

## **4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA RESERVA ECOLÓGICA DOS MANGUEZAIS PIRAQUÊ-AÇU E PIRAQUÊ-MIRIM**

### **4.1 FATORES ABIÓTICOS**

#### **4.1.1 Hidrografia, Hidrologia e Limnologia**

O Brasil é dotado de uma rede hidrográfica vasta e densa, com a presença de poucos lagos e a predominância de muitos rios, sendo que muitos deles destacam-se pela extensão, largura e profundidade.

As principais características da hidrografia brasileira são:

- Alimentação essencialmente pluvial.
- O período das cheias dos rios brasileiros é durante o verão, com algumas exceções ocorrendo no litoral do nordeste.
- Grande parte dos rios é perene; sendo que apenas alguns que nascem no sertão nordestino são intermitentes.
- Os rios brasileiros deságuam exclusivamente no mar. Devido às elevadas altitudes na porção ocidental da América do Sul, os rios brasileiros correm todos em direção ao Oceano Atlântico. Mesmo os que correm para oeste fazem curva ou deságuam em outro rio que se desloca em direção ao oceano.

- Na produção de energia elétrica, o uso dos rios é muito grande e aproximadamente 90% da eletricidade brasileira provêm dos rios. Seu potencial hidráulico vem de quedas d'água e corredeiras, dificultando a navegabilidade desses mesmos rios.

#### 4.1.1.1 Divisão Hidrográfica Nacional

Como região hidrográfica se entende o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (ANA, 2006).

O Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH), por meio da Resolução nº. 32, de 15 de outubro de 2003 (Anexo 4.1.1.1), instituiu a Divisão Hidrográfica Nacional (Figura 4.1.1.1.a e Tabela 4.1.1.1 (ANA, 2008).



Figura 4.1.1.1.a – Divisão hidrográfica nacional proposta pelo Conselho Nacional dos Recursos Hídricos

Fonte: ANA (2008).

**Tabela 4.1.1.1 – Regiões hidrográficas brasileiras, conforme Resolução nº. 32 (Anexo 3.1.1.1), do Conselho Nacional de Recursos Hídricos**

Região Hidrográfica Amazônica	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Amazonas situada no território nacional e, também, pelas bacias hidrográficas dos rios existentes na Ilha de Marajó, além das bacias hidrográficas dos rios situados no Estado do Amapá que deságuam no Atlântico Norte.
Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Tocantins até a sua foz no Oceano Atlântico.
Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental	É constituída pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Nordeste, estando limitada a oeste pela região hidrográfica do Tocantins/Araguaia, exclusive, e a leste pela região hidrográfica do Parnaíba.
Região Hidrográfica do Parnaíba	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Parnaíba.
Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental	É constituída pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Nordeste, estando limitada a oeste pela região hidrográfica do Parnaíba e ao sul pela região hidrográfica do São Francisco.
Região Hidrográfica do São Francisco	É constituída pela bacia hidrográfica do rio São Francisco.
Região Hidrográfica Atlântico Leste	É constituída pelas bacias hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico - trecho Leste, estando limitada ao norte e a oeste pela região hidrográfica do São Francisco e ao sul pelas bacias hidrográficas dos rios Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, inclusive.
Região Hidrográfica Atlântico Sudeste	É constituída pelas bacias hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico - trecho Sudeste, estando limitada ao norte pela bacia hidrográfica do rio Doce, inclusive, a oeste pelas regiões hidrográficas do São Francisco e do Paraná e ao sul pela bacia hidrográfica do rio Ribeira, inclusive.
Região Hidrográfica do Paraná	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Paraná situada no território nacional.
Região Hidrográfica do Uruguai	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Uruguai situada no território nacional, estando limitada ao norte pela região hidrográfica do Paraná, a oeste pela Argentina e ao sul pelo Uruguai.
Região Hidrográfica Atlântico Sul	É constituída pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Sul, estando limitada ao norte pelas bacias hidrográficas dos rios Ipiranguinha, Irirí-Mirim, Candapiú, Serra Negra, Tabagaça e Cachoeira, inclusive, a oeste pelas regiões hidrográficas do Paraná e do Uruguai e ao sul pelo Uruguai.
Região Hidrográfica do Paraguai	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Paraguai situada no território nacional.

Fonte: ANA (2008).

O estado do Espírito Santo faz parte da região hidrográfica denominada de Região Hidrográfica do Atlântico Sul – Trecho Sudeste/Leste. Esta bacia abrange parte dos territórios de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Compreende a área de drenagem dos rios que deságuam no Atlântico, entre a foz do Rio São Francisco, ao norte, e a divisa entre os estados do Rio de Janeiro e São Paulo, ao sul. Possui uma vazão média anual de 3.690 m<sup>3</sup>/s, volume médio anual de 117 km<sup>3</sup> em uma área de drenagem calculada em 569.000 km<sup>2</sup> (ANA, 2001).

Os principais rios presentes nesta região são:

- Paraíba do Sul – com 1.150 km de extensão e que corta os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro; e
- Doce – com 853 km de extensão e que corta os estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Além desses, a região hidrográfica é formada por diversos rios que integram as seguintes bacias do Espírito Santo: São Mateus, Itaúnas, Santa Maria, Reis Magos, Benevente, Itabapoana, Itapemirim, Jucu e Ribeira.

Em relação ao uso e à ocupação do solo, um dos principais problemas desta região se refere à ocupação irregular de encostas, áreas ribeirinhas e de mananciais, estimulada em grande parte pela especulação imobiliária. Devido ao intenso e desordenado processo de uso e ocupação, podem ser encontrados ao longo dos rios apenas pequenos trechos com vegetação ciliar e geralmente em mau estado de conservação.

Ao todo, o Espírito Santo possui 12 Bacias Hidrográficas (Figura 4.1.1.1.b), sendo que o município de Aracruz integra pequena porção da bacia do rio Reis Magos pelo sul e grande parte da bacia do rio Riacho pelo norte.

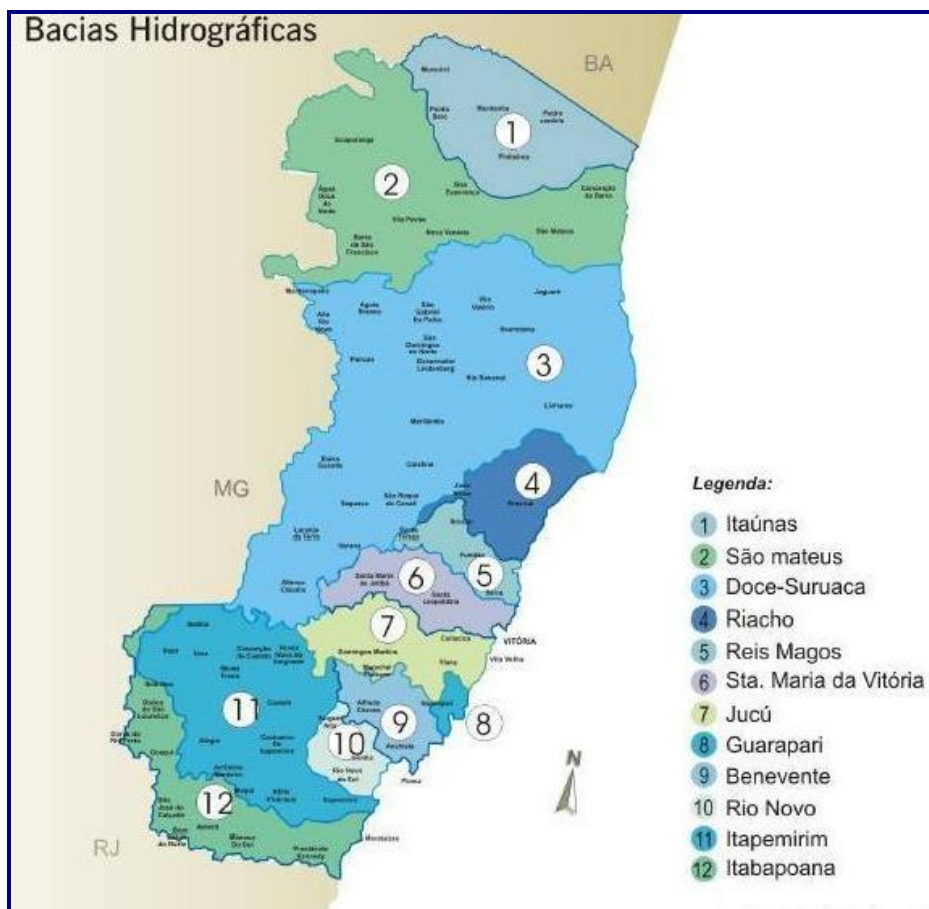


Figura 4.1.1.1.b – Bacias Hidrográficas que integram o Estado do Espírito Santo

Fonte: IJSN (2007).

Além de rios que desempenham importante papel para as comunidades locais, o município de Aracruz também possui três lagoas situadas na porção norte. A principal é a Lagoa do Aguiar, que faz divisa com o município de Linhares e é um importante local de lazer para a população local. As demais lagoas existentes no município são a de Baixo e a do Meio, porém estas apresentam tamanhos bem inferiores se comparadas com a lagoa do Aguiar.

Conforme o recorte hidrográfico proposto pela ANEEL (Figura 4.1.1.1.c), o estado possui três sub-bacias (SB): a SB-55 (extremo sul da Bahia até a BH do rio Doce), SB-56 (Espírito Santo litoral Leste) e SB-57 (divisa do Espírito Santo com o Rio de Janeiro).

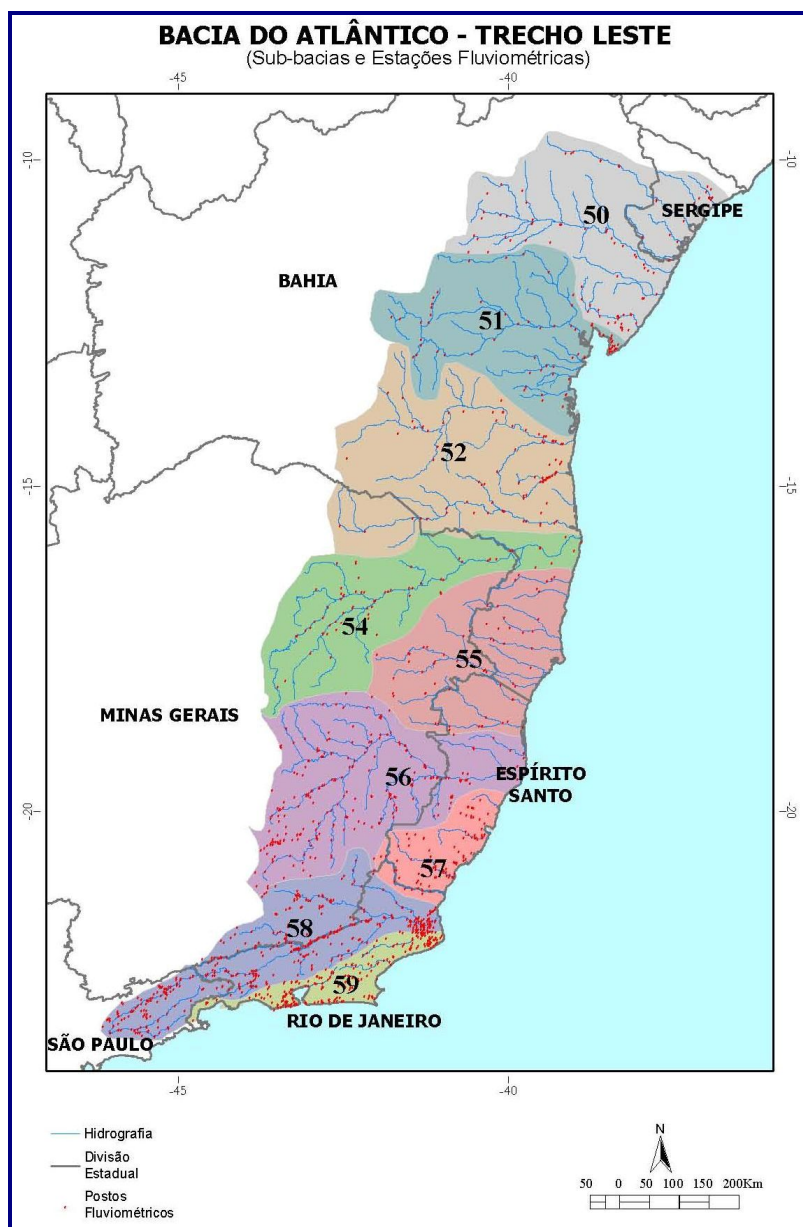


Figura 4.1.1.1.c – Região hidrográfica Atlântico Sul Leste/Sudeste e recortes hidrográficos segundo a ANEEL

Fonte: ANA (2001).







A área aproximada de drenagem é de 1.692 km<sup>2</sup>, compreendendo terras dos municípios de Aracruz, Ibraçu, João Neiva, Linhares e Santa Teresa. Os principais afluentes da sub-bacia do rio Riacho (norte) são os rios: Angelim, Preto, Santana, S. Domingos, Ribeirão Suzano, Córrego Dezoito e Córrego Claro. Já a sub-bacia do rio Piraquê-açu (sul) tem como principais afluentes, os rios: Piraquê-açu, Piraquê-mirim, Sahy, Araraquara, Francês e Norte (IEMA, 2007).

De um modo geral, as principais formas de uso das águas superficiais na região estão relacionadas ao abastecimento urbano e rural, consumo industrial (indústrias químicas e de celulose), turismo e silvicultura. Dentre os principais fatores de degradação ambiental na área da bacia, podemos citar o desmatamento generalizado, inclusive nas Áreas de Proteção Permanentes (APP's) e com isso, elevados problemas de erosão nas encostas dos rios o que leva ao assoreamento dos mesmos. A poluição dos recursos hídricos, devido à disposição inadequada dos resíduos sólidos e lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento, diretamente nas águas dos rios é outro fator causador de degradação ambiental. Em áreas de intensa agropecuária, o uso indiscriminado de agrotóxicos também leva a uma forte deterioração dos recursos hídricos.

Os principais conflitos presentes e potenciais pelo uso da água nesta bacia ocorrem nos períodos de escassez e/ou em função da exigência natural dos usuários para terem água potável de boa qualidade.

No município de Aracruz, atualmente são encontradas quatro estações Pluviométricas operando, sendo duas litorâneas (Santa Cruz-Litoral e Riacho) e duas localizadas mais para o interior do município (Aracruz e Jacupemba). Com relação às estações Fluviométricas foram identificadas duas estações operando no rio Piraquê-açu, uma em Cachoeirinha e outra próxima a Inonibras (ANA, 2008).

A seguir será feita uma descrição dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim e do complexo de manguezais dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim.

- **Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim**

O rio Piraquê-açu tem sua nascente localizada a aproximadamente 1.100 m de altitude, na Reserva Ecológica de Nova Lombardia, município de Santa Teresa e sua foz no distrito de Santa Cruz, município de Aracruz. Sua extensão aproximada é de 50 km, sendo considerada a principal fonte de abastecimento de água para a região. Já o rio Piraquê-mirim possui uma extensão aproximada de 22 km, sendo denominado de braço sul da bacia do Piraquê (PMA, 2007).

O estuário dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim possui uma área de 1.435 km<sup>2</sup> e equivale a 3,15% do território estadual (CUNHA, 2004). Limita-se ao norte com o município de Linhares; ao sul com Fundão; a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com os municípios de Ibiraçu e João Neiva (CALIMAN et al., 1997 apud CUNHA, 2004).

Da sua nascente até a foz, o rio Piraquê-açu passa pelos municípios de João Neiva e Ibiraçu, alcançando o município de Aracruz pela localidade de Santa Maria, onde há uma barragem utilizada para a obtenção de energia elétrica (Barragem de Santa Maria). É considerado navegável em quase toda sua extensão, por barcos e por escunas, e apresenta uma profundidade que varia entre 2m até mais de 15m de profundidade.

Durante seu trajeto desde sua nascente até a foz, o rio recebe um aporte de água de vários outros pequenos afluentes, dentre os quais aqueles que se originam no Morro do Aricanga. Este rio possui características físico-químicas variáveis devido ao maior fluxo de água doce, se comparado com o Piraquê-mirim, que é mais profundo e

recebe um menor aporte fluvial devido à área de sua bacia de drenagem ser bem menor.

A inexistência de saneamento básico em toda a bacia e a destruição florestal praticada nos campos e margens dos rios contribuiu para um aumento no grau de degradação desta bacia. A agricultura que é praticada de forma agressiva, com emprego de grande quantidade de agrotóxicos é um forte ponto de degradação ambiental. A pesca predatória, principalmente aquela feita na época da piracema, é um grande problema econômico na região, pois poucas espécies conseguem subir o rio para desovar e assim dar continuidade a vida das espécies que usufruem deste ambiente. Estes problemas ambientais na bacia do Piraquê-açu são mais sentidos próximos a região mais densamente povoada, situada próxima ao litoral.

- **Manguezal dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim**

A bacia hidrográfica dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim possui 65 km de extensão e área total de 448,11 km<sup>2</sup>, sendo 378,69 km<sup>2</sup> ocupada pela área de drenagem do Piraquê-açu e 69,42 km<sup>2</sup> pela bacia do Piraquê-mirim (MAGRIS, 2005). O estuário (com aproximadamente 510 ha de espelho d'água) faz parte do projeto de gerenciamento costeiro do estado do Espírito Santo, setor Litoral Norte, abrangido pela Zona de Proteção Ambiental I (ZPA I).

A confluência destes dois rios forma o rio Piraquê propriamente dito, cuja foz está situada a aproximadamente 4 km do ponto de confluência, na região de Vila de Santa Cruz, litoral norte do estado do Espírito Santo. Ao desembocar no mar, este rio atinge aproximadamente 500m de largura. Sua zona estuarina é santuário ecológico das garças brancas, caranguejos e guaiamuns entre outras espécies típicas. Suas águas salobras também são ricas em espécies de peixes, tais como: robalo, tainha, vermelho, sirioaba e carapeba.

O regime de marés da região é semi-diurno, com período de aproximadamente 12 horas e 25 minutos. A amplitude de maré do litoral capixaba varia de 1,40 a 1,50 m, sendo enquadrado em um litoral submetido à micromarés (< 2,0 m). A média das alturas da maré para a região é de 0,80m, com nível máximo de +1,76 m e nível mínimo de -0,20m (DHN, 2004).

As correntes na região estão associadas a variações das marés, podendo também apresentar grande associação com regime de ventos (SEAMA, 1998). O estuário dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim classifica-se como fracamente estratificado, onde o fluxo de água doce é bem menor que o volume de água da maré, ocorrendo variações na zona de mistura de acordo com a época do ano (MAGRIS, 2005).

- **Padrões de Drenagem**

A drenagem de uma área é fortemente influenciada por dois fatores: climático e geológico, originando padrões de drenagem distintos na forma e na densidade. Os padrões e drenagem são variações de forma, organização e densidade da rede de drenagem em regiões geológica e climaticamente distintas, definindo-se padrões diversos como de drenagem rala ou densa. Existem vários padrões de drenagem, sendo que a maior parte desses padrões é condicionada à geologia da área, onde encontra-se, por exemplo, os seguintes padrões: dendrítico, treliça, paralelo, retangular, radial e anelar.

#### 4.1.1.1.2 Vazões Máximas e Mínimas

Segundo Soares (1995), a ação das marés varia ao longo das áreas de mangue, isto é, algumas zonas são inundadas diariamente enquanto outras serão atingidas apenas algumas vezes, em determinadas épocas, pelas grandes preamares de sizígia. Isto se dá pelo fato do terreno possuir variações na sua topografia,

propiciando assim a existência de locais mais baixos (inundados mais vezes pelas marés) e outros mais elevados (alagados com menor frequência).

Embora as plantas de mangue possam se desenvolver em ambientes livres da presença do sal, em tais condições não ocorre formação de bosques, pois perdem espaço na competição com plantas de crescimento mais rápido, melhor adaptadas à presença de água doce (FERNANDES & PERIA, 1995).

A distância máxima de penetração da água salgada determina o limite do manguezal em direção a terra, que pode atingir dezenas de quilômetros em direção às montantes dos grandes rios (FERNANDES & PERIA, 1995).

#### 4.1.1.2 Qualidade das Águas Superficiais dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim na Área da Reserva Ecológica dos Manguezais

A maioria dos manguezais está localizada em áreas com intensa concentração urbana, recebendo grandes descargas de efluentes domésticos, principalmente esgotos.

Os cursos d'água apresentam vida microbiológica que é importante na autorregeneração e qualidade destes sistemas. Todavia, quando esta água é contaminada com descargas de esgotos domésticos, passa a apresentar bactérias do gênero coliformes, que são componentes da flora intestinal de vários animais, principalmente o homem, mas não são encontradas normalmente nos cursos d'água.

A presença de coliformes fecais é usada como indicador sanitário, pois, apesar de não serem patogênicas em sua maioria, indicam que o ecossistema foi contaminado com esgoto e assim, outros patógenos podem estar presentes, causando transmissão de doenças às pessoas que venham a usufruir destas águas.

As bactérias do grupo coliforme são usadas para avaliar as condições sanitárias da água, atuando como indicadores de poluição de origem fecal, pois ocorrem em grande número na flora intestinal humana e de animais de sangue quente. A presença de coliformes indica poluição da água, com o risco potencial da presença de organismos patogênicos e sua ausência é evidência de uma água bacteriologicamente potável, uma vez que são mais resistentes na água que as bactérias patogênicas de origem intestinal.

O grupo coliforme é considerado os principais indicadores de contaminação fecal, sendo formado por um número de bactérias que inclui os generos *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo.

As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. Tanto que a Resolução CONAMA n°. 357/05 cita os valores de referência para tal parâmetro e não para os coliformes totais.

A concentração dos coliformes assume importância fundamental como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica.

#### 4.1.1.2.1 Metodologia

Com o objetivo de conhecer a qualidade da água na Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-açu e Piraquê-mirim foram realizadas medidas “*in situ*” dos parâmetros físico-químicos e coletas de água para análise de parâmetros químicos em laboratório.



Os pontos de monitoramento foram escolhidos com base em trabalhos científicos realizados anteriormente (monografias, dissertações e teses) pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Desta forma, as informações obtidas neste trabalho puderam ser comparadas com dados pretéritos, quando existentes. Ao todo foram identificados nove pontos de coleta para monitoramento da qualidade da água na Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-açu e Piraquê-mirim, sendo quatro no Rio Piraquê-açu, quatro no Rio Piraquê-mirim e um próximo da ponte de Santa Cruz, localizado no Rio Piraquê propriamente dito, na região de confluência dos dois rios. As coordenadas geográficas (UTM) foram tomadas “*in situ*” com a utilização de um GPS LOWRANCE iFINDER e os pontos de coleta podem ser observados na Tabela 4.1.1.2.1.a e no Mapa 4.1.1.2.1.

**Tabela 4.1.1.2.1.a – Localização e coordenadas geográficas dos pontos amostrais**

Localização dos Pontos	Pontos Amostrais*	Pontos Amostrais**	Coordenadas Geográficas	
			Latitude (UTM)	Longitude (UTM)
À montante da ponte de Santa Cruz	Ponto 1	Ponto Central	7793076	377851
Rio Piraquê-açu	Ponto 2	Ponto 1 (PA1)	7796298	376608
	Ponto 3	Ponto 2 (PA2)	7796676	375108
	Ponto 4	Ponto 3 (PA3)	7797623	372098
	Ponto 5	Ponto 4 (PA4)	7798649	368682
Rio Piraquê-mirim	Ponto 6	Ponto 1 (PM1)	7795391	367798
	Ponto 7	Ponto 2 (PM2)	7795526	370705
	Ponto 8	Ponto 3 (PM3)	7794924	373333
	Ponto 9	Ponto 4 (PM4)	7794365	374978

(\*) Nomenclatura dos pontos de coleta de acordo a Proposta Técnica do Plano de Manejo da Reserva Ecológica.

(\*\*) Adequação da Nomenclatura dos pontos de coleta de acordo com as saídas de campo.

### **Mapa 4.1.1.2.1 – Localização dos Pontos de Coleta de Água e Sedimento na Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-açu e Piraquê-mirim**

Para a medição “*in situ*” dos parâmetros físico-químicos e coleta de água e sedimento para análise química em laboratório foram realizadas duas saídas de campo, uma no dia 26 de setembro de 2008 e outra no dia 03 de abril de 2009, ambas na lua de quadratura. Devido à influência das marés na região, as coletas foram realizadas entre a primeira baixamar e a segunda preamar, conforme consulta a Tábua de Maré do Terminal da Barra do Riacho, publicada pela DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN, 2008; 2009). A Tabela 4.1.1.2.1.b mostra os horários e as amplitudes de maré para os dias 26 de setembro de 2008 e 03 de abril de 2009, base Terminal da Barra do Riacho.

**Tabela 4.1.1.2.1.b – Hora e amplitude da maré (m) durante as coletas em campo**

Dia	Hora	Altura (m)
26/09/2008 (Sexta-feira)	00:51	1,3
	07:15	0,1
	13:45	1,3
	19:34	0,4
03/04/2009 (Sexta-feira)	04:24	0,7
	09:36	1,0
	16:53	0,4

Fonte: DHN (2008; 2009).

Os parâmetros físico-químicos analisados “*in situ*” foram: Temperatura, Salinidade, Turbidez, Total de Sólidos Dissolvidos, Oxigênio Dissolvido (OD) e pH. Tais parâmetros foram medidos com o uso da sonda portátil Multi-Parameter Water Quality Monitoring System HORIBA U-22XD (Figura 4.1.1.2.1.a). A transparência da água foi medida usando um disco de Secchi (Figura 4.1.1.2.1.b).

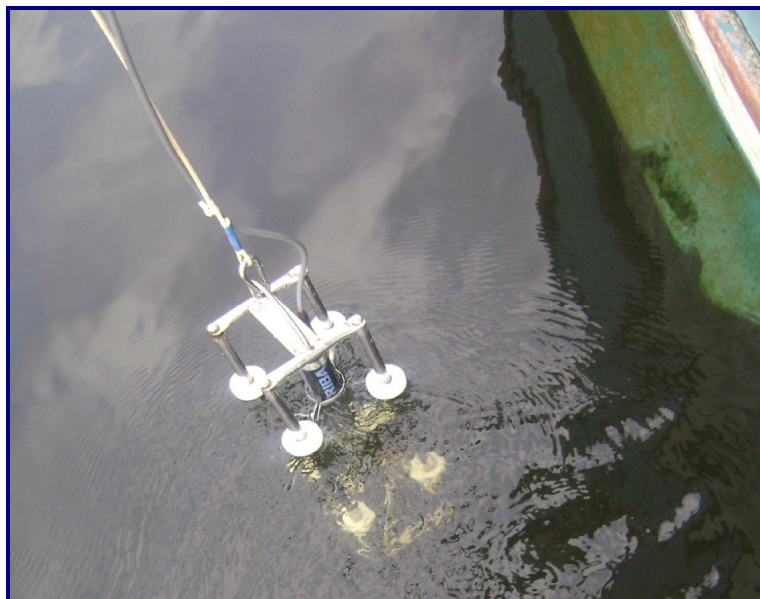


Figura 4.1.1.2.1.a – Sonda portátil Multi-Parâmetro HORIBA U-22XD. Fonte: Environlink/2009



Figura 4.1.1.2.1.b – Disco de Secchi usado para medir a transparência da água. Fonte: Environlink/2009

As análises dos parâmetros do Índice de Qualidade de Água (IQA), feitas pelo laboratório QUIMIPLAN Análises e Consultoria Ltda. foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrito, Nitrato, Fósforo Total, Cloreto Total, Sólidos Suspensos Totais e Coliformes Termotolerantes. Os métodos de preservação e de análise foram baseados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (EATON et al., 2005), sendo que as coletas de água foram realizadas por um técnico da QUIMIPLAN (Figura 4.1.1.2.1.c). Estas amostras de água foram coletadas entre a primeira baixamar e a segunda preamar (maré enchente), na superfície (0,5 m), e quando possível, na meia profundidade e no fundo.



Figura 4.1.1.2.1.c – Técnico do laboratório de análises químicas QUIMIPLAN realizando coleta de água para análise química.  
Fonte: Environlink/2009

Para efeito de classificação das águas da Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-açu e Piraquê-mirim foi usada a Resolução CONAMA nº. 357/05. Os nove pontos de coleta foram classificados como “Águas Salobras” – Classe 1, onde a salinidade é superior a 0,50 ppm e inferior a 30 ppm.

Os resultados obtidos com as análises “*in situ*” e em laboratório foram comparados com os valores de referência da Resolução CONAMA nº. 357/05.

#### 4.1.1.2.2 Resultados e Discussão

As Tabelas 4.1.1.2.2.a e 4.1.1.2.2.b mostram os valores obtidos para os parâmetros físico-químicos das águas dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim obtidos *in situ*.

Ressaltamos que os resultados obtidos são decorrentes de 02 (duas) campanhas realizadas no estuário dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim. É fundamental que novas campanhas de monitoramento sejam implementadas para que possamos construir um banco de dados com informações que nos permitam interpretar com maior exatidão as variáveis físico-químicas e bacteriológicas que ocorrem neste ambiente.

A seguir serão descritos e discutidos os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos analisados, conforme Resolução CONAMA nº. 357/05.



**Tabela 4.1.1.2.2.a – Parâmetros físico-químicos medidos *in situ* na primeira campanha (estação seca)**

Pontos	Transparência média (m)	Profundidade barco (m)	Profundidade (m)	pH	Turbidez (NTU)	OD (mg/L)	Temperatura (°C)	Condutividade (S/m)	Salinidade (ppm)	TDS(g/L)
PM1 - S	0,40	0,40	0,1	6,70	2,6	5,05	22,14	4,61	30,1	28,1
PM2 - S	3,00	4,10	0,2	7,60	0	4,86	22,94	4,87	31,9	29,7
PM2 - F		4,10	4,5	7,60	0	5,64	22,85	4,97	32,6	30,3
PM3 - S	3,75	4,40	0,3	7,70	0	4,86	23,28	4,9	32,1	29,9
PM3 - F		4,40	4,9	7,70	1,9	5,71	23,19	4,97	32,6	30,3
PM4 - S	2,55	6,10	0,4	7,80	0	5,18	23,41	4,87	31,9	29,7
PM4 - F		6,10	4,5	7,70	4,2	6,03	23,27	4,98	32,7	30,4
PA4 - S	1,50	1,50	0,2	7,80	7,8	4,58	22,87	4,00	25,7	24,4
PA3 - S	1,85	3,40	0,5	7,70	2,4	4,45	23,42	4,41	28,6	26,9
PA3 - F		3,40	3,4	7,70	7,1	5,7	23,44	4,45	28,9	27,2
PA2 - S	2,05	4,40	0,5	7,90	2,5	4,81	23,4	4,67	30,5	28,5
PA2 - F		4,40	4,2	7,80	8,3	6,32	23,35	4,72	30,9	28,8
PA1 - S	2,05	7,70	0,5	7,90	3,1	5,34	23,18	4,77	31,2	29,1
PA1 - M		7,70	3,9	8,00	4,9	6,46	23,12	4,83	31,6	29,5
PA1 - F		7,70	7,7	8,00	5,7	7,09	23,13	4,91	32,2	29,9
PC - S	0,95	7,20	0,5	8,30	16,8	6,13	22,78	4,93	32,4	30,1
PC - M		7,20	3,7	8,30	22,4	7,41	22,64	4,98	32,7	30,4
PC - F		7,20	7,1	8,30	20,4	7,81	22,65	5,05	33,2	30,3

S – superfície; M – meio; F – fundo

**Tabela 4.1.1.2.2.b – Parâmetros físico-químicos medidos *in situ* na segunda campanha (estação chuvosa)**

Pontos	Transparência média (m)	Profundidade barco (m)	Profundidade (m)	pH	Turbidez (NTU)	OD(mg/L)	Temperatura (°C)	Condutividade (S/m)	Salinidade (ppm)	TDS(g/L)
PM1 - S	0,4	0,4	0,4	5,9	32,6	7,67	26,2	1,66	7,6	7,3
PM2 - S	1,15	5,6	0,6	6,5	11,7	7,76	27,13	3,9	19,3	18,4
PM2 - M		5,6	1	6,8	4,7	6,89	28	5,9	37,8	36,1
PM3 - S	0,85	5,2	0,6	7,0	12,1	8,42	27,32	2,67	15,9	15,9
PM3 - F		5,2	4,7	7,7	7	7,78	27,88	5,23	38,3	34,7
PM4 - S	1,13	5,8	0,6	7,6	6,2	8,21	27,26	2,84	17,8	17
PM4 - F		5,8	5,7	7,7	8,7	8,01	27,73	4,83	31,8	29,8
PA1 - S	0,45	5,4	0,8	7,8	35,8	8,9	27,4	1,14	6,3	6,9
PA1 - F		5,4	5,3	7,8	8,2	8,3	27,7	5,29	38	33,4
PA2 - S	0,3	4,9	0,7	8,0	53,7	8,36	27,43	0,94	5,2	5,9
PA2 - F		4,9	3,2	7,8	10,5	7,96	27,87	5,35	34,2	31,1
PA3 - S		2,1	0,6	8,1	131	8,73	26,79	0,28	1,4	1,79
PA3 - F		2,1	1,9	7,0	10,6	6,99	27,76	4,52	28,3	26,6
PA4 - S	0,1	0,7	0,8	8,0	149	8,99	26,74	61,2	0,3	0,39
PC - S	0,9	14	0,7	7,2	7,3	8,67	28,5	2,58	16,4	16,5
PC - M		14	8,1	7,9	6,8	9,01	27,19	5,1	35,4	30,8
PC - F		14	13,5	8,0	11,4	9,3	27,12	5,3	33,4	30,2

S – superfície; M – meio; F – fundo

- **Profundidade de Coleta**

Na primeira campanha, a profundidade de coleta na superfície foi de 0,5 m em todos os nove pontos amostrais. Nos pontos em que foi possível coletar em meia profundidade (PA1 e PC), a profundidade foi de 3,9 m e 3,7 m, respectivamente. Já a profundidade de coleta no fundo, variou de 3,4 m no ponto PA3 a 7,7 m no ponto PA1, conforme pode ser observado na Tabela 4.1.1.2.2.a. Na segunda campanha, a profundidade de coleta na superfície também foi de 0,5 m em todos os nove pontos amostrais. No ponto em que foi possível coletar em meia profundidade (PC), a profundidade foi de 8,1 m. No fundo, a profundidade de coleta variou de 1,9 m no ponto PA3 a 13,5 m no ponto central (Tabela 4.1.1.2.2.b). No PM2 não foi possível realizar a coleta no fundo devido a problemas operacionais.

Cabe salientar que, para ambas as campanhas, não foi possível realizar coletas de fundo nos pontos PA4 e PM1 devido à baixa profundidade dos mesmos (aproximadamente 0,5 m).

- **Temperatura da Água**

Na estação seca (primeira campanha), as temperaturas variaram entre 22,14°C (PM1 – superfície) e 23,44°C (PA3 – fundo). Não houve variações acentuadas em relação à profundidade, visto que neste dia como o tempo estava nublado, as águas superficiais não sofreram influência das radiações solares (Tabela 4.1.1.2.2.a). Na estação chuvosa (segunda campanha), o maior valor de temperatura foi registrado no PC – superfície (28,5°C), e o menor no ponto PM1 – superfície (26,2°C) (Tabela 4.1.1.2.2.b). De maneira geral, as temperaturas foram maiores no fundo, sendo que os valores registrados na segunda amostragem foram superiores aos da primeira.

- **Salinidade**

Em todos os pontos de coleta, durante a estação seca, não foi observado grandes variações de salinidade ao longo da coluna d'água (superfície, meia profundidade e fundo). A menor salinidade encontrada na superfície foi de 25,70 ppm (PA4) e a maior encontrada no fundo foi de 33,20 ppm (PC). Nos pontos amostrais, a salinidade variou em média 0,6 ppm entre a superfície e o fundo (Tabela 4.1.1.2.2.a). Na estação chuvosa, o maior valor de salinidade foi de 38,3 ppm (PM3 – fundo) e o menor de 0,3 ppm (PA4 – superfície), sendo constatada elevada variação entre a superfície e o fundo (Tabela 4.1.1.2.2.b).

De acordo com os resultados de salinidade, pôde-se perceber que a maioria dos valores encontrados durante a coleta na estação seca apresentou níveis maiores que os valores de referência estipulados pelo CONAMA nº. 357/2005 para águas salobras ( $> 0,5$  ppm e  $< 30$  ppm). Entretanto, é importante ressaltar que por se tratar de um estuário, as águas da Reserva Ecológica dos Manguezais do Piraquê-açu e Piraquê-mirim enquadram-se na classificação supracitada. Esses valores de salinidade acima de 30 ppm podem estar relacionados com a estação, uma vez que nos meses secos, a escassez de chuvas diminui o aporte dos rios, ocasionando uma maior influência da água salgada sobre o estuário.

Na estação chuvosa, também foram observados valores acima de 30 ppm, principalmente no fundo, enquanto que na superfície foram constatados valores mais baixos. Com esses valores pode-se inferir que a água salina (mais densa) ficou espalhada pelo fundo.

- **Oxigênio Dissolvido (OD)**

O oxigênio proveniente da atmosfera se dissolve nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas do ambiente.

Do ponto de vista ecológico, o OD é uma variável extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. Geralmente valores de OD reduzidos ou até mesmo nulos são encontrados em águas que recebem grandes quantidades de substâncias biodegradáveis, como por exemplo, o esgoto doméstico. Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais.

Durante a estação seca, para as amostras de fundo, dos nove pontos de coleta sete apresentaram níveis de Oxigênio Dissolvido dentro dos valores de referência estipulados pela legislação vigente ( $\geq 5$  mg/L  $O_2$ ). Já para as amostras de superfície, apenas quatro pontos se enquadraram dentro da legislação (Tabela 4.1.1.2.2.a).

Na estação chuvosa todos os pontos apresentaram valores acima de 5 mg/L, sendo maiores nas amostras de fundo do que nas de superfície, provavelmente relacionados com a cunha de água salina mais oxigenada (Tabela 4.1.1.2.2.b).

Os baixos valores de oxigênio dissolvido encontrados em alguns pontos amostrais na 1ª campanha (estação seca) sugerem a presença de algum poluente, provavelmente esgoto doméstico, que contribuiu para a redução dos níveis de oxigênio no ambiente amostrado. Soma-se a isto o fato de as coletas terem sido realizadas em período de poucas chuvas e em maré de quadratura.

No entanto, faz-se necessário a realização de outras campanhas de monitoramento para que possamos ter dados mais consistentes que possam nos auxiliar na interpretação desses resultados.

- **pH**

O valor do pH está diretamente relacionado com a quantidade de íons hidrogênio de uma solução. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais se dá diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Seu efeito indireto é muito importante podendo, em determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (CETESB, 2008).

Na estação seca os valores de pH mantiveram-se dentro do limite da Resolução CONAMA nº 357/05, isto é, entre 6,5 e 8,5. O maior valor foi registrado no ponto central (8,3), e o menor no ponto PM1 (6,7) (Tabela 4.1.1.2.2.a). Na estação chuvosa os valores também mantiveram-se dentro do limite, com exceção do ponto PM1 (5,9). O maior valor foi registrado no ponto PA3 – superfície (8,1) (Tabela 4.1.1.2.2.b).

Os decréscimos nos valores de pH a princípio indicam desequilíbrio no ambiente, sendo que os critérios de proteção à vida aquática fixam o pH entre 6,0 e 9,0 para águas doces e de 6,5 a 8,5 para águas salobras e salinas (CONAMA nº. 357/05).



- **Turbidez**

A turbidez da água é uma medida da dispersão dos raios luminosos causados pela presença de partículas em suspensão, tais como: silte, massas coloidais, microrganismos (microalgas), etc. As partículas em suspensão podem ser opacas ou transparentes, coloridas ou incolores e obstruem a passagem da luz pela massa d'água, exercendo assim, um efeito quantitativo sobre o clima de luz, opondo-se a transparência da água.

Durante a estação seca foram registrados valores de turbidez entre 0 e 22,4 NTU (Tabela 4.1.1.2.2.a), e na estação chuvosa, entre 6,2 e 149 NTU (Tabela 4.1.1.2.2.b). A turbidez normalmente é mais elevada na época de chuvas, decorrente do aumento do processo erosivo nas margens dos rios.

A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e algas. Essa redução no desenvolvimento de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Desta forma, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas, além de afetar adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de um corpo hídrico.

- **Sólidos Totais Dissolvidos**

Em ambas as estações, os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) aumentaram à medida que aumentou a salinidade. Na primeira campanha, os valores variaram de 24,4 g/L (PA4 – superfície) a 30,4 g/L (PM4 – fundo e PC – meio), (Tabela 4.1.1.2.2.a). Durante a segunda campanha os valores variaram de 0,39 g/L (PA4 – superfície) a 36,1g/L (PM2 – meio), (Tabela 4.1.1.2.2.b).

Na resolução CONAMA nº. 357/05 não existem limites estabelecidos para os Sólidos Totais Dissolvidos. No entanto, tal resolução cita que os materiais flutuantes, as substâncias que produzem turbidez e os resíduos sólidos objetáveis, devem estar virtualmente ausentes.

- **Transparência**

Os valores de transparência registrados com o disco de Secchi foram elevados durante a estação seca, ficando entre 0,40 m (ponto PM1) e 3,75 m (ponto PM3), (Tabela 4.1.1.2.2.a). Na estação chuvosa os valores foram baixos, com máximo de 1.15 m (ponto PM2) e 0,1 m (ponto PA4), (Tabela 4.1.1.2.2.b). Baixos valores de transparência estão associados a elevadas concentrações de material em suspensão na água. Segundo Esteves (1988), é comum em sistemas aquáticos, um aumento do escoamento superficial e da entrada de material alóctone para dentro do sistema durante os períodos de maior regime de chuvas, contribuindo para a redução da transparência da água.

Os resultados dos parâmetros Cloreto total, DBO, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito e Sólidos suspensos totais para a primeira e segunda campanha encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 4.1.1.2.2.c e 4.1.1.2.2.d.

**Tabela 4.1.1.2.2.c – Parâmetros obtidos na primeira campanha (estação seca)**

PONTOS	Cloreto Total	DBO	Fósforo Total	Nitrato	Nitrito	Sólidos Suspensos Totais
mg/L						
PM1	20.295,00	25,8	<0,05	0,136	<0,02	160,0
PM2	20.790,00	32,4	<0,05	0,06	<0,02	31,0
PM3	22.374,00	32,4	<0,05	<0,06	<0,02	14,85
PM4	20.790,00	21,0	0,62	<0,06	<0,02	32,14
PA1	21.780,00	31,5	<0,05	<0,06	<0,02	36,14
PA2	20.295,00	31,2	<0,05	0,07	<0,02	35,83
PA3	19.800,00	31,8	<0,05	0,07	<0,02	42,5
PA4	17.820,00	98,4	0,07	0,08	<0,02	45,25
PC	22.770,00	13,2	<0,05	<0,06	<0,02	65,0

**Tabela 4.1.1.2.2.d – Parâmetros obtidos na segunda campanha (estação chuvosa)**

PONTOS	Cloreto Total	DBO	Fósforo Total	Nitrato	Nitrito	Sólidos Suspensos Totais
mg/L						
PM1	14.003,68	n.d.	0,09	n.d.	n.d.	22,0
PM2	15.036,08	4,8	n.d.	n.d.	n.d.	8,0
PM3	16.038,50	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	174,0
PM4	17.040,0	2,4	0,14	n.d.	n.d.	52,67
PA1	6.014,43	2,7	n.d.	0,18	n.d.	38,0
PA2	7.016,84	n.d.	n.d.	0,16	n.d.	12,0
PA3	3.007,21	n.d.	1,19	0,22	n.d.	60,0
PA4	4.009,62	n.d.	0,05	0,21	0,02	20,0
PC	17.040,00	4,0	0,11	0,09	n.d.	112,0

n.d. – não detectado.

#### • Cloreto Total

Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da cunha salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto. Durante a estação seca, a menor concentração de cloreto total foi registrada no ponto PA4 (17.820,00 mg/L) e a maior no PC (22.770,00 mg/L), (Tabela 4.1.1.2.2.c). As concentrações na estação chuvosa

foram menores, alcançando 17.040,00 mg/L nos pontos PM4 e PC (Tabela 4.1.1.2.2.d), provavelmente, devido ao maior aporte de água doce ocasionado pelas chuvas (diluição das águas).

- **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A demanda bioquímica de oxigênio de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Normalmente é considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo (geralmente 5 dias), numa temperatura de incubação específica (geralmente 20 °C).

Para as Águas Salobras e Salinas, a Resolução CONAMA nº. 357/05 não apresenta limites estabelecidos para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Na primeira campanha o maior valor foi registrado no ponto PA4 (98,4 mg/L) e o menor no ponto PC (13,2 mg/L), (Tabela 4.1.1.2.2.c). Na segunda campanha os valores foram menores, atingindo 4,8 mg/L no ponto PM2 (Tabela 4.1.1.2.2.d).

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo hídrico, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando a morte de peixes e outras formas de vida aquática. No local de estudo, os baixos valores observados na segunda campanha devem-se, possivelmente, a maior diluição da água ocasionada pelas chuvas.

- **Fósforo Total**

O fósforo é considerado como o principal fator limitante no processo de eutrofização, motivo pelo quais os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA

nº. 357/05 para o fósforo total são bastante exigentes. Para águas salobras o valor máximo permitido é de 0,124 mg/L.

Na estação seca todos os pontos apresentaram valores baixos para este parâmetro, com exceção do ponto PM4 (0,62 mg/L), que apresentou concentração acima do estabelecido na Resolução CONAMA (Tabela 4.1.1.2.2.c). Na estação chuvosa os valores também se mantiveram baixos, exceto nos pontos PM4 (0,14 mg/L) e PA3 (0,19 mg/L), que ficaram um pouco acima do permitido (Tabela 4.1.1.2.2.d).

O fósforo é um importante componente da substância viva, especialmente dos núcleos-proteínas além de estar ligado ao metabolismo respiratório e fotossintético. Assim sendo, ele é um dos mais importantes fatores limitantes à vida dos organismos aquáticos, sendo de importância fundamental, manter a sua concentração em níveis baixos para o controle ecológico das algas.

Despejos orgânicos, especialmente esgotos domésticos, constituem as principais fontes de contribuições deste elemento nos corpos hídricos em cidades litorâneas, onde este é incorporado à biota, e com a sua morte é re-solubilizado voltando a ser bio-disponível.

- **Série de Nitrogênio (Nitrato e Nitrito)**

Em todos os pontos de coleta, os valores de nitrato encontrados foram baixos em ambas as campanhas (Tabelas 4.1.1.2.2.c e 4.1.1.2.2.d). Conforme a Resolução CONAMA Nº 357/2005 o valor máximo permitido para águas salobras é menor que 0,40 mg/L.

Desta forma, os valores encontrados estão em conformidade com os valores de referência estipulados pela legislação vigente.

Para o nitrito, os valores encontrados também estiveram em conformidade com a legislação vigente (Tabelas 4.1.1.2.2.c e 4.1.1.2.2.d). O valor de referência para água salobra é menor que 0,07 mg/L.

Foram verificadas concentrações de nitrato dissolvido, maiores do que as de nitrito, devido à oxidação desse à nitrato, quando há concentrações suficientes de oxigênio dissolvido. O mesmo foi observado por Cunha (2004).

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Os esgotos domésticos constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, devido à hidrólise sofrida pela uréia na água. A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos, tais como: fixação biológica desempenhada por bactérias e algas, fixação química e as lavagens da atmosfera poluída pelas águas pluviais.

Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constituem fonte difusa de difícil caracterização.

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos. São tidos como macronutrientes, pois depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas. Quando descarregados nas águas naturais conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas (eutrofização).

- **Sólidos Suspensos Totais**

Na estação seca o maior valor de sólidos suspensos foi registrado no ponto PM1 (160,0 mg/L) e o menor no ponto PM3 (14,85), (Tabela 4.1.1.2.2.c). Na estação chuvosa o maior valor observado foi 174,0, no ponto PM3, e o menor foi 8,0, no ponto PM2 (Tabela 4.1.1.2.2.d). Os sólidos suspensos consistem de partículas insolúveis e de sedimentação lenta. São os sólidos possíveis de serem retidos em análise de laboratório por uma filtração. A Resolução CONAMA Nº 357/2005 cita que estes compostos devem estar virtualmente ausentes.

- **Coliformes Termotolerantes**

Os resultados para coliformes termotolerantes para as estações de seca e chuvosa podem ser observados na Tabela 4.1.1.2.2.e.

**Tabela 4.1.1.2.2.e – Coliformes termotolerantes obtidos para a 1ª e 2ª campanha**

PONTOS	Coliformes Termotolerantes NMP/100mL	
	1ª Campanha	2ª Campanha
PM1	$2,4 \times 10^2$	$4,3 \times 10^2$
PM2	43	$4,3 \times 10^2$
PM3	7,4	$3,8 \times 10^2$
PM4	3,6	<3,0
PA1	<3,0	$2,3 \times 10^2$
PA2	3,0	$2,4 \times 10^3$
PA3	<3,0	$2,4 \times 10^3$
PA4	15	$7,5 \times 10^2$
PC	7,4	$>1,1 \times 10^7$

NMP – Número Mais Provável.

(\*) Não deverá ser excedido um limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.



Na primeira campanha o maior valor foi registrado no ponto PM1 e o menor no PA1 e PA3. Durante a segunda campanha os valores de coliformes foram maiores, sendo que o valor mais elevado foi registrado no ponto PC.

De acordo com a Resolução CONAMA n°. 357/05 não deverá ser excedido um limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. O único ponto que apresentou valor acima do estipulado foi o PC durante a segunda campanha ( $>1,1 \times 10^7$ ), devido, provavelmente a proximidade deste ponto com a Estação de Tratamento de Esgoto existente naquela localidade.

As bactérias do grupo coliformes são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Os anexos 4.1.1.2.2.a, 4.1.1.2.2.b, 4.1.1.2.2.c e 4.1.1.2.2.d apresentam os Laudos Laboratoriais dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água referentes a primeira e segunda campanha amostral.

### 4.1.1.3 Qualidade dos Sedimentos Superficiais dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim na Área da Reserva Ecológica dos Manguezais

#### 4.1.1.3.1 Introdução

Os manguezais apresentam grande potencial para retenção e armazenamento de contaminantes antropogênicos. São áreas críticas, onde a biodiversidade e o valor

biológico dos recursos estão em risco, devido à proximidade com centros urbanos. O padrão de drenagem da bacia hidrográfica dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim propicia o transporte de contaminantes usados na agricultura e silvicultura, além de efluentes domésticos (esgoto) e os efluentes resultantes da lavagem do solo pelas águas das chuvas.

Em ambientes aquáticos, a distribuição de elementos e compostos químicos, contaminantes ou não, é controlada por processos químicos, físicos e biológicos que, em última análise, determinam sua concentração na coluna d' água, nos sólidos suspensos e nos sedimentos.

Em ambientes aquáticos, os íons metálicos e os metalóides podem estar distribuídos entre as fases solúveis em água, coloidal, material em suspensão e uma grande proporção dessas espécies são incorporados aos sedimentos de fundo (FILGUEIRAS et al., 2003 apud PEREIRA et al., 2007). Os sedimentos têm uma alta capacidade de reter espécies químicas orgânicas e inorgânicas e menos de 1% das substâncias que atingem um sistema aquático são dissolvidas em água e, conseqüentemente, mais de 99% são estocadas no compartimento sedimentar. Portanto, a análise química de sedimentos fornece uma eficiente ferramenta para o gerenciamento da qualidade hídrica. No entanto, a legislação brasileira, que regulamenta a qualidade desses recursos hídricos, não prevê tais procedimentos (Resolução CONAMA nº 357/05).

Os sedimentos têm sido reconhecidos, nos últimos anos, como um compartimento importante no estudo da qualidade de um corpo hídrico, já que os materiais que compõem a coluna sedimentar (argila, sílica, matéria orgânica), podem servir como fonte ou sumidouro de contaminantes (compostos orgânicos e metais) no meio aquático. A determinação da concentração de metais pesados em sedimentos estuarinos constitui um dado importante para o estabelecimento de critérios de qualidade e de controle da poluição em geral.

No Brasil não há legislação específica que regule a concentração de elementos traço (metais pesados) e outros contaminantes, em sedimentos. A Resolução CONAMA nº 344/04 estabelece as diretrizes gerais e procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado visando ao gerenciamento de sua disposição em águas jurisdicionais brasileiras, sendo assim usada como referência em trabalhos de avaliação da qualidade de sedimentos.

#### 4.1.1.3.2 Metodologia

Para a elaboração do diagnóstico ambiental dos sedimentos do leito dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim utilizou-se como base os valores de referência contidos na Resolução CONAMA nº. 344/04, para os metais pesados (Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni e Zn) e o Arsênio. Os demais elementos traço (Fe, Mn e Co) foram analisados devido a sua importância para o desenvolvimento de plantas e animais, visto que em elevadas concentrações, estes podem ser tóxicos para os organismos vivos.

Para efeito de classificação do material dragado, a CONAMA nº. 344/04 define critérios de qualidade, a partir de dois níveis:

- Nível 1: Limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota, e
- Nível 2: Limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota.

Para cada um dos elementos traço e pesticidas organoclorados analisados, e que constam na CONAMA nº. 344/04 há um valor de referência por nível. Neste trabalho foram usados os valores de referência estipulados para águas salinas e salobras, tendo em vista a característica estuarina da região estudada.

As campanhas de campo foram realizadas nos dias 26 de setembro de 2008 e 03 de abril de 2009, ambas na lua de quadratura. Devido à influência das marés na região,

as coletas foram realizadas entre a primeira baixamar e a segunda preamar, conforme consulta a Tábua de Maré do Terminal da Barra do Riacho, publicada pela DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN, 2008; 2009). As duas campanhas de campo foram escolhidas de forma a englobar a estação de seca e chuvosa.

Foram realizadas coletas de sedimentos em cinco (05) pontos: dois (02) no “alto estuário”, dois (02) no “baixo estuário” e um (01) próximo à ponte de Santa Cruz (Ver Figura 4.1.1.2.1.a).

A coleta dos sedimentos foi feita com uma draga busca-fundo (Figura 4.1.1.3.2.a). Em cada ponto foi coletada uma amostra de sedimento superficial (até +/- 20cm de profundidade) e o material coletado foi depositado em uma bandeja (Figura 4.1.1.3.2.b) de onde se retirava a quantidade necessária para a análise. Cada amostra era colocada em um saco plástico com identificação e depois acondicionada em uma caixa de isopor para manter a temperatura baixa até o momento da análise.



Figura 4.1.1.3.2.a – Coleta de sedimento com a draga busca-fundo. Fonte: Environlink/2009



Figura 4.1.1.3.2.b – Acondicionamento do sedimento coletado para análise química. Fonte: Environlink/2009

Após o término da saída de campo, as amostras foram levadas para a análise no Laboratório de Análises de Meio Ambiente (LAMA) da QUIMIPLAN, em Vila Velha. Os laudos técnicos referentes aos resultados das análises da primeira e segunda campanha compõem os Anexos 4.1.1.3.2.a e 4.1.1.3.2.b, respectivamente.

Para os sedimentos coletados no leito dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim foram feitas análises para detectar a presença ou ausência de 11 elementos traço: Arsênio (As), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Mercúrio (Hg), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe) Manganês (Mn) e Cobalto (Co). Também foram feitas análises para detectar pesticidas organoclorados e óleos e graxas.

A capacidade do sedimento em acumular compostos faz deste compartimento um dos mais importantes na avaliação do nível de contaminação de ecossistemas aquáticos continentais. Os compostos indicadores de contaminação ambiental encontrados no sedimento podem ser orgânicos, como inseticidas e herbicidas ou inorgânicos como os elementos traço (ESTEVES, 1988).

Informações relacionadas à concentração de elementos traço presentes em sedimentos coletados no leito dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim, fornecerão subsídios importantes para o gerenciamento adequado da zona costeira, sobretudo com relação às interpretações futuras dos resultados dos programas de monitoramento, de conservação e de proteção destes manguezais.

A seguir será feita uma descrição da caracterização química dos sedimentos dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim.



- Elementos Traço

O termo elemento traço tem sido usado para definir metais que normalmente estão presentes em baixas concentrações no ambiente. Alguns elementos traço são considerados essenciais do ponto de vista biológico, enquanto outros não o são. Entretanto, mesmo aqueles essenciais podem, sob condições específicas, causar impactos negativos a ecossistemas terrestres e aquáticos, constituindo-se assim, em contaminantes ou poluentes de solo e água.

Estes elementos podem estar presentes em águas superficiais e subsuperficiais em solos e sedimentos tanto em razão de processos naturais quanto devido a atividades antropogênicas. O intemperismo de rochas e a lixiviação de elementos no perfil do solo são processos naturais que contribuem para o aparecimento de elementos traço nas águas e sedimentos. As fontes antropogênicas estão associadas principalmente com as atividades de mineração (carvão e jazidas minerais) e industriais, além da geração de efluentes municipais (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001).

Cinzas de queima de carvão e descarte de produtos comerciais são as principais fontes de elementos traço em solos, enquanto que em ecossistemas aquáticos, as maiores fontes incluem os efluentes domésticos (especialmente para As, Cr, Cu, Mn e Ni), a queima de carvão para geração de energia (As e Hg), a fundição de metais não-ferrosos (Cd, Ni e Pb) a fabricação de ferro e aço (Cr e Zn), o descarte de lodo de esgoto (As, Mn e Pb) e a deposição atmosférica (Pb) (NRIAGU & PACYNA, 1988).

Alguns insumos agrícolas ou subprodutos usados com finalidade corretiva ou nutricional na agricultura representam também uma possível fonte de contaminação com elementos traço. Embora menos importantes do ponto de vista quantitativo,



esses insumos (fertilizantes, calcários, esterco e lodos de esgoto) podem se constituir em importantes fontes não pontuais de poluição de solos e águas. Devido à característica agrícola da região no entorno da Reserva dos Manguezais e da forte silvicultura do eucalipto para a produção de celulose, é provável que os sedimentos do leito destes rios apresentem concentrações elevadas de determinados elementos traço.

O conhecimento dos teores de elementos traço em sedimentos estuarinos são imprescindíveis para a implantação de ações de gerenciamento ambiental, uma vez que os estuários são *habitats* naturais de diversas espécies de interesse econômico e que servem de alimento principalmente para a população local. Além disso, estes ecossistemas têm um forte apelo para o turismo e lazer, o que torna primordial a sua preservação. Dentre os animais que habitam os manguezais, as ostras são extensamente utilizadas para monitorar ambientes marinhos e estuarinos devido a sua capacidade de concentrar poluentes em várias ordens de magnitude acima dos níveis ambientais do entorno.

A maior parte dos poluentes, tais como os esgotos, nutrientes, compostos orgânicos sintéticos, plásticos, metais e outros micropoluentes orgânicos, chegam ao estuário pelas respectivas bacias de drenagem ou pela deposição atmosférica. Estes contaminantes, particularmente aqueles não degradáveis como os metais pesados, representam problemas particulares para o meio ambiente marinho, visto que apresentam ao mesmo tempo toxicidade, persistência e bioacumulação na cadeia alimentar.

Tendo em vista que os sedimentos constituem importantes compartimentos de acúmulo ou liberação de elementos traço para os sistemas aquáticos, os estudos das concentrações destes elementos armazenados nos sedimentos do leito de rios tornam-se relevantes na avaliação da poluição e contaminação dos recursos hídricos. Os metais armazenados nos sedimentos podem retornar para a coluna

d'água devido a alterações físico-químicas (salinidade, temperatura, pH, alcalinidade e potencial redox) ou mesmo através de atividades biológicas e microbiológicas. Tais características devem ser consideradas nos programas de biomonitoramento nos estuários.

A disponibilidade dos metais tende a aumentar com a diminuição da salinidade e a disponibilidade destes para a biota marinha, depende da sua forma química. Alguns metais pesados, como o cobre e o cádmio, estão disponíveis para absorção pelos organismos quando presentes como íons livres em solução.

#### 4.1.1.3.3 Resultados e Discussão

Os resultados das análises químicas de todos os elementos químicos analisados podem ser vistos na Tabela 4.1.1.3.3.

**Tabela 4.1.1.3.3 – Resultados das análises químicas dos sedimentos do leito dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim**

Elementos Traço (mg/Kg)	CONAMA n°. 344/04 Água Salobra		1° Campanha (Seca)					2° Campanha (Chuvosa)				
	Nível 1	Nível 2	Alto estuário (PM)	Baixo estuário (PM)	Ponte	Baixo estuário (PA)	Alto estuário (PA)	Alto estuário (PM)	Baixo estuário (PM)	Ponte	Baixo estuário (PA)	Alto estuário (PA)
Arsênio (As)	8,2	70	3,945	30,910	8,125	7,386	14,899	15,34	38,62	20,88	27,64	7,824
Cádmio (Cd)	1,2	9,6	n.d.	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,353	1,629	0,720	1,337	2,445
Chumbo (Pb)	46,7	218	4,931	11,970	3,568	5,990	8,145	11,50	13,26	8,641	16,50	7,335
Mercúrio (Hg)	0,15	0,71	0,076	0,162	0,04	0,121	0,039	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cromo (Cr)	81	370	93,69	244,12	127,03	102,20	147,79	53,0	57,93	25,44	64,87	63,33
Níquel (Ni)	20,9	51,6	6,903	21,140	9,909	14,770	18,870	13,31	12,33	5,761	23,18	11,0
Cobre (Cu)	34	270	n.d.	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	4,511	5,351	3,600	8,694	0,978
Zinco (Zn)	150	410	111,05	143,80	83,83	93,01	162,10	160,80	172,87	141,62	158,27	208,07
Ferro (Fe)	n.c.	n.c.	19.644,97	93.129,24	21.333,73	34.660,68	39.411,99	43.640,1	60.202,42	29.464,71	49.565,31	92.970,7
Manganês (Mn)	n.c.	n.c.	54,04	456,72	222,35	192,02	100,72	115,25	285,71	214,11	210,43	263,33
Cobalto (Co)	n.c.	n.c.	3,353	6,183	2,573	4,391	7,350	6,540	5,817	2,640	6,242	8,557

Legenda: PM – Piraquê-mirim; PA – Piraquê-açu.  
n.c. – não consta.  
n.d. – não detectado.

A seguir será feita uma breve descrição dos elementos traço analisados e os resultados obtidos com as análises químicas.

- **Arsênio (As)**

O arsênio é um semi-metal que raramente ocorre na forma livre e geralmente encontra-se ligado ao enxofre, oxigênio e ferro. Comercialmente, é obtido como subproduto do tratamento dos minérios de cobre, chumbo, cobalto, manganês e ouro. Compostos inorgânicos de arsênio foram amplamente usados na agricultura no passado, como praguicidas e herbicidas. Fertilizantes fabricados com rochas fosfáticas podem conter arsênio como contaminante (CAPITANI et al., 2002).

As fontes antropogênicas, procedentes de algumas aplicações industriais, da indústria metalúrgica, dos combustíveis fósseis, dos conservantes, e dos pesticidas, herbicidas, inseticidas e desfolhantes contendo arsênio, são considerados os maiores responsáveis por danos ambientais, à contaminação do ar, água e solo.

As concentrações de arsênio encontradas nos pontos amostrados durante a 1ª campanha (seca) estiveram bem abaixo do Nível 2, no entanto, os pontos situados no baixo estuário do rio Piraquê-mirim e no alto estuário do rio Piraquê-açu, apresentaram concentrações acima do Nível 1. Na 2ª campanha todos os pontos apresentaram valores acima do Nível 1, exceto o localizado no alto estuário do rio Piraquê-açu.

- **Cádmio (Cd)**

É um elemento relativamente raro e não é encontrado na natureza em estado puro, estando associado principalmente a sulfetos em minérios de zinco, chumbo e cobre. Como fontes naturais de cádmio temos as rochas sedimentares e rochas fosfáticas

de origem marítima, atividade vulcânica e incêndios em florestas. As condições climáticas e a erosão dessas rochas resultam em transporte através dos rios até os oceanos, sendo este o maior fluxo global do cádmio.

As fontes antropogênicas de cádmio podem ser divididas em duas categorias: a primeira é relativa às atividades envolvendo mineração, produção, consumo e disposição de produtos que utilizam cádmio; e a segunda consiste de fontes na qual o cádmio é um constituinte natural do material que está sendo processado ou consumido (emissão de indústrias de ferro e aço, combustíveis fósseis, cimento e fertilizantes).

O lixo urbano contém cádmio, proveniente de várias fontes, que contaminam o composto orgânico, que é produto da reciclagem da parte orgânica do lixo e o chorume, líquido gerado no lixo e que é lançado em corpos receptores (rios) ou penetra no solo alcançando águas subterrâneas (TEVES, 2001 apud CARDOSO & CHASIN, 2001).

O cádmio é captado e retido por plantas aquáticas e terrestres e se concentra no fígado e rins dos animais que se alimentam dessas plantas. Ele é bioacumulado por fitoplâncton e conseqüentemente por organismos marinhos (moluscos, crustáceos e peixes). Os peixes bioconcentram metais devido à habilidade que apresentam de captar metais pesados e acumulá-los principalmente nas guelras e paredes intestinais (CARDOSO & CHASIN, 2001).

Na amostra de sedimento do alto estuário do rio Piraquê-mirim não foi detectada presença de cádmio e nos demais pontos, as concentrações estiveram abaixo de 0,05 mg/Kg. Segundo a CONAMA nº. 344/04, para o Nível 1 a concentração deve ser de até 1,2 mg/Kg e para o Nível 2, até 9,6 mg/Kg. Com base nestes resultados, pode-se dizer que durante a 1ª campanha, as concentrações de cádmio estiveram bem abaixo dos limites de referência.

Durante a estação chuvosa todos os pontos apresentaram concentrações acima do Nível 1, exceto o ponto central (Ponte). Entretanto, todos os pontos estiveram abaixo do Nível 2.

- Chumbo (Pb)

O chumbo é depositado nos lagos, rios e oceanos, proveniente da atmosfera ou do escoamento superficial do solo, oriundo de fontes naturais ou antropogênicas. O metal que alcança a superfície das águas é adsorvido aos sólidos suspensos e sedimentos (PAOLIELLO & CHASIN, 2001).

As principais fontes antropogênicas de chumbo são as operações de produção e processamento do metal, além das indústrias de ferro e aço. Em ambientes aquáticos o chumbo pode ser encontrado devido ao escoamento superficial urbano (drenagem pluvial) e a deposição atmosférica.

Depois de depositado na água, o chumbo se divide rapidamente entre o sedimento e a fase aquosa, dependendo do pH da água, dos sais nela dissolvidos e da presença de agentes complexantes orgânicos. De uma maneira geral, o chumbo apresenta baixa solubilidade e é persistente no meio ambiente.

Nos peixes, o chumbo se acumula principalmente nas brânquias, fígado, rins e ossos. Em crustáceos, as maiores concentrações são encontradas nas carapaças ricas em cálcio, quando comparado com os tecidos moles. Moluscos apresentam os níveis mais altos nas conchas.

Durante a primeira campanha, as concentrações de chumbo encontradas nos sedimentos dos cinco pontos amostrados estiveram abaixo dos níveis 1 e 2. O mesmo padrão foi observado na segunda amostragem.

- Mercúrio (Hg)

Na natureza, o mercúrio é encontrado em todos os tipos de rochas, sendo mais freqüente em calcário, arenito, serpentina, andesita, basalto e riolita. Também é encontrado em combustíveis fósseis, tais como: carvão, petróleo bruto, betume, hidrocarbonetos sólidos, e em asfalto (JONASSON & BOYLE, 1979 apud NASCIMENTO & CHASIN, 2001).

As fontes antropogênicas de mercúrio estão relacionadas a diversos processos de produção industrial, produtos processados e mineração (principalmente ouro). Emissões resultantes da queima de carvão, óleo e gases naturais, na produção de cimento, no tratamento de minérios de enxofre, na incineração do lixo e na disposição de rejeitos de processos metalúrgicos, também contribuem para a entrada de mercúrio no meio ambiente (NASCIMENTO & CHASIN, 2001).

Produtos industriais e domésticos, tais como termômetros, baterias, dentre outros, são parte significativa das emissões de mercúrio no ambiente, tornando-se parte do lixo sólido da maioria das cidades. Em efluentes, o mercúrio é concentrado nos dejetos, a partir do tratamento do esgoto. O lodo de esgoto urbano possui normalmente uma quantidade baixa de metais pesados, mas, quando esgotos industriais e águas de chuva entram no sistema de captação de esgoto urbano, este pode ter sua concentração de metais aumentada significativamente (NASCIMENTO & CHASIN, 2001).

O mercúrio e seus compostos lançados nas águas são convertidos por bactérias, em metilmercúrio, que se acumula mais eficientemente do que o mercúrio inorgânico na maioria dos organismos aquáticos. Quando absorvido por moluscos e pequenos peixes, o metilmercúrio é transferido para os níveis tróficos superiores. Depois de absorvido, o metilmercúrio é difícil de ser eliminado, permitindo que ocorra a bioacumulação (acumulação de um dado material por um organismo vivo), pois um



predador ingere várias presas e com isso todo o mercúrio nelas existentes. Quanto mais alto na cadeia trófica estiver um predador, maior a quantidade de mercúrio acumulada e maior será a bioacumulação.

A persistência do metilmercúrio nos peixes é relativamente alta porque ele é metabolizado muito lentamente, sendo que a meia-vida do metilmercúrio em peixes ocorre em função da espécie, variando geralmente de um a três anos. Este composto é rapidamente acumulado pela biota aquática e apresenta as concentrações mais elevadas nos tecidos de peixes do topo da cadeia alimentar trófica. Por isso, mesmo que os compostos de mercúrio sejam diluídos quando lançados para o ambiente, estes são posteriormente concentrados pela cadeia alimentar.

A distribuição do mercúrio é fortemente correlacionável com o conteúdo de carbono orgânico, argila, ferro, fósforo e enxofre dos sedimentos. Os complexos solúveis de mercúrio são adsorvidos pelo material particulado orgânico e inorgânico e removidos pela sedimentação, em recursos hídricos aeróbicos.

Os sedimentos de rios, lagos e do mar, poluídos com mercúrio, são perigosos porque o mercúrio confinado pode permanecer ativo por cerca de 100 anos, mesmo quando a fonte de poluição é eliminada.

Durante a 1ª Campanha, as concentrações de mercúrio encontradas nos sedimentos estiveram abaixo do Nível 2 em todos os cinco pontos analisados, sendo que somente no ponto localizado no baixo estuário do rio Piraquê-mirim, a concentração de mercúrio esteve acima do Nível 1, atingindo 0,162 mg/Kg. Durante a 2ª Campanha todos os pontos apresentaram concentrações menores que 0,05 mg/Kg, portanto abaixo do Nível 1.

- Cromo (Cr)

O cromo é emitido no ar não somente por processos industriais, mas também por processos de combustão, incluindo as queimas de florestas (fonte natural de contaminação ambiental). As principais atividades humanas na qual o cromo e seus compostos são liberadas para o meio ambiente, são: emissões decorrentes na fabricação do cimento, construção civil (resíduos provenientes do cimento), manufatura de aço e ligas, lâmpadas, lixo urbano e industrial, incineração de lixo, cinzas de carvão, fertilizantes, dentre outros (SILVA & PEDROZO, 2001).

A utilização de resíduos sólidos, como o lixo doméstico e aqueles procedentes da agricultura em processos de compostagem, geram fontes riquíssimas de elementos metálicos, sendo o lixiviado oriundo destes processos, rico em metais (GROSSI, 1993 apud SILVA & PEDROZO, 2001).

A maior parte do cromo liberado na água deposita-se nos sedimentos, podendo uma pequena porcentagem estar presente na água nas formas solúvel e insolúvel. A maioria do cromo em água superficial pode estar na forma de material particulado, ou depositado no sedimento. Algumas partículas podem permanecer como matéria suspensa e posteriormente serem depositadas nos sedimentos.

Concentrações mais elevadas de cromo foram observadas no estuário do rio Paraíba do Sul (SP/RJ) do que na porção fluvial, estando este aumento provavelmente relacionado à associação do metal à matéria orgânica dissolvida (MOLISANI et al., 1999 apud SILVA & PEDROZO, 2001).

Com relação à bioacumulação, a maioria dos microrganismos (protozoários, fungos, algas e bactérias) é capaz de absorver cromo. O cromo está presente em todas as plantas, mas não há evidências científicas de que este seja essencial para as mesmas. Diversos fatores afetam a disponibilidade do cromo para as plantas,

incluindo o pH do solo, interação com outros minerais ou compostos orgânicos complexados e concentrações de oxigênio e gás carbônico (WHO, 1988 apud SILVA & PEDROZO, 2001).

O cromo-VI (forma mais tóxica) é acumulado pelas espécies aquáticas por difusão passiva e fatores ecológicos (ambiente biótico e de vida) estão envolvidos neste processo.

Durante a primeira campanha, as concentrações de cromo estiveram abaixo do Nível 2 em todos os cinco pontos analisados, no entanto, todos os pontos apresentaram concentrações acima do Nível 1. O maior valor foi registrado no baixo estuário do Piraquê-mirim (244,12 mg/Kg). Durante a segunda campanha as concentrações ficaram abaixo do Nível 1.

- Níquel (Ni)

As principais fontes da contaminação ambiental são as indústrias que o usam para produção de diversos materiais, combustão do petróleo, carvão e incineração de lixo. O níquel é encontrado em efluentes líquidos industriais, principalmente em refinarias de petróleo, siderúrgicas e fábricas de fertilizantes e de celulose (ONOFRE et al., 2007).

Na estação seca, todos os pontos apresentaram valores abaixo do Nível 1, exceto o baixo estuário do Piraquê-mirim, que apresentou concentração um pouco acima deste (21,14 mg/Kg). Na estação chuvosa as concentrações também se mantiveram baixas, com exceção do baixo estuário do Piraquê-açu, que apresentou concentração acima do Nível 1, atingindo 23,18 mg/Kg.

- Cobre (Cu)

O cobre e seus compostos estão presentes naturalmente na crosta terrestre. Este metal é um elemento essencial para toda a biota e é necessário para o crescimento ótimo de animais e plantas. A erosão e lixiviação liberam quantidades significativas do metal, na forma de poeiras, para o ar atmosférico, solo e águas superficiais.

O cobre possui uma ampla aplicação, a saber: ligas, fios e condutores, galvanoplastia, tintas antiincrustantes, baterias, inseticidas, fungicidas, algicidas e desinfetantes, dentre outros. Podemos citar, por exemplo, o uso do sulfato de cobre para inibir o crescimento de algas em reservatórios, o óxido de cobre como catalisador e corante de cerâmicas e o cloreto de cobre como desinfetante, na preservação de madeiras e purificação da água.

As fontes antropogênicas incluem a emissão pelas atividades de mineração e fundição, pela queima de carvão como fonte de energia e pelos incineradores de resíduos municipais. Outras fontes de menor relevância incluem seu uso como agente antiaderente em pinturas, na agricultura (fertilizante, algicida, suplemento alimentar) e excretas de animais e humanos (esgotos), (WHO, 1998 apud PEDROZO & LIMA, 2001).

O cobre pode, ainda, ser lixiviado dos locais de disposição de resíduos, para o ambiente aquático, causando aumento da sua concentração no ambiente. Como o cobre e seus compostos estão presentes na crosta terrestre, a liberação de fontes naturais para o ar e água é significativa. Deve-se, assim, considerar os valores de referência (normalmente encontrados) e distingui-los dos níveis elevados que podem ser resultantes de atividades antropogênicas (PEDROZO & LIMA, 2001).

A maior parte do cobre liberado para cursos d'água encontra-se como material particulado, o qual é precipitado ou adsorvido a matéria orgânica encontrada em

sedimentos. A descarga de efluentes domésticos não tratados é uma fonte importante de cobre para o ambiente aquático, pois este elemento possui uma grande afinidade à matéria orgânica.

O cobre é um elemento importante para crustáceos e moluscos, pois a hemocianina, pigmento presente na maioria destes animais, contém cobre como seu principal carreador de oxigênio. Estudos realizados com o camarão sete barbas – *Xiphopenaeus kroyeri* – no litoral NE de São Paulo mostraram elevadas concentrações deste metal, fato que deve estar relacionado a capacidade deste elemento de se ligar a hemocianina presente em grandes quantidades nas brânquias. Deve-se considerar que estes crustáceos ocupam a o nível mais elevado da cadeia trófica dos omnívoros, com conseqüente poder de bioacumulação.

Estudos realizados com variadas espécies de invertebrados aquáticos para avaliar a bioacumulação dos metais, mostraram que a concentração de cobre nesses organismos está relacionada à sua concentração nos sedimentos e na água. Em geral, a concentração do metal no animal é sempre maior do que na água, mas inferior à sua concentração no sedimento (PEDROZO & LIMA, 2001).

Em peixes, as guelras, fígado e músculos são os principais órgãos de acumulação de cobre e elevadas concentrações deste elemento podem causar mortalidade de espécies que estejam em contato direto com este elemento.

Na amostra de sedimento do alto estuário do Piraquê-mirim, na estação seca, não foi detectada presença de Cu e nas demais amostras, as concentrações estiveram abaixo de 0,05 mg/Kg. Segundo a CONAMA nº. 344/04, para o Nível 1 a concentração deve ser de até 34 mg/Kg e para o Nível 2, até 270 mg/Kg. Com base nestes resultados, pode-se dizer que para o período analisado e condições meteorológicas, as concentrações de Cu na Reserva dos Manguezais é baixa.

Na estação chuvosa os valores registrados foram maiores que na estação seca, entretanto, mantiveram-se abaixo do Nível 1.

- Zinco (Zn)

A maior parte dos efeitos tóxicos do zinco relaciona-se à sua combinação com outros metais e contaminação durante os processos de extração de zinco. As cinzas do metal nunca são completamente puras, podendo estar misturadas a outros metais como cádmio e mercúrio (ONOFRE et al., 2007).

Durante a primeira campanha os valores de zinco mantiveram-se abaixo do Nível 1, com exceção do alto estuário do Piraquê-açu, que apresentou concentração acima deste nível, atingindo 162,10 mg/Kg. Durante a segunda amostragem as concentrações ficaram acima do Nível 1, exceto o ponto central (Ponte), que ficou abaixo deste. O maior valor foi registrado no alto estuário do rio Piraquê-açu (208,07mg/Kg).

- Ferro (Fe)

O ferro é o elemento mais abundante na crosta terrestre depois do oxigênio, silício e alumínio. Depósitos de minério de ferro foram formados por diferentes processos ao longo do tempo, tais como: desgaste de rochas pela ação de agentes atmosféricos, sedimentação, processos hidrotérmicos e químicos.

As fontes naturais de contaminação por ferro, são: desgaste natural das rochas contendo minérios de ferro, meteoritos, e escoamento superficial do metal. Entre as fontes antropogênicas de origem industrial estão as emissões pelas atividades de mineração, fundição, soldagem, polimento de metais e o uso do composto de ferro

como agente antidetonante da gasolina (ILO, 1997 apud LIMA & PEDROZO, 2001). Efluentes de esgotos domésticos e indústrias, escoamento superficial urbano e o uso de fertilizantes na agricultura também são fonte de contaminação para o ambiente aquático.

A utilização de resíduos sólidos, como o lixo doméstico, e aqueles procedentes da agricultura em processos de compostagem são fontes riquíssimas de elementos metálicos, sendo o lixiviado oriundo desses processos ricos em metais (GROSSI, 1993 apud LIMA & PEDROZO, 2001). O aumento da atividade industrial, o uso excessivo de fertilizantes, a aplicação de lodo de esgoto e a disposição de resíduos sólidos sobre superfícies, geralmente geram escoamento superficial contaminado e que pode ter como destino final os corpos d'água.

O baixo estuário do Piraquê-mirim apresentou a maior concentração deste elemento na estação seca (93.129,24 mg/Kg), e o alto estuário do Piraquê-mirim a menor (19.644,97 mg/Kg). Na estação chuvosa o maior valor foi registrado no alto estuário do Piraquê-açu (92.970,7 mg/Kg) e o menor no ponto central (Ponte), alcançando 29.464,71 mg/Kg.

- Manganês (Mn)

O manganês pode ser acumulado no sedimento de um rio e, também, ser liberado para a coluna de água, dependendo das características físicas e químicas da água na interface água-sedimento, além da hidrodinâmica. O manganês é um elemento-traço e, portanto, necessário ao ser humano apenas em baixas concentrações. Elevadas concentrações de manganês podem ser danosas não apenas ao ser humano, mas a todo o ecossistema, conhecido o efeito cumulativo deste metal (CUNHA et al., 2007).



O manganês é um elemento amplamente distribuído na crosta terrestre, água e atmosfera, na forma particulada. A erosão do solo é uma das principais fontes naturais deste elemento. Aerossóis, fertilizantes e praguicidas são possíveis fontes de contaminação antrópica do solo que se somam à carga de manganês naturalmente presente nas águas doces (BARCELOUX, 1999 apud MARTINS & LIMA, 2001).

Na primeira amostragem registrou-se o maior valor de manganês no baixo estuário do Piraquê-mirim (456,72 mg/Kg) e o menor, no alto estuário do Piraquê-mirim (54,04 mg/Kg). Na segunda amostragem o mesmo padrão foi observado, com o maior valor sendo registrado no baixo estuário do Piraquê-mirim (285,71 mg/Kg) e o menor no alto estuário do mesmo rio (115,25 mg/Kg).

- Cobalto (Co)

O cobalto é um elemento essencial para o desenvolvimento de plantas e animais, quando em pequenas quantidades. O cobalto está presente em algumas enzimas, sendo um importante constituinte dos solos férteis e é o componente central da vitamina B<sub>12</sub>. Assim como em outros metais que são essenciais aos organismos vivos, concentrações altas de cobalto se tornam prejudiciais.

O cobalto é principalmente usado na produção de ligas magnéticas. Outros usos estão relacionados à fabricação de peças de precisão, secantes para pinturas, ligas especiais para a odontologia e medicina e como matéria-prima na indústria de cerâmica. A resolução CONAMA n°. 344/04 não faz referência ao cobalto, por este não ser considerado um metal pesado.

Na primeira campanha, o alto estuário do Piraquê-açu registrou o maior valor de cobalto (7,35 mg/Kg). Na segunda campanha o maior valor também foi registrado no

alto estuário do rio Piraquê-açu, atingindo 8,557 mg/Kg. O menor valor foi registrado no ponto central (Ponte), assim como na primeira campanha.

- **Pesticidas Organoclorados**

Devido à baixa solubilidade em água, os pesticidas organoclorados se associam aos sedimentos, plantas, peixes, plânctons, entre outros, e tendem a acumular nos tecidos graxos da maioria dos animais. De uma maneira em geral, a poluição por compostos organoclorados no ambiente, deve-se a descargas de efluentes não tratados, derramamentos acidentais ou intencionais e fontes não pontuais de contaminação, como drenagem urbana e agrícola, o que acarreta o comprometimento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas e dos solos.

As substâncias húmicas presentes no manguezal tendem a interagir com metais e compostos orgânicos presentes no ambiente, tanto nutrientes, como tóxicos. Deste modo, elas podem não somente interferir no comportamento e destino destes compostos, como tendem a controlar a disponibilidade dos mesmos para as plantas.

Em solos tropicais, tais como os manguezais, a atividade microbiana é mais intensa devido à umidade e ao calor destes ecossistemas, e essa atividade, aliada a valores baixos de pH, confere às substâncias húmicas uma maior capacidade de interação com os íons metálicos e pesticidas.

Durante a primeira e segunda campanha todos os pontos apresentaram concentrações de pesticidas menores que 0,1 µg/Kg, portanto abaixo do Nível 1 da Resolução CONAMA nº 344/04. Os laudos técnicos com os resultados das análises para a primeira e segunda campanha compõem os Anexos 4.1.1.3.3.a e 4.1.1.3.3.b, respectivamente.

#### 4.1.1.4 Produtividade

Os ecossistemas estuarinos são considerados ambientes de grande produtividade, pois são favorecidos pelos nutrientes carreados pelos rios e pela influência periódica tanto de água doce quanto de água salgada (MELO MAGALHÃES et al., 1996). Desse modo, esses ambientes se tornam favoráveis para que ocorra um rápido crescimento de algas, que constituem a base da cadeia alimentar que mantém os estoques comerciais de peixes e mariscos (PRIMACK & RODRIGUES, 2002).

O fitoplâncton, constituído por algas microscópicas é fonte primária de alimento para os animais que vivem na coluna d'água e no sedimento, sendo o grupo principal de produtores primários marinhos. A maioria destes organismos é dotada de clorofila *a* e outros pigmentos acessórios, sendo fotoautotróficos, constituindo-se numa fonte primária de alimento para os animais da coluna d'água e dos sedimentos. Os pigmentos clorofilianos estão diretamente relacionados com a biomassa do fitoplâncton, sua produtividade, bem como com seu estado fisiológico. A clorofila *a* está diretamente ligada à produtividade, pois através de processos bioquímicos reduz o gás carbônico a carbono orgânico. Além disso, serve como base de sustentação das cadeias tróficas.

A produção primária é fundamental para a sustentação de todas as formas de vida na natureza, assim como para a estruturação de todos os ecossistemas, pois através desse processo viabilizam-se fluxos de energia entre o mundo abiótico e os organismos vivos (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002). A produção primária em ambientes aquáticos é resultado da fotossíntese ou da quimiossíntese realizada pelos organismos constituintes do fitoplâncton.

Segundo Kennish (1990), mudanças na composição e biomassa do fitoplâncton podem alterar direta ou indiretamente todos os organismos da cadeia trófica em ambientes estuarinos. Tais mudanças podem estar relacionadas a causas naturais

ou antrópicas. Fatores como temperatura, material em suspensão, variação do ciclo da maré e salinidade são alguns exemplos de variáveis ambientais que podem modelar a estrutura da comunidade fitoplanctônica (KENNISH, 1986).

Como efeitos antrópicos pode-se citar o aumento na concentração de nutrientes devido a um acréscimo na descarga de efluentes domésticos (esgotos) e poluição causada pela agricultura e no caso da região em estudo, pela silvicultura do eucalipto para a produção de papel. O *input* de nutrientes nestes corpos d'água pode favorecer a seleção de algumas espécies da comunidade fitoplanctônica, com reflexos sobre a produtividade do sistema.

Segundo Hino & Tundisi (1977), qualquer alteração no ambiente aquático resultaria em uma mudança na estrutura da comunidade fitoplanctônica. Portanto, a sua composição é um dos aspectos importantes a serem estudados, uma vez que o fitoplâncton tem sido utilizado como indicador da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos.

A poluição causada pelo lançamento de efluentes domésticos (esgoto) não tratados no ambiente estuarino, pode ocasionar mudanças na estrutura da comunidade fitoplanctônica. A eutrofização, resultado do aumento da concentração de nutrientes (principalmente nitratos e fosfatos) presentes no esgoto doméstico, fertilizantes agrícolas, detergentes e processos industriais, pode causar uma queda na diversidade local.

A diversidade biológica reflete a estrutura de um ecossistema e pode funcionar como uma importante ferramenta para o seu manejo, onde a identificação precisa dos organismos desempenha papel fundamental. Uma das características mais importantes da comunidade fitoplanctônica é pertencer ao primeiro nível da cadeia alimentar, constituindo-se por isso, num dos elos responsáveis pela composição e estrutura desta. Dentre os inúmeros fatores que influenciam a variação na

composição da comunidade fitoplanctônica, a disponibilidade de nutrientes dissolvidos, a radiação e a salinidade, são os principais.

Os processos de decomposição tornam a matéria orgânica produzida nos manguezais disponível aos organismos consumidores. A matéria orgânica originada dos detritos (folhas, principalmente) é muito importante para os manguezais e áreas costeiras vizinhas, sendo que muitas vezes tem significado maior do que o das algas, fitoplâncton e fitobentos.

A cadeia alimentar de um manguezal tem início com os produtores primários (plantas de mangue) que sintetizam a matéria orgânica a partir da energia solar. Este material serve de alimento para os herbívoros e onívoros (crustáceos, moluscos e peixes), que transferem energia para os carnívoros (peixes, aves e mamíferos) de vários níveis tróficos.

As partes externas dos manguezais (em contato direto com a água e variações na maré) tendem a exportar material particulado. Este material pode ser utilizado diretamente pelos organismos, ou ser transformado em agregados orgânicos devido a processos físicos, tais como floculação e coagulação. O material floculado precipita, convertendo-se em fonte de alimento para peixes e camarões que são importante recurso pesqueiro para os pescadores comerciais e artesanais. Por isso, deve-se realizar uma boa avaliação do sedimento existente no leito dos rios, no que diz respeito à contaminação por metais pesados, pesticidas organoclorados e óleos e graxas.

Os ambientes estuarinos do Espírito Santo ainda são pouco estudados, no entanto, monografias, dissertações e teses têm sido desenvolvidas, principalmente na região da Baía de Vitória e complexo estuarino dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim.

Estudo realizado no complexo estuarino dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim por Cruz (2004) evidenciou que a densidade fitoplanctônica da região é equivalente a

encontrada em outros ambientes estuarinos, sendo que as densidades do rio Piraquê-mirim foram superiores às do Piraquê-açu.

Os representantes da comunidade fitoplanctônica são responsáveis, dentro do ecossistema aquático dulcícola, pela produção primária, um dos principais processos ecológicos na manutenção da sustentabilidade do ambiente. Portanto, a baixa diversidade deste grupo de organismos sugere um comprometimento do sistema (ALELUIA et al., 2007). Segundo Cruz (2004), os índices de diversidade específica do Piraquê-açu e Piraquê-mirim estiveram dentro da faixa normalmente encontrada em estuários, e alguns valores estiveram dentro do observado para a região oceânica ou para comunidades costeiras em etapas mais avançadas de sucessão, especialmente os encontrados no Rio Piraquê-mirim.

Cunha (2004) também realizou estudo com a comunidade fitoplanctônica no estuário dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim e obteve resultados expressivos. A flora numericamente significativa do Rio Piraquê-mirim foi composta por 58 taxa, distribuídos da seguinte maneira: 32 taxa pertencentes à Classe Bacillariophyceae, 1 à Classe Dinophyceae, 2 à Classe Cyanophyceae, 7 à Classe Chlorophyceae e 16 fitoflagelados ainda não identificados.

O Rio Piraquê-açu apresentou uma flora numericamente representativa composta por 65 taxa, distribuídos da seguinte maneira: 34 taxa pertencentes à Classe Bacillariophyceae, 3 à Classe Dinophyceae, 1 à Classe Cyanophyceae, 10 à Classe Chlorophyceae, 1 à Classe Zygnemaphyceae e 16 fitoflagelados ainda não identificados (CUNHA, 2004).

Considerando os dois rios, a composição foi de 42 taxa pertencentes à Classe Bacillariophyceae, 5 à Classe Dinophyceae, 7 à Classe Cyanophyceae, 12 à Classe

Chlorophyceae, 1 à Classe Dytiochophyceae e 14 fitoflagelados ainda não identificados, totalizando 81 taxa (CUNHA, 2004).

## 4.1.2 Oceanografia

### 4.1.2.1 Marés

As marés no litoral do Espírito Santo são classificadas como micromarés semi-diurnas, com duas preamares e duas baixamars por dia, com ligeiras desigualdades diurnas entre duas preamares e duas baixamars sucessivas. As amplitudes máximas das marés ocorrem durante as luas, cheia e nova, sendo conhecidas como marés de sizígia. Em contrapartida, as menores amplitudes de maré ocorrem nas luas, crescente e minguante, chamadas de marés de quadratura.

As alturas médias e variações das marés previstas para a costa sudeste do Brasil, conforme a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) pode ser observada na Tabela 4.1.2.1.

**Tabela 4.1.2.1 – Alturas médias e variações de marés previstas para a costa sudeste do Brasil**

Descrição	Nível (metros)
Nível médio da maré	1,5
Maré astronômica máxima	1,3
Nível médio do mar	0,5
Maré alta média	0,9
Maré baixa média	0,2
Nível mínimo de maré	-0,4
Maré astronômica mínima	-0,2
Extensão de variação máxima	1,9
Extensão de variação média	0,7

Fonte: DHN



Para possibilitar a visualização da variação das alturas de maré (máxima e mínima), optou-se por utilizar a medição da maré para um período de 30 dias em quatro meses distintos do ano, cada um representando uma estação do ano.

A seguir são apresentados gráficos sazonais referentes às variações de amplitude de maré máxima e mínima relativos ao Porto de Vitória, elaborados a partir dos valores de previsão fornecidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN, 2008), para os meses de fevereiro (Figura 4.1.2.1.a), maio (Figura 4.1.2.1.b), agosto (Figura 4.1.2.1.c) e novembro (Figura 4.1.2.1.d) de 2008.

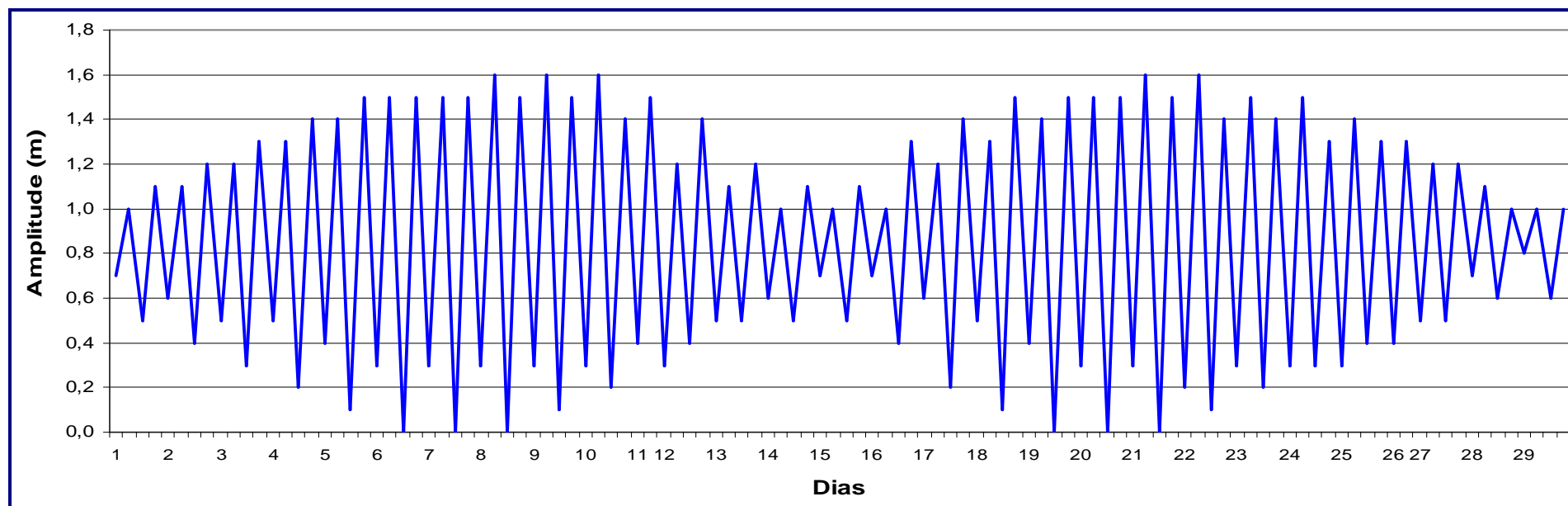


Figura 4.1.2.1.a – Variação da amplitude de maré para o porto de Vitória, relativo ao mês de fevereiro de 2008

Fonte: DHN (2008).

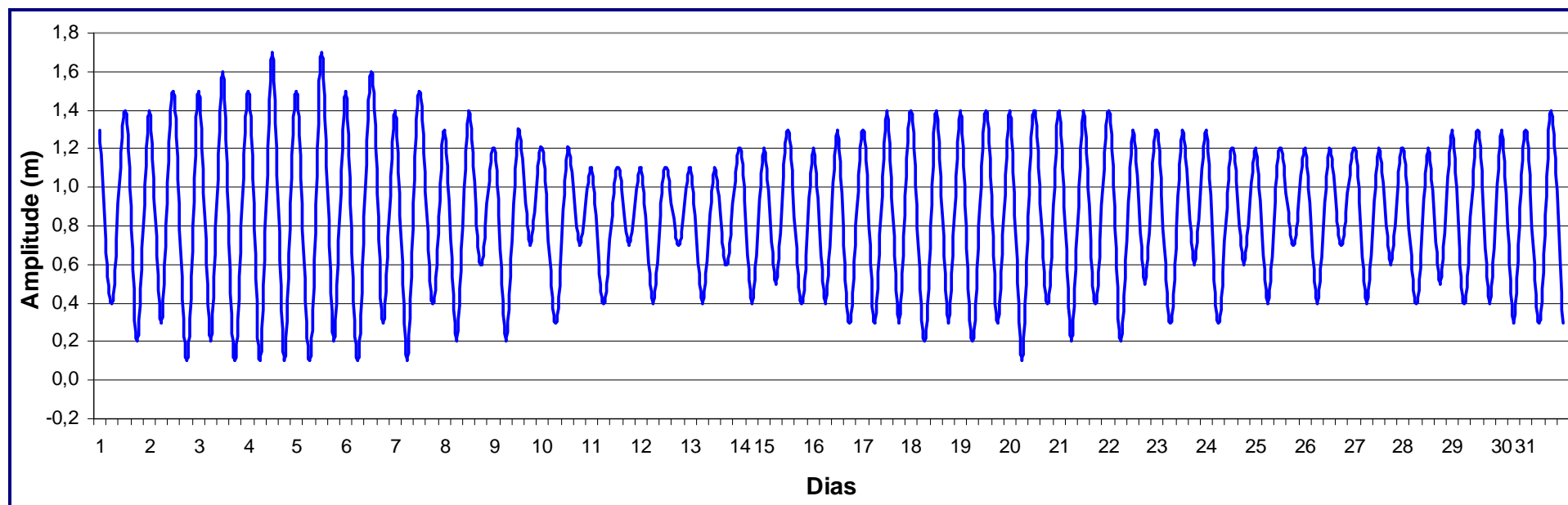


Figura 4.1.2.1.b – Variação da amplitude de maré para o porto de Vitória, relativo ao mês de maio de 2008

Fonte: DHN (2008).

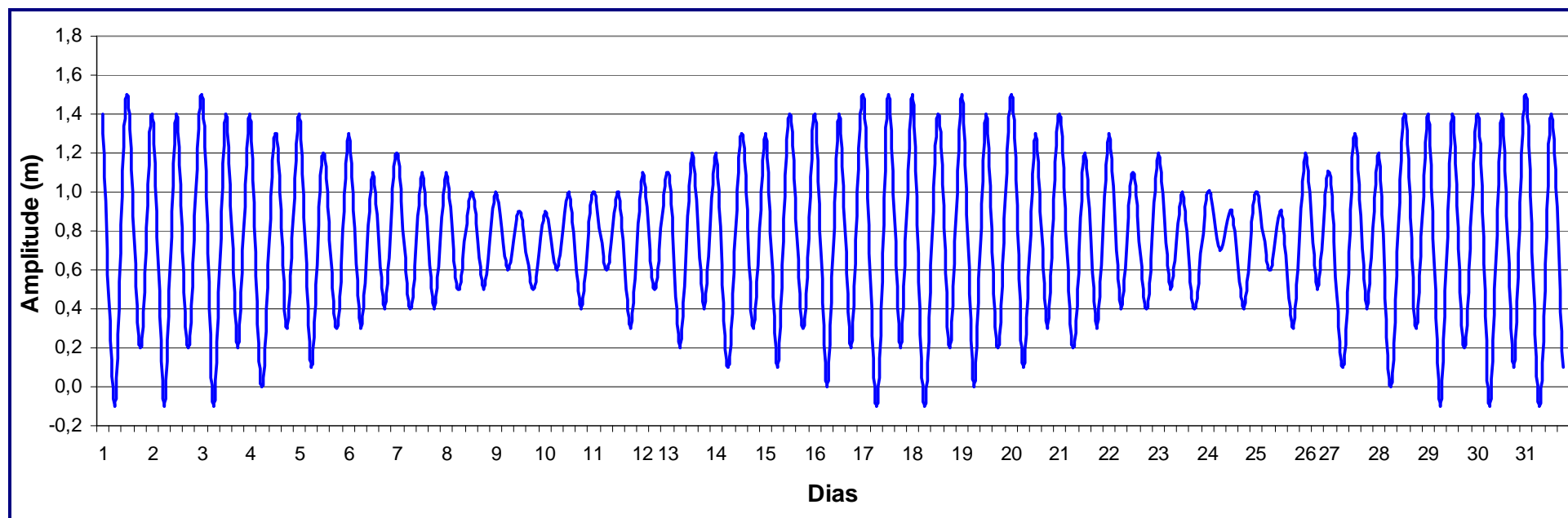


Figura 4.1.2.1.c – Variação da amplitude de maré para o porto de Vitória, relativo ao mês de agosto de 2008

Fonte: DHN (2008).

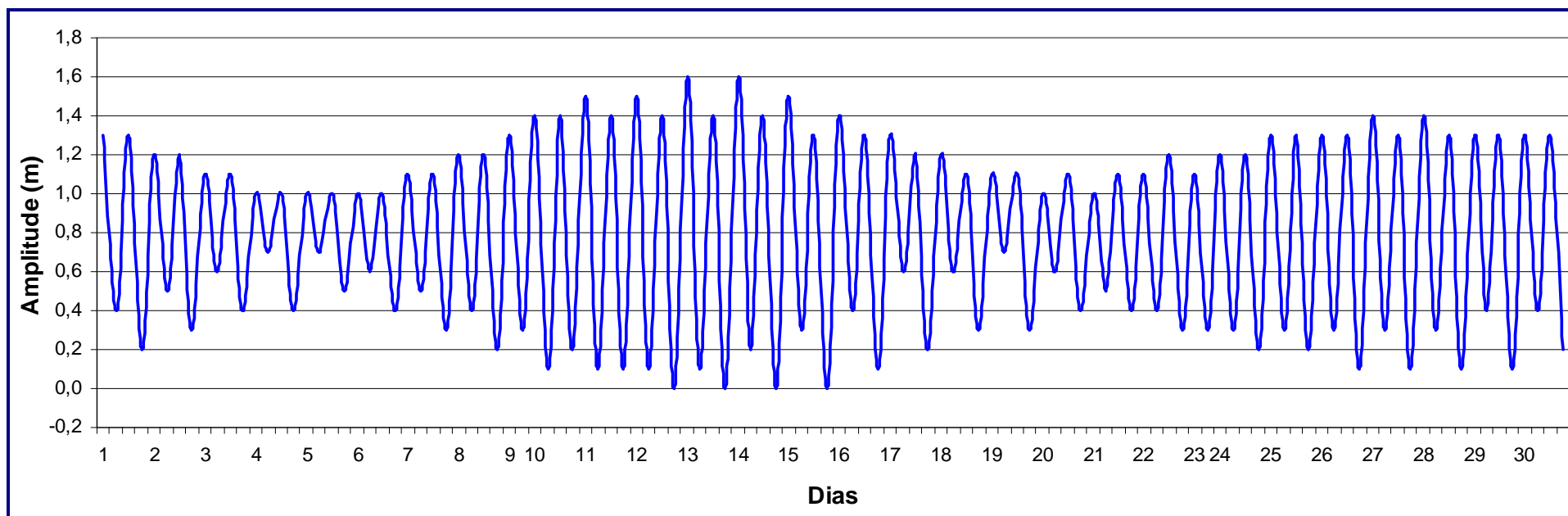


Figura 4.1.2.1.d – Variação da amplitude de maré para o porto de Vitória, relativo ao mês de novembro de 2008

Fonte: DHN (2008).

A amplitude de maré relativa ao mês de fevereiro de 2008 apresentou valor máximo de 1,6m e mínimo de 0m. Para os próximos meses (relativos a cada mês mais representativo de cada uma das estações do ano) são esperados valores de amplitude de maré da ordem de 0,1 a 1,6m (maio), -0,1 a 1,5m (agosto) e 0 a 1,6m (novembro).

Com base nestes valores, observa-se que a variação de maré registrada para os meses analisados está em plena conformidade com os valores médios previstos para a costa sudeste do Brasil, conforme estudos realizados pela DHN.

A velocidade de propagação da maré em estuários depende da profundidade da lâmina d'água. Movimentos verticais da água associados com a subida e descida da maré são acompanhados por movimentos da água horizontal, denominados de correntes de maré. Estes movimentos atuam em toda a lâmina d'água e apresentam as mesmas periodicidades que as oscilações verticais (ALFREDINI, 2005).

O padrão circulatório clássico em estuários é o gravitacional, devido à diferença de densidade produzida pelo encontro das águas doces resultantes da vazão fluvial com as águas salgadas provenientes do mar.

A maré é o principal mecanismo de penetração das águas salinas nos manguezais, sendo responsável pela renovação das águas superficiais e intersticiais. A penetração máxima de água salgada irá determinar o limite do manguezal em direção ao continente, podendo atingir dezenas de quilômetros. As marés também desempenham um importante papel no transporte, seleção e fixação de propágulos, bem como no transporte e distribuição de matéria orgânica particulada e/ou dissolvida.

A ação das marés varia ao longo das áreas de mangue, onde determinadas zonas são inundadas diariamente enquanto outras serão atingidas apenas algumas vezes

em determinadas épocas, por conta das grandes preamares de sizígia. Isto se deve as diferenças na topografia e distância em relação à costa.

Como resultado, temos diferenças nas concentrações de sal no sedimento, tanto em relação ao mar como em relação ao rio (água doce). Sendo assim, de uma forma geral, as maiores salinidades dos manguezais são encontradas próximas ao mar e as menores em direção ao continente.

### **4.1.3 Clima**

#### **4.1.3.1 Meteorologia e Climatologia**

Os principais centros de pressão que atuam sobre a região litorânea do Espírito Santo, onde localizam-se os rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim, são os anticiclones semifixo do Atlântico Sul e o anticiclone polar móvel.

O anticiclone semifixo do Atlântico Sul é responsável pelas condições de bom tempo (insolação, altas temperaturas e ventos alísios do quadrante leste) que ocorrem na Costa Leste do Brasil. O anticiclone polar móvel é o centro de pressão responsável pelas intrusões das frentes frias, provenientes do extremo sul do continente (nebulosidade, baixas temperaturas e ventos do quadrante sul). Estas frentes frias, que na primavera e no verão raramente atingem o litoral capixaba podem, durante o inverno, ultrapassar o Estado do Espírito Santo e até mesmo atingir o litoral nordeste brasileiro.

As frentes polares muitas vezes não conseguem progredir até o Estado do Espírito Santo, pois estacionam no Sul do Brasil, se dirigindo para o mar. Algumas vezes, o deslocamento da massa fria para o mar permite a invasão da massa quente, precedida por uma frente quente que se move para o sul, determinando o mau



tempo persistente. A formação de frentes quentes, muito comum no verão, é responsável pelas maiores precipitação pluviométrica neste período.

Os dados utilizados para diagnosticar a climatologia da região dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim são da Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria, localizada em Vitória, sob a latitude 20° 19' e longitude 40° 20', apresentando registros de longo período de tempo. Esta estação, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia, é a que se encontra mais próxima, aproximadamente 50 km, do Distrito de Santa Cruz, Município de Aracruz.

Os dados a seguir são fornecidos pelo INCAPER, através do site <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>.

A Tabela 4.1.3.1.a mostra as normais climatológicas anuais para dois períodos de 30 anos (1931/1960 e 1961/1990), para a Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria

**Tabela 4.1.3.1.a - Normais Climatológicas Anuais.**

		Período		
		1931- 1960	1961- 1990	1931-1990
Pressão Atmosférica Anual	=	1012,1 mb	1011,8 mb	1011,9 mb
Temperatura Média Anual	=	23,5 °C	24,2 °C	23,9 °C
Temperatura Máxima Anual	=	27,6 °C	28,5 °C	28,5 °C
Temperatura Mínima Anual	=	20,6 °C	21,3 °C	20,6 °C
Temperatura Máxima Absoluta	=	36,8 °C	39,0 °C	39,0 °C
Temperatura Mínima Absoluta	=	13,2 °C	14,2 °C	13,2 °C
Precipitação Média Anual	=	1280,5 mm	1275,7 mm	1278,1 mm
Precipitação Máxima 24 horas	=	148 mm	196,9 mm	196,9 mm
Umidade Relativa	=	79%	77%	78%
Insolação Anual	=	2380 h	2380 h	2380 h
Nebulosidade	=	6,0	5,0	5,5

Fonte: Estação Meteorológica do INMET da Ilha de Santa Maria – Vitória/ES.

A Tabela 4.1.3.1.b apresenta os dados meteorológicos médios obtidos na estação meteorológica do INMET, localizada na Ilha de Santa Maria, Vitória/ES.

**Tabela 4.1.3.1.b - Dados meteorológicos médios obtidos na estação do INMET, localizada na Ilha de Santa Maria, Vitória/ES.**

(continua)

Período	Valores médios do período									
	Temperatura					RH	Pe	Po	N	ETP
	Méd.	Máx.	Máx.abs	Mín.	Mín.abs					
01 a 31/10/2007	24,7	29,0	33,5	21,3	18,2	74	123	32	8	4,12
01 a 30/11/2007	25,5	29,6	34,7	22,3	19,2	74	172	164,6	10	4,37
01 a 31/12/2007	26,3	30,6	33,3	23,1	21	74	196	94,2	15	4,66
01 a 31/01/2008	25,6	29,8	34,5	22,4	20,5	77	127	121,8	16	4,5
01 a 29/02/2008	26,8	31,4	34,9	23,3	21,4	76	92	186,8	11	4,68
01 a 31/03/2008	26,8	31,5	34,7	23,4	20,6	78	117	68,7	13	4,23
01 a 30/04/2008	26,9	31,6	35,4	23,5	20,8	77	106	73,1	6	3,59
01 a 31/05/2008	23,6	27,9	33,3	20	18,3	75	91	53,3	5	2,81
01 a 30/06/2008	22,9	27,4	33,2	19,7	16,9	75	59	42,1	8	2,47
01 a 31/07/2008	22,2	26,8	30,6	19,1	17,5	72	77	28,3	6	2,52
01 a 31/08/2008	23,4	27,9	33,2	20,5	18,1	74	45	26,8	4	2,93
01 a 30/09/2008	22,9	26,9	32,7	20,1	15,8	74	78	29,2	11	3,23
01 a 31/10/2008	24,9	29,2	35	22	16,8	77	123	87	11	4
24 a 31/10/2008	26	30,6	33,9	23	21,9	71	31,7	0	0	4,25
01 a 07/11/2008	25,4	29,1	33,2	22,5	19,9	79	40,1	8,6	6	4,15
08 a 15/11/2008	24,8	29	32,5	22,1	20,6	83	45,9	208,8	6	4,20
16 a 23/11/2008	23,1	25,8	29,9	21,2	19,6	86	45,9	209,9	6	3,30
19/11/2008	23	26,7	---	20,5	---	86	---	0,7	---	3,83
20/11/2008	22	23,9	---	20	---	72	---	11,3	---	2,97
21/11/2008	21,1	21,9	---	20,1	---	91	---	2,9	---	1,97
22/11/2008	21,2	23,3	---	19,6	---	95	---	85,8	---	2,83
23/11/2008	21,9	24,9	---	20,0	---	91	---	97,2	---	3,32
24/11/2008	21,3	23,3	---	19,8	---	95	---	84,6	---	2,76
25/11/2008	22,7	26	---	19,9	---	88	---	64,4	---	3,77

#### Legenda

**Máx.** - Temperatura média das máximas (C°);  
**Méd.** - Temperatura média (C°);  
**Mín.** - Temperatura média das mínimas (C°);  
**MáxABS.** - Valor máximo de temperatura (C°);  
**MínABS.** - Valor mínimo da temperatura (C°);

**RH** - Umidade média relativa do ar (%);  
**Pe** - Precipitação média (mm);  
**Po** - Precipitação (mm);  
**N** - Número de dias chuvosos;  
**ETP** - Evapotranspiração potencial média (mm/dia).

#### 4.1.3.2 Caracterização Climática no Município de Aracruz

Segundo Mapa das Unidades Naturais do Estado do Espírito Santo/SEAG/EMCAPA/1999, em escala 1:400.000, o Município de Aracruz é constituído de quatro zonas naturais, conhecidas como “Zona 2”, constituída de terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosas; “Zona 4”, constituída de terras quentes, acidentadas e chuvosas; “Zona 5”, constituída por terras quentes acidentadas e transição chuvosa/seca; e “Zona 8”, constituída por terras quentes, planas e transição chuvosa/seca.

As características das Zonas Naturais do Município Aracruz/ES estão apresentadas na figura 4.1.3.2, e descritas nas tabelas 4.1.3.2.a e 4.1.3.2.b

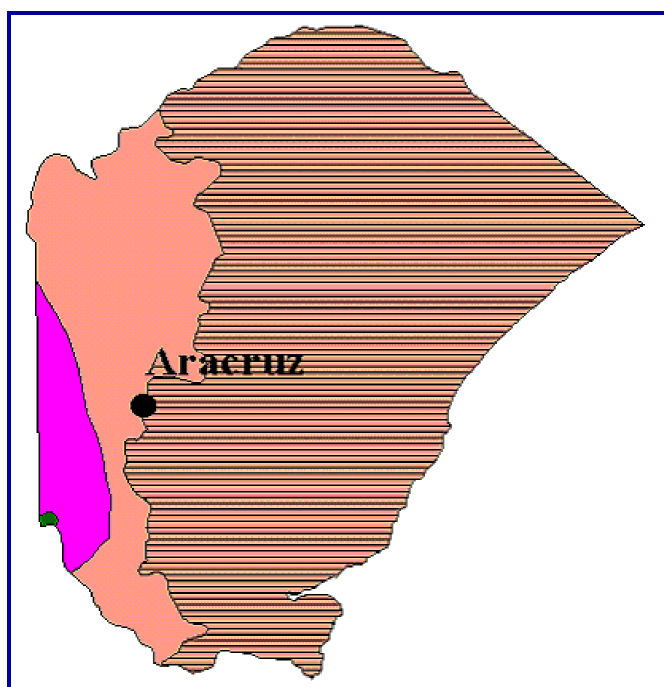






Figura 4.1.3.2 - Mapa das características das Zonas Naturais do município Aracruz/ES.

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

**Tabela 4.1.3.2.a - Legenda das zonas naturais do Município Aracruz/ES com suas respectivas características e porcentagem de área.**

Zonas naturais			Área (%)
Zona 2		Terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosas	0,1
Zona 4		Terras quentes, acidentadas e chuvosas	5,2
Zona 5		Terras quentes acidentadas e transição chuvosa/seca	21,0
Zona 8		Terras quentes, planas e transição chuvosa/seca	73,7

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

**Tabela 4.1.3.2.b - Caracterização das zonas naturais do Município Aracruz/ES de acordo com a temperatura, relevo e regime pluviométrico.**

Zonas	Temperatura		Relevo		Água											
	Média mín. mês mais frio (oC)	Média máx. mês mais quente (oC)	Declividade	Meses secos <sup>2</sup>	Meses secos, chuvosos/secos e secos <sup>3</sup>											
					J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Zona 2 → Terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosas	9,4 – 11,8	27,8 – 30,7	> 8%	2,5	U	P	U	U	U	P	P	P	P	U	U	U
Zona 4 → Terras quentes, acidentadas e chuvosas	11,8 – 18,0	30,7 – 34,0	> 8%	2,5	U	P	U	U	U	P	P	P	P	U	U	U
Zona 5 → Terras quentes acidentadas e transição chuvosa/seca	11,8 – 18,0	30,7 – 34,0	> 8%	4,5	U	P	P	P	P	P	P	S	P	U	U	U
Zona 8 → Terras quentes, planas e transição chuvosa/seca	11,8 – 18,0	30,7 – 34,0	< 8%	4,5	U	P	P	P	P	P	P	S	P	U	U	U
				5	P	P	P	P	P	P	P	S	P	U	U	U

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

<sup>1</sup> Fonte: Mapa de Unidades Naturais(EMCAPA/NEPUT, 1999);

<sup>2</sup> Cada 2 meses parcialmente secos são contados como um mês seco;

<sup>3</sup> U – chuvoso; S – seco; P- parcialmente seco.

#### 4.1.3.3 Ventos

A Tabela 4.1.3.3 mostra o regime de ventos na região de estudo, através da frequência mensal e anual de longo prazo das direções de vento na Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria. É observado a predominância dos ventos no quadrante Nordeste, constatando o fato de que durante a maior parte do ano, os ventos predominantes são provenientes do Oceano Atlântico devido às massas aquecidas Tropical Atlântica e Equatorial Atlântica. No inverno ocorre com frequência o vento sudoeste, devido à Massa Polar Antártida.

**Tabela 4.1.3.3 - Frequência das direções de ventos – Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória/ES.**

Mês	Direção								Variável ou não obs.	Calmas	Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW			
Janeiro	24	14	16	2	4	6	5	6	5	18	100
Fevereiro	21	11	16	2	2	4	4	6	16	18	100
Março	16	9	14	3	4	10	6	6	8	24	100
Abril	10	5	12	4	6	12	11	5	12	25	100
Maio	10	5	11	4	7	15	11	5	6	26	100
Junho	12	5	11	3	6	12	9	6	11	25	100
Julho	11	5	12	3	7	14	10	6	7	25	100
Agosto	17	8	14	3	6	11	6	7	7	21	100
Setembro	19	10	14	3	6	11	8	4	9	16	100
Outubro	17	13	14	4	7	12	9	4	7	13	100
Novembro	17	13	12	5	7	10	8	5	11	12	100
Dezembro	21	16	13	3	6	7	8	4	7	15	100
Média Anual	16,3	9,5	13,3	3,3	5,7	10,3	7,9	5,3	8,7	19,7	100,0

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

#### 4.1.3.4 Temperatura

A região litorânea do Município de Vitória possui clima tropical quente (temperaturas médias para todos os meses do ano superiores a 18°C) e superúmido com sub-seca no mês de agosto. As Figuras 4.1.3.4.a e 4.1.3.4.b mostram a variação das temperaturas média anual e média mensal, da temperatura máxima e mínima no período de 1976 a 2007.

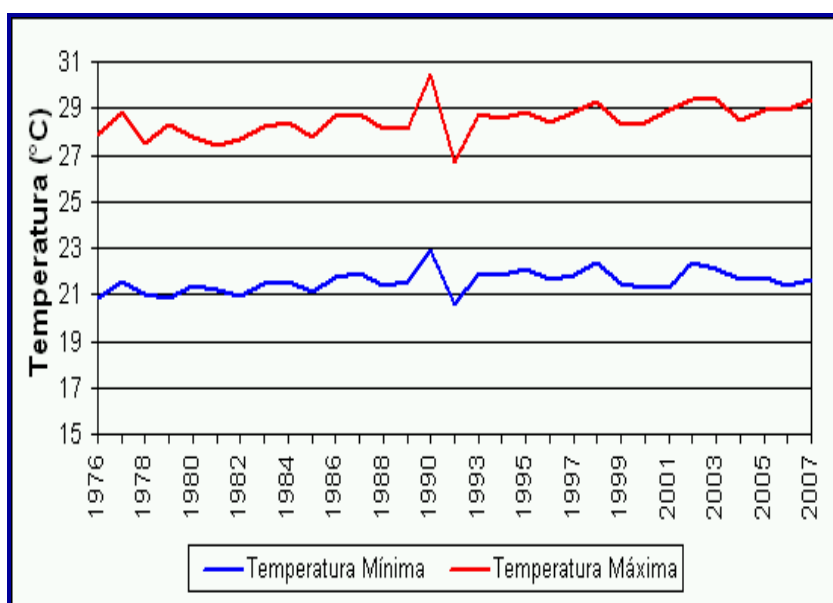


Figura 4.1.3.4.a - Média anual da temperatura máxima e mínima no período de 1976 a 2007 – Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória/ES.

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>



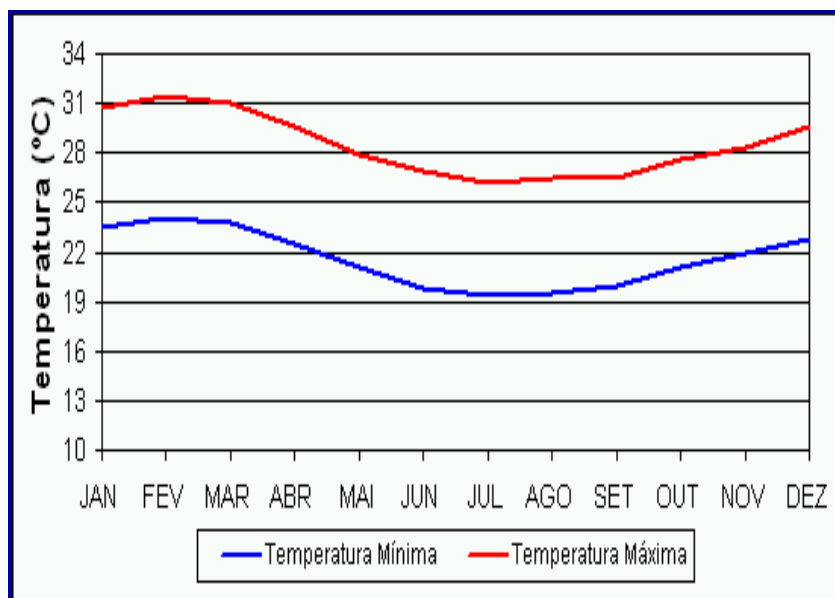


Figura 4.1.3.4.b -- Média mensal da temperatura máxima e mínima no período de 1976 a 2007 – Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória/ES.

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

A média mensal da temperatura máxima ao longo do período foi superior a 26°C, sendo os meses de fevereiro e março os que apresentaram as maiores médias mensais, enquanto os meses de julho e agosto apresentaram as menores médias mensais, tanto para temperatura máxima, quanto para temperatura mínima.

A Figura 4.1.3.4.c apresenta os dados diários de temperatura no Município de Vitória/ ES, obtidos na estação meteorológica do INMET.

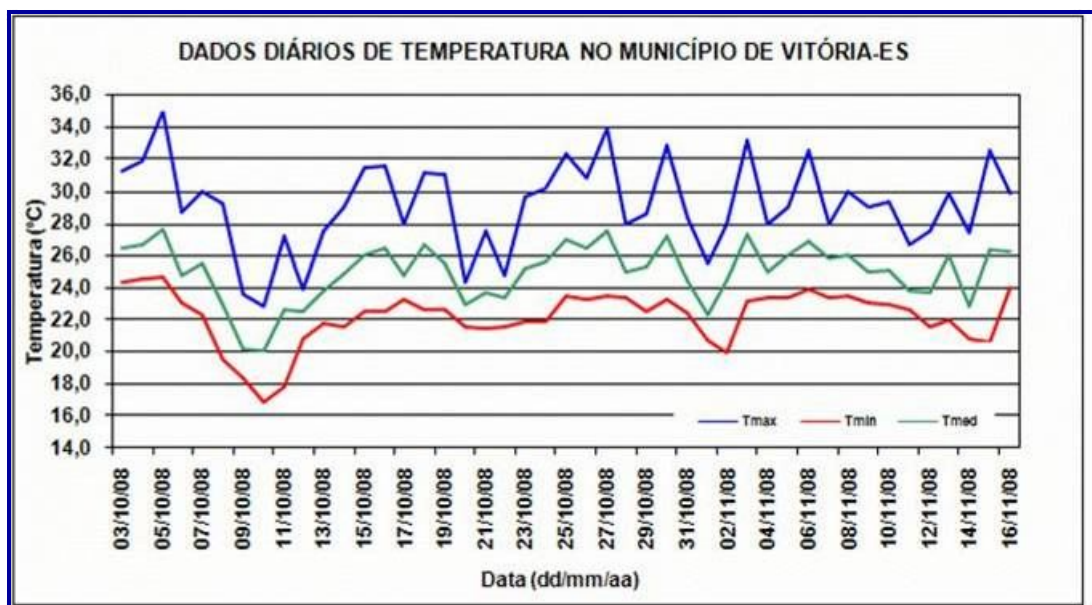


Figura 4.1.3.4.c - Dados diários de temperatura no município de Vitória/ES, obtidos na estação meteorológica do INMET.

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

A Tabela 4.1.3.4.a apresenta os valores extremos de temperaturas medidos na estação do INMET, localizada na Ilha de Santa Maria, Vitória/ES.

**Tabela 4.1.3.4.a - Valores extremos de temperaturas medidos na estação do INMET, Ilha de Santa Maria, Vitória/ES, entre os dias 01 de janeiro a 16 de novembro de 2008.**

Temperatura máxima do período	35,4	°C	15/abr	Dia/mês
Menor temperatura máxima do período	19,9	°C	18/set	Dia/mês
Temperatura mínima do período	15,8	°C	2/set	Dia/mês
Maior temperatura mínima do período	25,4	°C	7/mar	Dia/mês

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

Segundo os dados medidos na estação do INMET, entre os dias 01 de janeiro a 16 de novembro de 2008, a temperatura oscilou entre 35,4 °C e 15,8 °C, correspondendo a uma amplitude térmica de 19,6 °C, sendo estes os valores de

temperatura máxima e mínima do período, respectivamente, conforme apresentado na Tabela 4.1.3.4.a

A Tabela 4.1.3.4.b apresenta os valores médios de temperaturas medidos na estação do INMET, Ilha de Santa Maria, Vitória/ES.

**Tabela 4.1.3.4.b - Valores médios de temperaturas medidos na estação do INMET, Ilha de Santa Maria, Vitória/ES, entre os dias 01 de janeiro a 16 de novembro de 2008.**

Temperatura máxima média	27,6	°C	Temperatura máxima média
Temperatura média	24	°C	Temperatura média
Temperatura mínima média	21,2	°C	Temperatura mínima média

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

Conforme apresentado na Tabela 4.1.3.4.b, entre os dias 01 de janeiro a 16 de novembro de 2008, a temperatura máxima média foi de 27,6°C, enquanto a temperatura mínima média foi de 21,2 °C.

Uma vez que as máximas temperaturas extremas se situam em janeiro, o regime de temperatura, de acordo com a classificação de Koppen, pode ser considerado como Ag'.

#### 4.1.3.5 Umidade Relativa do Ar

A Tabela 4.1.3.1.b nos mostrou que, no período de outubro de 2007 a novembro de 2008, a máxima umidade relativa do ar média foi de 95%, correspondente aos meses de novembro/2008 nos dias 22 e 24, enquanto a mínima foi de 72% nos meses de julho/2008 e novembro/2008.

A Figura 4.1.3.5 apresenta os dados diários de umidade relativa média do ar, do período de 03 de outubro ao dia 16 de novembro de 2008, totalizando 44 dias de dados diários médios.

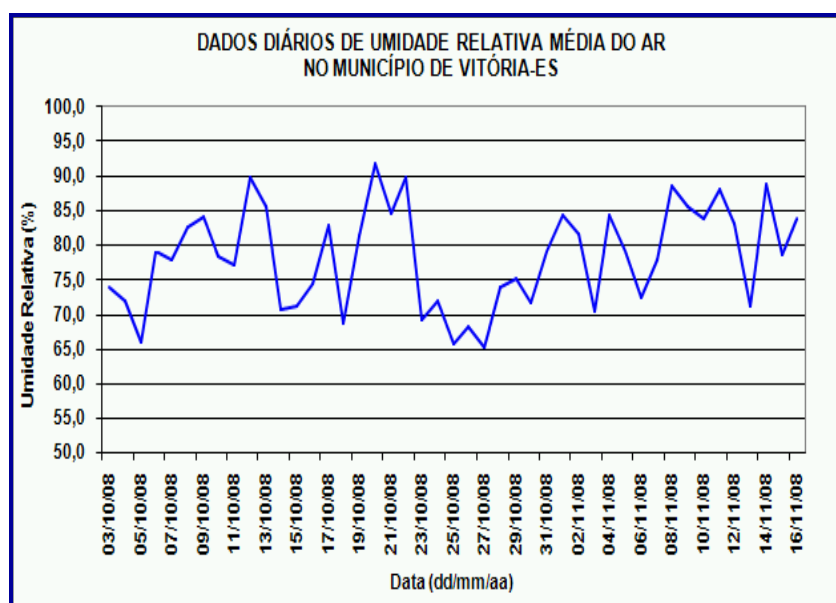


Figura 4.1.3.5 - Dados diários de umidade relativa média do ar no Município de Vitória-ES.

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

#### 4.1.3.6 Pluviometria

A Figura 4.1.3.6.a apresenta graficamente a precipitação anual acumulada e o número de dias chuvosos nos anos de 1976 e 2007, sendo que neste período a maior precipitação acumulada ocorreu em 1983.

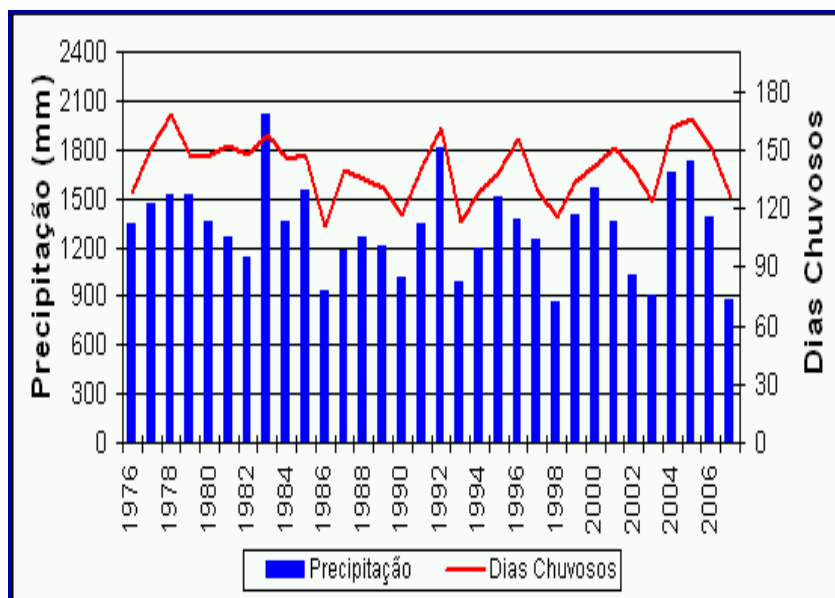


Figura 4.1.3.6.a - Precipitação acumulada e número de dias chuvosos anual no período de 1976 a 2007 - Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória/ES.

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

A Figura 4.1.3.6.b apresenta a quantidade de dias chuvosos acumulados anuais e suas respectivas médias, segundo dados da Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória/ES. É possível observar a quantidade de dias chuvosos anuais para o período de 1976 e 2006, no qual ocorreu em média 141 dias chuvosos por ano, segundo os dados obtidos na estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória/ES.

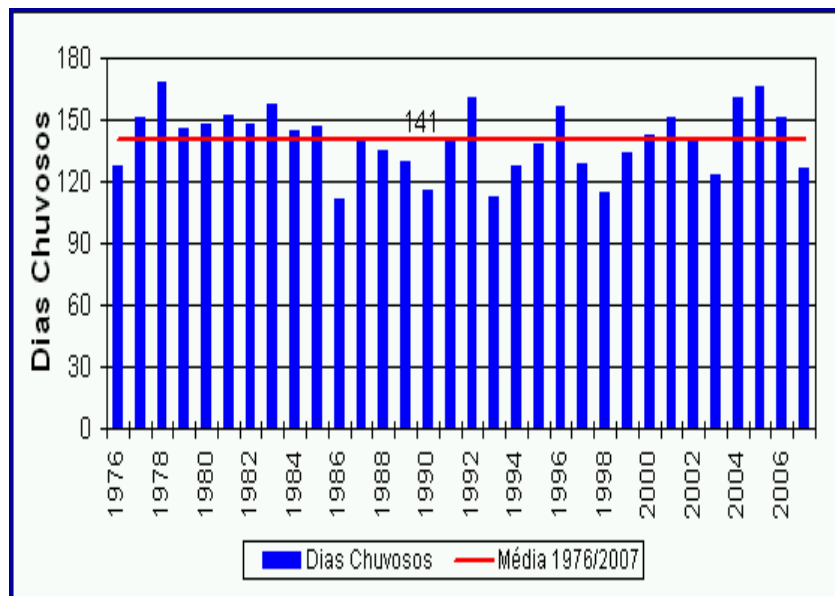


Figura 4.1.3.6.b - Dias chuvosos acumulados anuais e a média no período de 1976 a 2007 - Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória/ES.

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

A Figura 4.1.3.6.c apresenta a precipitação acumulada anual e média, segundo dados da Estação Meteorológica localizada na Ilha de Santa Maria – Vitória/ES.

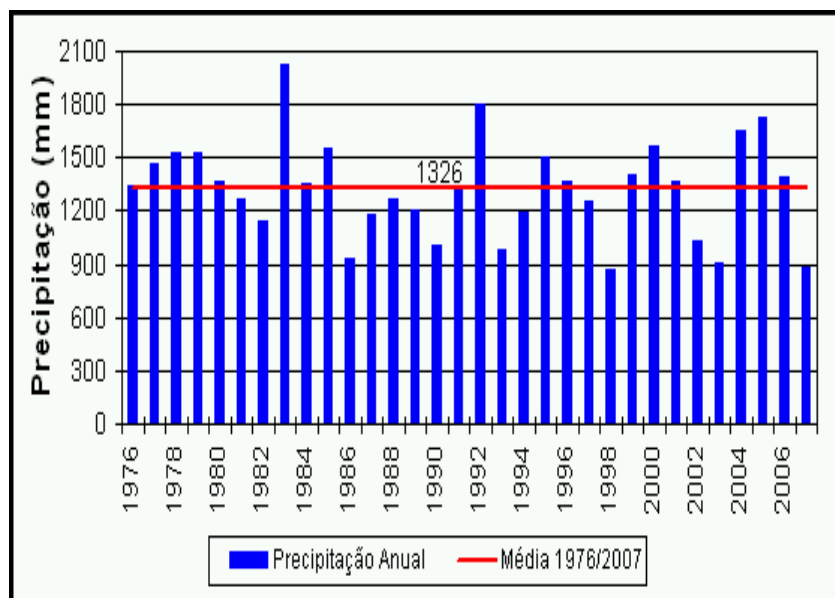


Figura 4.1.3.6.c - Precipitação acumulada anual e média no período de 1976 a 2007 - Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória/ES.

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

Na Figura 4.1.3.6.c pode-se observar que, no período de 1976 e 2007, a precipitação acumulada variou entre 2000 mm (ano de 1983) e 890 mm (ano de 1998), sendo a média anual igual a 1326 mm.

A Figura 4.1.3.6.d apresenta a média mensal da precipitação e de dias chuvosos medidos na Estação Meteorológica localizada na Ilha de Santa Maria – Vitória/ES.



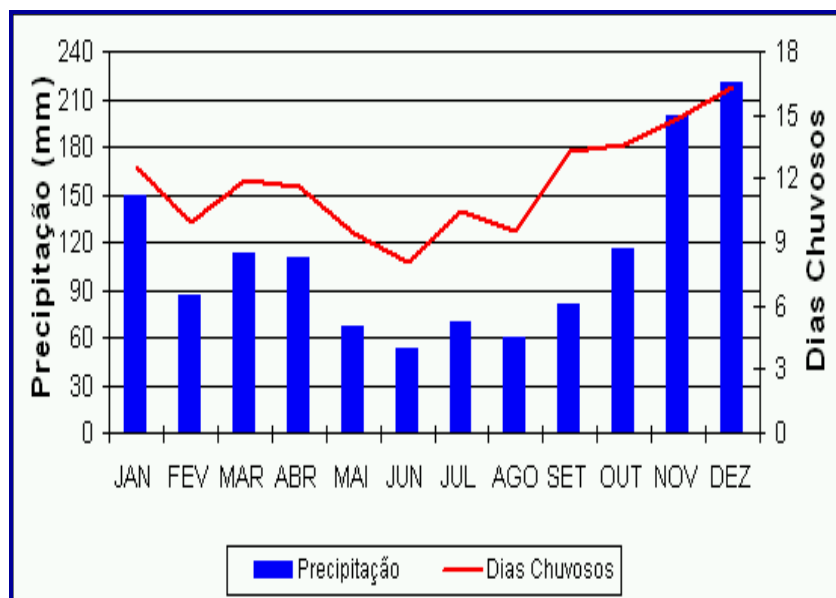


Figura 4.1.3.6.d Média mensal da precipitação e de dias chuvosos no período de 1976 a 2007 - Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória/ES.

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

A partir da Figura 4.1.3.6.d constata-se que o mês de dezembro possui a maior precipitação média e maior quantidade de dias chuvosos, enquanto o mês de junho possui a menor precipitação média e menor quantidade de dias chuvosos.

A Tabela 4.1.3.6.a apresenta os valores extremos de precipitação medidos na estação do INMET, Ilha de Santa Maria, Vitória/ES.

**Tabela 4.1.3.6.a - Valores extremos de precipitação medidos na estação do INMET, Ilha de Santa Maria, Vitória/ES, entre os dias 01 de janeiro a 16 de novembro de 2008.**

Chuva acumulada			934,5	mm
Número de dias com chuva			103	Dias
Valores extremos				
Maior chuva registrada no período de 24 horas	105,6	mm	15/nov	Dia/mês
Último dia com chuva acima de 5 mm	105,6	mm	15/nov	Dia/mês

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

Segundo os dados fornecidos pelo INMET, para os dias 01 de janeiro a 16 de novembro de 2008 a maior ou intensidade pluviométrica registrada no período de 24 horas foi de 105,6 mm, sendo que a precipitação acumulada neste período foi de 934,5 mm, conforme apresentado na Tabela 4.1.3.6.a.

A Tabela 4.1.3.6.b apresenta dados de precipitação, evapotranspiração e unidade relativa medidos na estação do INMET, Ilha de Santa Maria.

**Tabela 4.1.3.6.b - Dados de precipitação, evapotranspiração e unidade relativa medidos na estação do INMET, Ilha de Santa Maria, Vitória/ES, entre os dias 10 e 16 de novembro de 2008.**

Chuva acumulada	191,3	mm
Evapotranspiração potencial acumulada	29,47	mm
Número de dias com chuva	5	Dia
Umidade relativa média	82	%

Fonte: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>

Segundo a os dados apresentados na Tabela 4.1.3.6.b, entre os dias 10 e 16 de novembro de 2008, a precipitação acumulada foi de 191,3 mm, em um período com cinco dias de chuva. Observa-se ainda que neste período a evapotranspiração potencial acumulada foi de 29,47 mm, enquanto a unidade relativa do ar foi de 82%.

O ano hidrológico na região onde está inserido o empreendimento começa no mês de outubro, ocorrendo o semestre úmido geralmente entre este mês e abril, enquanto que o semestre seco ocorre entre abril e setembro.

Quanto ao regime de chuvas, é classificado como Am na escala de Koppen. Desta forma, a classificação climática pelo método de Koppen, combinando os regimes de chuvas e térmico, é Amg'.

A Figura 4.1.3.6.e apresenta as curvas de precipitação para o Município de Aracruz, demonstrando a tendência de distribuição de chuvas para uma série histórica anual

média de 21 anos (1969-1990), tendo o intervalo entre as curvas de precipitação um valor 10 mm. Na bacia do rio Riacho observa-se uma tendência de maior precipitação na região sudoeste. Os menores índices de precipitação aparecem ao norte e no litoral.

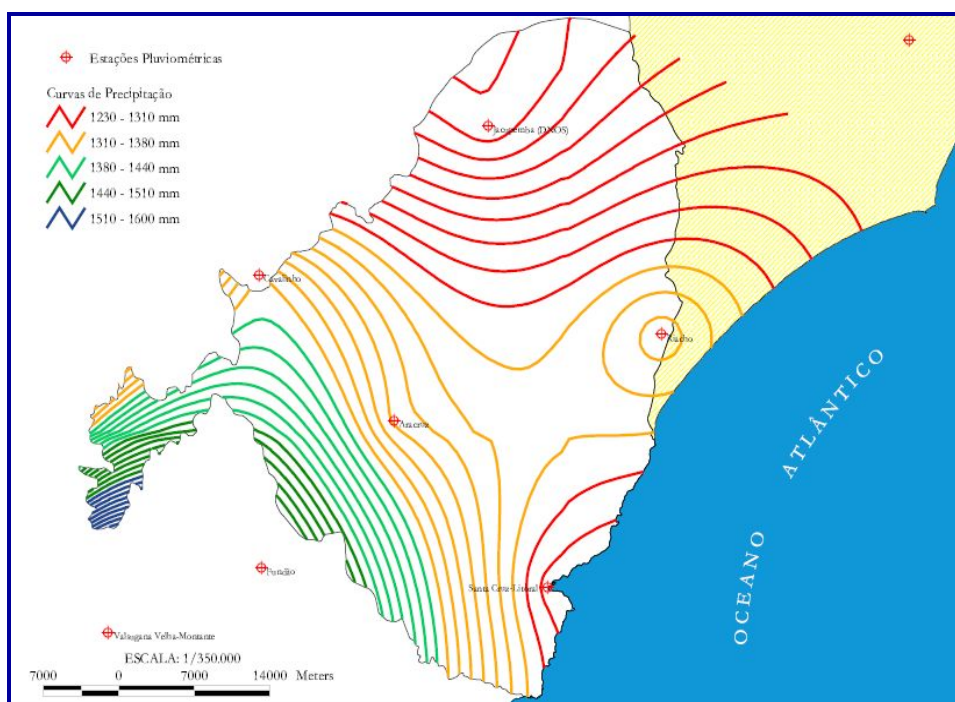


Figura 4.1.3.6.e - Curvas de precipitação para o Município de Aracruz/ES.  
Fonte: [www.iema.es.gov.br](http://www.iema.es.gov.br)

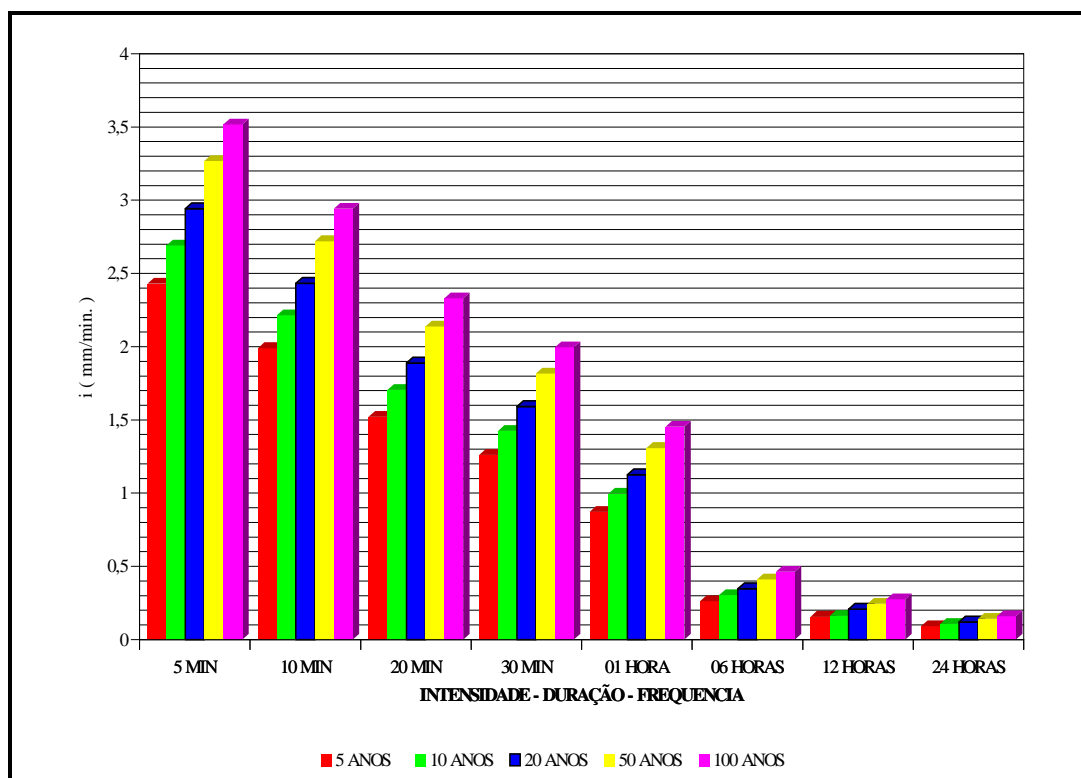
#### 4.1.3.7 Chuvas Intensas

A tabela 4.1.3.7 apresenta valores de intensidade de chuva, mm/min., obtidos a partir da curva intensidade-duração-frequência correspondente a cidade de Vitória, para diferentes durações e períodos de retorno, representados graficamente na Figura 4.1.3.7

**Tabela 4.1.3.7 - Curva intensidade-duração-frequência para Vitória.**

Duração	Período de Retorno (Anos)				
	5	10	20	50	100
05 min	2,431	2,690	2,941	3,268	3,516
10 min	1,990	2,213	2,432	2,720	2,941
20 min	1,520	1,704	1,889	2,137	2,330
30 min	1,261	1,424	1,590	1,816	1,995
01 hora	0,871	0,996	1,126	1,308	1,454
06 horas	0,262	0,304	0,348	0,411	0,463
12 horas	0,156	0,161	0,207	0,245	0,276
24 horas	0,092	0,106	0,121	0,143	0,160

Fonte: HABTEC, 1997



**Figura 4.1.3.7 - Intensidades de precipitação pluviométrica para diversas durações e períodos de retorno.**  
Fonte: HABTEC, 1997

Curvas intensidade-duração-frequência servem como indicativas das chuvas intensas que podem ocorrer em determinada região.

#### 4.1.3.8 Balanço Hídrico

As Figuras 4.1.3.8.a e 4.1.3.8.b apresentam o extrato do balanço hídrico decendial nos anos de 2007 e 2008, respectivamente, segundo dados fornecidos pela estação meteorológica do INMET, localizada na Ilha de Santa Maria, Vitória/ES.

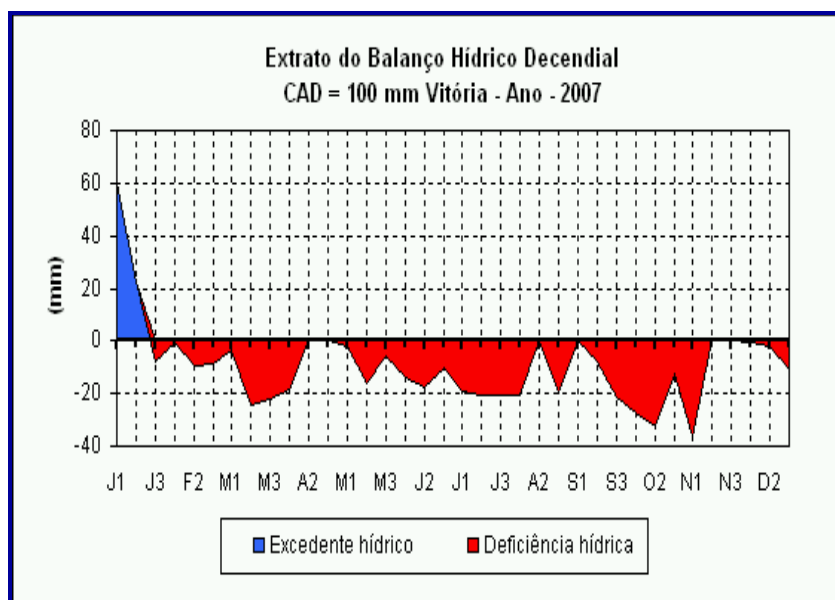


Figura 4.1.3.8.a - Extrato do balanço hídrico decendial no ano de 2007  
- Estação Meteorológica do INMET, Ilha de Santa Maria, Vitória/ES.  
Fonte: [http://siag.incaper.es.gov.br/vitoria\\_bhdec.htm](http://siag.incaper.es.gov.br/vitoria_bhdec.htm)

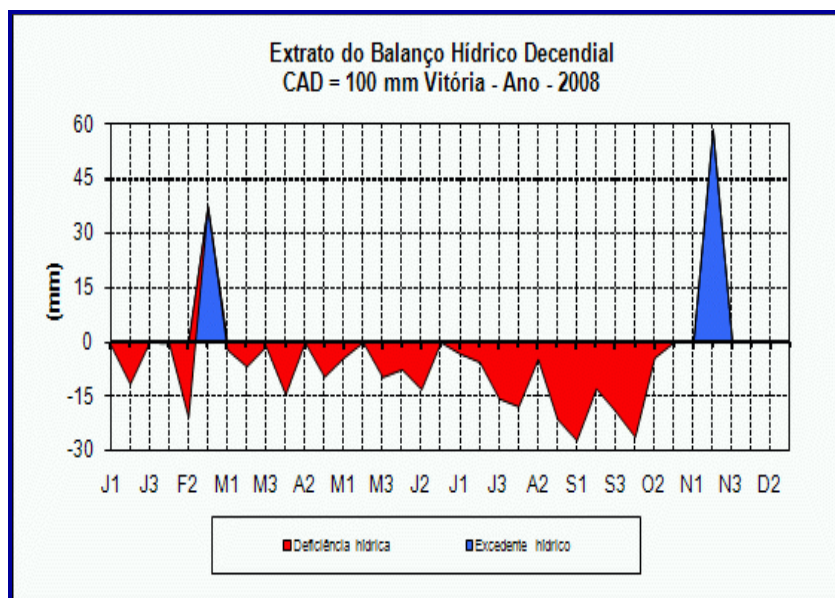


Figura 4.1.3.8.b - Extrato do balanço hídrico decendial no ano de 2008  
- Estação Meteorológica do INMET, Ilha de Santa Maria, Vitória/ES.  
Fonte: [http://siag.incaper.es.gov.br/vitoria\\_bhdec.htm](http://siag.incaper.es.gov.br/vitoria_bhdec.htm)

Através das Figuras 4.1.3.8.a e 4.1.3.8.b, observou-se que durante os meses de janeiro e fevereiro de 2008 ocorreu um déficit hídrico, enquanto em janeiro de 2007 houve um excedente hídrico. Nota-se ainda que ao longo de todo o ano de 2007, exceto no mês de janeiro, ocorreu um déficit hídrico e que no ano de 2008, no mês de novembro ocorreu um excedente hídrico.

#### 4.1.3.9 Recursos Hídricos

A sub-bacia do Rio Piraquê-açu está totalmente inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Riacho, conforme a divisão do Estado do Espírito Santo em regiões hidrográficas, indicada pela SEAMA (Secretaria Estadual de Meio Ambiente), conforme apresenta a figura 4.1.3.9.a.

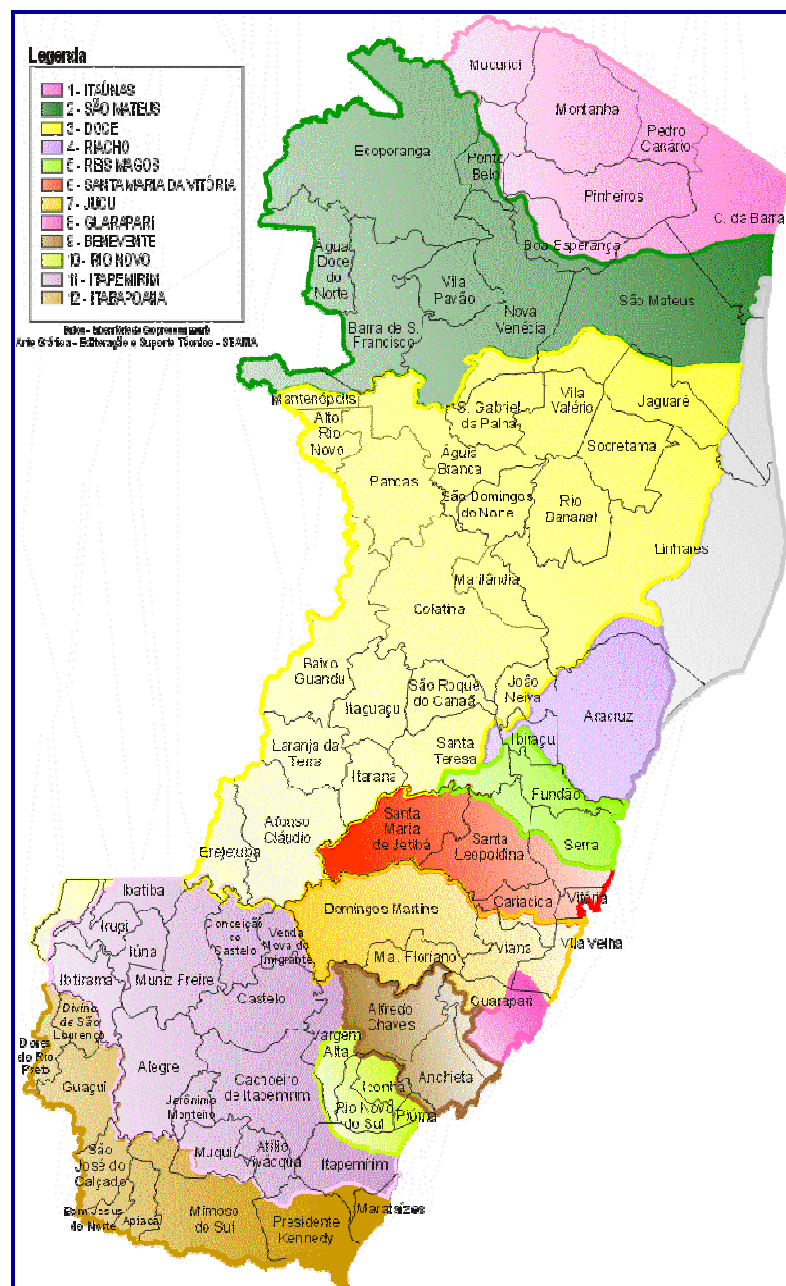


Figura 4.1.3.9.a - Regiões hidrográficas do Estado do Espírito Santo.



Segundo IEMA, a bacia do Rio Riacho possui uma área de drenagem aproximada de 1.692 km<sup>2</sup>. Alguns dos principais afluentes são os Rios Piraquê-açu, Sahy, Araraquara, Francês, do Norte e Piraquê-mirim. A Figura 4.1.3.9.b apresenta as sedes municipais e a malha hidrográfica da referida bacia, sendo que a faixa representada pela cor amarela corresponde à área de planície balneária que recebe contribuição tanto da bacia do rio Riacho quanto da bacia do rio Doce por não possuir divisores topográficos

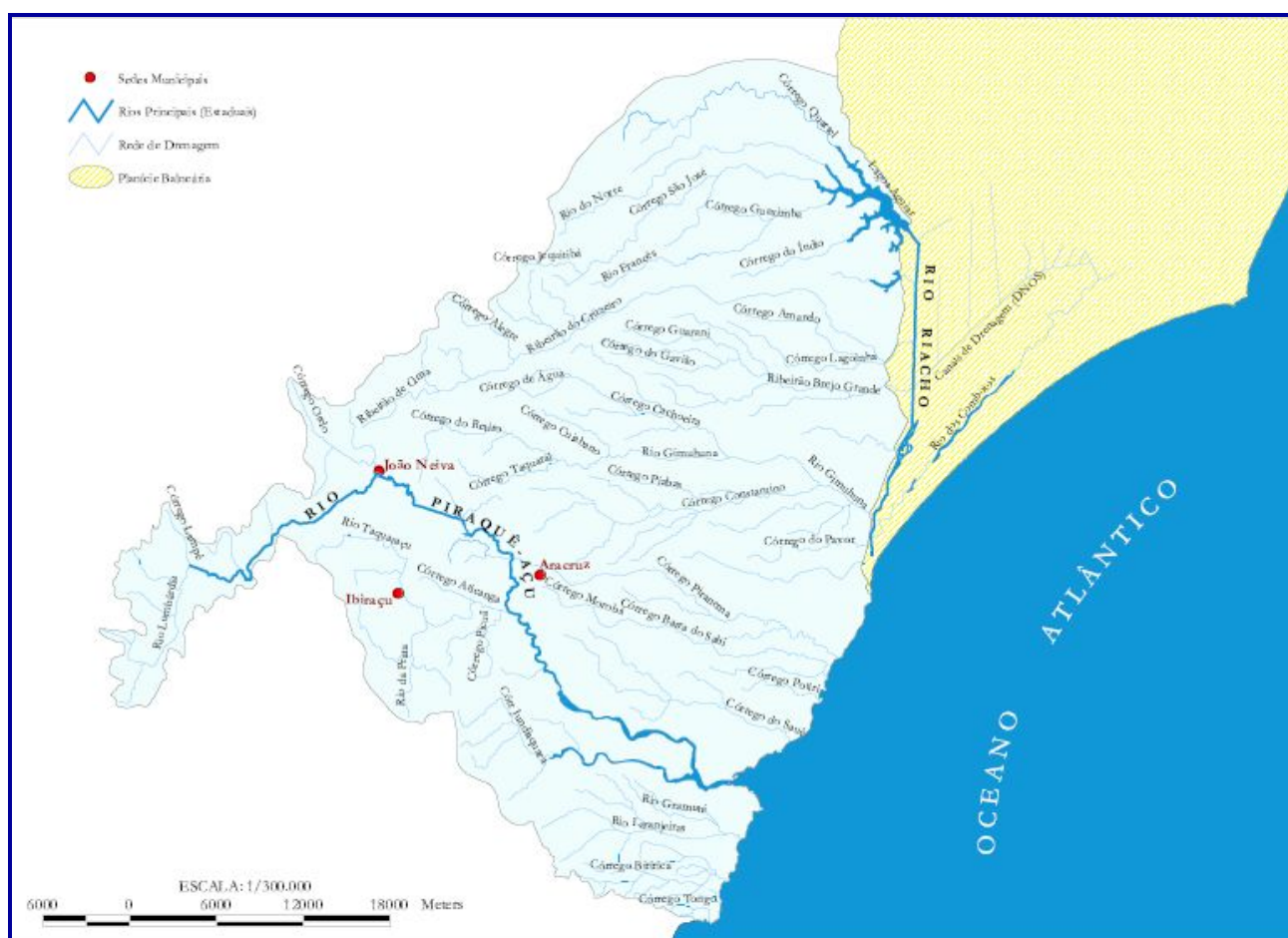


Figura 4.1.3.9.b - Bacia Hidrográfica do Rio Riacho.  
Fonte: [www.iema.es.gov.br](http://www.iema.es.gov.br)

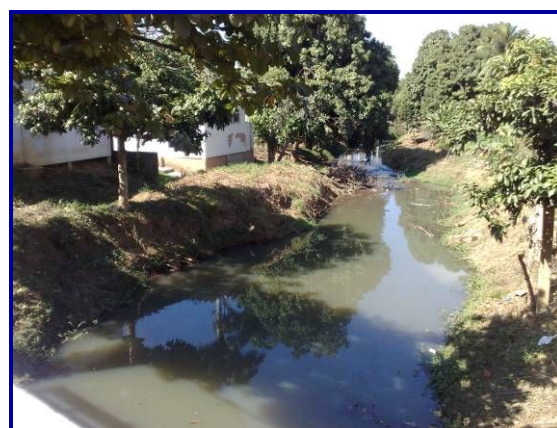
O Rio Riacho é de domínio estadual e integram esta bacia parte dos Municípios de Aracruz, Ibiracú, João Neiva, Linhares e Santa Teresa.

A sub-bacia do rio Piraquê-açu possui uma área total de 426,35Km<sup>2</sup> e tem como seus principais afluentes o Rios Lombardia, Taquaruçu (Figuras 4.1.3.9.c e 4.1.3.9.d), da Prata; e os Córregos Lampê, Sauna, São Carlos, Otelo, Demétrio Ribeiro, Sapateiro, Aricanga, Perobas (Figura 4.1.3.9.e), Boa Vista, Picuã, Grapuama (Figura 4.1.3.9.f), Espoleta, Jundiaquará, Campinho, Santa Rosa, Mucuratã, conforme mapa 4.1.3.9.

### **Mapa 4.1.3.9 – Sub-bacia do Rio Piraquê-açu**

As principais atividades econômicas: agropecuária, indústrias químicas e de celulose, turismo (Figuras 4.1.3.9.g e 4.1.3.9.h), pesca esportiva (Figura 4.1.3.9.i), lazer (Figura 4.1.3.9.j) e silvicultura (Figuras 4.1.3.9.k e 4.1.3.9.l).

Segundo dados do IEMA, os principais problemas encontrados na região é a ocorrência de desmatamento nas áreas de preservação permanente; assoreamento dos corpos hídricos (Figuras 4.1.3.9.m e 4.1.3.9.n); problemas de erosão agravados pelo intenso desmatamento (Figuras 4.1.3.9.o e 4.1.3.9.p); poluição dos recursos hídricos devido à disposição inadequada de resíduos sólidos e lançamento de efluentes domésticos (Figuras 4.1.3.9.q e 4.1.3.9.r) e industriais sem tratamento; deterioração dos recursos hídricos devido ao uso indiscriminado de agrotóxicos; pesca predatória.



Figuras 4.1.3.9.c e 4.1.3.9.d - Rio Taquaruçu. Coordenada 356831 S 7806723 W Datum SAD 69 – MC 39°. Fonte: Environlink/2009





Figura 4.1.3.9.e - Encontro Córrego Perobas com Rio Taquaruçu. Coordenada 356811 S 7806805 W Datum SAD 69. Fonte: Environlink/2009

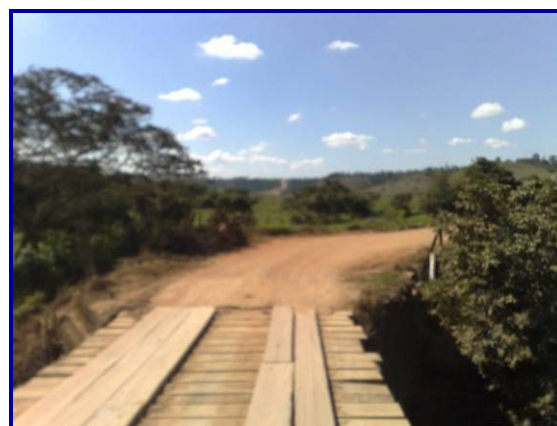


Figura 4.1.3.9.f - Ponte sobre o Córrego Grapuama. Coordenada 365348 S 7803940 W. Datum: Sad 69. Fonte: Environlink/2009



Figura 4.1.3.9.g - Passeio de Escuna, Santa Cruz. Fonte: Environlink/2009

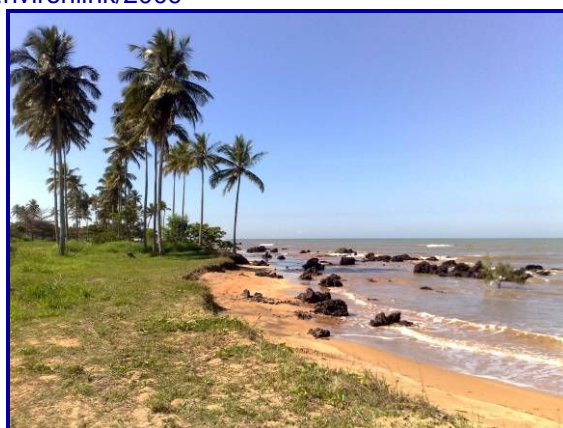


Figura 4.1.3.9.h - Praia de Coqueiral, Santa Cruz. Fonte: Environlink/2009



Figura 4.1.3.9.i - Pesca Esportiva, Santa Cruz.  
Fonte: Environlink/2009

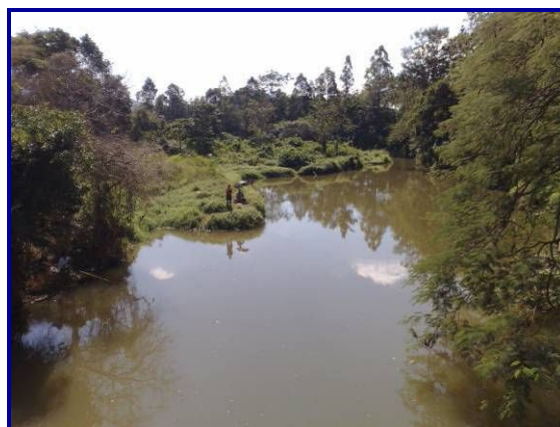


Figura 4.1.3.9.j - Lazer (banho e pesca) dos moradores. Fonte: Environlink/2009



Figuras 4.1.3.9.k e 4.1.3.9.l – Áreas de Silvicultura no entorno do rio Piraquê-açu. Fonte: Environlink/2009



Figuras 4.1.3.9.m e 4.1.3.9.n - Assoreamento. Coordenada 355666 S 7814543 W. Datum: Sad 69. Fonte: Environlink/2009





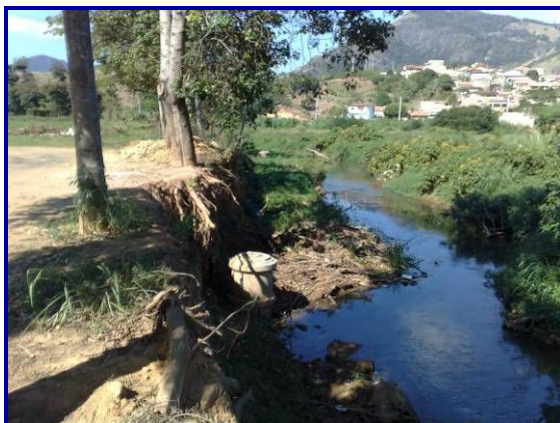
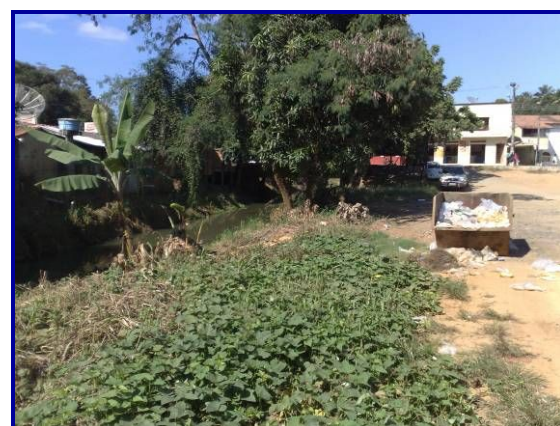


Figura 4.1.3.9.o e 4.1.3.9.p - Desmatamento e Erosão – Rio Piraquê-açu. Fonte: Environlink/2009



Figuras 4.1.3.9.q e 4.1.3.9.r - Disposição inadequada de resíduos sólidos e lançamento de efluentes domésticos. Fonte: Environlink/2009

Segundo o IEMA, o índice de qualidade de água (IQA), na sub-bacia do Rio Piraquê-açu, com os resultados da média calculada entre os anos de 1998 e 2002, demonstraram predominância de qualidade “**Boa**” (faixa entre 52 - 79) para o ponto de monitoramento, PRQ1C005 com produtório igual a 55, já o ponto PRQ1C010, com produtório igual a 48, apresenta uma qualidade “**Aceitável**” (faixa entre 37 – 51), conforme a Figura 4.1.3.9.s.



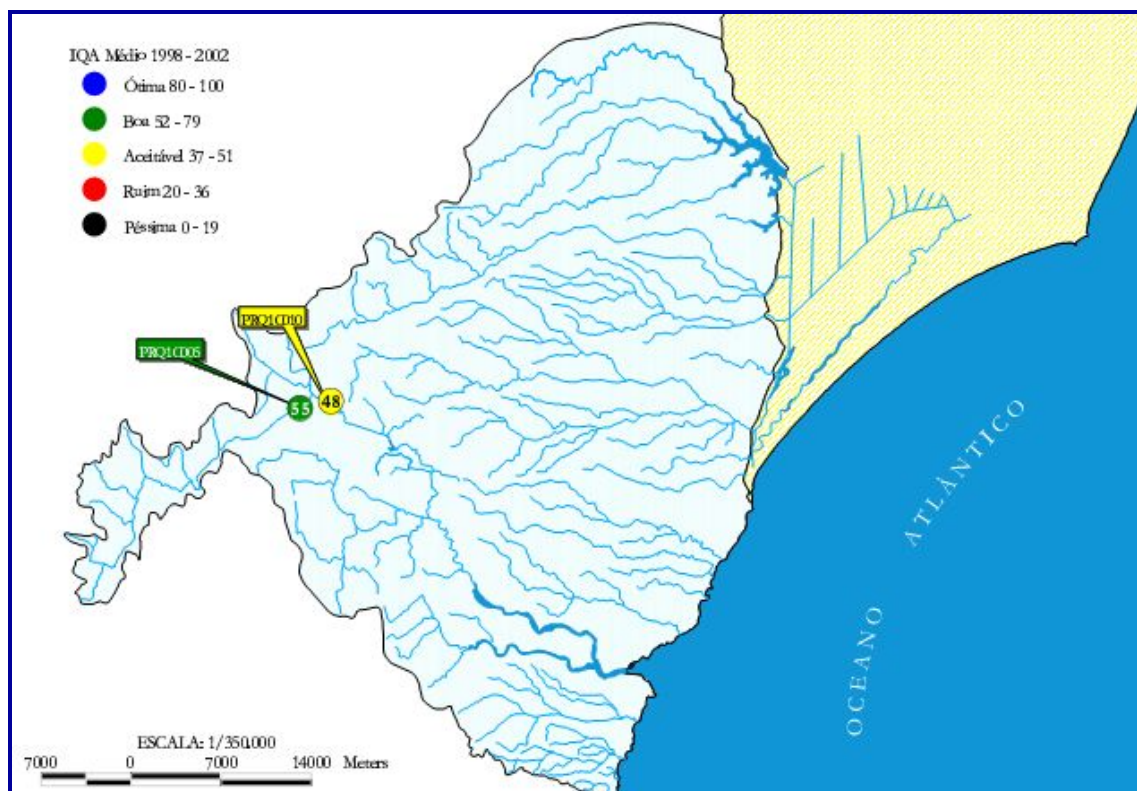


Figura 4.1.3.9.s - Pontos amostrados para testes de IQA e seus respectivos valores.  
Fonte: [www.iema.es.gov.br](http://www.iema.es.gov.br).

## **4.1.4 Unidades Físicas**

### **4.1.4.1 Considerações Gerais**

Na região estudada da sub-bacia do Rio Piraquê-açu predominam as formações sedimentares argilo-arenosas sobre solos dos Tabuleiros Costeiros de idade do período Terciário, e que são constituídas por sedimentos argilo-arenosos da Formação Barreiras, dissecados por drenagens subparalelas que avançam na direção oeste-sudeste, passando para as Planícies Costeiras, onde estão instalados os cordões litorâneos arenosos quaternários.

### **4.1.4.2 Aspectos Metodológicos**

A metodologia utilizada no levantamento das unidades físicas geológicas, geomorfológicas e pedológicas constou basicamente de três etapas principais.

- **Revisão Bibliográfica dos Estudos Oficiais**

Para elaboração da descrição das unidades físicas foram utilizadas como bases cartográficas o Projeto Espírito Santo – Escala 1:250.000 – DNPM/CPRM; Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folha Rio Doce (SE-24) – escala 1:1.000.000 – MME/DNPM, 1978; Mapa Geológico em Escala 1:500.000 – Folha Rio Doce (SE-24) - Projeto Hidrogeologia do Centro de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo - SNPM/CPRM, 1979; Levantamento de Recursos Naturais – Projeto RADAMBRASIL – Folha Rio Doce (SE-24) – vol.34 – 1983; Fotografias Aéreas - escala 1:10.000, Carta IBGE escala 1:100.000 SE-24-Y-D-IV-4, Mapa das Unidades Naturais do Estado do Espírito Santo/SEAG/EMCAPA/1999, em escala 1:400.00, coordenado por Leandro Roberto Feitosa, carta de solos em escala 1:400.000, denominado Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Espírito Santo/

EMBRAPA/SNLCS/1971, coordenado por Luzberto Achá Panoso, unidades geológicas/faciológicas do Projeto de Macrozonemanto Costeiro, elaborado pela Secretaria de Estado Para Assuntos do Meio Ambiente (SEAMA, 1990), além de terem sido revisadas várias publicações que englobam o referido tema.

A revisão bibliográfica buscou estabelecer uma relação entre as informações das unidades físicas existentes sobre a região da Bacia do Rio Riacho, a qual se insere a Sub-bacia do Rio Piraquê-açu, e os materiais básicos utilizados para os levantamentos geológicos, geomorfológicos e pedológicos como fotografias aéreas, imagens de satélites e carta do IBGE, visando assim facilitar as etapas posteriores deste levantamento.

Levantamento bibliográfico com consultas a vários documentos, onde se destacam o Projeto Rio Doce (PETROBRAS, 1972), e a imagem Google Earth 2009.

- **Campanhas de Campo para Averiguação das Informações Existentes nos Estudos Geomorfológicos Oficiais**

Campanha de campo, onde foi percorrida toda a Sub-bacia do Rio Piraquê-açu e seu entorno imediato, procurando reconhecer as feições das unidades físicas pré-definidas a partir da interpretação da imagem Google Earth 2009.

- **Trabalhos de Escritório**

Finalmente, a etapa onde foram desenvolvidos os trabalhos de escritório objetivando a elaboração do diagnóstico das unidades físicas, com a consolidação dos dados levantados e execução do relatório final da área estudada, culminando no mapeamento das unidades físicas.

#### 4.1.4.3 Geomorfologia

A Sub-bacia do Rio Piraquê-açu abrange o domínio morfoestrutural denominado Depósitos Sedimentares. Este domínio ou macro estrutura de relevo subdivide-se em duas regiões geomorfológicas, caracterizadas por duas regiões e quatro unidades geomorfológicas, apresentadas na Tabela 4.1.4.3.

**Tabela 4.1.4.3 - Domínios Morfoestruturais**

<b>Domínio</b>	<b>Região</b>	<b>Unidades</b>
<b>Morfoestruturais</b>	<b>Geomorfológica</b>	<b>Geomorfológicas</b>
Depósitos Sedimentares	Planícies Costeiras	Planície Fluvial
		Planície Flúvio-Marinha
		Planície Marinha
	Tabuleiros Costeiros	Tabuleiros Costeiros

Fonte: Levantamento de Recursos Naturais – Projeto RADAMBRASIL – Folha Rio Doce (SE-24) – vol.34 – 1983

A Figura 4.1.4.3 apresenta as Unidades Geomorfológicas (Planície Fluvial, Planície Flúvio-Marinha, Planície Marinha, Tabuleiros Costeiros) que caracterizam as Regiões Geomorfológicas (Planícies Costeiras e Tabuleiros Costeiros) da área mapeada.

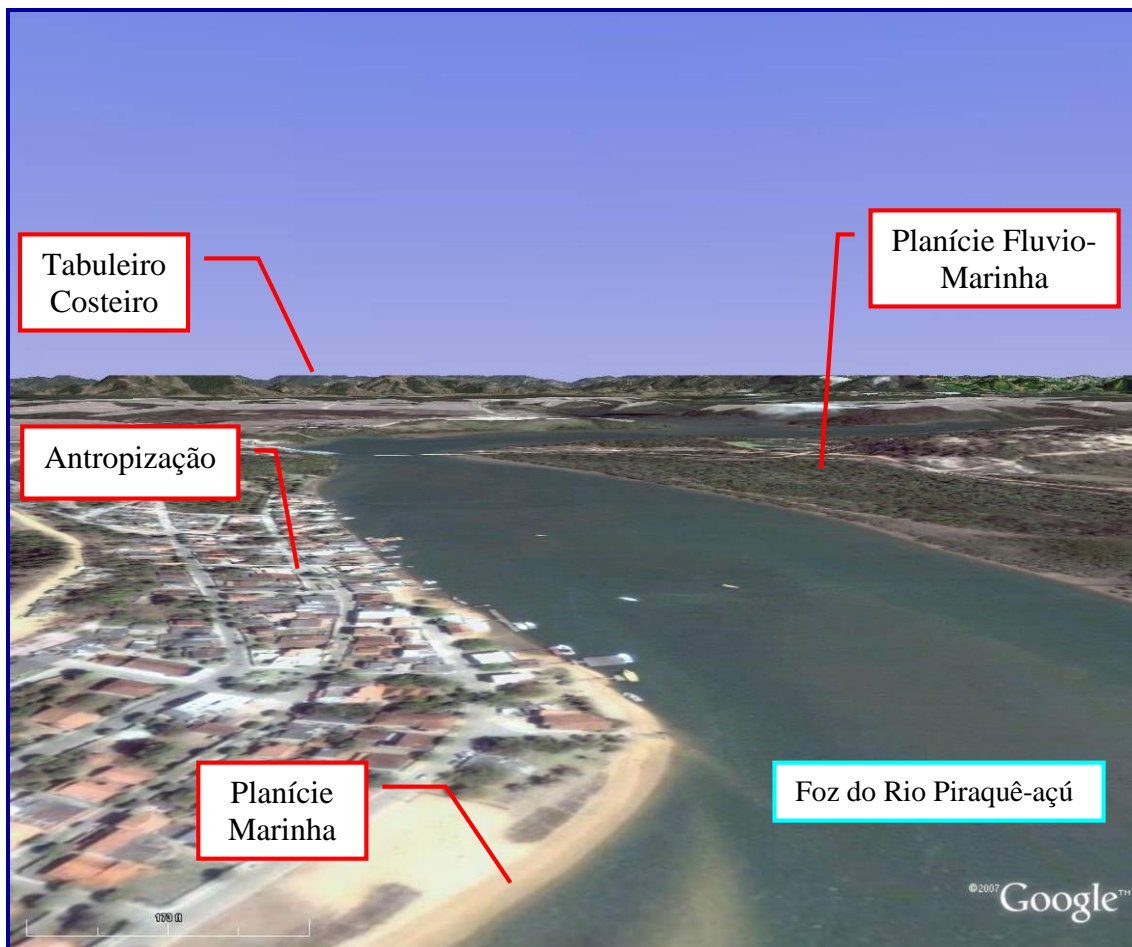


Figura 4.1.4.3.a - Unidades Geomorfológicas da área mapeada.

A seguir é apresentada uma descrição de cada unidade geomorfológica da área de estudo.

- **Planície Fluvial**

Na Planície Fluvial representada por um modelo de acumulação fluvial, em vales amplos e abertos, pouco profundos, em forma de “U”, ou planícies de inundação, decorrente de processos atuais, na qual são depositadas aluviões a partir de sedimentos continentais carregados pelo Rio Piraquê-Açu que os sedimentam em



baixadas e planícies de inundação, ou por sedimentos carregados diretamente das encostas que cercam estes vales (Figura 4.1.4.3.b), e ali se depositam, caracterizando a ocorrência de solos recentes denominados Neossolos Fúlvico.



Figura 4.1.4.3.b - Planície Fluvial na área mapeada, no Rio Piraquê-açu.

Essa unidade é dominada por um relevo plano, com altimetrias médias na ordem de 2 a 5 metros, cujos solos encontram-se cobertos por água durante grande parte do ano ou por vegetação típica de áreas inundáveis, conforme apresenta as Figuras 4.1.4.3.c e 4.1.4.3.d, e conforme apresentada no mapa geomorfológico (mapa 4.1.4.3). Verifica-se a dificuldade de escoamento de água nesta planície de inundação em função do baixo gradiente hidráulico ao longo dos seus cursos, o que lhes impõe uma baixa energia.

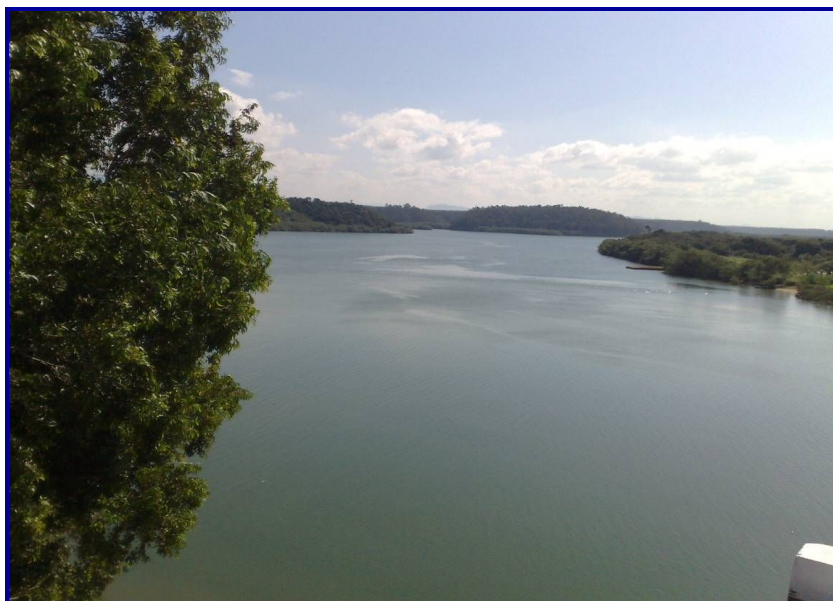


Figura 4.1.4.3.c - Planície Fluvial na área mapeada, no Rio Piraquê-açú.

A unidade geomorfológica da Planície Fluvial ocupa uma área de 10,48 Km<sup>2</sup> na região de estudo, o que corresponde a 10,20 % do total da área.

- **Planície Flúvio-Marinha**

A Planície Flúvio-marinha ocupa uma grande parte da área mapeada, estendendo-se pela margem do Rio Piraquê-Açú, até a sua foz, no Oceano Atlântico, conforme apresenta a Figura 4.1.4.3.d. Estes Depósitos Quaternários Flúvio-marinhos Holocênicos, correspondem à ambientes afetados por oscilações eustáticas e pelo controle neotectônico regional, em escala de tempo mais longa, e a variações no aporte sedimentar, em intervalos mais curtos.



Figura 4.1.4.3.d - Vista da Planície Flúvio-marinha, no estuário do Rio Piraquê-açú.

Esta unidade pertencente à região geomorfológica das Planícies Costeiras, que corresponde a uma estreita e extensa faixa, disposta em sentido oeste-sudeste, adentrando no Rio Piraquê-Açú, conforme apresentada no Mapa Geomorfológico (Anexo 4.1.4.3).

Esta Planície Flúvio-marinha representa um modelado de acumulação flúvio-marinha decorrente de processos atuais e sub-atuais, representados pela sedimentação em antigas lagunas ali originadas em época de transgressão marinha, que com o início da regressão subsequente, transformaram-se em depósitos de pântanos de água doce, com contribuição marinha em épocas de marés cheias.

Esta unidade apresenta-se com áreas ocupadas por vegetação sob forte influência fluvial, como depósitos de brejos e pântanos, e localmente, as margens do Rio



Piraquê-açú, por vegetação de mangue, evidenciando a contribuição marinha nesta região.

Quanto à presença de feições morfológicas marcantes nesta Planície Flúvio-marinha, que se apresenta bastante homogênea em termos de características morfológicas e altimétricas, o aspecto mais notável se faz pela presença do Rio Piraquê-açú que corta toda a unidade.

Esta unidade é dominada por um relevo plano, com altimetrias médias na ordem de 0 a 2 metros e representam os terrenos com as cotas altimétricas mais baixas de toda a área de estudo.

Como principais características desta unidade, considerando os aspectos dos processos morfodinâmicos atuais, pode-se destacar a alta suscetibilidade a alagamentos e inundações, a nula suscetibilidade a ocorrência de processos erosivos e nula suscetibilidade a ruptura ou rompimentos do terreno, ressaltando que estas três características são decorrentes do relevo plano existente na área, associado as mais baixas altitudes da área.

Esta unidade representa um modelado de sedimentação, onde grande parte dos sedimentos que para ela convergem acabam sendo carregados para o mar por meio do Rio Piraquê-açú.

A unidade geomorfológica da Planície Flúvio-marinha ocupa uma área de 17,64 km<sup>2</sup> na região de estudo, o que corresponde a 17,17 % do total da área mapeada.

- **Tabuleiros Costeiros**

Os Tabuleiros Costeiros, em toda sua região de ocorrência ao longo da costa brasileira, distribuem-se de oeste para leste, desde os sopés das elevações

cristalinas Pré-Cambrianas nas cabeceiras do rio Piraquê-açu, até as proximidades do litoral ou até a Planície Costeira, onde esta se encontra presente.

Os Tabuleiros Costeiros coincidem com os sedimentos terciários do Grupo Barreiras, compostos por arenitos e argilitos semi-consolidados, o que permitiu a geomorfogênese imprimir a estes sedimentos uma feição tabular típica, resultando a denominação de Tabuleiros Costeiros em função de sua ocorrência próximo à linha de costa.

Apresentam um relevo que varia de plano a suave ondulado, levemente inclinado em direção ao litoral, com cotas variando em torno de 5 metros, nas partes mais baixas, junto à linha de costa, a aproximadamente 160 metros, nas partes mais elevadas da área. Em média, o gradiente do relevo dos Tabuleiros Costeiros é da ordem de 1,2m/km, com declividade para o mar.

Na área mapeada, os sedimentos do Grupo Barreiras imprimem a feição de Tabuleiros no relevo local, onde se apresentam com sua forma mais característica, com extensas feições de topos aplanados e retilíneos, largos interflúvios, grande aprofundamento das drenagens internas da unidade e com significativos desníveis topográficos entre os Tabuleiros e a Planície Costeira ou a linha de costa, conforme apresenta a figura 4.1.4.3.e, muitas vezes com a presença de falésias.



Figura 4.1.4.3.e - Significativos desníveis topográficos entre os Tabuleiros e a Planície Costeira. Fonte: Environlink/2009

De modo geral, a presença destas falésias marca o contato entre os Tabuleiros Costeiros e a linha de costa em épocas geológicas passadas, sendo que na área de estudo, dependendo do local considerado, o contato pode ser realizado com ou sem a presença de paleofalésias.

O relevo plano apresentado pelos Tabuleiros na região de estudo é por vezes rompido, resultando em interflúvios tabulares com vales e depressões de dimensões variadas, por onde percorrem os rios e córregos que drenam a região, que escavam profundas depressões nestes tabuleiros, resultando em vales abertos e de fundo chato, conforme apresenta a figura 4.1.4.3.f. Lateralmente a esses vales, o relevo predominante volta a ser de interflúvios tabulares, normalmente de extensão média a grande, quando é novamente rompido por novas drenagens que se sucedem e vão entalhando o relevo da região.



Figura 4.1.4.3.f - Vale aberto e de fundo chato em meio à unidade dos Tabuleiros Costeiros. Fonte: Environlink/2009

A quase totalidade dos rios e córregos que drenam esta unidade na área de estudo possuem vales longos e com aprofundamento médio variando em função dos trechos considerados, mas normalmente superiores a 5 metros podendo chegar a 20 metros e talvegues de fundo chatos preenchidos por aluviões.

O padrão de drenagem observado para os cursos d'água que ocorrem na região dos Tabuleiros é nitidamente dendrítico para os tributários de segunda ordem e preferencialmente paralelo para os cursos principais, onde se observa certo paralelismo entre as calhas fluviais dos rios, todos drenando a área em sentido oeste-leste. Apesar do paralelismo existente entre esses rios, é provável que não exista um controle estrutural determinando este padrão, sendo ele fruto apenas de controle topográfico imposto pela suave e contínua inclinação dos tabuleiros em direção leste.

Os Tabuleiros Costeiros representam um modelado de aplanamento com dissecação homogênea, decorrente de processos atuais e subatuais, resultando em feições de topo aplanados, levemente convexados e abaulados. Este modelado de aplanamento é também resultante da fraca resistência das rochas sedimentares terciárias do Grupo Barreiras, que se comportam com pouca resistência a uma morfogênese úmida, resultando na feição de um conjunto de relevo tabulares rebaixados.

Este modelado indica que a área de ocorrência desta unidade geomorfológica encontra-se sujeita a um contínuo processo de dissecação, equivalente a um processo de erosão homogênea ao longo do tempo geológico, não representando nas atuais condições geológicas e climáticas áreas sujeitas a sedimentação ou acumulação de sedimentos.

Essa unidade ocupa uma extensa área na região mapeada, sendo cortada pelo Rio Piraquê-açú.

A unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros ocupa uma área de 74,05 km<sup>2</sup> na região de estudo, o que corresponde a 72,07 % do total da área mapeada.

- **Planície Marinha**

Esta unidade, a última pertencente à região geomorfológica das Planícies Costeiras na área de estudo, encontra-se distribuída em duas pequenas áreas na foz do Rio Piraquê-açú, dentre a área mapeada, conforme apresentado no Mapa Geomorfológico (Anexo 4.1.4.3), limitando-se com áreas antropizadas, próximo a linha de praia, na foz do Rio, conforme apresenta a Figura 4.1.4.3.g.





Figura 4.1.4.3.g - Vista da Planície Marinha, no Rio Piraguê-Açú.

Esta unidade, a Planície Marinha, é aquela que se apresenta com cotas altimétricas entre as unidades que compõem a Planície Costeira, entre 0 a 3 m.

Como principais características desta unidade, considerando os aspectos dos processos morfodinâmicos atuais, pode-se destacar a baixa ou nula suscetibilidade a alagamentos e inundações, a baixa suscetibilidade a ocorrência de processos erosivos e baixa suscetibilidade a ruptibilidade ou rompimentos do terreno, ressaltando que estas três características são decorrentes do relevo plano existente na área.

A unidade geomorfológica da Planície Marinha ocupa uma área de 0,58 km<sup>2</sup> na região de estudo, o que corresponde a 0,56 % do total da área mapeada.

### **Mapa 4.1.4.3 – Mapa Geomorfológico da Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-açu e Piraquê-mirim e seu entorno imediato**

#### 4.1.4.4 Geologia

Neste item do Plano de Manejo serão descritas as unidades e as estruturas geológicas identificadas na Sub-bacia do Rio Piraquê-açú.

A geologia da área estudada na sub-bacia do Rio Piraquê-açú está representada por rochas com idades do Terciário ao Quaternário Recente. A tabela 4.1.4.4.a mostra as unidades geológicas da área, bem como suas respectivas subunidades.

**Tabela 4.1.4.4.a – Unidades Geológicas e suas respectivas subunidades.**

Unidades Geológicas	Subunidades Geológicas
Fanerozóico (Cenozóico – Quaternário Holoceno)	Depósitos Flúvio-marinhos Holocênicos
	Terraços Marinhos Holocênicos
	Depósitos Flúvio-Aluvionares Holocênicos
Fanerozóico (Cenozóico – Terciário Mioceno Superior)	Grupo Barreiras

Fonte: HABTEC, 1996; Projeto Macrozoneamento Costeiro, SEAMA 1990.

Para a caracterização geológica da área da Sub-bacia do Rio Piraquê-Açú, dada à complexidade das relações estratigráficas e estruturais da área, foram separadas as unidades correspondentes às regiões de predominância, com características litológicas e estruturais semelhantes e de extensão regional. Esta separação foi baseada em dados de campo, levantamentos bibliográficos, e na íntima relação entre as litologias regionais existentes.

A geologia apresentada a seguir mostra os aspectos estratigráficos e estruturais dos tipos litológicos da área da Sub-bacia do Rio Piraquê-açú, de acordo com o Mapa Geológico (Mapa 4.1.4.4). O mapeamento geológico sistemático, dado à complexidade das relações estratigráficas estruturais da área foi desenvolvido a fim de se obter a separação das unidades correspondentes às áreas de predominância, com características litológicas/faciológicas e estruturais semelhantes, e de extensão



local, conforme apresenta a Figura 4.1.4.4.a.

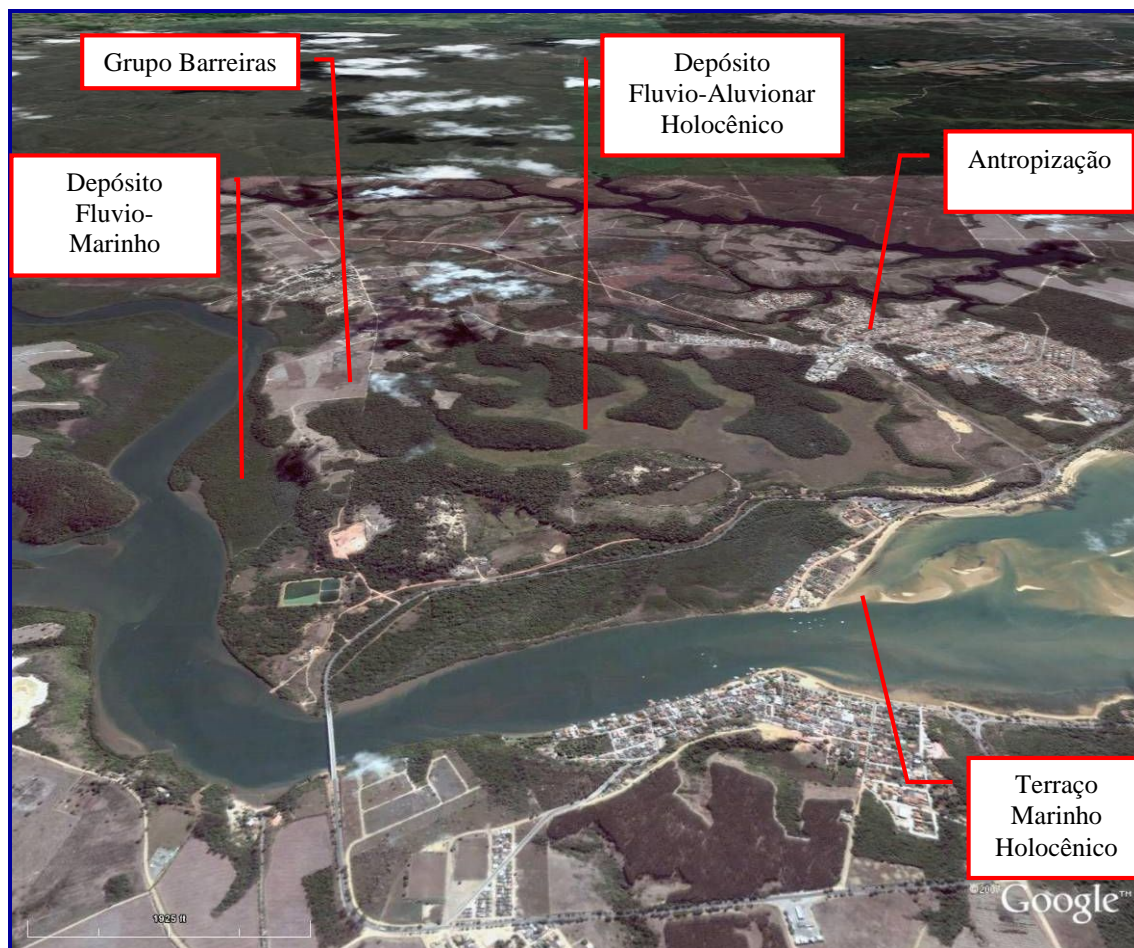


Figura 4.1.4.4.a - Unidades Geológicas que compõem a área estudada.  
Fonte: Google Earth, 2009.

Na sequência será feita a descrição das Unidades Geológicas, presentes na área de estudo:

- **Depósito Flúvio-Marinho Holocênico**

Nas proximidades da foz da Sub-bacia do Rio Piraquê-açu, que deságua no

Oceano Atlântico, encontram-se os Depósitos Flúvio-Marinhos Holocênicos, formados por depósitos de mangue, conforme a Figura 4.1.4.4.b. Esses depósitos de mangue são constituídos predominantemente por sedimentos argilo-siltosos, inconsolidados e ricos em matéria orgânica, formados pela zona de influência do regime de marés. Situam-se em zonas topograficamente baixas, ocupadas ciclicamente pelas marés que se misturam as águas pluviais. O regime de cheias e vazantes, juntamente com a salinidade alta, caracteriza a presença de uma fauna e flora específicas destes ambientes.

Os sedimentos litorâneos flúvio-marinhos apresentam-se onde predominam áreas mais planas, que possibilitaram sua maior continuidade. São formados pela ação das águas de inundação provocadas pelas variações dos regimes hidrológicos e das marés, causando sedimentação, ação de abrasão fluvial e marinha e da ação eólica.

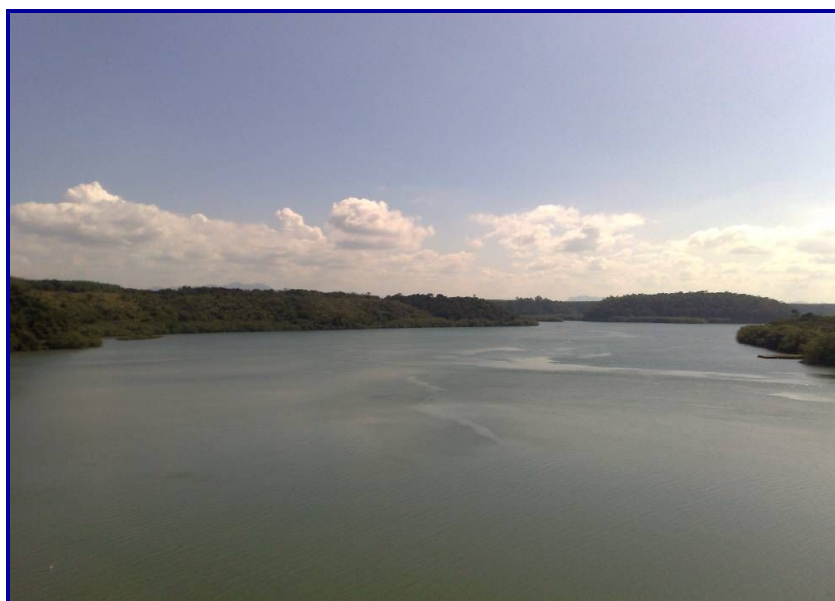


Figura 4.1.4.4.b - Ecossistema Manguezal, caracterizado pelo Quaternário Flúvio-marinho Holocênico, compondo a geologia da Sub-bacia do Rio Piraquê-Açu. Fonte: Environlink/2009

A unidade geológica Quaternário Flúvio-marinho Holocênico ocupa uma área de 17,64 km<sup>2</sup> na região de estudo, o que corresponde a 17,17% do total da área mapeada.

- **Terraço Marinho Holocênico**

Os depósitos de areias quartzosas marinhas ocorrem subordinadamente aos depósitos de mangue, lateralmente a esses, bordejando a linha de costa norte e sul da foz do rio Piraquê-açu, conforme apresenta a figura 4.1.4.4.c.

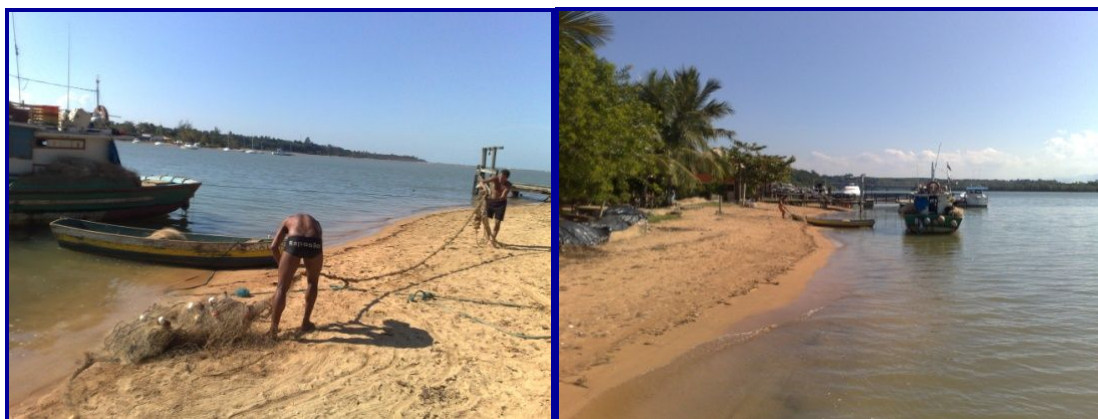


Figura 4.1.4.4.c Areias quartzosas marinhas ocorrem subordinadamente aos depósitos de mangue.

Possuem uma pequena distribuição na área, estando presentes em dois pequenos corpos junto à linha de praia. São compostos por areias quartzosas, de granulometria média a grossa, e apresentam pequenas estratificações cruzadas e grande quantidade de bioclastos. Esses depósitos arenosos se apresentam principalmente na forma de cordões litorâneos, que caracterizam a feição morfológica positiva, alongada, moldada sobre as areias da baixada litorânea. A eles intercalam-se depressões igualmente alongadas e paralelas que se sucedem periodicamente, produzindo uma superfície nitidamente ondulada.



Os cordões litorâneos existentes na área de estudo são depósitos arenosos, resultantes do retrabalhamento pelo mar da carga sedimentar carregada principalmente pelo rio Piraquê-açú. Alinham-se em longos cordões distribuídos praticamente por quase toda a planície costeira atual na região da desembocadura desse rio.

A unidade geológica Terraço Marinho Holocênico, ocupa uma área de 0,58 km<sup>2</sup> na região de estudo, o que corresponde a 0,56 % do total da área mapeada.

- **Depósito Flúvio-Aluvionar Holocênico**

Esses depósitos possuem a distribuição média pela região mapeada, sendo melhor representados nas margens dos afluentes do Rio Piraquê-açú, ao longo dos vales abertos e planícies de inundação conforme a figura 4.1.4.4.d. Na parte oeste da área, a partir de córregos que drenam a região, esses depósitos se encontram em maior área quando comparados com parte sudeste da área mapeada.

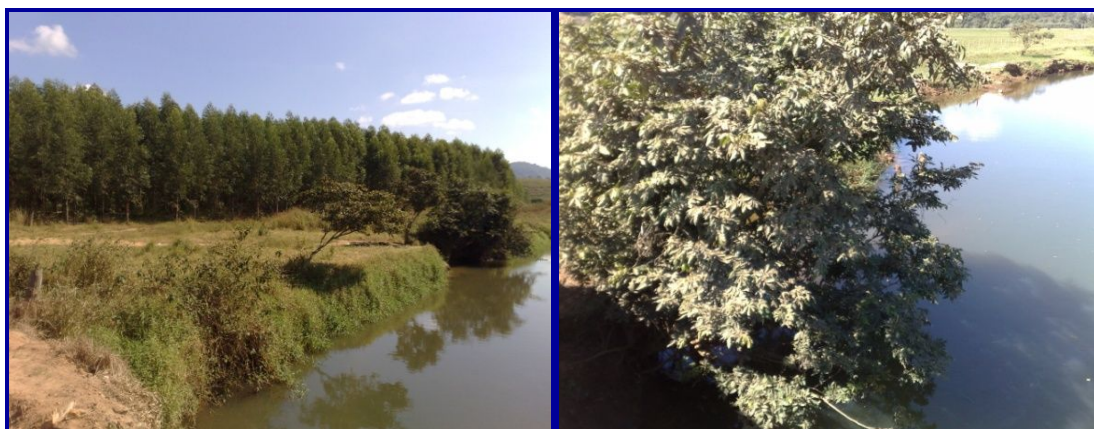


Figura 4.1.4.4.d - Depósito Flúvio-Aluvionar Holocênico as margens do córrego Grapuama. Cordenadas 365348 S 7803940 W, Datum SAD 69 - MC 39°.

Constituem superfícies topograficamente mais rebaixadas que as áreas adjacentes, representados pelo Grupo Barreiras, penetrando nestas áreas através de pequenos canais de escoamento superficial, que afluem dessas porções mais elevadas.

Os Depósitos Flúvio-Aluvionares Holocênicos da área mapeada são representados por sedimentos recentes trazidos pelos rios e córregos que drenam a região, caracterizando uma extensa área que se encontra quase permanentemente alagada, formando, na verdade, significativos depósitos de pântanos ou brejos e depósitos de planícies de inundação.

O termo pântano foi utilizado por PIAZZA, ARAÚJO e BANDEIRA JÚNIOR (1972) para designar os terrenos mais baixos da planície costeira, inconsistentes, normalmente cobertos por água doce, vegetação leve e característica, muito comumente encontrados na porção continental do delta do Rio Doce, região centro-norte do Estado do Espírito Santo.

Quando estes depósitos de pântanos se limitam com ambientes de planície de inundação, mangue ou lagoas costeiras, as diferenciações e delimitações em mapas entre estes ambientes se tornam bastante difíceis de serem definidas, necessitando estudos mais aprofundados.

Os principais componentes dos depósitos de pântanos são as turfas, constituídas por massas de restos vegetais parcialmente decompostos, de coloração variando de marrom-escura a preta, nas quais se percebe restos de plantas originais. Participa também da formação dos pântanos um material inorgânico, representado por argilas escuras, essencialmente caoliníticas, siltes e areias argilosas de coloração cinza-escura, com abundantes restos vegetais.

Na área estudada, verificou-se que este material inorgânico, representado por argilas, muitas vezes apresenta pacotes pouco espessos, com pouco mais de um

metro de profundidade, assentados diretamente sobre material arenoso, fruto de antigas sedimentações marinhas no local, em épocas pretéritas, quando o nível do mar atingiu esta região.

A espessura máxima de turfa medida quando da execução do Projeto Rio Doce (PETROBRAS, 1972) foi de 0,5 m, na região de Vila do Riacho, em local situado a norte da área de estudo. Esta turfa pode também se encontrar ausente localmente em alguns depósitos de pântanos, uma vez que não se encontram distribuídas homogeneamente em toda a área mapeada.

Os depósitos de planície de inundação, que juntamente com os depósitos de pântanos representam a unidade dos Depósitos Flúvio-Aluvionares Holocênicos, constituem-se de silte argiloso marrom-amarelado e mais raramente, de areia argilosa, além de eventualmente serem encontradas crostas e concreções limoníticas.

A argila da planície de inundação, quando se conserva abaixo do nível de água, assume uma coloração esverdeada. Contudo, nos locais apenas periodicamente inundáveis, ela toma uma coloração marrom-amarelada, em virtude da oxidação sofrida durante o período de exposição ao ar. Esses depósitos de planície de inundação apresentam abundante matéria orgânica e contém estratificações, em geral indistintas, como resultado da intensa bioturbação por vegetais, uma vez que nas áreas não alagadas permanentemente é observada cobertura vegetal.

Esta fácies de planície de inundação ocorre indiscriminadamente em toda a área de estudo, sempre em contato marginal com as regiões de depósitos de pântanos, sendo difícil a sua diferenciação, e próximas às drenagens, uma vez que estas são responsáveis pelo fornecimento de material fino (silte e argila) para estes depósitos, nas épocas de enchentes.

Os depósitos de planície de inundação muitas vezes se desenvolvem sobre sedimentos fluviais e cordões litorâneos; os depósitos de pântanos podem também recobrir argilas da planície de inundação e areias de praia, situação esta em que as areias marinhas adquirem uma coloração escura, resultantes da infiltração de ácidos húmicos derivados dos pântanos.

De modo geral, as formas desses Depósitos Flúvio-Aluvionares Holocênicos variam do tipo cordão, quando preenchem vales alongados entre cordões litorâneos, como na região do delta do Rio Doce, para o tipo lençol, nos casos de extensas áreas cobertas por pântanos, como ocorre na área de estudo.

No entanto, é bastante possível que a dinâmica natural desses depósitos de pântanos esteja se transformando, uma vez que as condições naturais mudaram em função da abertura dos inúmeros canais de drenagem, ocorrida anos atrás, conforme se verificou em praticamente todos os pontos de ocorrência desta unidade na área de estudo.

Os Depósitos Flúvio-Aluvionares Holocênicos na área da mapeada ocupam 10,48 km<sup>2</sup> na região de estudo, o que corresponde a 10,20 % do total da área mapeada.

- **Grupo Barreiras**

A unidade litoestratigráfica do Grupo Barreiras corresponde àquela com maior distribuição na área mapeada. O termo Barreiras originou-se da designação “Formação Barreiras” dada aos sedimentos continentais costeiros que formam extensos tabuleiros, freqüentemente cortados por falésias junto à linha de costa.

O Grupo Barreiras encontra-se disposto ao longo de grande parte da região costeira do sudeste e nordeste do Brasil, distribuindo-se em uma extensa faixa norte-sul, onde se apresenta com suas melhores exposições.



Como pode ser observado no Mapa Geológico, esta subunidade na área mapeada distribui-se em toda a sua porção oeste-sudeste, cortada pelo Rio Piraquê-açu, onde se tem uma ampla ocorrência dos depósitos quaternários.

Litologicamente o Grupo Barreiras é constituído por arenitos esbranquiçados, amarelados e avermelhados, argilosos, finos a grosseiros, mal selecionados, com intercalações de argilitos vermelhos e variegados com espessuras decimétricas, podendo ainda ocorrer em alguns locais lentes de aproximadamente 2 metros de espessura de conglomerado intraformacional, constituído de seixos arredondados de quartzo e quartzito de até 13 centímetros de diâmetro, envolvidos em matriz areno-argilosa vermelha (IBGE, 1987).

Na área de estudo, os sedimentos desta subunidade se apresentam bastante alterados, constituindo-se em alguns locais em um espesso manto de intemperismo, de composição predominantemente arenosa, evidenciando o desenvolvimento de processos erosivos, conforme apresenta a Figura 4.1.4.4.e.



Figura 4.1.4.4.e - Processos erosivos na Formação Barreiras, no Distrito de Santa Cruz.

Os sedimentos desta unidade na área de estudo, mesmo ocorrendo em um relevo plano, apresentam-se em bons afloramentos nos locais onde ocorreram cortes para implantação das estradas já existentes, conforme pode ser observado na Figura 4.1.4.4.f, onde os sedimentos do Grupo Barreiras podem ser vistos em suas características típicas de coloração amarelo-avermelhado ou branco.



Figura 4.1.4.4.f - Sedimento do Grupo Barreiras, na área mapeada, com suas características típicas de coloração amarelo-avermelhado ou branco.

A parte inferior da unidade geralmente é constituída por arenito vermelho fino a grosseiro, argiloso, mal selecionado, maciço e conglomerático na base. É muito comum encontrar-se na parte média da seqüência intercalações locais de leitos ferruginosos ou seções de argila variegada com infiltração de óxido de ferro, muitas vezes formando bolsões limoníticos observáveis através da presença de canga limonítica em meio ao pacote sedimentar. A parte superior, constituída de arenitos argilosos, pode apresentar, por vezes, zonas silicificadas (IBGE, 1987).

É bastante comum que os óxidos de ferro presentes na porção média da seqüência se apresentem sob a forma de blocos de canga limonítica, de tamanhos variados, que podem se encontrar soltos e espalhados em diversos pontos da área de estudo.

O Grupo Barreiras apresenta diversas cascalheiras com espessuras variadas, podendo ser formadas por pequenos fragmentos de canga limonítica recobrimdo os sedimentos da unidade, ou ainda, por seixos quartzosos arredondados que foram transportados e se encontram sobre os sedimentos da unidade.

De modo geral, os sedimentos desta unidade litoestratigráfica podem ser distinguidos nas imagens de satélite pelas suas feições típicas de tabuleiros, com extensos interflúvios de topo plano. Esta característica tabular é mais bem evidenciada nas proximidades da orla marítima, onde muitas vezes aparecem falésias e vales escavados.

Os contatos com os sedimentos quaternários, que se distribuem na Planície Litorânea, eventualmente pode ser gradual, mas normalmente ocorre de forma abrupta, com a presença típica de falésias e diferenças de altimetrias que podem chegar a 25 metros.

Os vários autores que estudaram esta unidade são unânimes em afirmar que seu ambiente de sedimentação é continental. Silva Filho *et all.* (1974) *apud* IBGE (1987) estabeleceram que os sedimentos foram originados a partir de alternâncias climáticas. Durante os climas úmidos atuava o intemperismo químico no embasamento, enquanto que nos períodos de clima semi-árido havia a desagregação mecânica e transporte por correntes fluviais. Silva e Ferrari (1976) *apud* IBGE (1987) advogaram a influência do clima tropical úmido na área fonte, admitindo que a rocha foi totalmente intemperizada *in situ* para depois ser erodida e posteriormente depositada em planícies de inundação, ressaltando ainda a importância do ambiente lagunar na formação dos níveis argilosos.

Atualmente, uma expressiva parte das áreas onde ocorrem estes sedimentos encontra-se destinada a pastagens para gado ou plantios com eucaliptos, como pode ser observado na área mapeada.

A unidade geológica Grupo Barreiras, ocupa uma área de 74,05 km<sup>2</sup> na região de estudo, o que corresponde a 72,07 % do total da área mapeada.

#### **Mapa 4.1.4.4 – Mapa Geológico da Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-açu e Piraquê-mirim e seu entorno imediato**

#### 4.1.4.5 Pedologia

O solo é uma parcela dinâmica e tridimensional da superfície terrestre, que suporta e mantém as plantas. Este possui um conjunto peculiar de características intrínsecas e extrínsecas, com limites definidos de expressão. Seu limite superior é a superfície terrestre, sua superfície inferior está definida pelos limites da ação das forças biológicas e climáticas, e seus extremos laterais limitam-se com outras classes de solos.

Com base nessas premissas podemos afirmar que o solo é o meio natural para desenvolvimento das plantas terrestres, recobrando a terra com camadas quase contínuas de pólo a pólo. Em qualquer lugar, suas características são decorrentes da ação combinada dos cinco fatores genéticos formadores do solo: rocha matriz, relevo, clima, seres vivos e tempo, acrescidos dos efeitos do uso pelo homem.

A “ciência do solo aplicada” demanda mapas precisos de todos os solos enquadrados dentro de unidades de classificação apropriada, definidas de acordo com suas propriedades importantes, capazes de influenciar a potencialidade das terras para utilização agrícola, pastoril, florestal, além da utilização para fins de engenharia.

Sendo assim os levantamentos de solos têm como objetivo: determinar as características dos solos; classificá-los em unidades definidas de um sistema uniforme de classificação, de acordo com nomenclatura padronizada; estabelecer e localizar seus limites graficamente representados; prever e determinar sua adaptabilidade para diferentes aplicações.

Ressalta-se que existem vários tipos de levantamentos e estes não são igualmente adequados para os diferentes fins. Um bom levantamento de solos, para preencher suas finalidades, deve ser científico na sua concepção e prático nos seus propósitos.



Abaixo será descrita a metodologia executada para o levantamento das classes de solos da área de influência direta do empreendimento.

#### 4.1.4.5.1 Metodologia

A metodologia utilizada para o Levantamento Pedológico da área mapeada se dividiu em três etapas, sendo estas a revisão bibliográfica dos estudos morfológicos oficiais, campanhas de campo para verificação e constatação das informações existentes na literatura, trabalho de escritório com elaboração do relatório técnico e mapeamento das classes de solos existentes.

Para a classificação das unidades pedológicas na área de estudo foram utilizados os critérios do Centro Nacional de Pesquisa de Solos da EMBRAPA. No caso da representação cartográfica destas classes foi elaborada uma legenda em caráter preliminar durante os trabalhos de campo e definida após a conclusão dos trabalhos de classificação em conformidade com os critérios do Centro Nacional de Pesquisa de Solos da EMBRAPA, com o delineamento das unidades pedológicas na escala final e transferida para a base cartográfica.

#### 4.1.4.5.2 Identificação e Caracterização Pedológica

Os dados apresentados foram obtidos a partir de levantamentos bibliográficos existentes, buscando-se uma condensação dos mesmos a fim de se obter o máximo de informações sobre as Classes de Solos da área mapeada, com destaque para as unidades pedológicas.

O Centro Nacional de Pesquisa de Solos da EMBRAPA apresentou no ano de 1999, o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, aonde grande número de classes de solos de alto nível categórico veio a ser incluído para apropriar classificação de tipos de solos expressivamente distintos, os quais foram sendo identificados durante levantamentos pedológicos realizados na ampla diversidade de ambiência climática, geomorfológica, vegetacional e geológica do território nacional.

A Tabela 4.1.4.5.2.a apresenta as cinco classes de solos existentes na área mapeada, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, da EMBRAPA (1999).

**Tabela 4.1.4.5.2.a - Classes de solos existentes no Parque Natural Municipal da Manteigueira, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, 1999.**

Classes de Solos
Argissolo Amarelo
Associação de Gleissolo e Organossolo Háptico
Solos Indiscriminados de Mangue
Neossolos Quartzarênicos

Fonte: EMBRAPA, 1999.

A seguir serão descritas as classes de solos existentes na área mapeada, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (1999), para que possa ser feita

uma analogia entre elas e a classificação anteriormente usada pela EMBRAPA Solos.

Na região mapeada, na Sub-bacia do Rio Piraquê-açu, ocorrem vários tipos de solos, algumas vezes em associações, onde predominam os Gleissolos e Organossolos de textura argilosa, em área de relevo plano, característicos da Planície Costeira.

No mapeamento pedológico, as unidades foram delimitadas em nível de classes e associação de classes de grande grupo. As principais classes encontradas nas áreas mapeadas foram os Neossolos Quartzarênicos, conhecidos como Areias Quartzosas Marinha, os Solos Indiscriminados de Mangue com características sálicas e tiomórficas, os Argissolos que compõem a paisagem dos Tabuleiros Costeiros e os Gleissolos associados aos Organossolos Háplicos da Planície Fluvial.

- **Argissolo Amarelo**

Segundo Embrapa (1999), são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade baixa imediatamente abaixo de um horizonte A ou E não tendo horizonte Plíntico ou Glei acima nem coincidente com a parte superior do horizonte B textural.

Horizonte B textural é um horizonte mineral sub-superficial com textura franco arenosa ou mais fina (mais que 15% de argila) onde houve incremento de argila, orientada ou não, desde que não exclusivamente por descontinuidade, resultante de acumulação ou concentração absoluta ou relativa decorrentes de processos de iluviação e/ou formação *in situ* e/ou herdada do material de origem e/ou infiltração de argila ou argila + silte com ou sem matéria orgânica e/ou destruição de argila do

horizonte A e/ou perda de argila do horizonte A por erosão diferencial (EMBRAPA, 1999).

Pode apresentar cerosidade formada pela deposição de argila sobre as diferentes faces dos agregados do horizonte textural, formando película de colóides minerais, que lhe conferem, se bem desenvolvida, um aspecto lustroso e brilho graxo (EMBRAPA, 1999).

Para ser considerado horizonte textural, este deve ter espessura com as seguintes características:

- Ter pelo menos 10% da soma das espessuras dos horizontes sobrejacentes e no mínimo 7,7 cm; ou
- Ter 15 cm ou mais, se os horizontes A e B somarem mais que 150 cm; ou
- Ter 15 cm ou mais se a textura do horizonte E ou A for areia franca ou areia; ou
- Se o horizonte B for inteiramente constituído por lamelas, estas devem ter, em conjunto, espessura superior a 15 cm; ou
- Se a textura for média ou argilosa, o horizonte B textural deve ter espessura de pelo menos 7,5 cm.

Em adição às características de espessura acima citadas, o horizonte B textural deve atender a um ou mais de uma lista de requisitos que podem ser observados em Embrapa (1999). Dentre eles, destaca-se o incremento de argila total do horizonte A para B, o suficiente para que a relação textural B/A satisfaça a uma das seguintes condições:

- Nos solos com mais de 40% de argila no horizonte A, relação maior que 1,5; ou
- Nos solos com 15% a 40% de argila no horizonte A, relação maior que 1,7; ou
- Nos solos com menos de 15% de argila no horizonte A, relação maior que 1,8.

No segundo nível categórico (sub-ordens), os Argissolos podem ser Acinzentados, Amarelos, Vermelho-Amarelos ou Vermelhos. Na área em estudo foi identificada a classe denominada Argissolo Amarelo, característico dos Tabuleiros Costeiros, conforme apresenta a figura 4.1.4.5.2.a



Figura 4.1.4.5.2.a - Argissolo Amarelo caracterizando os solos dos Tabuleiros Costeiros. Fonte: Environlink/2009

São chamados Argissolos Amarelos aqueles com matiz mais amarelo que 5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, inclusive BA. Compõem a pedologia dos Tabuleiros Costeiros, unidade geomorfológica que caracteriza a área



formada sobre as rochas do grupo Barreiras e que domina boa parte da paisagem regional imediatamente a oeste da Planície Costeira.

Os Argissolos Amarelos na área estudada são utilizados para plantio de pastagem, capineiras (Figura 4.1.4.5.2.b), eucalipto (Figura 4.1.4.5.2.c) para uso na indústria de celulose, café (Figura 4.1.4.5.2.d), fruticultura, entre outras atividades agrícolas.



Figura 4.1.4.5.2.b - Plantio de capineiras, para alimentação de gado, sob Argissolo Amarelo.  
Fonte: Environlink/2009



Figura 4.1.4.5.2.c - Plantio de eucalipto, para indústria de celulose, sob Argissolo Amarelo.  
Fonte: Environlink/2009



Figura 4.1.4.5.2.d - Plantio de café, sob Argissolo Amarelo.  
Fonte: Environlink/2009



A figura 4.1.4.5.2.e apresenta um corte no Argissolo Amarelo, utilizado como área de extração mineral (argila), sob as coordenadas 0376995 S 7793163 W – Datum SAD 69 MC 39°, denominada Barro Bom Ltda ME, que encontra-se atualmente licenciado pelo IEMA.



Figura 4.1.4.5.2.e - Extração mineral de Argissolo Amarelo. Fonte: Environlink/2009

Estes solos apresentam restrições de uso agrícola e silvicultural ligadas à sua baixa fertilidade, dada sua baixa CTC e baixa atividade da argila, alta erodibilidade e baixa capacidade de retenção de água no horizonte superficial. Porém, o relevo plano dos topos diminui as taxas de erosão do solo e apesar do elevado teor de areia do horizonte A, a água tende a ser retida na superfície do horizonte B em função da sua baixa permeabilidade.

Ressalta-se que as bordas dos Tabuleiros Costeiros, onde predominam os Argissolos Amarelos, são consideradas áreas de preservação permanente pela resolução CONAMA nº 303/2002, quando em declividade superior a 45%,

impedidas, desta forma, de serem utilizadas para qualquer uso agrícola ou silvicultural.

Os Argissolos Amarelos ocupam uma área de 74,05 km<sup>2</sup> na região de estudo, o que corresponde a 72,07 % do total da área.

- **Associação Gleissolo e Organossolo Háplico**

Os Gleissolos Háplicos estão associados aos Organossolos Háplicos na unidade geomorfológica denominada Planície Fluvial.

Os Gleissolos são solos constituídos por material mineral com horizonte glei dentro dos primeiros 50cm da superfície ou entre 50 e 125 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou precedido por horizonte B incipiente, B textural ou horizonte C com presença de mosqueados abundantes com cores de redução e satisfazendo, ainda, todos os seguintes requisitos (Santana *et al.*, 2002):

- Ausência de qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei;
- Ausência de horizonte vértico ou plântico acima do horizonte glei ou coincidente com este;
- Ausência de horizonte B textural com mudança textural abrupta; e
- Ausência de horizonte hístico com 40cm ou mais de espessura.

Horizonte Glei é um horizonte mineral subsuperficial ou eventualmente superficial, com espessura de 15 cm ou mais, caracterizado por redução de ferro e prevalência do estado reduzido em todo ou em parte, devido principalmente à água estagnada, como evidenciado por cores neutras ou próximas de neutras na matriz do horizonte, com ou sem mosqueado de cores mais vivas. Trata-se de horizonte fortemente influenciado pelo lençol freático (Figura 4.1.4.5.2.f) e regime de umidade redutor,

virtualmente livre de oxigênio dissolvido em razão da saturação por água durante todo o ano ou pelo menos por um longo período, associada à demanda de oxigênio pela atividade biológica (EMBRAPA, 1999).

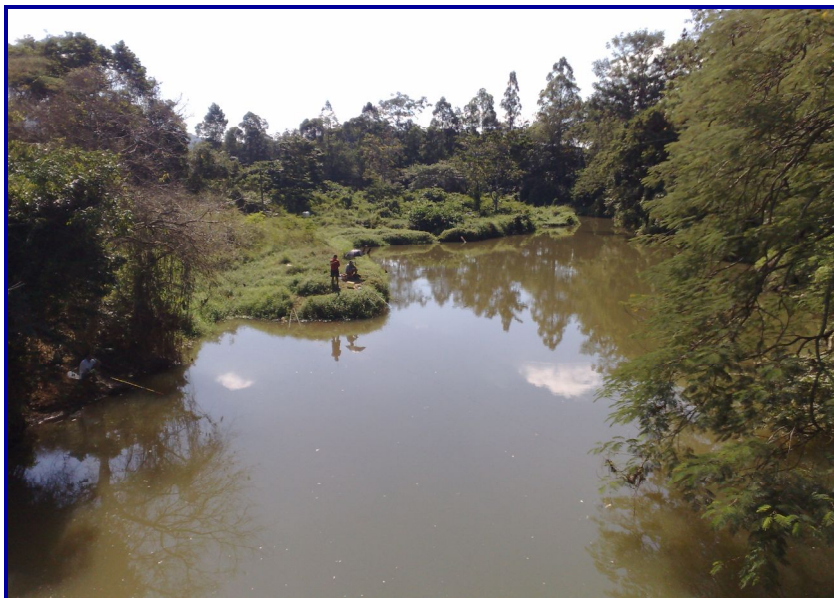


Figura 4.1.4.5.2.f - Associação de Gleissolo e Organossolo Háplico, sobre forte influência do lençol freático. Fonte: Environlink/2009

Os Organossolos são solos constituídos por material orgânico, que apresentam horizonte O ou H hístico com teor de matéria orgânica  $\geq 0,2$  kg/kg de solo ( $\geq 20\%$  em massa), com espessura mínima de 40 cm quer se estendendo em seção única a partir da superfície, quer tomado cumulativamente dentro de 80 cm de espessura, quando sobrejacente ao contato lítico. Constitui-se o material orgânico de acumulações de restos vegetais em grau variável de decomposição, acumulados em ambientes mal a muito mal drenados ou em ambientes úmidos de altitude elevada, saturados com água por poucos dias no período chuvoso, de coloração preta, cinzenta muito escura, ou marrom, com elevados teores de carbono orgânico (EMBRAPA, 1999).

Em condições sujeitas a elevado encharcamento, durante longo tempo no ano, dificultando a decomposição da matéria orgânica, a formação dos solos é dominada pela acumulação de material orgânico sobre a superfície, conforme apresenta a figura 4.1.4.5.2.g. Onde quer que os horizontes ou camadas superficiais permaneçam saturados de água na maior parte do ano, os processos de alteração mineral e translocações de produtos secundários são substituídos pela acumulação de matéria orgânica sobre a superfície e formação de “peat”. Comumente apresentam um horizonte H ou O hístico sobre camadas orgânicas constituídas por material orgânico do tipo sáprico ou fíbrico com grande proporção de resíduos vegetais em grau variável de decomposição (EMBRAPA, 1999).



Figura 4.1.4.5.2.g - Nível elevado do lençol freático, dificultando a decomposição da matéria orgânica. Fonte: Environlink/2009

Estes solos, devido à sua espessa camada de matéria orgânica superficial, sofreram intensa atividade antrópica através da abertura de canais de drenagem, aprofundamento de canais existentes e retificação de cursos d'água, além de retirada da vegetação original e plantio de pastagens, desconfigurando suas características naturais, especialmente no que tange à espessura do horizonte A.



Usualmente são solos fortemente ácidos, apresentando alta capacidade de troca catiônica e baixa saturação de bases, com esporádica ocorrência de saturação média ou alta. Podem apresentar horizonte sulfúrico, materiais sulfídricos, caráter sálico, propriedade sódica ou solódica, podendo estar encoberto por uma camada pouco espessa (<40cm) de material mineral (EMBRAPA, 1999).

Na área em estudo, ocorrem nas áreas mais baixas da paisagem, de idade quaternária, em associação com os Gleissolos Háplicos e Organossolos Háplicos, conforme o Mapa Pedológico (Mapa 4.1.4.5.2).

A principal limitação desses solos é a presença de lençol freático muito próximo à superfície, o que promove dificuldades na mecanização. Entretanto, esses solos são muito utilizados no Brasil no plantio de arroz e pastagens, após a execução de trabalhos de drenagem.

Ressalta-se que estes solos são considerados sem aptidão para florestas plantadas devido às restrições impostas pela deficiência de oxigênio na zona radicular e dificuldades de mecanização.

Deve-se observar, entretanto, que grande parte das áreas ocupadas por estes solos estão em áreas de preservação permanente, sendo, desta forma, impedidos de utilização de acordo com a legislação vigente. Têm ainda uma forte vocação preservacionista tanto pela posição próxima aos corpos d'água quanto pela fauna a ele normalmente associada.

A Associação de Gleissolos e Organossolos Háplicos ocupa uma área de 10,48 km<sup>2</sup> na região de estudo, o que corresponde a 10,20 % do total da área.

- **Solos Indiscriminados de Manguê**

Os Solos Indiscriminados de Manguê que constituem a associação do solos hidromórficos salino denominados Gleissolos Tiomórficos, Gleissolos Sálcos e Organossolos Tiomórficos.

Os Solos Indiscriminados de Manguê compõem todo Ecossistema Manguezal às margens do Rio Piraquê-açu. São solos recentes, formados por material carregado pelos rios sob influência da maré, conforme apresenta a figura 4.1.4.5.2.h. Apresentam alto teor de sais e compostos de enxofre (thiomorfismo). São solos pouco desenvolvidos, sem caracterização nítida dos horizontes e pode apresentar algumas vezes um horizonte de acúmulo de matéria orgânica a parte superior e cores de intensa redução.

Os Solos Indiscriminados de Manguê compreendem solos hidromórficos, salinos, orgânicos ou orgânico-minerais, contendo compostos de enxofre, que após drenagem e por oxidação tornam-se extremamente ácidos, devido à formação de sulfatos e em alguns casos até de ácido sulfúrico. Diferenciam-se dos outros solos hidromórficos, pelos teores de matéria orgânica no horizonte superficial e principalmente pela presença do enxofre.

Os Gleissolos Tiomórficos ocorrem associados a Organossolos Tiomórficos e Sálcos. São muito expressivos na área, sendo recobertos por vegetação de mangue. Não se prestam para uso agrícola, visto que uma vez drenados tornam-se extremamente ácidos. Seu risco de erosão é nulo.



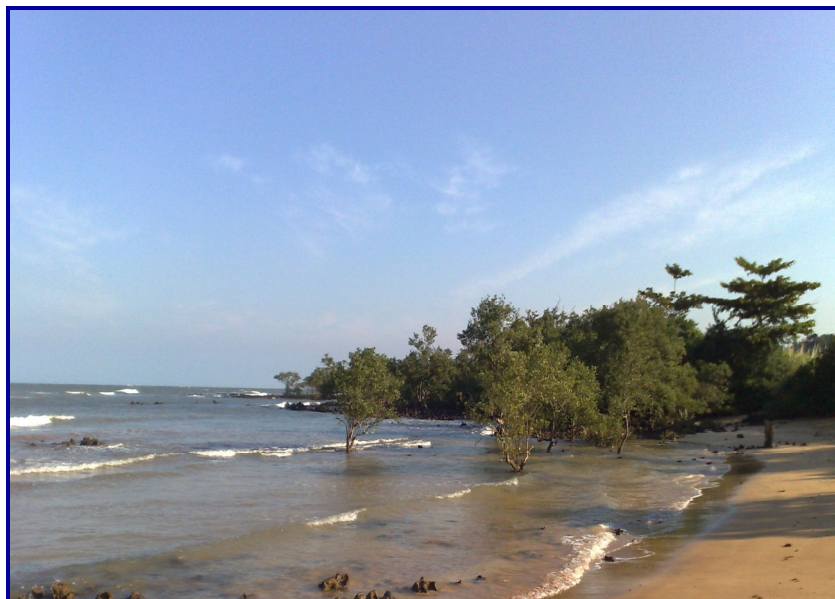


Figura 4.1.4.5.2.h - Nível elevado do lençol freático, dificultando a decomposição da matéria orgânica. Fonte: Environlink/2009

Os Solos Indiscriminados de Mangue tem características salino-sódicas que apresentam condutividade do extrato de saturação maior que 4 mho/cm a 25°C e com percentagem de sódio trocável superior a 15% em pelo menos alguns horizontes. Apresentam-se muito mal drenados, com perfis pouco diferenciados, com seqüência de horizontes A e C, ou sem nenhuma diferenciação de horizontes ou camadas, especialmente nas áreas de mangues. O horizonte A com espessura variável, apresenta cores brunadas, cinzentas ou pretas, a textura varia de argilosa a arenosa. O horizonte C (Cgsa e/ou Csa) possui cores cinzentas e brunadas com mosqueados (EMBRAPA, 1981). Geralmente apresentam eflorescências salinas brancas na superfície durante o período seco e é também comum a ocorrência de conchas marinhas nos horizontes subsuperficiais.

Essa associação de solos, não tem uso agrícola, tendo limitações severas pelo excesso de sais e de água. A sua vocação não é agrícola, nem silvicultural, e sim de produção protéica, pois como se localizam nos estuários dos rios, conforme

apresenta a figura 4.1.4.5.2.i, a fauna é intensa, chegando a produzir de 3 a 4 vezes mais proteína por área que as terras agrícolas mais produtivas. Sua destruição afeta a pesca costeira e a produção de caranguejos e mariscos em geral. Tem, portanto importantíssima função ecológica de elo na cadeia alimentar que sustenta a vida na plataforma continental (EMBRAPA, 1981).



Figura 4.1.4.5.2.i - Vegetação típica de Manguezal na foz do rio Piraquê-açu. Fonte: Environlink/2009

Os Solos Indiscriminados de Mangue ocupam uma área de 17,64 km<sup>2</sup> na região de estudo, o que corresponde a 17,17 % do total da área.

### **Neossolos Quartzarênicos**

Os Neossolos compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 30 cm de espessura, com pequena expressão dos processos pedogenéticos, em consequência da baixa intensidade de atuação destes processos, que não conduziram, ainda, a modificações expressivas do material

originário. Não apresentam qualquer tipo de horizonte B diagnóstico e satisfazem aos seguintes requisitos (Embrapa, 1999):

- Ausência de horizonte glei, exceto no caso de solos com textura areia ou areia franca, dentro de 50 cm da superfície do solo, ou entre 50 cm e 120 cm de profundidade, se os horizontes sobrejacentes apresentam mosqueados de redução em quantidade abundante;
- Ausência de horizonte vértico imediatamente abaixo de horizonte A;
- Ausência de horizonte plântico dentro de 40 cm ou dentro de 200 cm da superfície se imediatamente abaixo do horizonte A, E ou precedidos de horizonte de coloração pálida, variegada ou com mosqueados em quantidade abundante, com uma ou mais das seguintes cores:
- Matiz 2,5 Y ou 5Y; ou Matizes 10YR a 7,5YR com cromas baixos, normalmente iguais ou inferiores a 4, podendo atingir 6, no caso de matiz 10YR;
- Ausência de horizonte A chernozêmico conjugado como horizonte cálcico ou C carbonático.

Também pertencem a esta classe, solos com horizonte A com menos de 30 cm de espessura, seguido de camada com 90% ou mais (expresso em volume) de fragmentos de rocha ou do material de origem, independente de sua resistência ao intemperismo.

Na área em estudo, foram identificados Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartzosas) na zona litorânea.

Os Neossolos Quartzorênicos, conhecidos como Areias Quartzosas Marinha distróficas, de acordo com a nomenclatura anteriormente utilizada no Brasil, possuem uma média distribuição na área mapeada, situando-se às margens do Rio Piraquê-açu até a sua foz, já em contato com as águas do Oceano Atlântico, conforme apresentam as figuras 4.1.4.5.2.j e 4.1.4.5.2.k.



Figura 4.1.4.5.2.j - Areia Quartzosa marinha, situando-se às margens do Rio Piraquê-açu até a sua foz, já em contato com as águas do Oceano Atlântico. Fonte: Environlink/2009





Figura 4.1.4.5.2.k - Areia Quartzosa marinha, situando-se às margens do Rio Piraquê-açu até a sua foz, já em contato com as águas do Oceano Atlântico. Fonte: Environlink/2009

Estes solos são essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis (EMBRAPA, 1999). São solos profundos, excessivamente drenados, com permeabilidade rápida em todo o perfil, porosos e pouco suscetíveis à erosão, devido às condições de relevo plano em que se encontram. São solos distróficos, cuja acidez varia de fortemente a extremamente ácidos (EMBRAPA, 1978).

Estes solos apresentam seqüência de horizontes A e C, com pouca diferenciação entre os horizontes devido à pequena variação de suas características morfológicas, podendo ser evidenciada alguma diferenciação de cor. Pode-se citar, também, como elemento diferencial entre os horizontes A e C, pequenos teores de matéria orgânica no horizonte superficial, que decresce com a profundidade (EMBRAPA, 1978).

São solos que apresentam baixa saturação de bases, com exceção do horizonte superior, onde esses valores são mais elevados devido à presença de matéria orgânica.

Os baixos teores de nutrientes nestes solos, aliados à baixa capacidade de retenção de água são os fatores de maior limitação de uso destes solos, o que faz com que sejam utilizados prioritariamente em pastagens e com vegetação nativa de restingas.

Os Neossolos Quartzorênicos ocupam uma área de 0,58 km<sup>2</sup> na região de estudo, o que corresponde a 0,56 % do total da área.



### **Mapa 4.1.4.5 – Mapa Pedológico da Reserva Ecológica dos Manguezais Piraquê-açu e Piraquê-mirim e seu entorno imediato**