



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

**CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DO RIO MURUBIRA,
MOSQUEIRO/PARÁ.**


TESE APRESENTADA POR

IVANILCE COSTA SANTOS

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

Data de Aprovação: **10 / 10 / 2001**

Comitê de Tese:



JOSÉ AUGUSTO MARTINS CORRÊA (Orientador)



WATERLOO NAPOLEÃO DE LIMA



NORBERT FENZL

Belém

A minha família, ***em especial a minha mãe***
Josefa Santos pelo exemplo de luta e coragem.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, em Quem encontrei forças para a realização de todas as minhas tarefas.

Ao Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, pela oportunidade e para realização do curso de Mestrado.

Ao Prof. Dr. José Augusto Martins Corrêa, pela orientação e apoio na realização deste projeto.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao amigo doutorando Odilon Teixeira de Melo, pelas suas contribuições indispensáveis, para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Waterloo Napoleão de Lima que esteve presente em todos os momentos decisivos deste trabalho e que só contribuiu.

À coordenação do Curso de Pós-Graduação, aos professores e funcionários pela colaboração.

A amiga Vânia Nogueira, técnica do Laboratório de Hidroquímica pela realização das análises bacteriológica, além da ajuda incansável nas campanhas de amostragem.

Aos técnicos Antônio, Leila e Natalino pela colaboração nas análises.

Aos colegas da Pós - Graduação Adriana, Helenice Leal, Kátia Pereira, Márcia Milene, Pedro Walfir, Marlene, Maria Clarindo e a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

Aos químicos Márcio e Jesus Brabo que também contribuíram e em especial ao Erison Morais e Rosemary Brabo que foram indispensáveis na realização das análises e coletas de campo.

Aos alunos de Geologia e aos motoristas do Centro de Geociências que também participaram das coletas.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vi
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	6
3.0 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	8
3.1- CLIMA	8
3.2- VEGETAÇÃO	10
3.3 - RELEVO	11
3.4 - SOLO	11
3.5 - USO E OCUPAÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO DA ILHA DE MOSQUEIRO/PA	12
4.0 - CONTEXTO GEOLÓGICO	15
5.0 - HIDROGRAFIA DA ILHA DE MOSQUEIRO	17
6.0 ESTUÁRIOS – CONCEITOS E DEFINIÇÕES	18
6.1 – DEFINIÇÃO DE ESTUÁRIOS	18
6.2 - ESTUÁRIO COMO INTERFACE ENTRE AS ÁGUAS DO RIO E AS ÁGUAS DO MAR	19
6.3 - REATIVIDADE QUÍMICA NO ESTUÁRIO	20

6.3.1 - Comportamento conservativo e não -conservativo	21
6.4 - ESTUÁRIO DO RIO AMAZONAS	22
6.5 ORIGEM DOS COMPONENTES DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	23
6.5.1 Os nutrientes (Si , P e N) nos diversos ambientes aquáticos	24
6.5.2. Características Físico - Químicas das águas superficiais	28
6.6 - BACTERIOLOGIA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	30
6.6.1 Doenças de transmissão e origem hídrica	30
6.6.2 Requisitos de um indicador de contaminação fecal	30
6.6.3 <i>Escherichia coli</i> causadora de diarreia	31
7 - MATERIAL E MÉTODOS	33
7.1 - TRABALHO DE CAMPO	33
7.1.1 - Descrição das estações de coleta	33
7.2 - TRABALHO DE LABORATÓRIO	34
7.3 - METODOLOGIA ANALÍTICA UTILIZADA PARA OS PARÂMETROS FÍSICOS, FÍSICO-QUÍMICOS E QUÍMICOS	36
7.4 - ANÁLISE BACTERIOLÓGICA (COLIFORMES TOTAIS E <i>E. COLI</i>)	39
7.4.1. Natureza do método	39
7.4.2 – Procedimentos	40
8.0- RESULTADOS	44
8.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE OS ASPECTOS DAS ÁGUAS DOS RIOS AMAZÔNICOS E DA ÁREA EM ESTUDO	44
8.2 - VARIAÇÃO SAZONAL	45
8.2.1 - Aspectos físicos e físico-químicos das águas do rio Murubira	45
8.2.1.1 – Temperatura	45
8.2.1.2 - Material particulado em suspensão (MPS)	45
8.2.1.3 - Condutividade elétrica	47
8.2.1.4 - pH - Potencial hidrogeniônico	48
8.2.1.5 - Oxigênio dissolvido	49
8. 2.2 – Variação sazonal dos nutrientes inorgânicos (N, P e Si)	51

8.2.2.1 - Amônio (N-NH ₄ ⁺)	51
8.2.2.2 - Nitrito (N-NH ₂ ⁻)	52
8.2.2.3 - Nitrato (N-NH ₃ ⁻)	53
8.2.2.4 - Silicato reativo (Si-H ₄ SiO ₄)	54
8.2.2.5 - Fósforo total (P - PO ₄ ⁻³ , HPO ₄ ⁻² , H ₂ PO ₄ ⁻)	55
8.2.3 – Cátions e ânions	58
8.2.3.1 - Metais (Na ⁺ , K ⁺ , Ca ⁺² e Mg ⁺²)	58
8.2.3.2 - Ânions (Cl ⁻ e HCO ₃ ⁻)	63
8.2.3.3 - Índices Hidrogeoquímicos das águas do rio Murubira	68
8.2.4 - Análise bacteriológica das águas do rio Murubira	69
8.2.4.1 - Coliformes totais e fecais (<i>Escherichia coli</i>)	69
8.3 VARIAÇÕES DIURNAS	75
8.3.1- Considerações gerais	75
8.3.2 Período chuvoso (fevereiro, março e abril)	75
Período seco (setembro, outubro e novembro)	88
9.0 DISCUSSÃO	99
9.1 - VARIAÇÕES SAZONAIS	99
9.1.1 - Temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido	99
9.1.2 - N-nitrito, N-amônio	100
9.1.3 - N-nitrato, fósforo total, silicato e material particulado em suspensão	102
9.1.4 - Cátions e ânions maiores	104
9.1.5 - Bacteriologia	105
9.2 - VARIAÇÕES DIURNAS	107
10 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXOS	117
ANEXO I - MAPA DAS PRINCIPAIS REDES DE DRENAGEM DA ILHA DE MOSQUEIRO	118

Anexo II.B - Médias dos cátions e ânions ao longo do rio murubira dentro de um ciclo sazonal	120
Anexo II.C - Índices hidrogeoquímicos	121
Anexo II.D - Médias mensais dos parâmetros físico-químicos do rio murubira	122
Anexo II.E - NMP/ 100 mL de H₂O de coliformes totais e fecais (<i>E. coli</i>)	123
Anexo II.F - Variação do NMP/100 mL de H₂O de coliformes totais e fecais (<i>E.coli</i>) com a Maré	124
ANEXO III - CONCENTRAÇÕES DIÁRIAS EM CADA ESTAÇÃO DE COLETA	125
Anexo III.A - 1ª coleta / Setembro de 1999	126
Anexo III.B - 2ª coleta /Outubro de 1999	129
Anexo III.C - 3ª coleta / Novembro de 1999	133
Anexo III.D - 4ª coleta / Fevereiro de 2000	137
Anexo III.E - 5ª coleta /Março de 2000	141
Anexo III.F - 6ª coleta /Abril de 2000	146

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS	p.
Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.	7
Figura 2. Média máxima mensal da precipitação em Belém 1999/2000	9
Figura 3. Médias mensais da temperatura 1999/2000	9
Figura 4. Médias mensais da umidade relativa do ar % 1999/2000	10
Figuras 5 e 6. Fotos de construções a menos de 10 m da margem do rio.	14
Figura 7. Ciclo do nitrogênio.	25
Figura 8. Ciclo da reserva de fósforo. Expressa em unidades de 10^6 toneladas. Fonte:Lerman,1988.	27
Figura 9. Mapa de localização das estações de Coletas	35
Figura 10. Organograma da metodologia utilizada	43
Figura 11. Variação sazonal da média da temperatura ao longo do rio Murubira, em 1999 e 2000.	45
Figura 12. Variação sazonal da média do MPS ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.	46
Figura 13. Variação sazonal da média da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.	48
Figura 14. Variação sazonal da média do pH ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000	49
Figura 15. Variação sazonal das médias do oxigênio dissolvido no rio Murubira em 1990 e 2000.	50
Figura 16. Variação sazonal e longitudinal da média do íon amônio (N - NH_4^+) no rio Murubira em 1999 e 2000.	51
Figura 17. Variação sazonal e longitudinal da média do íon nitrito (N- NO_2^-) no rio Murubira em 1999/2000.	52
Figura 18. Variação sazonal e longitudinal da média do íon nitrato (N- NO_3^-) no rio Murubira em 1999/2000.	53
Figura 19. Variação sazonal e longitudinal da média do silicato reativo $\text{Si-H}_4\text{SiO}_4$ no rio Murubira em 1999 e 2000.	54
Figura 20. Variação sazonal e longitudinal da média do fósforo total (P- PO_4^{3-} ; HPO_4^{2-} ;	

H ₂ PO ₄ ⁻) no rio Murubira em 1999 e 2000.	56
Figura 21. Variação mensal da concentração do sódio ao longo do rio Murubira em 1999 2000.	59
Figura 22. Variação sazonal da média do potássio e ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.	60
Figura 23. Variação sazonal da média do cálcio e ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.	61
Figura 24. Variação sazonal da média do magnésio ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.	62
Figura 25. Variação sazonal da média do cloreto ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.	66
Figura 26. Variação sazonal da média do bicarbonato ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.	67
Figura 27. Variação mensal da média de coliformes totais ao longo do rio.	71
Figura 28. Variação sazonal da média de E. coli ao longo do rio Murubira.	72
Figuras 29 e 30. Fotos do porto Pelé no igarapé Tamanduá.	73
Figura 31. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e o pH e a condutividade elétrica nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso.	77
Figura 32. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os principais ânions presentes, bicarbonato e cloreto, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso.	79
Figura 33. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os cátions sódio e potássio, nas estações 4 (B) e a estação 1(A) durante o período chuvoso.	80
Figura 34. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os cátions cálcio e magnésio, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso.	81
Figura 35. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os íons N-Nitrato e N-amônio, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso	83
Figura 36. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os parâmetros: Material em suspensão e Silicato, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso.	84

Figura 37. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os parâmetros: Material em suspensão e Fósforo, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso.	85
Figura 38. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os parâmetros Oxigênio Dissolvido, Temperatura da água e N-Nitrato, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso.	87
Figura 39. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e o pH e a condutividade elétrica nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco	89
Figura 40. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os principais ânions presentes, bicarbonato e cloreto, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.	91
Figura 41. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os cátions sódio e potássio, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período pouco chuvoso.	92
Figura 42. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os cátions cálcio e magnésio, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.	93
Figura 43. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os íons N-Nitrato e N-Nitrito, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.	95
Figura 44. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os parâmetros: Material em suspensão e Sílica, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.	96
Figura 45. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os parâmetros: Material em suspensão e Fósforo, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.	97
Figura 46. Diagrama mostrando a relação entre nível de maré e os parâmetros Oxigênio Dissolvido, Temperatura da água e N-Nitrato, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.	98

TABELAS

Tabela 1. Quantificação das áreas em km ² referentes as classes de cobertura vegetal e uso da Terra para a ilha de Mosqueiro, PA.	13
Tabela 2. Planilha de coleta para análise bacteriológica.	42

Tabela 3. Tabela comparativa dos nutrientes para a região e ambientes poluídos.	57
Tabela 4. Médias mensais dos cátions nas estações.	58
Tabela 5. pH em relação aos íons de ácido carbônico dissolvido.	64
Tabela 6. Médias mensais dos ânions dentro do rio Murubira.	65
Tabela 7. Médias das relações entre cátions e ânions.	68
Tabela 8. Variação sazonal dentro do rio Murubira da média mensal de Coliformes totais e <i>E. coli</i> .	70
Tabela 9. - Médias dos índices máximas de coliformes totais e fecais nas águas do Murubira e levantamentos anteriores nas praias da ilha de Mosqueiro/PA.	74

RESUMO

A ilha do Mosqueiro é um dos pontos turísticos mais populares próximo a Belém que é a capital do estado do Pará, ao norte do Brasil. A “Vila do Mosqueiro” é a principal cidade da ilha e apresenta durante o período de férias um enorme acréscimo em sua população. O rio Murubira, que fornece água para uma parte da população ribeirinha da ilha, recebe a descarga do esgoto urbano e é afetado fortemente pela poluição bacteriológica. Tanto as águas do rio quanto às águas das praias localizadas nas vizinhanças da desembocadura do rio apresentam problemas similares. Dias (1995) registrou índices inadequados de coliformes totais de 4.300 a 2.400.000 NMP/100 mL de H₂O e fecais de 750 a 15.000 NMP/100 mL de H₂O na praia do Murubira. A falta de tratamento do esgoto doméstico é a principal causa dos problemas ambientais.

Este trabalho tem por objetivo realizar uma caracterização química das águas do rio e concomitantemente fornecer a base necessária para a instalação de um plano futuro de tratamento de esgoto e também programas de monitoramento. As amostras de água foram coletadas ao longo do rio Murubira durante o período de um ano de acordo com a variação de maré. Os seguintes parâmetros foram analisados: N (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻), P-total, Si-H₄SiO₄, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade elétrica, pH, material em suspensão, HCO₃⁻ Cl⁻, coliformes totais e fecais (*E. coli*).

Em Mosqueiro foram identificadas duas estações climáticas principais, são elas: uma estação seca e outra chuvosa. Durante a estação seca os parâmetros investigados mostram as seguintes concentrações médias: N-NO₃⁻ = 4,2 µM, P-HPO₄²⁻ = 0,3 µM, Si-H₄SiO₄ = 31 µM, O.D. = 4,6 mg/L, material em suspensão = 8,0 mg/L, N-NH₄⁺ = 4,4 µM, N-NO₂⁻ = 0,4 µM, coliformes totais = 46.240 NMP/100 mL de H₂O, condutividade elétrica = 2.913 µS.cm⁻¹, Cl⁻ = 751 mg/L; HCO₃⁻ = 22,9 mg/L, Na⁺ = 371 mg/L, K⁺ = 18,4 mg/L, Ca²⁺ = 20,9 mg/L, e Mg²⁺ = 44,3 mg/L. Durante a estação chuvosa os parâmetros têm um comportamento diferenciado. As seguintes concentrações foram observadas: N-NO₃⁻ = 16,7 µM, P-total = 5,9 µM, Si-H₄SiO₄ = 171,5 µM, O. D. = 6,9 mg/L, material em suspensão = 82 mg/L; N-NH₄⁺ = 0,8 µM, N-NO₂⁻ = <0,1 µM, coliformes totais = 13.008

NMP/100mL de H₂O, condutividade elétrica = 46,0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, Cl⁻ = 11 mg/L, HCO₃⁻ = 13,0 mg/L, Na⁺ = 4,5 mg/L,; K⁺ = 1,0 mg/L, Ca²⁺ = 1,4 mg/L e Mg²⁺ = 0,4 mg/L .

Os nutrientes mostraram concentrações normais, somente em alguns locais foram observados valores anormais, particularmente o nitrato, causado provavelmente por descarga de esgoto. A influência antropogênica é principalmente indicada pelos altos valores de coliformes totais, particularmente durante a estação seca.

Atualmente o sistema Murubira pode absorver a descarga de esgoto com respeito aos nutrientes e demais constituinte maiores, porém a carga bacteriológica é muita elevada. Os coliformes fecais afetam fortemente a saúde humana através da água potável, recreação de contato (natação) e a ingestão de crustáceos contaminados.

ABSTRACT

Mosqueiro island is one of the most popular touristic centres near Belém, the capital of the state of Pará, northern Brazil. The “Vila do Mosqueiro”, the principal place of the island, shows during vacation-time a great increase of population. The Murubira river, that supplies water for a part of the island population, receives the sewage discharge of the town, that strongly affected, particularly with bacteriological pollution, not only the river-water but also the beaches located in the surroundings of the river-mouth. Dias (1995) showed that the Murubira beach had an inappropriate coliform content up to 2.400.000 NMP/100 mL of coliforms (total) and 15.000 NMP/100 mL of *E. Coli*. The lack of sewer treatment facilities produces consequently a serious environmental problem.

This work intends to characterize the water chemistry of Murubira river and therefore supply the basis necessary to install a plan for future sewage treatment and monitoring program. The water samples were collected along the Murubira river during a period of one year in agreement with tide variations. The following parameters were analysed: N-(NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), P-total, Si- H_4SiO_4 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , dissolved oxygen, temperature, electric conductivity, pH, total residue, HCO_3^- , Cl^- , coliform (total) and *E. coli*.

In Mosqueiro two major seasons are identified, a dry season and a rainy season. During the dry season the analysis yielded the following mean values: N- NO_3^- = 4,2 μM , P- HPO_4^{2-} = 0,3 μM , Si- H_4SiO_4 = 31 μM , O.D. = 4,6 mg/L; residue total = 8,0 mg/L, N- NH_4^+ = 4,4 μM , N- NO_2^- = 0,4 μM , coliform (total) = 46.240 NMP/100 mL, electric conductance = 2.913 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, Cl^- = 751 mg/L, HCO_3^- = 22,9 mg/L, Na^+ = 371 mg/L, K^+ = 18,4 mg/L, Ca^{2+} = 20,9 mg/L and Mg^{2+} = 44,3 mg/L. During the rainy season the parameters have a very different behaviour: N- NO_3^- = 16,7 μM , P-total = 5,9 μM , Si- H_4SiO_4 = 171,5 μM , O. D. = 6,9 mg/L, suspension material = 82 mg/L, N- NH_4^+ = 0,8 μM , N- NO_2^- = <0,1 μM , coliform (total) = 13.008 NMP/100mL of H_2O , electric conductance = 46,0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, Cl^- = 11 mg/L, HCO_3^- = 13,0 mg/L, Na^+ = 4,5 mg/L, K^+ = 1,0 mg/L, Ca^{2+} = 1,4 mg/L and Mg^{2+} = 1,4 mg/L.

The nutrients show normal concentrations and only in some places abnormal values were observed, particularly nitrate, caused probably through sewage discharge. The anthropogenic influence is primarily indicated by the high total coliform values, particularly during the dry season.

At present, the Murubira system can absorb the sewage discharge with respect to its nutrient constituents, but not with respect to its bacteriological load. Faecal coliform bacteria affect severely human health through associated contaminated drinking water, contact recreation (swimming), and ingesting contaminated shellfish.

1. INTRODUÇÃO

O rio Murubira localiza-se na ilha de Mosqueiro, que apresenta uma superfície de aproximadamente 212 km² e uma população residente de 21.695 (SEGEP - Anuário Estatístico do Município de Belém, 1998). A partir de 1976, após a construção da ponte Sebastião R. de Oliveira interligando Mosqueiro à área continental, a ilha teve seu crescimento populacional bastante acentuado devido à expansão das atividades ligadas à agropecuária, e à exploração madeireira, imobiliária e turística. Esta expansão urbana trouxe sérias conseqüências no que se refere ao equilíbrio do meio ambiente. Uma delas é a redução de aproximadamente de 5 hectares de floresta no período de 1990 a 1995, o que por sua vez proporciona uma perda estimada da ordem de 1 km²/floresta/ano (Venturieri *et. al.*, 1998).

A ilha enfrenta a falta de saneamento básico, pois o despejo dos seus efluentes domésticos, é feito diretamente em suas praias, rios e igarapés. Isto foi demonstrado em estudos feitos por Dias (1995), sobre a balneabilidade das praias de Mosqueiro que detectou na praia do Murubira índices de coliformes totais de 43×10^2 a 24×10^5 NMP/100 mL de H₂O e coliformes fecais de 750 a 15×10^3 NMP/100 mL de H₂O.

O objetivo desta pesquisa é fazer uma caracterização hidroquímica do rio Murubira, considerando as variações sazonais, variações diurnas de maré e variações espaciais (longitudinais) do quimismo do rio. E ainda verificar as condições Bacteriológicas desse sistema. Foram analisados os nutrientes: N-(NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻), P-total, Si-H₄SiO₄, conhecidos da literatura como limitantes a produtividade primária; os parâmetros físicos e físico-químicos: temperatura, material particulado em suspensão (MPS), condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, fatores importantes e condicionantes a vida aquática; os cátions e ânions: Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Cl⁻ e HCO₃⁻ que podem ser utilizados para diferenciar as fontes continentais das fontes marinhas. E ainda um levantamento sobre as condições bacteriológicas, principalmente, quanto à concentração de coliformes totais e *E. coli* por serem os maiores indicadores de poluição antropogênica. Estes dados servirão como base para análise da eficiência de projetos de esgotamento sanitário, como o proposto pela prefeitura de Belém, assim como para a implementação de projetos de preservação e uso auto-sustentável desses recursos hídricos.

2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA DE ESTUDO

O rio Murubira está localizado na ilha de Mosqueiro que geograficamente localiza-se entre as coordenadas $1^{\circ}4' 11''\text{S}$ - $1^{\circ}13'42''\text{S}$ e $48^{\circ}19'20''\text{W}$ - $48^{\circ}29'14''\text{W}$ Gr. A ilha está situada num ambiente estuarino ao norte do estado do Pará, tendo seus limites entre a baía do Guajará e a baía do Marajó. É um distrito pertencente ao município de Belém, separado da área continental pelo furo das Marinhas. Apresenta altitude média de 15 metros acima do nível do mar e o acesso se dá a partir de Belém por meio fluvial ou através da rodovia federal Br-316 e da rodovia estadual PA-391 (Mapa 1).

O rio Murubira tem aproximadamente 5 km de extensão, profundidade variável da nascente ($\cong 4,7$ m) até a foz ($\cong 16$ m), localiza-se próximo a área urbana de Mosqueiro e do parque ambiental. É um afluente do rio Pratiquera, juntamente com o igarapé Tamanduá, que deságua na baía de Santo Antônio.

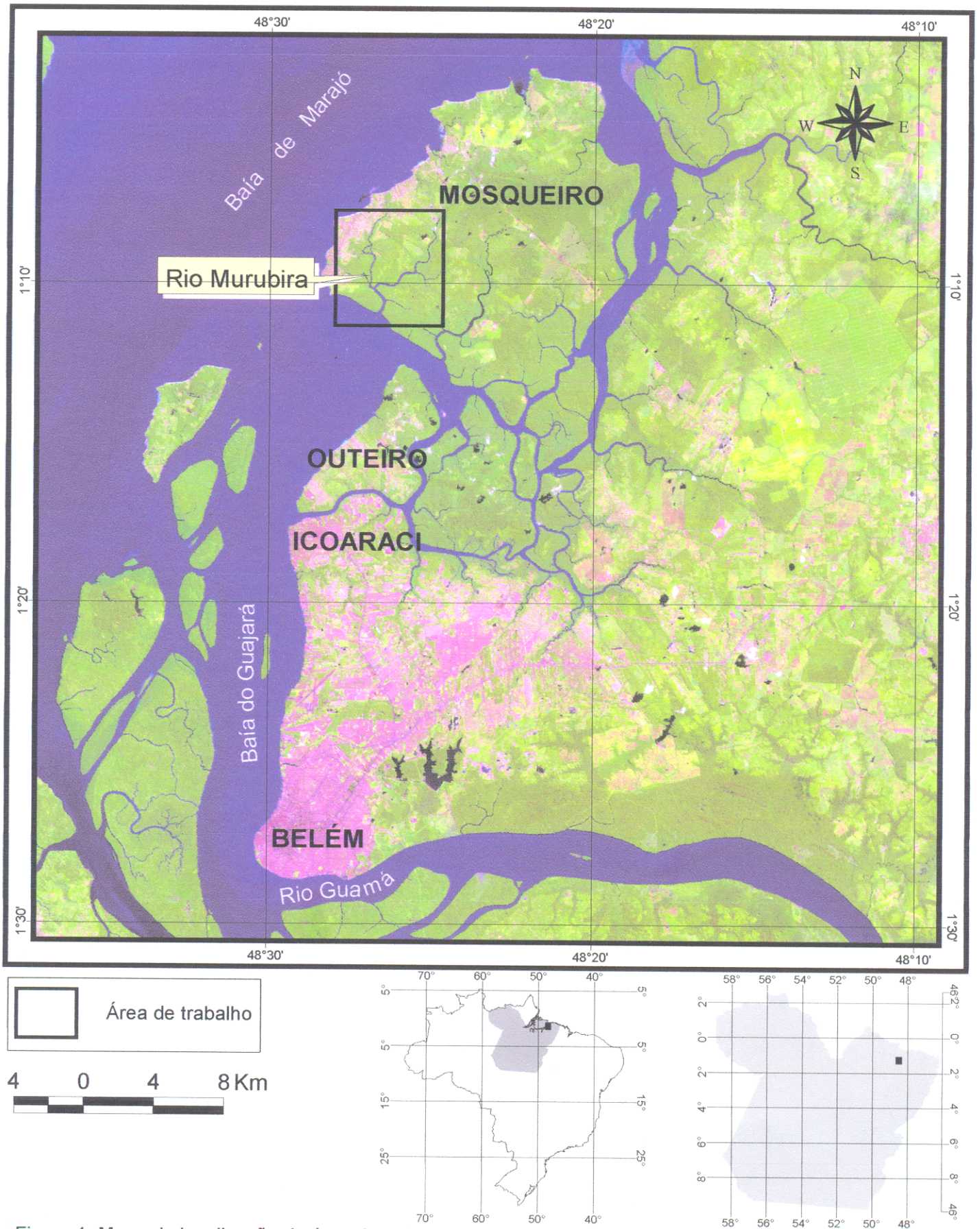


Figura 1: Mapa de localização da área de trabalho.

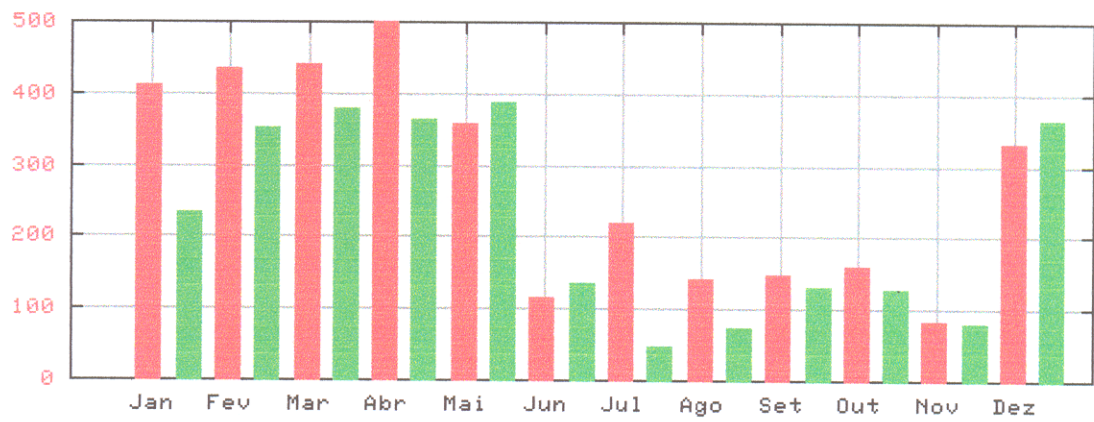
3. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

3.1 - CLIMA

A ilha de Mosqueiro tem o seu clima mais diretamente influenciado pela zona de convergência intertropical (ZCIT) que, dependendo do seu deslocamento, provoca dois momentos climáticos mais característicos da região o "inverno" - período mais chuvoso (dezembro a maio) e o "verão" - período menos chuvoso (junho a novembro). Segundo Nascimento (1995) esse clima pertence à categoria "equatorial úmido" do tipo Af segundo a classificação climática de Köppen para a Amazônia.

As principais características do clima da "ilha" são: temperaturas médias altas apresentando média anual de 25,9 °C, mínima de 21,9 °C e máxima de 31,4 °C; a umidade relativa do ar pode chegar a 84%. Chuvas intensas em toda a área, provoca uma pluviosidade anual superior a 2900 mm, sendo a maioria de curta duração e grande intensidade (Venturieri, *et. al.*, 1998).

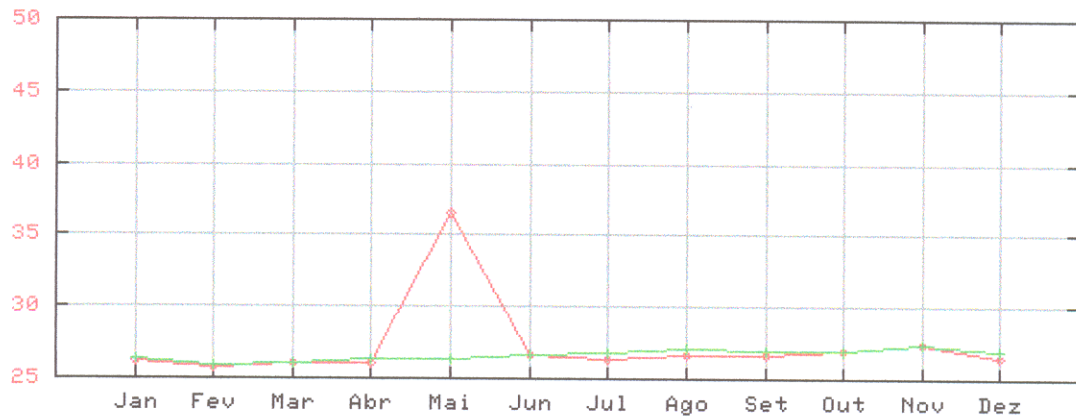
Segundo dados da estação meteorológica do Ministério da Agricultura - INMET, durante o ciclo hidrológico de 1999 a precipitação média mensal em Belém aproximou-se de 400 mm em maio e ficou abaixo de 50 mm em julho de 1999. Em 2000 a precipitação média mensal alcançou a média máxima de 500 mm em abril de 2000, e a mínima abaixo de 100 mm em novembro de 2000 (Figura 2). As médias mensais da temperatura no ano de 1999 mantiveram uma certa constância com valores entre 25°C e 27 °C, apresentando mínima em fevereiro e máxima em novembro. Já no ano de 2000 ocorreu um pico em maio atingindo cerca de 37 °C, os demais meses mantiveram o comportamento do ano anterior (Figura 3). As médias mensais das umidades relativas do ar nos anos de 1999 e 2000 apresentaram um comportamento semelhante. Os maiores valores foram nos meses de fevereiro, março e abril, entre 87,5% e 92,5%, havendo um decréscimo a partir de maio, atingindo o mínimo de 77,5 % em novembro de 2000 e cerca de 79 % em 1999 (Figura 4).



LEGENDA: 1999 ● 2000 ●

Figura 2. Média máxima mensal da precipitação em Belém 1999/2000

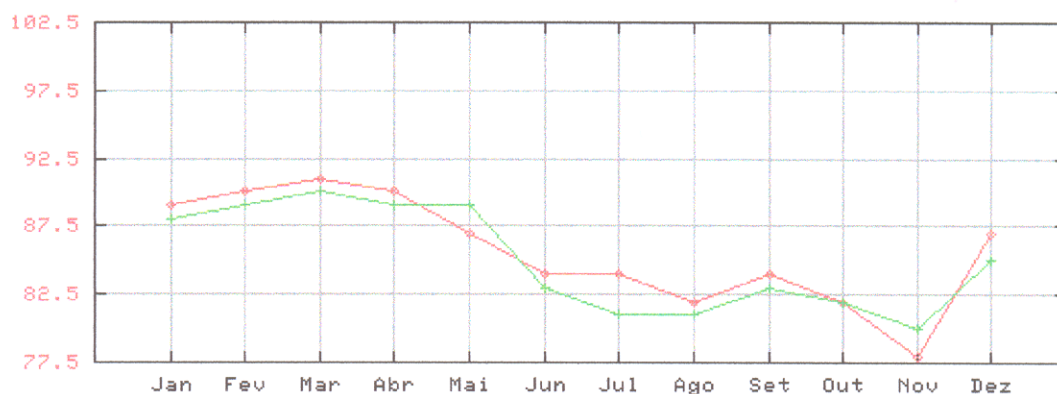
Fonte: INMET, 2000.



LEGENDA ÚNICA: 1999 ● 2000 ●

Figura 3. Médias mensais da temperatura 1999/2000

Fonte: INMET, 2000.



LEGENDA: 1999 ● 2000 ●

Figura 4. Médias mensais da umidade relativa do ar % 1999/2000

Fonte: INMET, 2000.

3.2. VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal do município de Belém compõe-se de florestas secundárias ou capoeiras que substituíram a antiga floresta densa dos baixos e platôs” da qual ainda se encontram testemunhos na ilha de Mosqueiro, Caratateua e adjacências. A vegetação de mangue e sirubais são predominantes nas áreas fluviais e semi-litorâneas do estuário. Por outro lado, a Floresta Ombrófila domina os tratos marginais dos cursos d'água e as baixadas onde prevalecem as formações herbáceas, subarbusivas e arbustivas (Anuário Estatístico do Município de Belém ,1998 - SEGEP).

Silva (1975) caracterizou a vegetação da ilha de Mosqueiro como constituída de floresta Primária Perenifolia, sendo ainda subdividida em dois subtipos principais de acordo com o tipo de relevo da ilha. Nos Terraços Aluviais pleistocênicos encontram-se as Florestas constituídas de espécies arbóreas de porte elevado, formando estratificações com espécies de menor porte. Sendo as principais espécies integrantes desse tipo de vegetação: *Tachigalia mymercofila* (tachi), *Tetragastris altissima* (piquiá), *Hymenae oblongifolium* (jutai), *Eschweilera corrugata* (jatarena), *Eschweilera odora* (matamatá), *Protium spp* (breu branco), *Ingá spp* (ingá), *Pogonofhora achomburgkii* (acapuri).

Na Planície Aluvial de Inundação a maioria das espécies da floresta, também denominada de “floresta de várzea”, é de porte médio. As principais espécies

encontradas nestas áreas são: *Carapa guianensis* (andiroba), *Mora paraensis* (pracauba), *Spondias lutra* (Taperebá), *Hura creptons* (açacu), *Ceiba pentandra* (samaúma), *Ficus pulchella* (cachinguba), *Eutepe oleracea* (açai) *Virola surinamensis* (ucuuba), *Pterocarpus amazonicus* (matuti), *Pithecobium latifolium* (jarandeua), etc.

3.3. RELEVO

As principais unidades de relevo distinguem-se quanto as características geomorfológicas e posicionamento em relação ao principal agente dinâmico da região, a maré (Pinheiro, 1987). Na ilha de Mosqueiro duas seções fisiográficas são principalmente observadas (Silva, 1975): 1) Terraços Aluviais pleistocênicos localizados ao norte e nordeste constituídos de sedimentos arenosos, siltosos e argilosos caoliníticos pertencentes a Formação Barreiras. Representam 2/3 da superfície da ilha, são praticamente planos com altitude variando de 15 a 25 m; 2) Planícies Aluviais de Inundação localizadas a sul e sudeste são constituídas de sedimentos argilosos e siltosos depositados durante o Holoceno. Localmente são denominadas de "várzeas", abrangendo várzea alta e várzea baixa. apresentando áreas planas com altitudes de 5 a 10 m.

3.4. SOLO

Silva (1975), após um levantamento detalhado dos solos da ilha de Mosqueiro, conseguiu separar tanto as classes de solos existente na "ilha" quanto identificar aqueles pertencentes aos dois principais tipos de relevo (Terraços Aluviais e Planície Aluvial de Inundação), ficando nesta disposição:

- *Terraços Aluviais* - caracterizados pela baixa fertilidade natural, sob vegetação tipo floresta tropical perinifolia, apresentam as seguintes classes de solo: Latossolo Amarelo Álico textura média; Concrecionário Laterítico Álico textura argilosa; Areia Quartzosa Álica; Podzólico Vermelho-Amarelo Álico textura agilosa e Podzol Hidromórfico textura arenosa.
- *Planície Aluvial de Inundação*, apresenta fertilidade natural média, sob vegetação tipo floresta tropical perenifolia de várzea, com as seguintes classes de solo: Gley Pouco Húmico (Eutrófico e Álico) textura argilosa e Hidromórfica Indiscriminada.

3.5. USO E OCUPAÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO DA ILHA DE MOSQUEIRO/PA.

A ocupação da ilha de Mosqueiro, principalmente em áreas ao longo da orla, trouxe conseqüências não apenas no segmento ambiental, mas também no aspecto sócio-econômico devido à expansão de atividades ligadas à agropecuária e a exploração madeireira, imobiliária e turística (Venturieri *et al.*, 1998).

A partir das imagens de satélite, Venturieri *et al.*, (1998), produziram uma tabela comparativa entre os dados de 1990 e 1995 com as três classes de cobertura vegetal (Floresta Ombrófila Densa, Capoeira Alta e Capoeira Baixa) e três de uso da terra (Solo Exposto, Cultura Agrícola e Pastagem) para a ilha de Mosqueiro, levando os autores aos seguintes resultados:

- As mudanças ocorridas no contexto da cobertura vegetal poderiam ser associadas às atividades de uso da terra. Observando que as unidades com as menores flutuações ocorreram em áreas de florestas, justamente por essas áreas se encontrarem afastadas da região norte e nordeste da ilha, as quais sofrem tradicionalmente as maiores pressões de ocupação por causa da proximidade com as praias e a vila de Mosqueiro. No entanto, foi verificado que nesse intervalo de 5 anos, houve uma redução de aproximadamente 5 hectares de floresta, proporcionando uma perda de 1km²/floresta/ano.
- Dos 104 hectares de áreas de florestas primárias observadas em 1995, quase 73% estão enquadradas na classe de preservação 1, áreas de grandes restrições de utilização, demonstrando portanto, a fragilidade ambiental dessas áreas.
- A área destinada ao uso da terra não ultrapassou a 22% da área total da ilha. Fato justificado pelo pequeno número de produtores na região, além das restrições em detectar áreas de cultivo reduzido (roça). Porém, a área de solo exposto, incluindo a de ocupação, quase duplicou em relação à área ocupada em 1990 (tabela 1).

Outras observações importantes foram feitas ao longo do rio Murubira. Segundo o código florestal (CODEM - Plano Diretor de Caratateua e Mosqueiro, 1993) é vedada a

edificação em áreas de preservação permanente, que são as faixas de marinha e a faixa contígua que corresponde a uma largura de 30 metros. Visando então o equacionamento dos problemas causados pela ocupação urbana nas áreas de cursos d'água da ilha, foi demarcada uma faixa de proteção necessária às margens dos cursos que cortam a área urbana estipulando uma faixa de 20 a 35 m para as margens do rio Murubira (CODEM - Plano Diretor de Caratateua e Mosqueiro, 1993). No entanto, se observa ao longo do rio que essa demarcação não é cumprida, principalmente pelas construções mais recentes, que ficam a menos de 10 m de distância da margem do rio (figuras 5 e 6).

Tabela 1- Quantificação das áreas em km² referentes às classes de cobertura vegetal e uso da terra para a ilha de Mosqueiro, PA.

Classes de cobertura vegetal e uso do solo	Área em km ² /ano	Área em km ² /ano
	1990	1995
Floresta Densa	109,25	104,39
Capoeira Alta	44,96	30,75
Capoeira Baixa	8,39	21,41
Solo Exposto	10,2	17,65
Pastagem	28,49	23,12
Cultura agrícola	3,58	6,7
Outras	15,90	16,69
Total	220,7	220,7

Fonte: Venturieri *et al.* (1998).



Figura 5



Figura 6

Figuras 5 e 6 - Construções a menos de 10 m da margem do rio Murubira. Construções destinadas a moradias que além de devastar a vegetação das margens (provocando o processo de assoreamento) os despejos das fossas irão diretamente para dentro do rio.

4.0 - CONTEXTO GEOLÓGICO

As margens estuarinas da região de Belém e suas adjacências no estado do Pará são geologicamente representadas pela Formação Pirabas de idade Oligo-Miocênica, e pelas rochas da Formação Barreiras e Pós-Barreiras. A Formação Pirabas é constituída em geral por rochas carbonáticas depositadas durante o Mioceno Inferior (Maury, 1925¹; Petri, 1957²; *apud* Ferreira, 1982). Esta formação está dividida em três fácies. A fácies Castelo é caracterizada litologicamente por calcários com coquinas, destacando-se os micritos, biohermitos e dolmicritos. A Fácies Capanema compreende litotipos representados por calcários argilosos (margas), micritos, biomicritos, folhelhos rítmicos e arenitos calcíferos. Finalmente, a fácies Baunilha Grande, que é litologicamente composta por argilas negras com vegetais piritizados e nódulos de calcários escuros contendo fragmentos de crustáceos (Ferreira, 1982). Góes *et al.* (1990) propuseram, com base em análises faciológicas, um modelo deposicional preliminar para a formação Pirabas, como tendo sido depositada em ambiente marinho aberto, de águas quentes, rasas e agitadas contendo canais lagunares ou estuarinos e restritamente mangues em suas adjacências.

Recobrando a Formação Pirabas, em contato gradativo, encontram-se as rochas da Formação Barreiras e Pós-Barreiras que correspondem a depósitos terrígenos continentais terciários e quaternários (Góes *et al.*, 1990).

As rochas que compõem a Formação Barreiras e Pós-Barreiras, compreendem treze fácies descritivas, definidas principalmente em função da presença ou não de estruturas sedimentares e aspectos texturais (Rosseti *et al.*, 1989):

A análise faciológica dos sedimentos Barreiras na porção nordeste do estado do Pará sugere que a sua deposição ocorreu mediante a um sistema de leques aluviais - planície de areia (com freqüentes canalizações) - planície de lama, com possível influência marinha em sua porção mais distal. A existência de várias estruturas nesta área e no norte do Maranhão, tais como acamamentos dos tipos *flaser*, *wavy* e *linsen*, acamamento cruzado sigmoidal, superfícies de reativação com *mud drapes* e *mud*

¹ MAURY, C. J. 1925. Fósseis Terciárias do Brasil, com descrição de novas formas cretáceas. Serv. Geol. Miner. Do Brasil. Monog., 4.431 p.24 estampas.

² PETRI, S. 1957. Foramoníferos miocênicos e Formação Pirabas. USP. Fac. Fil. Ciên. e Letras. Bol. V.216, Geol.,16.

cracks, são indicativos das influências de marés durante a sedimentação Barreiras, pelo menos na zona próxima a atual linha de costa (Rosseti *et al.*, 1989).

Quanto à idade desta Formação os dados palinológicos de Arai *et al.* (1994) não descarta a possibilidade da deposição ter-se iniciado já no Eomioceno.

A Formação Barreiras é recoberta pelo Pós-Barreiras (Quaternário) o qual consiste de sedimentos areno-argilosos inconsolidados, facilmente desagregados, fração silte e fração argila, com leitos poucos espessos de seixos e blocos líticos rolados ou pouco movimentados de arenito ferruginoso (Sá, 1969), incluindo também os sedimentos aluvionares holocênicos da faixa costeira e dos vales dos rios e igarapés que cortam a região (Rosseti *et al.*, 1990).

5.0 - HIDROGRAFIA DA ILHA DE MOSQUEIRO

A ilha de Mosqueiro é circundada pelas águas da baía do Guajará e Santo Antônio ao Sul, baía do Marajó a Oeste, baía do Sol a Nordeste e furo das Marinhas a Sudeste. Os principais e maiores rios que drenam a ilha de Mosqueiro são: Mari Mari, Pratiquera e Murubira. No entanto, a ilha apresenta uma ampla rede de drenagem natural a partir de seus igarapés e furos (anexo 1). Os principais tributários da "ilha" são:

- igarapés Cajueiro e Carananduba, ambos localizados oeste da ilha que deságua na baía do Marajó.
- igarapés Itapora, Muriaçu e Sucurijuquara, localizados a nordeste da ilha.
- Igarapé Pau-Amarelo, fica a sudeste da ilha, afluente do rio Pirajussara sendo que este segue em direção ao sul e deságua no furo das Marinhas.
- rio Mari-Mari e seus afluentes (igarapés Tucumandeuá, Aracairu, Castanhal, furo Marueia etc..) que se localiza ao sul da ilha, desaguando na baía de Santo Antônio.
- rio Pratiquera que fica na área sudoeste e tem como afluentes o rio Murubira, os igarapés Tamanduá, Caruaru e Tupiapanema e o furo do Engenho, deságua na baía de Santo Antônio.

Além dos igarapés Mosqueiro apresentam uma orla fluvial extensa formada por várias praias, banhadas por água doce, dentre as quais se destacam as praias: Farol, Bispo, Chapéu Virado, Porto Arthur, Murubira, Ariramba, São Francisco, Areião, Maraú, paraíso e praia do Carananduba, e ainda a praia Grande e a praia da Baía do Sol, pertencente parte da ilha banhada pela baía do sol.

6. ESTUÁRIOS – CONCEITOS E DEFINIÇÕES

6.1 – DEFINIÇÃO DE ESTUÁRIOS

Os estuários são ambientes resultantes das misturas das águas do mar com as águas de rios. Por este motivo, são considerados sistemas bastante complexos onde vários autores buscam sempre definições que melhor se adequem a esses ambientes. Dentre esses autores, Pritchard (1967)³ e Fairbridge (1980)⁴ *apud* Head (1985).

Segundo Pritchard (1967)³ *apud* Head (1985), um estuário pode ser definido como um corpo de água costeiro que tem uma conexão livre com o mar aberto e que a água do mar é quantitativamente diluída pela água doce, derivada da drenagem continental. Já para Fairbridge (1980)⁴ *apud* Head (1985) a região de água doce afetada pelas marés deveria ser considerada uma parte integrante de qualquer estuário. Ele definiu o estuário como sendo um braço de mar que alcança um vale de rio até o limite máximo de elevação de maré. Sendo que os fatores que controlam a circulação de água no estuário são a topografia, correntes de marés e o volume de descarga de água fresca (Drever, 1988).

³PRITCHARD, D. W. 1967. **Observations of circulation in coastal plain estuaries**. In *Estuaries*, ed. G. H. Lauff, pp. 37- 44. Washington, D.C.: American Association for advancement of Science.

⁴FAIRBRIDGE, R. W. 1980. **The estuary: its definition and geodynamic cycle**. In **Chemistry and Biogeochemistry of estuaries**. Ed. E. Olausson & I. Cato, pp. 1-35. Chichester: J. Wiley & Sons.

6.2 - ESTUÁRIO COMO INTERFACE ENTRE AS ÁGUAS DO RIO E AS ÁGUAS DO MAR

Segundo Chester (1990), estuários são zonas de mistura ou diluição da água do mar com a água do rio e como os dois tipos de água são completamente diferentes, os estuários resultam em ambientes muito complexos em que a zona de mistura varia no espaço e no tempo. Como resultado, os componentes do rio que são transportados estão sujeitos a sofrer uma variedade de processos físicos, químicos e biológicos na zona de mistura. Um estuário poderia ser imaginado como um filtro natural para os componentes transportados pelo rio. Esta concepção de filtro é baseada no fato de que a mistura de dois ambientes de água completamente diferentes resulta num forte gradiente físico-químico em um ambiente, sujeito a contínuas variações em suprimento de matéria e energia. Este gradiente serve de força motriz para o filtro.

No entanto, o autor anteriormente citado chama a atenção para três pontos importantes antes de se referir a um estuário como um filtro químico, físico e biológico:

- 1) o estuário é seletivo, de forma que age de diferentes modos dependendo do elemento; exemplo: algumas espécies dissolvidas são simplesmente diluídas dentro do estuário e carregadas para o mar enquanto outras sofrem reações que conduzem a sua remoção ou adição na fase dissolvida;
- 2) os efeitos desses filtros podem variar extensamente de um estuário a outro, tanto que é difícil identificar um processo estuarino global;
- 3) é necessário levar em conta o estado do estuário antes de fazer qualquer tentativa de extrapolar sua dinâmica sobre uma larga escala oceânica.

O estuário funcionando como um filtro para o fluxo de materiais dissolvidos e particulados, dentro do sistema, pode aprisionar ou modificar os componentes fluviais transportados dentro da zona de mistura. Isto acontece em função dos vários processos físico, químicos e biológicos que envolvem o equilíbrio do material dissolvido e do material particulado. O material particulado pode atuar tanto como fonte de componentes para o material dissolvidos que são liberados dentro da solução, quanto

funcionar como um sumidouro para componentes dissolvidos que são removidos da solução. Deve-se ressaltar, entretanto, que as águas estuarinas são “retiradas” do estuário em dias ou semanas (baixo tempo de residência), isto torna os sedimentos como os únicos que podem atuar como sumidouros internos para os elementos trazidos do rio pelo escoamento superficial. Esses sedimentos, no entanto, não têm comportamento estático dentro do estuário, mas estão sujeitos a vários processos físicos, químicos e biológicos que podem resultar em reciclagem dos componentes depositados no fundo. Os processos de reciclagem, normalmente incluem: 1) conduzir a difusão química dos componentes das águas intersticiais; 2) conduzir fisicamente a efusão das águas intersticiais dentro da coluna d'água e 3) a re-suspensão pela maré dos sedimentos superficiais e algumas vezes a sua transferência de uma parte do estuário a outra. O sedimento é, portanto, uma peça biogeoquímica importante no estuário. Os processos físico-químicos que controlam o filtro estuarino envolvendo a reciclagem do material particulado e/ou dissolvido, deve então ser associados a três fatores: a) água de rio; b) água do mar e c) sedimentos (Chester, 1990).

6.3 - REATIVIDADE QUÍMICA NO ESTUÁRIO

O fator dominante que controla a distribuição, especiação e reatividade dos compostos químicos dentro dos estuários é a mistura das águas continentais com as águas do oceano. A diferença entre os componentes da água continental e os de uma água salina produzem mudanças nas propriedades físico-químicas dentro de um estuário, tais como: força iônica, complexação de moléculas e componentes, temperatura, pH e Eh (Head, 1985).

Contudo as mudanças físico-químicas não são diretamente proporcionais ao grau de mistura das águas salinas. Por exemplo, a elevada mudança da primeira constante de dissociação do ácido carbônico para a segunda constante, resulta num pH que é comum no estuário. No entanto, o tratamento deste equilíbrio termodinâmico não é aplicável *in situ* por causa do processo de produção e respiração, que pode produzir uma perturbação significativa para o equilíbrio do carbonato. Todos estes fatores demonstram a complexidade do estudo de ambientes estuarinos (Head, 1985).

6.3.1 - Comportamento conservativo e não-conservativo

Apesar do grande potencial de reatividade no ambiente estuarino, muitos constituintes químicos, na ausência de processos biogeoquímico que removam ou adicionem elementos, passam pelo estuário sem sofrer nem um tipo de reação aparente, passando apenas pelo processo da diluição ou concentração. Estes são denominados então de elementos de comportamento conservativos. Entretanto, os elementos que sofrem adição ou perda são denominados de não – conservativo. Uma técnica conhecida na literatura para avaliar a reatividade dos componentes ao longo do estuário, é a utilização de gráficos de mistura ou diagramas de mistura. Estes consistem em plotar a concentração dos constituintes dissolvidos em função de um componente que tem comportamento conservativo, ou seja, a sua concentração é controlada somente pela mistura física dentro do estuário. A salinidade e o cloreto são amplamente utilizados nesse tipo de diagrama como elemento conservativo (Chester, 1990; Head,1985).

As observações que se tem feito nos gráficos de mistura é que se um componente tem comportamento conservativo ele apresenta uma linha reta (LDT-linha de diluição teórica) em função da salinidade ou concentração de cloreto aumentando ou diminuindo com a salinidade. No entanto, quando o elemento sofre qualquer transformação (adição ou remoção) ele desvia da linha de diluição teórica. As concentrações acima da linha de diluição ao longo do estuário representam a adição desses componentes enquanto a concentração a baixo dessa linha representa a remoção desses componentes (Chester, 1990).

Segundo Chester (op. cit.), apesar dos diagramas de mistura serem relativamente simples para descrever o comportamento dos componentes dissolvidos durante a mistura estuarina, na prática sofre inúmeros problemas, como por exemplo, quando ocorre o desvio da LDT em função da entrada de um elemento que não faz parte do sistema aquático. Head (1985), diz que as características da água são completamente interpretadas, somente quando se conhece a natureza das fontes, o grau de mistura e os efeitos momentâneos *in situ* dos processos.

Alguns elementos são conhecidos pela literatura como elementos que apresentam comportamento conservativo. Estão incluídos neste grupo todos os

elementos maiores dissolvidos na água do mar (Na^+ , K^+ , Ca^+ e SO_4^{2-}). Outros elementos muitas das vezes se comportam como pseudo - conservativos, até mesmo os nutrientes, silicato dissolvido, nitrato e fosfato (essenciais biologicamente) quando a sua taxa de transformação é pequena em relação a taxa de transporte pelo estuário (Head, 1985).

6.4 - ESTUÁRIO DO RIO AMAZONAS

O estuário do rio Amazonas se abre para o oceano através de dois "braços", quais sejam o rio Amazonas e rio Pará, separados pela ilha do Marajó (Sioli, 1971).

Diegues (1972) observou a variação das águas salinas nas proximidades do estuário amazônico de acordo com a vazante e enchente do rio Amazonas. Ele constatou que durante a vazante, juntamente com a influência das correntes das Guianas, há uma elevação da salinidade nas proximidades da desembocadura do Amazonas, enquanto que durante a cheia a área é invadida pelas águas doce do rio, provocando uma diminuição da salinidade.

Lentz (1995), estudando a variação sazonal e horizontal da pluma da salinidade superficial do Amazonas (4°S a 10°N e de 60° a 40°W), observou uma diminuição na salinidade no período de março a maio entre as coordenadas de 0° - 2°N e 48° - 44°W . Verificou ainda que há um deslocamento da pluma salina em torno de 500 km da foz do rio na direção sudeste, sendo que no período de junho a dezembro a pluma situa-se em torno de 200 a 300 km da foz do rio Amazonas. Lentz relacionou essa redução da salinidade a um aumento da descarga do rio no referido período e o deslocamento da pluma com os ventos na direção sudeste.

Segundo Pinheiro (1987), o rio Pará que forma as bacias do Marajó, do Sol e Guajará, deve ser definido como um canal flúvio - estuarino. Alguns estudos mais recentes realizados por Lima & Kobayashi (1988), Cordeiro (1987) e Pinheiro (1987), no trecho mencionado acima, observa-se uma relação diretamente proporcional entre a condutividade elétrica e a concentração de cloreto de acordo com a variação sazonal. Lima & Kobayashi (1988) observaram que as proximidades da baía do Sol o cloreto apresenta, no período chuvoso, uma concentração média de 4 mg.L^{-1} , ocorrendo uma elevação significativa para 1.860 mg.L^{-1} em novembro, período seco. A mesma variação

foi observada por Cordeiro (1987), com relação a condutividade que apresentou um valor mínimo de $39 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ em março de 1985 e um valor máximo de $13.000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ em agosto de 1985 às proximidades da baía do sol. Observa-se, portanto, que há uma influência salina em Mosqueiro somente no período seco. Outra variação observada por Cordeiro (op cit.) foi com relação à penetração de uma cunha salina no estuário. Enquanto que em Mosqueiro a condutividade máxima foi observada em agosto de 1985 em Icoaraci e Belém isso ocorre somente no mês de novembro de 1985, com uma defasagem de 2 a 3 meses.

6.5 ORIGEM DOS COMPONENTES DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

A complexidade de se entender a fonte dos constituintes químicos, principalmente dissolvidos, das águas superficiais já foram mencionadas por inúmeros pesquisadores dentre os quais Head (1985); Gibbs (1972); Drever (1988) e Chester (1990). Segundo esses autores, existem vários processos que contribuem para a composição química destas águas dentre eles estão:

1) Naturais

- os litotipos através do intemperismo das rochas, onde a água funciona como um solvente primário e como meio de transporte para introduzir o ataque químico do CO_2 e ácidos orgânicos;
- a incorporação das águas subterrâneas, processos químicos (oxidação e redução) e biológicos (consumo e decomposição por bactérias do material orgânico);
- os aspectos climáticos - precipitação atmosférica e temperatura do ar ocasionando os processos da evaporação/cristalização;
- escoamento superficial - carregando material particulado para dentro de rios e lagos.

2) Antrópicos

- disposição dos resíduos domésticos e industriais, disponibilizando principalmente metais pesados e material particulado (fecal).

6.5.1 Os nutrientes (Si-silicato, P-fosfatos e N-nitrato, nitrito e amônio) nos diversos ambientes aquáticos

O nitrato, o silicato e os fosfatos inorgânico dissolvidos nas águas continentais são considerados nutrientes limitantes para a produção biológica. que remove os mesmos das camadas superficiais de água. Após a morte, o material biológico é depositado no fundo e em seguida decomposto, liberando novamente os nutrientes para a coluna d'água. O nitrogênio e fósforo são "ciclados" como tecido orgânico dos organismos, enquanto a sílica e cálcio são "ciclados" como esqueleto. No entanto, o ciclo biológico dos nutrientes não está somente em sua remoção das águas superficiais mas envolve também suas próprias transformações através complexação, dissociação (oxidação e redução) dentro do ambiente (Andrews *et al.*, 1996).

A origem de nitrogênio para os diversos ambientes aquáticos pode ser de fonte natural, como pela a oxidação de sua forma elementar o gás nitrogênio (N_2), contido na atmosfera, ou através de bactérias que o transformam em nitrato. Pode também ser proveniente do intemperismo do solo, escoamento superficial, de solos tratados com fertilizantes, e de resíduos industriais. As águas de rio podem conter também o nitrogênio orgânico particulado de origem biológica. As concentrações de nitrato nas águas dos oceanos são baixas e são provenientes da atividade humana, referida anteriormente. A média da concentração de nitrato na água do mar é em torno de 30 μM (Hem, 1970) e em rios não poluídos o nitrogênio total tem sido estimado em 27 $\mu M.L^{-1}$ sendo 8,2 $\mu M.L^{-1}$ nas formas dissolvidas, principalmente o nitrato, e 18,5 $\mu M.L^{-1}$ nas formas de compostos orgânicos(Chester, 1990).

O nitrogênio pode existir em vários estados de oxidação como: gás nitrogênio (N_2 , $N=0$), o nitrato (NO_3^- , $N=+5$) que é consumido pelo fitoplâncton e reduzido a amônio (NH_4^+ , $N=-3$), para utilização como proteína. Após a morte do fitoplâncton a sua decomposição também aumenta a concentração de amônio que pode ser oxidado a nitrito (NO_2^- $N=+3$) e depois a nitrato (NO_3^-) em águas bem oxigenadas. Da mesma forma quando o fitoplâncton serve de alimento para o zooplâncton os organismos excretam posteriormente o amônio (NH_4^+) que é reutilizado pelo fitoplâncton. O amônio é a forma preferida de utilização do nitrogênio já que não requer energia em seu consumo e utilização (L'helguen *et al.*, 1996). Portanto, este rápido processo de

reciclagem mantém a zona eufótica com baixa concentração de amônio (Andrews et al., 1996).

O nitrito e o nitrato ainda trazem perigos a saúde pois o nitrito é um íon relativamente tóxico por causa de sua inter-relação com a hemoglobina. O nitrito no sangue resulta na oxidação do ferro (II) da hemoglobina formando meta-hemoglobina que não tem nenhuma habilidade de carregar o oxigênio; esta doença é chamada meta-hemoglobinemia. Apesar de casos de envenenamento direto por nitrito serem raros, o íon de nitrato pode ser reduzido a nitrito no estômago, e, por isto, comida e água com altos teores de nitrato são perigosas. Esta redução é especialmente possível no estômago de crianças onde a baixa acidez permite o aumento da redução do nitrato, através de microrganismos. Também há algumas evidências de que nitritos no corpo podem reagir com aminos orgânicos para formar, possivelmente, nitrosaminas que são carcinogênicas. Nitrito (frequentemente produzido de KNO_3 *in situ*) é um elemento aditivo comum em carnes curadas onde age para prevenir o crescimento de bactérias, mas também é somado para produzir sabor e uma cor atraente; que posteriormente terminará na formação de nitrosyl-mioglobina (Bailey et al. 1978).

Diagrama do ciclo do nitrogênio

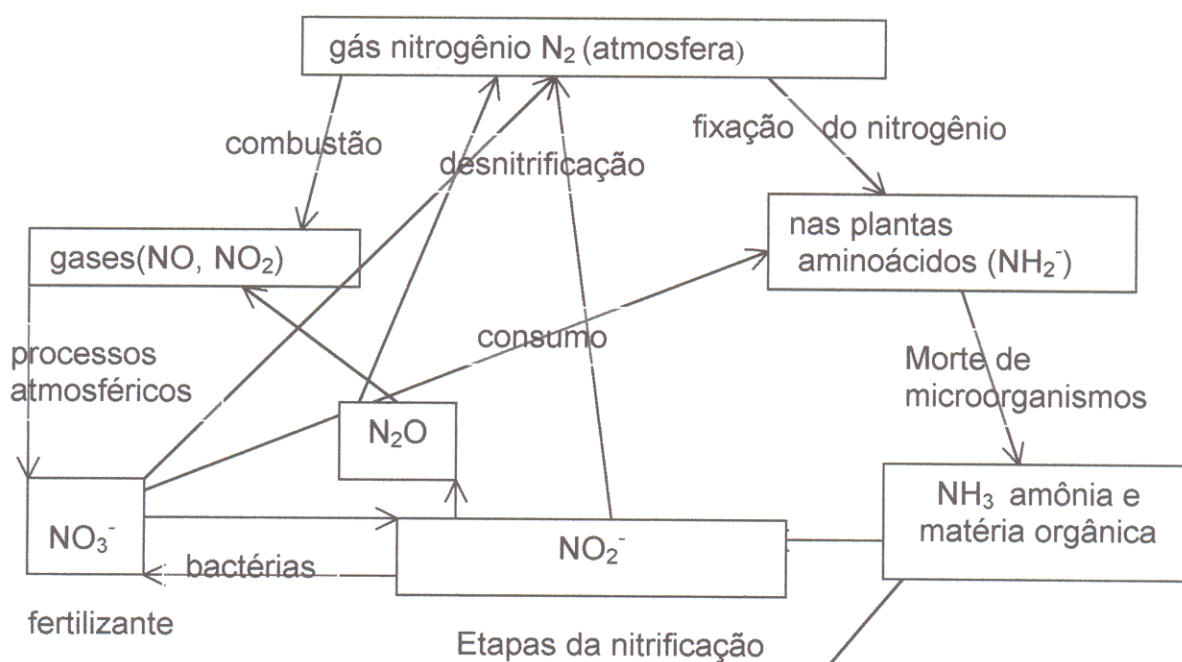


Figura 7. Ciclo do nitrogênio. Fonte: Bailey et al. (1978).

O fósforo é um dos mais importantes nutrientes. Existe nas águas naturais como produtos da dissociação do ácido fosfórico nas formas de H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} que depende do pH do meio. Durante o intemperismo é liberado dos minerais em grandes quantidades. A média de fósforo contida nas águas de mar fica em média a $2 \mu\text{Mol.L}^{-1}$. No entanto, nas zonas eufóticas o nível é normalmente muito mais baixo, pois nesse nível o elemento é levado pelo fitoplâncton e entra na cadeia alimentar marinha. Após a morte e decomposição destes organismos o fósforo retorna à coluna d'água. Juntamente com os movimentos das águas, os processos de remoção e retorno dão lugar as variações sazonais na distribuição do elemento. As formas iônicas desse elemento na água do mar é cerca de 10% de fosfato - PO_4^{3-} e o restante forma o HPO_4^{2-} . Já nas águas de rios e estuários os ácidos difosfóricos e polifosfóricos são encontrados com mais freqüência por causa da poluição por detergentes (Grasshoff, et al. 1983). Outra fonte antropogênica de fósforo para o sistema aquático é através do uso de fertilizantes em áreas destinadas a agricultura.

Segundo Lerman (1988) no ciclo do fósforo as maiores reservas do mesmo, independente da forma química dos compostos, são a biota terrestre, as águas do oceano e os sedimentos. No fluxo de fósforo terrestre através do rio aproximadamente 10% de fósforo são de detritos sólidos dos sedimentos. Sendo que a produtividade biológica e o fluxo da respiração da biota oceânica são os responsáveis pelo pequeno tempo de residência do fósforo na biota oceânica, cerca de 0,14 anos. A maioria do fósforo da biota oceânica é regenerada na superfície do oceano e somente cerca de 4% é depositado no fundo do oceano. Por outro lado, o tempo de residência do fósforo da biota terrestre, principalmente das árvores, é aproximadamente de 45 anos. Sendo que o fluxo é essencialmente a morte dos vegetais que misturam - se com a superfície terrestre. A reserva continental se estende a uma camada de 60 cm de profundidade.

Diagrama do ciclo do fósforo

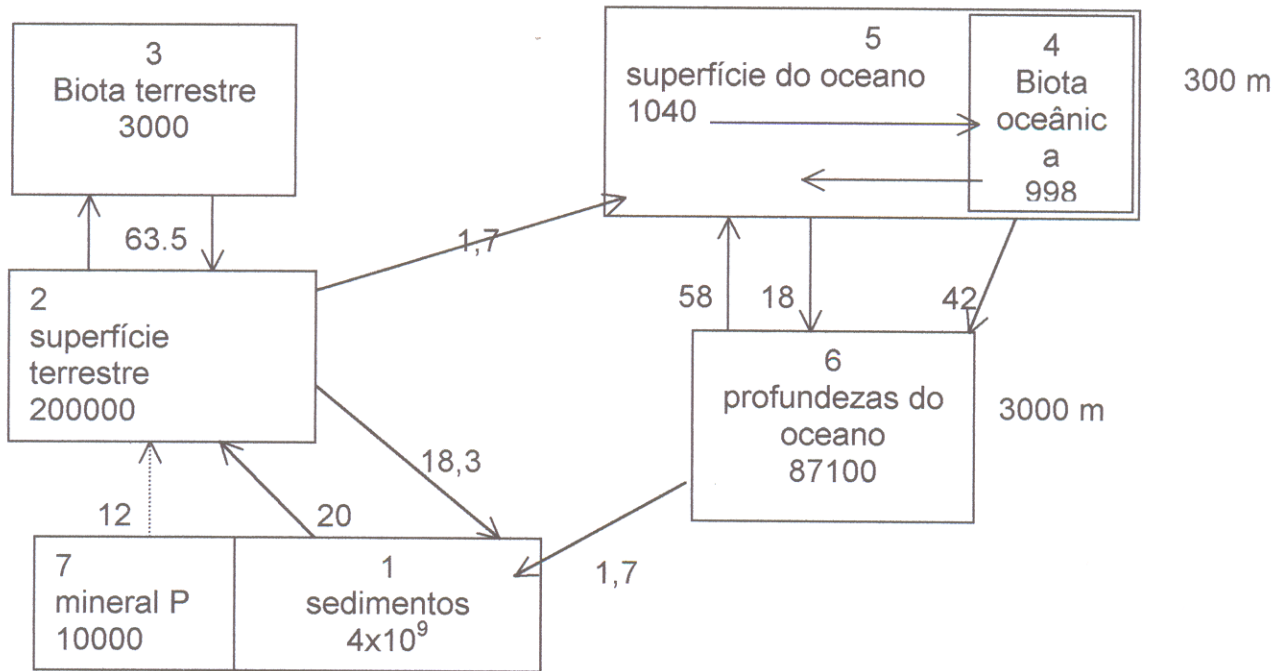


Figura 8. Ciclo da reserva de fósforo. Expressa em unidades de 10⁶ toneladas. Fonte: Lerman (1988).

O silicato dissolvido reativo expresso como (H₄SiO₄), em estuários tem como fonte principal os rios provenientes do intemperismo de silicatos de alumínio. O silício também pode estar presente nas águas de rio em outras formas como mineral (quartzo) e material biológico (esqueletos de diatomáceas). A partir da dissolução da diatomáceas depositadas juntamente com os sedimentos de fundo, a sílica é liberada em seguida para a coluna d'água pela re-suspensão desse sedimento. A média global das concentrações de silicato dissolvido tem sido estimada em 346,4 μM.L⁻¹ (Chester, 1990).

Cerca de 29% da sílica dissolvida na água dos rios é removida no estuário por mecanismo biológico. No entanto, toda sílica é regenerada dentro do estuário e posteriormente lançada novamente dentro da coluna d'água. Como resultado disso, o fluxo de sílica fora do estuário é virtualmente idêntico ao fluxo fluvial, ou seja pouca sílica é depositada como sedimento (Chester, 1990).

Demaster *et al.* (1983) estimaram que o consumo biológico (por diatomáceas) de sílica dissolvida nas águas superficiais, a jusante do rio Amazonas, alcança entre 17

a 33%; sendo que de 75 a 88% da sílica biogênica (diatomáceas) a montante do rio Amazonas são dissolvidas nas águas ou nos sedimentos de superfícies e somente 4% do abastecimento do rio é acumulada no sedimento de fundo. Portanto, 96% do suprimento de sílica do rio Amazonas escapa da área continental e são transportados até o oceano.

6.5.2. Características físico - químicas das águas superficiais

A temperatura tem grande importância para o equilíbrio ecológico dos ambientes aquáticos. A variação da temperatura da água provoca, entre outras coisas, mudanças na sua viscosidade, densidade e tensão superficial, que são propriedades fundamentais para o desenvolvimento e permanência de alguns organismos planctônicos.

A viscosidade de uma massa de água a 5 °C pode ser reduzida a metade quando submetida a uma temperatura de 30 °C. Isso provoca a submersão, duas vezes mais rápida, dos organismos planctônicos causando prejuízo a comunidade que vive na superfície da água como *néuston* e *plêuston* (Esteves, 1988). Contudo, após receber uma certa quantidade de calor a água mantém uma certa estabilidade térmica devido a sua alta capacidade calorífica, o que pode ser observado pelas baixas variações diárias e sazonais da temperatura nos ambientes aquáticos.

Os gases oxigênio dissolvido (O₂) e dióxido de carbono (CO₂) são de extrema importância na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos, pois fazem parte da vida de animais e vegetais mantendo um vínculo entre seus ciclos biogeoquímicos, apesar de apresentarem comportamentos inversos. As principais fontes de oxigênio para as águas são a atmosfera e o processo de fotossíntese. Lerman (1988) menciona que no consumo de carbono pela biomassa utilizando CO₂, o O₂ liberado para atmosfera aumenta em 10%. As perdas de oxigênio dissolvido podem ser pelo consumo através da decomposição da matéria orgânica, perdas para atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos. A solubilidade do oxigênio depende, principalmente, da temperatura e pressão, decrescendo com o aumento da temperatura e a redução da pressão. A uma pressão de 760 mmHg, 100% de umidade relativa e a temperatura de 0°C, são solubilizados 14,6 mg/L de O₂,

enquanto que nas mesmas condições e temperatura de 30°C somente 7,59 mg/L são solubilizados, características dos lagos das regiões tropicais (Esteves, 1988).

O pH (potencial hidrogeniônico) das águas naturais é extremamente importante por ser responsável pela solubilidade e formação de muitas substâncias, por exemplo os hidróxidos de muitos metais precipitam em determinado pH, como é o caso do Fe^{2+} que precipita em $\text{pH} = 5,5$ enquanto o Fe^{3+} precipita a $\text{pH} = 2$. O metabolismo de muitos organismos aquáticos também é afetado pelo pH, pois muitas das reações são catalisadas em meio básico ou ácido (Moore & Moore, 1976). Outro fator muito importante é a mudança de pH que pode acelerar ou retardar os processos de hidrólises responsáveis pelo ataque químico das rochas. Sendo que as formas naturais de redução do pH são pela presença de ácidos orgânicos e inorgânicos, tais como o sulfúrico pela oxidação da pirita, o nítrico pelo processo de nitrificação, o ácido carbônico pela dissolução do CO_2 da atmosfera e os ácidos húmicos provenientes da lavagem dos solos vegetais (Custódio & Llamas, 1978).

O material particulado em suspensão é um importante parâmetro físico químico para a reatividade biogeoquímica em águas superficiais. Altas concentrações de material particulado em suspensão, impedem a entrada de luz necessária ao processo de fotossíntese, influenciando diretamente a produtividade primária. O material particulado, nos estuários, é proveniente de várias fontes: 1) através do fluxo fluvial pelo intemperismo das rochas (argilominerais), detritos de vegetação próxima as margens e precipitação de vários óxidos e hidróxidos, principalmente, de ferro e manganês; 2) do oceano como restos de esqueletos e matéria orgânica; 3) de processos internos do estuário como a floculação de componentes orgânicos e inorgânicos que incluem a suspensão dos argilominerais transportados pelo rio, espécie coloidal de ferro e material orgânico dissolvido (como matéria húmica) e 4) uma variedade de substâncias inorgânicas trazidas pelo ar, como poeira (Chester, 1990). As fontes antropogênicas de sólidos em suspensão são a matéria orgânica proveniente de esgoto, excrementos de animais e resíduos industriais. No entanto, o próprio material particulado pode servir de transporte para outros tipos de material particulado presente no meio, através da adsorção (Moore & Moore, 1976). Em ambientes estuarinos os processos físicos que

controlam a distribuição do material em suspensão envolvem o modelo de circulação de água, ajuste gravitacional e deposição e re-suspensão de sedimento (Chester, 1990).

6.6 - BACTERIOLOGIA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

6.6.1 Doenças de transmissão e origem hídrica

A água em contato com organismos patogênicos atua como um veículo do agente infeccioso. Estes organismos atingem a água através de fezes de pessoas e/ou animais infectados, causando problemas principalmente no aparelho intestinal do homem. Essas doenças podem ser causadas por bactérias, fungos, vírus, protozoários e helmintos e são denominadas de doenças de transmissão hídrica. As doenças provocadas por determinadas substâncias químicas, orgânicas ou inorgânicas, presentes na água em concentração inadequadas, em geral superiores àquelas especificadas nos padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais e de saúde pública, para água de consumo humano, são também denominadas de doenças de origem hídrica. Algumas doenças de origem hídrica são bastante conhecidas: o saturnismo provocado por excesso de chumbo na água; a meta-hemoglobinemia em crianças, conhecida como doença decorrente da ingestão excessiva de nitrato, e outras doenças de efeitos a curto e logo prazo (Sanchez, 1999).

6.6.2 Requisitos de um indicador de contaminação fecal

O uso de microrganismos como indicadores para avaliar a qualidade da água está bem estabelecido e vem sendo utilizado à quase um século. São os seguintes, os requisitos básicos para a escolha de um microrganismo como indicador de contaminação fecal:

- ser um microrganismo ou um grupo de microrganismos que prevalecem em esgotos e são excretados pelo homem ou outros animais homeotérmicos;
- sua densidade deve ter uma relação direta com o grau de contaminação fecal;
- ser incapaz de se multiplicar no ambiente aquático ou multiplicar-se menos do que as bactérias entéricas;
- apresentar maior resistência aos desinfetantes que os organismos patogênicos;

- ser quantificável por métodos laboratoriais rápidos e simples.

Os indicadores bacteriológicos clássicos de poluição são as bactérias do grupo coliformes, os enterococos e clostrídios (esporos). Através de anos os métodos de isolamento e identificação de microrganismos têm sido aperfeiçoados e sua aplicação tem fornecido informações detalhadas sobre a ecologia dos indicadores bacteriológicos de contaminação fecal e tem sido proposto novos grupos de organismos para fornecer melhores resultados. Entretanto, não existe um indicador "ideal", sendo que os microrganismos ou grupos de microrganismos utilizados para esta finalidade apresentam vantagens e limitações que devem ser considerados para sua aplicação.

Segundo a resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, 1986, as águas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) são enquadradas como próprias, quando o índice de coliformes fecais não ultrapassar 1.000 NMP/100 mL ou 5.000 NMP/100 mL de H₂O para coliformes totais em 80% de um conjunto de amostras analisadas em cada uma das 5 semanas, coletadas no mesmo local. Os resultados não podem ser referentes a períodos inferiores a 5 semanas, desde que cada um desses períodos seja especificado e tenha sido colhidas e examinadas, pelo menos, 5 amostras durante o tempo mencionado.

6.6.3 *Escherichia coli* causadora de diarreia

Segundo Sanchez (1999) atualmente, são conhecidas quatro categorias de *Escherichia coli*, reconhecidas como agentes etiológicos da diarreia humana: *escherichia coli* enteropatogênica clássica (EPEC), *Escherichia coli* enteroinvasora (EIEC), *escherichia coli* enterotoxigênica (ETEC) e *Escherichia coli* entero-hemorrágica (EHEC). Cada uma dessas categorias apresenta características distintas em relação a patogenicidade, síndrome clínica e epidemiologia, bem como está associada a grupos específicos de antígenos somáticos e flagelados.

As *Escherichia coli* enteroinvasoras causam uma doença localizada principalmente no cólon, que se manifesta com febre e diarreia mucóide e, muitas vezes, sanguinolenta. As alterações patológicas assemelham-se as duas shigeloses. Já as *escherichia coli* enterotoxigênicas têm comportamento semelhante ao de *Vibrio*

cholerae, pois causam diarreia profusa e aquosa, sem muco nem sangue. Os sintomas duram menos que quarenta e oito horas. Tanto as *Escherichia coli* invasoras quanto as enterotoxigênicas geralmente causam casos esporádicos, mas podem também ser uma causa comum de surto. As *Escherichia coli* entero-patogênicas clássicas pertencem aos sorotipos enteropatogênicos clássicos, que têm sido relacionados com surtos de diarreia em berçários. As *Escherichia coli* entero-hemorrágicas foram descritas recentemente em epidemias e casos esporádicos de diarreia sanguinolenta. Nos EUA e no Canadá estão associadas à produção de uma potente citotoxina produzida pela *Escherichia coli* sorotipo O 157 : H7 (Sanchez, 1999).

O diagnóstico específico baseia-se no isolamento de *Escherichia coli*, e a diferenciação entre as quatro categorias (invasoras, entero-toxigênicas, clássicas e entero-hemorrágicas) é feita através de provas específicas. Estas cepas nem sempre são patogênicas e podem ocorrer em pessoas saudáveis. A dose infectante é de 10^6 a 10^9 microorganismos.

7. MATERIAL E MÉTODOS

7.1 - TRABALHO DE CAMPO

Foram realizados seis campanhas de coletas de amostras, três no período menos chuvoso, nos meses setembro, outubro e novembro, no ano de 1999, e três no período mais chuvoso, nos meses de fevereiro, março e abril de 2000 (tabela 2). A amostragem foi realizada ao longo do rio, distribuída através de estações de coleta num total de quatro estações de coleta ao longo do rio Murubira e outras quatro estações (para efeito de comparação) foram localizadas nos principais tributários (igarapé Tamanduá, rio Pratiquera e furo do Engenho) e um na baía de Santo Antônio. As coletas foram efetuadas em função da maré, observando-se o seu comportamento dentro de um quarto (1/4) de ciclo (baixa mar - preamar e vice versa), no período de luas minguante e crescente, em intervalos de 1 a 2 horas, apresentando um total de 37 amostras por campanha. Em duas estações (1 e 4) foram feitas coletas durante um ½ ciclo de maré, uma no período seco em novembro de 1999 - maré de quadratura (baixa mar - preamar - baixa mar) e outra no período chuvoso, março de 2000 - maré de sizígia (preamar - baixamar e baixamar - preamar), com um número máximo de 50 amostras por campanha.

7.1.1 - Descrição das estações de coleta

A localização das estações de amostragem pode ser visualizada na figura 9.

- Estação 1: no final da rua Natal do Murubira e nas proximidades das estâncias São Sebastião I e II, que também funciona como porto para descarregamento de madeiras e materiais cerâmicos (tijolos, telhas.etc...).
- Estação 2: próximo à área urbana, nas proximidades das estâncias Paulo Cruz I e II.
- Estação 3: próximo à área do parque Ambiental, apresenta apenas duas moradias nas proximidades, sendo que dentro da área do igarapé Patauá apresenta uma ocupação recente.
- estação 4: localiza-se na desembocadura do rio Murubira, confluência com o rio Pratiquera e igarapé Tamanduá, apresenta cerca de cinco moradias de pescadores nas proximidades.

- estação Tamanduá: a montante fica o porto Pelé, que apresenta uma grande movimentação de embarcações, moradias tipo palafitas e um antigo matadouro; a jusante fica a desembocadura do rio Murubira e o rio Pratiquera.
- estação Pratiquera: localiza-se às proximidades da desembocadura do rio Pratiquera, com duas moradias de pescadores nas proximidades.
- estação furo do Engenho: localiza-se dentro do furo nas proximidades da confluência com o rio Pratiquera .
- Estação Santo Antônio: localiza-se dentro da baía Santo Antônio próximo à foz do rio Pratiquera.

A metodologia de campo seguiu as recomendações de Sousa & Derisio, 1977; Aminot & Chaussepied, 1983; Standard Methods - APHA (1995, 19ª ed.). Utilizaram-se garrafas de polietileno de 1L para armazenar as amostras para as análises físicas, físico-químicas e químicas e frascos de plásticos autoclaváveis de 125 mL destinados às análises bacteriológicas. Foram realizadas em campo as análises de condutividade elétrica, pH, temperatura e do oxigênio dissolvido. As amostras foram preservadas e mantidas em isopor com gelo até a chegada ao Laboratório de Hidroquímica e Análises Químicas do Centro de Geociências da UFPA.

7.2 - TRABALHO DE LABORATÓRIO

Em laboratório as amostras (média de 37 amostras por campanha) foram filtradas para a determinação quantitativa do material particulado em suspensão e determinação dos nutrientes dissolvidos. A filtração foi realizada a pressão reduzida em dois conjuntos de filtração de marca NALGENE, ligados em série para a filtração simultânea de duas amostras. Foram usados filtros MILLIPORE, membrana de éster de celulose de 0,45 µm de porosidade e 47 mm de diâmetro. As amostras para análise do íon amônio ($N-NH_4^+$) foram mantidas no escuro por 24h para a finalização da reação.

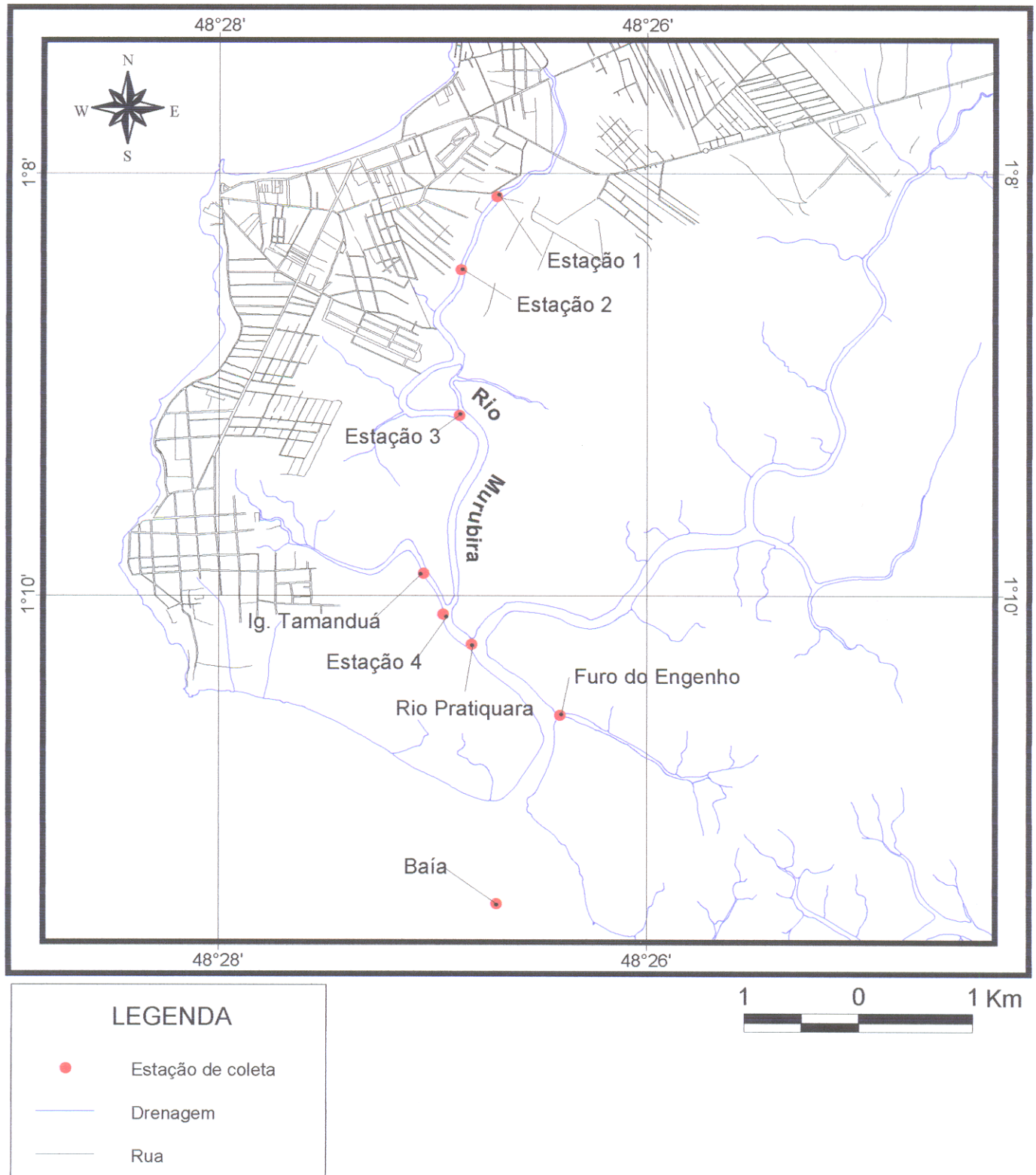


Figura 9: Mapa de localização das estações de coleta.

7.3 - METODOLOGIA ANALÍTICA UTILIZADA PARA OS PARÂMETROS FÍSICOS, FÍSICO-QUÍMICOS E QUÍMICOS.

Condutividade elétrica

- Método condutimétrico - utilizou-se condutivímetro de campo marca HANNA modelo HI 8633, calibrado com solução de KCl 0 a 1409 $\mu\text{S}/\text{cm}$

pH

- Método potenciométrico; utilizou-se pH-meter de campo marca HANNA, calibrado com padrões de pH 7 e 4.

Temperatura

- Utilizou-se termômetro de mercúrio de uso em laboratório, marca ABA.

Oxigênio dissolvido

- Utilizou-se o oxímetro (medidor de campo de oxigênio dissolvido, portátil à prova d'água) marca HANNA, modelo HI 9142, calibrado com solução padrão de oxigênio - HI7040.

Material em suspensão

- Foi utilizado o método gravimétrico adaptado de Strickland & Parsons⁵ segundo Aminot & Chaussepied (1983). O método consistiu em filtrar 50 mL da amostra sobre um filtro de éster de celulose de 45 μm de porosidade e 47 mm de diâmetro previamente seco à 60 °C por 2 h, resfriado em dessecador e pesado para se determinar o peso (p_1) e após a filtração o filtro foi levado novamente a estufa e seco novamente a 60 °C por 2 h em seguida resfriado no dessecador e pesado encontrando-se o peso (p_2) e por diferença ($p_1 - p_2$) determinou-se o material em suspensão.

⁵ STRICKLAND, J. D. H and PARSONS, T. R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. 2.ed.ottawa:bulletin 167. 311 p.

Cloreto (Cl⁻)

- Foi utilizado o método argentométrico por titulação com a solução 0,0141N de AgNO₃ tendo como indicador o cromato de potássio 5% segundo Standard Methods (1995).

Alcalinidade (CaCO₃)

- Foi determinada através da titulação da amostra com ácido sulfúrico, utilizando os indicadores fenolftaleína e metilorange segundo Standard Methods (1995).

Bicarbonato(HCO₃⁻)

- Calculado pela fórmula: HCO₃⁻ (mg/L) = 1,22 CaCO₃(mg/L), segundo Custódio & Llamas, 1976.

N - NH₄⁺ dissolvido

- Método espectrofotométrico - pela reação entre o íon amônio da amostra e o hipoclorito de sódio, formando a monocloramina, que em seguida reage com o fenol na presença de nitroprussiato de sódio (catalizador) formando o azul de iodofenol, (Aminot & Chaussepied, 1983). A fixação dos reagentes foi em campo, evitando-se riscos de contaminação, como oxidação pelo oxigênio do ar. Após a finalização das reações (24 h) as amostras foram levadas para leitura no espectrofotômetro ZEISS PM 6 em cubetas de 5 cm e comprimento de onda $\lambda=630$ nm. O método tem limite de detecção de 0,1 μ Mol.

N -NO₂⁻ dissolvido

- Método espectrofotométrico - consiste na formação dos íons diazóicos pela reação dos íons nitritos com a sulfanilamida (R₁) que em seguida reagem com o N-naftil etilenodiamino (R₂) formando um complexo colorido (Aminot & Chaussepied, 1983). A leitura foi realizada no espectrofotômetro ZEISS PM em cubeta de 5cm e $\lambda=543$ nm. O limite de detecção até 0,01 μ Mol em cubetas de 10 cm.

Nitrato dissolvido N-NO₃⁻

- Método da redução quantitativa do nitrato presente na amostra para nitrito em coluna de cádmio ($r > 95\%$) adaptado de Wood *et al.* (1967)⁶, descrito por Aminot & Chaussepied (1983). A redução do nitrato ocorre pela passagem da amostra por uma coluna redutora preenchida por uma amalgama de grãos de cádmio tratados com solução de cobre a 0,2 N. Após a redução a amostra recebe o mesmo tratamento feito para a determinação do nitrito. A leitura foi feita no espectrofotômetro BECKMAN, modelo DU-6 em cubeta de 1 cm e $\lambda = 543\text{nm}$. O limite de detecção do método é de $0,05 \mu\text{Mol.L}^{-1}$.

Silicato reativo dissolvido (Si - H₄SiO₄)

- Método espectrofotométrico adaptado de Mullin & Riley (1955)⁷, descrito por Aminot & Chaussepied (1983). Consiste na reação do silicato dissolvido com o molibdato de amônio em meio ácido, formando o complexo silicomolibdico (amarelo) que pela adição da solução redutora de mentol e de sulfito de sódio é reduzido a azul de silicomolibdato. A leitura foi feita no espectrofotômetro BECKMAN, modelo DU-6 em cubeta de 1 cm e $\lambda = 820 \text{ nm}$. O limite de detecção para cubetas de 10 cm é de $0,1 \mu\text{Mol.L}^{-1}$.

Fósforo total (P - PO₄³⁻; HPO₄²⁻; H₂PO₄⁻)

- Método espectrofotométrico - O método consiste na reação do fósforo convertido a ortofosfato com o molibdato de amônio catalizada pelo tartarato de antimônio e potássio, em meio ácido, reduzindo o ácido fosfomolibdico a azul de molibdênio pelo ácido ascórbico, segundo Standard Methods - APHA, (1995). A leitura foi feita no espectrofotômetro BECKMAN, modelo DU-6 em cubeta de 1 cm e $\lambda = 830 \text{ nm}$. O limite de detecção do método varia de 32 a $0,03 \mu\text{Mol}$.

⁶ WOOD, E.D; ARMSTRONG, F. A. J. and RICHARDS, F. A. 1967. Determination of nitrate in sea water by cadmium copper reduction to nitrite. *J.Mar. Biol. Ass. U. K.*, 47: 23-31.

⁷ MULLIN, J. B. and Riley, J. P., 1955. The spectrophotometric determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Acta* 12, 162-170.

Metais alcalinos e alcalino - terrosos

- Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} : foram determinados pela espectrometria de absorção atômica, utilizando a chama do ar - acetileno em espectrofotometro PERKIN ELMER modelo 3300, com os comprimentos de onda 589 nm, 766,49 nm, 422,67 nm e 285,18 nm respectivamente. Foi utilizado 1 mL de solução de Cs a 10.000 ppm nas amostras de Na e K e 1 mL de solução de Sr a 10.000 ppm nas amostras de Ca e Mg, em ambos os casos para eliminar os interferentes espectrais. CETESB. NT. L5.012.1978.

7.4 - ANÁLISE BACTERIOLÓGICA (COLIFORMES TOTAIS E *ESCHERÍCHIA COLI*)

7.4.1. Natureza do método

Método cromogênico - (método da cartela ou "Quanti - Tray" / 2000) – colilert. Consiste na utilização do substrato cromogênico para a detecção simultânea das bactérias de coliformes totais e *Escheríchia coli*. O método é baseado na tecnologia originalmente designada para a identificação de microrganismos através da análise de suas enzimas constitutivas. Este método usa um substrato hidrolisável como um substrato definido apenas para os microrganismos - alvo que se quer modificar. Essa tecnologia é denominada auto-análise, porque uma variação de cor é produzida pelo microrganismo pesquisado, sem nenhuma necessidade de testes confirmativos. A realização do teste para a pesquisa de coliformes em amostras de água, através dessa técnica, requer apenas a adição de um volume específico da mesma a tubos de ensaio ou um frasco já contendo a quantidade requerida do substrato, na forma de pó e com posterior incubação, sendo os resultados finais obtidos de 24 a 28 horas.

Para os coliformes totais, o ONPG (orto nitrofenil β -D galactopiranosídeos), que atua como um sistema nutriente - indicador, é usado para detectar a enzima β - galactosidase, que é produzida por todos os coliformes. Essa enzima hidrolisa a molécula de ONPG liberando uma substância cromogênica amarela, sendo essa coloração a indicação de um resultado positivo para coliformes totais em 24 - 28 horas. Bactérias não pertencentes ao grupo coliformes, tais como espécies do gênero *Aeromonas* e *Pseudomonas*, que produzem a enzima β -D galactosidase, são suprimidas e não irão produzir uma resposta positiva neste teste, a menos que estejam

presentes em densidades superiores a 10^4 unidades formadoras de colônias por mL. Este procedimento pode ser usado também para a detecção simultânea de *E. coli*; para tanto, foi incorporado na composição do meio substrato o MUG (4 - methylumbelliferyl - β -D glucuronide), o qual é hidrolisado pela *E. coli* através de sua enzima glucuronidase (liberando o 4-methylumbelliferone que quando exposto à luz ultravioleta (366 nm), apresenta uma fluorescência difusível de cor azul brilhante), (Sanchez, 1999).

O método quantitativo baseia-se no mesmo método estatístico do teste dos tubos múltiplos tradicional com diluições seriadas de 15 tubos. A diferença está na divisão automática das amostras nas proporções apropriadas através do processo de “selado” da cartela. A cartela Quanti-Tray / 2000 apresenta 48 concavidades maiores e 48 menores, e proporciona uma faixa de contagem de 1 a 2000 com níveis de confiança de 95%. No laboratório, as amostras podem ser diluídas com água destilada estéril, podendo a amostra ser diluída até 100 vezes. O método é recomendado para águas superficiais, subterrâneas e oceânicas.

7.4.2 - Procedimentos

a) Coleta

- as amostras foram coletadas em frascos de plástico autoclavável, boca larga com capacidade de 125 mL. A coleta foi manual, com todos os cuidados recomendados para a coleta das águas superficiais (Souza & Derísio, 1977; Standard methods for examination of water and wastewater - APHA, 1995, 19ª Ed.). Foram coletadas 8 amostras em cada campanha, 2 em cada ponto de coleta (1 na maré baixa e 1 na maré alta).

b) Análise

- as amostras foram diluídas a um volume total de 100 mL foi adicionado à mesma um meio de cultura desidratado (substrato) que já vem na quantidade necessária para 100 mL de amostra. Logo após a adição do substrato coloca-se a solução na cartela que é selada num aparelho selador INDEX específico. Incubado por 24h a 35-37 °C.

c) Identificação

- Coliformes totais: conta-se a quantidade de concavidade amarela e consulta uma tabela específica de NMP, obtendo-se o número de coliformes totais/100 mL de amostra.
- *Escheríchia coli*: ilumina-se com luz ultravioleta ($\lambda = 365$ nm) e conta-se àquelas que apresentarem fluorescência, verificando da mesma forma descrita acima o NMP e obtendo-se o número de *E. Coli* para 100mL. STANDARD METHODS, AFHA (19 th ed. 1995).

OBS.: Para o teste presença versus ausência, basta verificar a coloração: positivo para coliformes totais quando apresentar coloração amarela e para *E. coli* é quando apresenta a coloração azul brilhante sob a ação da luz ultravioleta ($\lambda=365$ nm), caso não apresente coloração é negativo.

7.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

No tratamento estatístico foram determinadas as médias e o desvio padrão das análises através do programa do office - excell. Os resultados obtidos foram bons.

Tabela 2 - Planilha de coleta para análise bacteriológica

Nº de coletas/ data	Situação da maré	Situação da lua	Altura da maré	Período
Reconhecimento da área 25/06/99	8:23 preamar 15:00 baixa-mar	lua cheia 28/06/99	0,9 3,1	Final do período chuvoso
1ª coleta 01/09/99	8:30 baixa-mar 14:00 preamar	lua minguante 02/09/99	0,9 2,7	período seco
2ª coleta 26/10/99	11:30 preamar 18:00 baixa-mar	lua cheia 24/10/99	3,6 0,3	Período seco
3ª coleta 30/11/99	10:30 baixa-mar 16:40 preamar 22:50 baixa-mar	lua minguante 29/11/99	0,9 2,8 1,1	Período seco
4ª coleta 25/02/00	8:30 baixa-mar 14:30 preamar	lua minguante 27/02/00	0,8 3,0	Período chuvoso
5ª coleta 21/03/00	12:00 preamar 18:20 baixa-mar 00:00 preamar	lua cheia 20/03/00	3,5 0,3 3,5	Período chuvoso
6ª coleta 26/04/00	9:30 baixa-mar 15:00 preamar	lua minguante 26/04/00	1,2 2,7	Período chuvoso

ORGANOGRAMA

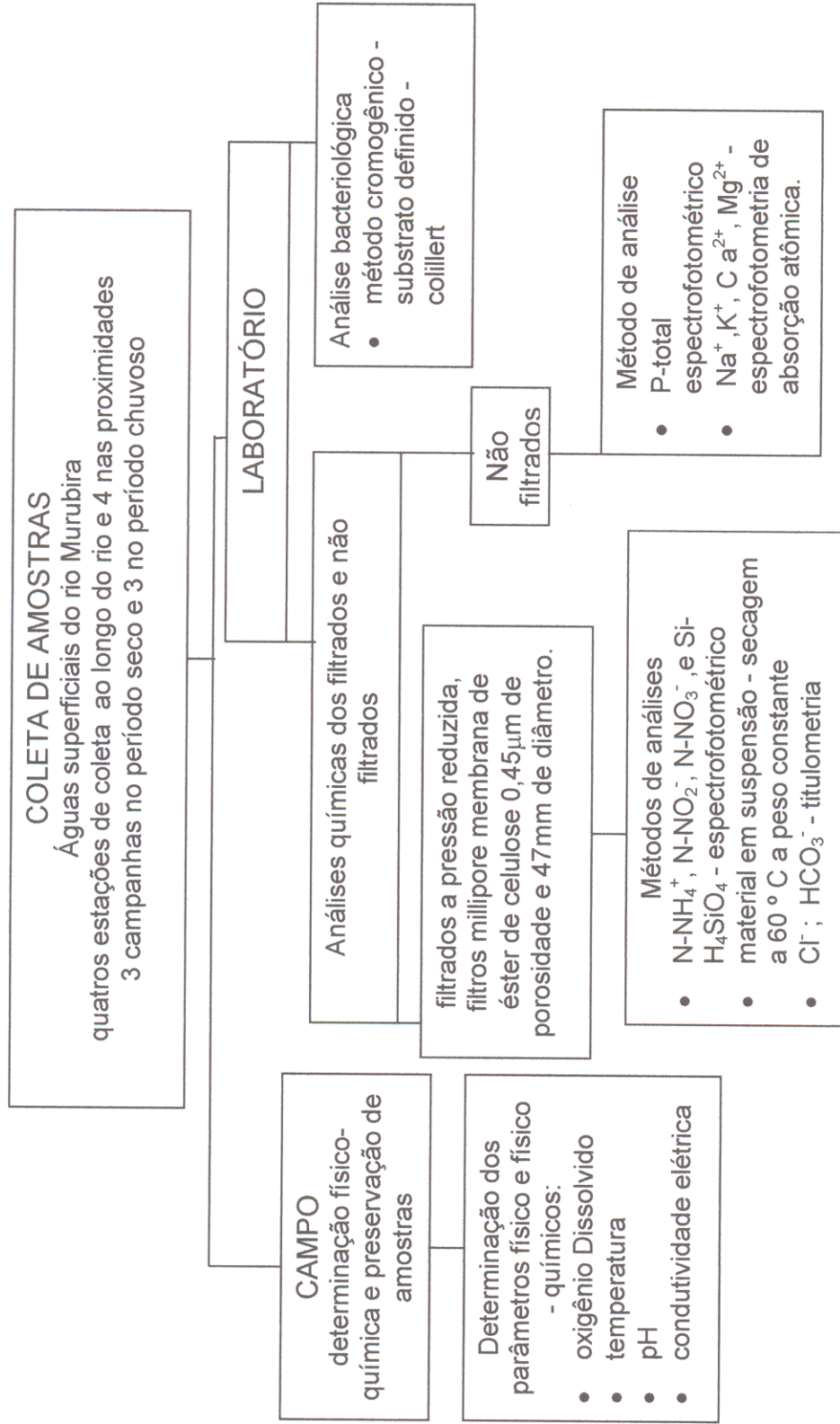


Figura 10. Organograma da metodologia utilizada

Obs.: os resultados das concentrações dos nutrientes (N, Si e P) são expresso em nitrato, nitrito, amônio, fosfato e silicato mas representam os teores desses elemento nas formas expressas.

8. RESULTADOS

8.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE OS ASPECTOS DAS ÁGUAS DOS RIOS AMAZÔNICOS E ÁREA EM ESTUDO.

Segundo Sioli (1971) as águas do rio Amazonas são turvas e ricas em sedimentos. No entanto, a maioria dos "igarapés" amazônicos é quimicamente pobre e têm um baixo pH. Apenas a faixa carbonífera do baixo Amazonas, bem como a região onde a Formação Pirabas aflora, a leste da desembocadura do Amazonas, é uma exceção em relação a esse aspecto.

O decréscimo da produtividade dessas águas por falta de alguns elementos indispensáveis a produção primária, é compensada pela temperatura alta e constante que acelera o metabolismo dos elementos nutritivos das águas (fitoplânctons). Sioli (op. cit.) classificou os rios Amazônicos em três tipos :1) rios de águas brancas; 2) rios de águas claras (amarelo-esverdeada até verde oliva); 3) rios de águas pretas. Sendo que, essa classificação segundo o já referido autor, é deduzida a partir de fatores físicos (relevo) e químicos (solo) das zonas de cabeceira. Estes fatores, entretanto, devem ser combinados entre si, em certa proporção até porque essa classificação se baseia em fenômenos facilmente verificáveis, pois um certo tipo de rio pode mudar temporariamente (em ciclos anuais dentro de dias ou mesmo de horas) de forma que a um agrupamento em um ou outro tipo torna-se ilusório. A isto se atribuem na maioria das vezes fatores climáticos e condições pedológicas.

As águas que banham a ilha de Mosqueiro pertencem aos rios de "águas brancas" em consequência do material orgânico (de origem vegetal) e mineral (predominantemente caolinítico) em suspensão, que são transportados pelos rios, "furos" e "igarapés" e também pelos rios Amazonas e Guamá. Além disso, a coloração também muda com a sazonalidade apresentando no período chuvoso uma coloração bege - amarelada, com matizes castanho-amareladas típicas de rios de "águas pretas" (Dias, 1995).

8.2 - VARIAÇÃO SAZONAL

8.2.1 - Aspectos físicos e físico-químicos das águas do rio Murubira.

8.2.1.1 - Temperatura

A temperatura das águas do rio Murubira (Figura 3) não apresentou uma variação apreciável com a sazonalidade, nem ao longo do rio (da foz até a nascente), ficando em média entre 28 °C e 30 °C que é característica das águas da região.

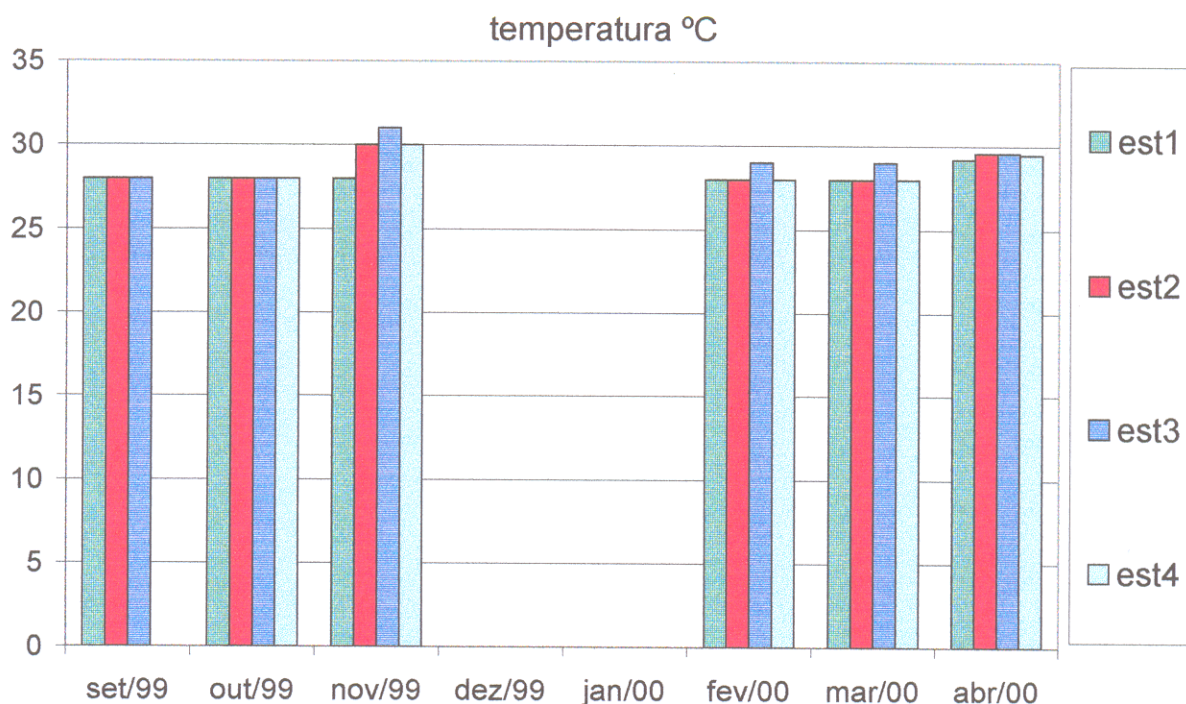


Figura 11. Variação sazonal da média da temperatura ao longo do rio Murubira, em 1999 e 2000.

8.2.1.2 - Material particulado em suspensão (MPS)

As águas do estuário do rio Pará são “barrentas”, ricas em partículas em suspensão, pois recebem contribuições fluviais de vários rios, entre eles: a) rio Amazonas que se encontra com o rio Pará no estreito de Breves, b) rio Guamá, c) do rio Tocantins além de outros (Cordeiro, 1987). Ainda segundo Cordeiro (op. cit.), as margens da área estudada (trecho Belém - Mosqueiro) podem ser a maior fonte de proveniência de material suspenso, por ser constituída de terrenos inundáveis e poucos

desenvolvidos. Em relação à composição mineralógica dos sedimentos suspensos, ocorre predomínio dos argilominerais caolinita e illita com menores proporções de esmectita e traços de clorita. A concentração média do material suspensão no rio Pará, determinadas por Cordeiro (1987), varia entre 580 mg/L no período chuvoso e 37 mg/L no período de estiagem.

O comportamento sazonal e longitudinal do material particulado em suspensão no rio Murubira é demonstrado na Figura 4. As maiores concentrações foram no período chuvoso, em média 80 mg/L no mês de março de 2000. No período seco ocorreu uma redução significativa nas concentrações de material suspenso, atingindo 8 mg/L em setembro de 1999. Entretanto, no mês de outubro verificou-se um aumento na concentração, que alcançou em média 50 mg/L. A variação longitudinal do material em suspensão apresentou uma tendência crescente em direção a estação 4 e ao “igarapé” Tamanduá, exatamente no mês de outubro de 1999 e março de 2000, que correspondem a coletas em marés de sizígia.

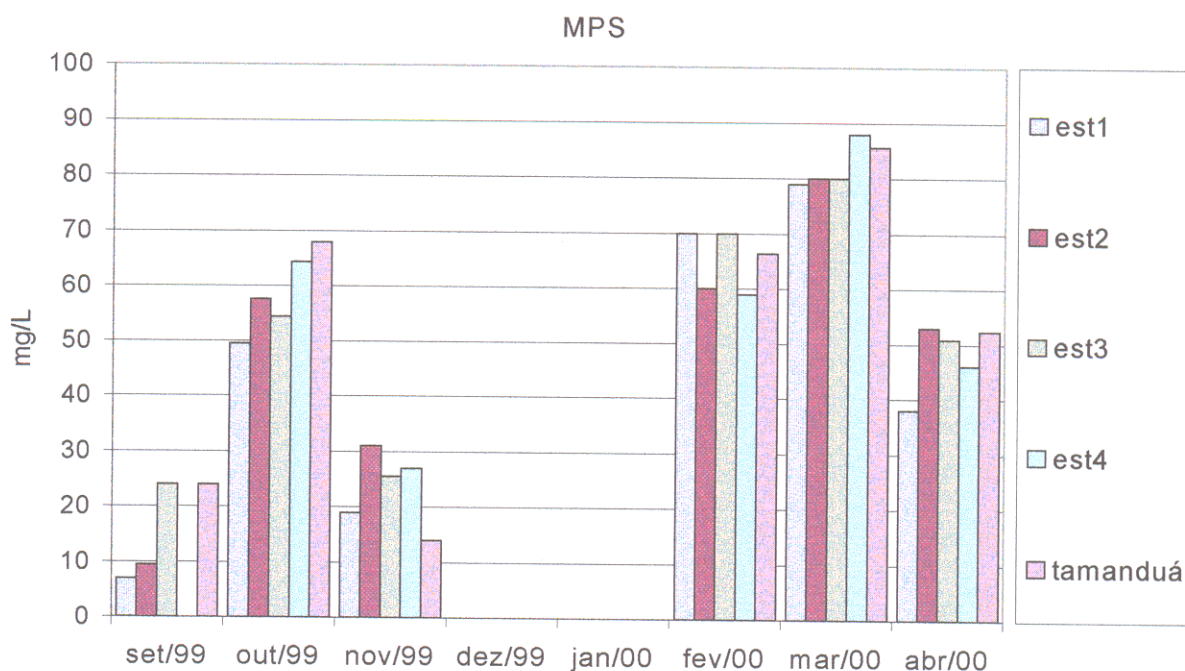


Figura 12. Variação sazonal da média do MPS ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.

8.2.1.3. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica de uma solução é a capacidade que a solução tem de conduzir corrente elétrica. Esta capacidade está, portanto, intimamente relacionada a concentração de íons dissolvidos na solução (Esteves, 1988). Os valores de condutividade nas águas doces podem variar de 1.000 a 2.000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 18 °C, enquanto que na água do Mar pode chegar até 45.000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a mesma temperatura (Custódio & Llamas, 1976).

Cordeiro (1987), encontrou na estação Mosqueiro os maiores valores de condutividade (13.000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) no período seco (agosto de 1985) e os menores valores (40 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) no período de chuvoso (março de 1985). Pinheiro (1987) chegou a encontrar na baía do Guajará, no período seco, valores de condutividade de até 1.000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ o que indica a entrada das águas salobras na baía do Guajará no período seco.

O comportamento da condutividade elétrica das águas do rio Murubira em termos sazonais pode ser observado na figura 5. O rio Murubira que fica à montante da estação estuda por Cordeiro (op. cit.) apresentou seus maiores valores (2.913 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) de condutividade elétrica no período seco (novembro de 1999). Os menores valores (46 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) foram encontrados no período chuvoso, em março de 2000. Em relação às estações de coleta, ocorre no período seco um aumento da estação 1 (a montante), para a estação 4 (a jusante), o que era esperado já que a estação 4 está mais próxima da entrada de águas salobras no rio. No entanto, no período chuvoso apesar da redução significativa da condutividade ocorreu uma inversão em relação as estações onde os valores decresceram da estação 1 para a estação 4.

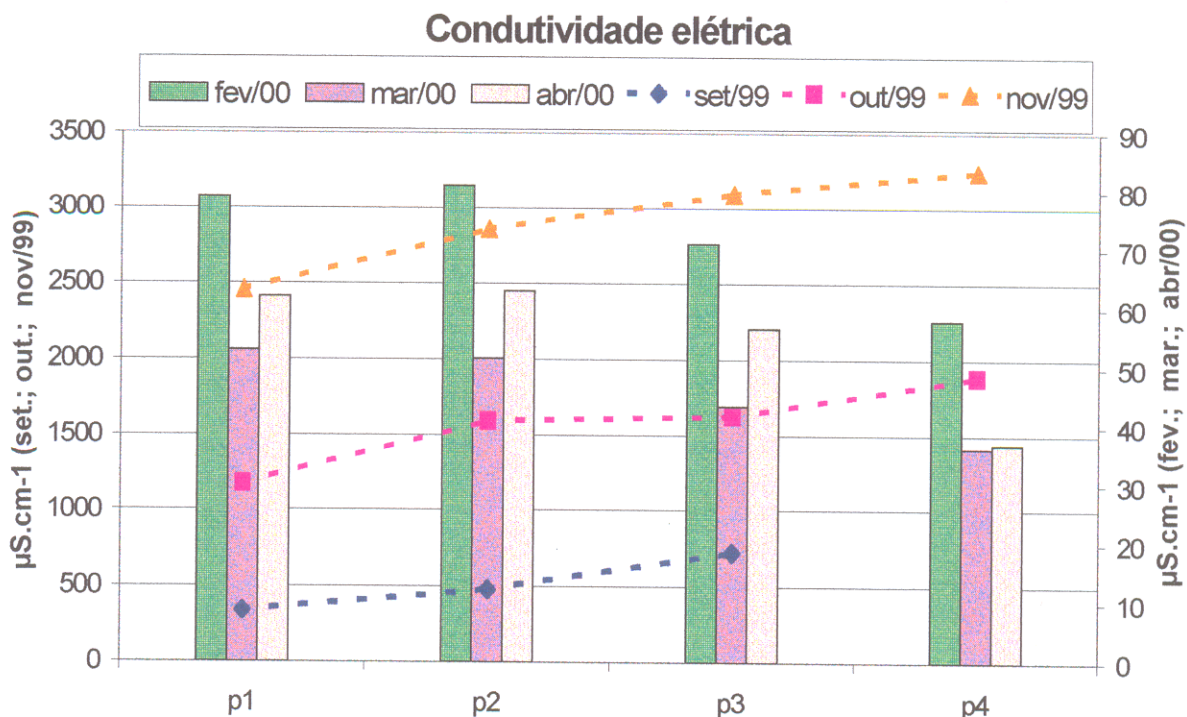


Figura 13. Variação sazonal da média da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000

8.2.1.4 - pH - Potencial hidrogeniônico

Os valores de pH obtidos por Cordeiro (1987) no rio Pará, trecho Belém – Mosqueiro, durante o período chuvoso, ficaram na faixa fracamente ácida de 6,0 a 6,5. Entretanto, Pinheiro (1987), encontrou na baía do Guajará valores oscilando entre 4,6 e 4,9 no mesmo período e de 5,2 á 5,9 em período de menor precipitação pluviométrica. Os resultados de pH no rio Murubira podem ser observado na figura 6. Verifica-se uma leve tendência de elevação do pH no período seco com valores acima de 6 (setembro a novembro de 1999) e semelhante declínio no período chuvoso apresentando valores abaixo de 6 (fevereiro a abril de 2000). As variações em relação às estações são pouco pronunciadas, no entanto, se observa em todos os períodos (seco e chuvoso) que a estação 4 apresenta os maiores valores, provavelmente por ser a estação mais próxima a baía e aquela que sofre também maior influência oceânica enquanto que na estação 1 o valor é característico das áreas continentais, ou seja o pH é mais ácido.

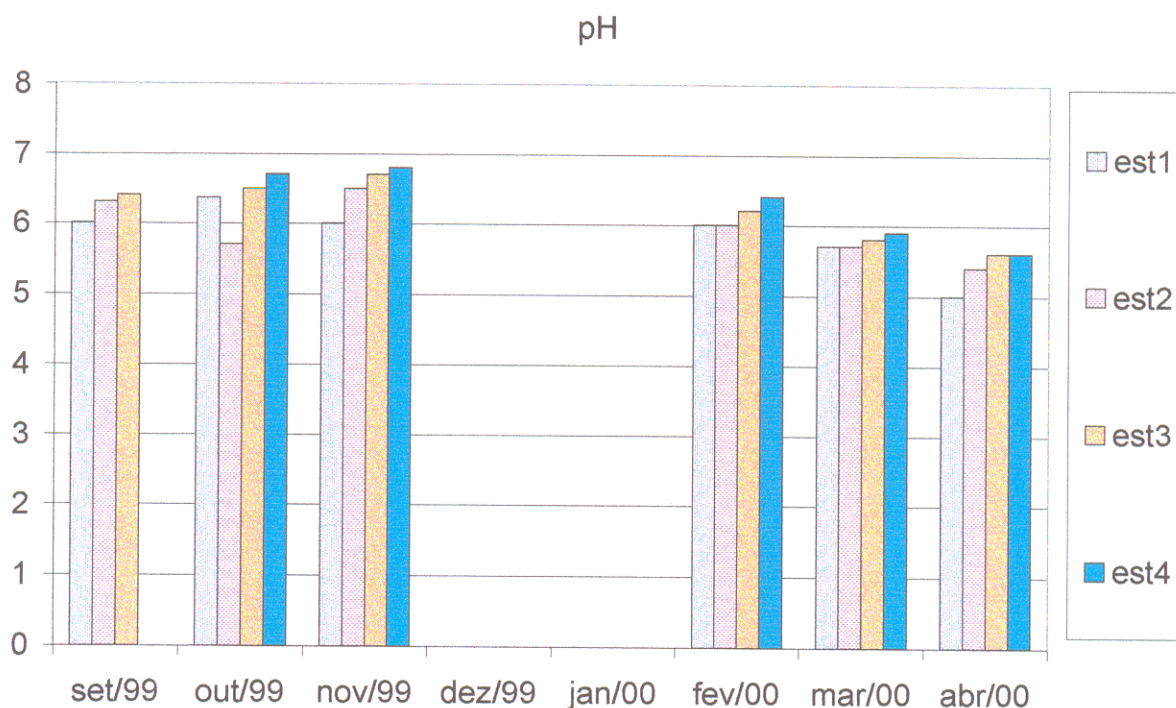


Figura 14. Variação sazonal da média do pH ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.

8.2.1.5 - Oxigênio dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido nas águas do rio Murubira no período seco manteve a média de 5 mg/L, com um leve decréscimo em outubro de 1999, chegando em média a 3,8 mg/L na estação 1. No período chuvoso houve um leve acréscimo sendo que as maiores concentrações foram observadas em março de 2000, chegando em média a 7,0 mg/L na maioria das estações (figura 7). A variação longitudinal das concentrações de oxigênio dissolvido dentro do Murubira, no entanto, mostrou a mesma tendência, tanto no período seco como chuvoso, que é o aumento da concentração da estação 1 para a estação 4.

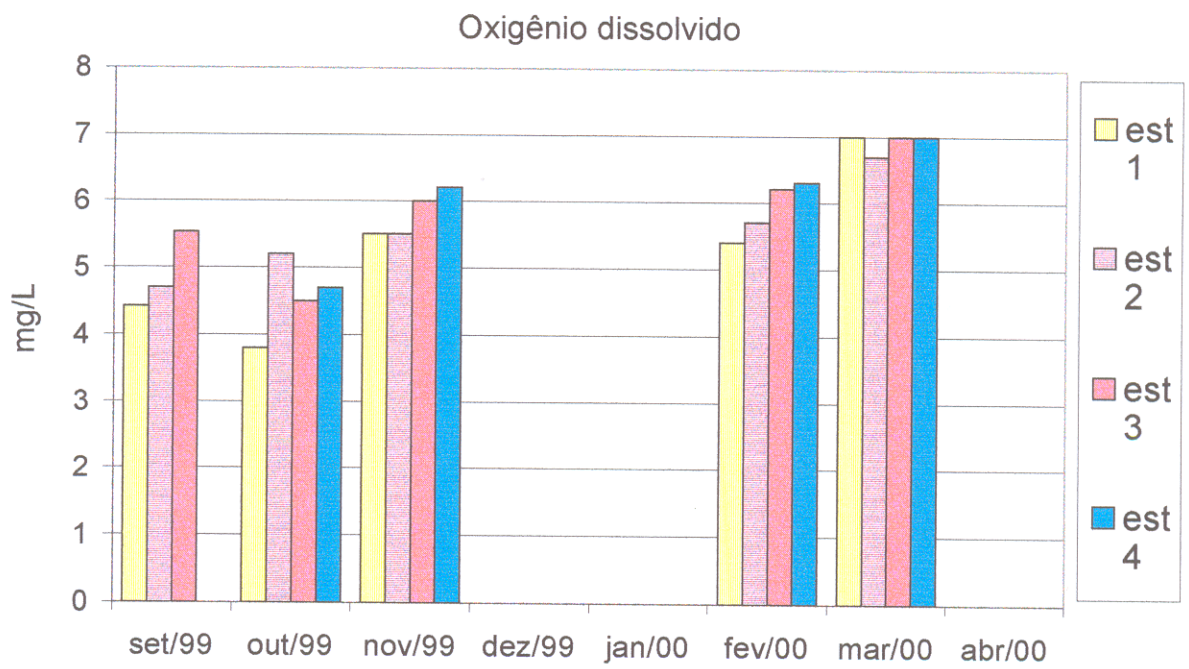


Figura 15. Variação sazonal da média do oxigênio dissolvido no rio Murubira em 1999 e 2000.

8.2.2 – Variação sazonal dos nutrientes inorgânicos (N, P e Si) expressos em amônio, nitrito, nitrato, silicato e fosfatos. .

8.2.2.1. Amônio ($N-NH_4^+$)

As concentrações do íon amônio em águas costeiras não poluídas são geralmente inferiores a $1 \mu M$ (Aminot & Chaussepied, 1983). Em águas bem oxigenadas, não poluídas, não devem ser superiores a $5 \mu M$ Grasshoff *et al.* (1983).

No rio Murubira, as maiores concentrações médias de amônio foram observadas no período seco no mês de outubro de 1999, $4,7 \mu M$ e as menores no período chuvoso no mês de abril/00 $0,8 \mu M$ o que pode ser observado na figura 8.

A distribuição do íon amônio ao longo do rio Murubira apresentou-se de forma alternada tanto no período seco quanto no chuvoso, sendo que as variações entre as estações no mesmo mês não mostraram uma única tendência. No entanto, em outubro de 1999 a estação 1, próxima à área urbana, apresentou as maiores concentrações alcançando até $7,0 \mu M$ cerca de duas vezes as concentrações das outras estações.

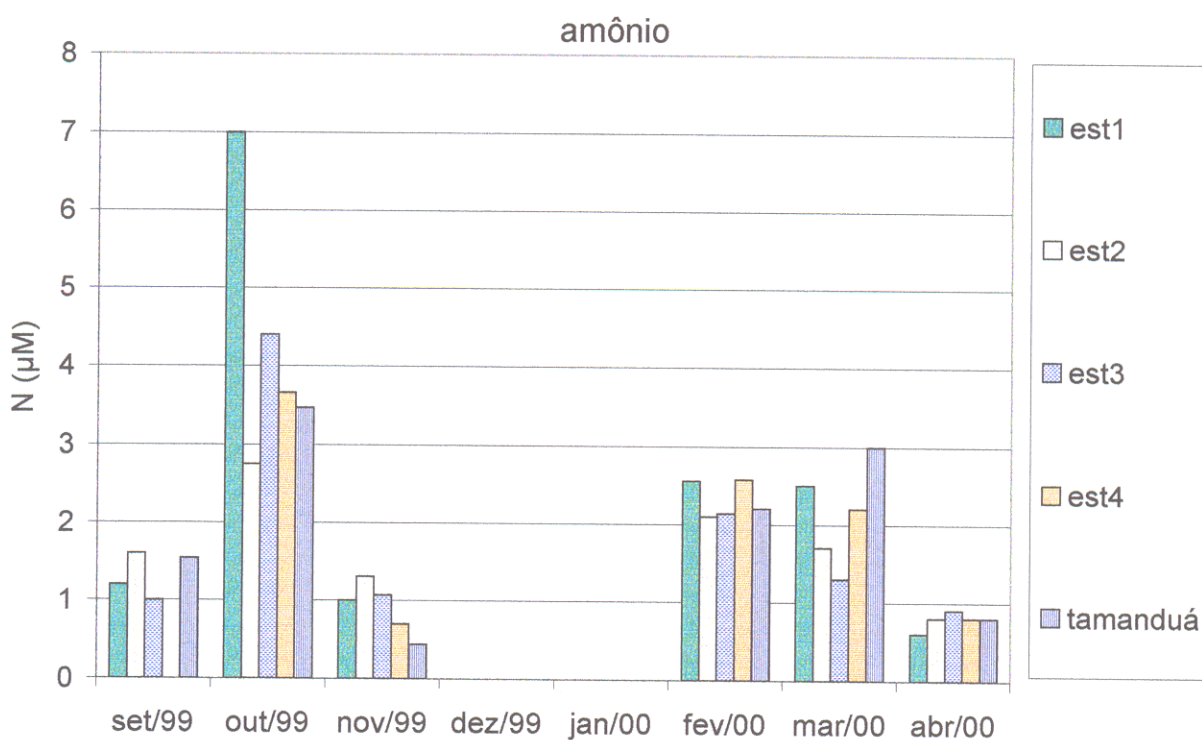


Figura 16. Variação sazonal e longitudinal da média do íon amônio ($N - NH_4^+$) no rio Murubira em 1999 e 2000.

8.2.2.2. Nitrito (N-NO_2^-)

O nitrito é uma forma intermediária resultante do processo de oxidação do amônio e redução do nitrato. A nitrificação é favorecida em regiões bem oxigenadas e ricas em material particulado e é reconhecida como processo importante em alguns estuários (Rendell *et al.*, 1997). As médias das concentrações para o nitrito dentro do rio Murubira mostraram-se baixas, na faixa de $0,4 \mu\text{M}$ em outubro de 1999 e $< 0,1 \mu\text{M}$ em abril de 2000. Estão na faixa prevista para águas costeiras não poluídas, $0,5 \mu\text{M}$ a $1,0 \mu\text{M}$ (Aminot & Chaussepied, 1983).

Considerando a variação sazonal, as maiores concentrações foram observadas no período seco que correspondeu a quase 2 vezes as concentrações do período chuvoso (Figura 9). Em relação às estações as médias das concentrações do íon nitrito no período seco mostrou uma certa tendência crescente da estação 1 em direção a estação 4 e igarapé Tamanduá. Acredita-se que o igarapé Tamanduá é o principal responsável pelo aumento do nitrito no rio Murubira. No período chuvoso a distribuição das concentrações nas estações está bastante alternada.

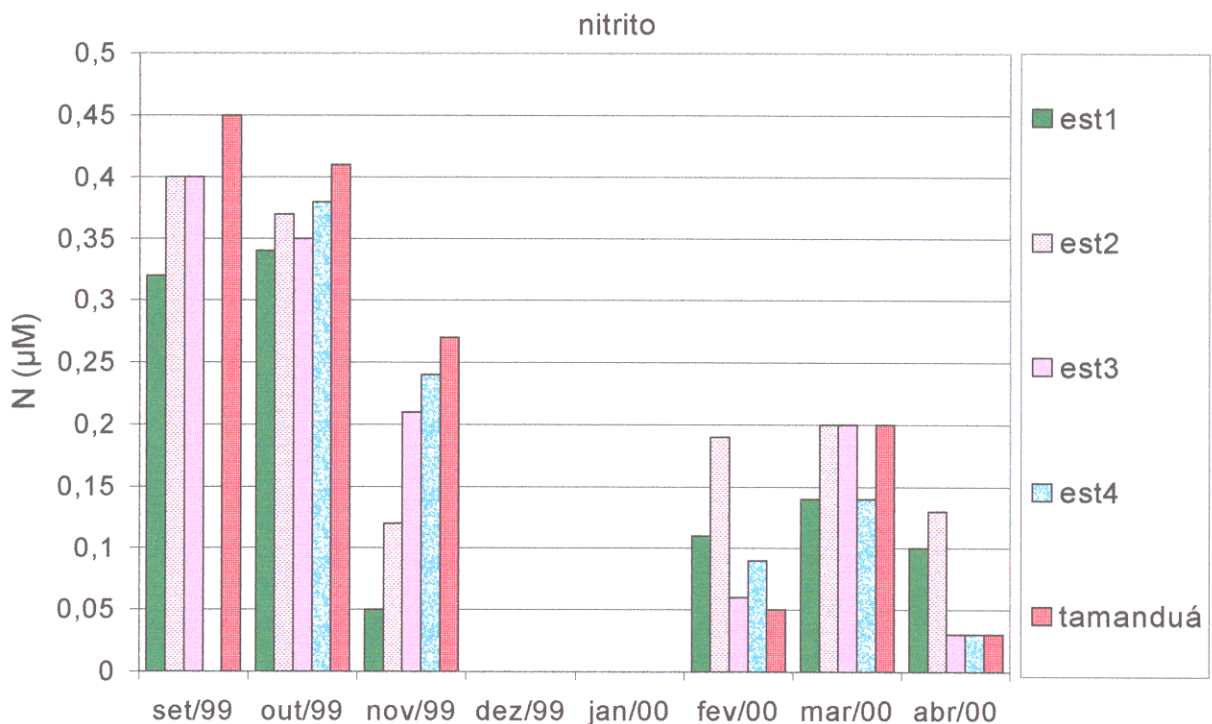


Figura 17. Variação sazonal e longitudinal da média do íon nitrito (N-NO_2^-) no rio Murubira em 1999/2000.

8.2.2.3. Nitrato (N-NO_3^-)

As médias mais altas das concentrações de Nitrato (N-NO_3^-) foram observadas no período chuvoso, as maiores no mês de fevereiro de 2000, chegando a $16,7 \mu\text{M}$. As mais baixas foram constatadas no período seco durante o mês de outubro de 1999, $4,2 \mu$. A concentração média de nitrato dentro do rio Murubira está dentro da média para o rio Amazonas que segundo Andrews *et al.*, 1996 é cerca de $20 \mu\text{M}$, nível considerado normal. Lima & Kobayashi (1988) também detectou no canal flúvio - estuarino de Barcarena/PA concentrações de nitrato (N-NO_3^-) entre $2,4$ e $20,9 \mu\text{M}$ tendo obtido suas maiores concentrações no período chuvoso.

Em relação às estações de amostragem o nitrato manteve uma certa regularidade tanto no período seco como no chuvoso apresentando concentrações mais elevadas na estação 1, decrescendo para as estações 2 e 3 voltando a subir na estação 4.

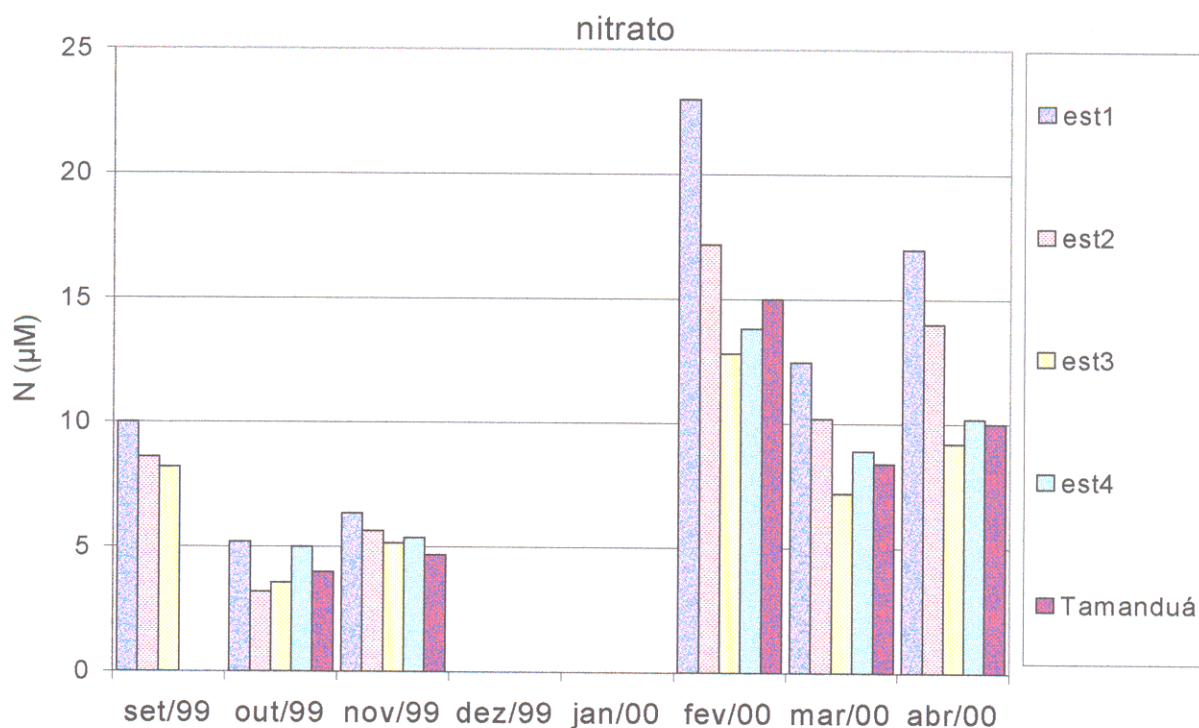


Figura 18. Variação sazonal e longitudinal da média do íon nitrato (N-NO_3^-) no rio Murubira em 1999/2000.

8.2.2. 4. Silicato reativo ($\text{Si-H}_4\text{SiO}_4$)

A variação sazonal do silicato reativo (H_4SiO_4), nas águas do rio Murubira foi bem acentuada, apresentando concentrações médias de $31 \mu\text{M}$ (a menor) em outubro de 1999 e $171,5 \mu\text{M}$ (a maior) em março de 2000 (Figura 11). Demaster *et al.* (1983) verificaram a média de $135 \mu\text{M}$ de sílica dissolvida no mês de outubro na coluna d'água na plataforma continental adjacente ao rio Amazonas. Segundo esse autor a média de sílica dissolvida no rio Amazonas em períodos de altas descargas, determinadas em estudos anteriores, variam entre 120 a $130 \mu\text{M}$.

Em relação às estações de coleta o comportamento do silicato foi muito variado, não apresentando uma única tendência entre as estações.

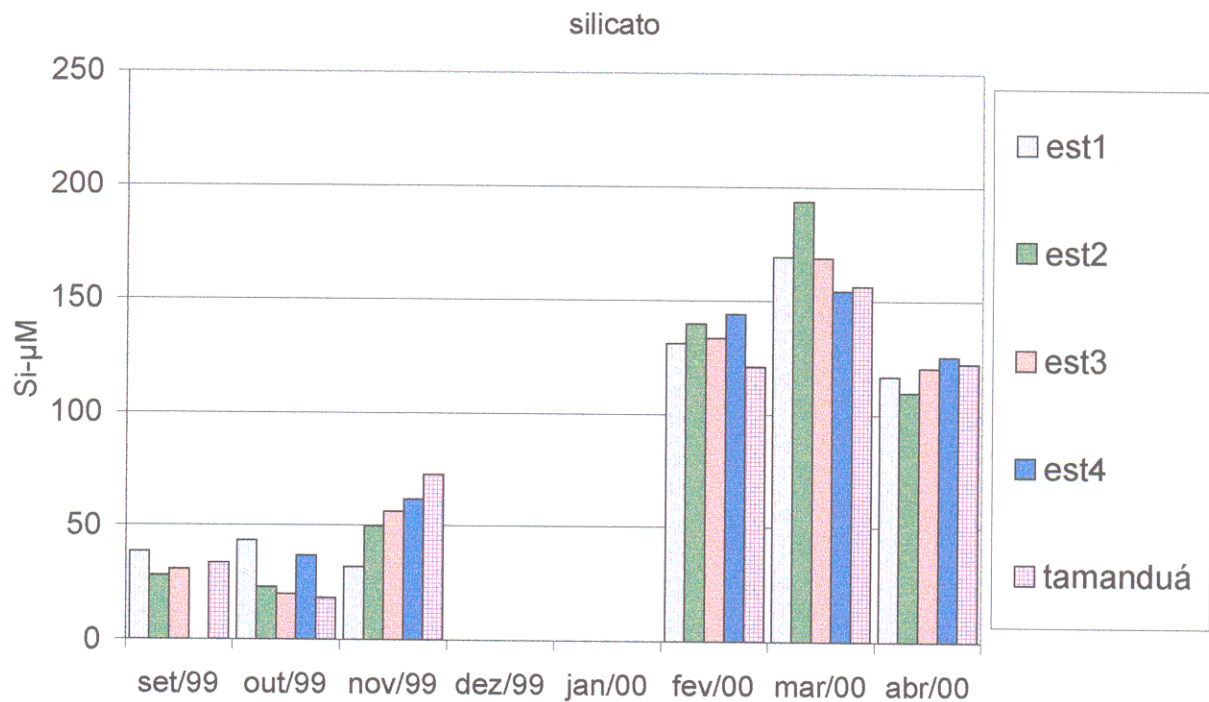


Figura 19 - Variação sazonal e longitudinal da média do silicato reativo $\text{Si-H}_4\text{SiO}_4$ no rio Murubira em 1999 e 2000.

8.2.2.5. Fósforo total (P- PO_4^{3-} ; HPO_4^{2-} ; H_2PO_4^-)

As concentrações detectadas de fósforo para os rios da região amazônica são baixas. Pinheiro (1996), em estudos no rio Solimões / Amazonas, detectou concentrações de fósforo total entre 0,13 a 0,27 μM . Lima & Kobayashi (1988) também detectou baixos teores de fósforo total no sistema flúvio-estuarino na região de Barcarena cerca de 0,8 μM em termos de PO_4^{3-} . Melo (1998) no rio Bacanga / MA encontrou variações de 1,23 a 21 μM de fósforo total. Pinheiro (1996) observou que a maior proporção do fósforo total no rio Negro e Solimões estava associada a fração particulada e segundo esse autor, estudos anteriores no rio Solimões deduziram que provavelmente estão na forma inorgânica adsorvido às argilas.

As médias da concentração do fósforo total dentro do rio Murubira apresentaram as menores concentrações no período seco com mínima de 0,3 μM em setembro de 1999. As maiores foram no período chuvoso com máxima de 5,9 μM em março de 2000. Porém, em outubro de 1999 verificou-se uma forte elevação na concentração do fósforo, se comparada com a de setembro e novembro/1999.

A variações entre as estações de coletas no período seco apresentaram tendências bem diferentes para cada mês (Figura 12). No período chuvoso as variações em relação às estações mostraram uma tendência crescente da estação 1 para a estação 4 nos meses de fevereiro e março, invertendo essa tendência no mês de abril.

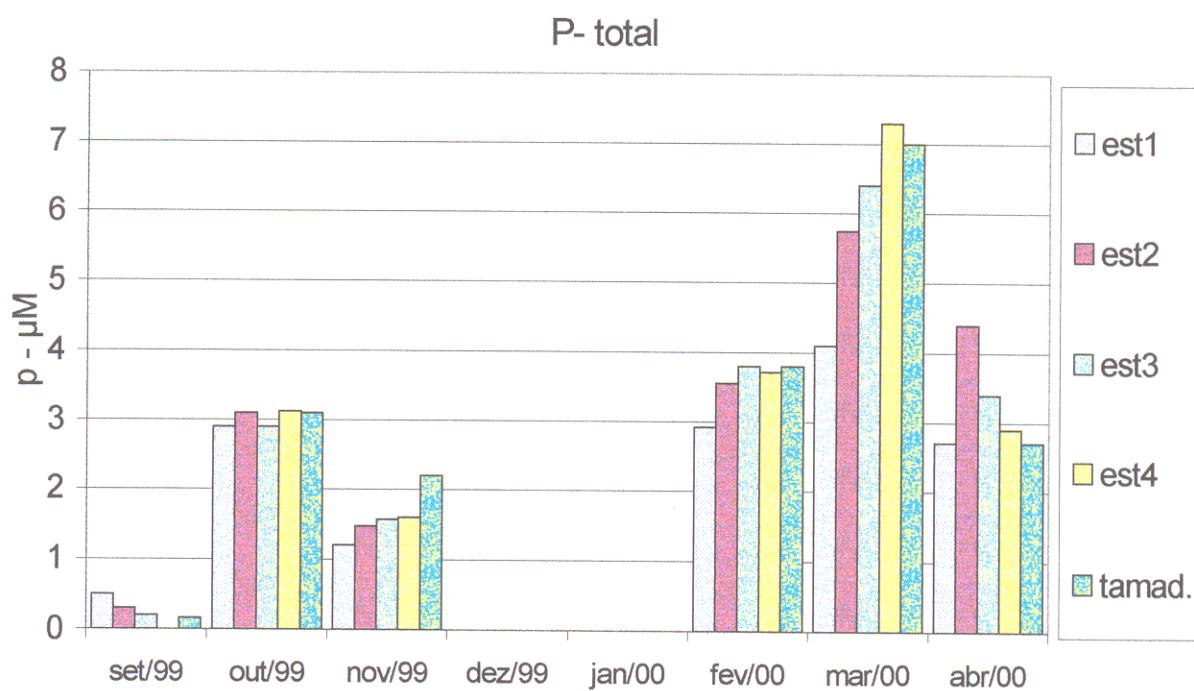


Figura 20. Variação sazonal e longitudinal da média do fósforo total no rio Murubira em 1999 e 2000.

Tabela 3. Tabela comparativa dos nutrientes para a região e ambientes não poluídos.

ESPÉCIES QUÍMICAS (μM)	PRAIAS DA ILHA DE MOSQUEIRO (DIAS, 1995)		RIO MURUBIRA (PRESENTE ESTUDO)		MÉDIAS PARA A REGIÃO AMAZÔNICA (GIBBS, 1972)		MÉDIAS PARA AMBIENTES NÃO POLUÍDOS
	PERÍODO SECO	PERÍODO CHUVOSO	MÉDIAS PERÍODO SECO	MÉDIAS PERÍODO CHUVOSO			
N - NH_4^+	14,3 max	50,7 max.	4,4 max	2,3 max.	-	5,0 [#]	
	2,8 min.	34,3 min.	1,0 min.	0,8 min.		*71	
N - NO_2^-	-	-	0,37 max.	0,17 max.	-	1,0 [#]	
			0,15 min.	< 0,1 min.		*71)	
N - NO_3^-	10,0 max.	31,3 max	8,9 max.	16,7 max	3,2	15,0 [#]	
	- min.	4,5 min.	4,2 min.	9,7 min.		*714	
P - (ortofosfato total)	55 max.	5,2 max.	3,0 max.	5,9 max.	0,4	1,0 [#]	
	1,9 min. (fosfato)	0,3 min.	0,3 min.	3,3 min.		*0,8	
Si - (H_4SiO_4)			43,7 max.	171 max.	186,6		
			31 min.	118 min.			

*Segundo a resolução nº 20 do CONAMA de 1986 para águas de classe 1, 2 e 3.

Para ambientes costeiros.

8.2.3 – Cátions e ânions

8.2.3.1. Metais (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2})

Todos os cátions apresentaram as maiores concentrações no período seco com um aumento bem marcado de setembro a novembro de 1999. As menores concentrações foram observadas no período chuvoso de fevereiro a abril de 2000, (Tabela 4 e Figuras 13, 14, 15 e 16). Na distribuição ao longo do rio houve um aumento da concentração da estação 1 para a estação 4 no período seco, invertendo essa ordem no período chuvoso.

Tabela 4 – Concentrações médias mensais dos cátions nas estações estudadas. Valores em mg/L.

Cátions	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
Na^+	66	226,5	371,0	7,6	4,5	5,6
K^+	6,0	10,1	18,4	3,7	1,3	1,0
Ca^{2+}	7,6	15,7	20,9	2,1	1,8	1,4
Mg^{2+}	8,3	29,8	44,3	1,8	1,4	1,4

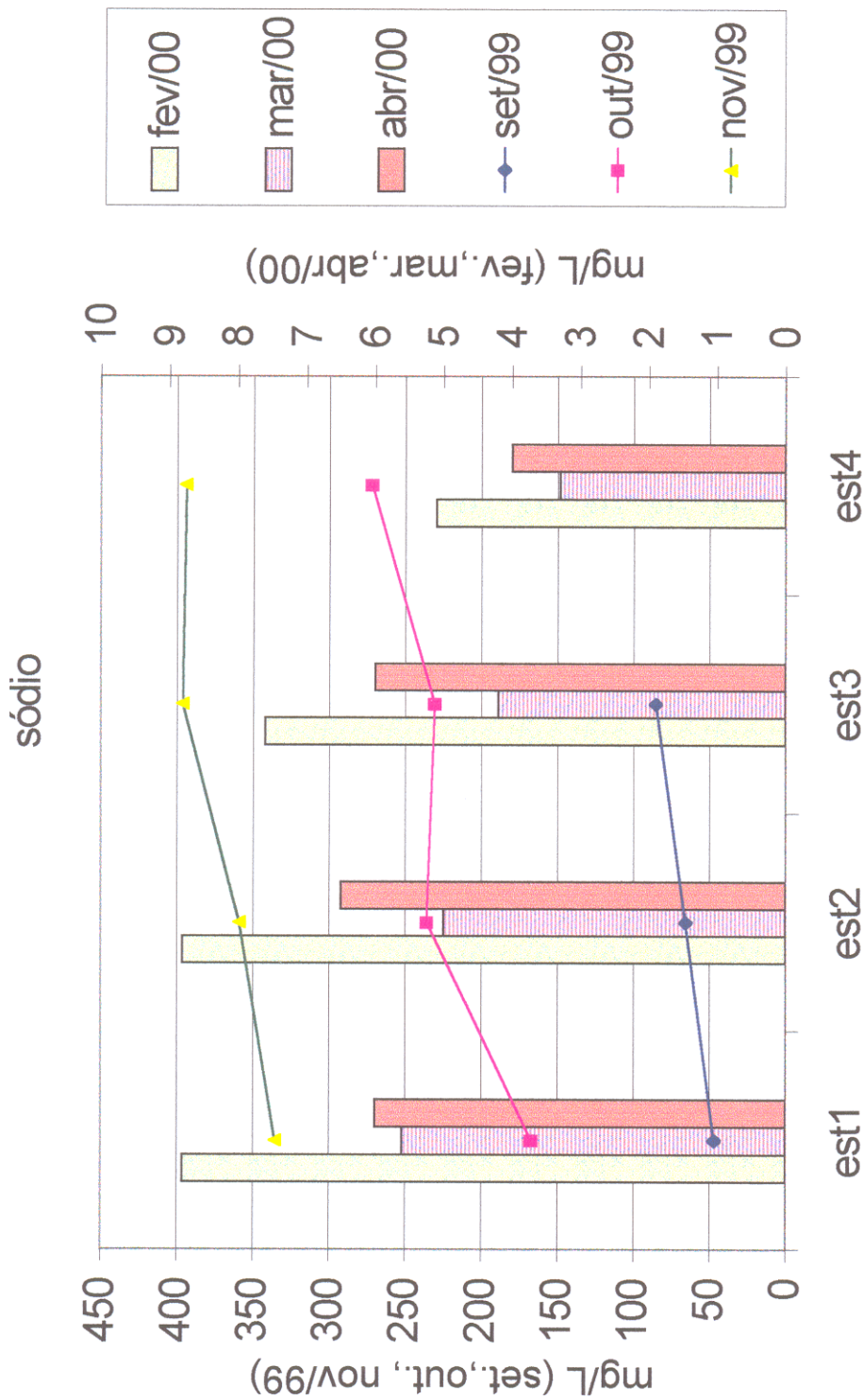


Figura 21. Variação mensal da concentração do sódio ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.

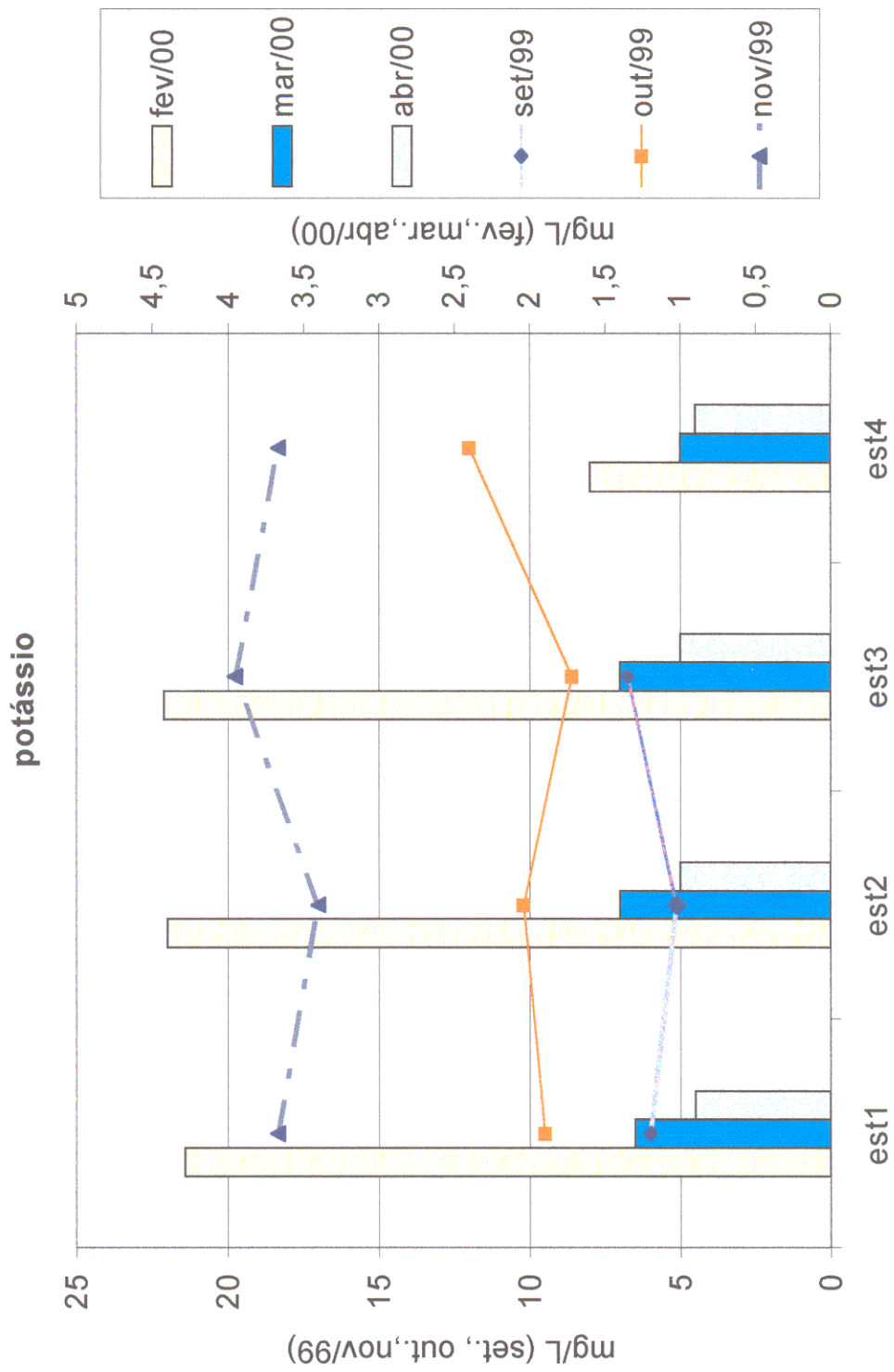


Figura 22. Variação mensal da concentração do potássio ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.

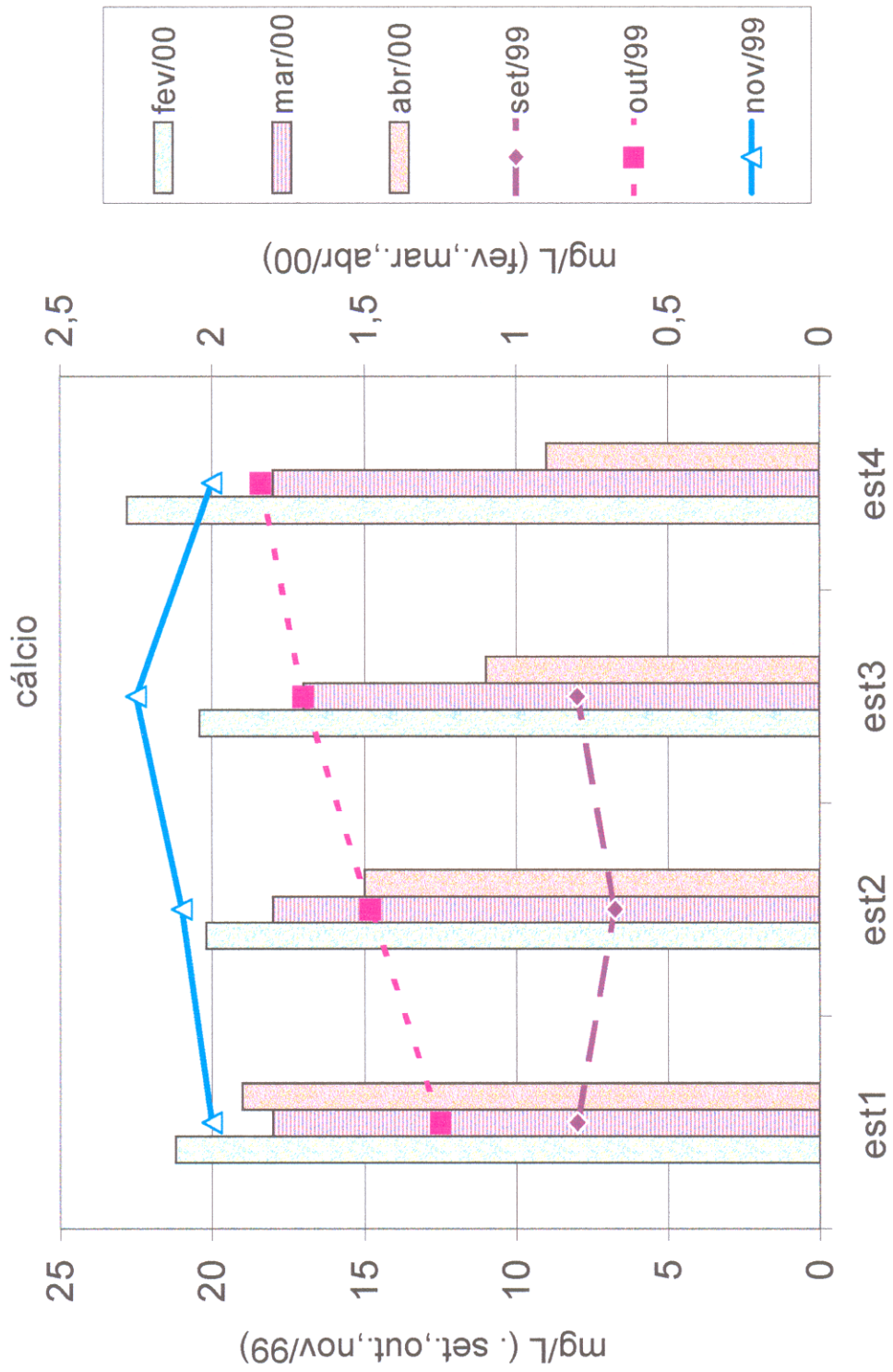


Figura 23. Variação mensal da concentração do cálcio ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.

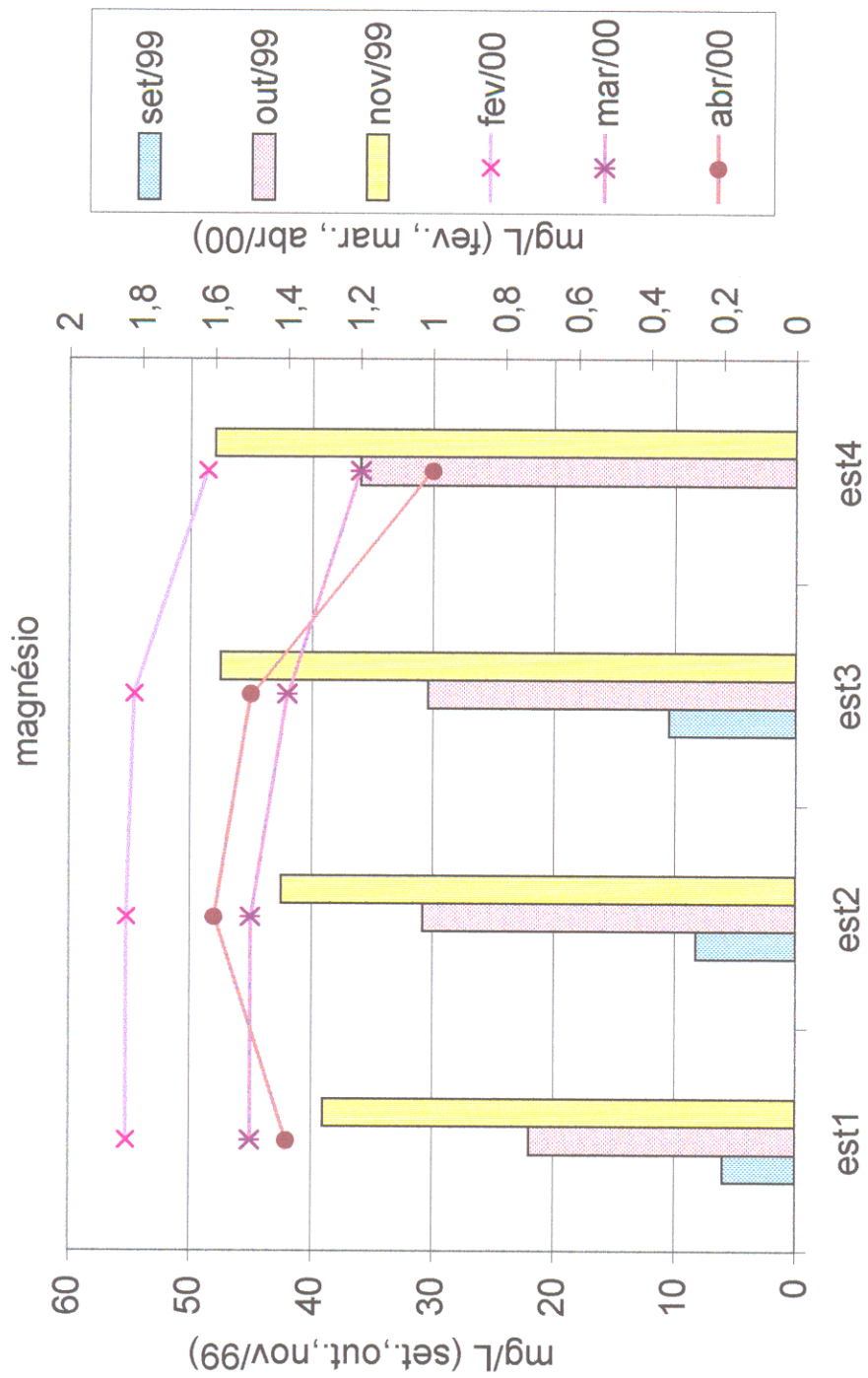


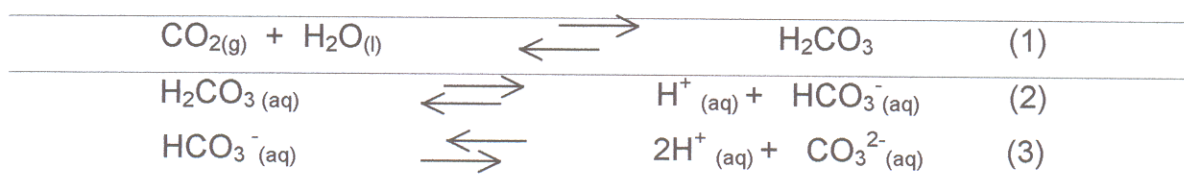
Figura 24. Variação sazonal da média do magnésio ao longo do rio murubira em 1999 e 2000.

8.2.3.2 Ânions (Cl⁻ e HCO₃⁻)

O íon cloreto é o ânion principal nas águas marinhas alcançando em média 19.000 mg/L (Hem, 1970), porém a média mundial de sua concentração nas águas de rios fica por volta de 7,8 mg/L (Esteves, 1988). O íon cloreto além das águas marinhas tem como fontes os esgotos urbanos e industriais. Na região Amazônica, em locais sem ou com pouca influência oceânica, as concentrações de cloreto são muito baixas. Próximo a cidade de Macapá, no extremo norte do Brasil, Gibbs (1972), encontrou valores máximos para cloreto de 5 mg/L. Em Barcarena, cidade localizada próxima a baía do Marajó, Lima & Kobayashi (1988) no período seco observaram concentrações de Cl⁻ de 500 mg/L. No rio Guamá, Cordeiro (1987), encontrou as maiores concentrações de cloreto no mês de novembro, durante o período de seca na região (23,3 mg/L).

O cloreto no rio Murubira apresentou as maiores concentrações no período seco, em novembro, quando atingiu valores de até 834 mg/L. As menores concentrações foram observadas no período chuvoso, mais especificamente em março, quando atingiu 8 mg/L, o que representa uma variação de aproximadamente 100 vezes (para menos). A concentração do cloreto ao longo do Murubira, durante o período seco, apresenta um aumento gradativo da estação 1 para a estação 4. Durante o período chuvoso, ocorre justamente o inverso, com um leve decréscimo da estação 1 para estação 4 (Figura 17).

O íon bicarbonato que ocorre nas águas superficiais é resultante das interações do gás carbônico nestas águas. Podendo ter a sua origem a partir da dissolução do CO₂ atmosférico, ou do CO₂ liberado pela decomposição da matéria orgânica. O CO₂ nas águas superficiais forma o ácido carbônico, que através da primeira e segunda etapa de ionização os íons bicarbonato e carbonato (ver esquema abaixo, equações 1, 2 e 3) :



O CO₂ pode também se formar através da solubilização de carbonatos, como carbonato de cálcio, praticamente insolúvel, mas que na presença de certa quantidade de CO₂ dissolvido é solubilizado como bicarbonato de cálcio, de acordo com a equação abaixo, (Esteves, 1988).

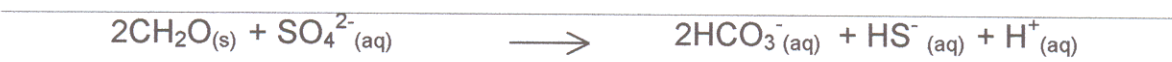


A concentração dessas espécies químicas interfere diretamente no pH do meio (Custódio & Llamas, 1976; Esteves, 1988), Tabela 5.

Tabela 5 – Relação entre o pH e os íons do ácido carbônico dissolvidos (Custódio & Llamas, 1976).

Valores de pH	Espécies químicas dissolvidas de ácido carbônico
>12,6	CO ₃ ²⁻ (sem CO ₂ dissolvido)
12,6 a 8,3	CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ (sem CO ₂ dissolvido apreciável)
8,3 a 4,5	HCO ₃ ⁻ e CO ₂ dissolvido (sem CO ₃ ²⁻ em quantidades importantes)
< 4,5	Somente CO ₂ dissolvido (CO ₂ e H ₂ CO ₃)

A redução do sulfato provocada pela decomposição da matéria orgânica é outra fonte de bicarbonato para as águas marinhas, onde o sulfato é abundante. Este processo ocorre nos sedimento, liberando o bicarbonato para a coluna d'água. No entanto, estas reações são mais significativas nos sedimentos das margens continentais onde ocorre a maior acumulação de matéria orgânica (Andrews et al., 1996).



O íon bicarbonato no rio Murubira apresentou as maiores concentrações no período seco (23 mg/L) ocorrendo um leve decréscimo em outubro de 1999 (19 mg/L). As menores concentrações foram observadas no período chuvoso com as concentrações decrescendo de fevereiro para abril (13 mg/L). Em relação às

estações no período seco, somente no mês de novembro houve uma tendência de aumento nas concentrações da estação 1 para a estação 4. Já no período chuvoso a tendência das concentrações foi observada somente em abril quando houve um decréscimo da estação 1 para a estação 4 (Figura 18).

Tabela 6 – Concentrações médias mensais dos ânions dentro do rio Murubira. Valores em mg/L.

Médias mensais	Set/99	Out/99	Nov/99	Fev/00	Mar/00	Abr/00
HCO ₃ ⁻	23	19	23	21	15	13
Cl ⁻	134	487	751	16	10,5	12

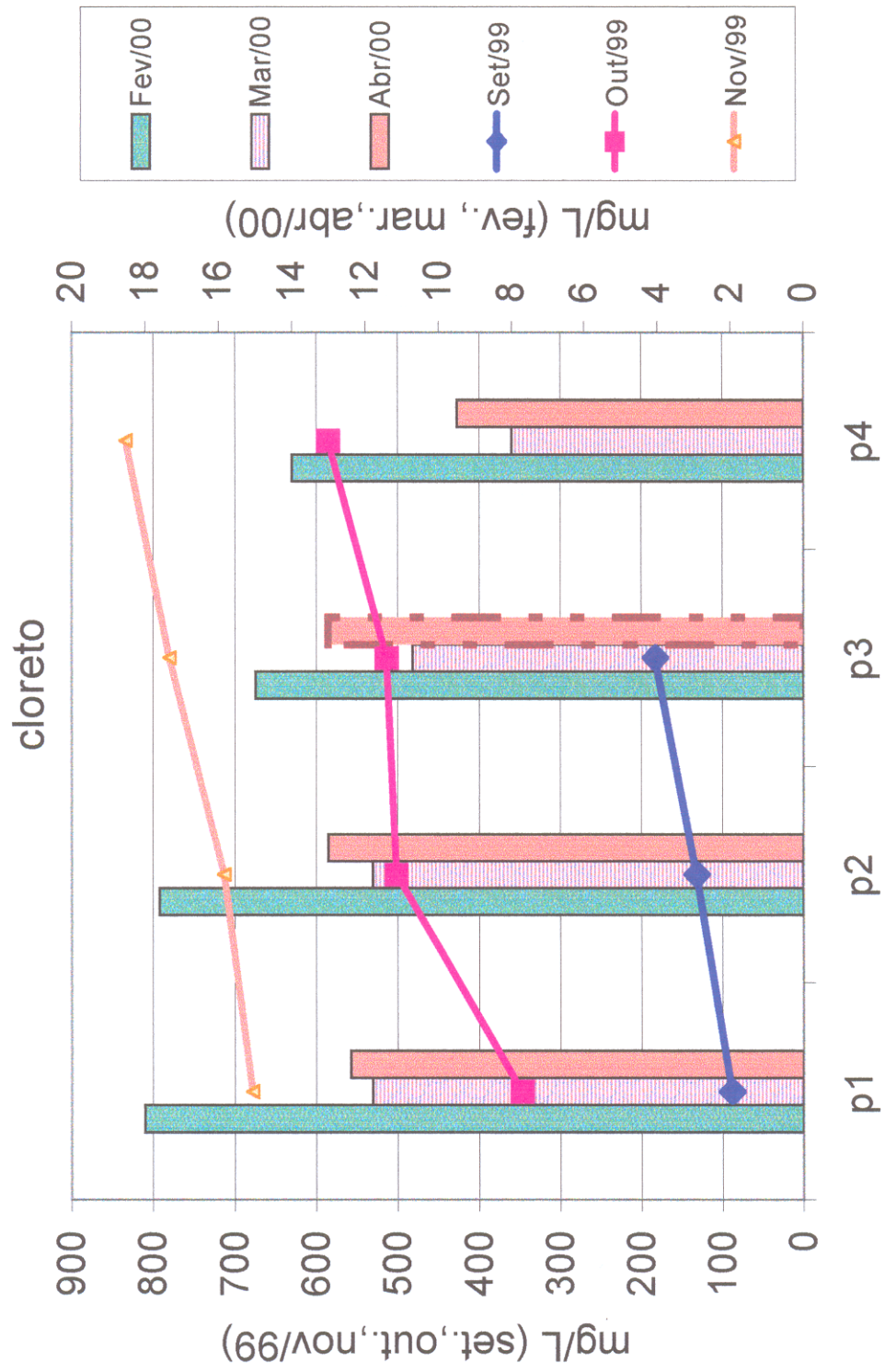


Figura 25. Variação sazonal da média do cloreto ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.

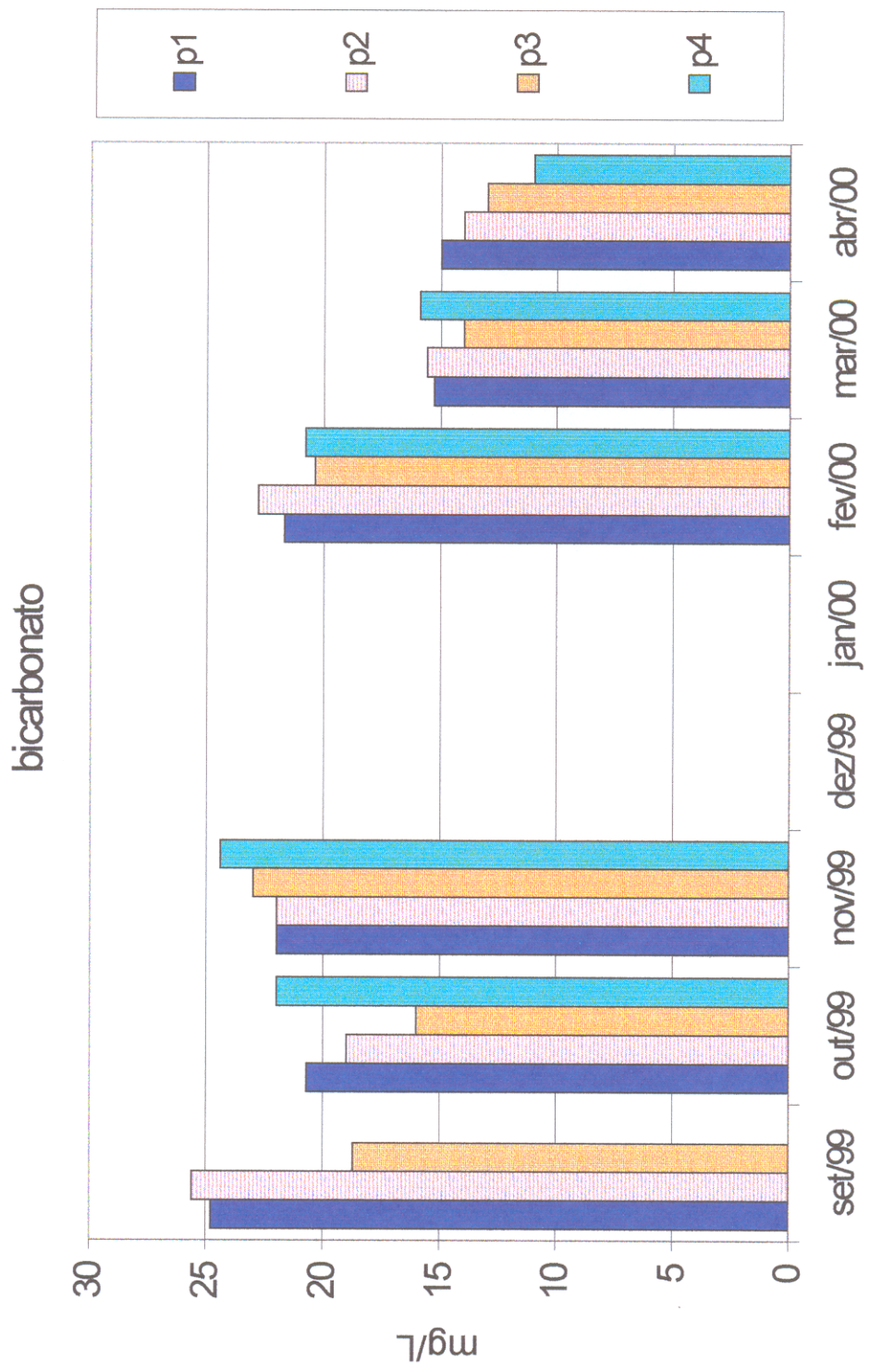


Figura 26. Variação sazonal da média do bicarbonato ao longo do rio Murubira em 1999 e 2000.

8.2.3.3 - Índices Hidrogeoquímicos das águas do rio Murubira

As relações numéricas: rK^+/rNa^+ , rMg^{2+}/rCa^{2+} e $rCl^-/rHCO_3^-$ são conhecidas na literatura como índices hidrogeoquímicos e são utilizados para estabelecer as diferenciações entre os diversos tipos e origem de águas (Custódio & Llamas, 1976). Nas águas do rio Murubira essas relações mostraram variação dentro do ciclo hidrológico. Em geral as águas apresentaram índices característicos das águas salinas no período seco enquanto no período chuvoso prevaleceu os de águas continentais, o que seria esperado para um estuário (tabela 7).

Tabela 7 - Médias das relações entre cátions e ânions.

Relações médias Para o período	no Rio Murubira		Índices de acordo com a origem das águas (Custódio & Llamas, 1976)	
	Período seco	Período chuvoso	Águas Salinas	Águas Continentais
rK^+/rNa^+	0,03	0,16	0,02 a 0,025	0,1 a 0,3
rMg^{2+}/rCa^{2+}	2,9	1,45	$\cong 5$	0,3 a 1,5
$rCl^-/rHCO_3^-$	37,7	1,45	20 a 50	0,1 a 5
C.E.	1.665	57,6		

Legenda: r - meq.L⁻¹; C.E. = condutividade elétrica ($\mu S.cm^{-1}$)

8.2.4 - Análise bacteriológica das águas do rio Murubira

8.2.4.1 - Coliformes totais e fecais (*Escherichia coli*)

A média mensal de coliformes totais observada no rio Murubira apresentou os maiores valores no período seco. Em outubro de 1999, atingiu 46.240 NMP/100 mL, em setembro, apresentou um valor de 17.160 NMP/100 mL e em novembro baixou para 14.068 NMP/100 mL. Durante o período chuvoso, nos meses de fevereiro e março de 2000 as médias mensais apresentaram-se praticamente constantes (15.000 NMP/100 mL), decrescendo em abril para 13.008 NMP/100mL.

Em relação às estações ao longo do rio a tendência observada foi um decréscimo da estação 1 para a estação 4 em aproximadamente todos os períodos. Esse comportamento deve-se a contribuição antropogênica, já que a estação 1 fica mais próxima da área urbana. Em outubro, ocorreu uma inversão, havendo um decréscimo da estação 4 para a estação 1. Essa inversão é explicada através das concentrações observadas na estação Tamanduá. Lá se verificou que as concentrações de coliformes totais chegaram a 58.750 NMP/100 mL em outubro, as maiores para o período (ver anexo II.E). Esse fato deve ter contribuído para o aumento da concentração observada na estação 4, já que o Igarapé Tamanduá faz confluência com o rio Murubira, próximo a estação 4.

No período chuvoso nos meses de março e abril o Igarapé Tamanduá apresentou concentrações maiores que do rio Murubira. Deve ser lembrado que a bacia do Igarapé Tamanduá, além de conter parte da área urbana da cidade de Mosqueiro, existem residências dentro do igarapé despejando os dejetos diretamente no rio (Fotos 3 e 4).

As médias mensais de coliformes fecais (*Escherichia coli*) apresentaram as maiores concentrações no período seco, também em outubro de 1999 (Tabela 8). As observações da tendência das concentrações de *E. coli* ao longo do rio, nesse período, mostraram uma tendência decrescente da estação 1 para a estação 4 (não foi possível observar o índice de *E. coli* nem na estação 2 nem na estação Tamanduá no mês de outubro). No mês de novembro, no entanto, as maiores concentrações foram observadas nas estações 2 e 3. No período chuvoso apresentaram as menores

concentrações principalmente em março (Tabela 8). As concentrações ao longo do rio mostram uma tendência decrescente da estação 1 para a estação 4 somente no mês de abril.

Tabela 8 - Variação da média mensal de Coliformes Totais e *E. Coli* no rio Murubira (NMP/100 mL de H₂O).

Parâmetro	set/99	out/99	nov/99	fev./2000	mar/00	abr/00
Col.Totais	17.160	46.240	14.068	15.133	15.358	13.008
E. Coli	700	2.575	1.071	566	350	593

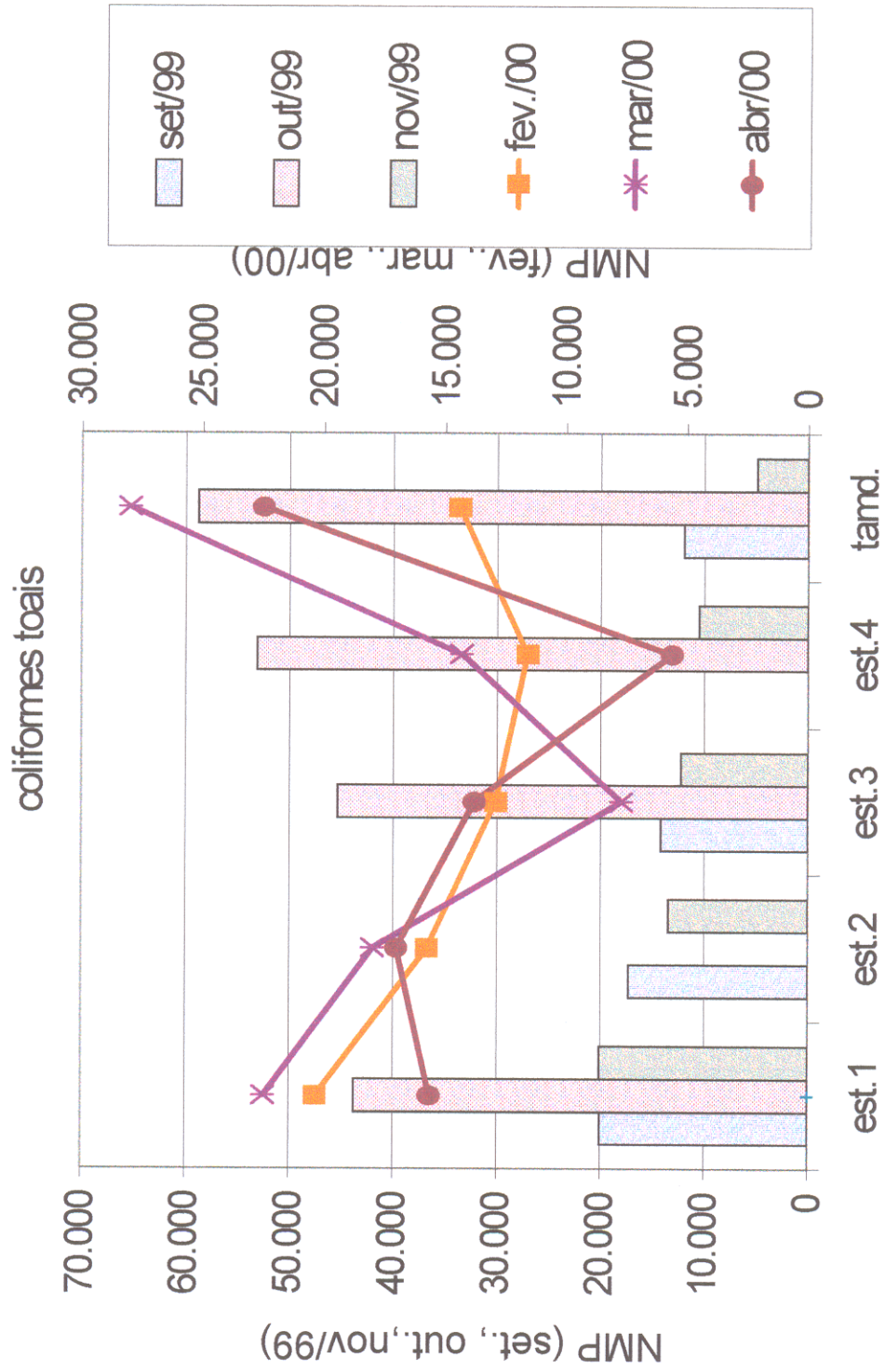


Figura 27. Variação mensal da média de coliformes totais ao longo do rio. Valores em NMP/100 mL de H₂O.

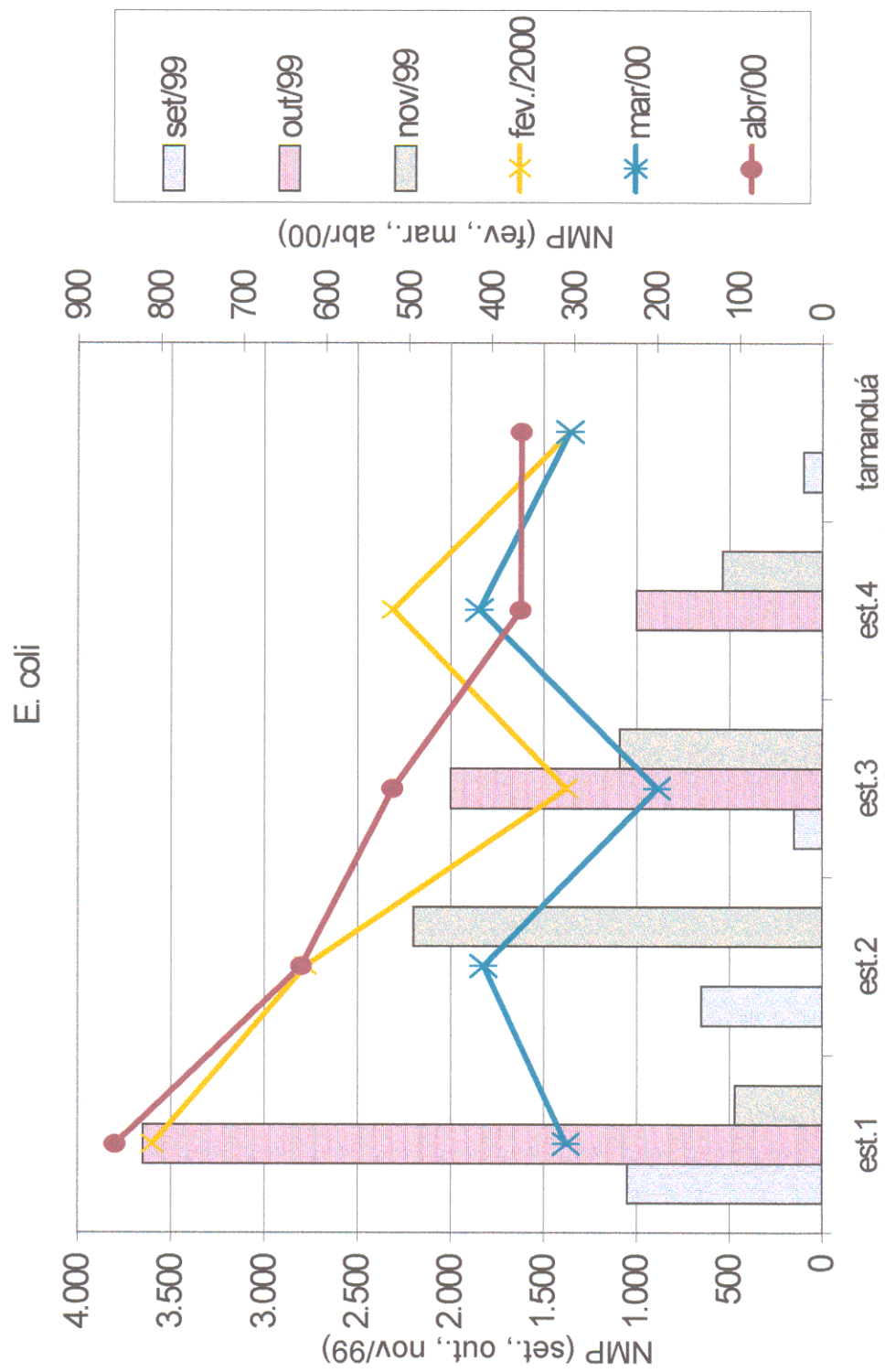


Figura 28. Variação sazonal da média de *E. coli* ao longo do rio Murubira. Valores em NMP/100 mL de H₂O.



Figura 29. Situação as margens do igarapé Tamanduá - residências do tipo *palafita*, criações de animais (canto direito da foto) essa área é totalmente inundada em marés altas (sizígia).



Figura 30. Porto Pelé - Tem grande movimentação de embarcações.

Tabela 9. - Médias dos índices máximas de coliformes totais e fecais nas águas do Murubira e levantamentos anteriores nas praias da ilha de Mosqueiro/PA.

LOCAL	COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL de H ₂ O)	COLIFORMES FECAIS (NMP/100 mL de H ₂ O)
rio Murubira (presente estudo)	46.240(out./99)	* 2.575 (out./99)
praia do Murubira Mosqueiro/PA (Dias, 1995)	2.400.000	15.000
limites máximos de coliformes para 80% de pelo menos 5 amostragens mensais em qualquer mês para águas destinadas a balneabilidade(resolução nº 20 CONAMA, 1986)	5.000	1.000

* NMP/100 ML de H₂O de *Escherichia coli*

8.3 VARIAÇÕES DIURNAS

8.3.1 Considerações gerais

As observações das variações dos parâmetros estudados no rio Murubira dentro de um semiciclo de maré (aproximadamente 13 horas) nos meses de novembro de 1999 (maré de quadratura) e março de 2000 (maré de sizígia) tiveram como base as tábuas de maré para o porto de Mosqueiro do DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação de 1999 e 2000.

As marés em um estuário podem ser dinâmicas ou salinas. Esta última, ocorre pela entrada de águas salinas; enquanto que, no primeiro caso, há apenas flutuações periódicas do nível da água do mar. A maré salina é normalmente considerada a mais importante por ser responsável pelos principais processos físico-químicos, biológicos e oceanográficos, nos estuários (Pinheiro, 1987). No estuário do rio Pará, no trecho Belém-Mosqueiro, Cordeiro (1987) constatou que as águas salinas em Icoaraci e Mosqueiro são predominantes somente no período seco.

Segundo Lara & Dittmar (1999), o Norte do Brasil é marcado por macro-marés que são o principal fator hidrodinâmico dos Mangues e o movimento das marés é considerado um dos principais veículos de transporte de nutrientes entre o mangue e as águas costeiras em diferentes regiões de estudo.

As variações diurnas observadas nas estações do rio Murubira mostraram que alguns dos parâmetros estudados, têm a sua concentração controlada pelas variações de maré. Dependendo do período, os parâmetros podem co-variarem ou não com o nível de maré. Para facilitar, portanto, o entendimento desses fenômenos, foi necessário observar as variações nos dois principais períodos: 1) chuvoso e 2) seco.

8.3.2. Período Chuvoso (fevereiro, março e abril)

No período chuvoso, dentro dos ciclos de maré, verifica-se que os principais íons e parâmetros físico-químicos têm um comportamento bastante particular em todas as estações estudadas. A estação 1 foi escolhida para representar as estações com as maiores influências das águas continentais e a estação 4 foi escolhida para demonstrar as estações com maior influência das águas oceânicas, ou águas salobras da baía de Santo Antônio.

As observações feitas nas duas estações mostram similaridades e antagonismos que confirmaram a necessidade de implantação de várias estações de coleta ao longo do rio. Além da influência natural das águas continentais e das águas salobras da baía de Santo Antônio, as influências antropogênicas são bem visíveis, pois a sub-bacia do rio Murubira está parcialmente ocupada pela Vila do Mosqueiro.

A condutividade elétrica mostrou, durante o período chuvoso, nas estações estudadas, um comportamento inverso a variação do nível de maré. Na baixa-mar foram verificados os maiores valores de condutividade elétrica em todas as estações estudadas (Figuras 31 A e 31 B). Nas estações mais próximas a nascente do rio, verificou-se que durante a baixa-mar os valores de condutividade elétrica são superiores aqueles observados nas estações mais próximas da foz. Na estação 1 a condutividade elétrica máxima atingiu 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enquanto que na estação 4 a condutividade máxima observada foi de 47 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

O pH na estação 4 manteve-se oscilando entre 6 e 5,8 durante o período entre a preamar e a baixa-mar. Contudo, sofreu uma redução, por curto tempo, antes mesmo que a maré atingisse o nível mais baixo (Figuras 31 A e 31 B). Essa inflexão foi provocada por uma chuva de baixa intensidade que ocorreu durante a amostragem. Na estação 1, localizada próxima a nascente do rio o pH continuou oscilando mas com valores mais baixos entre 5,6 e 5,8 e o seu valor máximo foi atingido quando do pico de maré alta.

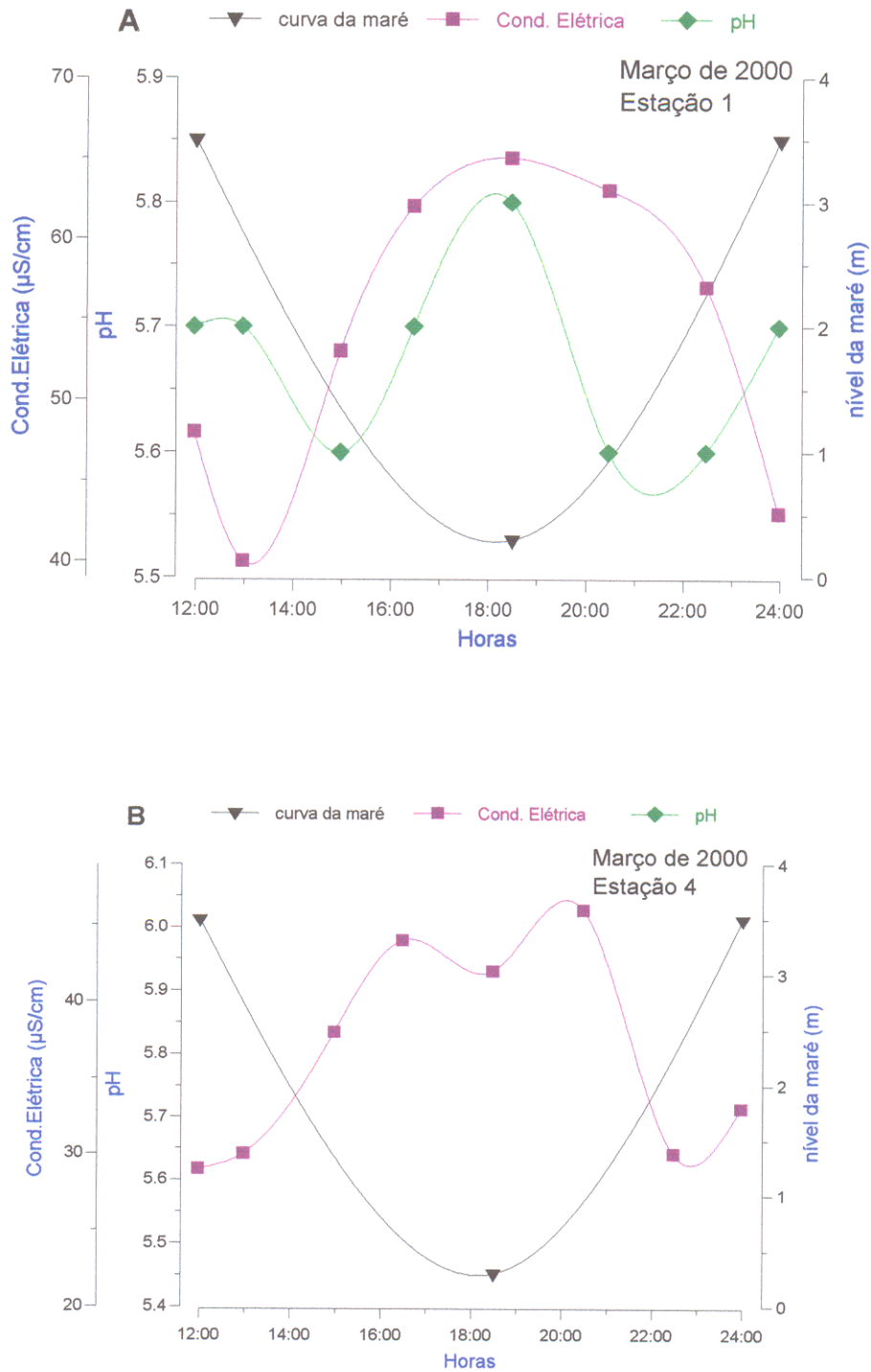


Figura 31. Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e o pH e a condutividade elétrica nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso.

Os principais ânions, cloreto e bicarbonato, apresentaram a mesma tendência nas duas estações, variando inversamente com a maré. Na estação 4, o bicarbonato, apresentou sua maior concentração durante o pico da baixa-mar quando atingiu 18 mg/L¹ às 18 h, já na estação 1 mostrou sua concentração máxima somente às 20 h, quando atingiu uma concentração de 19 mg/L. O cloreto mostra uma tendência similar com sua concentração máxima coincidindo com a do bicarbonato durante a baixa-mar (Figura 32 A). Na estação 1 a concentração máxima atingida pelo cloreto é de 14,7 mg/L enquanto na estação 4, foi de 10,8 mg/L. Novamente as maiores concentrações tanto do íon bicarbonato quanto do cloreto foram encontradas na estação 1 (semelhante a condutividade elétrica e pH), que é influenciada mais fortemente no período chuvoso, durante a baixa-mar, por águas continentais e de proveniência de esgoto doméstico.

Os principais cátions Na⁺, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ apresentaram comportamentos variados com o nível de maré. O sódio tem uma tendência crescente com o nível de maré nas duas estações, apresentando na estação 1 uma queda no pico da preamar, exatamente como o cloreto, demonstrando a relação existente entre eles (Figuras. 32 A e 33 A). O potássio na estação 4 não é controlado pela variação de maré, apresentou um valor constante até as 20 h e a partir daí teve um aumento da sua concentração de 1 mg/l para 1,6 mg/l. O potássio na estação 1 tem um comportamento bastante diferenciado da estação 4, mostrando uma certa covariância com o ciclo da maré (Figura 33 B). As maiores concentrações de sódio (3,7 - 6,1 mg/L) e potássio (1,1 - 2,3 mg/L) foram novamente na estação 1 o que pode ser influência da infiltração das águas subterrâneas.

O cálcio e o magnésio também apresentaram um comportamento diferenciado nas duas estações. Na estação 4 a curva do cálcio acompanhar a curva da maré só que fica deslocado duas horas no tempo, atingindo a concentração mínima às 16 h (Figura 34). A curva do magnésio nesta estação ficou oscilando durante o período da vazante. Na estação 1 o magnésio apresenta uma curva com comportamento inverso ao da curva de maré, aumentando a sua concentração no período de vazante, sua forma é semelhante à observada para o cloreto só que com oscilações mais suaves. O cálcio, por sua vez, mostra uma curva muito similar aquela observada para o bicarbonato nesta estação, apresentando um máximo bem pronunciado as 20 h.

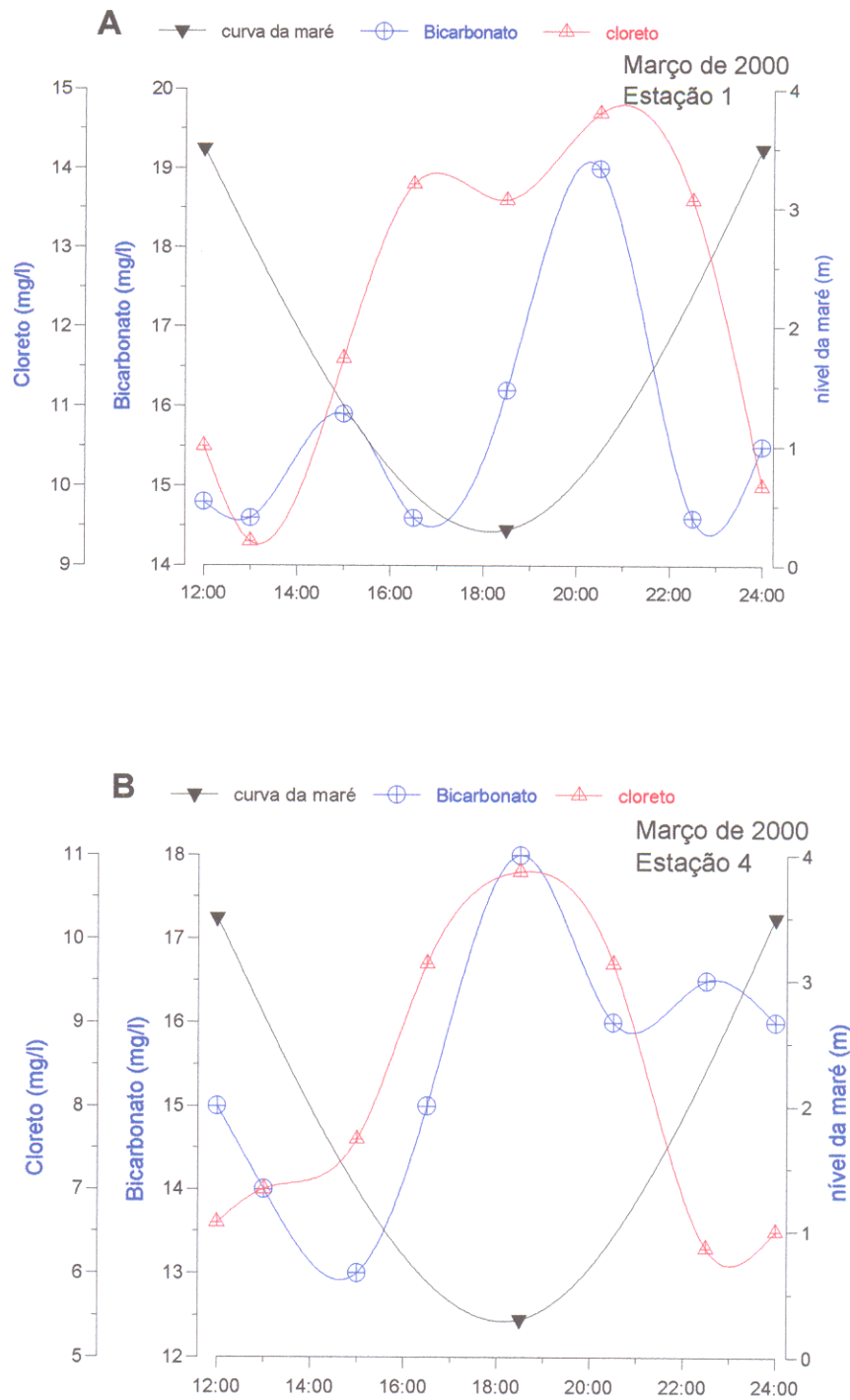


Figura 32 – Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os principais ânions presentes, bicarbonato e cloreto, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso

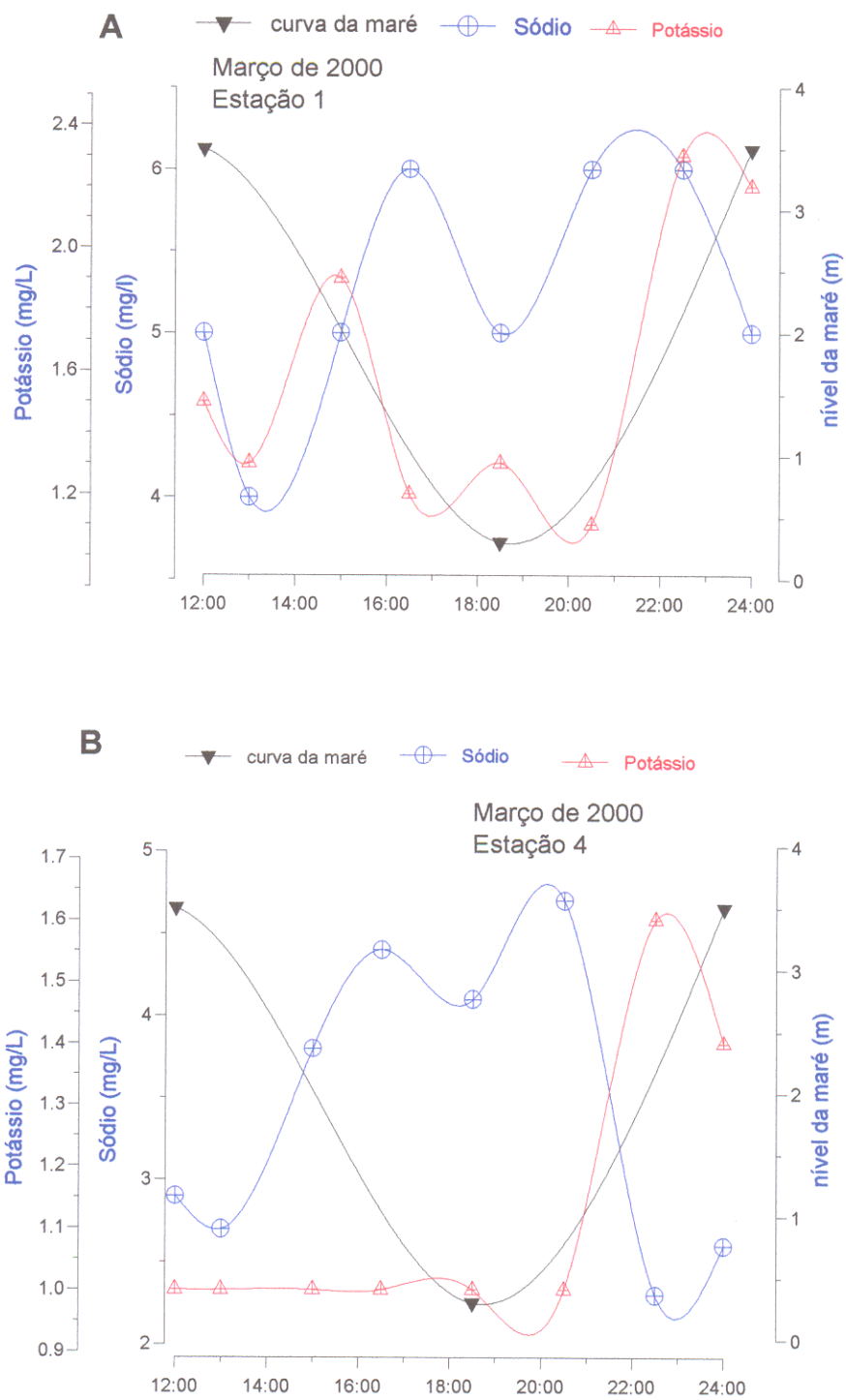


Figura 33 – Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os cátions sódio e potássio, nas estações 4 (B) e a estação 1(A) durante o período chuvoso.

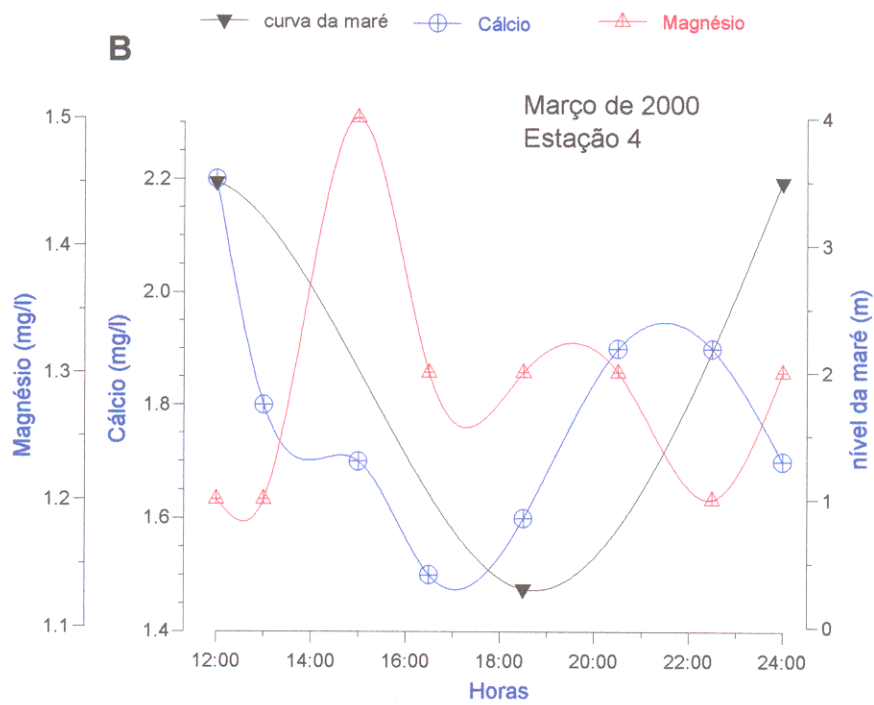
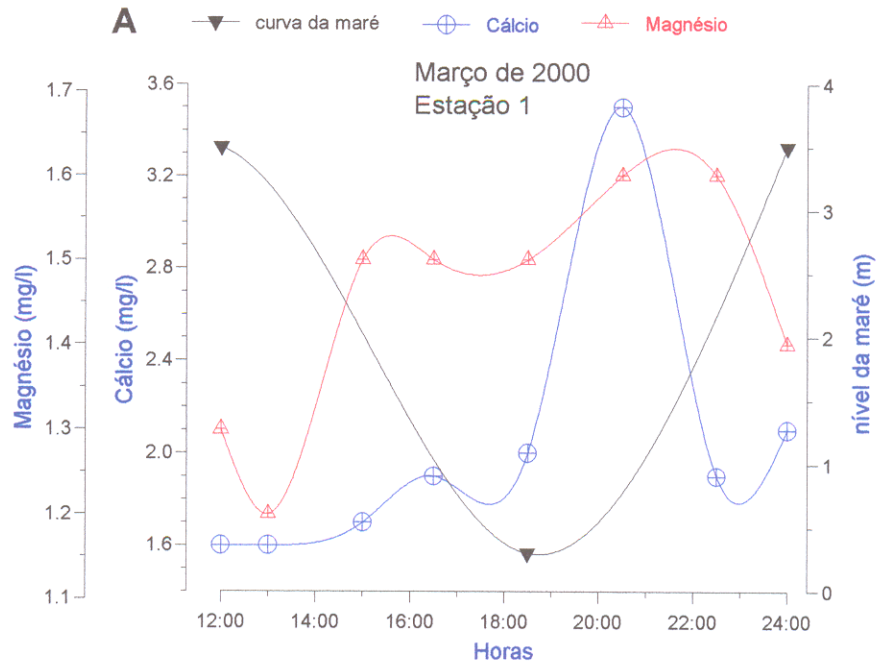


Figura 34 - Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os cátions cálcio e magnésio, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso.

Os nutrientes investigados, silicato, fósforo total e nitrogênio na forma amônio, nitrato e nitrito mostram também comportamentos distintos. O N-amônio mostra uma correlação quase perfeita com o N-Nitrato. Na estação 4, ambos parecem não sofrer influência nenhuma do ciclo de maré, pois apresentam dois máximos de concentração, às 14 horas e às 19 horas enquanto que o pico da baixa-mar ocorreu às 18 horas (Figura 35 B). Já na estação 1 as concentrações do N-Nitrato e N-Amônio apresentam tendências crescentes na baixa-mar mas, estão deslocados com relação ao pico da baixa-mar cerca de 2 horas (Figura 35 A).

O silicato na estação 4, apresentou tendências de decréscimo acompanhando a curva da maré. No pico da baixa-mar há um leve aumento de silicato, provavelmente em função da re-suspensão de sedimentos, já que o material em suspensão também aumentou (Figura 36 B). Na estação 1 a concentração de silicato tem uma queda pronunciada logo no início da vazante, passando de 230 μM para 129 μM num período de apenas duas horas. Este decréscimo, também é observado na estação 4, porém bem menos pronunciado. A partir daí a concentração eleva-se um pouco no pico da baixa-mar às 18 horas e mantêm-se daí em diante praticamente constante, com uma leve tendência de crescimento (Figura 36 B). Nessa estação a influência da maré é menor e o comportamento do silicato talvez esteja mais ligado ao contato das águas com os argilominerais da área continental durante a preamar.

O fósforo, na estação 1, mostrou um comportamento similar ao material em suspensão o que demonstra a sua relação com o material particulado (Figura 37 A). Sua relação com o nível de maré é baixa, pois mostra dois máximos de concentração o que confirma a hipótese de que o que determina a sua concentração nas águas do rio Murubira são os fatores hidrodinâmicos nas estações interiores. Na estação 4, que é influenciada pela baía de Santo Antônio, a concentração do fósforo apresenta melhor relação com o nível da maré e novamente com o material em suspensão (Figura 37 B). Os valores mais baixos de concentração de fósforo são observados cerca de uma hora antes e uma hora depois do pico da baixa-mar, em seguida a concentração cresce rapidamente. Deve-se ressaltar que as concentrações observadas de fósforo nessa estação são bem superiores às da estação 1. Este fato também foi observado nas variações sazonais, e foi atribuído às contribuições do igarapé Tamandua.

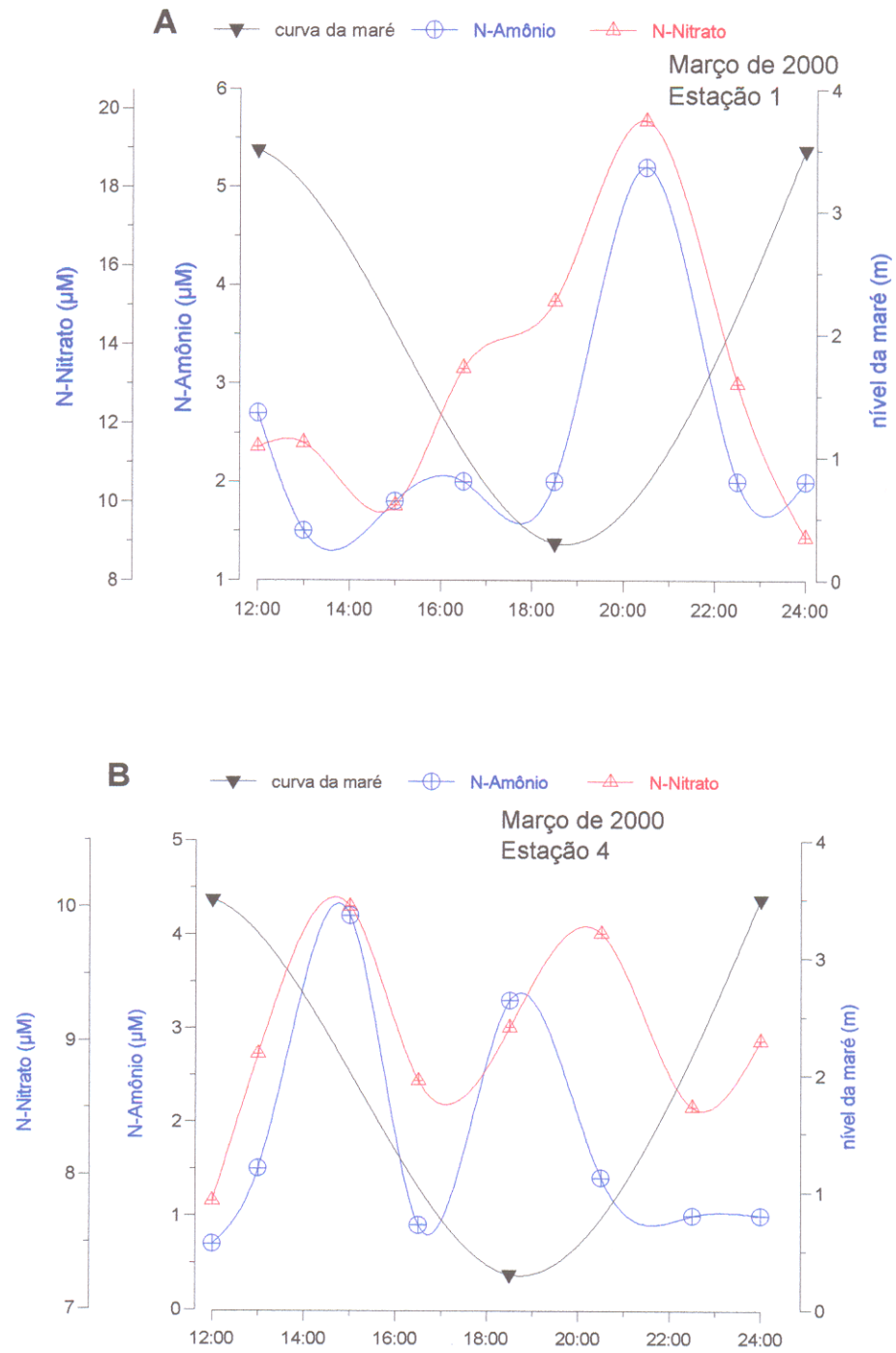


Fig. 35 – Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os íons N-Nitrato e N-amônio, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso

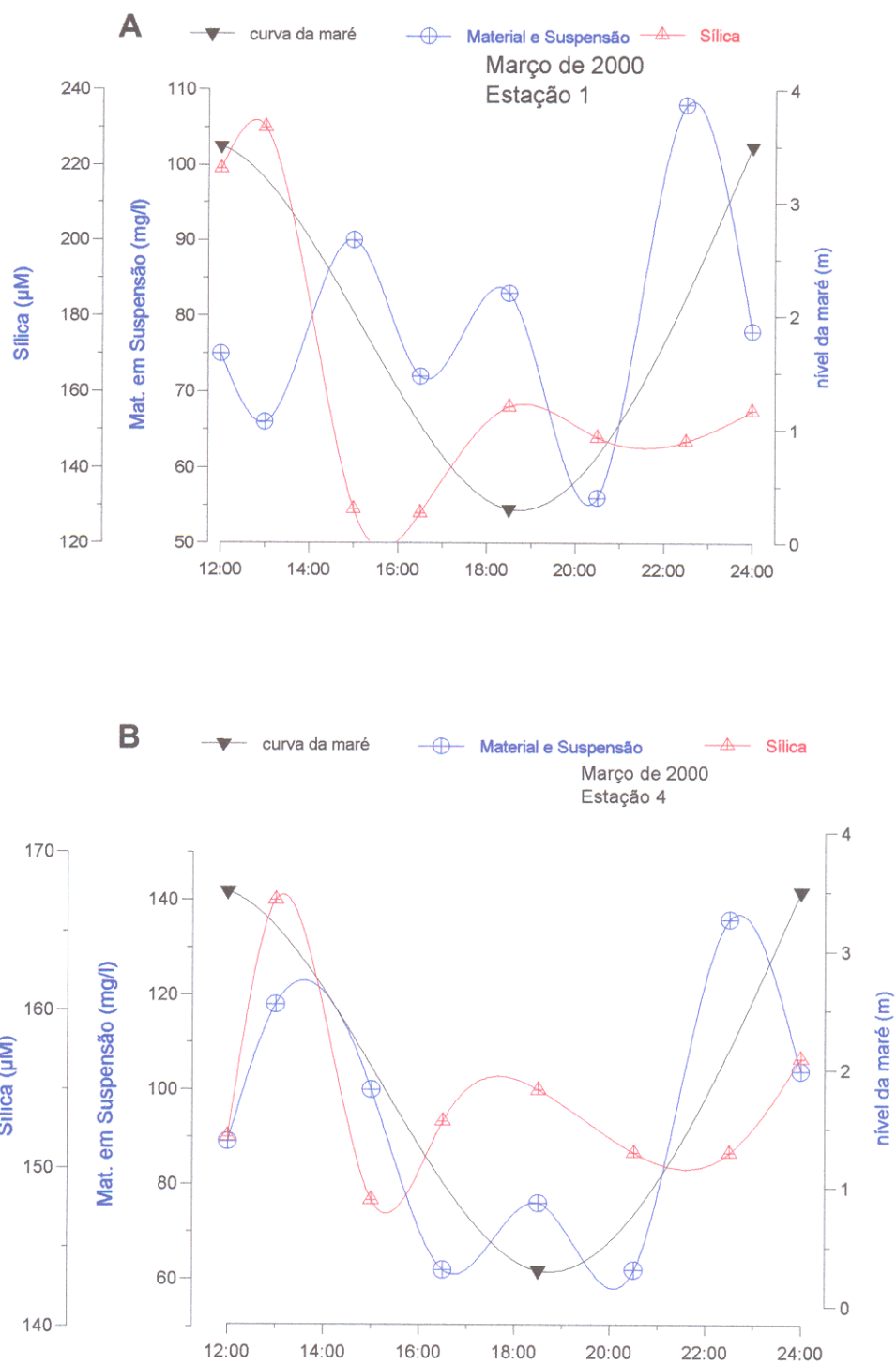


Figura 36 – Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os parâmetros: Material em suspensão e Silicato, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso.

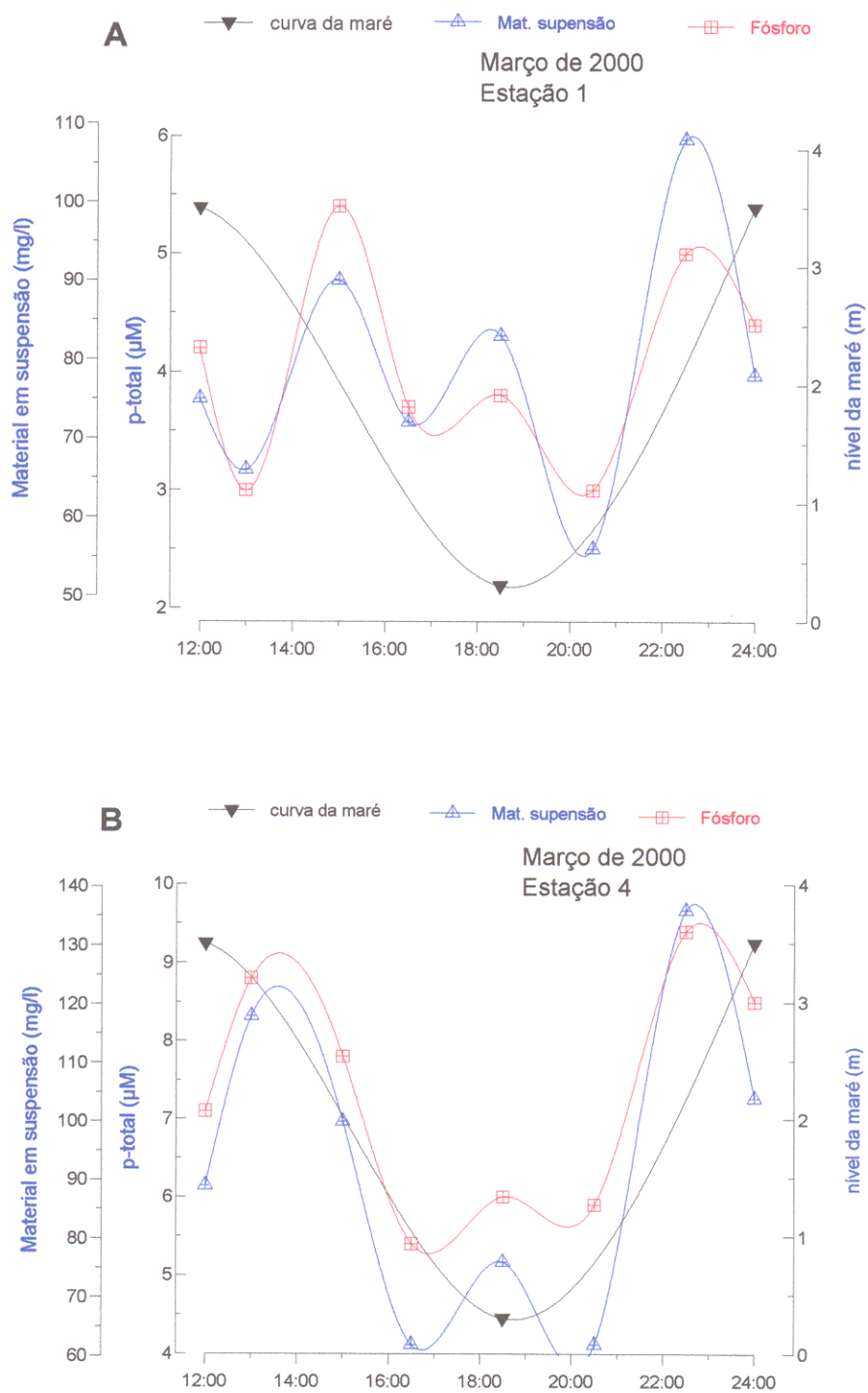


Figura 37 – Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os parâmetros: Material em suspensão e Fósforo, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso.

O oxigênio dissolvido mostra, na estação 4, que não possui nenhuma influência da maré. Seus valores oscilam entre 6,8 e 7,6 mg/L de O₂, apresentando dois máximos que são coincidentes com os observados na curva do N-Nitrato (Figura 38 B). Na estação 1, mais próxima a nascente, o oxigênio dissolvido mostra um outro comportamento variando entre 6,4 e 8,0 mg/L e um máximo de concentração próximo do pico da baixa-mar (Figura 38 A). O comportamento nesta curva é semelhante ao nitrato somente na vazante demonstrando certa relação entre eles.

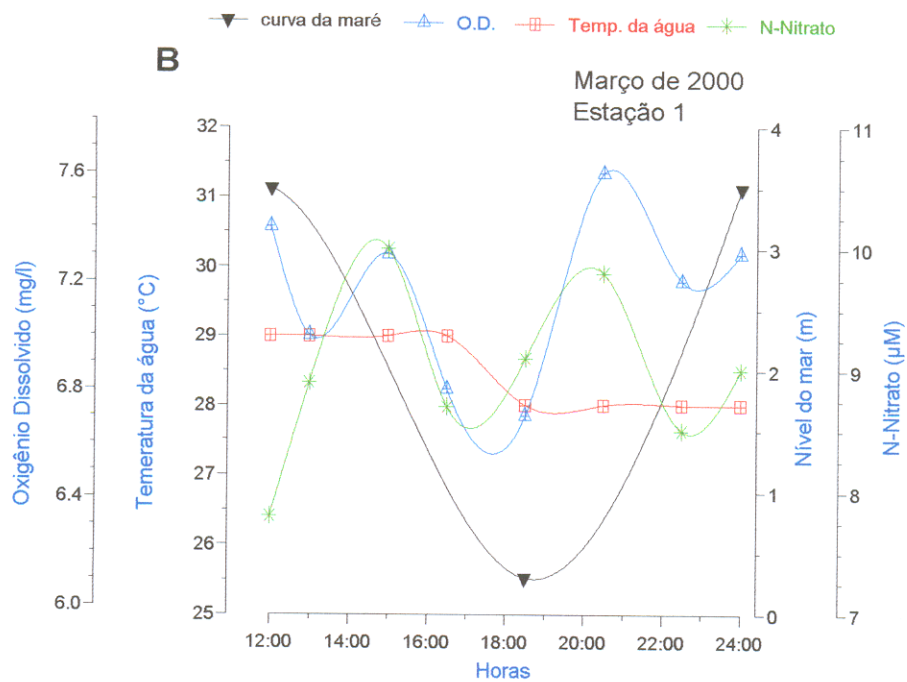
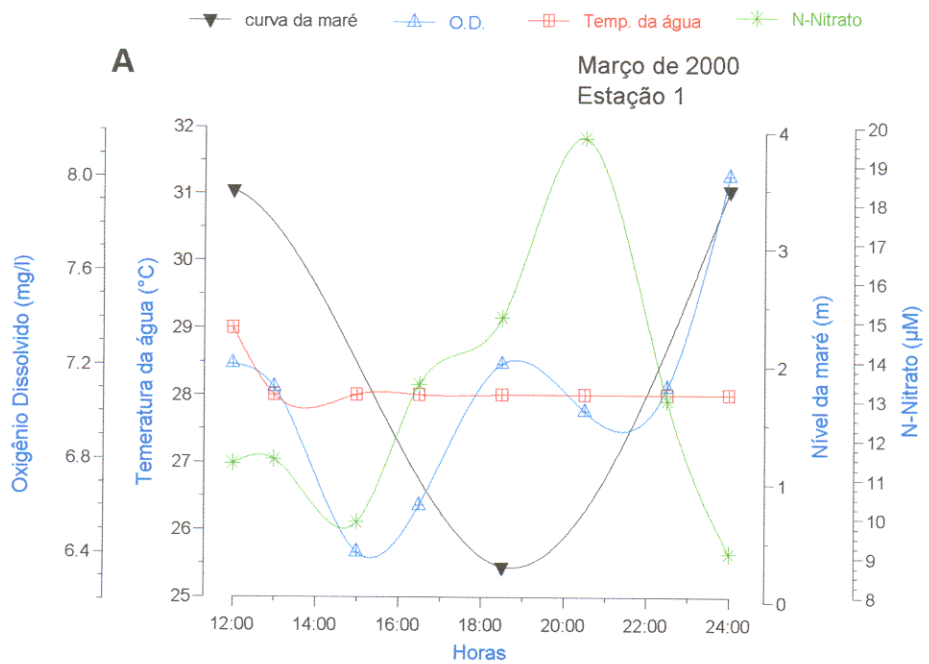


Figura 38 – Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os parâmetros oxigênio dissolvido, temperatura da água e N-Nitrato, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período chuvoso.

8.3.3 Período Seco (setembro, outubro e novembro)

As observações durante o período seco, dentro dos ciclos de maré, demonstram uma melhor correlação dos íons e parâmetros físico-químicos com a curva da maré, principalmente para os cátions e ânions maiores e a condutividade elétrica. Foram mantidas as mesmas estações (estação 1 e estação 4) para avaliar as influências continentais e oceânicas no ambiente.

No período seco a condutividade apresenta covariância com o nível da maré, mas cada estação apresenta particularidades devido as diferentes influências já mencionadas anteriormente. Na estação 4 a condutividade mostrou-se crescente com a preamar apresentou o seu valor máximo 1 hora antes do pico de preamar. Já na estação 1, durante a enchente, a condutividade elétrica se mantém praticamente constante, apresentando um máximo no momento do pico da preamar, decrescendo em seguida fortemente (Figura 39 A). Os maiores valores de condutividade elétrica foram observados na estação 4, onde a mesma variou de $2.700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $3.710 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Na estação 1 a variação foi menor, com um mínimo de $2.100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e um máximo de $2.835 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, uma faixa bem menor que a estação 4. A variação da condutividade elétrica ao longo do rio e durante o período diurno, evidencia que esse parâmetro é controlado, no período seco, pela entrada das águas salobras da baía Santo Antônio.

O pH no período seco tem um comportamento diferente nas duas estações investigadas. Na estação 4 esse parâmetro se manteve praticamente constante, com valores entre 7,0 e 6,8, decrescendo às 22 horas para 5,8. Na estação 1, no entanto, o pH apresenta um comportamento similar ao da condutividade elétrica, co-variando com o nível da maré (Figura 39 A). Esse comportamento do pH é também semelhante ao observado para o íon bicarbonato, indicando com isso o possível controle do bicarbonato sobre os valores de pH durante esse período. A melhor covariância entre pH e maré, foi observada na estação 1, apesar dessa estação estar mais próxima da nascente do rio, e, portanto teoricamente ter uma maior influência de águas continentais.

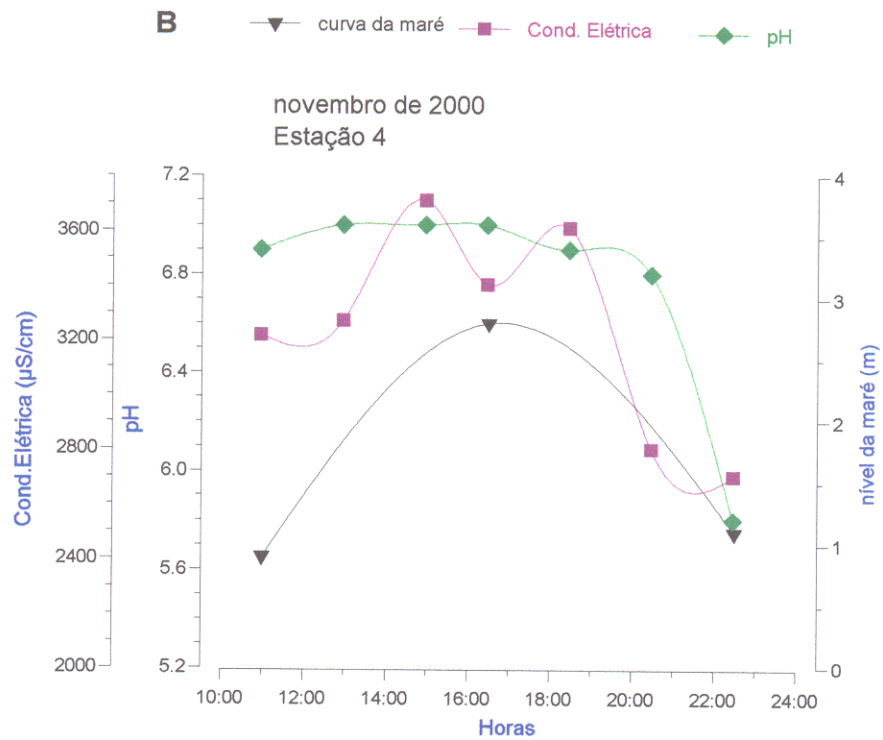
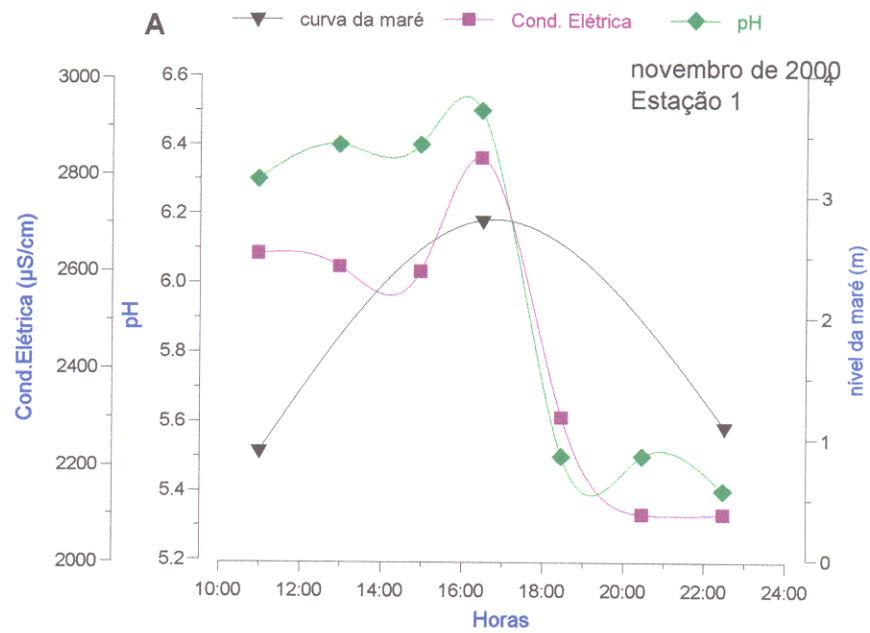


Figura 39 – Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e o pH e a condutividade elétrica nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.

Os ânions cloreto e bicarbonato, no período seco, acompanharam a curva da maré. As maiores concentrações coincidem com o pico da preamar. O bicarbonato mostrou o mesmo comportamento nas duas estações, no entanto, logo após o pico de preamar, ele apresenta um brusco decréscimo. O cloreto na estação 1 apresenta uma melhor relação com o nível da maré, tendo as maiores concentrações coincidentes com o pico de preamar (Figura 40 A).

Na estação 4, as maiores concentrações de cloreto são observadas 3 horas antes do pico da preamar, apresentando logo após um decréscimo brusco. O comportamento do cloreto foi semelhante ao da condutividade elétrica nas duas estações no mesmo período. As concentrações tanto de cloreto quanto do bicarbonato foram maiores na estação 4. Esse resultado mostra que durante o período seco o bicarbonato, apesar de ser mais característico de águas de origem continental, tem sua concentração, no rio Murubira, determinada pelas águas salobras da baía de Santo Antônio.

Os cátions maiores, praticamente acompanharam a curva da maré no período seco. Na estação 1, apresentaram seus máximos na maré cheia, sendo que suas concentrações máximas sofrem um deslocamento no tempo de cerca de duas horas após o pico da preamar (Figura 41 A e 42 A).

Na estação 4 os cátions apresentam dois máximos na curva de concentração, dentro do período normal de enchente. No pico da preamar há um pequeno decréscimo na concentração. Esse decréscimo indica que ocorre uma diluição no ambiente que pode ter sido provocado por uma chuva rápida que ocorreu antes da preamar durante o período de amostragem. Esse comportamento também foi observado na condutividade elétrica e no íon cloreto, na mesma estação (Figura. 41 B e 42 B).

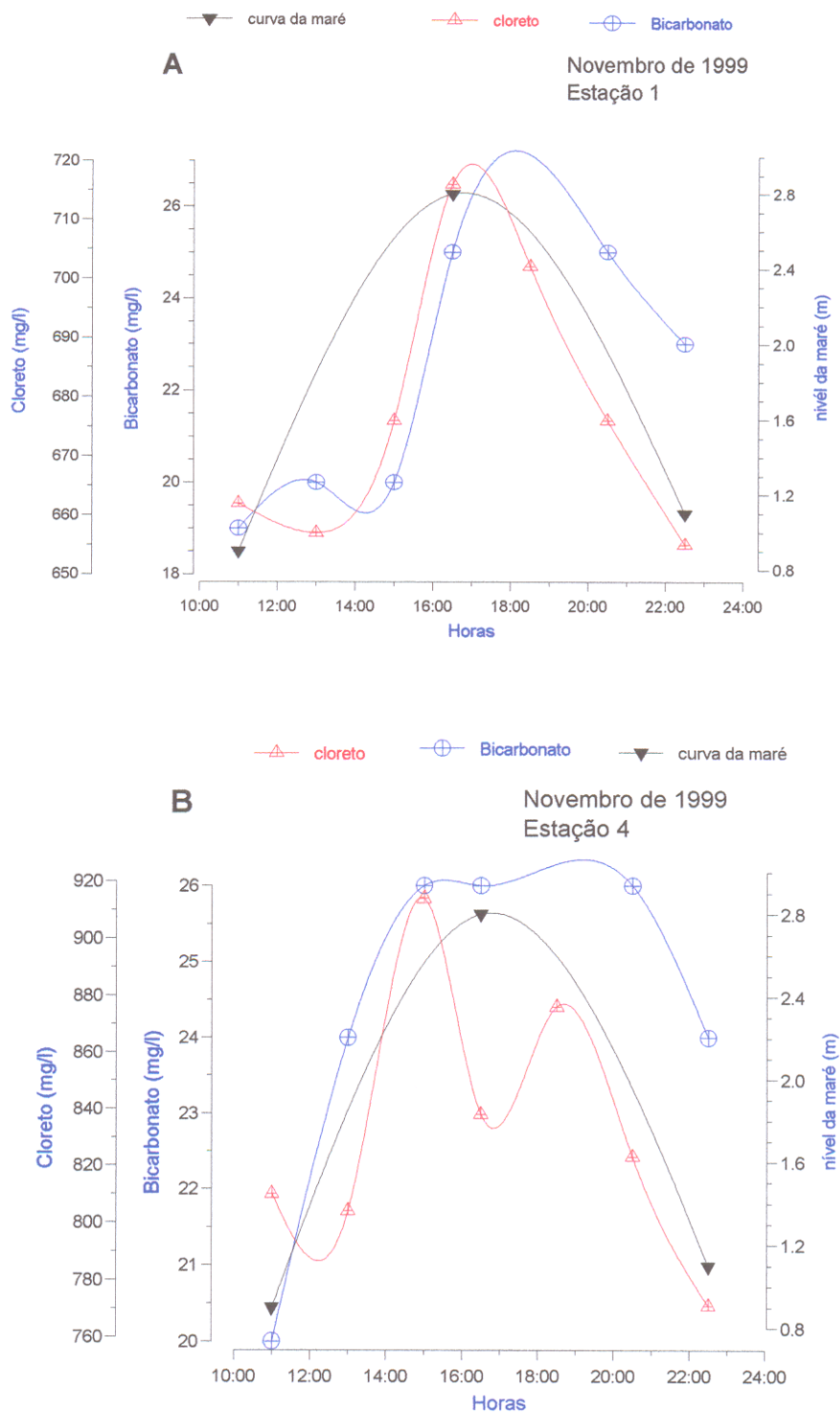


Fig. 40 – Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os principais ânions presentes, bicarbonato e cloreto, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.

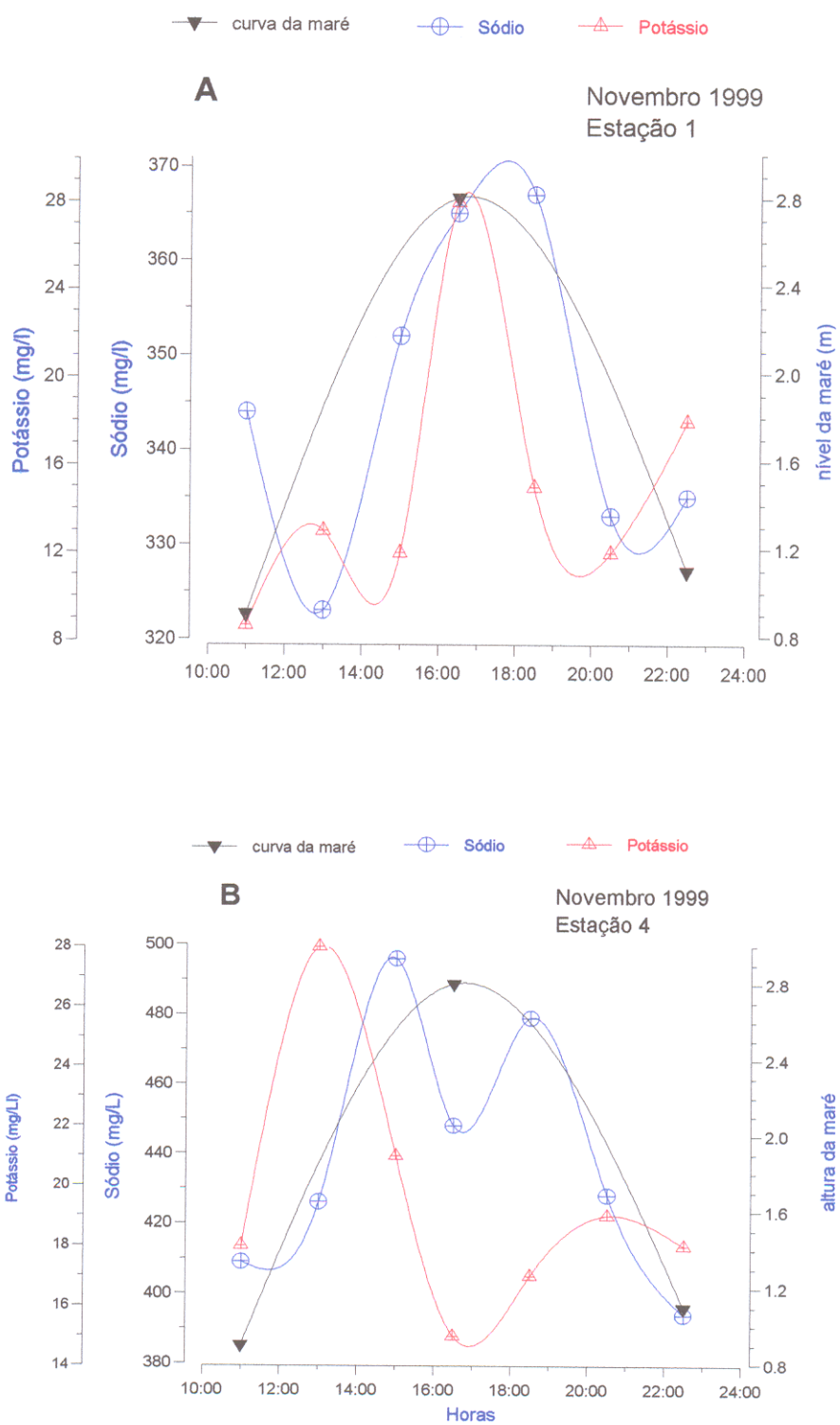


Figura. 41 – Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os cátions sódio e potássio, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.

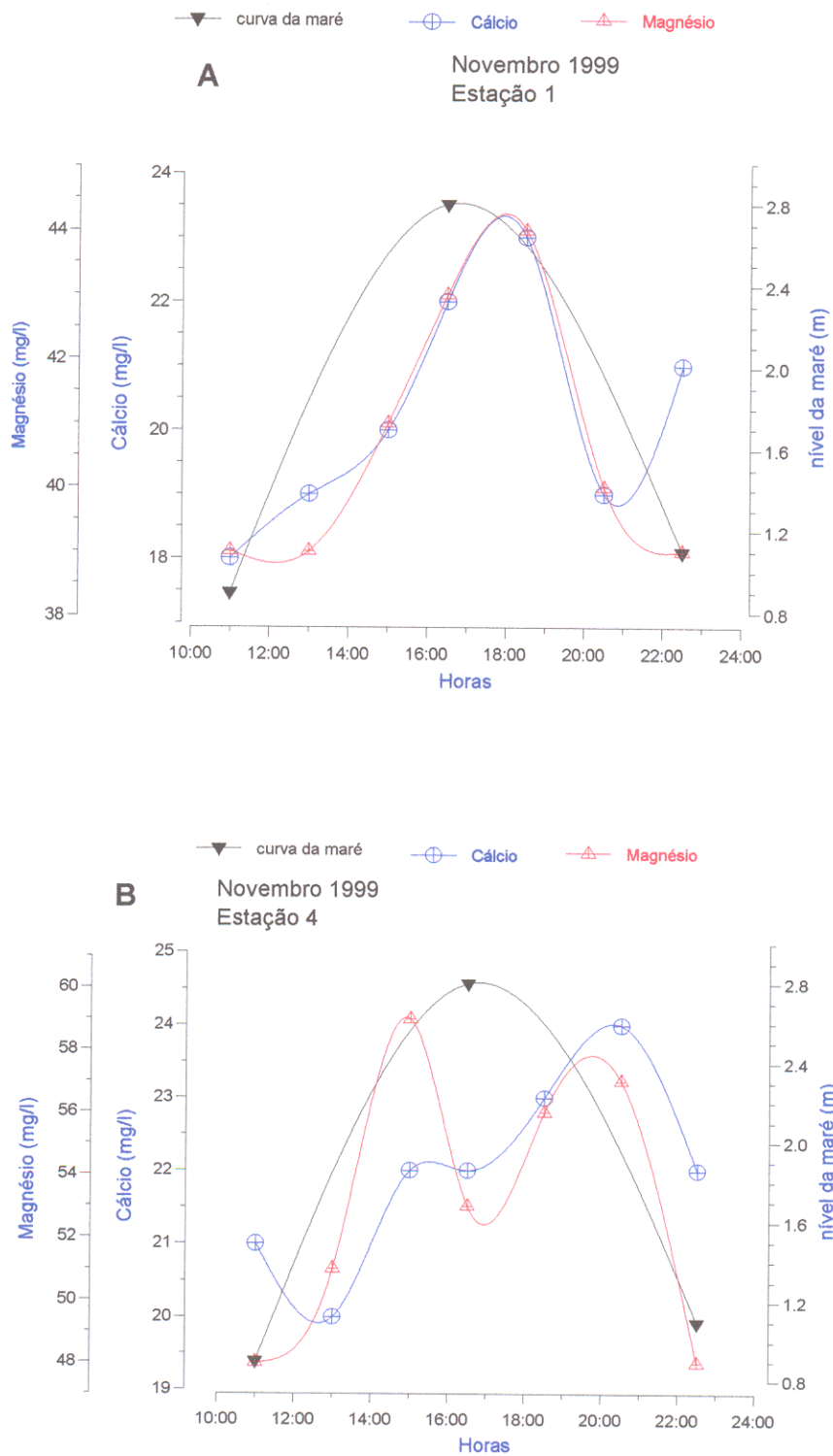


Figura 42 - Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os cátions cálcio e magnésio, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.

Os nutrientes, fósforo total, nitrogênio e silicato, no período seco, apresentaram comportamentos semelhantes aos observados no período chuvoso, mas com oscilações menos pronunciadas.

O N-Nitrato e o N-Amônio mantiveram a correlação entre si nas duas estações. As variações dos mesmos com o nível da maré foram antagônicas nas duas estações de observação. Na estação 1 há uma covariância com o nível de maré, onde as maiores concentrações são atingidas no pico de preamar. Na estação 4, as curvas de concentração do N-Amônio e N-Nitrato são covariantes entre si, entretanto estão fora de fase com a curva de nível de maré (Figura 43)

O silicato mostrou um comportamento distinto em cada estação. Na estação 1 mostra uma curva de concentração que varia inversamente com o nível de maré e o material em suspensão. Suas concentrações máximas são observadas durante a baixamar evidenciando predomínio das águas continentais (Figura 44 A). Na estação 4 o comportamento da curva da sílica não mostra uma relação clara nem com o nível de maré nem com a curva de material em suspensão. No entanto, houve uma leve variação entre o dia e a noite, sendo as maiores concentrações durante o dia e as menores durante a noite (Figura 44 B), apesar dos dados serem poucos para qualquer afirmativa (fica como sugestão para estudo em novos trabalhos).

O fósforo total mostrou uma covariância com o nível de maré nas duas estações (Figura 35). Na estação 4 o fósforo apresenta o máximo de sua concentração, no pico da preamar. Sua relação com o material em suspensão é inversa a que foi observada na estação 1 durante o período chuvoso. Na estação 1 o fósforo total apresenta uma covariância com o material em suspensão e com o nível de maré que deve ser em função da re-suspensão do sedimento.

A curva de concentração do oxigênio dissolvido, não apresenta uma relação clara com a de maré. Na estação 4, a concentração de oxigênio dissolvido tem um leve aumento, variando de 6,3 a 6,9 mg/L. A partir das 18 h houve um forte decréscimo atingindo 4,0 mg/L às 20 h em seguida voltou a subir fortemente. Na estação 1 o comportamento da curva de oxigênio é diferente à observada na estação 4, mostrou um máximo às 14 h quando atinge 6,2 mg/L, seguido de um decréscimo para 5,3 mg/L às 17 h, voltando a subir suavemente e em seguida decrescendo (Figura 36 A).

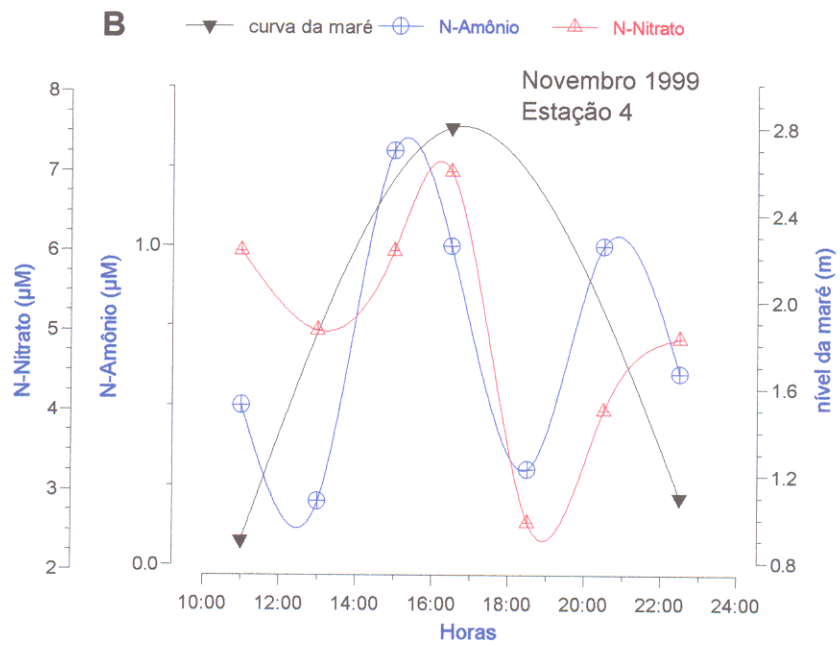
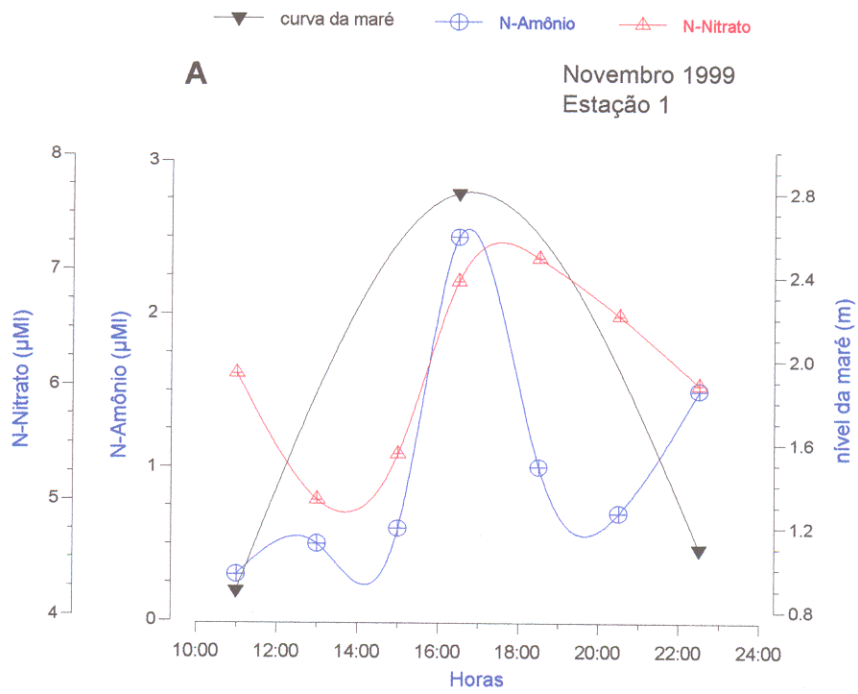


Figura 43– Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os íons N-Nitrato e N-Nitrito, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.

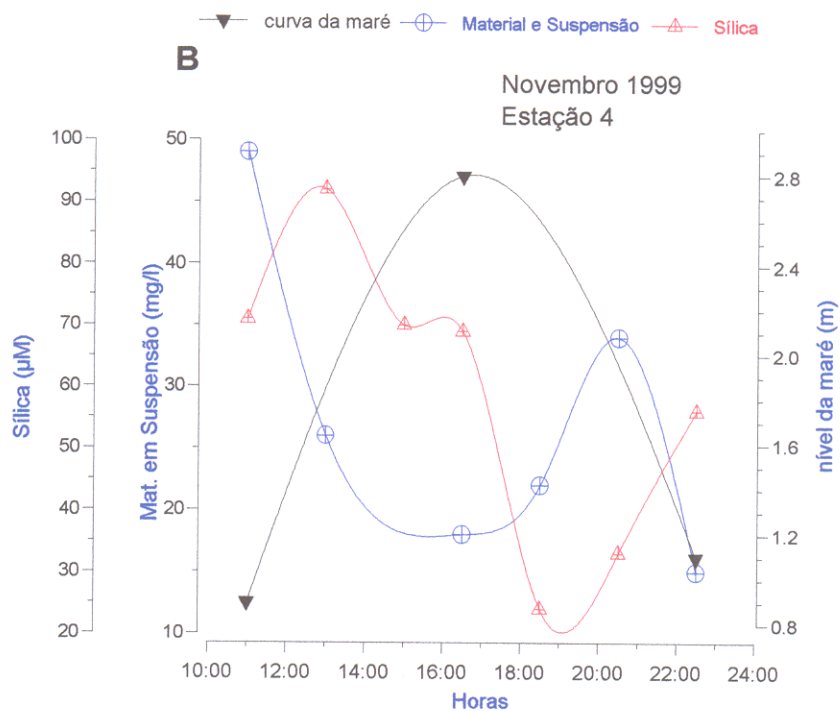
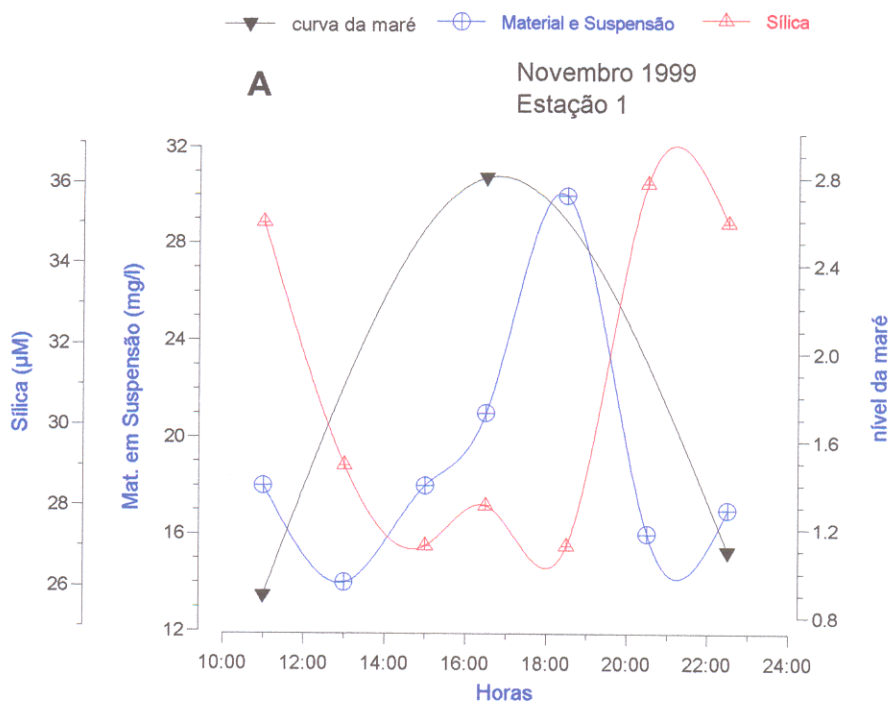


Figura 44 – Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os parâmetros: Material em suspensão e Sílica nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.

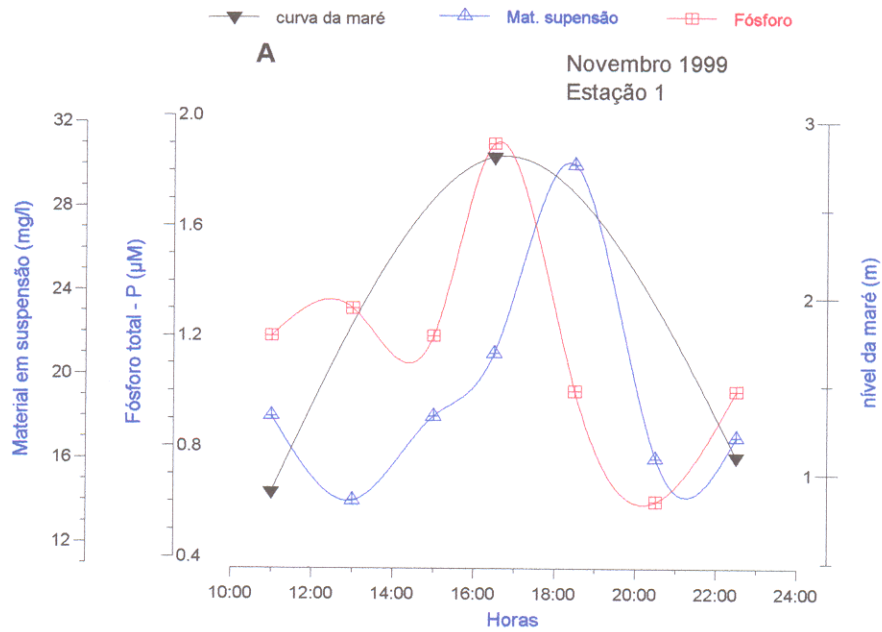
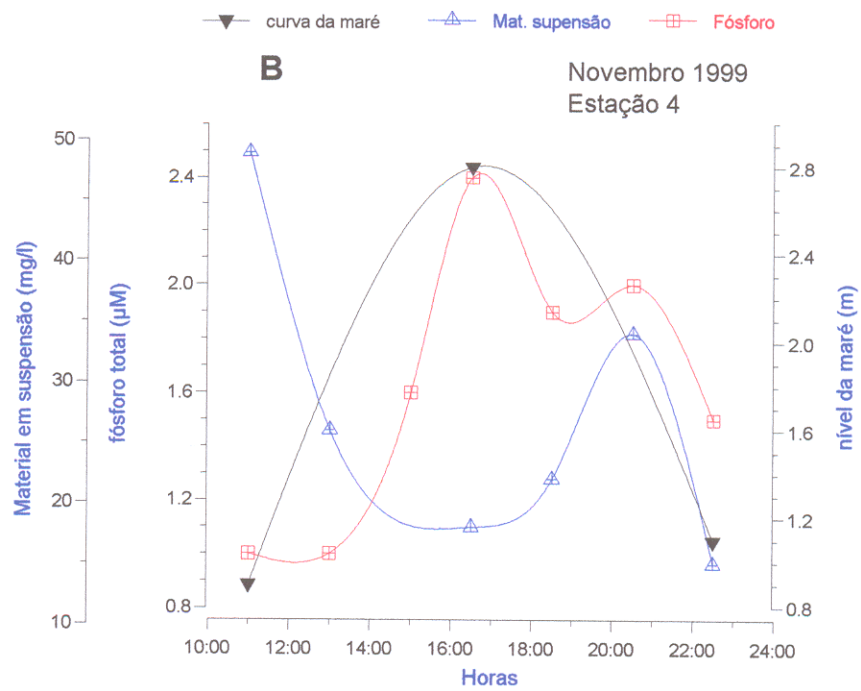


Figura 45 – Diagrama mostrando a relação entre o nível de maré e os parâmetros: Material em suspensão e Fósforo, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.

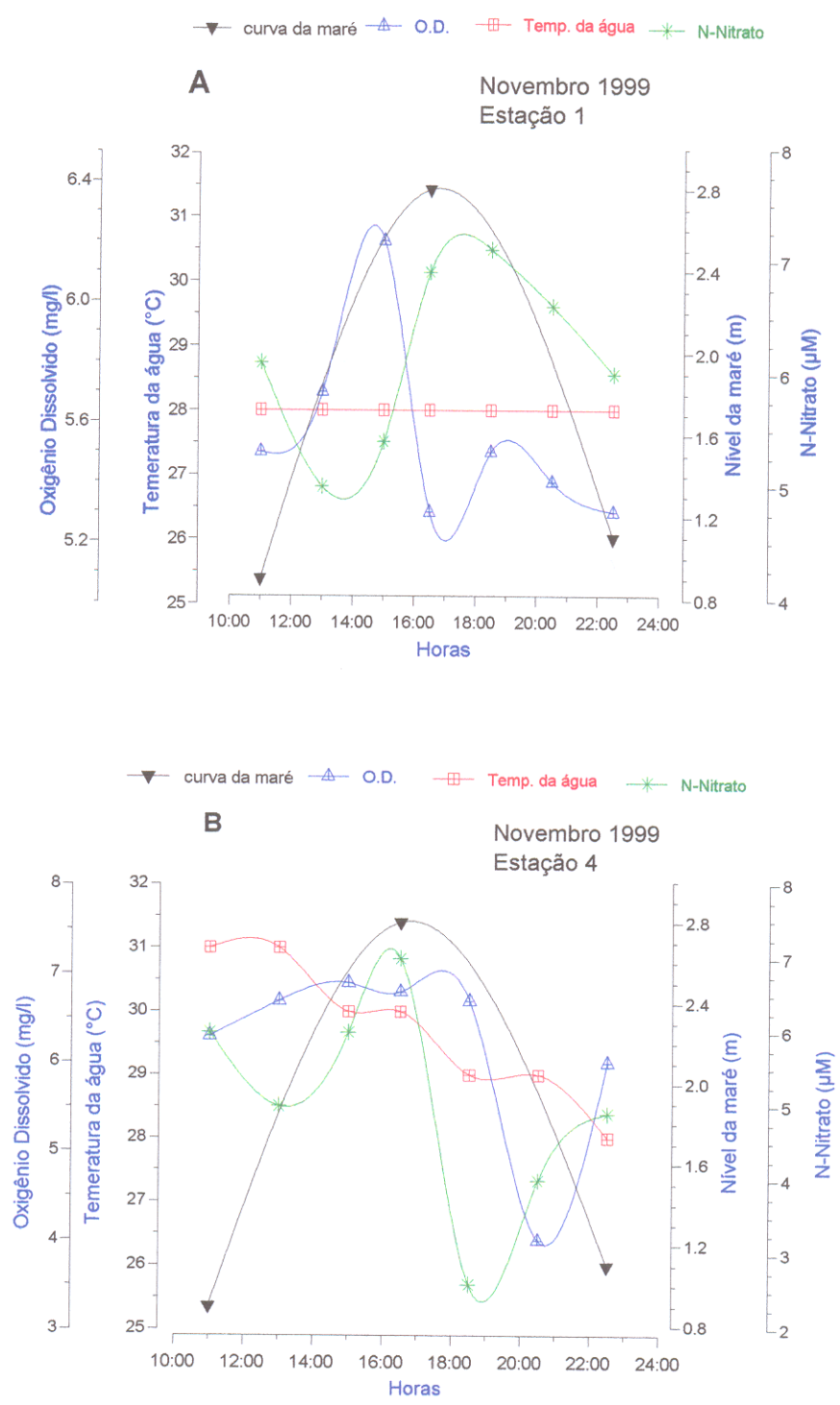


Figura 46 – Diagrama mostrando a relação entre nível de maré e os parâmetros Oxigênio Dissolvido, Temperatura da água e N-Nitrato, nas estações 4 (B) e a estação 1 (A) durante o período seco.

9. DISCUSSÃO

9.1 - VARIAÇÕES SAZONAIS

9.1.1 - Temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido

A oscilação da temperatura das águas do rio Murubira nos dois períodos (chuvoso e seco) foi pequena (28 a 30°C) fato muito comum nas águas da região (Cordeiro,1987; Pinheiro,1987; Lima & Kobayashi,1988; Dias, 1995). O grande volume de água descarregada, as turbulências causadas pelos ventos e correntes de marés, tornam o estuário estudado termicamente bastante homogêneo (Cordeiro, 1987).

A variação do pH entre o período seco e chuvoso na faixa de 6,8 a 5 (Figura 14). A sua elevação no período seco deve-se, provavelmente ao avanço das águas oceânicas, de caráter alcalino, que tornam as águas do estuário salobras, conseqüentemente influenciam fortemente o rio Murubira. No período chuvoso, o decréscimo observado é provocado certamente pela maior contribuição das águas fluviais, que apresentam um caráter mais ácido, devido à lixiviação dos solos argilosos ricos em matéria orgânica, ácidos húmicos e fúlvicos. A variação do pH ao longo do rio Murubira confirma as influências oceânicas (estação 4) e continentais (estação 1) mencionados anteriormente.

A elevação da condutividade no período seco corresponde ao avanço das águas salobras da baía do Marajó, enquanto que, o decréscimo no período chuvoso é função da diluição causada pelo aumento da descarga dos rios Guamá e Amazonas (Diegues,1972; Gibbs,1972; Cordeiro,1987; Dias,1995). A elevação da condutividade elétrica observada na estação 1, durante o período chuvoso (Figura 13), é resultante da contribuição das águas subterrâneas que fluem de nascentes próximas a esta estação durante o período chuvoso. Este aumento nas estações próximas a área urbana também pode estar relacionado a fontes antropogênicas, devido ao lançamento de esgoto doméstico dentro do rio, que certamente produz um aumento na quantidade de eletrólitos.

A média das concentrações de oxigênio dissolvido encontrado nas águas do rio Murubira, está dentro da faixa para a região (5 a 7 mg/L) (Cordeiro,1987; Pinheiro,1987; Dias,1995). No entanto, apresentou um comportamento um pouco diferenciado entre o período seco e o chuvoso. Durante o período chuvoso os valores observados foram

superiores aqueles constatados no período seco. Os maiores valores observados no período chuvoso devem ter sido causados por uma maior turbulência, originada pelas chuvas constantes e pela maré de sizígia (mês de março de 2000). Cohen *et al.* (1999), verificaram que no “furo” do Chato em Bragança/PA, as maiores concentrações de oxigênio dissolvido ocorreram em julho e as menores em maio, sugerindo uma forte influência dos processos biológicos. O decréscimo no oxigênio dissolvido nas águas do rio Murubira, no mês de outubro, pode ter sido causado pelo consumo bacteriológico de oxigênio. Além disso, no mês de outubro houve um aumento no material particulado, em relação a setembro e novembro, o que impede a entrada de luz no ambiente, funcionando como um dos fatores limitantes para a produção primária, que é outra fonte de oxigênio dissolvido para estuários (Lara & Dittmar, 1999; Rendell *et al.*, 1997). A menor quantidade de oxigênio dissolvido da estação 1 é provavelmente pela atividade bacteriana nas estações mais interiores, já que as estações 1 e 2 se localizam mais próximas da área urbana e portanto sofrem maior influência as águas servidas (esgoto doméstico) trazidas para dentro do rio pelo escoamento superficial através de valas e canais.

9.1.2 - N-nitrito, N-amônio.

As formas amônio e nitrito são resultantes do processo de nitrificação em águas bem oxigenadas, ocorrem através da decomposição de compostos orgânicos nitrogenados (proteínas, aminoácidos etc....) ou mesmo quando o fitoplâncton serve de alimento para o zooplâncton (os organismos excretam posteriormente o amônio, NH_4^+) que é reutilizado pelo fitoplâncton (Dias, 1995; Andrews *et al.* 1996). As concentrações de nitrogênio expresso em nitrito e amônio no rio Murubira são muito baixas em relação a alguns resultados obtidos por outros autores para a região Amazônica.

A elevada concentração de N expresso em amônio observada em outubro de 1999, pode ser justificada pela contribuição de esgotos domésticos, trazidos para dentro do rio devido ao avanço da maré de sizígia. Isto fica mais evidente quando observamos as concentrações na estação 1 mais próxima a área urbana. O esgoto é considerado o maior fornecedor de amônio para as águas de rio, principalmente em períodos de baixo fluxo fluvial, o que provoca o aumento da concentração dos íons

dissolvidos. O mesmo comportamento sazonal para o amônio foi observado por Melo (1998) no estuário do rio Bacanga (São Luis / MA), onde chegou a encontrar até 100 $\mu\text{M.L}^{-1}$ em estações situadas nos principais pontos de lançamento de esgotos domésticos.

Nos meses de setembro e novembro as concentrações de amônio foram aproximadamente um terço das obtidas em outubro de 1999 indicando um provável consumo pelo fitoplâncton nesse período. O amônio é a forma de nitrogênio preferida como nutriente por essa espécie (L'helguen *et al.*, 1996). Apesar de ser um ecossistema considerado em estudos anteriores como pouco produtivo, foi observado que no período seco as diatomáceas são o grupo dominante da microflora planctônica estuarina (Dias, 1995).

Nos meses de fevereiro e março de 2000, entretanto, a concentração de N (amônio) foi quase duas vezes maior do que a obtida em setembro e novembro de 1999. Este aumento pode ser explicado através da decomposição do material orgânico das margens, que são levados para dentro do rio pelo escoamento superficial no período chuvoso (Pedrozo & Boneto, 1987).

O teor de N expresso em nitrito durante o período seco mostrou o mesmo efeito do amônio, ou seja, aumentou de concentração durante o período de baixo fluxo fluvial. Por outro lado, o nitrito pode ser ainda, resultante da contribuição das águas intersticiais dos solos e sedimentos das margens do rio. O nitrito é a forma menos utilizada pelo fitoplâncton, ocorrendo apenas quando é a única forma de nitrogênio ou existe em grandes concentrações (L'helgue *et al.*, 1996). O aumento na concentração de nitrito observado na estação 4 foi causado pela águas do igarapé Tamanduá, que são mais ricas nesse íon composto. O igarapé Tamanduá é fortemente influenciado pelo lançamento de lixo e esgoto da área urbana de Mosqueiro. Existem várias casas do tipo palafita, com sanitários dentro do rio, além disso, foram observadas várias embarcações, que lançavam seu lixo dentro do Igarapé. Apesar do amônio ser a forma nitrogenada mais comumente encontrada nos esgotos, o aumento da concentração do nitrito nas estações e seu comportamento inverso ao amônio e ao nitrato, indica a existência de um processo de nitrificação.

9.1.3 - N-nitrato, fósforo total silicato e material particulado em suspensão.

O nitrato, o fósforo total e o silicato são nutrientes fundamentais para a vida aquática. Nessa pesquisa esses nutrientes apresentaram comportamentos geoquímicos similares ao material particulado em suspensão, tanto no período chuvoso (maiores concentrações) quanto no período seco (menores concentrações). Isso demonstra que a variação de suas concentrações nos dois períodos investigados está atrelada a fatores hidrodinâmicos (lixiviação e re-suspensão do sedimento pelo aumento da descarga do rio). No período seco é provável que as variações nas concentrações observadas estejam também ligadas a fatores biológicos (consumo).

A elevação do material particulado em suspensão, no período chuvoso, deve-se fundamentalmente ao maior volume de água de precipitação pluviométrica, que juntamente com o escoamento superficial, leva para dentro do rio/estuário uma maior quantidade de partículas (principalmente argilominerais decorrente da lixiviação das rochas), material orgânico e detritos da própria vegetação das margens e excremento de animais.

No período seco, o decréscimo observado nas concentrações deve estar ligado a diminuição na pluviosidade e desestabilização do material coloidal, causada pela entrada das águas salinas no ambiente. Deve-se destacar, entretanto, que o aumento extraordinário observado no mês de outubro, pode ter sua origem relacionada a maré de sizígia, que elevou o nível da maré a 3,6 m de altura, a mais alta durante todo período em estudo. Pinheiro (1987), estudando as condições hidrodinâmicas da baía do Guajará, também observou as maiores concentrações de material suspenso nas marés de sizígia, tendo atribuído esse fato ao recolhimento do material fino das margens do estuário em consequência da subida das águas. A variação ao longo do rio pode indicar que as duas estações estão mais sujeitas a sofrer o processo de retirada de sedimentos das margens pela subida das águas.

As concentrações elevadas de nitrato, na estação 1, em todos os meses de amostragem pode ter sido causada pela re-mineralização dos sedimentos, já que naquele local o rio é muito raso (aproximadamente 4,5 m de profundidade). Durante o período chuvoso, a concentração de nitrato aumenta ainda mais, provocada principalmente pelo aumento da descarga do rio e também pelo aumento no

escoamento superficial, que provoca uma maior re-suspensão dos sedimentos. Dias (1995), comparou a concentração de nitrato das águas superficiais das praias de Mosqueiro com as obtidas diretamente dos efluentes urbanos da ilha e verificou que estão dentro da mesma ordem de grandeza. Como a concentração de nitrato nos esgotos domésticos é baixa, o aumento na concentração observado na estação 1 deve ter pouca contribuição antropogênica, tendo a sua origem provavelmente ligada a processos naturais (decomposição de matéria orgânica de origem vegetal e animal, depositada nas margens).

As concentrações do Si (silicato) dentro do rio Murubira, durante o período chuvoso, têm a sua origem também ligada a lixiviação de sedimentos através do escoamento superficial. Outro fator controlador de sílica dissolvida em ambientes estuarinos, é a remoção biológica e a liberação através da dissolução da sílica biogênica (diatomáceas). DeMaster *et al.* (1983), estimaram que o consumo biológico (por diatomáceas) de sílica dissolvida nas águas superficiais, na desembocadura do rio Amazonas, alcança entre 17 a 33%. Rendell *et al.* (1997) encontraram concentrações elevadas de sílica no "Great Ouse" na Inglaterra, tanto no inverno quanto no verão, atribuindo ao primeiro período a fatores hidrodinâmicos e ao segundo período ao consumo por diatomáceas e a rápida reciclagem para a coluna d'água.

O fósforo nas águas, como mencionado anteriormente, tem como principais fontes os argilominerais da área continental e os esgotos domésticos. O fósforo total dentro do rio Murubira aumenta no período chuvoso através do processo de adsorção ao material particulado (tanto de origem orgânica - detritos das margens como inorgânico - argilominerais), que é levado da área continental para dentro do rio pelo escoamento superficial, mais intenso nesse período. No período seco isso se torna mais evidente. No mês de outubro, há um aumento proporcional ao aumento do material em suspensão. Na estação 4 o aumento observado pode ter sua origem ligada ao mesmo processo sofrido pelo material em suspensão. No mês de novembro, a concentração de fósforo total foi duas vezes maior que as observadas em setembro, o que pode estar ligado a contribuições das águas intersticiais nos sedimentos da margem. Esse mesmo comportamento foi observado por Melo (1998), quando verificou que as maiores concentrações de fósforo total ocorriam do meio para o final do período

seco. Esse autor atribuiu o aumento observado no fósforo total ao aumento no material particulado de origem planctônica e à contribuição das águas intersticiais. Comparativamente, as concentrações observadas durante o período seco são menores que no chuvoso. Essas variações são causadas pelo decréscimo do material particulado em função do avanço das águas salobras e ainda pela diminuição no fluxo das águas de esgotos além disso, é claro, deve haver ainda um certo consumo pelo fitoplâncton.

9.1.4 - Cátions e ânions maiores

Os íons Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^{2-} e Cl^- são os íons encontrados em maior concentração na água do mar. Sendo que, o íon sódio é o segundo maior íon das águas salinas chegando em média a 10.000 mg.L^{-1} , enquanto que em águas subterrâneas pode chegar a 150 mg.L^{-1} (Custódio & Llamas, 1976). O sódio e o cloreto são considerados os maiores constituintes das águas marinhas, enquanto o cálcio e o bicarbonato são os maiores representantes das águas continentais (Esteves, 1988).

Durante o período seco, as águas do rio Murubira, apresentam um valor crescente nas concentrações dos cátions e do cloreto da estação 1 para a estação 4. Essa variação é causada pela entrada das águas salobra rio acima, que é corroborado pelo comportamento semelhante da condutividade elétrica.

No período chuvoso houve uma inversão no comportamento dos íons. Os maiores valores foram observados na estação 1. Esse comportamento, pode ser explicado por essa estação está próxima a área urbana e portanto fica sujeita a uma maior influência antropogênica, recebendo grande carga de poluentes trazidos pelas águas pluviais que lavam as galerias de esgotos.

O bicarbonato mostrou um comportamento particular. Durante o período chuvoso ele apresentou uma tendência em mostrar concentrações decrescentes da estação 1 para estação 4. No período seco ocorre o inverso somente a partir de outubro. O mês de setembro é anômalo. Durante esse mês as maiores concentrações foram observadas na estação 1. Essa anomalia pode ser explicada de duas formas: 1) nesse mês, há uma forte redução no material em suspensão, o que provoca um aumento na zona eufótica que deve ter induzido a uma maior atividade planctônica que

por sua vez deve ter induzido a uma maior liberação de CO₂ dentro da coluna d'água o que conseqüentemente elevou a concentração de bicarbonato. No período seco além dos processos da decomposição orgânica deve ter havido também uma maior influência das águas oceânicas (Figura 26). Cordeiro (1987), no entanto, atribuiu as concentrações máximas de bicarbonato no rio Pará, durante o período de estiagem, a descarga do rio. Os fatores climáticos também podem ter interferido na concentração do bicarbonato. já que o decréscimo de bicarbonato ocorreu nos meses de maior índice pluviométrico. Gibbs (1972) concluiu que o suprimento de alguns íons no rio Amazonas, dentre eles o bicarbonato, é constante, tendo atribuído as variações nas concentrações somente a diluição pelo aumento da descarga do rio.

Os índices hidrogeoquímicos obtidos demonstraram que suas variações com a sazonalidade são mais significativa para as razões iônicas rK^+/rNa^+ que variou entre 0,02 a 0,05 (período seco) e de 0,26 a 0,08 (período chuvoso) e a razão $rCl^-/rHCO_3^-$ que variou entre 10,8 a 54,85 (período seco) e 1,45 a 1,6 (período chuvoso). Esses índices confirmam, novamente, a intrusão marinha nesse ambiente durante o período seco, já que os íons K⁺ e HCO₃⁻ são típicos de águas continentais enquanto os íons Cl⁻ e Na⁺ são tipicamente marinhos (ver índices por estação em anexo II.C). O máximo de salinidade registrado no rio Pará em Mosqueiro, próximo a baía do Marajó, em agosto de 1985 foi de 7‰ (Cordeiro, 1987).

9.1.5 - Bacteriologia

As bactérias do grupo coliformes são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. Todas as bactérias coliformes estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e ao solo. Nas bactérias desse grupo estão incluídos os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. A determinação da concentração de coliformes fecais é considerada mais significativa como indicador de poluição sanitária, que os coliformes totais, pois indicam a possibilidade da existência de microorganismos patogênicos que são os responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica. Branco (1978), menciona que do grupo coliformes a *Escherichia coli* é sempre um bom índice de poluição por matéria fecal já que se trata de um coliforme identificado como pertencente exclusivamente à espécie fecal.

O aumento dos índices de coliformes totais e fecais dentro do rio Murubira no período seco ocorre em função do menor fluxo fluvial, já mencionado anteriormente, sendo que o aumento do índice de coliformes totais no mês de outubro, superior em duas vezes as concentrações observadas nos meses de setembro e novembro, pode estar relacionado aos seguintes fatos:

- 1) em outubro de 1999, apesar de ser um período normalmente de baixo índice pluviométrico, apresentou no ano de 1999 um aumento anormal no índice pluviométrico (figura 2) e isto pode ter trazido para dentro do rio, através do escoamento superficial, uma grande quantidade de esgoto não tratado;
- 2) a coleta no mês de outubro foi realizada durante a maré de sizígia que atingiu 3,5 m de altura (a maior em relação a todo o período desse estudo) trazendo para dentro do rio todo o material que se encontra nas proximidades das margens, principalmente no porto Pelé, dentro do igarapé Tamanduá onde ocorre a maior concentração de embarcações e residências, tipo *palafitas*, fato mencionado anteriormente (Figura 29 e 30).

O decréscimo de coliformes fecais e totais no período chuvoso ocorre em função do aumento no volume de água produzindo a diluição da concentração. Outra observação que se faz é que a tendência do índice de coliformes fecais (*E. coli*) tanto no período chuvoso quanto no período seco são maiores na estação 1, ou seja, a contribuição antropogênica é maior nessa estação, que fica mais perto da área urbana de Mosqueiro.

As determinações dos índices bacteriológicos não têm por objetivo classificar as águas de rio em próprias ou impróprias, apenas verificar a interferência antropogênica na área de estudo. Isto ficou claro pelas concentrações observadas tanto para coliformes totais como fecais principalmente no período seco que ultrapassaram o limite máximo permitido pela resolução do CONAMA de 1986 para cursos d'água destinados a balneabilidade (ver tabela 9). Os dados de todas as coletas estão em anexo (Anexo II.E). No entanto, se comparado aos índices obtidos por Dias (1995) em algumas praias da ilha de Mosqueiro (Tabela 9) o rio Murubira se encontra ainda preservado ou mesmo com alta capacidade de depuração.

9.2 - VARIAÇÕES DIURNAS

As variações diurnas nos valores de pH, condutividade elétrica, temperatura e Oxigênio dissolvido confirmam as observações feitas com a sazonalidade. O pH apresenta variações diurnas diferenciadas para cada período sazonal. No período chuvoso o pH acompanha o comportamento da condutividade elétrica que atinge o máximo durante a baixa mar. Este aumento da condutividade elétrica (Figura 31), juntamente com o aumento do pH, indica a concentração de eletrólitos de caráter mais alcalinos, provavelmente provenientes de lançamento de esgotos que são predominantes na baixa mar. Pereira *et al.* (1988) observou o mesmo comportamento nos canais da área urbana de Belém. No período seco a condutividade elétrica e o pH aumentam, acompanhando a entrada da maré, uma característica de ambientes estuarinos já comentada anteriormente.

O oxigênio dissolvido oscila bastante diariamente com a entrada e saída da maré principalmente no período chuvoso, isso se deve provavelmente a maior turbulência das águas da maré de sizígia, já mencionada anteriormente. Já no período seco, maré de quadratura, as oscilações são menores demonstrando uma tendência de aumento das concentrações durante a enchente e decréscimo com a vazante. Este fato caracteriza o maior consumo de oxigênio pela matéria orgânica, provavelmente pelo aumento da concentração do material orgânico proveniente de esgoto doméstico. Isto se torna mais claro, quando se observam as variações das concentrações entre as estações 1 (mais próxima da área urbana) e estação 4. Porém, ainda são valores considerados normais para a região.

A temperatura não mostra variações diárias significativas, portanto não tem qualquer interferência na concentração do oxigênio nas águas do rio Murubira.

As variações diurnas do nitrato e amônio mostram comportamentos semelhantes entre si. No entanto, essas variações são distintas tanto entre as estações de coletas como entre os períodos sazonais. A oscilação das concentrações com a entrada e saída da maré na estação 4, nos dois períodos, dificulta a identificação de uma fonte de contribuição. Na estação 1, entretanto, durante o período chuvoso, as concentrações de amônio e nitrato aumentam com a baixa-mar semelhantemente ao pH e a condutividade. Acredita-se, dessa forma, que devem portanto estar sofrendo a

mesma interferência antropogênica ou infiltração das águas subterrâneas. Já no período seco suas concentrações aumentam com a preamar talvez pela própria remineralização do material orgânico no sedimento, causada pela movimentação das águas.

As variações das concentrações diurnas do silicato no período chuvoso não são claras, suas covariâncias com o material em suspensão são pequenas e ocorre apenas na estação 1. No período seco também tem comportamento inverso com o nível de maré e o material em suspensão nas duas estações.

O fósforo total, no entanto, apresentou boa covariância com material em suspensão nas duas estações, período chuvoso, e na estação 1 no período seco confirmando a sua origem no material particulado. Na estação 4, entretanto, ocorre uma pequena inversão com a enchente, caracterizando a deposição do material particulado com o avanço das águas salobras (Cordeiro, 1987) e a liberação para a coluna d'água de fósforo dissolvido. As variações diurnas do material particulado, no geral são crescentes com a enchente caracterizando a re-suspensão desse material com a entrada da maré.

As concentrações dos cátions e ânions no período seco de forma geral aumentaram com a preamar, o que já era esperado, em função da intrusão das águas salobras. No período chuvoso em que há o predomínio das águas continentais, as variações mostram-se inversas com o ciclo de maré (exceto o potássio nas duas estações e o cálcio na estação 4 que não apresentam comportamentos muito claros). Esse aumento na baixa mar, se atribui a infiltração de águas subterrâneas mais ricas em eletrólitos, já discutida anteriormente, e até mesmo uma possível influência antropogênica, considerando-se o aumento da concentração de cloreto que chega aproximadamente 15 mg.L^{-1} na estação 1. Pereira *et al.* (1988) detectou concentrações de cloreto entre 18 e 19 mg.L^{-1} na preamar nas bacias de drenagem de Belém/PA, essa concentração foi considerada como um indício de contaminação desses canais.

As observações das variações diurnas dos índices de coliformes totais e fecais, apresentaram as menores concentrações na preamar demonstrando o efeito da diluição com a entrada da maré. As maiores concentrações foram observadas na baixa-mar, demonstrando o efeito do predomínio das águas servidas do esgoto doméstico.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rio Murubira durante o período de estudo mostrou variações na composição de suas águas principalmente devido a dois fatores: 1) climático, 2) antropogênico.

No geral as concentrações dos nutrientes e parâmetros físico-químicos se encontram dentro da faixa permitida pela resolução do CONAMA de 1986 para águas destinadas à recreação de contato primário; no entanto ocorreram algumas descargas pontuais significativas como o nitrato na estação 1 em fevereiro de 2000 e amônio na estação 1 em outubro de 1999.

Alguns fatores que caracterizam a influência antropogênica como os índices de coliformes são mais evidentes no período seco, principalmente, no período de baixa mar. Os índices de coliformes totais em outubro de 1999 ultrapassaram dez vezes o máximo permitido pela resolução do CONAMA de 1986 para águas de contato primário destinadas à recreação. Portanto a influência antropogênica já é visível e merece a atenção dos setores responsáveis pela preservação do meio ambiente. Já que o rio Murubira é um rio bastante utilizado pela população ribeirinha como meio de sobrevivência (fluxo de materiais pesca e lazer) há então a necessidade que o padrão de suas águas seja de melhor qualidade.

A sugestão é que os órgãos governamentais envolvidos procurem dar prioridade ao tratamento do esgoto bruto antes de alcançar os recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P. C.; HARTMANN, C.; ODEBRECHT, C. 1995. Nutrient -rich saltwater and its influence on the phytoplankton of the Patos lagoon estuary, southern Brazil. ***Estuarine, Coast and Shelf Science*** . 40: 219 - 229.
- AMINOT, A. & CHAUSSEPIED, M. 1983. **Manuel des analyses Chimiques en Milieu Marin**. CNEXO. BREST-FRANCE. 395 p.
- ANDREWS, J. E. *et al.* 1996. **An introduction to Environmental Chemistry**.1 ed. Oxford. Blakwell Science ltd. 209 p.
- APHA; AWWA; WPCF 1995. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington.
- ARAI, M.; TRUCKENBRODT, W. H. W.; NOGUEIRA, A. C. R.; GÓES, A. M. 1994. Novos dados sobre estratigrafia e ambiente deposicional dos sedimentos Barreiras, NE do Pará. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4, Belém. **Bol. Res. Exp.** p. 185 – 187.
- BAILEY, R. A *et al.* 1978. **Chemistry of the Environment**. New York, Academic press. 574 p.
- BRANCO, S. M. 1978. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 2ª ed. São Paulo, CETESB. 620 p.
- BRASIL. Instituto Nacional de Metereologia - INMET. 2000. **climatologia/gráficos** Disponível em <[http: // www.INMET.gov.br/](http://www.INMET.gov.br/)>. Consultado em 18/04/2001.
- BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação do Brasil - DHN. 1999. **Tábuas de marés**. 36ª ed. Rio de janeiro.. p 23.

BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação do Brasil - DHN. 2000. **Tábuas de marés**. Disponível em <[http:// www.marmil.com.br](http://www.marmil.com.br) / . consultado em 14/02/2000.

CHESTER, R. 1990. **Marine Geochemistry**. London. Unwin Hyman, 698 p.

CODEM, 1993. **Belém** : plano diretor de Mosqueiro e Caratateua. 52 p (Relatório intermediário - diagnóstico).

CODEM, 1998. **Belém**: cobertura aerofotogramétrica da área urbana de Belém - DAMOS. 1 CD - ROM.

COHEN, M. C. L., 1998. " **Nutrientes e outros Fatores Relacionados à Produção Primária nas águas do Manguezal de Bragança-PA.**" Belém, UFPA. Centro de Geociências. 111p. Tese (Mestrado em Geoquímica).

COHEN *et al.*, 1999. Factors influencing the variability of Mg, Ca and K in waters of a mangrove Creek in Bragança, North Brazil. **Magroves and Salt Marshes**. 3:9-15.

CORDEIRO, A. C. 1987. **Estudo de salinização no estuário do rio Pará no trecho Belém Mosqueiro**. Belém, UFPA. Centro de Geociências. 109 p. Tese (Mestrado em Geoquímica)

CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R. 1976. **Hidrologia Subterrânea**. Barcelona. Ed. Omega. V.1.

DEMASTER, D. J.; KNAPP, G. B.; NITTROUER, C.A. 1983. Biological uptake and accumulation of the Amazon continental shelf. **Geochimica et cosmochimica Acta**. 47: 1713 - 1723.

- DIAS, L. M. M. 1995. **Balneabilidade das Praias Estuarinas da Ilha do Mosqueiro (PA): uma Visão Geoquímica Ambiental.** Belém , UFPA. Centro de Geociências. 135 p. Tese (Mestrado em Geoquímica).
- DIEGUES, F.M.F -1972 - Introdução a Oceanografia do Estuário Amazônico. *In* CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém. **Anais...**Belém, SBG. V. 2 , p. 301 - 317.
- DREVER, J. I. 1988 **The Geochemistry of Natural Waters.** London, Prentice - Hall. 388 p.
- ESTEVES, F. de A. 1988. **Fundamentos de Liminologia.** Rio de Janeiro, Interciência. 575 p
- FARIAS, E. S.; NASCIMENTO, F.S.; FERREIRA, M.A.A. 1992. **Estágio de Campo III. Área Belém-Outeiro;** relatório final. Belém, UFPA. Centro de Geociências. 247p. 4 mapas.
- FERREIRA, C. S.,1982. Notas estatigráficas sobre o Cenozóico marinho do Estado do Pará. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1, Belém. **Anais** v. 1, p. 84-88.
- GIBBS, R. J.,1972. Water chemistry of the Amazon River. **Geochimica et Cosmochimica Acta.** 36:1061 - 1066.
- GÓES, A M. 1981. **Estudo sedimentológico dos sedimentos Barreiras Ipixuna e Itapecuru no nordeste do Pará e nordeste do Maranhão.** Belém, UFPA – NCGG. 55 p. Tese (Mestrado em Geologia).
- GÓES *et al.* 1990. Modelo deposicional preeliminar de formação Pirabas no nordeste do Pará. **Bol. Mus. Emílio Goeld.** Belém. (série Ciências da terra, 2).

- GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMMLING, K. 1983. **Methods of Sea Water analysis** . 2 ed. Federal Republic of Germany, Verlag - Chimie. 419 p.
- HEAD, P. C. 1985. **Practical estuarine chemistry: a handbook**. New York, Cambridge. 337 p.
- HEM, J. D. 1970. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water**. Washington, United States, Government Printing Office, 363p.
- IDESP. 1990. **Belém: um estudo ambiental do estuário guajarinó**. 154 p. (Relatório de pesquisa, 17).
- LARA, R. J. & DITTMAR, T. 1999. Nutrient dynamics in a mangrove creek (Norte Brazil) during the dry season. **Mangroves and Salt Marshes**. **3**:185 -195.
- LENTZ, S. J. 1995. Seasonal variations in the horizontal structure of the Amazon Plume inferred from historical hydrographic data. **Journal of Geophysical Research**, **100 (C2)**: 2391-2400.
- LERMAN, A. 1988. **Geochemical Processes Water and Sediment Environments**. 2 ed. Malabar, Florida, Robert E.; Krieger Publishing Company. 481p.
- LEVINSON, A. A. 1974. **Introduction to exploration geochemistry**. Maywood, Illinois, Applied Publishing Ltd. 640p.
- L'HELGUEN, S. et al., 1996. Nitrogen in permanently well-mixed temperate Coastal waters. **Estuarine, Coast and Shelf Science** . **42**: 803-818.
- LIMA, W.N. & KOBAYASHI, C.N. 1988. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema flúvio-estuarino de Barcarena, PA. **Geochimica Brasiliensis**, **2 (1)**:53-71.

- MELO, O. T. , 1998. **Comportamento Biogeoquímico de nutrientes no Estuário do Rio Baganga ilha de são Luis -MA**. Belém, UFPA. Centro de Geociências. 115p. Tese (Mestrado em geoquímica e petrologia).
- MOORE, J. W. & MOORE, E. A. 1976. **Environmental Chemistry**. New York. Academic Press. 500 p.
- NASCIMENTO, C. C. do, 1995. **Clima e morfologia urbana em Belém**. Belém, UFPA, NUMA ,1995. Tese (Mestrado em Desenho Urbano). 157 p.
- PEDROZO F. & BONETTO, C.,1987. Nitrogen and phosphorus transport in the Bermejo river (South America). **Rev. Hidrobiol. Trop.** **20** (2): 91 - 97.
- PEREIRA, S. F. P; LIMA, W. N de.; KOBAYASHI, C. N. ,1988. Abordagem preliminar sobre a utilização de sensores bioquímicos na avaliação de poluição hídrica (Bacias de drenagem de Belém PA). In: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DA QUÍMICA DA AMAZÔNIA, 6, Manaus, 1988. **Anais...** Manaus, SEJUP. p. 208 - 225.
- PINHEIRO, P. R.C.,1996. **Fracionamento, caracterização e dinâmica do Fósforo dissolvido em alguns Ambientes aquáticos da Amazônia**. Manaus, Instituto Nacional de pesquisa da Amazônia - INPA e Universidade do Amazonas - U.A. 122 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas).
- PINHEIRO, R.V.L. 1987. **Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará-Belém (PA)**. Belém, Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências. 163 p. Tese (Mestrado em Geologia).
- RENDELL, A. R. et al. 1997. Nutrientes Cycling in the Great Ouse Estuary and ist impact on Nutrient Fluxes to The Wast, England. **Estuarine, Coast and Shelf Science** . **45**: 653-668.

- ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. H. W. (1990). A Influência Marinha dos Sedimentos Barreiras. **Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém. p 17-29 (Série Ciências da Terra, 2).
- ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.H.W.; GÓES, A.M. 1989. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós - Barreiras na região Bragantina, N-E do Estado do Pará. **Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém. p. 25 - 74 (Série Ciências da Terra, 1)
- SÁ, J. H. S., 1969. Contribuição à Geologia dos Sedimentos Terciários e Quaternários da região Bragantina - PA. **Bol. Inst. Geoc. Geologia. UFRJ. 3:21 - 36.**
- SANCHEZ, S. P., 1999. Curso de Atualização em Técnicas para o Controle Microbiológico de águas. Ministrado In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 20, Salvador - Bahia. (apostila)
- SEGEP. 1998. **Anuário Estatístico do Município de Belém - 1998**. Belém - Pará. p. 17 - 39.
- SILVA, B.N.R. DA , 1975. **Levantamento Detalhadodos Solos da Ilha de Mosqueiro (Pará) com o Auxílio de Fotointerpretação**. Piracicaba, ESALQ - USP. 156 p. Tese (Mestrado em solos e nutrição das plantas).
- SIOLI, H., 1971. **Resumo de trabalhos relativos `a Amazônia brasileira de Harald SiOLI**. São Paulo.. Universidade de São Paulo. Instituto de Geografia, 7 p. (cadernos de Ciências da terra, 16).
- SOUZA H. B de & DERÍSIO J. C. 1977. **Guia técnico de coleta de amostra de água**. São Paulo. CETESB. 257 p.

VENTURIERI *et al.*, 1998. Análise multitemporal da paisagem da ilha do Mosqueiro, município de Belém, Pará, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, Santos. 1998. **Anais...** 1 CD-ROM.

ANEXOS

ANEXO I - MAPA DAS PRINCIPAIS REDES DE DRENAGEM DA ILHA DE MOSQUEIRO

ANEXO II - MÉDIA DAS CONCENTRAÇÕES POR ESTAÇÕES

Anexo II.A - Médias dos nutrientes (N, P e Si) ao longo do rio murubira dentro de um ciclo sazonal

Anexo II.B - Médias dos cátions e ânions ao longo do rio murubira dentro de um ciclo sazonal

Anexo II.C - Índices hidrogeoquímicos

Anexo II.D - Médias mensais dos parâmetros físico-químicos do rio murubira

Anexo II.E - NMP/ 100 mL de H₂O de coliformes totais e fecais (*E. coli*)

Anexo II.F - Variação do NMP/100 mL de H₂O de coliformes totais e fecais (*E.coli*) com a Maré

ANEXO III - CONCENTRAÇÕES DIÁRIAS EM CADA ESTAÇÃO DE COLETA

Anexo III.A - 1ª coleta / Setembro de 1999

Anexo III.B - 2ª coleta /Outubro de 1999

Anexo III.C - 3ª coleta / Novembro de 1999

Anexo III.D - 4ª coleta / Fevereiro de 2000

Anexo III.E - 5ª coleta /Março de 2000

Anexo III.F - 6ª coleta /Abril de 2000

ANEXO II - MÉDIA DAS CONCENTRAÇÕES POR ESTAÇÕES

ANEXO II. A - Médias dos Nutrientes (N, P e Si) ao longo do rio Murubira dentro de um ciclo sazonal.

Amônio (N - NH ₄ ⁺) - µM						
Estação	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
est1	1,2	7	1	2,6	2,5	0,6
est2	1,6	2,7	1,31	2,1	1,7	0,8
est3	1	4,4	1,07	2,1	1,3	0,9
est4	-	3,7	0,7	2,6	2,2	0,8
Média	1,3	4,4	1,0	2,3	1,9	0,8
Tamanduá	1,5	3,5	0,4	2,2	3	0,8

Nitrito (N - NO ₂ ⁻) µM						
Estação	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	Abr/00
est1	0,32	0,34	0,05	0,11	0,14	0,1
est2	0,4	0,37	0,12	0,19	0,2	0,13
est3	0,4	0,35	0,21	0,06	0,2	0,03
est4	-	0,38	0,24	0,09	0,14	0,03
Média	0,37	0,36	0,15	0,11	0,17	0,07
Tamanduá	0,45	0,41	0,27	0,05	0,2	0,03

Nitrato (N - NO ₃ ⁻) µM						
Estação	Set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
Est1	10	5,2	6,35	23	12,45	17
Est2	8,6	3,2	5,65	17,2	10,2	14
Est3	8,2	3,58	5,16	12,8	7,2	9,2
Est4	-	5	5,37	13,8	8,9	10,2
Média	8,9	4,2	5,6	16,7	9,7	12,6
Tamanduá	-	4	4,68	15	8,4	10

P-fosforo total µM						
Estação	set/99	out/99	nov/99	Fev/00	mar/00	abr/00
Est1	0,5	2,9	1,2	2,92	4,1	2,7
Est2	0,3	3,1	1,5	3,56	5,7	4,4
Est3	0,2	2,9	1,6	3,8	6,4	3,4
Est4	-	3,1	1,6	3,7	7,3	2,9
Média	0,3	3,0	1,5	3,5	5,9	3,3
Tamanduá	0,2	3,1	2,2	3,8	7	2,7

Silicato (si -H ₄ SiO ₄) µM						
Estação	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	Abr/00
Est1	39	43	32	131	169	117
Est2	28	23	25	140	194	110
Est3	31	20	56	134	169	121
Est4	-	37	62	144	154	125
Média	32	31	44	137	172	118
Tamanduá	34	18	73	121	156	123

ANEXO II.B - Médias dos cátions e ânions ao longo do rio Murubira dentro de um ciclo sazonal

Na ⁺ (ppm)						
Estação	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
est1	47	167	335	8,8	5,6	6
est2	66	236	359	8,8	5	6,5
est3	86	231	396	7,6	4,2	6
est4		272	394	5,1	3,3	4
Desvp	19,3	43,5	29,3	1,7	1,0	1
Médias	66	226,5	371,0	7,6	4,5	5,6
K ⁺ (ppm)						
	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
est1	6	9,5	18,333	4,28	1,3	0,9
est2	5,125	10,2	17	4,4	1,4	1
est3	6,75	8,6	19,75	4,42	1,4	1
Est4		12	18,333	1,6	1	0,9
Desvp	0,8	1,4	1,1	1,4	0,2	0,1
Médias	6,0	10,1	18,4	3,7	1,3	1,0
Ca ²⁺ (ppm)						
	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
est1	8	12,5	20	2,12	1,8	1,9
Est2	6,75	14,8	21	2,02	1,8	1,5
Est3	8	17	22,5	2,04	1,7	1,1
Est4		18,4	20	2,28	1,8	0,9
Desvp	0,7	2,6	1,2	0,1	0,1	0,4
Médias	7,6	15,7	20,9	2,1	1,8	1,4
Mg ²⁺ (ppm)						
	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
est1	6	22	39	1,84	1,5	1,4
est2	8,25	30,8	42,5	1,84	1,5	1,6
est3	10,5	30,4	47,5	1,82	1,4	1,5
est4		36	48	1,62	1,2	1
Desvp	2,3	5,8	4,3	0,1	0,1	0,3
Médias	8,3	29,8	44,3	1,8	1,4	1,4
Cl ⁻ (ppm)						
	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
p1	88,59	346,75	678	18	11,8	12,4
p2	132	501,4	713	17,6	11,8	13
p3	182,74	513,4	780	15	10,7	13
p4		585	834	14	8	9,5
Desvp	47	100	70	2,0	1,8	1,7
Média	134	487	751	16	11	12
HCO ₃ ⁻ (ppm)						
	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
p1	24,4	20,7	22	17	15,6	14,6
p2	25,6	18,9	22	18,3	15,6	14
p3	18,3	16,3	23	21,5	13,9	13
p4		19	24,4	19,5	15,9	11
Desvp	3,9	1,8	1,1	1,9	0,9	1,6
Média	22,7	18,7	22,9	19	15	13

ANEXO II.C - Índices hidrogeoquímicos

Relações iônicas entre rK^+/rNa^+

	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
est1	0,07	0,03	0,03	0,28	0,12	0,07
est2	0,04	0,02	0,02	0,28	0,13	0,07
est3	0,05	0,02	0,02	0,33	0,16	0,07
est4		0,02	0,02	0,18	0,13	0,11
Desvp	0,02	0,01	0,00	0,06	0,02	0,02
Média	0,05	0,02	0,02	0,27	0,14	0,08

Relações iônicas entre rCa^{2+}/rMg^{2+}

	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
est1	1,2	2,9	3,2	1,5	1,2	1,2
est2	2,1	2,4	3,5	1,5	1,2	1,3
est3	2,2	2,9	3,2	1,5	1,2	2,4
est4		3,2	6,6	1,1	1	2,5
Desvp	0,55	0,33	1,66	0,20	0,10	0,70
média	1,83	2,85	4,13	1,40	1,15	1,85

Relações iônicas entre $rCl^-/rHCO_3^-$

	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
p1	6,2	32,6	52,7	1,6	1,2	1,7
p2	9,2	46,6	55,5	1,6	1,2	1,7
p3	17	55,3	52,5	1,3	1,5	1,7
p4		54,6	58,7	1,3	0,76	1,2
desvp	5,57	10,55	2,91	0,17	0,30	0,25
média	10,8	47,3	54,9	1,5	1,2	1,6

r = meq

ANEXO II.D - parâmetros físico químicos do rio Murubira

Temperatura °C

	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
est1	28	28	28	28	28	29,2
est2	28	28	30	28	28	29,6
est3	28	28	31	29	29	29,6
est4		28	30	28	28	29,5
média	28	28	29,8	28,3	28,3	29,5

pH

	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
est1	6	6,36	6	6	5,7	5
est2	6,3	5,7	6,5	6	5,7	5,4
est3	6,4	6,5	6,7	6,2	5,8	5,6
est4		6,7	6,8	6,4	5,9	5,6
média	6,2	6,3	6,5	6,2	5,8	5,4

Oxigênio Dissolvido (mg.L⁻¹)

	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
est1	4,4	3,8	5,5	5,4	7	*
est2	4,7	5,2	5,5	5,7	6,7	*
est3	5,5	4,5	6	6,2	7	*
est4		4,7	6,2	6,3	7	*
média	4,9	4,6	5,8	5,9	6,9	*

*Não foi possível a análise do oxigênio dissolvido no mês de abril

Condutividade elétrica (µS.cm⁻¹)

	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
est1	339	1174	2455	79	53,0	62
est2	478	1592	2856	81	51,6	63
est3	722	1625	3095	71	43,5	57
est4		1886	3244	58	36,4	37
média	513	1569	2913	72	46	55

Material Particulado em suspensão - MPS(mg.L⁻¹)

	set/99	out/99	nov/99	fev/00	mar/00	abr/00
est1	7	50	19	70	79	38
est2	9,5	58	31	60	80	53
est3	7	54	26	70	80	51
est4		64	27	59	88	46
média	8	56	26	65	82	47

ANEXO II.E - Coliformes totais e fecais (E. coli) NMP / 100 mL de H₂O

E. Coli -

Coliformes totais

	set/99	out/99	nov/99 fev./00	mar/00	abr/00	set/99	out/99	nov/99 fev./00	Mar/00	abr/00
BM/baia	-	-	100	200	420	200	8.700	4.290	6.970	3.640
BM/ F.E.	-	1000	-	750	310	200	28.800	-	20.050	4.780
BM/PR.	100	1000	-	310	200	300	36.400	-	20.050	5.310
BM/ig.T	200	-	-	410	410	418	69.700	-	46.110	38.770
BM/est4	-	1000	200	520	630	200	53.100	17.200	18.500	8.850
BM/est3	100	2.000	-	310	-	300	47.800	-	-	20.630
BM/est2	1000	-	4.100	630	-	850	-	12.910	-	19.180
BM/est1	1200	5.300	740	1.100	-	970	44.500	23.590	-	16.070
PM/baia	-	-	200	0	100	100	11.100	1.600	5.310	1.780
PM/F. E.	-	-	200	200	100	100	13.700	6.500	7.820	2.710
PM/PR.	-	-	0	530	100	310	15.000	1.640	7.380	2.710
PM/IG.T	100	-	0	200	200	310	47.800	4.290	9.880	6.200
PM/est4	-	-	870	520	200	530	-	3.840	10.130	2.380
PM/est3	300	-	1.090	310	200	740	42.900	12.230	7.710	6.950
PM/est2	900	-	300	620	410	410	-	13.960	17.980	14.803
PM/est1	-	2000	200	520	310	740	42.900	16.580	22.470	15.200

As lacunas em branco: não foram feitas análises. PM - preamar ; BM - baixa mar ; F. E -Furo do Engenho; IG. T - igarapé Tamanduá ; PR -Pratiquara; est. - estação.

ANEXO II.F - Variação dos coliformes totais e fecais (*Escherichia coli*) com a maré.

A observação dos coliformes totais e fecais dentro de 1/4 de ciclo de maré, apresentaram as maiores concentração na baixa mar e as menores na preamar, em todos os períodos, evidenciando o efeito da concentração.

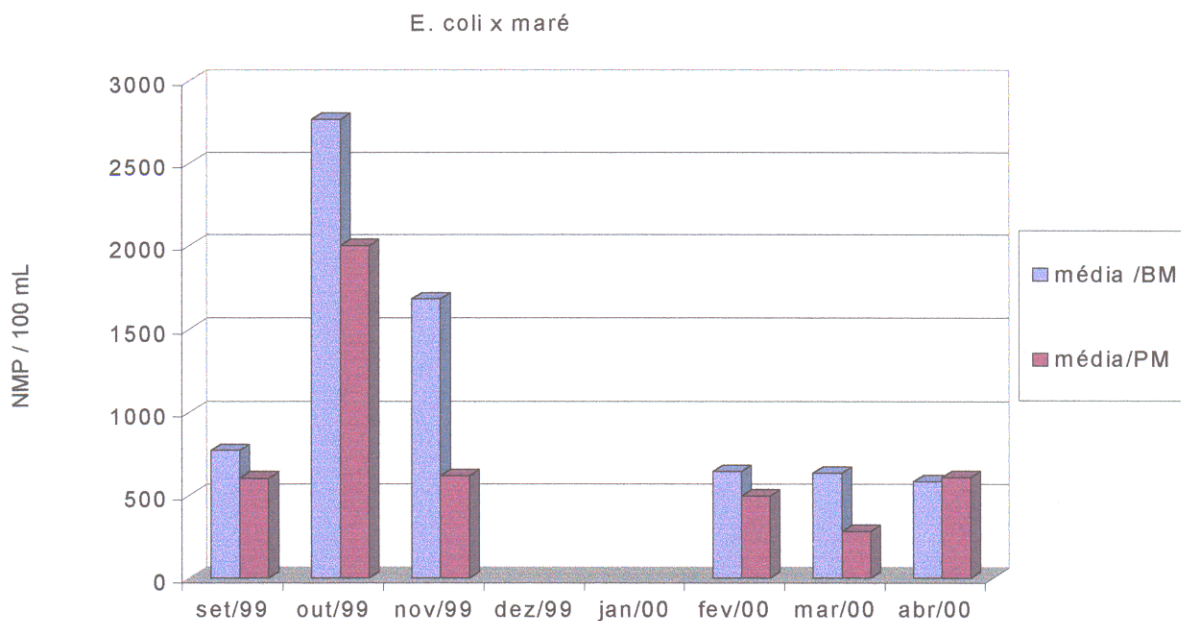


Figura 47 - Variação dos coliformes totais na baixa mar e preamar dentro do rio Murubira em 1999 e 2000.

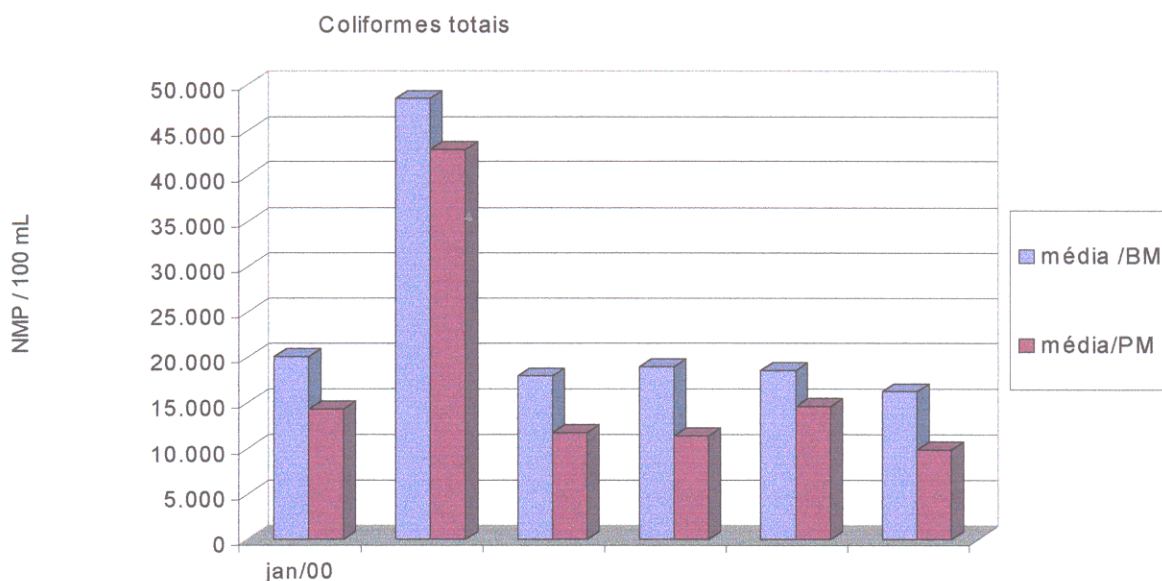


Figura 48 - Variações dos coliformes fecais (*E. coli*) na baixa mar e preamar no rio Murubira em 1999 e 2000.

ANEXO III - CONCENTRAÇÕES DIÁRIAS EM CADA ESTAÇÃO DE COLETA

Abreviações

C - condutividade elétrica

O D - oxigênio dissolvido

T - temperatura

MPS - material particulado em suspensão

MD - média

Desvp - desvio padrão

Anexo III.A - 1ª Coleta Setembro de 1999

Parâmetros físico - químicos e cátions e ânions

Estação Furo do Engenho

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:00	*	26	7	7	*	1	8	13	*	24	18
12:00	1196	26	7	7	121	1	9	18	308	27	*
13:00	1132	26	7	8	117	1	8	17	286	20	10
14:00	1218		7	7		1	nd	nd	325	24	*
Devp	44,7	0,2	0,1	0,4	3	0,2	1	2,6	20	2,9	6
Médias	1182	26	6,6	7,1	119	1,3	8,3	16	306	23,8	14

(*) faltou ; nd - nada foi detectado

Estação Pratiqara

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:00	821	26	7	7	102	7	8	12	207	20	*
12:00	1058	26	7	7	138	8	10	18	282	22	42
13:00	1037	25	7	7	126	8	8	13	269	20	6
14:00	1200	26	7	7	153	8	10	18	330	17	14
Devp	156	1	0,1	0,4	22	0,5	1,2	3,2	51	2,1	19
Média	1029	26	6,6	7	130	8	9	15	272	19,8	21

Estação igarapé Tamanduá

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:00	707	26	6	6	91	6	9	11	177	24	4
12:00	761	26	6	6	93	6	9	11	194	24	2
13:00	978	26	6	7	126	8	9	15	256	20	10
14:00	956	26	7	7	131	15	9	15	256	24	34
Devp	137	0	0,2	0,4	21	4	0	2	41	2	15
Médias	851	26	6,5	7	110	9	9	13	221	23	13

Estação 3

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:00	515	26	6	4	68	6	7	8	143	#	4
12:00	650	24	6	6	73	7	8	9	159	20	4
13:00	754	26	6	6	90	7	7	11	187	24	#
14:00	968	26	7	6	111	7	10	14	242	12	14
devp	191	1	0,1	1,4	19,4	0,5	1,4	3	43	6	6
médias	722	26	6,4	6	86	7	8	11	183	19	7

valores excluídos

Estação 2

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:00	425	26	6	5	57	4	7	8	108	37	2
12:00	459	24	6	5	64	5	6	8	122	24	24
13:00	483	26	6	5	66	6	7	8	142	24	2
14:00	545	26	6	5	76	6	7	9	157	17	10
devp	51	1	0,03	0,2	8	1	0,5	0,5	22	8,3	10
média	478	26	6	5	66	5	7	8	132	25,5	9,5

(continuação) Estação 1

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:00	380	26	6	5	48	6	6	6	106	20	*
12:00	342	24	6	4	46	6	10	6	96	24	10
13:00	281	26	7	4	*	*	*	*	67	41	8
14:00	328	26	6	4	*	*	*	*	87	24	8
14:10	362	26	6	5	*	*	*	*	87	24	2
devp	37,8	1	0,1	0,4	1,4	0	3	0	14	8,2	3
média	339	26	6	4	47	6	8	6	89	26,6	7

*faltou

Nutrientes (µM) Set/99

Estação Furo do Engenho

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:00	4	0,3	68	0,4	33
12:00	1	0,2	12	1	32
13:00	4	0,4	11	1	27
14:00	2	0,2	12	0,3	28
devp	1	0,1	28	0,5	3
médias	3	0,3	26	0,7	30

Estação Pratiquera

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:00	1	0,3	10	1	32
12:00	1	1	10	1	19
13:00	2	0,1	11	*	32
14:00	1	0,1	12	*	29
desvp	0,3	0,2	1	0,2	6,0
médias	1	0,3	11	0,7	28

*fatou

estação igarapé Tamanduá

Hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:00	1	1	9	0,1	38
12:00	2	0,4	6	0,1	34
13:00	3	0,2	6	0,1	33
14:00	1	1	6	0,3	30
Desvp	1	0,2	1,6	0,1	3
Médias	1,5	0,5	7	0,2	34

Estação 3

Hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:00	1	0,4	6	0,1	29
12:00	1	0,3	8	0,1	31
13:00	1	1	9	0,1	32
14:00	1	0,3	10	1	32
Desvp	0,3	0,2	1,7	0,2	2
Médias	1	0,4	8	0,2	31

Estação 2

Hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:00	2	0,3	8	1	36
12:00	2	1	8	0,1	36
13:00	2	0,3	10	0,3	36
14:00	1	0,3		0,1	4
Desvp	0,5	0,2	1	0,3	16
Médias	1,6	0,4	9	0,3	28

(continuação) Estação 1

Hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺ -	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
12:30	2	0,2	10	1	36
12:40	3	0,2	9	1	33
13:00	0,1	1	11	1	52
13:20	0,1	0,2	11	0,2	38
13:30	*	0,2	9	1	35
Desvp	1	0,3	1	0,2	7,5
Médias	1,2	0,3	10	0,5	39

Anexo III.B - 2ª coleta Outubro de 1999

parâmetro físico - químico e cátions e ânions

estação Furo do Engenho

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:30	2490	28	7	5	261	12	20	37	772	36	66
13:30	2340	28	7	5	170	7	15	21	702	12	162
15:30	2130	28	7	4	310	14	22	40	617	24	42
17:30	2040	28	7	4	295	12	19	38	637	24	4
18:30	1740	28	7	4	233	0	19	32	515	24	26
Desvp	288,0	0,0	0,1	0,4	56	6	3	8	96	8	61
média	2148	28	6,7	4,5	254	9	19	34	649	24	60

Estação pratinhara

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:30	2640	28	7	5	293	12	20	35	812	24	48
13:30	2350	28	7	5	350	15	22	44	693	18	182
15:30	1670	28	7	4	258	12	17	31	515	17	44
17:30	1510	28	7	4	225	13	15	29	469	17	26
18:30	1640	28	7	5	271	17	18	32	523	24	30
desvp	501	0	0,1	0,5	47	2	3	6	145	4	65
MD	1962	28	7	5	279	14	18	34	602	20	66

Estação Igarapé Tamanduá

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:30	2.390	28	6	5	354	17	23	48	772	21	78
13:30	2.140	28	7	5	309	13	21	42	752	24	128
15:30	1.720	28	7	4	249	11	17	32	534	20	42
17:30	1.640	28	7	4	256	11	17	32	523	18	42
18:30	1.640	28	7	4	244	11	17	31	515	19	50
desvp	341,0	0,00	0,3	0,3	48	3	3	8	131	2	37
MD	1.906	28	7	4	282	13	19	37	619	20	68

Estação 4

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:30	2470	28	7	5	355	16	21	45	792	24	32
13:30	2170	28	7	5	306	13	20	41	633	21	174
15:30	1595	28	7	5	231	10	17	31	500	12	40
17:30	1522	28	7	4	213	9	17	30	475	17	34
18:30	1672	28	7	4	255	12	17	33	525	21	42
Desvp	414,0	0,00	0,2	0,3	58	3	2	7	130	5	61
MD	1886	28	7	5	272	12	18	36	585	19	64

(continuação) Estação 3

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:30	1940	28	6	6	294	17	51	38	689	18	54
13:30	1790	28	6	5	287	13	17	36	562	18	96
15:30	1490	28	6	5	194	8	15	27	447	18	64
17:30	1490	28	6	5	211	5	14	26	420	21	36
18:30	1280	28	6	5	194	8	13	27	389	19	38
desvp	267	0	0,1	0,4	50	5	16	6	124	1	24
MD	1592	28	6	5	236	10	22	31	501	19	58

Estação 2

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:30	2080	28	7	5	277	1	18	36	703	15	84
13:30	1990	28	7	5	268	11	18	37	633	15	80
15:30	1477	28	7	4	215	11	16	26	428	15	26
17:30	1310	28	7	4	199	9	17	26	403	15	40
18:30	1270	28	6	4	194	11	16	27	400	18	42
desvp	383,0	0,00	0,5	0,5	39	4	1	6	144	1	26
MD	1625	28	6	5	231	9	17	30	513	16	54

Estação 1

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:30	1290	28	7	4	179	8	13	24	374	21	46
13:30	1350	28	6	4	210	11	14	27	415	19	62
15:30	1045	28	6	3	142	9	11	19	312	21	52
17:30	1010	28	6	4	138	10	12	18	286	21	38
18:30	*										
desvp	171,0	0,00	0,1	0,6	34	1	1	4	59	1	10
MD	1174	28	6	4	167	10	13	22	347	20,5	50

Estação baixa

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:30	3060	28	7	4	323	17	18	40	908	21	58
18:30	2140	28	7	5	279	13	37	40	674	21	32
Desvp	651	0	0,02	0,6	31	3	13	0	165	0	18
MD	2600	28	7	5	301	15	28	40	791	21	45

Nutrientes (µM) outubro 1999

Furo do Engenho

Hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:30	2	0,3	8	4	24
13:30	4	0,3	9	13	18
15:30	3	0,4	7	3	27
17:30	3	0,3	6	3	20
18:30	1	0,4	6	3	34
Desvp	0,9	0,0	1	4	6
MD	2,6	0,3	7	5	25

Rio Pratiçuará

Hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:30	1	0,3	6	3	24
13:30	3	0,3	6	4	23
15:30	1,3	0,3	5	3	21
17:30	2	0,4	5	4	23
18:30	2	0,4	5	3	22
Desvp	0,8	0,05	0,7	0,5	1
MD	2	0,3	5	4	22

Estação 4

Hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:30	4	0,4	5	3	19
13:30	4	0,4	5	3	25
15:30	4	0,4	7	4	42
17:30	4	0,4	1	3	45
18:30	2	0,4	1	3	53
Desvp	1	0,01	3	0,4	14
MD	4	0,4	4	3	37

Estação igarapé Tamandoá

Hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:30	2	0,5	4	3	10
13:30	5	0,4	4	4	14
15:30	3	0,4	4	3	21
17:30	3	0,4	4	3	23
18:30	3	0,4	4	3	23
Desvp	1	0,04	0,2	0,4	6
MD	3	0,4	4	3	18

Estação 3

Hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:30	4	0,3	3	4	14
13:30	6	0,4	4	3	15
15:30	4	0,3	4	3	21
17:30	4	0,4	4	3	20
18:30	4	0,4	3	2	31
Desvp	1	0,01	0,3	0,5	7
MD	4	0,3	4	3	20

(continuação) estação 2

Hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:30	4	0,4	4	3	14
13:30	3	0,4	4	4	22
15:30	2	0,4	3	3	25
17:30	2	0,4	3	3	23
18:30	3	0,4	3	3	30
Desvp	1	0,03	0,4	0,5	6
MD	3	0	3	3	23

Estação 1

Hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:30	8	0,4	4	3	32
13:30	5	0,3	6	3	35
15:30	9	0,3	3	3	49
17:30	11	0,4	8	2	58
desvp	2	0,01	2	1	12
MD	8	0,3	5	3	43

A coleta das 18:00h na estação 1 não foi realizada

Estação (baia Santo Antônio)

Hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:30	6	0,3	7	3	45
18:30	5	0,4	7	3	48
Desvp	1	0,04	0	0,4	2
Médias	6	0,3	7	3	47

Anexo III.C - 3ª coleta Novembro de 1999

parâmetros físico - químicos e cátions e ânions

Estação Furo do Engenho

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
10:30	3280	31	7	6	460	19	22	54	853	23,2	22
12:30	3210	31	7	6	415	19	20	51	820	22	24
15:30	3040	30	7	7	414	20	21	51	852	22	44
16:30	3270	30	7	7	434	14	21	51	857	22	28
desvp	111	0,6	0,1	0,6	22	3	1	2	17	0,6	10
média	3200	31	7	6	431	18	21	52	846	22,3	30

Estação Pratiqara

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:00	3170	31	7	7	412	14	21	49	843	22	18
13:00	3490	31	7	6	459	26	21	55	931	28,1	30
15:00	3810	30	7	7	503	12	24	60	1078	22	26
16:30	3170	30	7	7	398	22	20	49	828	21,4	38
Desvp	306	0,6	0,1	0,4	48	7	2	5	115	3,2	8
Média	3410	31	7	7	443	19	22	53	920	23,3	28

Estação igarapé Tamanduá

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:00	3140	31	7	6	405	15	23	47	757	23,2	10
13:00	3320	31	7	7	419	15	22	49	804	25	24
15:00	3280	30	7	6	424	5	23	48	814	23,2	8
16:30	3480	30	7	6	480	24	25	55	885	24,4	14
Desvp	140	0,6	0,1	0,3	33	8	1	4	53	0,9	7
Média	3305	31	7	6	432	15	23	50	815	23,9	14

Estação 4

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:00	3230	31	7	6	407	19	24	49	824	20,7	94
11:00	3290	31	7	6	417	16	20	47	826	18,3	36
11:00	3130	31	7	7	404	19	18	49	781	22	18
13:00	3270	31	7	7	426	28	20	51	804	24,4	26
15:00	3710	30	7	7	496	21	22	59	914	26,2	*
16:30	3300	30	7	7	437	17	20	52	834	29,3	24
16:00	3410	30	7	7	443	18	21	51	842,5	24,4	10
16:00	3500	30	7	7	463	10	25	56	838	23,3	20
18:30	3610	29	7	7	479	17	23	56	876	23,2	22
20:30	2800	29	7	4	428	19	24	57	823	25,6	34
22:30	2700	28	6	6	416	19	22	49	790	23,2	26
22:30	2700	28	6	6	375	18	21	49	762	25	6
22:30	2700	28	6	6	391	18	24	46	762	25	12
Desvp	353	1	1	1	34	4	2	4	43	3	23
Média	3181	30	7	6	429	18	22	52	821	24	27

Estação 3

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:00	2950	31	7	6	392	15	22	46	762	24,4	20
13:00	3050	32	7	6	370	18	22	45	771	23,2	10
14:30	3200	31	7	6	394	28	26	48	766	24,4	38
16:30	3180	30	7	6	428	18	24	51	823	20,7	34
Desvp	117	0,8	0,1	0,1	24	6	2	3	29	1,7	13
Média	3095	31	7	6	396	20	24	48	781	23,2	26

Estação 2

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:00	2680	30	6	6	352	14	22	42	704	20,7	102
13:00	2810	31	6	6	341	16	20	41	695	207	78
15:00	3000	30	7	5	365	19	22	44	719	2	32
16:30	2940	28	7	5	377	19	20	43	733	23,2	30
Desvp	142	1	0,1	0,2	16	2	1	1	17	1,2	35
Média	2858	30	6	5	359	17	21	43	713	21,7	61

(continuação) Estação 1

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:00	2650	31	6	5,6	372	4	17	40	676	20,7	20
11:00	2640	31	6	5,8	336	13	19	39	662	18,3	20
11:00	2620	31	6	5,2	325	9	19	38	647	18,3	14
13:00	2610	28	6	5,70	323	13	19	39	657	19,5	14
15:00	2600	28	6	6,20	352	12	20	41	676	20,1	18
16:30	2860	28	7	5,3	372	*	22	44	719	25	20
16:30	2810	28	7	5,4	357	13	22	41	714	24,4	22
18:30	2300	28	6	5,5	367	15	23	44	702	23,2	30
20:30	2100	28	5	5,4	333	12	19	40	676	25,6	16
22:30	2000	28	5	5,4	346	15	22	38	662	25,6	24
22:30	2200	28	5	5,4	335	12	21	39	657	22	12
22:30	2100	28	5	5,0	325	*	21	40	647	22	16
Desvp	299	1	0	0	18	3	2	2	25	2,7	5
Média	2458	29	6	5	345	12	20	40	675	22,1	19

*faltou

Estação baia

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
10:30	3070	21	7	8	454	11	24	52	833	44,8	34
16:30	3050	29	7	7	446	24	22	47	804	24,4	42
22:30	3100	28	2	7	430	27	26	55	904	28,1	18
Desvp	25	4	3	0,5	12	9	2	4	51	10,9	12
média	3073	26	6	7	443	21	24	51	847	32	31

Nutrientes (μM) novembro de 1999

Estação Furo do Engenho

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
10:30	0,1	0,3	6	2	83
12:30	0,2	0,3	6	1	87
15:00	4	0,1	8	4	67
16:30	3	0,1	7	2	66
desvp	2	0,1	1	1	11
média	2	0,2	7	2	76

Estção praquara

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
10:30	1	0,3	6	1	91
13:00	3	0,3	8	2	79
15:00	2	0,2	7	2	74
16:30	2	0,1	7	1	70
desvp	1	0,1	1	0,4	9
média	2	0,2	7	1	79

(continuação) Estação igarapé Tamandú

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:00	0,6	0,3	6	2	31
13:00	0,2	0,3	5	2	97
15:00	0,5	0,3	1	2	88
16:30	0,5	0,3	6	2	76
desvp	0,2	0,0	2	0,2	30
média	0,4	0,3	5	2	73

Estação 4

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:00	0,4	0,3	6	0,4	90
11:00	0,1	0,3	6	2	31
11:00	1,1	0,3	6	1	93
13:00	0,2	0,3	5	1	92
15:00	1	0,2	6	2	70
16:30	1	0,2	7	2	68,5
16:30	0,6	0,1	7	3	67
16:30	1	0,2	7	2	70
18:30	0,3	0,2	3	2	24
20:30	1	0,3	4	2	33
22:30	0,4	0,3	5	1	103
22:30	0,5	0,2	5	2	31
22:30	1	0,3	5	2	34
desvp	0,5	0,1	1,2	0,7	28,3
média	0,7	0,2	5,4	1,6	61,9

Estação 3

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺ -	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:00	1	0,2	5	2	59
13:00	1	0,2	5	2	57
14:30	2	0,2	6	1	52
16:30	0,6	0,2	5	2	55
desvp	0,4	0	0,4	0,4	3
média	1	0,2	5	2	56

Estação 2

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺ -	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:00	0,4	0,1	6	2	27
13:00	0,5	0,1	5	1	21
15:00	1	0,1	6	1	28
16:30	3	0,2	6	2	23
desvp	1	0	0,2	0,2	3
média	1	0,1	6	1	25

(continuação) Estação 1

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺ -	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
10:30	0,4	0,1	6	1	32
10:30	0,2	0,1	6	1	34
10:30	0	0,0	6	1	40
13:00	0,5	0,2	6	1	29
15:00	0,6	0,02	5	1	27
16:30	3	0,1	7	2	30
16:30	2	0,03	7	3	27
18:30	1	0,1	7	1	27
20:30	0,7	0,04	7	1	36
22:30	2	0,03	6	1	34
22:30	1	0,02	6	1	35
desvp	0,9	0,05	0,5	0,6	4,3
média	1	0,6	6	1	32

Estação baía

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺ -	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
10:30	1	0,04	6	2	16
16:30	1	0,01	6	2	17
22:30	1	0,01	5	2	13
desvp	0,2	0,02	0,5	0	2
média	0,6	0,02	6	2	15

Anexo III.D- 4ª coleta Fevereiro de 2000

parâmetros físico - químicos e cátions e ânions

estação Furo do Engenho

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
08:30	57	28	6	7	6	14	3	2	12	18	58
10:00	56	28	6	6	5	14	2	2	14	18	62
11:30	55	28	6	6	5	13	2	2	11	22	74
13:00	41	28	6	6	3	13	3	1	9	12	68
14:30	40	28	6	7	3	14	2	1	9	18	72
desvp	9	0	0,1	0,4	1	0,5	0,2	0,2	2	4	7
Médias	49	28	6	6	4	14	2	2	11	17	67

Estação Pratiquera

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
08:30	63	28	6	6	7	1	2	2	14	19	82
10:00	62	28	6	6	6	13	2	2	13	20	78
11:30	53	28	6	6	4	2	2	2	12	21	64
13:00	44	28	6	6	3	1	2	2	10	16	102
14:30	38	28	6	7	6	2	2	1	8	16	84
desvp	11	0	0,08	0,2	2	5	0,1	0,2	3	2	14
Médias	52	28	6	6	5	4	2	2	12	18	82

Estação igarape Tamanduá

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
08:30	76	28	6	6	8	1	2	2	9	16	70
10:00	79	28	6	6	8	2	2	2	17	22	70
11:30	66	28	6	7	7	2	2	2	14	19	68
13:00	57	28	6	7	5	4	2	2	11	20	58
14:30	39	28	6	6	3	4	2	1	9	19	66
desvp	16	0	0,08	0,4	2	1	0,1	0,2	3	2	5
Médias	63	28	6	6	6	3	2	2	11,84	19	66

Estação 4

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
08:30	72	28	6	6	7	2	3	2	16	21	58
10:00	68	28	7	6	6	2	2	2	15	19	68
11:30	60	28	6	7	5	1	2	2	13	20	54
13:00	51	28	6	6	5	2	2	2	11	22	72
13:30	38	28	6	7	3	1	2	1	18	17	42
desvp	14	0,0	0,2	0,4	2	0,5	0,5	0,3	3	2	12
média	58	28	6,4	6	5	2	2	2	14	20	59

(continuação) Estação 3

hora	C. $\mu\text{S. cm}^{-1}$	T. $^{\circ}\text{C}$	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
08:30	76	28	6	7	9	4	2	2	17	20	58
10:00	76	28	6	6	8	4	2	2	17	21	96
11:30	77	28	6	6	9	6	2	2	16	20	68
13:00	69	28	6	6	7	4	2	2	14	21	76
14:30	56	28	6	6	5	4	2	2	11	23	50
desvp	9	0	0,06	0,4	2	1	0,1	0,1	2	1	18
média	71	28	6	6	8	4	2	2	15	21	70

Estação 2

hora	C. $\mu\text{S. cm}^{-1}$	T. $^{\circ}\text{C}$	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
08:30	81	28	6	6	9	5	2	2	18	23	50
10:00	84	28	6	6	9	4	2	2	19	26	48
11:30	86	28	6	6	9	4	2	2	18	22	66
13:00	79	28	6	5	9	4	2	2	17	23	74
14:30	75	28	6	6	8	5	2	2	16	19	62
desvp	4	0	0,1	0,4	0,4	0,5	0,08	0,05	1	3	11
Médias	81	28	6	6	9	4	2	2	17,602	23	60

Estação 1

hora	C. $\mu\text{S. cm}^{-1}$	T. $^{\circ}\text{C}$	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
08:30	73	28	6	6	9	4	3	2	18	19	78
10:00	79	28	6	5	9	5	2	2	17	22	60
11:30	82	28	6	5	9	4	2	2	18	22	62
13:00	81	28	6	6	9	4	2	2	18	21	72
14:30	80	28	6	5	8	4	2	2	17	22	80
desvp	4	0	0,1	0,3	0,4	0,4	0,3	0,05	0,4	1	9
média	79	28	6	5	9	4	2	2	18	21	70

Estação baía

hora	C. $\mu\text{S. cm}^{-1}$	T. $^{\circ}\text{C}$	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
08:30	46	28	6	7	4	14	2	2	9	18	98
14:30	38	28	6	7	3	13	3	1	7	13	94
desvp	6	0	0,2	0,1	0,7	0,7	0,2	0,1	1	3	3
média	42	28	6	7	4	14	3	2	8	15	96

Nutrientes (μM) em fevereiro de 2000

Estação Furo do Engenho

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
08:30	6	0,1	14	3	156
10:00	4	0,2	16	6	163
11:30	9	0,1	16	4	155
13:00	3	0,1	14	6	160
14:30	4	0,1	15	6	162
desvp	3	0,05	0,7	1	3
médias	5	0,1	15	5	159

Estação Pratiçara

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
08:30	5	0,1	14	3	157
10:00	3	0,1	12	3	160
11:30	3	0,1	9	6	174
13:00	3	0,1	14	7	177
14:30	2	0,1	14	6	174
desvp	0,9	0,01	2	2	9
médias	3	0,1	12	5	168

Estação Tamanduá

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
08:30	3	0,04	16	4	134
10:00	2	0,1	15	4	135
11:30	3	0,1	13	4	128
13:00	2	0,1	15	4	109
14:30	2	0,1	16	4	102
desvp	0,3	0,01	1	0,3	15
médias	2	0,1	15	4	121

Estação 4

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
08:30	3	0,1	12	5	157
10:00	3	0,1	14	3	174
11:30	3	0,1	14	4	128
13:00	3	0,1	14	4	129
13:30	2	0,1	16	3	133
desvp	0,4	0,04	1	0,8	20
médias	3	0,1	14	4	144

(continuação) Estação 3

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺ -	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
08:30	2	0,1	13	3	144
10:00	2	0,1	14	4	148
11:30	3	0,1	14	4	97
13:00	2	0,04	13	4	138
14:30	2	0,03	10	5	142
desvp	0,5	0,02	2	0,5	21
médias	2	0,1	13	4	134

Estação 2

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺ -	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
08:30	3	0,2	19	4	136
10:00	2	0,4	19	3	139
11:30	2	0,2	18	4	140
13:00	2	0,1	16	3	145
14:30	2	0,1	14	4	143
desvp	0,3	0,1	2	0,5	4
médias	2	0,2	17	4	140

Estação 1

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺ -	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
08:30	3	0,1	45	3	129
10:00	3	0,1	30	3	127
11:30	3	0,1	28	3	131
13:00	2	0,1	18	3	134
14:30	2	0,2	23	3	135
desvp	0,3	0,02	10	0,4	3
médias	3	0,1	29	3	131

Estação baía

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺ -	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
08:30	2,8	0,1	13	6	159
14:30	6	0,1	15	8	170
desvp	2	0,01	1	2	8
médias	4	0,1	14	7	164

Anexo III.E - 5ª coleta Março de 2000

parâmetros físico - químicos e cátions e ânions

estação Furo do Engenho

hora	C. μ S. cm ⁻¹	T. °C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:50	29	30	6,1	7,0	2	1	2	1	6	11	84
13:30	37	28	6,0	7,1	4	1	2	2	9	12	122
15:00	37	28	6,0	7,0	4	1	2	1	9	11	90
16:30	39	29	6,1	7,7	5	1	2	1	10	12	34
18:20	41	29	5,7	7,4	4	0	2	1	9	11	58
desvp	4	0,8	0,2	0,3	1	0,3	0,2	0,1	1	0,5	33
médias	37	29	6,0	7,2	4	1	2	1	8	11	78

Estação Pratiqara

hora	C. μ S. cm ⁻¹	T. °C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:50	29	29	6	7	3	1	2	1	6	11	78
13:30	30	28	6	7	3	1	2	1	6	11	84
15:00	38	28	6	7	5	1	2	1	8	11	76
16:30	43	29	5	7	5	1	2	1	12	12	66
18:20	45	28	6	7	5	1	2	1,2	11	13	52
desvp	7	0,5	0,3	0,2	1	0,1	0,2	0,1	3	0,9	13
Médias	37	28	6	7	4	1	2	1	9	11	71

Estação igarape Tamanduá

hora	C. μ S. cm ⁻¹	T. °C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:50	33	29	6	7	2	1	2	1	7	11	112
13:30	29	30	6	8	3	1	2	1	9	12	90
15:00	43	29	6	7	4	2	2	1	10	12	100
16:30	47	29	6	7	5	1	1	1	11	13	62
18:20	50	28	6	7	5	1	1	1	12	13	64
desvp	9	0,5	0,1	0,6	1	0,3	0,4	0,1	2	0,8	22
Médias	40	29	6	7	4	1	2	1	10	12	86

(continuação) Estação 4

hora	C. μ S. cm ⁻¹	T. °C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:50	29	30	6,0	7,4	2	1	2	1	7	12	112
11:50	29	29	6,0	7,3	4	1	2	1	7	12	62
11:50	29	29	6,0	7,6	3	1	2	1	6	13	94
13:00	30	29	6,0	7,0	3	1	2	1	7	11	118
15:00	38	28	6,0	7,3	4	1	2	2	8	11	100
16:30	44	29	5,5	6,8	4	1	2	1	10	12	62
18:20	48	28	5,7	6,7	5	1	2	1	11	16	64
18:20	47	28	5,9	6,7	4	1	2	1	12	14	50
18:20	46	28	6,0	6,7	5	1	2	1	10	15	62
20:20	46	29	5,9	7,6	5	1	2	1	10	13	62
22:20	30	28	5,8	7,2	2	2	2	1	6	14	136
00:00	30	28	5,9	7,1	2	1	2	1	6	15	126
00:00	29	28	5,9	7,2	2	2	2	1	7	12	100
00:00	30	28	5,8	7,5	2	1	1	1	6	13	96
desvp	8	1	0	0	1	0	0	0	2	1	28
médias	36	28	6	7	3	1	2	1	8	13	89

Estação 3

hora	C. μ S. cm ⁻¹	T. °C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:50	31	30	6	7	2	2	2	1	8	11	76
13:30	36	29	6	7	3	2	1	1	10	11	76
15:00	45	29	6	7	5	1	2	2	11	11	92
16:30	53	29	6	7	5	1	2	2	12	12	88
18:20	53	28	6	7	5	1	2	2	13	12	68
desvp	10	0,7	0,04	0,2	1	0,2	0,3	0,2	2	0,7	10
média	44	29	6	7	4	1	2	1	10,7	11	80

Estação 2

hora	C. μ S. cm ⁻¹	T. °C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:50	39	29	6	7	4	1	2	1	9	11	72
13:30	39	29	6	7	3	2	2	1	9	11	68
15:00	55	28	6	7	6	1	2	2	13	14	118
16:30	60	28	6	7	6	1	2	2	14	14	70
18:20	65	28	6	7	6	14	2	2	15	15	74
desvp	12	0,5	0,06	0,1	1	6	0,2	0,2	3	2	21
médias	52	28	6	7	5	4	2	2	12	13	80

(continuação) Estação 1

hora	C. μ S. cm ⁻¹	T. °C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:50	49	29	5,6	7,4	5	2	2	1	11	12	56
11:50	43	29	5,9	7,3	4	2	2	1	9	12	70
11:50	52	29	5,7	6,9	5	1	2	1	11	12	100
13:00	40	28	5,7	7,1	4	1	2	1	9	12	66
15:00	53	28	5,6	6,4	5	2	2	2	12	13	90
16:30	62	28	5,7	6,6	6	1	2	2	14	12	72
18:20	66	28	5,9	7,0	6	1	2	2	13	13	96
18:20	64	28	5,8	7,4	5	1	2	2	13	14	88
18:20	64	28	5,8	7,1	6	1	2	2	14	14	86
20:20	63	28	5,6	7,0	6	1	4	2	15	16	56
22:20	57	28	5,6	7,1	6	2	2	2	14	12	108
00:00	43	28	5,7	8,3	4	2	2	1	10	13	94
00:00	40	28	5,8	7,4	4	3	2	1	10	13	68
00:00	44	28	5,7	8,2	4	3	2	1	11	13	62
desvp	10	0	0	0,5	1	1	1	0	2	1	17
médias	53	28	5,7	7,2	5	2	2	1	12	13	79

Estação Baía

hora	C. μ S. cm ⁻¹	T. °C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
11:50	29	30	6	8	2	1	2	1	6	14	64
18:20	23	29	6	8	2	1	2	1	7	10	68
00:00	29	28	6	7	3	1	2	1			66
desvp	3	1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,4	0,2	0,7	2	2
médias	27	29	6	8	2	1	2	1	7	12	66

Nutrientes março de 2000

Estação Furo do Engenho

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:50	0,8	0,1	10,5	6,3	148
13:30	1,5	0,2	9,7	7,6	143
15:00	1,2	0,2	9,3	7,5	171
16:30	1,0	0,2	9,3	5,5	154
18:20	1,0	0,2	9,3	5,3	167
desvp	0,3	0,0	0,5	1,1	12
médias	1,1	0,2	9,6	6,4	156

(continuação) Estação Pratiquera

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:50	0,8	0,1	10,5	6,3	172
13:30	1,5	0,2	9,7	7,6	160
15:00	1,2	0,2	9,3	7,5	151
16:30	1,0	0,2	9,3	5,5	148
18:20	1,0	0,2	9,3	5,3	156
Desvp	0,3	0,0	0,5	1,1	9
Médias	1,1	0,2	9,6	6,4	157

Estção igarapéTamanduá

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:50	2,1	0,2	8,3	12,0	146
13:30	3,7	0,3	9,0	5,9	156
15:00	4,6	0,2	9,0	7,3	168
16:30	1,9	0,2	9,0	5,0	148
18:20	2,6	0,3	6,8	5,0	164
desvp	1,1	0,0	1,0	2,9	10
médias	3,0	0,2	8,4	7,0	156

Estação 4

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:50	0,5	0,2	8,2	9,0	148
11:50	0,9	0,08	8,0	6,6	156
11:50	0,7	0,1	7,3	5,7	152
13:00	1,5	0,1	8,9	8,8	167
15:00	4,2	0,1	10,0	7,8	148
16:30	0,9	0,2	8,7	5,4	153
18:20	3,5	0,3	8,6	6,6	155
18:20	3,4	0,1	9,5	6,4	156
18:20	3,2	0,1	9,2	5,0	152
20:20	1,4	0,1	9,8	5,9	151
22:20	1,0	0,1	8,5	9,4	151
00:00	1,0	0,2	9,0	10,0	171
00:00	0,6	0,2	10,0	7,9	164
00:00	0,6	0,2	9,7	7,6	137
desvp	1,3	0,1	0,8	1,6	8,6
média	1,7	0,1	9,0	7,3	154,3

(continuação) Estação 3

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:50	0,6	0,2	8,7	6,7	139
13:30	1,2	0,2	8,8	7,8	178
15:00	1,7	0,2	7,0	5,4	185
16:30	1,6	0,2	4,7	8,2	183
18:20	1,2	0,2	6,7	3,8	160
desvp	0,4	0,0	1,7	1,8	19
médias	1,3	0,2	7,2	6,4	169

Estação 2

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:50	1,6	0,2	8,3	5,3	150
13:30	1,2	0,2	9,8	4,8	185
15:00	1,2	0,3	10,0	6,5	148
16:30	2,2	0,2	10,0	5,8	221
18:20	2,4	0,2	13,0	6,3	264
desvp	0,6	0,0	1,7	0,7	49
médias	1,7	0,2	10,2	5,7	194

Estação 1

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:50	2,2	0,2	11,0	4,3	233
11:50	2,4	0,2	10,5	1,5	197
11:50	3,6	0,2	12,8	6,9	228
13:00	1,5	0,2	11,5	3,0	230
15:00	1,8	0,2	9,9	5,4	129
16:30	2,0	0,2	13,4	3,7	128
18:20	2,0	0,2	15,7	4,8	159
18:20	3,7	0,2	15,4	5,4	158
18:20	3,5	0,1	14,2	1,2	150
20:20	5,2	0,1	19,7	3,0	148
22:20	1,7	0,1	13,0	5,0	147
00:00	2,0	0,1	10,0	3,8	152
00:00	1,2	0,1	8,6	4,0	161
00:00	2,1	0,1	8,6	5,3	151
desvp	1,1	0,1	3,1	1,6	37
média	2,5	0,1	12,5	4,1	169

Estação baía de Santo Antônio

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
11:50	1,3	0,1	9,4	7,3	137
18:20	0,3	0,1	10,0	6,2	167
00:00	0,8				
desvp	0,5	0,0	0,4	0,8	21
médias	0,8	0,1	9,7	6,8	152

Anexo III.F - 6ª coleta Abril de 2000

Parâmetros Físico-Químicos e cátions ânions

Estação Furo do Engenho

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
09:30	28	38	6		1	4	1	1	10	11	32
11:00	20	36	6		1	4	1	1	9	10	42
12:30	31	32	7		1	3	1	1	11	7	38
14:00	30	30	6		1	3	1	1	8	10	46
15:20	29	25	6		1	2	1	1	7	8	50
desvp	4	5	0,5		0,08	0,8	0,1	0,2	1	2	7
Média	28	32	6		1	3	1	1	9	9	42

Estação Pratiquera

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
09:30	28	42	5		1	4	1	1	11	11	50
11:00	30	43	6		1	4	1	1	10	12	46
12:30	30	37	6		1	4	1	1	10	11	40
14:00	30	28	6		1	3	1	1	8	10	38
15:20	30	29	5		1	3	1	1	8	9	38
desvp	0,7	7	0,2		0,08	1	0,1	0,1	1	1	5
Média	30	36	5		1	4	1	1	9	11	42

Estação igarapé Tamanduá

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
09:30	29	61	6		1	7	1	2	14	14	72
11:00	30	54	6		1	5	1	1	12	13	48
12:30	30	46	6		1	5	1	1	11	11	42
14:00	30	43	6		1	4	1	1	11	12	48
15:20	29	38	5		1	4	1	1	10	10	52
desvp	0,3	9	0,2		0,1	1	0,2	0,2	2	1	12
Média	29	48	6		1	5	1	1	12	12	52

Estação 4

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
09:30	28	42	6		1	5	1	1	11	13	42
11:00	30	41	6		1	4	1	1	10	13	36
12:30	31	41	6		1	4	1	1	10	11	48
14:00	30	31	6		1	3	1	1	8	10	48
15:20	29	30	6		1	3	1	1	8	9	56
Desvp	1	6	0		0,1	1	0,04	0,2	2	2	7
Média	30	37	6		1	4	1	1	10	11	46

(continuação) Estação 3

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
09:30	29	61	6		1	7	1	2	14	13,4	70
11:00	29	60	6		1	6	1	2	14	12,9	38
12:30	30	61	5		1	6	1	2	13	12,7	48
14:00	30	51	6		1	6	1	1	13	13,2	52
15:20	30	51	6		1	6	1	1	13	12,2	46
desvp	0,5	5	0,1		0	0,5	0,05	0,1	0,6	0,5	12
Média	30	57	6		1	6	1,1	1	13	13	51

Estação 2

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
09:30	30	64	5		1,1	7	3	2	14	15,7	172
11:00	30	65	5		1	7	2	2	14	14,4	54
12:30	30	64	5		1	7	2	2	13	14,4	102
14:00	29	62	5		1	7	1	2	13	12,9	48
15:20	29	60	6		1	6	1	2	12	14,2	58
Desvp	0,5	2	0,1		0,04	0,07	0,5	0,4	0,8	1,0	52
Média	30	63	5		1	7	2	2	13	14	87

Estação 1

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
09:30	29	59	5		1	6	2	1	12	13,9	24
11:00	30	61	5		1	6	2	1	12	14,7	22
12:30	29	63	5		1	6	2	1	12	16,2	36
14:00	29	64	5		1	6	2	2	13	14,7	68
15:20	29	64	5		1	7	2	2	13	15,4	40
desvp	0,4	2	0,06		0,05	0,3	0,2	0,05	0,4	0,9	18
Médias	29	62	5		1	6	2	1	12	15	38

Estação baía Santo Antônio

hora	C.µS. cm ⁻¹	T.°C	pH	O.D mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	MPS mg/L
09:30	28	24	6		1	2	1	1	7	12	48
15:30	29	21	5		1	2	1	1	6	11	40
desvp	0,5	3	0,5		0,1	0,5	0,07	0,07	0,8	0,4	6
Médias	28	23	5		0,8	2	0,6	0,7	6	11	44

Nutrientes ($\mu\text{Mol.L}^{-1}$) em abril de 2000

Estação furo do Engenho

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
09:30	1	0,03	13	2	125
11:00	1	0,03	11	2	123
12:30	1	0,03	13	3	121
14:00	1	0,03	11	3	121
15:20	1	0,03	10	2	121
desvp	0,2	0	1	0,4	2
médias	1	0,03	12	2	122

Estação Pratiqara

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
09:30	1	0,03	8	2	123
11:00	1	0,03	11	2	126
12:30	1	0,03	12	2	123
14:00	1	0,03	11	3	126
15:20	0,4	0,03	11	2	125
desvp	0,2	0	1	0,2	1
médias	1	0,03	11	2	124

Estação igarapé Tamandua

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
09:30	1	0,03	9	4	123
11:00	1	0,03	10	3	127
12:30	1	0,03	10	3	123
14:00	1	0,03	10	2	119
15:20	1	0,03	11	3	122
desvp	0,3	0	0,6	0,6	3
médias	0,8	0,03	10	3	123

Estação 4

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
09:30	1	0,03	12	3	125
11:00	1	0,03	8	3	125
12:30	1	0,03	12	4	128
14:00	1	0,03	10	3	128
15:20	1	0,03	9	2	122
desvp	0,2	0	2	0,5	3
médias	1	0,03	10	3	126

(continuação) Estação 3

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
09:30	1	0,03	10	3	117
11:00	1	0,03	11	5	113
12:30	1	0,03	10	3	127
14:00	1	0,03	9	3	120
15:20	1	0,03	7	3	128
desvp	0,08	0	2	0,8	6
médias	1	0,03	9	3	121

Estação 2

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
09:30	1	1	13	7	113
11:00	1	0,1	17	2	101
12:30	1	0,1	17	6	108
14:00	1	0,2	14	3	111
15:20	1	0,2	10	4	116
desvp	0,2	0,3	3	2	6
médias	1	0,3	14	4	110

Estação 1

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
09:30	1	0,2	14	4	99
11:00	1	0,1	18	1	100
12:30	0,2	0,1	19	3	175
14:00	1	0,1	19	3	106
15:20	1	0,1	25	3	105
desvp	0,3	0,03	4	1	32
médias	0,6	0,1	19	3	117

Estação baía de Santo Antônio

hora	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-total	Si-H ₄ SiO ₄
09:30	1	0,03	11	2	120
15:30	1	0,03	10	3	124
desvp	0,1	0	1	0,4	3
médias	0,6	0,03	10	3	122