presente nas 21 (vinte e uma) amostras tem valores altos na maioria de seus pontos, uma vez que hoje em dia a dinâmica de suas águas é lenta, fazendo com que a laguna tenha comportamento de um corpo d'água de baixa energia e assim ocorra uma maior deposição de material orgânico.

Comparativamente aos resultados das zonas homogêneas de matéria orgânica de 1980, os valores de 2005 são apresentados na tabela 5.13.

Tabela 5.13 – Comparação de matéria orgânica na laguna de Nísia Floresta 2005 - 1980

Nº	% Mat. Orgânica	% Mat. Orgânica
AM	2005	1980
1	8 a 10%	6 a 8%
2	4 a 6%	6 a 8%
3	8 a 10%	8 a 10%
4	6 a 8%	6 a 8%
5	6 a 8%	6 a 8%
6	6 a 8%	6 a 8%
7	2 a 4%	2 a 4%
8	4 a 6%	4 a 6%
9	2 a 4%	2 a 4%
10	2 a 4%	8 a 10%
11	6 a 8%	6 a 8%
12	2 a 4%	2 a 4%
13	2 a 4%	2 a 4%
14	4 a 6%	4 a 6%
15	4 a 6%	6 a 8%
16	6 a 8%	6 a 8%
17	6 a 8%	6 a 8%
18	6 a 8%	6 a 8%
19	8 a 10%	8 a 10%
20	4 a 6%	4 a 6%
21	4 a 6%	4 a 6%

A matéria orgânica encontrada na laguna de Nísia Floresta consiste na mistura de compostos em vários estágios de decomposição, resultante não só de efluentes despejados no canal do Boqueirão, mas da degradação de resíduos vegetais e animais.

Metais Pesados

Foram coletadas 21 (vinte e uma) amostras na laguna de Nísia Floresta e avaliada as concentrações dos elementos Ferro, Manganês, Zinco, Níquel, Chumbo, Cobre, Cromo e Cádmio. Observou-se que os valores mais altos correspondem ao Ferro, Manganês, Zinco, Níquel e Chumbo em todos os pontos (Tabela 5.9).

A área de pesquisa apresenta em seu entorno certa atividade agrícola, com destaque para a canaveira, e a carcinicultura também se faz presente.

As concentrações elevadas do Ferro (Fe) e Manganês (Mn) indicam a presença dos óxidos desses elementos associados a esses metais. A precipitação de óxidos hidratados está associada com o transporte e a disponibilidade destes metais influenciando as trocas na interface água-sedimento. Observa-se que os valores do Zinco nos sedimentos têm concentrações bastante expressivas em todos os pontos.

Esses pontos estão localizados ao norte da laguna onde possivelmente deve ocorrer maior depósito de sedimentos e grande quantidade de material orgânico, o que é de grande relevância para a transferência destes elementos.

5.4.2 – PAPEBA

A seguir são discutidos os resultados das análises de granulometria, matéria orgânica e metais pesados, referentes à campanha de 2005 para a laguna de Papeba, tomando-se como referência para tal discussão, as zonas homogêneas referentes à campanha de 1980.

GRANULOMETRIA

As 12 (doze) amostras de sedimentos de fundo, coletadas nos meses de março e abril de 2005 na laguna de Papeba, apresentaram as seguintes classes texturais: Areia e

Areia Siltosa. Comparativamente a campanha de 1980, tomando como base o mapa de zonas homogêneas de granulometria (Figura 5.3), fica evidenciada a ocorrência de alterações granulométricas na laguna. Na tabela 5.14 destacam-se os pontos onde estas alterações foram detectadas, mostrando-se sua classificação textural em 2005 e sua classificação textural corresponde às zonas homogêneas de 1980.

As amostras 22 (vinte e dois), 23 (vinte e três) e 24 (vinte e quatro) provavelmente tiveram essa mudança granulométrica em relação às zonas homogêneas 1980, por ser uma região próxima ao canal do Boqueirão, onde a existência das correntes mesmo sendo fracas, é responsável pela remoção dos sedimentos finos.

A amostra 26 (vinte e seis) classificada como Areia siltosa, encontra-se em região de Areia Siltica Argilosa, local de maior deposição de sedimentos finos.

O ponto 30 (trinta), classificado texturalmente como Areia, está situado na zona homogênea de 1980 como Silte Arenoso, provavelmente por ser uma região onde a hidrodinâmica é mais forte e seus sedimentos finos são carregados.

Tabela 5.14 – Comparação textural na laguna de Papeba 2005 - 1980

Nº	CLASSIF. TEXT. 2005	CLASSIF. TEXT. 1980
AM	2005	1980
22	Areia	Areia Siltosa
23	Areia	Silte
24	Areia	Areia Siltosa
25	Areia Siltosa	Silte Arenoso
26	Areia Siltosa	Areia Siltica Argilosa
27	Areia Siltosa	Areia Siltosa
28	Areia Siltosa	Areia Siltosa
29	Areia Siltosa	Areia Siltosa
30	Areia	Silte Arenoso
31	Areia	Silte
32	Areia	Areia Siltica Argilosa
33	Areia	Silte

Os pontos 31 (trinta e um) e 33 (trinta e três), localizados nas zonas homogêneas de Silte, foram classificados como Areia e estão situados próximo a entrada do canal de

Surubajá, onde possivelmente as correntes são bem mais fortes e com isso o sedimento fino é carregado.

O ponto 32 (trinta e dois), localizado na entrada da laguna, classificado como Areia, está na zona homogênea de Areia Siltica Argilosa. É uma região de alta energia próxima ao canal do Boqueirão.

Matéria Orgânica

O teor de matéria orgânica nas 12 (doze) amostras apresentam 2 (dois) pontos com teores superiores a 10% , quais sejam o 26 (vinte e seis) e o 27 (vinte e sete), que são locais onde os restos de vegetais são carregados pelas gamboas, desembocando na mesma e também uma grande quantidade de vegetação de mangues.

Nos demais pontos a variação dos teores de matéria orgânica ficou em torno de 2 a 4%. São regiões onde a energia hidrodinâmica é maior, pois estão localizados próximos aos canais (Tabela 5.7).

Metais Pesados

Através das 12 (doze) amostras de sedimentos coletados, observa-se que os elementos Ferro, Manganês e Zinco são os que possuem maiores concentrações, seguidos do Chumbo e Cobre (Tabela 5.10).

5.4.3 – GUARAÍRAS

A seguir são discutidos os resultados das análises de granulometria, matéria orgânica e metais pesados, referentes à campanha de 2005 para a laguna de Nísia floresta, tomando-se como referência para tal discussão, as zonas homogêneas referentes á campanha de 1980.

GRANULOMETRIA

As 22 (vinte e duas) amostras de sedimentos de fundo, coletadas nos meses de março e abril de 2005 na laguna de Guaraíras, apresentaram as seguintes classes texturais:

Areia, Silte Arenoso e Areia Siltosa. Comparativamente a campanha de 1980, tomando como base o mapa de zonas homogêneas de granulometria (Figura 5.3), fica evidenciada a ocorrência de alterações granulométricas na laguna. Na tabela 5.15 destacam-se os pontos onde estas alterações foram detectadas, mostrando-se sua classificação textural em 2005 e sua classificação textural corresponde as zonas homogêneas de 1980.

A areia ocorre em amostras próximas à foz da laguna, localizada ao longo do canal de navegação, ocupando regiões mais profundas onde se registra uma maior intensidade das correntes, e esse material arenoso provavelmente são provenientes da erosão da falésia do Grupo Barreiras situadas na sua foz.

As areias siltosas ocupam uma área bem menos significativa acumulando-se ao longo dos pequenos canais no interior da laguna, onde as correntes são moderadas e os sedimentos com granulometria silte, localizam-se preferencialmente no interior do Complexo Lagunar de Guaraíras.

Tabela 5.15 – Comparação textural na laguna de Guaraíras 2005 - 1980

Nº	CLASSIF. TEXT.	CLASSIF. TEXT.
AM	2005	1980
34	Areia	Silte Arenoso
35	Areia	Areia Siltosa
36	Silte Arenoso	Areia Siltoisa
37	Silte Arenoso	Areia Siltosa
38	Areia Siltosa	Areia Siltosa
39	Silte Arenoso	Areia Siltica Argilosa
40	Areia	Areia Siltica Argilosa
41	Areia	Areia
42	Areia	Areia
43	Areia	Areia
44	Areia Siltosa	Areia
45	Areia Siltosa	Areia
46	Areia Siltosa	Areia
47	Areia Siltosa	Areia
48	Areia Siltosa	Areia
49	Silte Arenoso	Areia
50	Areia	Areia
51	Areia	Areia
52	Areia	Areia

53	Areia Siltosa	Areia
54	Areia Siltosa	Areia
55	Areia	Areia

MATÉRIA ORGÂNICA

Os valores encontrados nas 22 (vinte e duas) amostras dos sedimentos da laguna de Guaraíras são mais expressivos, pois recebem toda carga do rio Jacu com baixa energia, como se podem observar os pontos 36 (trinta e seis), 37 (trinta e sete) e 38 (trinta e oito), cujos teores são superiores a 9% (Tabela 5.8).

As amostras 40 (quarenta) e 53 (cinquenta e três), cujos teores de matéria orgânica variam entre 4 a 6%, estão localizadas próximas às encostas das lagunas, região de baixa energia. A amostra 44 (quarenta e quatro) com teor de matéria orgânica entre 6 e 8% está localizada próximo a região onde a carcinicultura é bem expressiva.

As demais amostras estão com teores de matéria orgânica nas faixas entre 1 a 4%. São regiões centrais da laguna onde tem prisma de maré e correntes mais fortes.

A matéria orgânica das amostras de 2005 não pôde ser comparada com a campanha de 1980, uma vez que nessa campanha a mesma não foi determinada.

METAIS PESADOS

Os metais pesados encontrados nas 22 (vinte e duas) amostras de sedimentos de Guaraíras em 2005, apresentam concentrações ainda pouco expressivas, mas que são observadas um crescimento visível (Tabela 5.11).

5.5 - DISCUSSÃO COMPARATIVA DAS CAMPANHAS DE 1980, 2000 E 2005 DO SISTEMA ESTUARINO LAGUNAR

5.5.1 - GRANULOMETRIA

A seguir apresenta-se a discussão comparativa dos aspectos granulométrico do Sistema referente às campanhas de 1980, 2000 e 2005. Os aspectos são discutidos

individualmente para cada laguna. Para tanto se buscou observar alterações em pontos próximos referentes às campanhas de 2000 e 2005.

- **Nísia Floresta** - Os pontos que se localizam próximos tanto na campanha de 2000 como na de 2005 estão mostrados na tabela 5.16. Esta laguna esta cada vez mais assoreada; já perdeu grande parte de sua área que foi transformada com o tempo em campos de várzea, onde hoje são vistas fazendas de carcinicultura e áreas de agricultura. Seus sedimentos, de argilo siltosos, passaram a silte argiloso ou arenoso em 2000 e a silte arenoso ou argila ou areia siltosa em 2005. Pode-se concluir então que este corpo d'água vem experimentando significativas alterações nos seus ambientes deposicionais, que podem estar acontecendo em função de alterações na hidrodinâmica do sistema juntamente com mudanças no aporte de sedimentos proveniente de seu entorno.

Tabela 5.16 – Pontos para avaliação textural de Nísia Floresta, 1980-2000-2005

	1980		2000		2005	
		Ponto	Classif. textural	Ponto	Classif. textural	
Argila Siltosa		9	Silte Arenoso	21	Areia Siltosa	
Argila Siltosa		6	Areia	2	Silte Arenoso	
Argila Siltosa		1	Silte Argiloso	6	Silte Arenoso	
Argila Siltosa		7	Silte Arenoso	18	Silte Argiloso	
Argila Siltosa		11	Silte Arenoso	17	Argila Siltosa	
Argila Siltosa		5	Areia	10	Argila Siltosa	

- **Papeba** - Os pontos que se localizam próximos tanto na campanha de 2000 como na de 2005 estão mostrados na tabela 5.17. A laguna que possuía granulometria predominante de areia e areia siltosa, passou a ter sedimentos areno siltosos. Disto pode-se concluir que houve uma redução na energia da laguna, favorecendo a deposição dos sedimentos finos. Também, a proliferação do mangue no seu entorno contribui para o aumento da carga de sedimentos finos.

Tabela 5.17 – Pontos para avaliação textural de Papeba 1980-2000-2005

	1980		2000		2005	
		Ponto	Classif. textural	Ponto	Classif. textural	
Areia		12	Areia Siltosa	28	Areia Siltosa	
Areia Siltosa		13	Areia	24	Areia	
Areia Siltica Argilosa		14	Areia Siltosa	26	Areia Siltosa	

Areia	15	Areia Siltosa	32	Areia
Areia Siltosa	16	Areia	27	Areia Siltosa
Silte Arenoso	18	Areia Siltosa	25	Areia Siltosa

- **Guaraíras** - Os pontos que se localizam próximos tanto na campanha de 2000 como na de 2005 estão mostrados na tabela 5.18. Verifica-se que os sedimentos que em 19890 eram predominantemente arenosos, se mantiveram assim na campanha de 2000, e na campanha de 2005 apresentaram teores de silte significativos. O aumento da presença de silte indica alterações na hidrodinâmica do sistema e/ou alterações no aporte de sedimentos provenientes do seu entorno.

Tabela 5.18 – Pontos para avaliação textural de Guaraíras 1980-2000-2005

	1980		2000		2005
	Ponto		Classif. textural	Ponto	Classif. textural
Areia	21		Areia	48	Areia Siltosa
Areia	28		Areia	44	Areia Siltosa
Areia	29		Areia	46	Areia Siltosa
Areia	30		Silte Arenoso	50	Areia

A grande quantidade de viveiros de camarão localizados a montante das lagunas de Papeba e Nísia Floresta, funciona como represa no sistema lagunar em estudo, retendo assim um volume de água considerável que vem de montante, provocando uma diminuição na descarga fluvial da laguna de Guaraíras insuficiente para escoar todo material sólido transportado. Com isso, ocorre a formação de barras longitudinais de corpos arenosos no meio do canal de Surubajá, constituídos por areias finas a média, formando assim um delta de maré-enchente.

5.5.2 - MATÉRIA ORGÂNICA

A seguir apresenta-se a discussão comparativa dos aspectos relativos à matéria orgânica do Sistema referente às campanhas de 1980, 2000 e 2005. Os aspectos são discutidos individualmente para cada laguna. Para tanto se buscou observar alterações em pontos próximos referentes às campanhas de 2000 e 2005.

- **Nísia Floresta** - Os pontos que se localizam próximos tanto na campanha de 2000 como na de 2005 estão mostrados na tabela 5.19. Verifica-se que houve variação quanto as concentrações de matéria orgânica, tanto pra mais como para menos, evidenciando forte alteração na deposição da matéria orgânica nesta laguna. Isto se deve, provavelmente, a alterações na hidrodinâmica do sistema, bem como pela alteração nos mangues e implantação da carcinicultura no seu entorno.

Tabela 5.19 – Pontos para avaliação da matéria orgânica de Nísia Floresta 1980-2000-2005

1980		2000		2005
% Mat. Orgânica	Ponto	% Mat. Orgânica	Ponto	% mat. Orgânica
8 a 10%	9	4 a 6%	21	4 a 6 %
2 a 4 %	6	2 a 4 %	2	6 a 8%
6ª 8 %	1	6 a 8%	6	6 a 8%
6 a 8 %	7	6 a 8 %	18	6 a 8 %
6 a 8 %	11	6 a 8 %	17	6 a 8 %
2 a 4 %	5	8 a 10%	10	8 a 10%

- **Papeba** - Os pontos que se localizam próximos tanto na campanha de 2000 como na de 2005 estão mostrados na tabela 5.20. Verifica-se o aumento nos teores de matéria orgânica no ponto 12 (2000), aumento este acentuado no período de 2000 a 2005. Nos demais ponto a concentração de matéria orgânica sofreu pequena alteração.

Tabela 5.20 – Pontos avaliação da matéria orgânica de Papeba 1980-2000-2005

1980		2000		2005
% Mat. Orgânica	Ponto	% Mat. Orgânica	Ponto	% mat. Orgânica
< 0,5 %	12	0,5 a 1%	28	2 a 4%
> 2 %	13	0,5 a 1%	24	0,5 a 1%
< 0,5 %	14	2 a 4%	26	2 a 4 %
> 2%	15	0,5 a 1 %	32	0,5 a 1%
> 2 %	16	1 a 2%	27	1 a 2%
< 0,5 %	18	1 a 2%	25	1 a 2%

- **Guaraíras** - Os pontos que se localizam próximos tanto na campanha de 2000 como na de 2005 estão mostrados na tabela 5.21. De maneira geral as concentrações de matéria

orgânica aumentaram no período estudado, evidenciando alterações morfológicas e hidrodinâmicas no sistema.

Tabela 5.21 – Pontos avaliação da matéria orgânica de Guarairás 2000-2005

2000		2005	
Ponto	% Mat. Orgânica	Ponto	% mat. Orgânica
21	0,5 a 1%	48	2 a 4 %
28	0,5 a 1%	44	6 a 8%
29	0,5 a 1%	46	0,5 a 1%
30	0,5 a 1%	50	1 a 2 %

5.5.3 - METAIS PESADOS

A seguir apresenta-se a discussão comparativa dos aspectos relativos aos metais pesados do Sistema referente as campanhas de 2000 e 2005. Os aspectos são discutidos individualmente para cada laguna.

- **Nísia Floresta** – Na tabela 5.22 estão mostrados os valores máximos, mínimos e médios dos metais pesados, aqui estudados, na laguna de Nísia Floresta. Notam-se valores mais expressivos correspondentes ao Ferro, Manganês e Zinco, e verifica-se que os seus teores e dos demais metais sofreram acréscimo nas suas concentrações durante o período de 2000 a 2005.

Tabela 5.22 – Valores máximos, mínimos e médios de metais pesados em Nísia Floresta

Metal	2000			2005		
	Máx. mg.kg ⁻¹	Mín. mg.kg ⁻¹	Méd. mg.kg ⁻¹	Máx. mg.kg ⁻¹	Mín. mg.kg ⁻¹	Méd. mg.kg ⁻¹
Ferro (Fé)	984,00	131,00	502,36	1945,00	310,00	1113,52
Manganês (Mn)	665,00	19,00	221,27	930,00	33,00	578,67
Zinco (Zn)	8,50	1,20	4,63	20,00	3,50	8,77
Cádmio (Cd)	0,10	0,00	0,04	0,16	0,00	0,12
Níquel (Ni)	2,50	0,20	1,11	6,50	1,00	3,41
Chumbo (Pb)	1,25	0,20	0,90	1,65	0,80	1,21
Cobre (Cu)	0,80	0,15	0,38	11,00	0,10	1,66

Cromo (Cr)	0,30	0,10	0,15	1,35	0,25	0,57
-------------------	------	------	------	------	------	------

- **Papeba** - Na tabela 5.23 estão mostrados os valores máximos, mínimos e médios dos metais pesados, aqui estudados, na laguna de Papeba. Notam-se valores mais expressivos correspondentes ao Ferro, Manganês e Zinco.

Verifica-se que os teores de Manganês e Zinco sofreram acréscimos consideráveis nas suas concentrações durante o período de 2000 a 2005. O teor de Ferro sofreu um decréscimo significativo e os demais metais apresentaram acréscimos nas suas concentrações.

Tabela 5.23 – Valores máximos, mínimos e médios de metais pesados em Papeba

Metal	2000			2005		
	Máx. mg.kg⁻¹	Mín. mg.kg⁻¹	Méd. mg.kg⁻¹	Máx. mg.kg⁻¹	Mín. mg.kg⁻¹	Méd. mg.kg⁻¹
Ferro (Fé)	835,00	10,00	419,29	481,00	40,50	299,42
Manganês (Mn)	90,00	24,00	52,14	517,50	66,00	237,15
Zinco (Zn)	8,00	0,50	2,29	17,00	2,05	7,28
Cádmio (Cd)	0,60	0,00	0,13	0,20	0,00	0,05
Níquel (Ni)	1,35	0,10	0,56	3,00	0,45	1,28
Chumbo (Pb)	0,95	0,20	0,54	1,45	0,50	0,89
Cobre (Cu)	2,50	0,10	0,74	3,50	0,90	1,59
Cromo (Cr)	0,85	0,00	0,31	0,55	0,10	0,23

- **Guaraíras** - Na tabela 5.24 estão mostrados os valores máximos, mínimos e médios dos metais pesados, aqui estudados, na laguna de Guaraíras. Notam-se valores mais expressivos correspondentes ao Ferro, Manganês e Zinco e Níquel, e verifica-se que os seus teores e dos demais metais sofreram acréscimo nas suas concentrações durante o período de 2000 a 2005.

Tabela 5.24 – Valores máximos, mínimos e médios de metais pesados em Papeba

Metal	2000			2005		
	Máx. mg.kg⁻¹	Mín. mg.kg⁻¹	Méd. mg.kg⁻¹	Máx. mg.kg⁻¹	Mín. mg.kg⁻¹	Méd. mg.kg⁻¹
Ferro (Fé)	922,00	0,05	128,37	1938,00	0,80	176,68
Manganês (Mn)	32,00	3,20	13,13	44,00	8,00	19,45
Zinco (Zn)	7,50	0,00	1,05	9,00	0,15	1,52
Cádmio (Cd)	0,10	0,00	0,03	0,20	0,00	0,06

Níquel (Ni)	7,30	0,05	0,85	12,40	0,10	0,98
Chumbo (Pb)	2,20	0,10	0,64	4,00	0,00	0,88
Cobre (Cu)	0,55	0,10	0,23	2,05	0,25	0,50
Cromo (Cr)	0,90	0,05	0,28	2,00	0,15	0,42

Sendo assim, em relação aos metais pesados no Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guaráiras, verifica-se que suas concentrações apresentaram acréscimo durante o período de 2000 a 2005, apesar destes valores poderem ser considerados baixos. A região vem sofrendo impactos ambientais, em virtude não só do desmatamento para a construção dos viveiros de camarão, como também o lançamento de seus efluentes no corpo aquático devidos a esta atividade, sem nenhum tratamento prévio. Também a presença de centros urbanos e da atividade canavieira na região impacta o entorno do sistema com reflexos diretos no mesmo.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

No presente trabalho foi estudado os sedimentos de fundo do Sistema Estuarino Lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guarairas, segundo os aspectos de granulometria, matéria orgânica e metais pesados. Foram analisados os sedimentos coletados em campanhas de campo feitas em 2000 e 2005, e os resultados obtidos foram avaliados comparativamente aos resultados dos estudos desenvolvidos por Carvalho (1982), Silveira (1981) e Carvalho (1978), aqui denominados de campanha de 1980.

Observando-se os resultados obtidos no capítulo 5, fica evidenciado que os sedimentos do Sistema Estuarino Lagunar são formados por frações granulométricas com classificação textural: areia, silte arenoso, areia siltosa e silte argiloso, isto é, granulações finas, característicos de áreas de baixa energia. Os sedimentos são compostos por lamas, areias, com alto teor de matéria orgânica, de textura argilosa com grande quantidade de sais o que provoca dispersão das argilas. Verifica-se que o sistema sofreu alterações quanto aos ambientes deposicionais, indicando que o mesmo vem sofrendo fortes alterações na sua hidrodinâmica. O Sistema apresentou crescimento nos teores de matéria orgânica, e quanto aos metais pesados, os teores de Ferro, Manganês e Zinco foram os mais expressivos, também apresentado acréscimo em suas concentrações no período estudado. Porém o Ferro e o Manganês estão associados a ocorrências naturais em áreas estuarinas. Os metais pesados nos sedimentos estão presentes geralmente em partículas de lodo e argila, sendo assim, a matéria orgânica presente promove a formação de quelatos com os metais. A presença de Chumbo pode estar acontecendo em função do mesmo estar sendo acumulado no substrato através de processos de co-precipitação, juntamente com os hidróxidos de Ferro e Manganês.

A Laguna de Nísia Floresta encontra-se bastante assoreada, verificando-se a formação de bancos longitudinais próximo ao canal do boqueirão, o que retêm a circulação da água marinha, reduzindo assim a circulação hidrodinâmica na mesma, e favorecendo a deposição dos sedimentos finos. Seus sedimentos, de argilo siltosos em 1980, passaram a silte argiloso ou arenoso em 2000 e a silte arenoso ou argila ou areia siltosa em 2005. Por se tratar de uma região de baixa energia, a matéria orgânica não é totalmente oxidada, e apresenta valores expressivos (em média 5%) nas suas concentrações. Os metais pesados que apresentaram maior concentração e aumento nos seus teores no período foram o Ferro, o Manganês e o Zinco.

A Laguna de Papeba também se encontra bastante assoreada, fato este que limita a circulação hidrodinâmica na mesma. Do estudo aqui efetuado conclui-se que a mesma vem apresentando forte variação nos seus ambientes deposicionais. A laguna que possuía granulometria predominante de areia e areia siltosa, passou a ter sedimentos areno siltosos. Disto pode-se concluir que houve uma redução na energia da laguna, favorecendo a deposição dos sedimentos finos. Também, a proliferação do mangue no seu entrono contribui para o aumento da carga de sedimentos finos e das concentrações de matéria orgânica. O Ferro, o Manganês e o Zinco são os metais pesados que apresentaram maior concentração e variação no período estudado.

A Laguna de Guaraíras apresenta a formação de bancos de areia longitudinais em seu interior próximos a sua embocadura e ao canal de Surubajá. Estes bancos orientam a circulação das águas para o interior do sistema reduzindo consideravelmente a energia do mesmo, favorecendo a deposição de sedimento no seu interior. Verifica-se nesta Laguna que a sedimentação marinha prevalece em relação à fluvial. Nota-se que a mesma apresentou uma elevação nos teores de silte, indicando alterações na sua hidrodinâmica e conseqüentemente na do Sistema. Na região próxima ao rio Jacu, os valores de matéria orgânica são mais expressivos, uma vez que a influência das correntes de fluxo e refluxo da maré é menos acentuada e a presença de mangue também é maior. Já nas regiões onde a hidrodinâmica tem maior energia, as concentrações de matéria orgânica são desprezíveis. Da mesma forma que em Papeba e Nísia Floresta os metais pesados de maior expressão em Guaraíras são o Ferro, o Manganês e o Zinco.

Sendo assim, sugere-se que sejam desenvolvidos estudos que visem o acompanhamento detalhado da evolução dos ambientes deposicionais no Sistema, e que visem detectar a origem dos metais pesados presentes no mesmo. Sugere-se também que

estudos referentes à determinação da evolução morfológica do Sistema, e ao conhecimento da hidrodinâmica e qualidade ambiental do mesmo sejam efetuados.

REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B.J.; AYRES,D.C. **Chemical Principles of Environmental Pollution** – Blacbic Academic Profecional. New York, 1993.

AMARAL, R.F. **Contribuição ao Estudo da Evolução Morfodinâmica do litoral Oriental Sul do Rio Grande do Norte, entre Ponta de Búzios e Baía Formosa**. Tese (Doutorado) em Geociências. Porto Alegre /RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2000.

ARAÚJO,S.B. **Geologia e Aspectos hidrogeológicos da região costeira de Natal**. Relatório final de Geologia de Campo. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Inst. De Geociências, 1973.

ATSDR-AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Toxicological profile for cadmium**. Atlanta, GA: U.S.Department of Health and Human Services, Public Health Service,1997.

_____. **Toxicological profile for cadmium**. Atlanta, GA: U.S.Department of Health and Human Services, Public Health Service,1999.

_____. **Toxicological profile for chromium**. Atlanta, GA: U.S.Department of Health and Human Services, Public Health Service,2000.

_____. **Toxicological profile for nickel**. Atlanta, GA: U.S.Department of Health and Human Services, Public Health Service,2003

BAGNOLIE, FARIAS, P.R.C. **Evolução em tempos históricos da Morfologia da lagoa de Guaraíras litoral sul do estado do Rio Grande do Norte**. Simpósio Sobre Processos

Sedimentares e Problemas Ambientais na Zona Costeira Nordeste do Brasil. Anais, Recife/PE, 1995.

BATALHA, B.F.L.; PARLATORE, A.C.; **Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano** – São Paulo; CETESB; 1977, 95, 103

BIGARELLA, J.J. **Eolian environments-their characteristics, recognition, and importance.** In: RIGBY, J.K. and HAMBLIN, W.K. (editors). **Recognition of ancient sedimentary environments. Society of Economic Paleontologist and Mineralogists, 1972. Special Publication,16. 12-62.**

BOLDRINI,C.V.; PEREIRA, D.N.; **Metais Pesados na Baía de Santos e Estuários de Santos e São Vicente-** Bioacumulação; Ambiente – CETESB, 1987, 1, 118.

BRADY, N.C., **Natureza e Propriedades dos Solos.** Editora Freitas Bastos, Rio de Janeiro, 1991

CARDOSO,L.M.N,; CHASIN, A.M. **Ecotoxicologia do Cádmio e seus compostos.** Centro de Recursos Ambientais do Estado da Bahia. Núcleo de Estudos Avançados do meio Ambiente. Salvador,2001.121p.

CARVALHO, M.F.de. **Sedimentos da lagoa de Nísia Floresta.** Recife. 92p.Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.- UFPE, 1982.

CARVALHO, S.M. G. C. de. **Sedimentos da Lagoa de Guaraíras.** –Departamento de Geociências - Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.1978.

CHANEY, R.L. e GIORDANO, P.M. **Microelements as related to plants deficiencies and toxicities.** In: L.F. Elliot e F.J. Stevenson (ed). **Soils for management of organics wastes and wast wastwers.** Soil Sci. Soc. Am, Madison, Wis. 1976. p. 234-279.

CLUSTER DO CAMARÃO DO RIO GRANDE DO NORTE. **Plano de Desenvolvimento Sustentável para a Carcinicultura do Estado do Rio Grande do Norte**. 1ª Edição, julho, 2004.

COTON, F.A. WILLKINSON, G. **Química Inorgânica** – Rio de Janeiro – RJ; Livros Técnicos e Científicos editora S/A – 1987.

DINIZ, R.F. et al. **Assoreamento da Laguna de Nisia Floresta**. Parecer Técnico. Natal: CEFET/EMPARN, 2000.

DO VALLE, C.M. **IMPACTO Ambiental Urbano: Avaliação física e química dos solos da bacia do Igarapé Quarenta (Manaus- AM)**. Dissertação (Mestrado)- Departamento de Ciências do Ambiente. Universidade do Amazonas, 1998.

EMBRAPA – **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Manual de Métodos de Análise do Solo. Rio de Janeiro – RJ, 1979

EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A

FELLEMBERG,G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. Editora Pedagógica Universitária Ltda e Editora Springer Ltda, 1980.

FERNANDES, H.R.S.M. **Abordagem Geoquímica no estudo da Poluição por Metais Pesados nos Sistemas Fluviais e Lagunar da Baixada de Jacarepaguá**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química – Universidade Federal Fluminense – Niterói – RJ – 1991.

FERNANDES, L.D.F. **Transporte de Poluentes em Estuários por Arsenio**. Trabalho Final de Curso de Engenharia do Ambiente. Universidade Técnica de Lisboa, 2001.

FIGUEIREDO, F.G. de. **Metais Pesados em Sedimentos Superficiais do Estuário Potengi**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 1997.

FONSECA, G.F. **Comportamento da Dispersibilidade de Solos Argilosos das Chapadas da Região de Uberlândia – MG.** Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, 2003.

GALETI, P.A. **Conservação do Solo, Reflorestamento, Clima.** 2 ed, Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.

GARCIA, A A. **Estudo de Metais Pesados nos Sedimentos de Fundo da Lagoa da Conceição.** Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1998.

GRUPTA, G. **Heavy metals in sediments of two chesapeake bay tributaries.** Journal of Hazardous materials 50: 15-29 , 1996.

HEMOND, H.F.; FECHNER, E.J. **Chemical fate and transport in the environment.** Academic Press, 1994.

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. **Informativos Municipais.** Municípios de São José de Mipibu, Nísia Floresta, Senador Georgino Avelino, Ares, Goianinha e Tibau do Sul. Natal, 2004.

JENY, H. **Factors of Soil Formation – New York: McGraw-Hill, 1990.**

KRAUSKOPF, K. B. **Introdução a Geoquímica.** Editora Polígono S.A. São Paulo – SP, 1972.

MACHADO, I.C. et al. **Estudo da Ocorrência dos Metais Pb, Cd, Hg, Cu e Zn na Ostra de Mangue *Crassostrea brasiliensis*, do estuário de Cananéia –SP.** Ver. Inst. Adolfo Lutz, 61(1): 13 – 18, 2002.

MAIA, P.D. **Estudo Geoquímico de Metais em Sedimentos do Lago Paranoá –** Dissertação (Mestrado)-Instituto de Geociências-Universidade de Brasília-DF, 2003.

MARQUES, M.O. **Os metais pesados e as plantas**. Tese (Doutorado) – Departamento de Tecnologia – UNESP – São Paulo , SP. 2000.

MELO, F.T.L. **Mapeamento geológico, geomorfológico e geoambiental da região de Goianinha/Tibau do Sul (Complexo Estuarino Lagunar Jacu – Guaraíras)**. Natal : UFRN, 1997. Relatório de Graduação.

MELO, F.T.L. **Aspectos morfo-dinâmicos do complexo lagunar Nísia Floresta- Papeba – Guaraíras, região costeira sul oriental do RN**. Dissertação (Mestrado) em Geodinâmica e Geofísica, Natal: UFRN, 2000.

MENDONÇA, A.S.F. et al. **Distribuição de Metais Pesados em Sedimentos do Sistema Estuarino da Ilha de Vitória –ES**. Química Nova. Vol.27. n.3 São Paulo, SP.2004.

MINILLO, A. **Efeitos de diferentes taxas de arraçoamento em juvenis de tainha em água doce e salgada**. Trabalho de graduação em Oceanografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS, 1995.

MOURA, C.L. **Distribuição de Metais Pesados em Sedimento de Fundo do Rio Embu-Mirim – SP**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geoquímica – Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo – USP – 2002.

MOREIRA, R.C.A. **Referência Geoquímica Regional para Interpretação das Concentrações dos Elementos Químicos nos Sedimentos da Bacia do Lago Paranoá – DF**. Dissertação (Mestrado)- Processamento de Dados em Geologia Ambiental – Universidade de Brasília, 2002.

OHLWEILER, O.A. **Química Inorgânica**. Editora Edgard Blucher Ltda, v.1, 1973.

OLIVEIRA, T.S., **Metais pesados como indicadores de materiais de origem de solos**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa – MG, 1996.

PEDROZO, M.F.; LIMA, I.V. **Ecotoxicologia do Cobre e seus compostos**. Centro de Recursos Ambientais do Estado da Bahia. Núcleo de Estudos Avançados do Meio Ambiente. Salvador, 2001. 128 p.

PEREIRA, I.C.de B.B.A. **Contribuição ao Conhecimento do Meio Físico da Região do Complexo Estuarino – Lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guaráiras**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, 2004.

RAMALHO, J.F.G.P.; SOBRINHO, N.M.B.do A. **Metais Pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais**. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001.

RODRIGUES, T.M. **Aporte de Metais Pesados para a baía de Sepetiba e seu comportamento na região estuarina**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense – Niterói – RJ – 1990.

SALAMUNI, R. **Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba**. Boletim da Universidade Federal do Paraná, Instituto de Geologia, Curitiba, 7: 164, 1962

SAMPAIO, A.Q. **Estudos de Metais Pesados em Água na região do Distrito Industrial de Manaus (AM)**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Química – Universidade do Amazonas , 1997.

SANTOS, A.L.F. et al. **Concentração de Metais Pesados em Sedimentos de Manguezais do estuário do Rio Joanes – BA**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Biologia – Universidade federal da Bahia – UFBA- 1997

SCUDELARI, A.C. et al. **Diagnóstico ambiental preliminar do sistema Jacu – Trairi – Guaráiras: meio físico** . In: SIMPOSIO DE RECURSOS HIDRICOS DO NORDESTE. 4.1998, Campina Grande. Anais... Campina Grande : ABRH, 1998. Versão em cd-room.

SCUDELARI, A.C. et al. **Identificação dos impactos ambientais suportados pela Lagoa de Guaráiras**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13. 1999. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABRH, 1999. Versão em cd-room.

SCUDELARI, A.C. et al. **Indicação dos impactos ambientais no sistema estuarino lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guarairás/RN.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 14. 2001, Aracaju. Anais... Aracaju: ABRH, 2001a. Versão em cd-room.

SCUDELARI, A.C. et al. **Processos erosivos na embocadura da laguna de Guarairás – RN.** In: SEMINÁRIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO. 6.2001, Goiânia. Anais... Goiânia: ABGE, 2001b. Versão em cd-room.

SHEPARD, F.P. **Nomenclature base don sand-silt-clay ratios.** *Journal of Sedimentary Petrology*, **24:151-58, 1954.**

SIENKO, M. J.; PLANER, R.A. **Química.** 7. ed. Companhia Editora Nacional, 1976.

SILVA, S.R. et al. **Caracterização de rejeito de mineração de ouro para fins de predição de solubilização de metais pesados e Arsênio.** Dissertação (Mestrado). Departamento de Solos. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2001.

SILVA, M.S.R. **Metais Pesados em Sedimentos de Fundo de Igarapés (Manaus – AM).**Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geologia e Geoquímica – Universidade Federal do Pará – UFPA, 1996.

SILVEIRA, I. M. da. **Aspectos Sedimentológicos da Lagoa de Papeba –** Monografia – Universidade Federal do rio Grande do Norte – UFRN, 1981.

SOUZA, M.L.P.; ANDREOLI, C.V.; CHIBINSKI NETO, C. **Metais Pesados em Solos da Bacia do Rio das Pedras – São Mateus do Sul – PR.** XXIX Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Ribeirão Preto S.P., 2003.

SUGUIO, K.; **Introdução a Sedimentologia.** São Paulo: Edgard Blucher ed. Da USP, 1973.

TAVARES, T.M. **Avaliação dos Efeitos das emissões de Cádmio e Chumbo em Santo Amaro, Bahia**. Tese (Doutorado) – Instituto de Química – Universidade de São Paulo – USP, 1990.

TAVARES, T.M., CARVALHO, F.M. **Avaliação de Exposição de Populações Humanas a Metais Pesados no Ambiente**. Química Nova, v.15, nº 25, p. 147 – 154, 1992.

TAVARES, C.A. et al. **Histórico da Presença de Metais Pesados – Hg, Cu, Mn, Cr, e Ni, na lagoa Rio das Pedras, Bacia do Rio Moji-Guaçu – SP**. HOLOS Environmental, V.3 n.2, 2003. p: 74-84.

VIERO, A.P. **Contaminação de Solos e Água Subterrânea por Metais Pesados**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Minas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS, 2001

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. **An examination of the dgtzareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method**. Soil Science, Baltimore, v.37, p29-38, 1934.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Environmental health criteria 134 – Cadmium**. Geneva, 1992

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Environmental health criteria 61 – Chromium**. Geneva, 1988

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Environmental health criteria 200 - Copper** – Geneva, 1998

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Environmental health criteria 108 – Nickel**. Geneva, 1991

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION . **Environmental health criteria 85 - Lead**. Geneva, 1989.

