



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

CARLA KARINE SOARES GOMES

**ESTUDO DOS NUTRIENTES DISSOLVIDOS NO COMPLEXO ESTUARINO DO
ARRAIAL – MARANHÃO**

São Luís - MA, fevereiro de 2017

CARLA KARINE SOARES GOMES

**ESTUDO DOS NUTRIENTES DISSOLVIDOS NO COMPLEXO ESTUARINO DO
ARRAIAL – MARANHÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora Prof^ª. Dr^ª. Samara Aranha Eschrique.

São Luís – MA, fevereiro de 2017

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Gomes, Carla Karine Soares.

Estudo dos nutrientes dissolvidos no complexo estuarino do Arraial - Maranhão / Carla Karine Soares Gomes. - 2017. 38 p.

Orientador(a): Samara Aranha Eschrique.

Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

1. Dinâmica de maré. 2. Estuário. 3. Fosfato. 4. Hidroquímica. 5. Silicato. I. Eschrique, Samara Aranha. II. Título.

CARLA KARINE SOARES GOMES

**ESTUDO DOS NUTRIENTES DISSOLVIDOS NO COMPLEXO ESTUARINO DO
ARRAIAL – MARANHÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia.

Aprovado em 03 de fevereiro de 2017.

Banca Examinadora

Orientadora Prof^a. Dr^a.: Samara Aranha Eschrique (UFMA)

Prof^a. Dr^a.: Paula Cilene Alves da Silveira (UFMA)

Prof^o. Dr.: Ricardo Barbieri (UFMA)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha avó, Maria da Anunciação que foi uma grande mulher, e a minha mãe, Lúcia por sempre me incentivar e me apoiar.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, quando algumas vezes sentindo-me desacreditada buscava em minha fé forças e coragem para continuar esta longa caminhada.

Aos meus pais, Antônio e Lúcia, por sempre acreditarem em mim e estarem ao meu lado me apoiando e dando força. A minha formação como profissional não poderia ter sido concretizada sem a ajuda de vocês e a todos os meus familiares pela força e incentivo.

Agradeço a minha professora orientadora, Samara A. Eschrique por seu ensinamento, paciência, e confiança ajudando-me bastante a concluir este trabalho.

À família LABCICLOS, às pessoas com quem convivi nesse espaço ao longo desses anos e pelo companheirismo e ajuda.

Aos amigos, Michelly Moreira, Carliany Moura, Sandro Miranda, Janaira Oliveira, Marlo Lopes e Oziel Silva, que conquistei no início e no fim desta jornada pelos incentivos e apoios constantes.

A todos os professores do departamento de oceanografia, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia. Fazendo com que eu adquirisse conhecimentos que levarei para o resto da vida.

E, a todos aqueles que eu não citei, mais que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

EPÍGRAFE

Seja como as ondas do mar que mesmo
quebrando contra os obstáculos,
encontram força para recomeçar.

S. Bambarèn

RESUMO

O complexo estuarino do Arraial recebe contribuição do rio Itapecuru, um dos principais rios da região que abastece a capital São Luís. Este estudo tem como objetivo determinar os atuais níveis de concentração e distribuição dos nutrientes dissolvidos na região, através de análises sazonais, espaciais e diferentes regimes de maré (Sizígia e Quadratura). As coletas foram realizadas durante o período chuvoso (março e abril), transição (julho) e estiagem (outubro) no ano de 2014. As amostras de água foram coletadas na superfície com garrafa de *van Dorn*, para determinação dos parâmetros de oxigênio dissolvido (OD), saturação de OD, turbidez, sólidos totais em suspensão (TSS) e dos nutrientes dissolvidos (nitrito, fosfato e silicato) e em campo foram medidos a profundidade, transparência, temperatura, pH e salinidade. A média para os parâmetros medidos foi: profundidade 6,5 m; transparência 0,83 m; temperatura 29,71 °C; pH 7,88; salinidade 21,50 g kg⁻¹; OD 3,77 mg L⁻¹; sat. OD 81%; TSS 737,08 mg L⁻¹; turbidez 240 NTU, e os nutrientes apresentaram média: fosfato 2,24 µmol L⁻¹, nitrito 0,52 µmol L⁻¹, silicato 48,40 µmol L⁻¹. A distribuição dos nutrientes no complexo estuarino do Arraial evidencia o predomínio das forçantes fluvial e marinha, de acordo com os períodos de coleta, como fonte de nutrientes para o estuário, além da influência do grande dinamismo deste ambiente na distribuição dos fatores abióticos.

Palavras-chave. Fosfato, silicato, hidroquímica, dinâmica de maré, estuário

ABSTRACT

The estuarine complex of Arraial receives a contribution from the Itapecuru River, one of the main rivers in the region that supplies the capital São Luís. This study aims to determine the current levels of concentration and distribution of dissolved nutrients in the region, through seasonal, spatial and different regimes of tide (Syzygy and Quadrature). The samples were collected during the rainy season (March and April), transition (July) and dry season (October) in 2014. The water samples were collected on the surface with the van Dorn bottle to determine dissolved oxygen (DO), percent saturation of dissolved oxygen (Sat. DO), turbidity, total suspended solids (TSS) and dissolved nutrients (nitrite, phosphate and silicate) and in the field were measured the depth, transparency, temperature, pH and salinity. The average value for the measurement parameters was: Depth 6.5 m; Transparency 0.83 m; Temperature 29.71 ° C; pH 7.88; Salinity 21.50 g kg⁻¹; DO 3.77 mg L⁻¹; Sat. DO 81%; TSS 737.08 mg L⁻¹; Turbidity 240 NTU. The nutrients presented average value: phosphate 2.24 µmol L⁻¹; nitrite 0.52 µmol L⁻¹; silicate 48.40 µmol L⁻¹. The distribution of nutrients in the estuarine complex of Arraial evidences the predominance of the fluvial and marine forcing, according to the collection periods, as source of nutrients for the estuary, besides the influence of a great dynamism in the distribution of the abiotic factors in this environment.

Keywords. Phosphate, silicate, hydrochemistry, tidal dynamics, estuary.

SUMÁRIO

1	Introdução	13
2	Área, materiais e métodos.....	14
2.1	Localização da área	16
2.2	Materiais e Métodos	17
2.3	Análises de Dados	17
3	Resultados	18
4	Discussão dos resultados	23
5	Conclusões	30
6	Referências bibliográficas.....	31
7	ANEXOS	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Média mensal acumulado de chuva para os anos de 1971 a 2013.....	14
Figura 2: Variação da altura da maré de sizígia durante as campanhas de amostragem.	15
Figura 3: Variação da altura da maré de quadratura durante a campanha de amostragem.	15
Figura 4: Mapa de localização da área de estudo;.....	16
Figura 5: Variação sazonal e espacial dos parâmetros físicos e químicos	21
Figura 6: Variação sazonal e espacial dos nutrientes.	22
Figura 7: Representação gráfica das análises de componentes principais (PCA)	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Posicionamento geográfico dos pontos na área de estudo.....	16
Tabela 2: Campanhas de amostragem durante o ano de 2014.....	17
Tabela 3: Mínimos, máximos, médias e desvio padrão	18
Tabela 4: Análise dos componentes principais (ACP).....	20

LISTAS DE SIGLAS E UNIDADES

$\mu\text{mol L}^{-1}$ - Micromol por litro.

ACP - Análise dos Componentes Principais

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia.

DHN- Diretoria de Hidrografia e Navegação.

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente.

et al. – Entre outros.

FAPEMA - Fundação de Amparo à pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão

g kg^{-1} - Gramas por Quilogramas.

m - Metros.

mg L^{-1} - Miligramas por Litro.

NTU - Unidades Nefelométricas de Turbidez

$^{\circ}\text{C}$ – Graus *Celsius*.

pH - Potencial Hidrogeniônico.

QD - Maré de Quadratura.

SZ – Sizígia

TSS - Sólidos Totais em Suspensão.

1 ESTUDO DOS NUTRIENTES DISSOLVIDOS NO COMPLEXO ESTUARINO 2 DO ARRAIAL – MARANHÃO

3 Study of dissolved nutrients in the estuarine complex of Arraial - Maranhão

4 Carla Karine Soares Gomes^{1*}; Samara Aranha Eschrique¹

5
6 (1) Universidade Federal do Maranhão. Departamento de Oceanografia e Limnologia -
7 DEOLI/Laboratório de Biogeociclos dos Constituintes Químicos da Água-LABCICLOS. Av. dos
8 Portugueses,1966; Bacanga – CEP 65080-805; São Luís – MA. e-mail:
9 gommescarla@gmail.com*; samarana.eschrique@gmail.com

10
11

12 1 Introdução

13

14 Os ambientes estuarinos são denominados sistemas bastante dinâmicos e complexos por
15 possuírem em uma mesma área diversos tipos de ecossistemas interligados, sendo muitas vezes
16 dominados por vários canais de rios, sujeitos a aporte continental e fluxo marinho onde ocorrem
17 grandes variações de características físicas, químicas e biológicas, além de envolver nichos
18 ecológicos específicos de importância considerável (Silva et al. 2013; Liu & Chan, 2014).

19 Esses ambientes atuam como principais fontes de nutrientes para as regiões adjacentes,
20 tornando-os os principais fornecedores de nutrientes aos oceanos, além de serem terrenos férteis para
21 os organismos marinhos, berçários para os juvenis e um potencial habitat para a pescaria, o que os
22 tornam áreas de grande importância econômica e ecológica para a população costeira e ribeirinha
23 (Castro et al. 2014; SubhaAnand et al. 2014).

24 De modo geral, os nutrientes transportados pelos rios e a sua troca entre as águas de superfície
25 e sedimentos contribuem para a alta produtividade deste ambiente, tornando-o um dos ecossistemas
26 mais produtivos. Com isso, o excesso ou falta de nutrientes podem afetar negativamente todo o
27 ecossistema envolvido. Sendo assim, o excesso de fósforo pode influenciar a ciclagem e a
28 disponibilidade de nitrogênio e de sílica dissolvidos no ambiente estuarino (Silva et al. 2013; Castro
29 et al. 2014).

30 O complexo estuarino do Arraial, situado em região tropical configura-se como uma área de
31 acesso restrito devido à baixa profundidade local que varia de acordo com os níveis de marés,
32 limitando-se à navegação de pequenas embarcações de pesca artesanal das comunidades existentes
33 na região. Suas margens possuem grandes concentrações de manguezais, o que certamente faz com
34 que este ambiente apresente alta produtividade biológica.

35 Até o presente momento, a região ainda é carente de estudos que gerem informações
36 fundamentais que sirvam de base para a conservação, uso sustentável deste ambiente e futuro

37 monitoramento da área. Considerando que os estuários sofrem uma crescente pressão por impactos
 38 antrópicos, este estudo teve como objetivo determinar os atuais níveis de concentração e distribuição
 39 dos nutrientes dissolvidos (nitrito, fosfato e silicato) na região, através de análises temporais e
 40 espaciais em diferentes regimes de maré, o que possibilitou evidenciar as condições hídricas do
 41 ecossistema em questão, considerando que os processos biológicos dependem da qualidade deste
 42 ambiente.

43

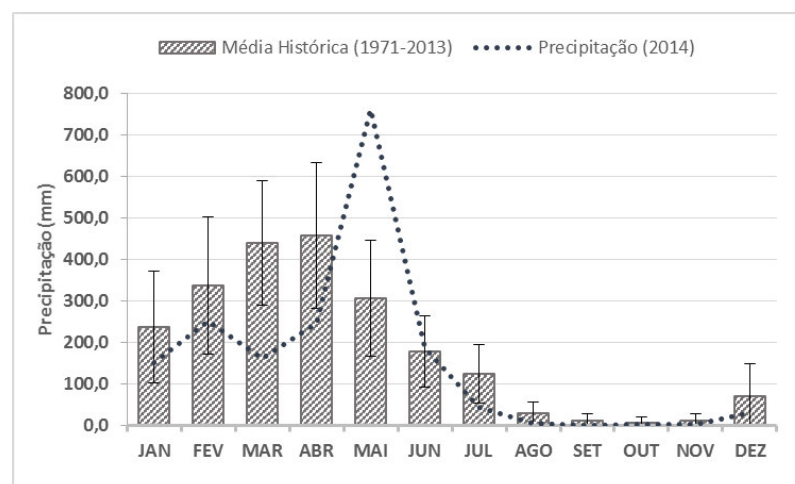
44 2 Área, materiais e métodos

45

46 O complexo estuarino do Arraial está localizado entre os municípios de São Luís e Bacabeira,
 47 limitando-se ao norte com o oceano Atlântico. Situa-se em uma área com densos manguezais que
 48 margeiam toda a região. Esse complexo é formado por vários afluentes oriundos da bacia do rio
 49 Itapecuru, que é a principal fonte de abastecimento da capital, e de outros rios menores que, embora
 50 de dimensão reduzida, desempenham um grande papel na manutenção dos ecossistemas e das
 51 comunidades ribeirinhas, além da contribuição das águas do complexo estuarino de São Marcos, que
 52 adentram a região pelo Estreito dos Mosquitos, e do complexo estuarino de São José, situado ao norte
 53 da região.

54 O clima da região é considerado um clima quente e úmido, caracterizando-se por apresentar
 55 temperaturas anuais elevadas, marcado por duas estações bem definidas, uma chuvosa (janeiro a
 56 junho) e outra de estiagem (julho a dezembro), com índice de precipitação anual de 2000 mm. Os
 57 dados pluviométricos para a região de estudo no ano de 2014 foram adquiridos pela estação do
 58 Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014) localizado em São Luís e comparados com os
 59 dados pluviométricos registrados de 1971 a 2013 (Figura 1).

60



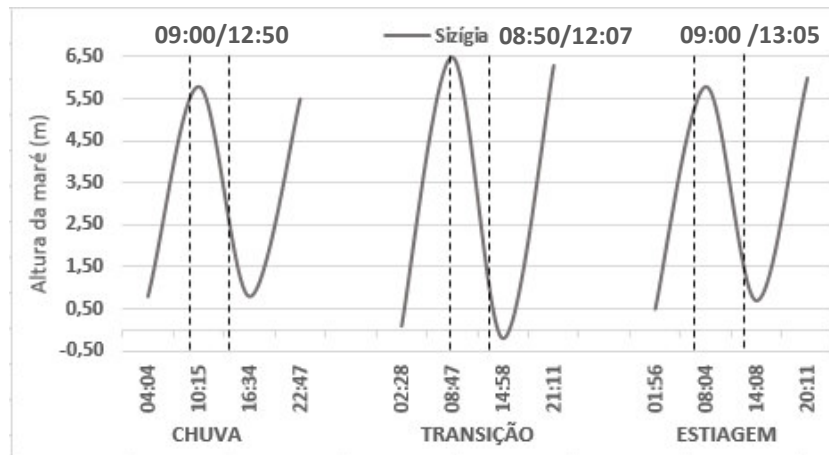
61

62 Figura 1: Média mensal acumulado de chuva para os anos de 1971 a 2013 e total acumulado para o
 63 ano de 2014, para a cidade de São Luís. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

64 A distribuição mensal da precipitação pluviométrica para o ano de estudo não acompanhou a
 65 curva dos últimos 42 anos (1971 a 2013), ficando abaixo da média histórica, com elevada precipitação
 66 no mês de maio. Para os períodos de amostragem de março e abril/2014 (chuvoso) o volume máximo
 67 acumulado foi de 405,03 mm, no mês de julho/2014 (transição) apresentou máximo de 44,3 mm e
 68 para o mês de outubro/2014 (estiagem) o máximo volume acumulado foi de 2,2 mm.

69 A região apresenta um regime de macromarés com predominância semidiurnas, com a altura
 70 máxima de 6,8 m registrado nos meses de estudo. Para o período de coleta, com mínimo de -0,3 m e
 71 máximo de 6,5 m. Os dados de marés foram adquiridos através da Diretoria de Hidrografia e
 72 Navegação (DHN, 2014) para a estação do Terminal da ALUMAR (Consórcio de Alumínio do
 73 Maranhão) considerada a estação mais próxima à área de estudo. As variações de marés durante as
 74 campanhas de amostragem são apresentadas nas Figura 2 e 3, onde os intervalos de períodos de
 75 coletas estão entre as linhas tracejadas.

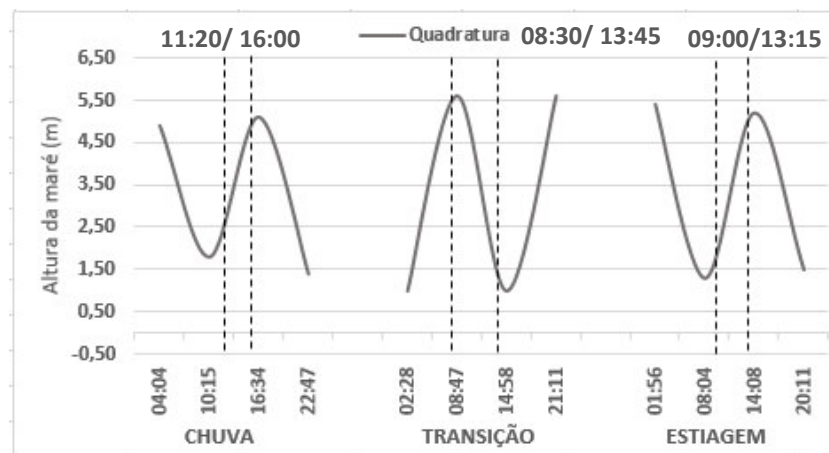
76



77

78 Figura 2: Variação da altura da maré de sizígia durante as campanhas de amostragem.

79



80

81 Figura 3: Variação da altura da maré de quadratura durante a campanha de amostragem.

82

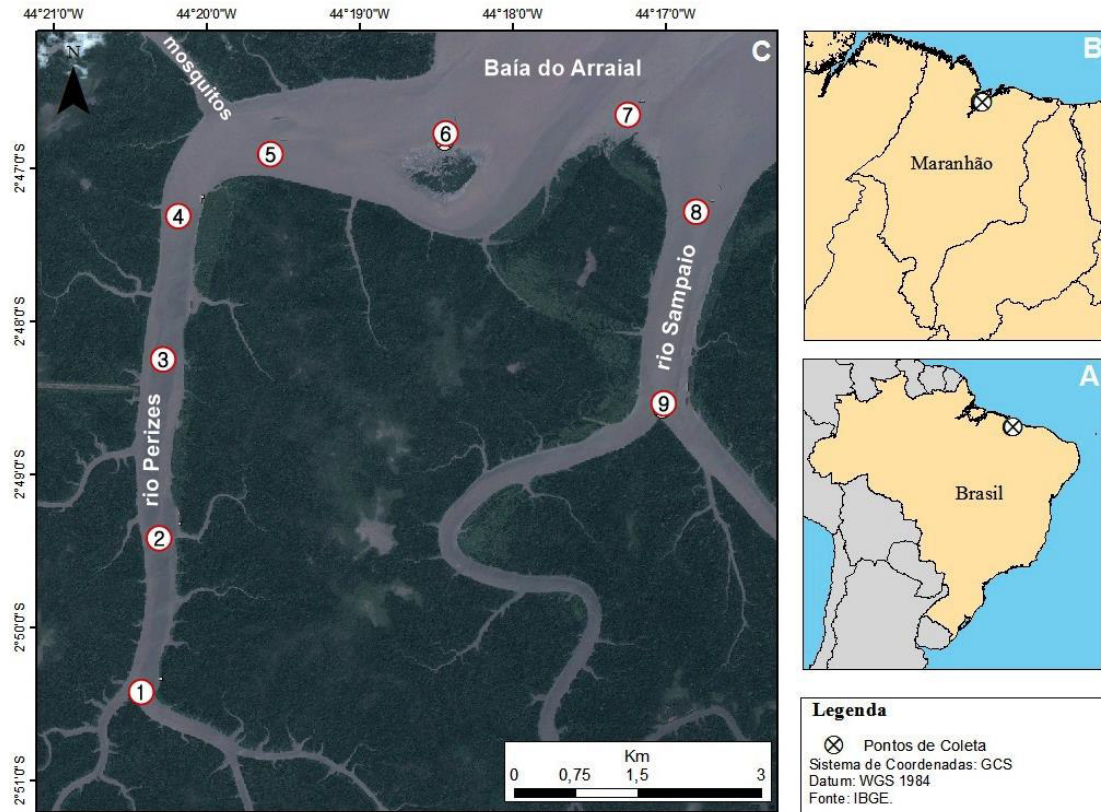
83 2.1 Localização da área

84

85 As coletas de dados foram distribuídas em 9 pontos, sendo 4 no rio Perizes, 2 no rio
86 Sampaio e 3 na Baía do Arraial (Figura 4).

87

88



89

90 Figura 4:A) Localização da área de estudo no Brasil. B) Localização da área de estudo no Maranhão.
91 C) Localização dos pontos de amostragem na área de estudo.

92

93

94 Tabela 1: Posicionamento geográfico dos pontos na área de estudo.

Estação de coleta	Coordenadas	
	Latitude (S)	Longitude (W)
PER 1	-2,8405°	-44,3408°
PER 2	-2,8236°	-44,3388°
PER 3	-2,8037°	-44,3379°
PER 4	-2,7885°	-44,3364°
BAI 5	-2,7817°	-44,3268°
BAI 6	-2,7803°	-44,3074°
BAI 7	-2,7775°	-44,2876°
SAM 8	-2,7883°	-44,2800°
SAM 9	-2,8095°	-44,2836°

95

96 2.2 Materiais e Métodos

97

98 As coletas foram realizadas durante o período chuvoso (março e abril), transição (julho) e
 99 estiagem (outubro) no ano de 2014, nas marés de sizígia e quadratura (Tabela 2). As amostras de água
 100 foram coletadas na superfície com garrafa de *van Dorn* e depois acondicionadas em local adequado.
 101 Em campo a transparência (m) da água foi medida com o auxílio do disco de Secchi, citado por Poole
 102 & Atkins (1929), os parâmetros físicos e químicos foram medidos com o auxílio da sonda
 103 multiparâmetro HANNA HI-9828: temperatura (°C), pH e salinidade (g kg⁻¹). Turbidez (NTU) foi
 104 medida com o auxílio do turbidímetro TECNOPON TB1000. O oxigênio dissolvido (mg L⁻¹)
 105 determinado pelo método químico analítico de Winkler (1888), conforme citado em Strickland &
 106 Parsons (1972). O percentual de saturação de oxigênio dissolvido foi obtido pela tabela de Aminot &
 107 Chaussepied (1983). Os sólidos totais em suspensão – TSS (mg L⁻¹) foram determinados com base
 108 nas metodologias descritas em Strickland & Parsons (1972) e APHA (2001). E, os nutrientes
 109 dissolvidos (nitrito, fosfato e silicato) foram analisados segundo as recomendações de Grasshoff et
 110 al. (1999).

111

112

113

Tabela 2: Campanhas de amostragem durante o ano 2014.

Campanhas de Coleta	Período de coleta	Data	Horário de Coleta	Tipo de Maré	Condição de Maré
1º CAMP	Chuvoso	12/03/2014	11h às 16h	Quadratura	Enchente
		04/04/2014	09h às 12:30h	Sizígia	Vazante
2º CAMP	Transição	14/07/2014	08:30h às 12h	Sizígia	Vazante
		31/07/2014	08:30h às 14h	Quadratura	Vazante
3º CAMP	Estiagem	25/10/2014	09h às 13h	Sizígia	Vazante
		31/10/2014	09h às 13:30h	Quadratura	Enchente

114

115

116 2.3 Análises de Dados

117

118 Para analisar as correlações entre as variáveis estudadas foi realizada a Análise de
 119 Componentes Principais (ACP), para reduzir as dimensões de um grupo de dados produzindo o menor
 120 número de variáveis, podendo assim evidenciar os principais fatores responsáveis pela variância
 121 destes dados.

122

123

124

125 **3 Resultados**

126 Os valores mínimos, máximos, médios e desvio padrão obtidos durante o período de estudo
 127 para os parâmetros físicos e químicos e dos nutrientes dissolvidos, em condição de maré de sizígia e
 128 quadratura, no complexo estuarino do Arraial estão representados na Tabela 3.

129

130 Tabela 3: Mínimos, máximos, médios e desvio padrão obtidos durante as campanhas de amostragem
 131 para os parâmetros físicos e químicos e dos nutrientes dissolvidos em condição de maré de sizígia
 132 (SZ) e quadratura (QD) no complexo estuarino do Arraial.

Parâmetros	Maré	Primeira campanha				Segunda campanha				Terceira campanha			
		Chuva				Transição				Estiagem			
		Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP
Profundidade (m)	SZ	4,00	11,00	8,00	±1,50	3,00	11,00	7,10	±4,00	2,10	15,00	6,39	±2,00
	QD	1,00	8,00	3,90	±0,80	2,50	11,00	6,40	±1,40	2,50	20,00	9,24	±1,80
Transparência (m)	SZ	0,35	1,49	1,00	±0,18	0,11	1,00	0,60	±0,27	0,57	1,16	0,82	±0,04
	QD	0,24	1,35	0,93	±0,12	0,46	1,30	0,84	±0,05	0,57	1,27	0,97	±0,05
Temperatura (°C)	SZ	28,81	29,68	29,21	±0,04	28,67	29,72	29,32	±16,66	29,04	31,56	30,08	±0,47
	QD	29,60	31,10	30,40	±0,20	28,97	30,3	29,79	±0,22	27,81	29,94	29,29,05	±0,04
Salinidade (g kg ⁻¹)	SZ	14,21	14,86	14,5	±0,06	16,38	18,28	17,49	±10,12	29,62	33,07	31,30	±0,76
	QD	11,01	14,90	12,86	±0,71	20,64	22,63	21,59	±0,22	30,93	32,12	31,33	±0,28
pH	SZ	7,65	7,79	7,74	±0,02	7,35	7,67	7,57	±4,37	7,70	7,97	7,87	±0,01
	QD	7,78	7,98	7,89	±0,01	7,61	7,84	7,76	±0,00	7,84	8,06	7,98	±0,01
OD (mg L ⁻¹)	SZ	1,63	3,92	3,06	±0,18	1,89	3,81	3,33	±1,95	2,73	4,47	3,92	±0,13
	QD	4,17	5,06	4,67	±0,02	0,40	4,57	3,81	±0,79	3,82	5,09	4,55	±0,06
OD (%)	SZ	33	79	62	±4	39	79	69	±40	62	100	89	±3
	QD	85	104	96	±0	8	98	81	±17	89	112	102	±1
Turbidez (NTU)	SZ	11	80	33	±20	29	3012	859	±635	28	959	160	±286
	QD	18	80	50	±14	20	80	54	±4	28	80	46	±8
TSS (mg L ⁻¹)	SZ	51,20	1539,70	364,00	±347,00	614,30	6268,50	3052,10	±1211,80	88,50	382,80	206,10	±18,60
	QD	27,60	325,30	109,80	±56,30	154,50	287,50	215,50	±10,50	78,50	216,80	121,10	±21,00
Fosfato (µmol L ⁻¹)	SZ	0,79	2,62	1,47	±0,060	0,60	1,24	1,05	±0,53	1,96	4,51	3,67	±0,39
	QD	0,79	1,36	1,14	±0,00	1,06	1,50	1,26	±0,06	4,17	6,04	4,87	±0,19
Nitrito (µmol L ⁻¹)	SZ	0,10	0,52	0,27	±0,15	0,39	0,70	0,54	±0,28	0,09	0,44	0,21	±0,05
	QD	0,41	1,92	1,24	±0,13	0,16	0,80	0,49	±0,13	0,01	1,16	0,32	±0,15
Silicato (µmol L ⁻¹)	SZ	9,60	30,44	18,58	±3,21	24,43	91,03	62,34	±26,96	63,89	107,16	82,69	±1,47
	QD	12,14	51,87	22,18	±7,21	2,62	60,88	17,99	±10,38	59,83	104,31	74,42	±4,21

133

134

135

136 A área de estudo, de forma geral, é considerada rasa, variando em função da amplitude de
 137 maré. O registro de profundidade foi mínimo de 1,0 m no período chuvoso e máximo de 20,0 m para
 138 o período de estiagem, ambos durante a maré de quadratura (Figura 5a).

139 Os valores da transparência da água no complexo estuarino do Arraial variaram entre; mínimo
 140 de 0,11 m para o período de transição e máximo de 1,49 m durante o período chuvoso, ambos em
 141 maré de sizígia (Figura 5b).

142 A temperatura da água apresentou apenas uma discreta variação temporal entre os valores
 143 mínimos e máximos (Figura 5c). Os registros de temperatura variaram entre; mínimo de 27,81°C na

144 maré de quadratura e valores máximos de 31,56°C na maré de sizígia, ambos durante o período de
145 estiagem.

146 Os valores de salinidade acompanharam a variação temporal da região como mostra à figura
147 5d, variando entre mínimo de 11,01 g kg⁻¹ na maré de quadratura, no período chuvoso e máximo de
148 33,07 g kg⁻¹ na maré de sizígia, durante o período de estiagem

149 O pH sempre apresentou valores básico em todas as campanhas (Figura 5e), com valor mínimo
150 de 7,35 na maré de sizígia, durante o período de transição e máximo de 8,06 na maré de quadratura,
151 durante o período de estiagem.

152 Elevadas concentrações de turbidez foram registradas nos dois últimos períodos no complexo
153 estuarino, apresentando valor mínimo de 11 NTU no período chuvoso e valor máximo de 3012 NTU
154 durante o período de transição, ambos na maré de sizígia (Figura 5f).

155 O TSS apresentou um aumento expressivo durante o segundo período em todo o ambiente
156 (Figura 5g), registrando valor mínimo de 27,60 mg L⁻¹ no período chuvoso, em condição e maré de
157 quadratura e máximo de 6268,50 mg L⁻¹ durante o período de transição, na maré de sizígia.

158 Ao longo do estuário, a concentração de oxigênio dissolvido na região de estudo apresentou
159 uma distribuição semelhante para as três campanhas (Figura 5h), com valor mínimo de 0,40 mg L⁻¹
160 no período de transição e máximo de 5,09 mg L⁻¹ no período de estiagem, ambos na maré de
161 quadratura.

162 O valor do percentual de saturação de oxigênio seguiu o mesmo padrão de distribuição do
163 oxigênio dissolvido (Figura 5h), apresentando valor mínimo de 8% durante o período de transição e
164 valor máximo de 112% no período de estiagem, ambos registrados em condição de maré de
165 quadratura.

166 A concentração do fosfato no ambiente estuarino apresentou uma variação temporal
167 significativa (Figura 6a), registrando valor mínimo de 0,60 μmol L⁻¹ durante o período de transição,
168 na maré de sizígia, e máximo de 6,04 μmol L⁻¹ durante o período de estiagem, em condição de maré
169 de quadratura.

170 A concentração do nitrito ao longo do complexo estuarino apresentou variação mínima de
171 0,01 μmol L⁻¹ no período de estiagem, e máxima de 1,92 μmol L⁻¹ no período chuvoso, ambos
172 registrados em maré de quadratura (Figura 6b).

173 O silicato registrou um gradiente crescente do período chuvoso ao de estiagem, variando entre
174 mínimo de 2,62 μmol L⁻¹ na maré de quadratura, durante o período de transição e máximo de 107,16
175 μmol L⁻¹ na maré de sizígia, durante o período de estiagem (Figura 6c).

176 Na análise de componentes principais (ACP) foram utilizados os parâmetros físicos e
 177 químicos da água do complexo estuarino do Arraial, considerando as duas marés (SZ e QD) de coleta,
 178 para as variações temporais (Tabela 4).

179 No período chuvoso, a ACP explicou 91,15% da variância total dos dados, onde o fator 1
 180 explica 74,22% e mostra correlação significativa direta entre temperatura e salinidade e essas
 181 variáveis apresentam uma correlação significativa negativa com a profundidade, transparência, OD,
 182 TSS, fosfato e nitrito. O fator 2 explica 16,24% da distribuição dos dados e apresenta correlação
 183 significativa negativa com a turbidez (Figura 7a).

184 No período da transição, a ACP explicou 85,65% da distribuição dos dados. O fator 1
 185 representa 54,41% da variância total dos dados (Figura 7b) e se correlaciona significativamente de
 186 forma negativa com a profundidade, transparência, OD, fosfato e nitrito. O fator 2 representa 31,24%
 187 desta variância, e mostra correlação significativa direta com a temperatura e salinidade

188 Durante o período de estiagem, o teste da ACP explicou 95,74% dos dados, onde o fator 1
 189 mostrou correlação significativa positiva entre a temperatura, salinidade e a sílica e inversa com a
 190 profundidade, transparência, OD, turbidez, fosfato e nitrito, explicando 82,96% da distribuição dos
 191 dados. O fator 2 explicou 12,78%, não indicando nenhuma correlação significativa (Figura 7c).

192

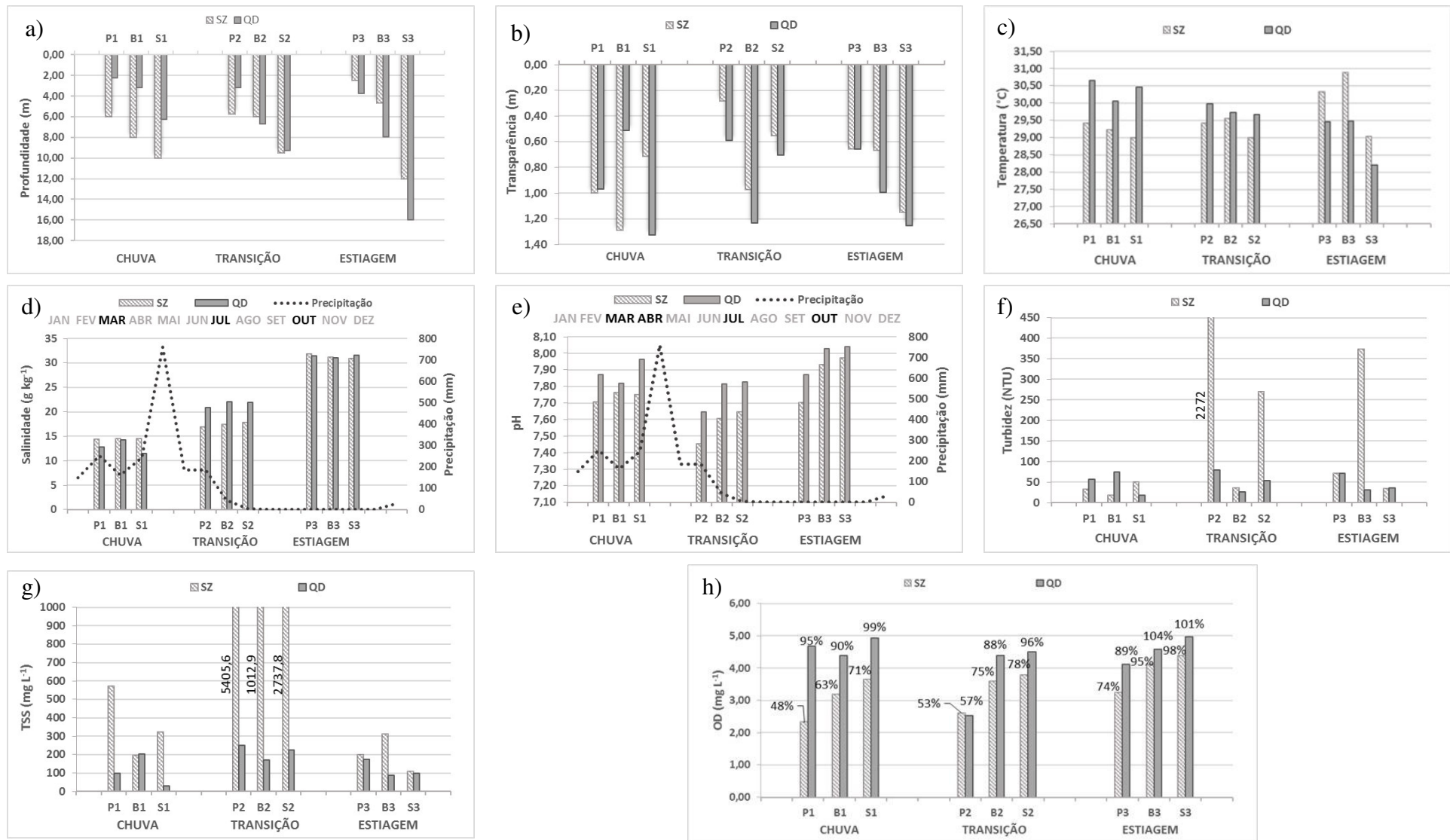
193

194 Tabela 4: Análise dos componentes principais (ACP) no complexo estuarino do Arraial.

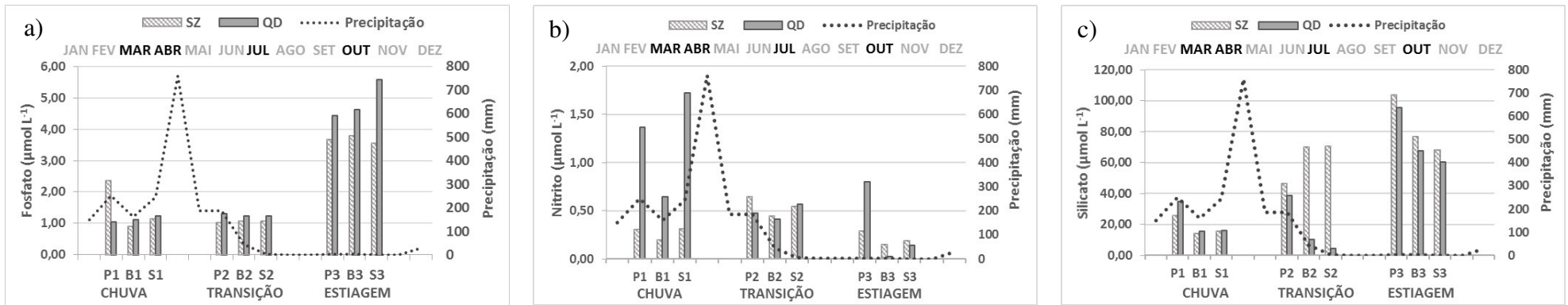
Variáveis	Chuva		Transição		Estiagem	
	Fator 1	Fator 2	Fator 1	Fator 2	Fator 1	Fator 2
Profundidade (m)	-0,944	0,246	-0,916	-0,079	-0,805	0,505
Transparência (m)	-0,997	0,054	-0,974	-0,184	-0,991	0,016
Temperatura (°C)	0,968	0,242	0,328	0,935	0,927	-0,370
Salinidade (g kg ⁻¹)	0,803	0,562	0,259	0,954	0,928	-0,362
pH	0,533	0,795	-0,688	0,670	-0,760	-0,570
OD (mg L ⁻¹)	-0,835	-0,008	-0,956	-0,197	-0,995	-0,022
Turbidez (NTU)	0,513	-0,829	0,519	-0,766	-0,924	-0,322
TSS (mg L ⁻¹)	-0,959	0,076	-0,577	0,672	0,650	0,670
Fosfato (µmol L ⁻¹)	-0,992	0,089	-0,980	-0,125	-0,981	0,049
Nitrito (µmol L ⁻¹)	-0,995	0,019	-0,972	-0,201	-0,990	0,044
Silicato (µmol L ⁻¹)	0,746	-0,302	0,359	-0,178	0,993	0,005
TOTAL	74,22	16,92	54,41	31,24	82,96	12,78

195

196



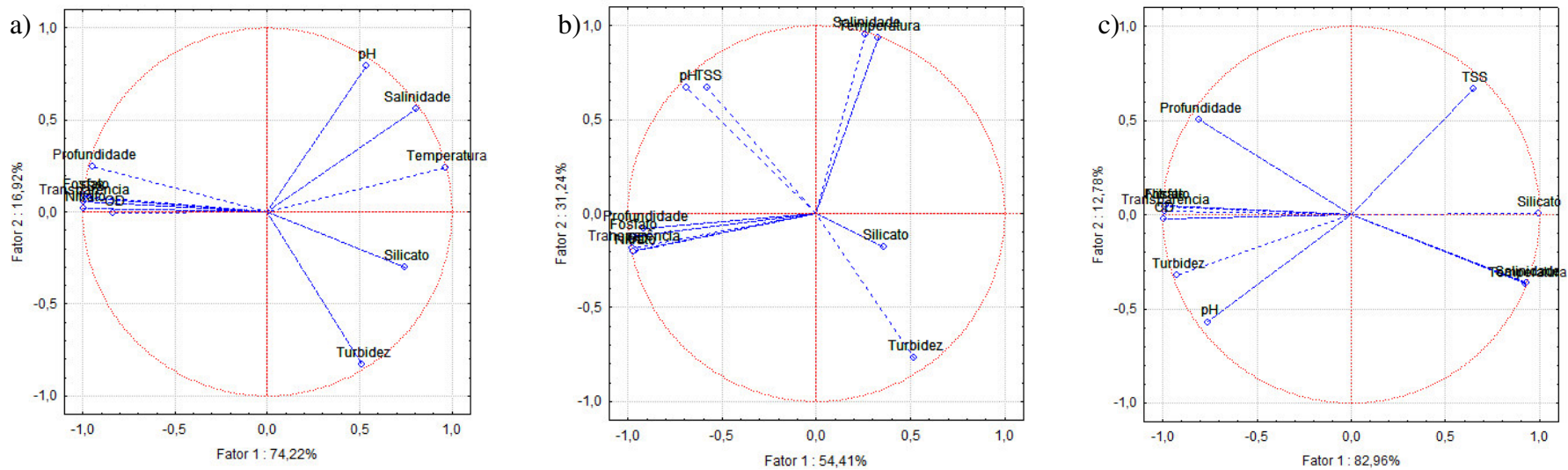
197 Figura 5: Variação sazonal e espacial dos parâmetros físicos e químicos no complexo estuarino do Arraial, durante os períodos chuvoso (mar/abr/14),
 198 transição (jul/14) e estiagem (out/14), em condições de maré de sizygia (SZ) e quadratura (QD): a) Profundidade; b) Transparência; c) Temperatura; d)
 199 Salinidade; e) pH; f) Turbidez; g) TSS; h) OD e sat. OD (%).



200 Figura 6: Variação sazonal e espacial dos nutrientes no complexo estuarino do Arraial, durante os períodos chuvoso (mar/abr/14), transição (jul/14) e
 201 estiagem (out/14), em condições de maré de sizígia (SZ) e quadratura (QD): a) Fosfato; b) Nitrito; c) Silicato.

202

203



204 Figura 7: Representação gráfica das análises de componentes principais (ACP) para os parâmetros físicos e químicos nos períodos de: a) Chuva; b)
 205 Transição, c) Estiagem

206 4 Discussão dos resultados

207

208 Os ambientes estuarinos são, em geral, considerados ambientes rasos. No complexo estuarino
209 do Arraial, não foi observada grande distinção entre os períodos temporais, sendo que ocorreu
210 variação em função da dinâmica das marés e da topografia local, apresentando as maiores
211 profundidades para a maré de quadratura no período de estiagem.

212 Espacialmente, ocorreu um gradiente crescente do rio Perizes ao rio Sampaio, evidenciando
213 as diferenças topográficas da região, onde as menores profundidades se encontram no rio Perizes e
214 as maiores localizadas no rio Sampaio.

215 Bastos et al. (2011) encontraram valores de profundidade máxima de 2,70 m no período de
216 estiagem e de 2,60 m no período chuvoso, no estuário de Ipojuca-PE, os quais correlaciona esses
217 valores com a topografia de fundo e com a amplitude de maré.

218 A variação da transparência da água não mostrou uma diferença nítida entre os três períodos
219 estudados, com valor de transparência um pouco mais elevado durante o período chuvoso. Os baixos
220 valores de transparência estão relacionados à pluviosidade local e à grande quantidade de rios que
221 deságuam neste ambiente, com grande aporte de sedimento para a região, reduzindo a zona eufótica,
222 devido ao material em suspensão liberado para a superfície.

223 Em termos espaciais, foram observadas maiores concentrações no rio Sampaio para o período
224 de chuva e estiagem, ambos em maré de quadratura. Já no período de transição, apenas a Baía revelou
225 um maior valor para a maré de quadratura. O ambiente apresenta baixa transparência, sendo que o
226 maior valor foi 1,49 m, estes baixos valores estão relacionados ao aporte continental elevado, devido
227 à grande quantidade de rios na região, além da pequena profundidade do canal, que favorecem
228 processos de ressuspensão de material de fundo.

229 De acordo com Castro et al. (2014) os menores valores de transparência da água são
230 encontrados nas zonas costeiras, com valores mais evidentes durante o período chuvoso. Ao estudar
231 a região do Golfão Maranhense, Azevedo et al. (2008), encontraram transparência de 18 cm no
232 período chuvoso, associando os baixos valores à turbidez e às macromarés atuantes neste ambiente.
233 Anjos et al. (2012), observaram transparência de 0,2 a 1,7 m no estuário do rio Capibaribe-PE,
234 relacionando a sistemas costeiros rasos, onde frequentemente são submetidos a fatores de
235 interferências de origem antrópica ou natural.

236 A distribuição da temperatura da água mostrou uma discreta variação em função da
237 sazonalidade local, com uma amplitude máxima de 3,7°C neste estudo e com um gradiente
238 decrescente da maré de quadratura para a maré de sizígia, durante os períodos chuvoso e de transição,
239 para ambas as áreas de coleta. Os altos valores de temperatura observados nessas campanhas podem

240 estar associados ao horário de realização das coletas, que foram próximos ou abrangeram o período
241 de maior insolação local (das 12 às 14h), sobretudo durante na 1ª campanha QD.

242 As maiores temperaturas da água foram durante o período de estiagem, quando ocorre a menor
243 precipitação pluviométrica, conseqüentemente, uma maior evaporação, elevando a temperatura
244 superficial da água. Nesta campanha, o gradiente de temperatura observado foi inverso das demais
245 campanhas, sendo maior na maré de SZ do que na QD. Os menores valores de temperatura foram
246 observados no Sampaio, provavelmente pode estar associado com a topografia local, onde o canal
247 deste rio apresenta a maior profundidade.

248 Outros autores também registraram temperaturas da água elevada e com pouca variação
249 sazonal em outros estuários do Nordeste, como encontrado por Feitosa et al. (2014), que ao estudarem
250 o estuário do rio Timbó-PE, observaram uma temperatura de 29°C durante o período de estiagem,
251 associado com a retenção da energia solar pelo solo lamoso. E, Azevedo (2008), ao estudar o golfão
252 maranhense, encontrou valores sazonais entre 27°C a 30°C, associando este valor devido à localização
253 da região em baixas latitudes e as pequenas variações verificadas dependem do grau de insolação e
254 de outras condições meteorológicas.

255 A salinidade variou bastante entre as campanhas, indicando forte controle climático local na
256 distribuição deste parâmetro, aumentando gradativamente do período chuvoso para o de estiagem.
257 No período chuvoso e de transição a salinidade foi menor, uma vez que um maior volume de águas
258 doce aumenta o potencial de dissolução de sais, provocando assim uma redução da salinidade. O
259 inverso foi observado no período de estiagem, com a baixa precipitação e elevada evaporação, além
260 de uma maior intrusão salina, ocorre o aumento da salinidade devido à maior concentração de sais
261 dissolvidos.

262 Em geral, tanto a distribuição espacial, quanto a condicionada pela maré, mostraram-se bem
263 homogêneas durante as 1ª e 3ª campanhas. No entanto, a 2ª campanha apresentou um leve aumento
264 de valores na maré de quadratura. Provavelmente, deve estar relacionado à altura da maré e o horário
265 de coleta, onde o intervalo de coleta ocorreu durante o período de maior insolação, tendo como
266 consequência maior evaporação e maior salinidade.

267 Segundo Silva (2011), a salinidade apresenta grandes variações no espaço e no tempo,
268 principalmente devido ao balanço entre as taxas de evaporação e precipitação, além da descarga
269 fluvial. Estudos realizados por Silva et al. (2009), no estuário tropical do rio Formoso/PE, encontram
270 variação da salinidade de 1,33 a 36,30 g kg⁻¹, observado para o período de coleta. Associaram estes
271 resultados ao regime pluviométrico e ao regime de maré, com os maiores teores sendo registrados nas
272 premares.

273 O pH neste estudo sempre se manteve levemente básico, evidenciando valores mais baixos
274 durante o período de transição, coincidindo com a menor concentração de OD, e pH mais elevado

275 durante o período de estiagem, revelando uma grande influência marinha. Além da intrusão salina,
276 os altos valores de pH também podem estar associados a atividade fotossintética, realizada pela
277 retirada do CO₂ da água pelo fitoplâncton, reduzindo assim, à formação de ácido carbônico elevando
278 os níveis de pH.

279 Espacialmente, tanto na maré de QD, quanto na maré de SZ, a distribuição do pH apresentou
280 um gradiente crescente do rio Perizes ao rio Sampaio para a 2^a e 3^a campanha, sendo maior na maré
281 de QD em todas as campanhas. Os baixos valores de pH no rio Perizes podem estar associados à
282 decomposição da matéria orgânica neste ambiente, ocasionada pelo consumo de OD, diminuindo o
283 pH, que segundo Esteves (1998), isto ocorre devido aos processos de decomposição e respiração, que
284 têm como consequência a liberação de CO₂. Enquanto que no rio Sampaio, os valores foram mais
285 elevados durante todos os períodos, evidenciando uma maior entrada de águas marinhas nesta região.

286 Segundo Santos Junior & Flores Montes (2014), a variação do pH está associada com o ciclo
287 de marés, que elevam o valor de pH, fazendo com que se torne mais básico, como observado por estes
288 autores no estuário do rio Ipojuca/PE, que encontram valores de pH variando entre 7,10 a 8,77,
289 associado os baixos valores à influência fluvial, à produção e degradação da matéria orgânica e ao
290 aumento do material particulado em suspensão. Corrêa (2016), no estuário do rio Mearim/MA,
291 observou valores variando de 7,8 e 8,1 no período de chuva e de 8,1 e 8,2 no período seco, associando
292 estes valores como sendo características da água marinha, confirmados também com os valores de
293 salinidade e oxigênio dissolvido obtidos pela autora nesse estudo.

294 O oxigênio dissolvido (OD) mostrou pequena variação temporal, oscilações ocorreram
295 principalmente em função da maré, com concentrações, em sua maioria, abaixo de 5 mg L⁻¹, ficando
296 com valores abaixo do esperado para um ambiente de características de águas salobras, segundo a
297 Resolução CONAMA N° 357 (2005). Segundo Bastos (2006), o oxigênio é um gás essencial, e seus
298 níveis podem ser usados como indicador da qualidade da água, onde baixas concentrações revelam
299 poluição ou degradação.

300 De acordo com Bianchi (2007), o oxigênio dissolvido é fundamental para a sobrevivência da
301 maioria dos organismos aquáticos e valores ≤ 2 mg L⁻¹ revelam a ocorrência de eventos de hipóxia e
302 anóxia e representam sinais de interesse, uma vez que podem afetar a disponibilidade de nutrientes
303 no meio.

304 Quanto à distribuição espacial, os teores de OD apresentaram valores ascendentes no sentido
305 do rio Perizes ao rio Sampaio, com os menores valores no rio Perizes. Em relação às diferenças de
306 marés, os maiores teores de OD, foram observados durante as marés de QD, onde o alcance de áreas
307 de manguezal alagadas é menor proporcionalmente que as de marés de SZ. Esta distribuição dos
308 teores de OD pode estar relacionada com sua grande demanda para oxidação da matéria orgânica,
309 que são próprios da região em questão, visto que se trata de grandes áreas de manguezais, que

310 conforme a literatura especializada, estas geralmente apresentam características anóxicas, além das
311 contribuições de aportes terrígenos, que também requer grandes concentrações de OD para sua
312 degradação.

313 Outros estudos realizados na região nordeste como o realizado por Martins et al. (2009)
314 atestaram em águas de superfície no estuário do rio Bacanga, São Luís/MA, valores de OD entre 1,41
315 a 5,27 mg L⁻¹ e Santos (2016), encontrou no estuário do rio Mearim/MA valores de OD de 3,5 a 5,7
316 mg L⁻¹ no período seco e de 1,8 a 3,1 mg L⁻¹ no período chuvoso. Ambos os autores associaram os
317 baixos resultados observados ao consumo de oxigênio pelo processo de decomposição da matéria
318 orgânica, oriunda de manguezais adjacentes.

319 A saturação de oxigênio dissolvido (%OD) indica que o oxigênio presente nas águas de
320 superfície no complexo estuarino do Arraial supre a necessidade do ambiente, demonstrando um
321 estuário com disponibilidade de oxigênio, apresentando a maioria dos valores médios acima dos 70%,
322 onde as maiores saturações foram no período de estiagem, que apresentou os maiores teores de OD.
323 Os menores valores foram observados no rio Perizes, principalmente no período chuvoso, que
324 apresentou %OD de 48%, o que provavelmente pode estar relacionado à baixa profundidade da região
325 ou maior consumo no local, além de uma maior entrada de matéria orgânica neste ambiente, pois se
326 espera que no período chuvoso a carga de orgânicos seja mais elevada, devido aos maiores volumes
327 de água continental que chegam ao local.

328 Em geral, os resultados de saturação indicam que o oxigênio presente na água, no momento
329 das campanhas amostrais, supre a necessidade dos organismos aquáticos no complexo estuarino do
330 Arraial. De acordo com Bastos et al. (2005), a solubilidade do oxigênio dissolvido na água varia em
331 função da salinidade e da temperatura, com maior concentração em ambiente limnético do que nos
332 de água salgada. Particularmente, nos estuários as suas concentrações variam mais em função do
333 fluxo e refluxo da maré.

334 Em estudo na região nordeste, Silva et al. (2015) observaram no estuário tropical do Nordeste
335 (Cachoeira/BA), valores de %OD entre 25,3 a 153%, associando com a produção primária e a
336 remineralização aeróbica da matéria orgânica. Feitosa et al. (2014) ao estudarem o estuário do rio
337 Timbó/PE, observaram % OD de acordo com a maré, variando de 41,59% na baixamar e de 170,25%
338 na preamar, associando este resultado ao lançamento constante de efluentes.

339 A turbidez mostrou variação sazonal marcante nas áreas de coleta, revelando picos bastante
340 elevados no período de transição, para a região do rio Perizes e rio Sampaio, e para a região da Baía
341 no período de estiagem. Quanto à distribuição de maré, os maiores valores foram observados para a
342 maré de SZ, podendo ser relacionados com a remobilização de sedimentos de fundo, ocasionados
343 pelo fluxo e refluxo da maré.

344 Em trabalho realizado por Lima (2007) no estuário do rio Jacuípe no litoral norte da Bahia,
345 observou-se durante a preamar, turbidez de 13 NTU e na baixamar 146 NTU, associando este
346 resultado ao processo de floculação, devido à entrada de águas mais salinas na preamar. No entanto,
347 Moura e Nunes (2016), no sistema estuarino do Caeté/PA, no período chuvoso, encontraram valor
348 máximo de 992 NTU e no período seco, máximo de 135 NTU, associando esses valores aos elevados
349 índices de transporte de sedimento durante o período chuvoso na região.

350 Os sólidos totais em suspensão (TSS) apresentou distribuição semelhante à da turbidez,
351 revelando concentrações elevadas durante o período de transição, conseqüentemente foi o período
352 que apresentou a menor transparência. Em relação à condição de maré, as maiores concentrações
353 foram durante a SZ, indicando a ressuspensão do material de fundo causada pelas correntes de maré.
354 Espacialmente as maiores concentrações foram no rio Perizes, associado à baixa profundidade local,
355 causando uma maior ressuspensão pela influência da maré ou até mesmo pela ação dos ventos na
356 região.

357 Altas concentrações de TSS podem estar associadas ao alto dinamismo da região, devido às
358 grandes amplitudes de maré, ocasionando perturbação de fundo fazendo com que haja uma
359 ressuspensão deste sedimento para a superfície e impedindo que o material deposite.

360 Corrêa (2016), ao estudar o estuário do rio Mearim (MA), observou no período chuvoso
361 valores de 121,97 mg L⁻¹ e na estiagem de 300,06 mg L⁻¹, considerando que os valores mais elevados
362 no período de estiagem podem ser resultado do processo de floculação, associado principalmente pelo
363 fluxo e refluxo das marés.

364 As concentrações de fosfato obtidas ao longo dos períodos estudados foram maiores na
365 estiagem, devido à contribuição do material de fundo, disponibilizando o nutriente para a coluna
366 d'água, já que o ambiente é considerado raso e a influência da maré ocorre de forma dinâmica no
367 local, visto que este ambiente não possui indústrias ou áreas residenciais adjacentes que possam
368 contribuir para o aumento do fosfato na região.

369 Quanto à maré, as maiores concentrações de fosfato ocorreram durante a maré de QD, estando
370 associadas às menores diluições promovidas pelas águas mais salinas. Em relação à distribuição
371 espacial, o rio Sampaio foi o que registrou a maior concentração, o que pode estar associado a fontes
372 internas, tais como reciclagem da matéria orgânica no meio. Segundo Silva (2007), o fósforo
373 inorgânico dissolvido pode ser liberado através do sedimento e por difusão vertical, tornando-se
374 disponível à coluna d'água.

375 No geral, os registros de concentrações do fosfato foram menores no período chuvoso,
376 provavelmente, esta diminuição pode estar sendo impulsionada por uma maior entrada de aporte
377 continental, ocasionando uma rápida adsorção do fosfato ao material particulado. Segundo Eschrique
378 (2011), as menores concentrações de fosfato podem estar associadas a maior assimilação pelo

379 fitoplâncton e/ou adsorção ao material particulado, o que pode levá-lo à depositar-se no fundo,
380 passando da fase dissolvida para a fase particulada, ficando indisponível para o consumo da produção
381 primária.

382 Em estuários de outras regiões foram observadas baixas concentrações de fosfato, como no
383 estudo realizado por Souza et al. (2009), no estuário do rio Cachoeira/Nordeste do Brasil, os quais
384 observaram concentrações médias de 0,06 e 3,50 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e associam estes baixos valores
385 encontrados a intensa lixiviação da bacia de drenagem e exportação pelo estuário, associado com a
386 remoção biogeoquímica do fósforo. Grego et al. (2009), ao estudarem o estuário do rio Ariquindá/PE,
387 observaram concentrações de 0,03 e 1,33 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Rodrigues & Cutrim (2010), em três áreas
388 estuarinas da costa nordeste do Brasil/MA, detectaram concentrações de 0,15 a 1,72 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Ambos
389 associam essas concentrações às condições geográficas da região, a mistura da água marinha com a
390 fluvial, bem como ao consumo pelo fitoplâncton.

391 Conforme a distribuição para o período de coleta do nitrito no ambiente em estudo observou-
392 se que as maiores concentrações deste nutriente são encontradas na 1ª campanha (chuva), enquanto,
393 as menores na 3ª campanha (estiagem), nesta última com exceção da região do rio Perizes. As
394 elevadas concentrações de nitrito possivelmente podem estar sendo influenciadas pelo aporte fluvial,
395 carreando grande quantidade de orgânico, uma vez que o nitrito é um produto intermediário e instável
396 das reações de denitrificação e de nitrificação, é comum que suas concentrações sejam, em geral,
397 relativamente mais baixas em relação às outras formas nitrogenadas.

398 Nota-se que na distribuição espacial as maiores concentrações de nitrito se encontram no rio
399 Sampaio seguida do rio Perizes, ambos na maré de QD, que apresentou as maiores concentrações
400 durante a maioria das campanhas realizadas. Estas elevadas concentrações podem estar associadas à
401 maior descarga fluvial, devido ao período de maior precipitação na região e a uma menor diluição
402 das águas marinhas, com foi citado anteriormente, já que as coletas para a maré de QD foram durante
403 a vazante.

404 Santos (2016), em seu estudo no estuário do rio Mearim/MA encontrou valores semelhantes
405 em relação à distribuição sazonal do nitrito, com concentrações no período seco entre 0,02 a 0,42
406 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e de 0,00 a 0,28 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no período chuvoso. A autora associou os altos valores a maior
407 disponibilidade do OD durante este período, devido a uma relação direta entre eles. Ao estudar o
408 estuário do Rio Botafogo (PE), Travassos (2011) encontrou baixos valores de nitrito no estuário, que
409 variou entre mínimo e máximo, respectivamente, de 0,00 a 0,67 $\mu\text{mol L}^{-1}$ na estação chuvosa e de
410 0,00 a 0,29 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no período de estiagem, atribuindo estas concentrações a diluição pela maré
411 durante a preamar.

412 O silicato apresentou uma marcante sazonalidade, mostrando uma distribuição diferenciada,
413 revelando um aumento gradativo entre as campanhas, com menor concentração no período chuvoso

414 e maior no período de estiagem. Esta distribuição do silicato mostra que a maior parte dos aportes
415 continentais pode estar chegando na forma particulada ao ambiente, enquanto que no período de
416 estiagem o silicato é resultante da reciclagem do material no ambiente. Segundo Eschrique (2011),
417 elevados valores de silicato podem estar associados aos processos erosivos e de ressuspensão de
418 material de fundo, devido ao dinamismo da maré.

419 Quanto aos resultados espaciais, apresentaram valores mais elevado no rio Perizes na 1^a e 2^a
420 campanha, revelando uma contribuição de fundo devido a este ambiente ser mais raso em relação aos
421 outros, enquanto que no período de transição as concentrações foram bem semelhantes na Baía e no
422 rio Sampaio, ambos para a maré de SZ, o que pode estar relacionado a maior contribuição de carga
423 de orgânico transportado pela maré de SZ neste ambiente.

424 De acordo com Noriega et al. (2005) o silicato é o nutriente inorgânico que se apresenta com
425 as maiores concentrações nos ambientes estuarinos, devido à sua origem terrígena, sendo utilizado
426 pelas microalgas do grupo das diatomáceas e dos silicoflagelados para formação das suas frústulas.

427 Foi observado por Melo (2007), padrão semelhante de silicato nos estuários do rio
428 Botafogo/PE, apresentando média de 86,74 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no período chuvoso de 105,07 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no
429 período seco, e observou no rio Carrapicho/PE, média de 28,19 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no período chuvoso e de
430 44,78 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no seco, justificando este altos valores à montante do rio, onde há uma maior
431 contribuição continental. Monteiro et al. (2015), ao estudarem o estuário Amazônico obteve
432 concentrações de silicato de 41,46 a 83,10 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no período chuvoso, 23,95 a 49,85 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no
433 intermediário e de 14,98 a 31,13 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no menos chuvoso, essas concentrações estão ligadas a
434 processos físicos de diluição das águas fluviais e também pela intensa lixiviação dos sedimentos,
435 através do intemperismo nas margens do estuário e do manguezal.

436 De acordo com as correlações obtidas pela ACP no período chuvoso, o fator 1 mostra que à
437 profundidade, transparência, OD, TSS, fosfato e nitrito, apresentaram uma boa correlação entre si no
438 período de elevadas precipitações, evidenciando uma maior influência de aportes continentais no
439 complexo estuarino do Arraial, aumentando as concentrações de TSS, contribuindo como fonte de
440 fosfato e nitrito para o estuário. A correlação explicada pelo fator 2 mostrou que a turbidez
441 provavelmente está relacionada a alta pluviosidade durante este período.

442 As correlações observadas no período de transição, evidenciam que o fator 1 apresentou uma
443 correlação significativa com a profundidade, transparência, OD, fosfato e nitrito, evidenciando que o
444 ambiente estuarino ainda se encontra com forte contribuição fluvial, que são comuns durante o
445 período de transição. O fator 2 indicou que a temperatura e a salinidade têm o predomínio de
446 características marinhas.

447 No período de estiagem, o fator 1 evidenciou uma correlação significativa direta entre a
448 temperatura, salinidade e silicato. Normalmente, o silicato e a salinidade se correlacionassem de

449 forma inversa, por isso ele é usado como traçador de aportes terrestres. Porém, esta distribuição não
450 foi observada nesse período, indicando que a fonte desse nutriente no estuário está associada com a
451 reciclagem de material na água, ocasionada pelo fluxo e refluxo das marés, que pela pequena
452 profundidade local, proporcionam maior perturbação do fundo e/ou maior erosão das margens,
453 contribuindo como fonte de silicato neste período.

454

455

456 **5 Conclusões**

457

- 458 1. O complexo estuarino do Arraial é um ambiente que possui baixa profundidade, com águas
459 turvas e temperaturas sempre elevadas ao longo deste estudo, sendo que estas elevadas
460 temperaturas são típicas de regiões de baixas latitudes.
- 461 2. A salinidade mostrou forte controle climático na distribuição de seus valores, apresentando
462 características de águas salobras nas campanhas de chuva e de transição, sendo influenciadas
463 pela precipitação e descarga fluvial, e de águas salinas no período de estiagem, mostrando o
464 domínio de forçantes marinhas.
- 465 3. O pH sempre esteve próximo ao pH marinho; mantendo-se sempre básico em todos os
466 períodos.
- 467 4. A turbidez e o TSS mostraram elevadas concentrações no estuário do Arraial, registrando
468 valores anômalos no período de transição, indicando que estes altos valores podem estar
469 associados com a alta dinâmica e a baixa profundidade da região.
- 470 5. Os resultados de OD e %OD demonstram que embora algumas regiões apresentem
471 concentrações baixas, como as observadas na região do rio Perizes, o complexo estuarino do
472 Arraial não se encontra em situação crítica, devido à alta renovação de suas águas pela maré.
- 473 6. Dentre os nutrientes dissolvidos, o fosfato e silicato apresentaram maiores concentrações no
474 período de estiagem, indicando que o aumento na concentração desses elementos na coluna
475 d'água está associado com a reciclagem biológica e com a hidrodinâmica da região. Enquanto
476 que o nitrito esteve maior no período chuvoso, evidenciando maior influência dos aportes
477 fluviais.

478

479

480 Agradecimentos. A FAPEMA pelo financiamento do projeto “Caracterização hidroquímica das águas
481 flúvio-estuarinas do golfo maranhense, com ênfase à Baía do Arraial (APP-UNIVERSAL 00582/13),” no
482 âmbito da qual essa monografia está inserida.

483

484 **6 Referências bibliográficas**

485

486 ANJOS, L. D. et al. Biomassa fitoplanctônica correlacionada aos fatores hidrológicos no estuário do rio
487 Capibaribe (Recife, Pernambuco, Brasil). *Tropical oceanography*, Recife, v. 40, n. 1, p. 167-184, 2012.

488 APHA, A. P. H. A. Stand methds for examination of water and wastewater. 20th. ed. Washington: Port City
489 Press, 2001. 34-38 p.

490 AZEVEDO, C. G. D.; FEITOSA, A. N.; KOENING,. Distribuição espacial e temporal da biomassa
491 fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. *Acta bot. bras*, v. 22, n. 3, p.
492 870-877, 2008.

493 BASTOS, B.; FEITOSA, A. D. N.; MUNIZ, K. Variabilidade espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica e
494 hidrológica no estuário do rio Una (Pernambuco - Brasil). *Tropical Oceanography*, Recife, v. 33, n. 1,
495 p. 1-18, 2005.

496 BASTOS, R. B. Estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais no estuário do Rio Una-
497 Pernambuco-Brasil. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 93. 2006.

498 BASTOS, R. B. et al. Caracterização de uma zona costeira tropical (Ipojuca-Pernambuco-Brasil):
499 produtividade fitoplanctônica e outras variáveis ambientais. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol*, v. 1, n. 15,
500 p. 01-10, 2011.

501 BIANCHI, T. S. Biogeochemistry of estuaries. Press Inc. ed. [S.l.]: Oxford University, 2007. 706 p.

502 CASTRO, N. F.; FEITOSA, F. A. D. N.; FLORES MONTES, M. D. J. Avaliação das condições ambientais
503 do estuário do rio Carrapicho (itamaracá-PE): biomassa fitoplanctônica e hidrológica. *Tropical
504 Oceanography*, Recife, v. 42, n. 1, p. 77-93, 2014.

505 CORRÊA, M. C. Hidrogeoquímica dos sólidos totais em suspensão no estuário do rio Mearim. Universidade
506 Federal do Maranhão. São Luís, p. 111. 2016. Trabalho de conclusão de curso (graduação em
507 Oceanografia).

508 DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. DHN., 2014. Disponível em: <
509 <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>> Acesso em: 20 Novembro 2014.

510 ESCHRIQUE, S. A. Estudo do balanço biogeoquímico dos nutrientes dissolvidos principais como indicador
511 da influência antrópica em sistemas estuarinos do nordeste e sudeste do Brasil. Universidade de São
512 Paulo. São Paulo, p. 254. 2011. Tese (Dotourado em Ciências, área de Oceanografia química e
513 geológica).

514 ESTEVES, F. D. A. Fundamentos de Limnologia. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

515 FEITOSA, A. D. N. et al. Condições ambientais do estuário do rio Timbó (Pernambuco-Brasil): Biomassa
516 fitoplanctônica e algumas variáveis ambientais. *Tropical Oceanography*, Recife, v. 42, n. 2, p. 156-
517 169, 2014.

518 GRASSHOFF, K.; KREMLING, K. & E. M. Methods of Seawater Analysis. 3rd. ed. Flórida: Verlage
519 Chermie, 1999. 417 p.

520 GREGO, C. K. D. S. et al. Fitoplânctondo ecossistema estuarino do rio Ariquindá (Tamandaré, pernambuco,
521 Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária.. *Atlântica*, Rio Grande, v. 2, n. 31,
522 p. 183-198, 2009.

523 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Dados meteorologicos. INMET. Disponivel em: <
524 <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

- 525 JÚNIOR, G. S. et al. Caracterização da ictiofauna em três canais de maré do estuário do rio Paciência, Ilha de
526 São Luís, Estado do Maranhão. *Arq. Ciência do mar, Fortaleza* , v. 46, n. 1, p. 5-21, 2013.
- 527 LIMA , M. P. Caracterização sedimentológica e dos padrões de circulação e mistura do estuário do rio Jacuípe
528 - Litoral Norte Estado da Bahia. Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 149. 2007. Dissertação
529 de mestrado (em Ciências Geológica).
- 530 LIU, W. C.; CHAN, W. T. Assessing the influence of nutrient reduction on water quality using a three-
531 dimensional model: case study in a tidal estuarine system. *Environmental Monitoring and Assessment*,
532 v. 186, n. 12, p. 8807–8825, December 2014.
- 533 MARTINS, A. G. L. D. A. et al. Quantificação e identificação de *Aeromonas* spp. Em águas de superfícies do
534 estuário do rio Bacanga em São Luís/MA (Brasil). *B.CEPPA, Curitiba*, v. 27, n. 1, p. 107-118 , jan./jun
535 2009.
- 536 MELO, A. A. S. Nutrientes dissolvidos e biomassa primária nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.
537 Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 91. 2007.
- 538 MONTEIRO, D. M.; EL-ROBRINI , ; ALVES , C. C. Dinâmica sazonal de nutrientes em estuário amazônico.
539 *Mercator, Fortaleza*, v. 14, n. 1, p. 151-162, jan./abr 2015.
- 540 MOURA, T. G. D. S.; NUNES, M. P. Caracterização sazonal das águas do sistema estuarino do Caeté
541 (Bragança-PA). *Bol. Inst. Pesca, São Paulo*, v. 42, n. 2, p. 849-860, 2016.
- 542 NORIEGA, C. D. et al. Fluxo de nutrientes inorgânicos dissolvidos em um estuário tropical-Barra da Jangada-
543 PE, Brasil. *Tropical Oceanography, Recife*, v. 33, n. 2, p. 133-145, 2005.
- 544 RESOLUÇÃO nº 357, de 17 de março de 2005. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, março
545 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em:
546 21 Novembro 2016.
- 547 RODRIGUES, E. I.; CUTRIM, M. V. J. Relações entre as variáveis físicas, químicas e fitoplanctônica de três
548 áreas estuarinas da costa norte do Brasil, São José de Ribamar, Cedral e Cajapió, MA. *Arquivos de*
549 *ciências do mar, Fortaleza*, v. 43, n. 2, p. 45-54, 2010.
- 550 SANTOS JUNIOR, A. D. C.; FLORES MONTES, M. D. J. Frações orgânica de carbono, fósforo e nitrogênio
551 em estuários do complexo industrial portuário de Suape, Pernambuco, Brasil. *Tropical Oceanography*,
552 Recife, v. 42, n. 1, p. 1-23, 2014.
- 553 SANTOS, T. T. L. Fluxos de nutrientes dissolvidos para o complexo estuarino do rio Mearim, Maranhão.
554 Universidade Federal do Maranhão. São Luís, p. 76. 2016.
- 555 SILVA , M. A. et al. Dissolved inorganic nutrients and chlorophyll A in an estuary receiving sewage treatment
556 plant effluents: Cachoeira River estuary (NE Brazil). *Environ Monit Assess.*, v. 185, n. 7, p. 5387-5399,
557 Julho 2013.
- 558 SILVA , M. A. et al. Dissolved inorganic nutrients and chlorophyll A in an estuary receiving sewage treatment
559 plant effluents: Cachoeira River estuary (NE Brazil). *Environ Monit Assess*, v. 185, n. 7, p. 5387-
560 5399, Jul 2013.
- 561 SILVA, A. M.; SOUZA, F. L.; ABREU, C. Spatial and temporal variation of dissolved inorganic nutrients,
562 and chlorophyll-a in a tropical estuary in northeastern Brazil: dynamic of nutrient removal. *Braz. j.*
563 *Oceanografia, São Paulo*, v. 63, n. 1, Jan./Mar 2015.
- 564 SILVA, C. A. R. *Oceanografia Química*. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 195 p.
- 565 SILVA, M. A. M. Biogeoquímica dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e biomassa fitoplanctônica no
566 estuário do rio Cachoeira, Ilhéus-BA. Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus, p. 123. 2007.

- 567 SILVA, M. H. D. et al. Seasonal and spatial structure of microphytoplankton in the tropical estuary of Formoso
568 River, Pernambuco State, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, São Paulo, v. 23, n. 2, Apr./June 2009.
- 569 SOUZA, M. F. L. D. et al. Distribuição de nutrientes dissolvidos e clorofila-a no estuário do rio Cachoeira,
570 nordeste do Brasil. *Atlântica*, Rio Grande, v. 1, n. 31, p. 107-121, 2009.
- 571 STRICKLAND, J. D. H. & P. T. R. A practical handbook of seawater analysis. *Bulletin Fisheries Research*
572 Board of Canada, n. 2, 1972.
- 573 SUBHAANAND , S. et al. Intra- and inter-seasonal variability of nutrients in a tropical monsoonal estuary
574 (Zuari, India). *Continental Shelf Research*, Índia, v. 82, p. 9-30, July 2014.
- 575 SUTTI, O. et al. Avaliação do silicato dissolvido como sinalizador de processos erosivos na bacia de drenagem
576 de sistemas estuarinos. *UNISANTA BioScience*, v. 4, n. 2, p. 105-110, 2015.
- 577 TRAVASSOS, R. K. Análise da qualidade ambiental do estuário do rio Botafogo: determinação do índice
578 trófico e componentes do fósforo na coluna da água. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p.
579 93. 2011.
- 580
- 581
- 582

583 **7 ANEXO**

584

585 **Insira aqui o título**

586

587 **Tradução do título**

588

589 Carla Amaral RITTER¹, Pedro Luiz MENDONÇA^{1,2} & Adam SMITH³

590

591 ⁽¹⁾ Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento
592 Gonçalves, 9.500, CEP 91.540-000, Porto Alegre, Brasil. E-mail: xxxx@xxx.593 ⁽²⁾ Centro de Ciência do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Av. dos Astronautas,
594 1.758, CEP 12.227-010, São José dos Campos, SP, Brasil. E-mail: xxxx@xxx.595 ⁽³⁾ Center for Applied Isotope Studies, University of Georgia. 120 Riverbend Road, Athens, GA, 30602,
596 USA. E-mail: xxxx@xxx.

597

598 **Resumo.** Não ultrapassar 20 linhas em fonte 11, espaço simples parágrafo único, sem citações
599 bibliográficas, contendo, de forma concisa, nesta ordem, a problema, os objetivos, os métodos, os
600 resultados e as conclusões.601 **Palavras-chave.** termo 1, termo 2, termo 3, termo 4, termo 5, termo 6

602

603 **Abstract.** Idem instruções do Resumo.604 **Keywords.** Idem instruções do Resumo.

605

606

607 **1 Introdução**

608

609 Insira aqui o texto.

610

611 **2 Área, materiais e métodos**

612

613 Insira aqui o texto.

614

615

616 *2.1 Localização da área*

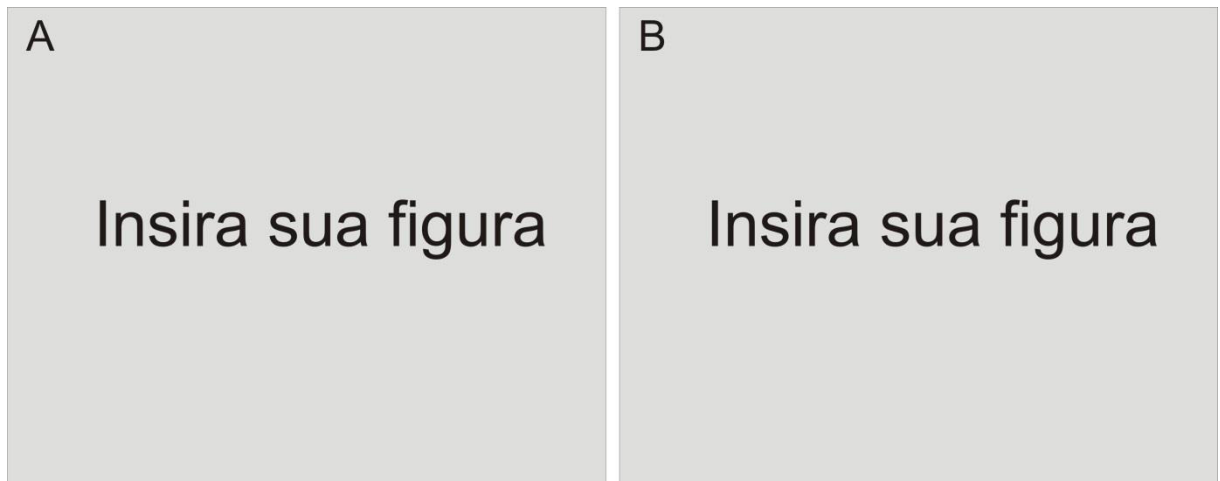
617

618 Insira aqui o texto.

619

620

1. Ao realizar o comando “colar” do Microsoft Word, clicar na opção “Manter somente texto” (ou opção equivalente), de modo a não alterar a formatação deste arquivo.
2. Recomenda-se a construção dos quadros e tabelas na mesma formatação conforme exemplos apresentados aqui.
3. Ao final desta leitura, deletar esta caixa de texto.



621

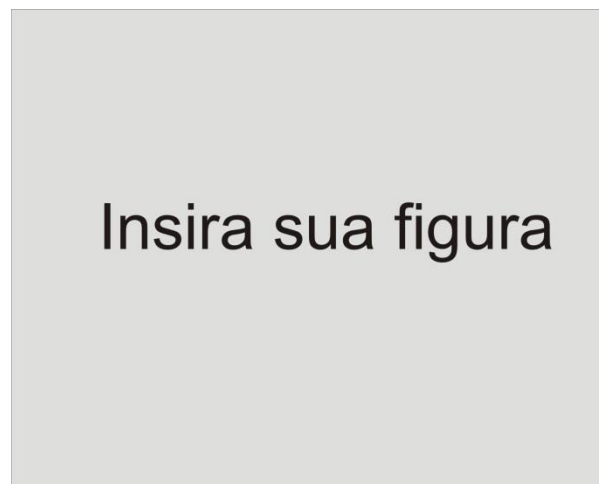
622

623 Figura 1. Mapa de localização. A) Bacia do Parnaíba; B) Localização da área de mapeamento
624 (modificado de Santos & Chang, 2013).

625 *Figure 1. Location map. A) Parnaíba Basin; B) Location of mapping area (modified from Santos &*
626 *Chang, 2013).*

627

628



629

630 Figura 2. Coluna estratigráfica da Supersequência Gondwana I (unidades do Grupo Itararé conforme
631 França & Potter, 1988; unidades suprajacentes de acordo com Schneider et al., 1974; idades conforme
632 Milani et al., 2007 e Holz et al., 2010).

633 *Figure 2. Stratigraphic column of the Gondwana I Supersequence (Itararé Group units according to*
634 *França & Potter, 1988); overlain units are based on Schneider et al., 1974; ages according to Milani*
635 *et al., 2007 and Holz et al., 2010).*

636

637 *2.2 Materiais*

638

639 Insira aqui o texto.

640

641 2.3 Métodos

642

643 Insira aqui o texto.

644

645 2.3.1 Análises xxxx

646

647 Insira aqui o texto.

648

649 2.3.2 Análises xxx

650

651 Insira aqui o texto.

652

653

654 3 Resultados

655

656 Insira aqui o texto.

657

658

659 Tabela 1. Procedência das amostras e dados sobre relação esporos e grãos de pólen.

660 *Table 1. Sampling provenance and data on spores and pollen grains relation.*

661

Amostra	Poço	Profundidade (m)	Esporos (%)	Grãos de pólen (%)
1	2-CA	340,00	24,70	75,30
2	2-CA	370,56	13,60	86,40
3	1-NO	1.427,00	95,03	4,93
4	3-SE	75,98	6,40	93,60

662

663

664 4 Discussão dos resultados

665

666 Insira aqui o texto.

667

668 Quadro 1. Graus de proteção por tipos de cobertura vegetal (modificado de Ross, 1994 e Gouveia et
669 al., 2015).

670 *Chart 1. Degrees of protection for types of vegetation covering (modified from Ross, 1994 and*
 671 *Gouveia et al., 2015).*

672

Tipos de Cobertura Vegetal	Grau de proteção	Código de fragilidade
Florestas/ Matas Naturais/ Florestas Cultivadas com biodiversidade	Muito Alta	5
Formações arbustivas naturais com extrato herbáceo denso mata secundária, capoeira densa, pastagem cultivada com baixo pisoteio, cultivo de ciclo longo como o cacau	Alta	4
Cultivo de ciclo longo em curvas de nível, pastagem com baixo pisoteio, silvicultura de eucalipto com sub-bosques de nativa	Média	3
Cultivo de ciclo longo em baixas densidades café, laranja com solo exposto entre ruas, culturas de ciclo curto arroz, soja e milho com cultivos em curva de nível	Baixa	2
Área desmatada e queimada recentemente, solo exposto por gradeação, ao longo de caminhos e estradas, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas	Muito Baixa	1

673

674

675 **5 Conclusões**

676

677 Insira aqui o texto.

678

679 Agradecimentos. Inserir texto com nomes e instituições, agências de fomento, detalhamento de número de
 680 processo/projeto, quando pertinente. Não inserir títulos acadêmicos (p. ex. Dr., Prof.); não agradecer às
 681 próprias instituições dos autores.

682

683

684 **Referências bibliográficas**

685

686 Andrés, M.F. 2008. Modelización del flujo em acuífero confinado sin discretización
 687 temporal. *Boletín Geológico y Minero*, 119(2): 273-282.

688 Brown, G.C. 1982. Calc-alkaline intrusive rocks: their diversity, evolution and relation to volcanic
 689 arcs. *In: Thorpe, R.S. (Ed.). Andesites: orogenic andesites and related rocks*. London, John
 690 Wiley, p. 437-460.

691

692

693

694