



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTOS DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 670

**DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DOS METAIS NO
MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO-MPS NA
MARGEM DIREITA DA BAIJA DE MARAJÓ, COSTA
AMAZÔNICA, BRASIL**

Apresentada por:

ROBINSON DA CRUZ ANDRADE

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Tavares Kutter (UFPA)

**BELÉM – PARÁ
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A553d Andrade, Robinson da Cruz.
Distribuição geoquímica dos metais no material particulado em suspensão-
MPS na margem direita da Baía de Marajó, Costa
Amazônica, Brasil. / Robinson da Cruz Andrade, . — 2025.
xiv,109f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Vinicius Kutter
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências,
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2024.

1.Sedimento. 2.Metais. 3. Geoquímica. 4. MPS. 5. Baía do Marajó (PA). I.
Título.

CDD 551.908115



Universidade Federal do Pará
Institutos de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DOS METAIS NO
MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO-MPS NA
MARGEM DIREITA DA BAIJA DE MARAJÓ, COSTA
AMAZÔNICA, BRASIL**

Apresentada por:

ROBINSON DA CRUZ ANDRADE

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Geologia,
Linha de Pesquisa de Geologia Marinha e Costeira.**

Data da aprovação: 25 / 03 /2025

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Vinicius Tavares Kutter
(Orientador - UFPA)

Prof. Dr. Manuel Antônio Moreira Ramirez
(Membro - UFPA)

Prof. Dr. Marlon Carlos França
(Membro - IFES)

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Aos meus pais, Robinson e Nilda, pela confiança, apoio e por todo o suporte, tanto financeiro quanto emocional, que foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Agradeço também aos meus irmãos, Rian e Rafael, pelos momentos de descontração que trouxeram leveza aos dias mais difíceis.

Dedico um parágrafo especial à minha mãe, que sempre me incentivou a estudar, a me qualificar e a nunca desistir. Sou profundamente grato pelos inúmeros momentos de conversa e reflexão sobre a vida, por compartilhar comigo os desafios e as emoções que um mestrando enfrenta, e por estar ao meu lado para reclamar das dificuldades e comemorar cada vitória conquistada ao longo desses dois anos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES), pelo fornecimento da bolsa de auxílio para esta pesquisa.

Ao meu orientador, Vinicius Kutter, agradeço pela oportunidade e pelos conselhos sempre amistosos sobre a vida acadêmica e profissional. Sou grato por ter me apresentado a esse incrível mundo da geoquímica, pelos conhecimentos compartilhados, pela atenção e confiança depositada em mim no laboratório. Por tudo isso, serei eternamente grato.

Aos amigos que conquistei ao longo do mestrado, agradeço imensamente à turma da sala 5, que foi meu suporte nos momentos difíceis e também minha fonte de descontração e alegria. O café das 15h renovava minhas energias, e as risadas compartilhadas sempre me traziam calma e força para seguir em frente. Obrigado por acreditarem em mim desde o início.

Em especial, agradeço aos amigos da sala ao lado, o grupo LAIT, que me acolheu com carinho e esteve presente em tantas conversas pós-almoço. Um agradecimento especial ao Gustavo, um oceanógrafo incrível e torcedor do Paysandu (o melhor time do Norte), pelas conversas inspiradoras e orientações que me ajudaram a compreender o que é ser um grande oceanógrafo.

Aos meus amigos Luana Morais, Adrielle Lopes e Jackson Barros, agradeço pela parceria e amizade. Juntos, enfrentamos esse novo e empolgante caminho em nossas vidas acadêmicas, sempre sustentados por cervejas e boas conversas, mesmo quando a distância se fazia presente. Sou grato por tudo que compartilhamos nessa jornada.

À CCMAR gestor do Ciências do Mar e a SECIRM da Marinha do Brasil.

A todos os mestres do PPGG, que contribuíram com a minha formação acadêmica e profissional.

A coordenação e Secretaria do PPGG por serem solícitos em diversos momentos.

E a todas as outras pessoas que já passaram pela minha vida e que direta ou indiretamente participaram desta conquista e me transformaram na pessoa que sou hoje.

"Os ventos não podem ser controlados, mas é sempre possível ajustar as velas. Persistir é saber reconhecer o momento certo para mudar a rota e traçar novas estratégias rumo ao destino."

RESUMO

A Baía de Marajó, localizada na região amazônica, é um dos maiores sistemas estuarinos brasileiros, influenciada pelos rios Amazonas e Tocantins, com intensa hidrodinâmica e processos físico-químicos que afetam a distribuição de metais. Este estudo teve como objetivo analisar as concentrações e distribuição dos elementos Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti e Ca no material particulado em suspensão (MPS) da margem direita da Baía de Marajó, correlacionando os resultados com fatores ambientais como salinidade, pH e hidrodinâmica local. As amostras foram coletadas em três pontos estratégicos – Icoaraci (Ponto 1), Ilha de Mosqueiro (Ponto 2) e Colares (Ponto 3) – durante duas campanhas realizadas entre abril e maio de 2023. Utilizou-se uma garrafa Van Dorn para amostragens na superfície e a 20 metros de profundidade, abrangendo o ciclo completo das marés. O material particulado foi filtrado em filtros de acetato de celulose (0,45 µm) e analisado por espectrometria de fluorescência de raios X para determinação quantitativa dos elementos. Dados físico-químicos, como temperatura, pH, salinidade e Eh, foram adquiridos com sondas Multiparâmetros e dados de corrente pelo ADCP. A análise estatística incluiu testes de Kruskal-Wallis, correlações de Pearson e Boxplot. Os resultados revelaram que as concentrações de MPS variaram significativamente entre os pontos. No ponto 3 (Colares), observaram-se as maiores concentrações na superfície (0,278 mg/L), indicando menor energia hidrodinâmica e maior deposição de sedimentos finos, favorecidos pela intrusão salina e pela floculação de metais. Já o ponto 1 (Icoaraci) apresentou as menores concentrações, sugerindo maior remoção de sedimentos devido à influência da dinâmica de maré e descarga fluvial. O teste de Kruskal-Wallis evidenciou diferenças significativas entre os pontos na superfície, principalmente para os elementos Mg, Al, Ti, V, Cr, Fe e Zn. Em profundidade, apenas Mg e Zn apresentaram variações significativas. As correlações de Pearson demonstraram associações fortes entre Fe, Cr, Mn e Zn no ponto 3, sugerindo transporte conjunto desses metais, controlado por processos de adsorção em óxidos de ferro e manganês, especialmente em condições de baixa energia. O comportamento geoquímico observado evidencia que a hidrodinâmica e os processos de intrusão salina são fatores-chave na distribuição espacial e vertical dos metais na Baía de Marajó. Conclui-se que a Baía de Marajó apresenta um ambiente estuarino altamente dinâmico, onde a deposição e o transporte de metais no MPS são controlados por processos físicos, como variações hidrodinâmicas, e químicos, como a floculação em ambientes salinos. Os resultados obtidos contribuem para o conhecimento dos processos geoquímicos na região amazônica, fornecendo subsídios importantes para a gestão ambiental e a preservação dos ecossistemas locais.

Palavra-chave: sedimento; metais; geoquímica; MPS; baía do Marajó (PA).

ABSTRACT

The Marajó Bay, located in the Amazon region, is one of the largest estuarine systems in Brazil. It is influenced by the Amazon and Tocantins Rivers, with intense hydrodynamics and physico-chemical processes that affect metal distribution. This study aimed to analyze the concentrations and distribution of the elements Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti, and Ca in suspended particulate matter (SPM) from the right margin of Marajó Bay, correlating the results with environmental factors such as salinity, pH, and local hydrodynamics. Samples were collected at three strategic points— Icoaraci (Point 1), Mosqueiro Island (Point 2), and Colares (Point 3) — during two campaigns carried out between April and May 2023. A Van Dorn bottle was used for surface and 20-meter depth sampling, covering the complete tidal cycle. The particulate material was filtered using cellulose acetate filters (0.45 μm) and analyzed by X-ray fluorescence spectrometry for quantitative determination of the elements. Physico-chemical data such as temperature, pH, salinity, and Eh were obtained using multiparameter probes, and current data using ADCP. Statistical analysis included Kruskal-Wallis tests, Pearson correlations, and boxplots. The results revealed significant variations in SPM concentrations among the sampling points. At Point 3 (Colares), the highest concentrations were observed at the surface (0.278 mg/L), indicating lower hydrodynamic energy and greater deposition of fine sediments, favored by saline intrusion and metal flocculation. Point 1 (Icoaraci) showed the lowest concentrations, suggesting higher sediment removal due to tidal dynamics and river discharge. The Kruskal-Wallis test indicated significant differences among surface samples, especially for Mg, Al, Ti, V, Cr, Fe, and Zn. At depth, only Mg and Zn showed significant variations. Pearson correlations revealed strong associations between Fe, Cr, Mn, and Zn at Point 3, suggesting co-transport of these metals, likely governed by adsorption onto iron and manganese oxides, particularly under low-energy conditions. The observed geochemical behavior highlights that hydrodynamics and saline intrusion are key factors controlling the spatial and vertical distribution of metals in Marajó Bay. It is concluded that Marajó Bay is a highly dynamic estuarine environment, where the deposition and transport of metals in SPM are controlled by both physical processes, such as hydrodynamic variation, and chemical processes, such as flocculation in saline environments. The findings contribute to the understanding of geochemical processes in the Amazon region and provide valuable insights for environmental management and the preservation of local ecosystems.

Keywords: sediment; metals; geochemistry; SPM; Marajó Bay (PA, Brazil).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Mapa com os pontos de coleta das amostras realizadas no Ciências do mar II.	5
Figura 2-Mapa da divisão hidrográficas do estado do Pará. Fonte: Mppa (2012)	7
Figura 3-Garrafa de <i>Van Dorn</i> utilizada na coleta	8
Figura 4-Garrafa PEAD de 1 litro utilizada na armazenagem da amostra.	8
Figura 5-Sondas Multiparâmetros marca Horiba	9
Figura 6-Filtração utilizando bomba a Vácuo para análise gravimétrica. Fonte: autoral	9
Figura 7-Esquema de funcionamento do ADCP (Preste 2013).	10
Figura 8-: Transmissão e dispersão de um pulso acústico (Simpson 2001).	11
Figura 9-espectrômetro de fluorescência de raio X (Epsilon 3X Panalytical)	12
Figura 10-Pastilha monitora Fluxana FLX-c3 utilizada calibração do equipamento.	12
Figura 11-Mapa da geologia regional da Baía de Marajó	18
Figura 12-mapa batimétrico da Baía de Marajó. Fonte: Adaptado de (Correa 2005).	19
Figura 13-Carta Sedimentológica do rio Pará. Fonte: Adaptado (Martins 2010).	23
Figura 14-conceitos básicos dos Ciclos de deposição/ressuspensão. Fonte:Adaptado de (Mehta <i>et al.</i> 1989).	24
Figura 15-Distribuição do material particulado em suspensão com a maré no ponto 1 (Icoaraci).	26
Figura 16-Distribuição do material particulado em suspensão com a maré no ponto 2 (Mosqueiro).	26
Figura 17-Distribuição do material particulado em suspensão com a maré no ponto 3 (colares).	27
Figura 18-Dados de temperatura e pH do ponto 1 (Icoaraci)	28
Figura 19-Dados de Salinidade (%) e Eh (Milivolts) do ponto 1 (Icoaraci)	28
Figura 20-Dados de temperatura e pH do ponto 2 (Mosqueiro)	29
Figura 21-Dados de Salinidade (%) e Eh (Milivolts) do ponto 2 (Mosqueiro)	30
Figura 22-Dados de temperatura e pH do ponto 3 (Colares)	31
Figura 23-Dados de Salinidade (%) e Eh (Milivolts) do ponto 3 (Colares)	31
Figura 24-Magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 8 às 17 horas no ponto 1 (Icoaraci) ponto 1	32
Figura 25-Magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 11 às 12 horas em mosqueiro (ponto 2).	33

Figura 26-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 12 às 13 horas em mosqueiro (ponto 2).....	33
Figura 27-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 13 às 14 horas em mosqueiro (ponto 2).....	33
Figura 28-Magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 14 às 15 horas em mosqueiro (ponto 2).....	34
Figura 29-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 7 às 19h no ponto 3 (Colares).	34
Figura 30-Direção da Velocidade da água das 7 às 17 horas no ponto 1 (Icoaraci)	35
Figura 31-Direção da Velocidade da água das 11 às 12 horas no ponto 2 (mosqueiro). 35	
Figura 32-Direção da Velocidade da água das 12 às 13 horas no ponto 2 (mosqueiro). 36	
Figura 33-Direção da Velocidade da água das 13 às 14 horas no ponto 2 (mosqueiro) 36	
Figura 34-Direção da Velocidade da água das 14 às 15 horas no ponto 2 (mosqueiro). 36	
Figura 35-Direção da Velocidade da água das 7 às 19 horas no ponto 3 (Colares)	37
Figura 36-Normalidade utilizando o teste Shapiro-Wilk no Al	38
Figura 37-Normalidade utilizando o teste Shapiro-Wilk no Mg.....	38
Figura 38-Gráfico <i>Boxplot</i> dos elementos em cada ponto superfície e meia água.....	44
Figura 39-Perfil Batimétrico do Ponto de Coleta 1 com Direções SE-NW no Canal de Mosqueiro (CM), a linha no gráfico representa o local da coleta de dados.	48
Figura 40-Perfil Batimétrico do Ponto de Coleta 2 com Direções SE-NW no Canal do rio Pará (CP), a linha no gráfico representa o local da coleta de dados.....	48
Figura 41-Perfil Batimétrico do Ponto de Coleta 3 com Direções SE-NW no canal do espadarte (CE), a linha no gráfico representa o local da coleta de dados e junto com barra seca (BS) e a barra da muriçoca a (BM).....	49

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVOS GERAL	3
3 JUSTIFICATIVAS	4
3.1 JUSTIFICATIVA	4
4 ÁREA DE ESTUDO	5
4.1 LOCALIZAÇÃO.....	5
4.2 METODOLOGIA.....	6
4.3 PROCESSAMENTOS DOS DADOS ADQUIRIDOS	10
4.3.1 Processamentos dos dados de físico-químico	10
4.3.2 Coleta e processamento dos dados ADCP	10
4.3.3 Concentração total dos elementos Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti e Ca no material particulado	12
4.3.4 Quantificação do material particulado em suspensão (MPS)	12
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	13
4.4.1 Método estatístico de correlação de <i>Kruskal-Wallis</i>	13
4.4.2 Análise estatística: <i>Exploration Data Analysis (EDA)</i> e <i>Boxplot</i>	14
5 ESTADO ATUAL DO CONHECIMENTO	16
5.1 GEOLOGIA REGIONAL	16
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA BAIÁ DE MARAJÓ	18

5.2.1 Clima	19
5.3 HIDRODINÂMICA E SEDIMENTOLOGIA	20
5.4 SALINIDADE.....	21
5.5 PROCESSOS SEDIMENTARES E MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO (MPS) E SUA IMPORTANCIA.	21
6 RESULTADOS	25
6.1 CONCENTRAÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENÇÃO COM A MARÉ.....	25
6.2 DADOS FISICO-QUIMICOS NOS 3 PONTOS	27
6.3 VELOCIDADE E DIREÇÃO DA CORRENTE NOS 3 PONTOS.....	32
6.3.1 Velocidade da corrente nos 3 pontos	32
6.3.2 Direção da corrente nos 3 pontos	34
6.4 ANALISES ESTATISTICAS DE <i>KRUSKAL-WALLIS</i> NOS 3 PONTOS	37
6.4.1 Analise de <i>Kruskal Wallis</i>	39
6.5 <i>BOXPLOT</i> FUNDO E SUPERFICIE	39
6.5.1 Concentração de elementos por localidade	40
6.5.2 Correlação dos elementos por localidade	41
7 DISCUSSÃO	45
7.1 CONCENTRAÇÃO DE MPS NOS 3 PONTOS DE COLETA	45
7.1.1 Ponto 1	45
7.1.2 Ponto 2	46
7.1.3 Ponto 3	47
7.1.4 Perfis Batimétricos dos pontos de coleta	47
7.2 <i>KRUSKAL-WALLIS</i> NOS 3 PONTOS	49
7.3 <i>BOXPLOT</i> EM SUPERFICIE E A MEIA ÁGUA	50
7.3.1 Correlação dos elementos em superfície e meia água	52
7.3.2 Concentração e geoquímica dos elementos por localidade	53

7.4 INTERPRETAÇÃO COMPARATIVA DOS ELEMENTOS (Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti, Ca) DOS PONTOS DE COLETA E DIFERENTES SISTEMAS FLUVIAIS.....	55
7.4.1 Elementos Majoritários Mg, Mn, Al, Fe e Ca.....	55
7.4.2 Elementos Traços V, Cr, Ti e Zn.....	57
7.5 COMPARAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES QUÍMICAS DOS ELEMENTOS SUSPENSOS NOS RIOS AMAZONICOS COM DADOS GLOBAIS E LOCAIS	59
7.5.1 Composição química dos sedimentos suspensos nos rios do mundo.....	60
7.5.2 Distribuição e Concentrações dos elementos Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti e Ca.....	62
8 CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICE A -VELOCIDADE DA CORRENTE NOS 3 PONTOS.....	72
APÊNDICE B - RESULTADOS <i>KRUSKAL-WALLIS</i> DOS 3 PONTOS EM SUPERFICIE	80
APÊNDICE C - DADOS COMPARATIVOS E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS SEDIMENTOS SUSPENSOS.....	100

1 INTRODUÇÃO

A demanda por energia renovável para combater as mudanças climáticas têm resultado em maior exploração e consumo de metais resultando em maior descarte destes no ambiente (Habib *et al.* 2020, Watari *et al.* 2021). Alguns metais são nutrientes essenciais, entretanto, em determinadas espécies químicas, eles podem ser tóxicos a vida (Trevizani *et al.* 2023). Estudos indicam um aumento de alguns metais no Atlântico Sul, provenientes de fontes naturais e antropogênicas (Kutter *et al.* 2022). O Hemisfério Sul abriga 800 milhões de pessoas (~12% da população global), com falta de tratamento de efluentes e grandes cidades costeiras que aumentam o impacto sobre o oceano.

Considerando o papel dos oceanos na Agenda 2030, para o desenvolvimento sustentável, especialmente através do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 – Vida na Água. É crucial intensificar os esforços para conhecer melhor os recursos dos oceanos no Hemisfério Sul, e os metais são prioridade devido a lacuna de conhecimento (Hatje 2021).

Neste contexto, destaca-se a baía do Marajó situada na região Amazônica, a qual é um dos maiores sistemas estuarinos brasileiros, com aproximadamente 285 km, desde o estreito de Breves até sua foz, com uma distância entre margens que pode alcançar até 80 km na desembocadura. Este sistema apresenta uma complexidade única, regido pelo regime de maré semidiurno, variando de meso (2 a 4 metros) a macromaré (4 a 6 metros), e caracteriza-se por uma vazão intensa de água doce (Prestes 2017, Rosário 2016). As margens deste estuário, está situada a região metropolitana de Belém (1.303,403 habitantes), a qual ocupa a 2ª posição, dentre as cidades mais populosas da Amazônia. Esta região possui baixa cobertura de saneamento básico, com apenas 3% do esgoto sendo tratado, sendo o efluente urbano lançado in natura na baía. A baía do Marajó possui um importante papel econômico-social para comunidade Amazônica, servindo de via de navegação e área de pesca. Além disso, o estado do Pará é responsável pela produção pesqueira de 150 mil toneladas/ano, onde 140 mil Ton/ano oriundas da pesca e 10 mil Ton/ano da aquicultura, sendo o estuário do Marajó e região costeira as principais áreas produtoras (Fiepa 2020)

A baía de Marajó destaca-se devido a sua grande vazão, variando a intensidade conforme os períodos secos e chuvosos, e corrente de maré semidiurna. A sua descarga de água doce no oceano varia de 300.000 m³/s durante a maré vazante e 200.000 m³/s

durante a maré enchente (Prestes *et al.* 2017). Essa descarga ajuda no grande aporte de sedimentos em suspensão para o oceano com uma importante contribuição de nutrientes e elementos químicos para área costeira fornecendo um recurso direto para espécies estuarinas comercialmente importantes de peixes.

Somado a isto, nas últimas décadas (1979-2018) têm sido registrada uma amplificação do ciclo sazonal, levando a sazonalidades aumentadas tanto na vazão do rio Amazonas quanto na salinidade oceânica. Esta intensificação do ciclo hidroclimatológico pode se desenvolver no sistema acoplado atmosfera-terra-oceano da Amazônia, favorecendo condições terrestres e marinhas mais extremas (Liang *et al.* 2020). Ademais, Fagundes *et al.* (2023) aponta que 51% dos principais rios da América do Sul experimentaram mudanças significativas no transporte simulado de sedimentos durante 1984 - 2019, com 36% devido ao desmatamento da Amazônia e represamento de rios e 15% devido a mudanças na precipitação. Também estimaram uma redução de 10% na entrega média de sedimentos para os oceanos.

A análise geoquímica de material particulado em suspensão em ambientes fluviais, estuarinos e costeiros revela importantes informações sobre suas origens e as alterações na bacia hidrográfica, influenciadas tanto por fatores naturais quanto por ações humanas.

Compreender os processos geoquímicos e biogeoquímicos para entender as possíveis variações geográficas e temporais recentes dos teores dos elementos (Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti e Ca) nos estuários é essencial para entender suas dinâmicas ambientais. Nutrientes, metais traço desempenham papéis fundamentais no equilíbrio ecológico e podem ter tanto impactos ecológicos quanto toxicológicos, especialmente em áreas de alta concentração. No caso da Baía de Marajó, o conhecimento sobre o comportamento desses elementos é crucial para uma futura gestão local e para entender processos que podem afetar o ecossistema, como a ciclagem biogeoquímica, transporte e sedimentação, bioacumulação na cadeia alimentar e alterações físico-químicas do ambiente. Esses processos podem influenciar a disponibilidade de nutrientes, a estabilidade de habitats e a qualidade da água, além de serem impactados por atividades humanas, como descargas industriais e urbanas, que aumentam a contaminação. Entender essas dinâmicas é crucial para a gestão ambiental e a preservação dos ecossistemas locais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAL

- Oferecer informações sobre a concentração e distribuição dos elementos Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti, K, Ca Si, P, S e Cl na margem direita da baía de Marajó presentes no material particulado em suspensão em período chuvoso.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Descrever o comportamento geoquímico e espacial dos metais Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti, K, Ca Si, P, S e Cl no MPS;
- Investigar como a correlação entre Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti, K, Ca Si, P, S e Cl variam em função dos fatores ambientais nos diferentes pontos de coleta, de modo a identificar processos geoquímicos ou fontes comuns desses elementos

3 JUSTIFICATIVAS

3.1 JUSTIFICATIVA

Ocorrências extremas ligadas às mudanças climáticas servem como um alerta para os principais incidentes que podem ocorrer na região amazônica. Nesse contexto, os eventos resultantes das atividades antrópica no ecossistema se manifestam gradualmente (Fagundes *et al.* 2023, Martinez *et al.* 2009).

O Rio Amazonas, o maior do mundo em descarga hídrica e área de drenagem, transporta anualmente cerca de $1,2 \times 10^9$ toneladas de sedimentos dos Andes, compostos majoritariamente por silte e argila, sendo responsável por 80% dos sedimentos depositados no Atlântico Equatorial, o estreito de Breves liga o Rio Amazonas a Baía e Marajó contribuindo com esse aporte na qual a região apresenta um valor médio de vazão (Q) estimado de $20.946 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Lara *et al.* 1997, Preste *et al.* 2020).

Embora muitos estudos sejam realizados sobre o aporte sedimentar e geoquímico do Rio Amazonas, a Baía de Marajó também desempenha um papel significativo nesse processo, contribuindo com fluxo de sedimentos e geoquímicos que chegam ao oceano. No entanto, essas contribuições ainda são pouco exploradas. O crescente influxo de sedimentos, que anualmente deposita uma camada substancial, pode prejudicar o equilíbrio do aporte sedimentar e comprometer a interação entre as águas superficiais, oceano profundo e o ciclo geoquímico (Fagundes *et al.* 2023, Martinez *et al.* 2009).

Nos estudos de Holanda (2010) demonstrou o comportamento de duas localidades em estuários que se interligam, um dos pontos de coleta foi o lado oeste da Baía de Marajó e demonstrou o comportamento geoquímico do sedimento de fundo revelando a concentração de metais Fe, Cr, Zn, Cu e Ni em áreas de sedimentos mais finos.

Desta forma entender como se comporta o Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti no MPS na margem leste será importante para compreender os processos geoquímicos e biogeoquímico visando e compreender a grande produtividade da região e seus impactos em baixa e altas concentrações nos sedimentos em suspensão, como realizado no estudo de Cavalcante (2021).

4 ÁREA DE ESTUDO

4.1 LOCALIZAÇÃO

O Baía De Marajó apresenta uma extensão longitudinal 285 km. O rio estende-se da Baía das Bocas, localizada na região sul da ilha de Marajó, até a foz, a qual deságua a plataforma continental amazônica (Mascarenhas *et al.* 2016). O rio ao longo do seu percurso recebe contribuição hídrica do seu principal afluente, o rio Tocantins (Prestes 2020). Contribuindo com a descarga nesse estuário, o rio Moju, Acará e Guamá apresentam considerada influência na descarga, além do rio Amazonas que influencia através do estreito de Breves (Costa 2014).

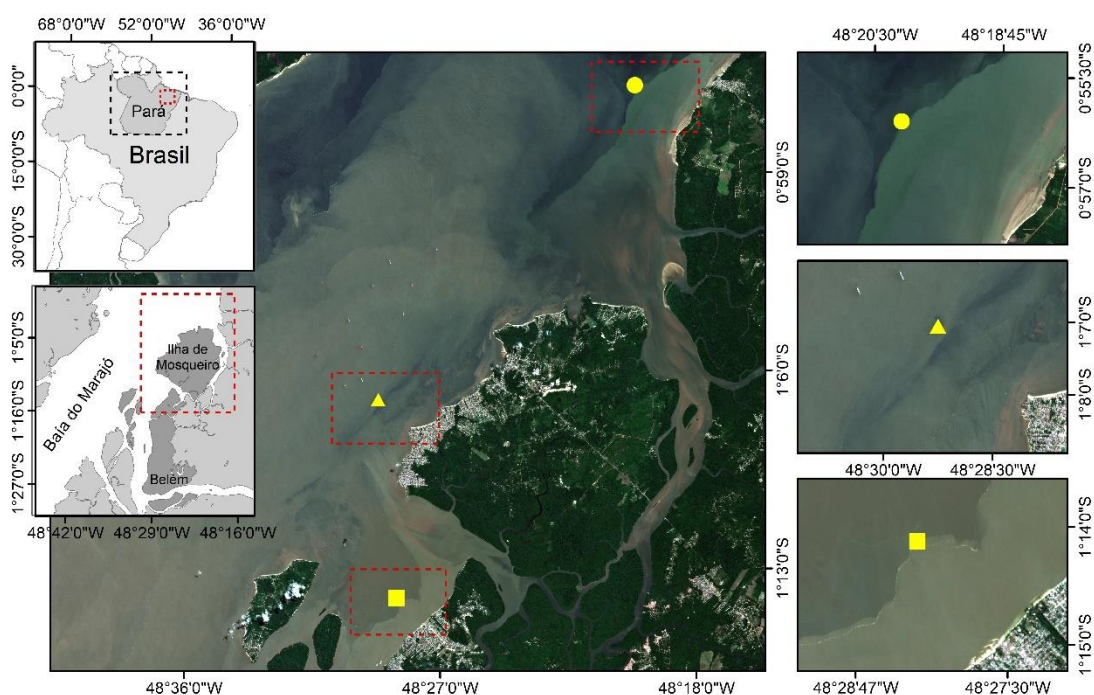


Figura 1-mapa com os pontos de coleta das amostras realizadas no Ciências do mar II

A região é influenciada por uma maré semidiurno variando de meso (2 - 4m) a macro maré (> 4) apresentando uma grande descarga de água doce vinda ao longo do rio Pará (Preste *et al.* 2017). A intrusão salina no estuário chegar até 35 km da foz, apresentando valores de salinidade que variam de 22 na margem direita e 11 na margem esquerda (Rosário 2016).

4.2 METODOLOGIA

As amostras de MPS nos 3 pontos foram coletadas na Baía de Marajó na margem direita a bordo do Ciências do Mar II em 1 campanha e seguiu o protocolo de análises *Cookbook Geotraces* (Cutter *et al.* 2017). A campanha foi realizada entre 29 de abril e 1º de maio e de 15 a 17 de maio de 2023. Em cada ponto, realizou-se fundeio durante um ciclo de maré, com coletas de MPS na superfície e em profundidade, visando aproximadamente 20 m. As profundidades variaram entre os pontos (14 a 20 m, conforme dados do ADCP), sendo a coleta de fundo ajustada conforme a lâmina d'água disponível no momento da operação. A área de amostragem foi em pontos estratégicos ao longo da Baía (Figura 1), todos os pontos foram coletados em canais seguindo a carta náutica disponibilizada no site da marinha.

A localização da área de estudo é marcada pela intersecção entre a Região Hidrográfica da Costa Atlântica Nordeste e a Região Hidrodinâmica de Portel-Marajó, como evidenciado na Figura 2 . Essa região possui particularidades que refletem a influência de dois sistemas hidrodinâmicos: por um lado, a dinâmica local própria da Baía de Marajó e, por outro, a significativa contribuição hídrica advinda do seu maior afluente, o rio Tocantins, pertencente à Região Hidrodinâmica do Tocantins-Araguaia. Essa confluência de influências contribui para a variabilidade físico-química dos parâmetros analisados, proporcionando um contexto singular para a interpretação dos dados e a compreensão dos processos que regem a dinâmica da área de estudo.



Figura 2-mapa da divisão hidrográficas do estado do Pará. Fonte: (Mppa 2012)

O ponto 1 localizado próximo de Icoaraci foi escolhido devido a seu posicionamento, na qual pega toda descarga da baía de Guajará e do furo Maguari junto com a descarga vinda da região metropolitana. O ponto 2 localizado perto da ilha de Mosqueiro foi escolhido devido a descarga rio Tocantins o maior afluente da Baía. Já o ponto 3 localizado próximo de Colares foi escolhido pois abrange toda a descarga dos pontos anteriores.

A Bordo foram coletadas as amostras de MPS utilizando a garrafa de Van Dorn de 5 litros (Figura 3) na qual analisou os aspectos físico-químicos a cada hora em um ciclo de maré logo em seguida as amostras foram armazenadas em garrafa de 1 litro de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) (Figura 4) para filtragem do MPS, a bordo foram filtradas utilizando o filtro de acetato de celulose com poro de 0,45 μm previamente pesado.



Figura 3-Garrafa de *Van Dorn* utilizada na coleta.



Figura 4-Garrafa PEAD de 1 litro utilizada na armazenagem da amostra.

A aquisição de dados físico-químicos foi realizada em campo com uma sonda multiparâmetro da marca Horiba (pH, Condutividade elétrica, Sólidos totais dissolvidos-tds (mg/L), Unidade Prática de Salinidade (PSU), Temperatura (°C), oxigênio dissolvido

OD, Potencial de Oxidação-Redução ORP) (Figura 5) utilizado nas campanhas de coleta previamente calibrada, coletando pH, salinidade, temperatura. A filtração do MPS foi adquirida a bordo logo depois a coleta pelo método de gravimetria, utilizando uma bomba de vácuo (Figura 6). O MPS foi retido em filtros de membrana de acetato de celulose de 0.45 μm . Os filtros foram acondicionados em placas de Petry com tampa e mantidos sobre refrigeração. Posteriormente, no laboratório, os filtros foram mantidos em dessecador com sílica gel ativada a temperatura ambiente, até completa secagem.



Figura 5-Sondas Multiparâmetros marca Horiba



Figura 6-Filtração utilizando bomba a Vácuo para análise gravimétrica. Fonte: autoral

4.3 PROCESSAMENTOS DOS DADOS ADQUIRIDOS

4.3.1 Processamentos dos dados de físico-químico

Os dados de pH, temperatura e condutividade elétrica adquiridos pelas sondas multiparâmetro foram organizadas em planilha no software Excel na qual também foram analisadas

A conversão da salinidade foi realizada em Excel e foi convertida em partes por mil (‰) seguindo as conversões feitas por Lewis & Perkin (1978) devido a facilidade de cálculo e interpretação.

4.3.2 Coleta e processamento dos dados ADCP

O ADCP é um equipamento utilizado para medir a velocidade das correntes de água, funcionando também como um fotômetro para determinar o perfil da coluna d'água. Além disso, é empregado em levantamentos para registrar a trajetória e a posição do barco. Durante o estudo, ele foi instalado a bordo do navio Ciências do Mar II e utilizado nos três pontos de coleta. Em cada ponto, foi realizado um fundeio de 12 horas, cobrindo o ciclo completo da maré, conforme ilustrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

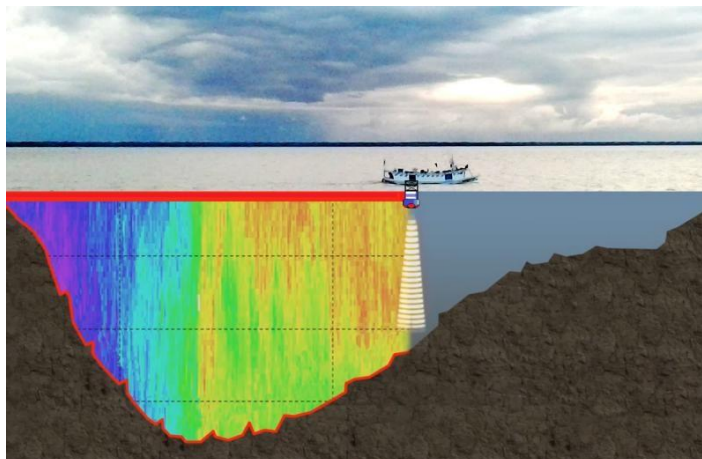


Figura 7-Esquema de funcionamento do ADCP (PRESTE, 2013).

O *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) é um dispositivo que utiliza o efeito Doppler para medir a vazão de um rio por meio de perfis de correntes coletadas em tempo real. Seu funcionamento baseia-se na emissão de pulsos acústicos por uma sonda, que posteriormente capta a energia refletida de volta para os transdutores. Essa reflexão ocorre devido às partículas de sedimento suspensas na água, que se deslocam junto com o fluxo (Figura 8).

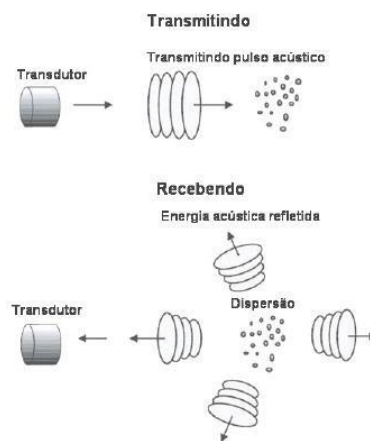


Figura 8-: Transmissão e dispersão de um pulso acústico (Simpson, 2001).

A frequência do sinal refletido é alterada devido ao efeito Doppler, e a magnitude dessa mudança está diretamente relacionada à velocidade do deslocamento ao longo dos feixes acústicos. O equipamento converte essas variações de frequência em medidas da velocidade da água.

As partículas em movimento na água geram variações detectadas pela sonda, que as registra em função da profundidade para calcular a velocidade da corrente em até 128 pontos diferentes ao longo da coluna d'água (RDI, 1989). Com esses dados, o dispositivo cria um perfil vertical da coluna d'água, define o perfil da seção transversal e registra a posição do barco em relação à seção. Cada perfil vertical é adquirido em menos de um segundo.

A partir das informações sobre a velocidade da corrente e a área da seção de água, fornecidas pela sonda, um algoritmo computacional calcula a descarga em tempo real durante a operação do navio. Ao final do percurso, é apresentada a descarga total medida.

O equipamento realiza correções automáticas para o deslocamento do barco e para a direção do fluxo, garantindo precisão no cálculo da descarga de água.

4.3.3 Concentração total dos elementos Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti e Ca no material particulado.

A determinação dos elementos foi realizada por meio do espectrômetro de fluorescência de raio X (Figura 9) da marca (Epsilon 3^X Panalytical) em uma análise quantitativa, o filtro já previamente pesado foi adicionado ao equipamento apresentado na Figura 10. O procedimento foi realizado em laboratório na Universidade Federal Fluminense (UFF) seguindo o Material de Referência Certificado (Fluxona FLX-C3). Os dados foram gerados em planilha pelo equipamento e foram organizados e gerados os gráficos no software Excel e R.

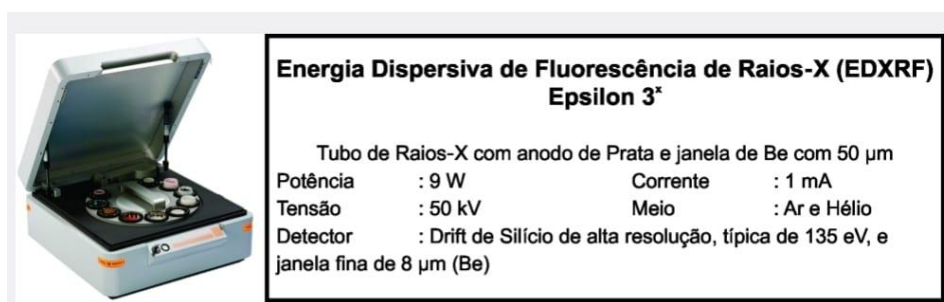


Figura 9-espectrômetro de fluorescência de raio X (Epsilon 3X Panalytical)

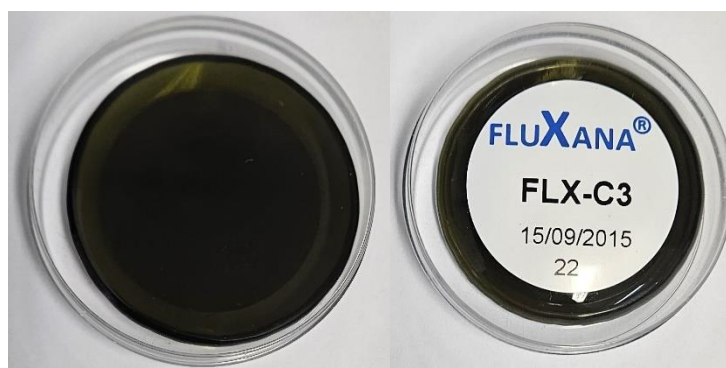


Figura 10-Pastilha monitora Fluxana FLX-c3 utilizada calibração do equipamento.

4.3.4 Quantificação do material particulado em suspensão (MPS)

Para determinação da concentração o material particulado em suspensão (MPS) foi realizado amostragem de água da superfície e a 20 m da lâmina d'água com uso da garrafa de van Dorn, em 3 pontos. A amostragem foi realizada durante um ciclo de maré no período chuvoso, totalizando 44 amostras, em Mosqueiro 22 amostragens, em Colares

20 e em Icoaraci 24. A determinação do MPS foi utilizada o método de gravimetria de volatilização segundo Baumgarten *et al.* (1996) que utilizaram a gravimetria como método para determinar o material particulado. Na qual a amostra passa por um filtro previamente pesado. Após a secagem, o filtro contendo o material é retido e pesado.

4.4 ANALISE ESTATISTICA

4.4.1 Método estatístico de correlação de *Kruskal-Wallis*

Com o objetivo de analisar os dados químicos dos 3 pontos, foram utilizadas análises estatísticas para identificar diferença significativa nas distribuições dos elementos por localidade. O teste *Kruskal-Wallis* substitui os valores observados por suas posições (ranks), organizando os dados de todas as amostras em uma única lista classificada. Cada valor é então substituído por sua posição nessa lista geral, e o teste compara as somas dessas posições entre os grupos, ao invés de comparar diretamente os valores médios. Assim, o *Kruskal-Wallis* avalia se as distribuições das posições são semelhantes entre os grupos.

O método não paramétrico *Kruskal-Wallis* é utilizado na comparação de três ou mais amostras independentes, e o equivalente de uma ANOVA unidirecional é usado para testar se as amostras são originárias da mesma distribuição, sendo uma extensão do teste de duas amostras de *Wilcoxon-Mann-Whitney* (Wilcoxon 1945, Mann & Whitney 1947) para mais de duas amostras independentes.

Logo abaixo, pode ser observada a fórmula estatística de *Kruskal-Wallis*:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Onde o N é o número de valores de todas as amostras combinadas, R_i é a soma das classificações de uma amostra em particular, e n_i é o número de valores da amostra correspondente soma de classificação.

A análise de percentil foi realizada com o objetivo de identificar a amplitude de máximos e mínimos do total dos dados de cada variável. Dessa forma se obtêm uma visualização geral de oscilações sazonais ou diárias das propriedades, além de

identificar assimetrias entre máximos e mínimos, entre cada quartil e cada média realizada.

Contudo, anteriormente foi realizado um teste de normalidade nos dados com objetivo de avaliar se seguem uma distribuição normal, o que é essencial para a escolha do método estatístico adequado. O teste de *Shapiro-Wilk*, em particular, é reconhecido por sua precisão, sendo eficaz em detectar desvios da normalidade, especialmente em amostras pequenas ou moderadas. Caso o resultado do teste indique que os dados não têm distribuição normal ($p < 0,05$), opta-se por testes não paramétricos, como o *Kruskal-Wallis*. Esse teste é adequado para comparar medianas entre grupos independentes, sem a necessidade de pressupor normalidade, tornando-o ideal para os dados deste estudo.

O teste de *Kruskal-Wallis* foi realizado com o objetivo de comparar duas amostras independentes de tamanhos iguais, utilizado nos dados dos 3 pontos Icoaraci, mosqueiro e Colares por cada elemento identificando suas diferenças por localidade.

4.4.2 Análise estatística: *Exploration Data Analysis (EDA)* e *Boxplot*

Foi utilizado para obter uma compreensão inicial dos dados coletados, identificar padrões, detectar anomalias, testar hipóteses e verificar pressupostos por meio de estatísticas descritivas e visualizações gráficas. Esta etapa é crucial para a preparação dos dados para análises subsequentes.

Processo de EDA

A Análise Exploratória de Dados foi conduzida utilizando-se as seguintes etapas:

a) Estatísticas Descritivas:

- **Média, Mediana e Moda:** Cálculo das medidas de tendência central para entender o comportamento típico dos dados.
- **Desvio Padrão e Variância:** Medidas de dispersão foram calculadas para avaliar a variabilidade dos dados.
- **Quartis e Percentis:** Identificação de possíveis outliers e análise da distribuição dos dados através de quartis e percentis.

- **Mínimos e Máximos:** Determinação dos valores extremos para cada variável, identificando possíveis anomalias.

Elementos do *Boxplot*:

- **Caixa (*Box*):** A caixa centralizada representa a faixa interquartil, ou seja, o intervalo entre o primeiro quartil (Q1) e o terceiro quartil (Q3). Essa faixa inclui os 50% dos valores centrais dos dados.
- **Linha interna (*Mediana*):** A linha dentro da caixa representa a mediana (Q2), que divide o conjunto de dados ao meio.
- **Extensões (*Whiskers*):** As linhas que se estendem para fora da caixa (os *whiskers*) mostram a variação dos dados, normalmente até 1,5 vezes o intervalo interquartil a partir de Q1 ou Q3. Os valores que caem fora desse intervalo são considerados **outliers**.
- ***Outliers*:** São mostrados como pontos individuais fora dos *whiskers*, indicando valores que se afastam significativamente da tendência geral dos dados.

5 ESTADO ATUAL DO CONHECIMENTO

5.1 GEOLOGIA REGIONAL

A Bacia do Marajó, que está situada ao norte do Brasil, apresenta um complexo geológico batizado como “sistema *Rift* do Marajó” (Galvão 1991). As divisas desses *rifts* está entre a plataformas do Pará e Bragantina ao nordeste, bacia do Amazonas ao sul e Bacia de São Luiz-Grajaú ao leste (Nascimento 2002). Ao norte e noroeste da ilha de Marajó, o delta de estuário do Baixo Amazonas exhibe larguras que podem alcançar de 100 a 120 km, abarcando canais ramificados (tais como o canal do Norte, canal do Vieira, canal de Gurupá, baía do Vieira Grande, canal Perigoso e canal sul), cujas dimensões variam entre 2 e 3 até 12 a 15 km. Estes constituem os maiores canais deltaicos conhecidos do globo terrestre. O delta estuarino do Baixo Amazonas tem seu início logo abaixo da foz do rio Xingu, estendendo-se nordeste adentro por uma extensão de 350 a 380 km.

A região central e ocidental da ilha de Marajó representa um elemento crucial para a análise da geomorfologia do Golfo Marajoara. Configurada como um núcleo essencial, este território da vasta ilha é caracterizado por um platô de terraço intermediário, sustentado por lateritas, que remonta ao Pleistoceno médio e superior. Tal formação pré-holocênica se estabeleceu antes da significativa regressão marinha, ocorrida entre 13.000 e 20.000 anos antes do presente. Compreendendo altitudes médias que variam de 4 a 12 metros acima do nível médio do mar, essa placa superior de terrenos sedimentares desempenha o papel de uma área de dispersão para rios e igarapés em todas as direções, incluindo aquelas que se estendem em direção ao rio Breves, rio Jacaré, rio Pará e à ampla entrada da baía de Marapatá, que é a foz do rio Tocantins (Ab’aber 2004).

A região leste da ilha de Marajó encontra-se localizada dentro da Plataforma Pará (PP), uma vasta área geologicamente estável situada entre as bacias paleozoicas do Amazonas e do Parnaíba, delimitada pelos arcos de Gurupá e Tocantins. Esta plataforma é caracterizada pela presença de pequenas depressões, com profundidades que alcançam aproximadamente 3.500 metros. (Rezende & Ferradaes 1971).

A plataforma Bragantina e Paraense formam a área de estrutura que permaneceram tectonicamente estáveis entre as bacias Sedimentares. A plataforma do Pará apresenta uma vasta área, porém pouca explorada, que contém a porção leste da ilha de marajó, prolongando até costa afora, até a fossa vigia-castanhal (Rossetti 2006).

A Formação Barreiras é predominantemente encontrada na porção continental e está amplamente exposta na maior parte da região Bragantina. Consiste principalmente em arenitos, siltitos e argilitos, exibindo uma coloração cinza-amarelada e uma espessura que pode alcançar até 100 metros. Além disso, esta formação apresenta concreções lateríticas, datadas do Mioceno Superior. Observa-se também a presença de arenitos ferruginosos conhecidos como "Grés do Pará", juntamente com camadas conglomeráticas quartzosas. Nas áreas setentrionais e nordestinas do município bragantino, os sedimentos são predominantemente argilo-arenosos, com variações cromáticas que normalmente oscilam entre o amarelo e o avermelhado, caracterizados geralmente por uma estrutura primária escassa ou ausente (Melo Junior 2002).

Nas proximidades dos cursos d'água, verifica-se a presença de sedimentos quaternários não consolidados, compostos por uma mistura de areia e silte de granulometria fina, cuja coloração varia entre tonalidades de vermelho e amarelo. Esses sedimentos, pertencentes ao período pós-Barreiras, apresentam uma espessura máxima de 12 metros. Na área em questão, os sedimentos pós-Barreiras são distinguíveis por duas fácies sedimentares principais: o arenito ferruginoso, caracterizado por blocos de ferro de diferentes tamanhos envoltos por uma matriz de areia e argila; e diversos tipos de arenito, que englobam desde arenitos de tonalidade creme-amarelada, aparentemente desprovidos de estruturas sedimentares, até arenitos de coloração amarela a alaranjada, com granulometria predominantemente fina, bem selecionados e desprovidos de estruturação, assim como áreas de areia predominantemente branca, com algumas porções exibindo tonalidades amarelo-alaranjadas, e granulometria fina a moderada, com seleção de grãos de moderada a bem definida. (Farias *et al.* 1992).

Os depósitos aluvionares são predominantemente constituídos por materiais aluvionares que se encontram nos vales dos rios e igarapés que atravessam a região. Estes materiais são compostos por uma mistura de sedimentos na granulometria areia, silte e argila. Os grãos de areia exibem uma granulometria que varia de fina a média, apresentando uma tonalidade marrom, enquanto os grãos de siltes e argilas estão intercalados entre elas. As argilas, comumente de tonalidade cinza-escuro a cinza-claro, frequentemente contêm restos vegetais, como galhos e folhas, podendo ser bioturbadas, e carecem geralmente de estruturas discerníveis. Esses sedimentos são comumente visíveis durante a maré baixa, ao longo das margens dos canais estuarinos, afluentes de

rios, canais de navegação e igarapés que servem como vias de drenagem na área em questão (Farias *et al.* 1992).

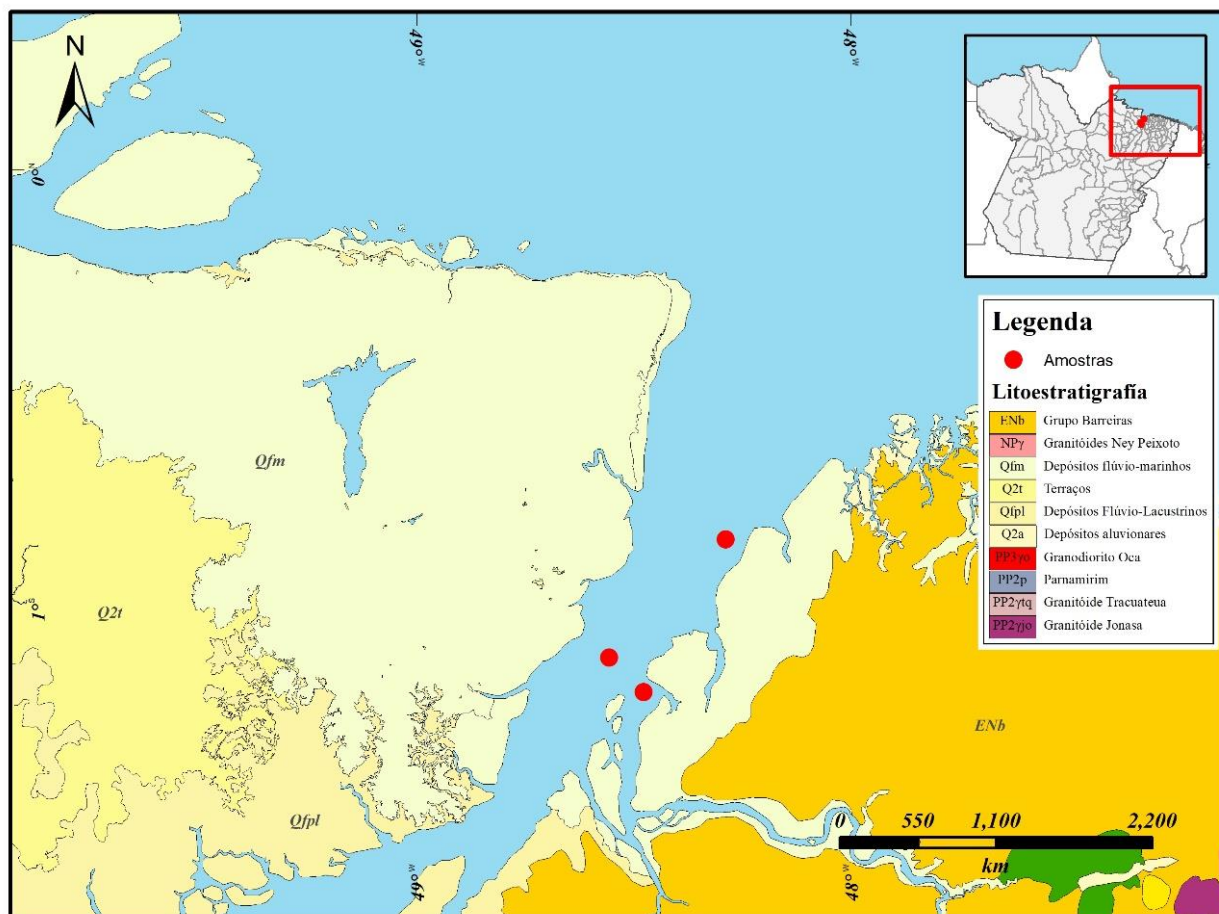


Figura 11-Mapa da geologia regional da Baía de Marajó

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA BAIÁ DE MARAJÓ

A Ilha de Marajó é um arquipélago que faz parte da sub-região denominada Portel-Marajó. Seus limites são: ao norte, o estado do Amapá e o Oceano Atlântico; ao sul, o rio Pará; a Leste, a Baía de Marajó; e a oeste, o estado do Amapá. A área total é de 59.308,40 km², correspondendo a 4,7% do estado do Pará. Desde 5 de outubro de 1989, a ilha é considerada uma Área de Proteção Ambiental, sendo gerida pela Secretaria Executiva de Meio Ambiente.

Localizado na foz do rio Amazonas, este arquipélago recebe uma descarga fluvial de cerca de 209.000 m³/s. Isso confere à região características geomorfológicas únicas e variadas, criando paisagens diversificadas que despertam grande interesse tanto para pesquisas científicas quanto para o turismo. (de Lima *et al.* 2005).

A morfologia do fundo do estuário da Baía de Marajó (Figura 12) é caracterizada por canais com orientação predominante SSW/NNE, que gradualmente se ajustam para uma direção SW/NE à medida que se aproximam da plataforma continental, alternando com bancos arenosos, alguns dos quais podem emergir durante marés baixas.

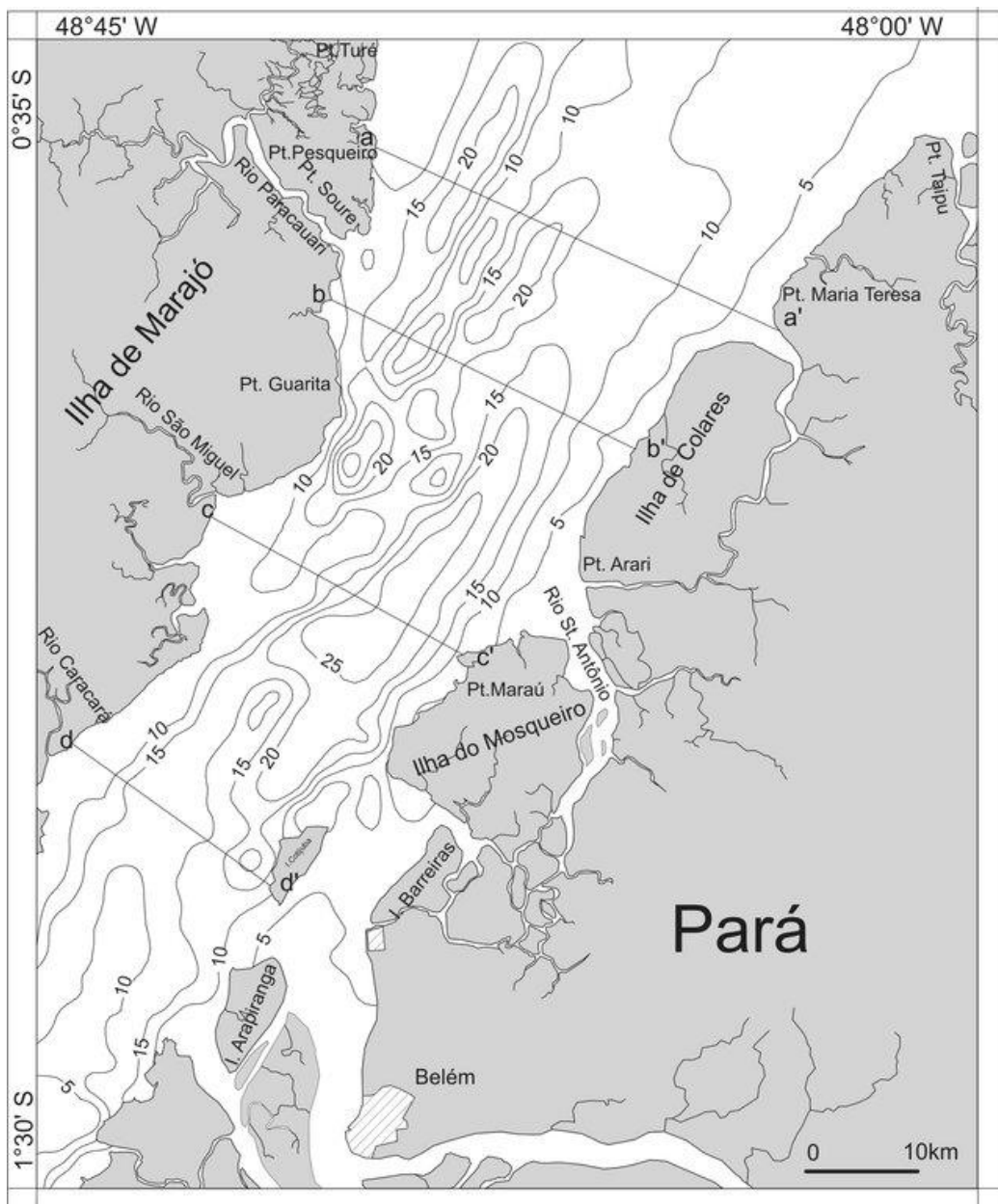


Figura 12-mapa batimétrico da Baía de Marajó (adaptado de Correa 2005).

5.2.1 Clima

A Baía de Marajó está situada em uma região de clima equatorial úmido, caracterizado por temperaturas elevadas ao longo do ano, com médias mensais variando entre 24 e 28°C. As temperaturas podem ocasionalmente ultrapassar 30°C ou cair abaixo de 22°C. A umidade relativa do ar é alta, variando de 80% a 91% ao longo do ano. De

acordo com a classificação climática de Köppen, a área apresenta clima tropical úmido (Af) e clima tropical úmido de monção (Am) (Martorano *et al.* 1993). A amplitude térmica é reduzida, com temperaturas médias em torno de 27°C, mínimas superiores a 18°C e máximas podendo chegar a 36°C. (França 2003).

O clima da Baía de Marajó é marcado por chuvas abundantes, especialmente durante o período chuvoso que se estende de janeiro a junho. A elevada umidade e a alta pluviosidade nos primeiros seis meses do ano influenciam diretamente os processos biogeoquímicos e as atividades socioeconômicas da região. As características climáticas da Baía de Marajó, com sua alta umidade e intensa precipitação, são fundamentais para a formação das suas paisagens heterogêneas e para o impacto nas pesquisas científicas e no turismo local.

Sofre influência da zona de convergência intertropical (ZCIT), apresentando vórtices ciclônicos, ventos alísios e a influência do El Niño – Oscilação Sul (ENOS) (Ferreira & Mello 2005). O ENOS interfere nas características climáticas em grande escala, alterando o comportamento climático, influenciando a intensidade dos ventos alísios, precipitação e frentes frias que atingem a região costeira (Marcuzzo & Romero 2013).

5.3 HIDRODINÂMICA E SEDIMENTOLOGIA

O regime da região é moldado pela pluviosidade e pelas marés, apresentando um sistema singular e complexo, com predominância do regime de maré semidiurno. Esse regime varia de meso-maré (2 a 4 metros) a macromaré (4 a 6 metros) e é caracterizado por uma intensa vazão de água doce, com valores aproximados de 104 m³/s. O estuário recebe também a descarga de vários tributários, entre os quais se destacam os rios Tocantins, Guamá e o rio Amazonas, este último através do estreito de Breves (Prestes *et al.* 2017; França 2003).

A circulação da água na Baía do Marajó é influenciada pela topografia local, pelas correntes de maré e pelo fluxo de descarga de água doce no estuário. (Santos *et al.* 1986). As correntes geradas pelo fluxo dos rios se limitam às áreas estuarinas, sendo que diversos fatores climáticos (El Niño e La Niña), influenciam tanto a quantidade quanto a sazonalidade das descargas (Correia 2005).

Na planície costeira, a rede de drenagem é predominantemente formada por canais de maré, além de incluir rios e furos (igarapés). O movimento das marés causa inversões nos cursos e nas correntes, o que intensifica a erosão e contribui para o transporte de sedimentos para as praias (França 2003). A bacia do Marajó faz parte da bacia sedimentar situada na foz do rio Amazonas, e é composta por depósitos de areias, siltes, argilas e concreções lateríticas. Os depósitos aluviais na região são constituídos predominantemente por areias finas, siltes e argilas (Santos *et al.* 1986).

5.4 SALINIDADE

Rosário 2016 propõe a divisão da Baía de Marajó em três zonas de acordo com sua salinidade:

- 1) A zona estuarina costeira está situada na foz do rio, na qual se encontram os maiores valores de salinidade de 30 a 32 g/kg, ou seja, apresentando característica de água salgada;
- 2) A zona estuarina media ou de mistura se apresenta a 35 km da foz, com valores de 22 g/kg, exibindo características de uma água salobra;
- 3) É a zona estuarina fluvial, onde os valores de salinidade variam de 5 a 7 g/kg próximo a ilha de Cotijuba, e 0 g/kg no interior do estuário (Rosário 2016). A intrusão salina no período de alta vazão fluvial chega a 70 km rio adentro e nos períodos baixa vazão fluvial chega até 110km (Rosário 2016).

5.5 PROCESSOS SEDIMENTARES E MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO (MPS) E SUA IMPORTANCIA.

A investigação da contaminação em ecossistemas aquáticos pode ser realizada por meio da análise da água ou do sedimento, comparando os resultados com os níveis naturais de fundo. No entanto, medições de curto prazo em águas frequentemente apresentam resultados inconclusivos devido às variações no fluxo de descarga e à ocorrência de emissões irregulares.

Transporte Sedimentar está ligado aos movimentos dos sedimentos em suspensão ou como carga de fundo. Esse transporte é dividido em transporte de fundo na qual apresentam movimentos de saltação, rolamento e arrasto e na parte superficial ou na coluna d'água o transporte em suspensão, que é conduzido e remodelado por processos difusivos, advectivos e gravitacionais, tamanho do sedimento, velocidade da corrente e densidade do fluido a concentração de elementos coesivos e influência biológica (Nittrouer & Wright 1994).

Nos estuários os sedimentos desde os mais finos ao mais grosseiro mostram 3 tipos de comportamento no seu transporte: a carga de lavagem (*Washload*) apresenta a influência de sedimentos mais finos composta por argila finamente dispersa o perfil vertical e homogêneo e apresentam movimento provocado pela turbulência. A suspensão (*suspension*) está associada a troca de momentum e erosão do grão ao leito provado pela turbulência e a carga de fundo é influenciado pela granulometria do sedimento. No caso dos sedimentos finos, o transporte de fundo ocorre na forma de uma lama fluída, cuja origem está associada à floculação e à deposição de sedimentos finos no núcleo da zona de máxima turbidez. (Dyer 1997).

Contudo, a suspensão do sedimento pode ocorrer devido a qualquer perturbação antrópica no leito do rio (Figura 14), a Figura 13 apresenta a litologia de fundo elaborada por Martins (2010), Os sedimentos próximos ao canal do rio Pará apresentam uma textura predominantemente de lama a silte, indicando os tipos de sedimentos de fundo encontrados nos pontos de coleta ao longo do estuário. Uma análise sedimentologia realizada na área do porto de Vila do Conde por Martins (2010) descreve uma variação granulométrica de argila a cascalho, com predominância de sedimentos arenosos classificados conforme Folk (1954). De maneira semelhante, nos pontos amostrados nesta pesquisa, observou-se uma variação granulométrica, com destaque para sedimentos arenosos em áreas de maior energia hidrodinâmica, como no canal de acesso ao porto (Figura 13).

Essa correspondência reforça a influência de condições hidrodinâmicas intensas na distribuição dos sedimentos mais grossos, enquanto os mais finos tendem a se acumular em áreas de menor energia, como observado nos depósitos lamosos e silte-argilosos das áreas marginais. Além disso, a presença de minerais pesados, como zircão e turmalina, identificados no estudo do Vila do Conde, também foi confirmada em alguns pontos analisados, sugerindo um retrabalhamento sedimentar significativo em

ambas as áreas de estudo. Essas similaridades apontam para padrões regionais de sedimentação controlados por fatores hidrodinâmicos e geomorfológicos."

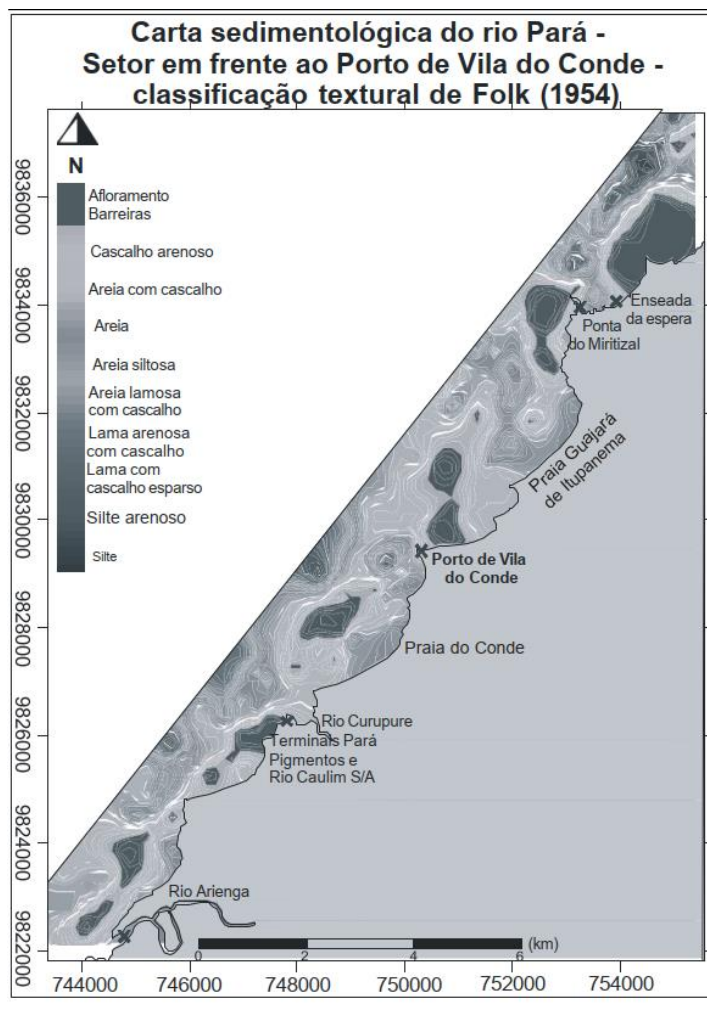


Figura 13-Carta Sedimentológica do rio Pará (adaptado Martins 2010).

Desde a pesca até a dragagem, mas são os processos físicos naturais que mais tem influência no processo de suspensão como maré, corrente de maré, vento, diferença de densidade entre outros responsáveis pela ressuspensão, transporte e dispersão do sedimento. (Dyer 1997, Miranda 2002).

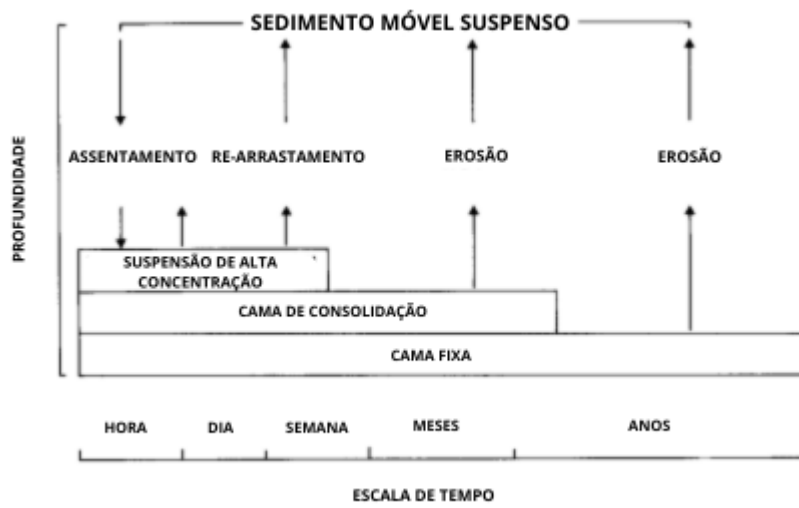


Figura 14-conceitos básicos dos Ciclos de deposição/ressuspensão (adaptado de Mehta et al., 1989).

6 RESULTADOS

6.1 CONCENTRAÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO COM A MARÉ

Os dados de MPS foram coletados e comparados com a influência da maré na qual tem grande influência na região e interfere no fluxo do rio. No ponto 1 (próximo de Icoaraci, Figura 15) as concentrações de MPS também variaram conforme o ciclo da maré, semelhante ao observado no ponto 3 (próximo de Colares). Os valores máximos na superfície foram de 0,013 mg/L e os mínimos de 0,004 mg/L, enquanto na meia água, os máximos foram de 0,032 mg/L e os mínimos de 0,006 mg/L. As concentrações de MPS na superfície se mostraram relativamente constantes, mas em profundidade variaram significativamente com o ciclo da maré. Isso pode ser explicado pela perturbação no cisalhamento causada pelas diferentes densidades da água do rio e da maré, promovendo a ressuspensão de sedimentos no fundo.

Os dados coletados no ponto 2 (próximo da ilha de Mosqueiro, Figura 16) apresentaram valores constantes de MPS tanto na superfície quanto na meia água ao longo do ciclo da maré. Os valores apresentados demonstraram valores máximos na superfície, os quais foram de 0,022 mg/L e os mínimos de 0,014 mg/L, enquanto na meia água os valores máximos foram de 0,011 mg/L e os mínimos de 0,0062 mg/L. A pouca variação ao longo do ciclo da maré indica uma baixa influência da maré na turbulência e na ressuspensão do material particulado. Os valores ligeiramente maiores de MPS na superfície, em comparação com os da meia água, sugerem que a sedimentação é mínima que a mistura da água é relativamente homogênea.

Na região no ponto 3 (Figura 17), a concentração de material particulado em suspensão (MPS) apresentou uma grande diferença entre a superfície e a meia água (20 m da lâmina d'água) apresentados no anexo A. Os valores máximos na superfície chegaram a 0,278 mg/L e os mínimos a 0,098 mg/L. Na meia água, os valores máximos foram de 0,052 mg/L e os mínimos de 0,007 mg/L. A influência da maré é evidente, pois o pico de concentração de MPS na superfície ocorre no início da maré de enchente, reduzindo-se significativamente durante o estófo de vazante. Essa variação pode ser atribuída à menor influência da maré neste ponto, que provoca uma menor ressuspensão de sedimentos. Além disso, a maior concentração de MPS na superfície pode ser resultado da presença

de coloides na água, que entopem os filtros, dificultando a captura dos sedimentos durante a filtração.

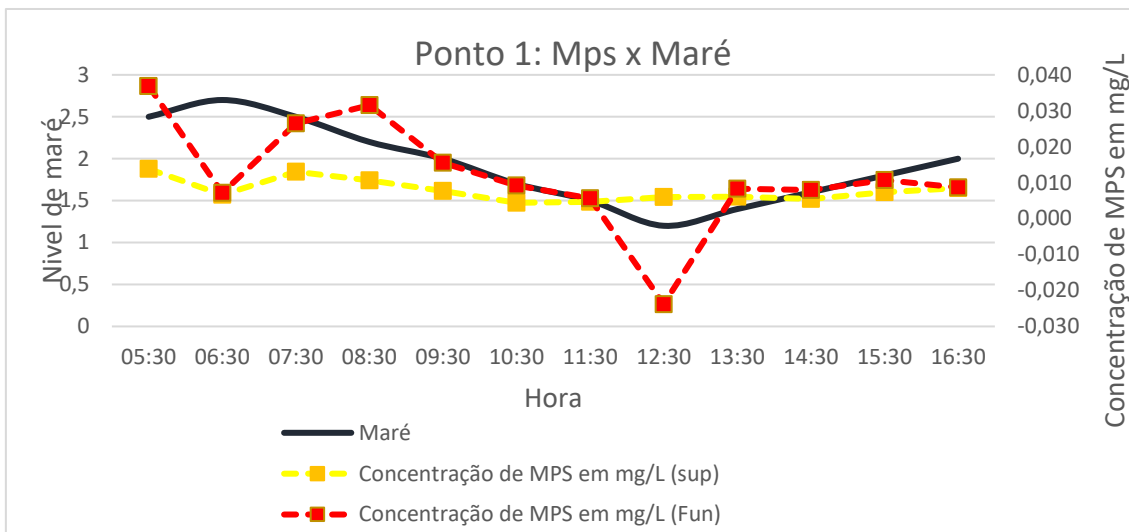


Figura 15-Distribuição do material particulado em suspensão com a maré no ponto 1 (Icoaraci).

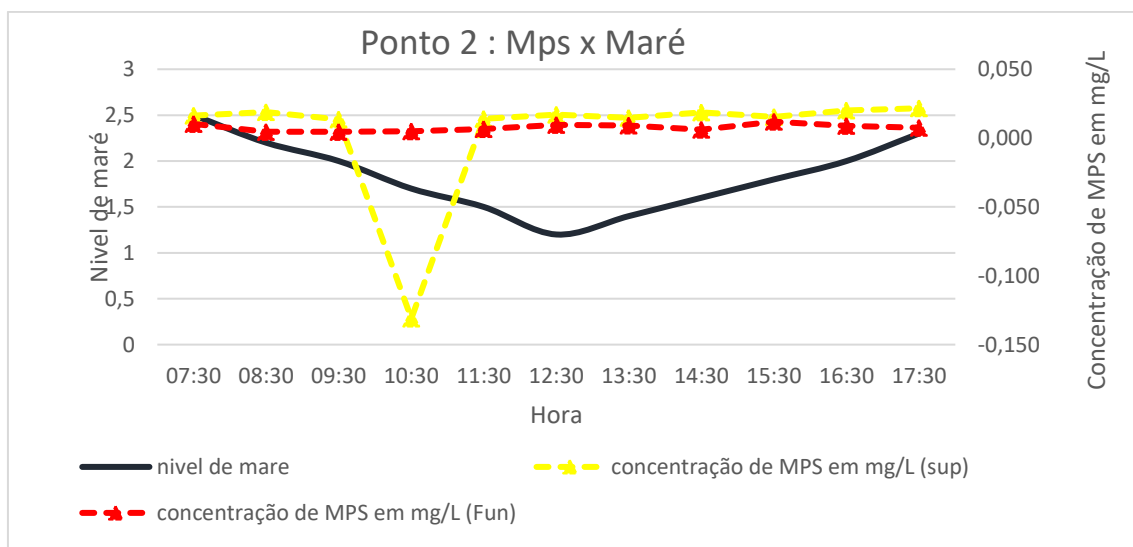


Figura 16-Distribuição do material particulado em suspensão com a maré no ponto 2 (Mosqueiro).

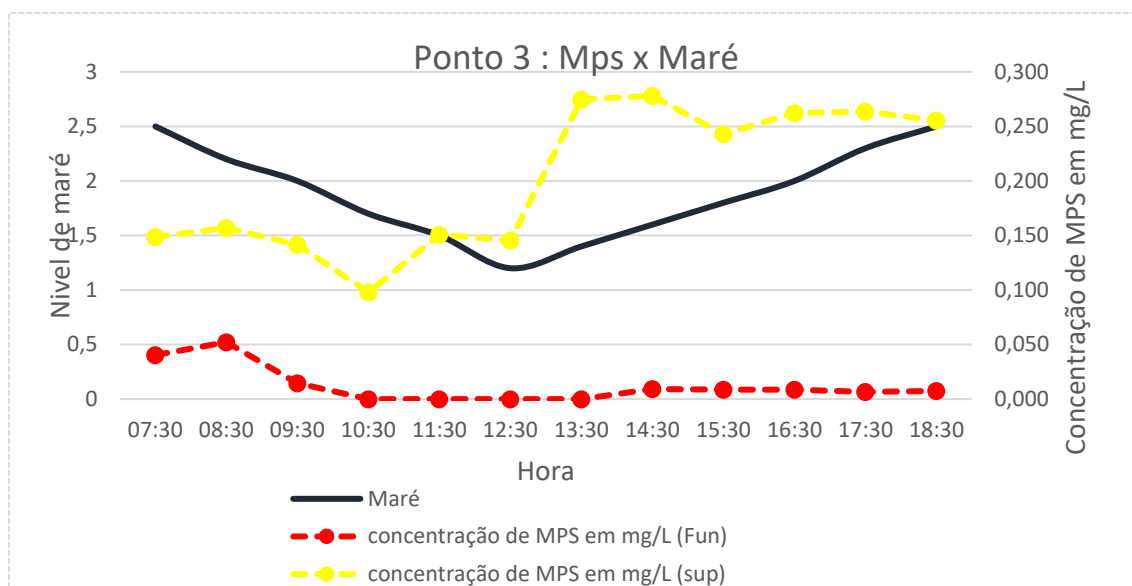


Figura 17-Distribuição do material particulado em suspensão com a maré no ponto 3 (colares).

6.2 DADOS FISICO-QUIMICOS NOS 3 PONTOS

Os dados do ponto 1 (Figura 18, Figura 19) mostram variações significativas nas condições físico-químicas entre a superfície e a meia água ao longo do dia. Na superfície, a temperatura variou entre um mínimo de 29,16°C às 05:30 e um máximo de 33,34°C às 12:24, com o maior valor coincidindo com o horário de maior incidência solar. Os valores de pH apresentaram uma ampla variação, de 5,32 às 14:31, o menor valor registrado, a 8,75 às 05:30, o maior valor registrado no início do dia, possivelmente devido a processos biológicos de produção de oxigênio nas primeiras horas da manhã. O Eh (potencial redox) oscilou de 315 mV às 09:24 a 373 mV às 16:26, sugerindo condições mais oxidantes no final do dia. Já a salinidade foi relativamente constante, com valores entre 0,006‰ às 14:31 e 0,011‰ às 10:24, refletindo uma baixa contribuição de água salgada nessa camada superficial.

Na meia água, os valores de temperatura variaram entre um mínimo de 29,08°C às 09:30 e um máximo de 32,51°C às 12:26, destacando uma similaridade com o padrão térmico observado na superfície, mas com menores amplitudes. O pH registrou variações entre 5,46 às 16:28 e 8,31 às 05:35, indicando condições mais alcalinas no início do dia e uma redução progressiva ao longo do tempo. O Eh apresentou uma faixa de valores de 324 mV às 09:30 a 373 mV às 06:36, com os picos de oxidação logo após o amanhecer, possivelmente devido à maior oxigenação das camadas intermediárias. A

salinidade foi baixa e mostrou pouca variação, indo de 0,000‰ às 09:30 e 11:35 a 0,014‰ às 07:34 e 15:35, refletindo uma predominância de influência de água doce na meia água.

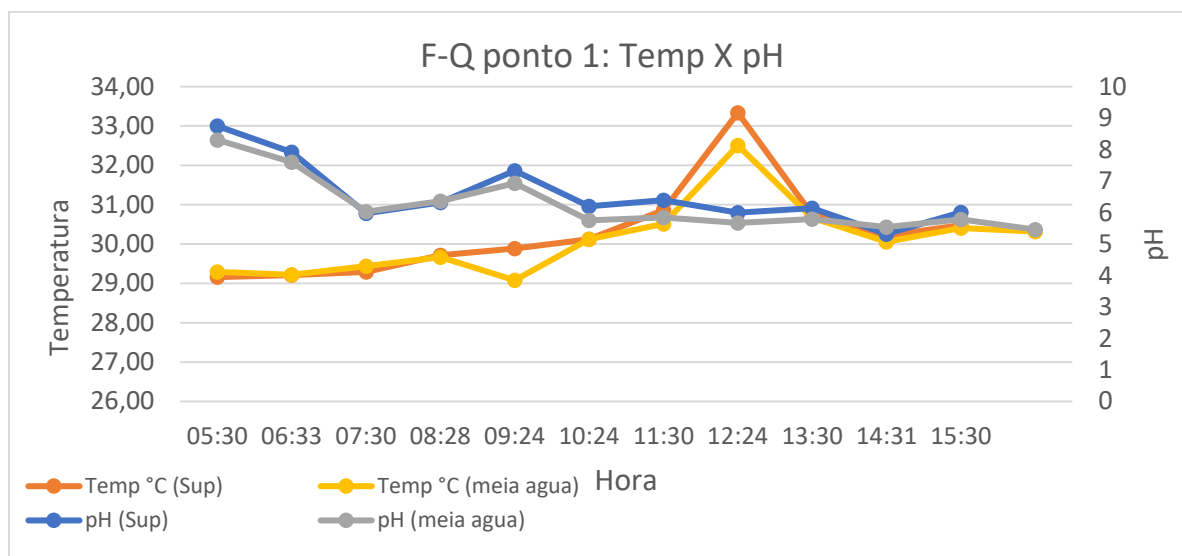


Figura 18-Dados de temperatura e pH do ponto 1 (Icoaraci)

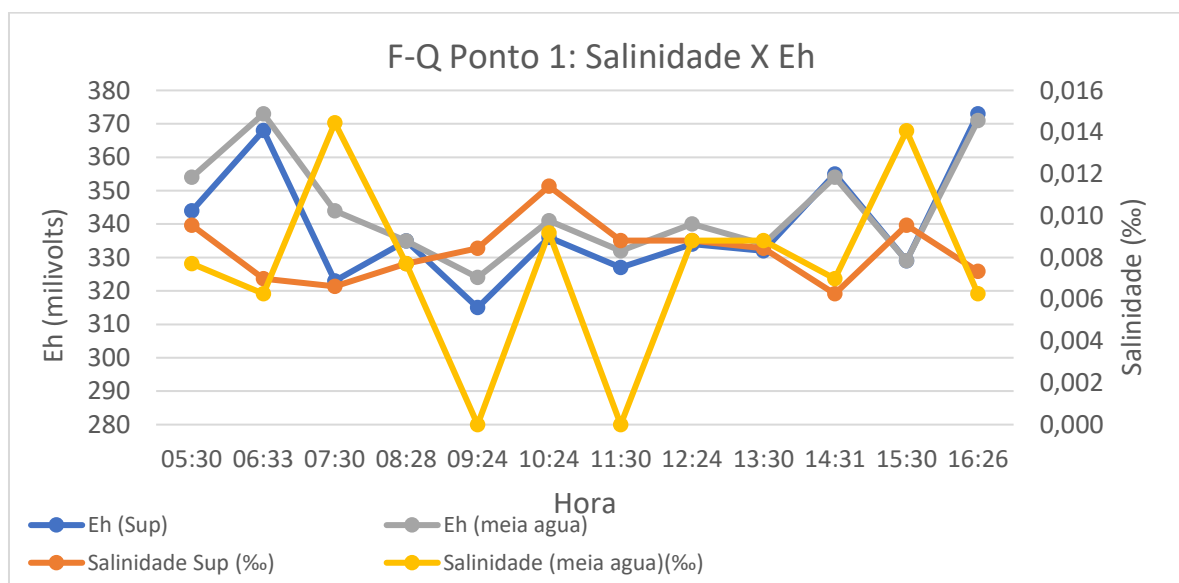


Figura 19-Dados de Salinidade (%) e Eh (Milivolts) do ponto 1 (Icoaraci)

Os dados físico-químicos no ponto 2 (Figura 20, Figura 21) revelam variações importantes nas condições físico-químicas entre a superfície e a meia água. Na superfície (3 m), os valores de temperatura variaram entre um mínimo de 29,16°C às 18:13 e um máximo de 30,19°C às 12:19, refletindo o impacto direto da radiação solar, com o pico térmico ocorrendo próximo ao meio-dia e a redução no final do dia devido ao

resfriamento noturno. Os valores de pH oscilaram entre 6,53 às 08:30 e 7,12 às 15:45, indicando uma faixa de condições levemente ácidas a neutras, com a menor neutralidade possivelmente ligada a maior influência de CO₂ dissolvido no início da manhã. O Eh (potencial redox) na superfície variou de um mínimo de 202,3 mV às 17:12 a um máximo de 302,2 mV às 08:30, sugerindo maior oxidação pela manhã devido ao aumento do oxigênio dissolvido, seguido de uma redução gradual ao longo do dia. Já a salinidade apresentou o maior valor de 0,046‰ às 07:34 e o menor de 0,025‰ às 08:30, indicando maior diluição de água salgada durante o dia.

Na meia água, as temperaturas oscilaram entre 24,44°C às 08:43, o menor valor registrado em todo o ponto, e 29,9°C às 12:27, mostrando uma influência térmica mais atenuada pelas condições de maior profundidade. O pH apresentou variação menor, com valores entre 6,73 às 08:43 e 7,03 às 15:50, mantendo uma faixa levemente ácida. O Eh variou de 188,3 mV às 17:16, o menor valor geral, a 285,2 mV às 08:43, refletindo uma tendência de condições mais oxidantes pela manhã, com transição para um ambiente subóxico no final do dia. A salinidade foi ligeiramente maior em média que na superfície, com valores entre 0,024‰ às 14:50 e 0,033‰ às 18:17, destacando a influência de mistura entre águas doce e salina nessa camada. Esses padrões evidenciam a influência de fatores como radiação solar, dinâmica de mistura e processos biológicos na variação das condições ambientais no ponto analisado.

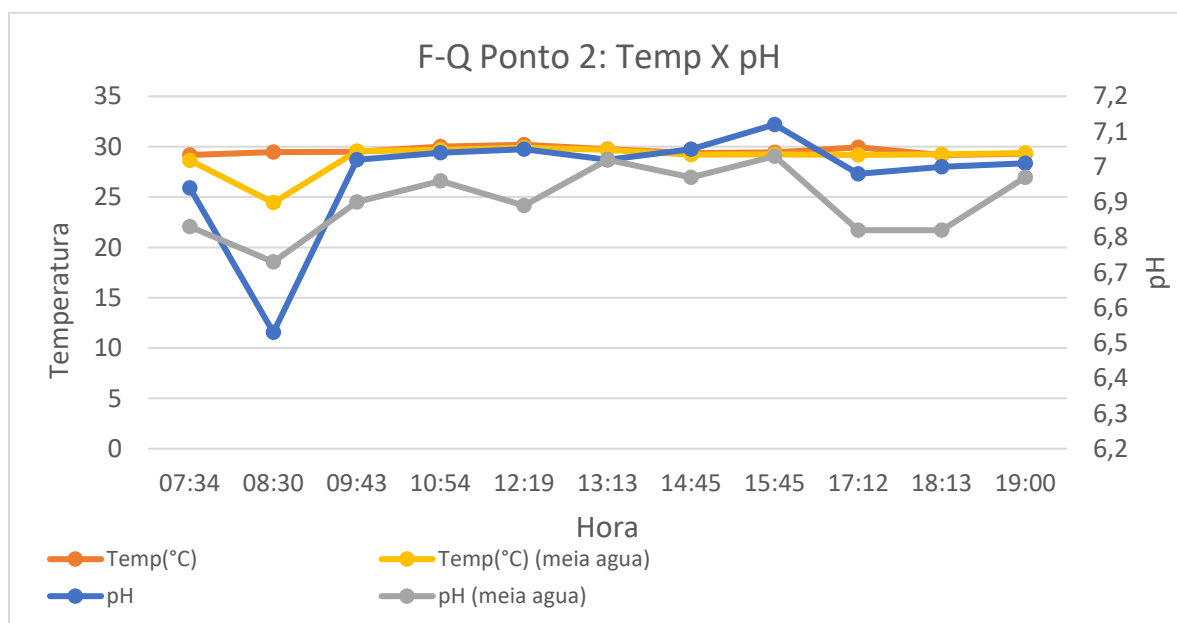


Figura 20-Dados de temperatura e pH do ponto 2 (Mosqueiro)

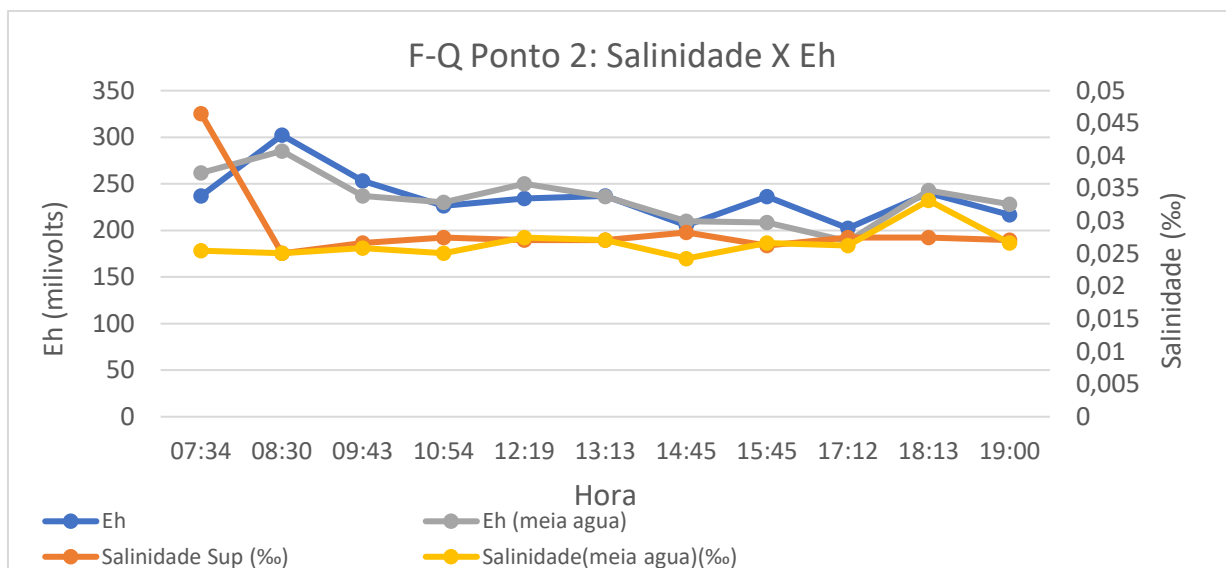


Figura 21-Dados de Salinidade (%) e Eh (Milivolts) do ponto 2 (Mosqueiro)

Os dados físico-químico do ponto 3 (Figura 22, Figura 23) mostram variações nas condições físico-químicas entre a superfície e a meia água ao longo do dia. Na superfície, a temperatura variou entre um mínimo de 29,39°C às 07:30 e um máximo de 31,68°C às 12:14, com os valores mais altos coincidindo com o horário de maior incidência solar. O pH na superfície apresentou uma faixa de 6,94 às 07:30 a 7,7 às 14:08, indicando condições ligeiramente alcalinas durante a maior parte do dia. O Eh (potencial redox) variou de 275 mV às 09:02, o menor valor registrado, a 332 mV às 18:17, sugerindo condições mais oxidantes no final da tarde. A salinidade diminuiu ao longo do dia, com valores entre 3,79‰ às 08:16 e 0,67‰ às 16:00, refletindo uma influência predominante de água doce, especialmente no período da tarde.

Na meia água, a temperatura variou entre um mínimo de 29,32°C às 07:39 e um máximo de 30,3°C às 15:27, apresentando menores amplitudes em relação à superfície. O pH oscilou de 7,05 às 07:39, o menor valor registrado, a 7,54 às 14:16, mantendo-se em uma faixa mais uniforme e alcalina. O Eh variou de 275 mV às 10:13, o menor valor, a 318 mV às 16:10, sugerindo uma leve recuperação das condições oxidantes na parte da tarde. A salinidade na meia água apresentou maior variabilidade em comparação à superfície, com valores de 4,95‰ às 09:09, o maior valor registrado, a 0,66‰ às 15:27, refletindo possíveis processos de mistura e influência de diferentes massas d'água ao longo do dia.

Esses dados evidenciam padrões diurnos e a interação entre fatores físico-químicos, com destaque para a influência da radiação solar e a dinâmica de mistura vertical nos parâmetros observados no ponto 3.

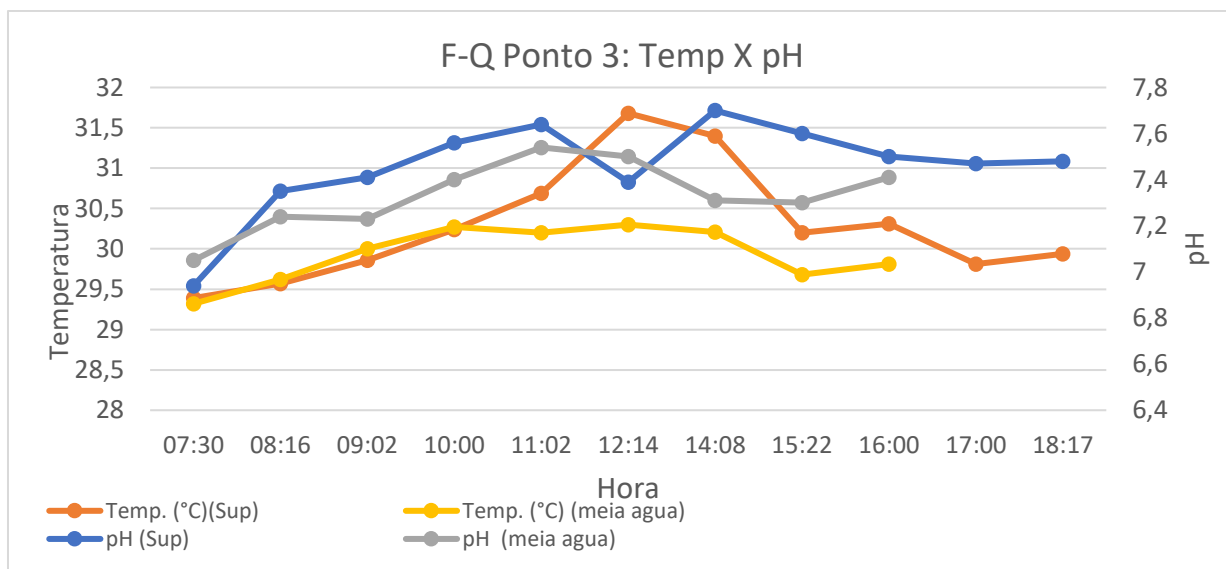


Figura 22-Dados de temperatura e pH do ponto 3 (Colares)

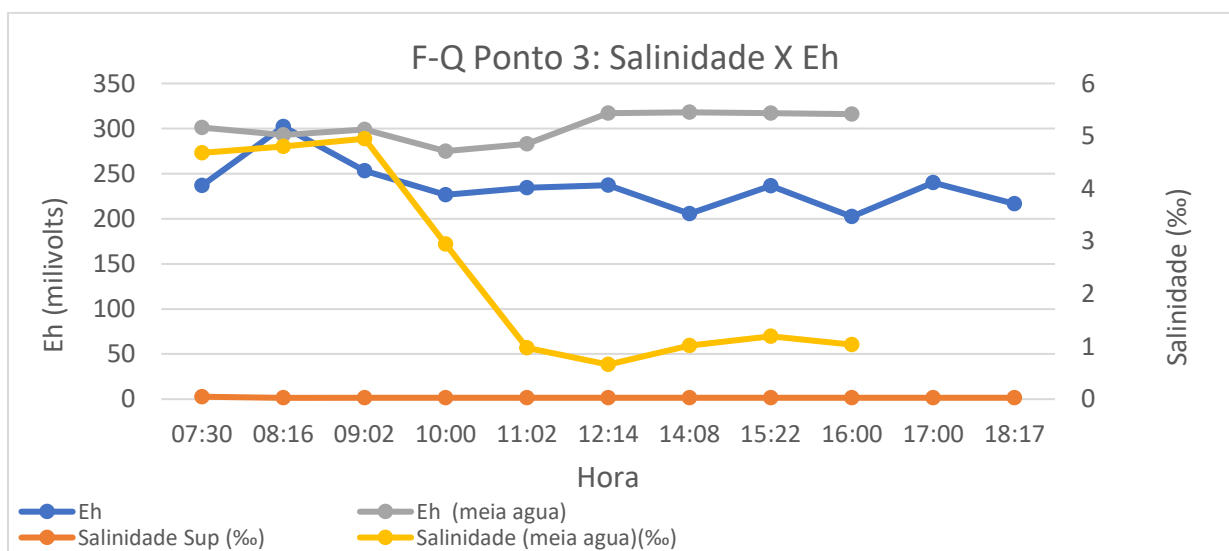


Figura 23-Dados de Salinidade (%) e Eh (Milivolts) do ponto 3 (Colares)

6.3 VELOCIDADE E DIREÇÃO DA CORRENTE NOS 3 PONTOS

6.3.1 Velocidade da corrente nos 3 pontos

No ponto 1 (Figura 24,), a velocidade apresenta um comportamento intermediário, com valores máximos de 1,4 m/s observados na superfície entre 12:00 e 15:00, predominando as cores amarelo-avermelhadas. Nas camadas mais profundas, as velocidades são mais baixas, variando entre 0,4 e 0,6 m/s, com um padrão relativamente estável ao longo do tempo.

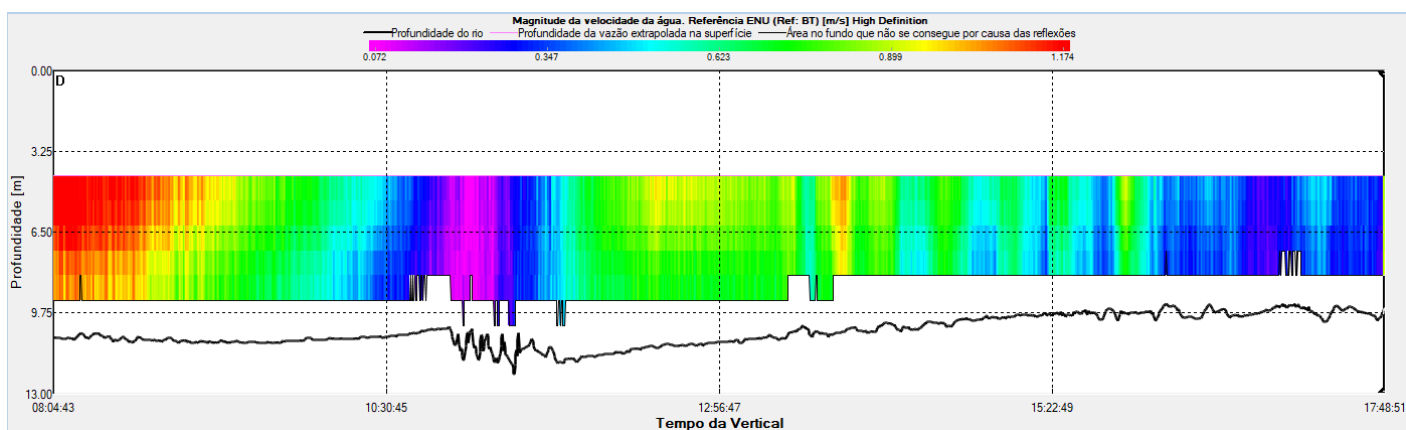


Figura 24-Magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 8 às 17 horas no ponto 1 (Icoaraci) ponto 1.

No ponto 2 (Figura 25, Figura 26, Figura 27, Figura 28), as velocidades da água são consideravelmente menores quando comparadas a Colares, com máximos atingindo 1,0 m/s na superfície entre 11:00 e 14:00, conforme indicado pelas regiões em verde-amarelo. Em camadas mais profundas, os valores permanecem abaixo de 0,3 m/s, predominando

as cores azul-esverdeadas. Esse comportamento sugere uma menor energia do fluxo, típica de áreas mais afastadas da foz.

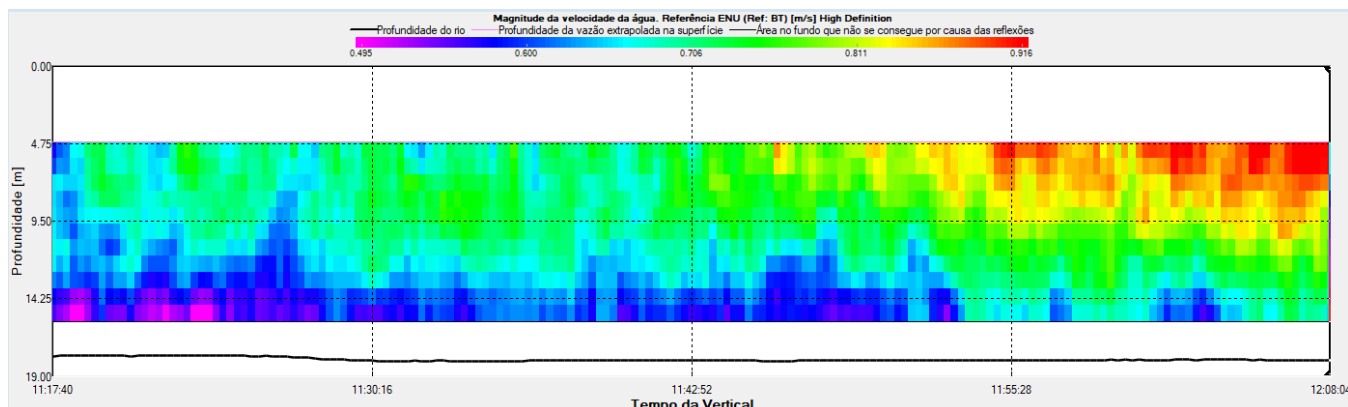


Figura 25-Magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 11 às 12 horas em mosqueiro (ponto 2).

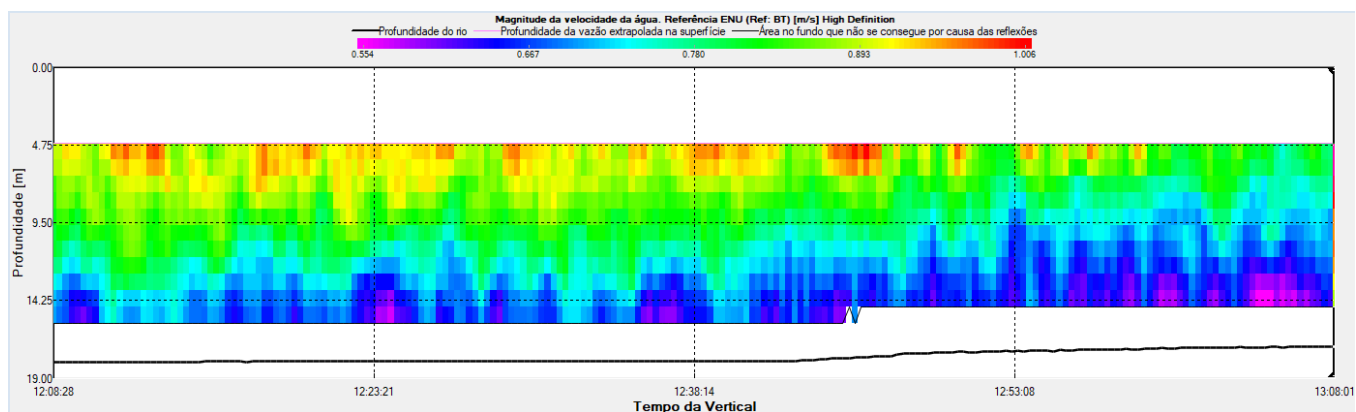


Figura 26-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 12 às 13 horas em mosqueiro (ponto 2).

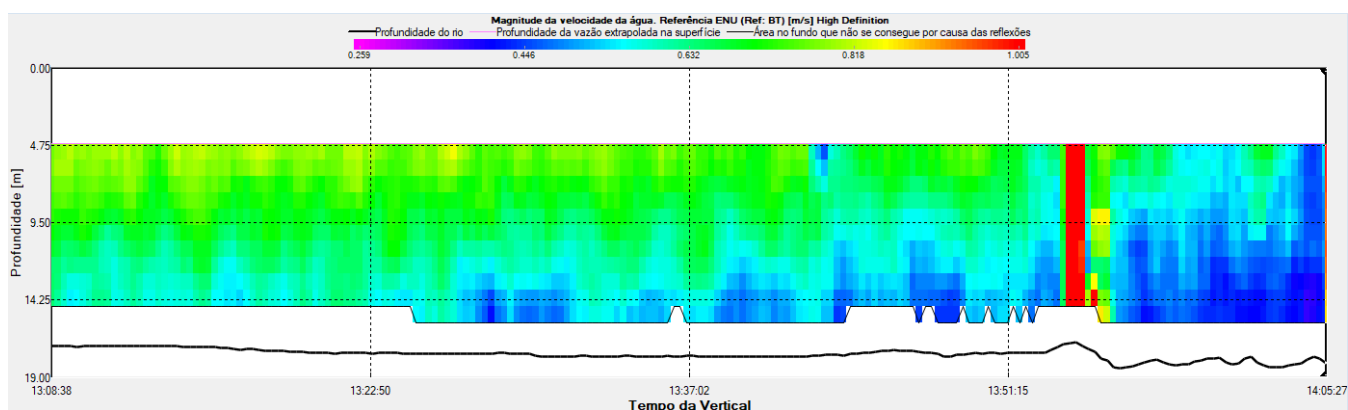


Figura 27-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 13 às 14 horas em mosqueiro (ponto 2).

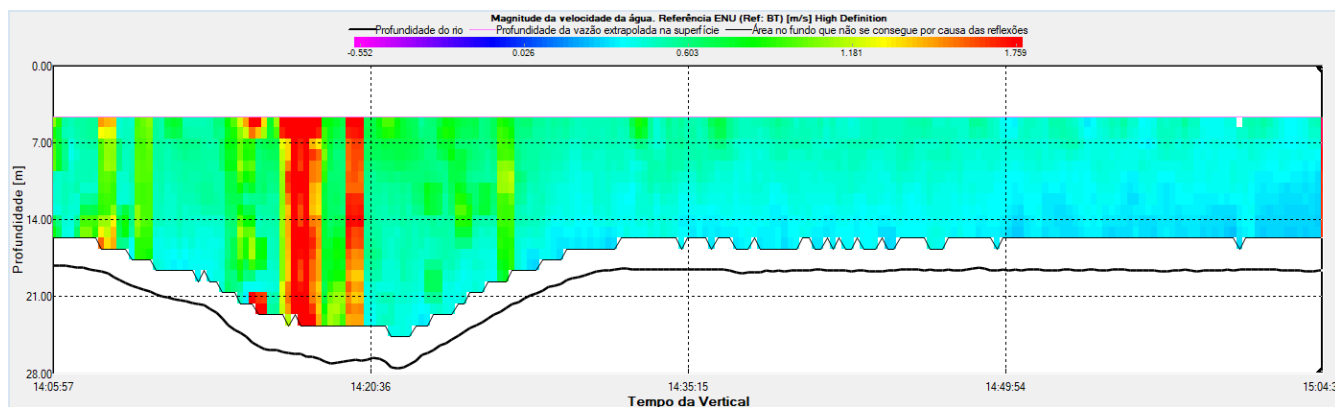


Figura 28-Magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 14 às 15 horas em mosqueiro (ponto 2).

No ponto 3 (Figura 29), os valores de magnitude da velocidade da água alcançam picos próximos a 1,9 m/s, como indicado pelas tonalidades avermelhadas na parte superior da coluna d'água. Esse comportamento ocorre principalmente entre 10:00 e 13:30, período coincidente com o pico da maré enchente, quando o fluxo se intensifica devido à maior energia do sistema. Nas camadas mais profundas, a velocidade é menor, permanecendo abaixo de 0,5 m/s, representada pelas tonalidades azuladas.

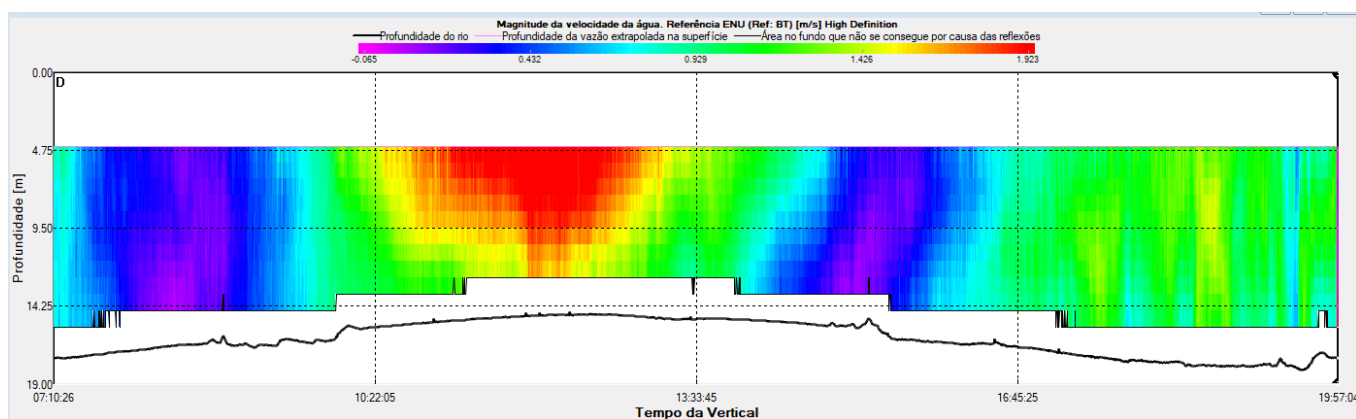


Figura 29-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 7 às 19h no ponto 3 (Colares).

6.3.2 Direção da corrente nos 3 pontos

A direção da corrente no ponto 1 (Figura 30) mostra maior variabilidade ao longo da coleta, oscilando entre 110° e 140° (sudeste) durante o pico de velocidade superficial entre 12:00 e 15:00. Essa variação pode ser influenciada pela presença de obstáculos

físicos ou interferências urbanas próximas, o que pode causar alterações localizadas no fluxo. Após 15:00, a direção tende a se estabilizar em torno de 120° , acompanhando o fluxo típico da maré vazante.

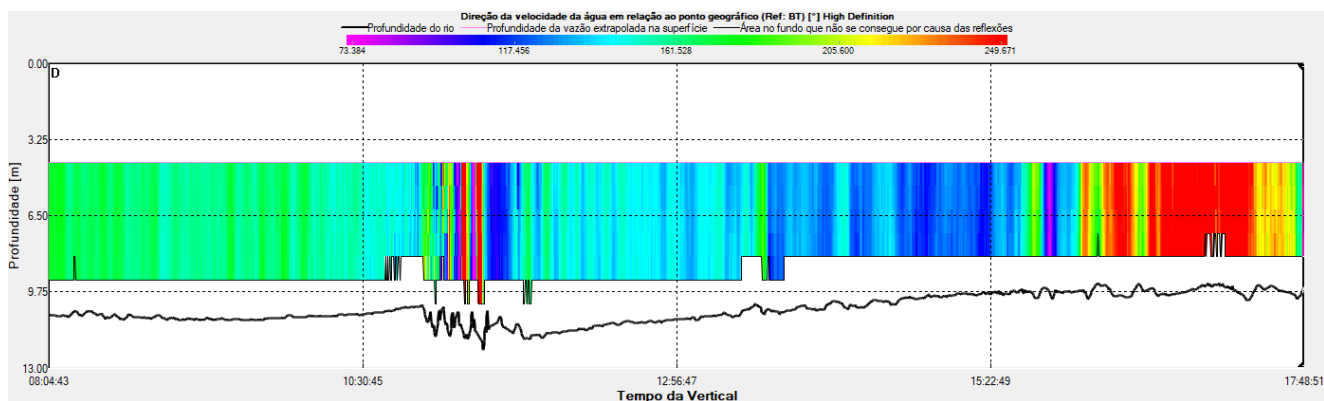


Figura 30-Direção da Velocidade da água das 7 às 17 horas no ponto 1 (Icoaraci)

Durante a manhã, entre 07:00 e 10:00, as velocidades no ponto 1 são mais baixas e homogêneas, com valores inferiores a 0,5 m/s. À medida que a maré enchente se intensifica, ocorre um aumento gradual da velocidade, atingindo o pico entre 12:00 e 15:00, especialmente nas camadas superficiais. Esse padrão reflete a influência mista da maré e das descargas fluviais. Após as 15:00, a velocidade da corrente diminui progressivamente, com o fluxo voltando a valores mais baixos, típicos do início da maré vazante.

A direção da corrente no ponto 2 (Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34) mantém uma orientação mais estável, oscilando entre 60° e 90° (leste) ao longo da coleta. Esse padrão sugere um fluxo relativamente paralelo à linha costeira, com pouca variação angular. Durante o período de maior velocidade (entre 11:00 e 14:00), a direção tende a se aproximar de 80° , mantendo uma estabilidade do fluxo.

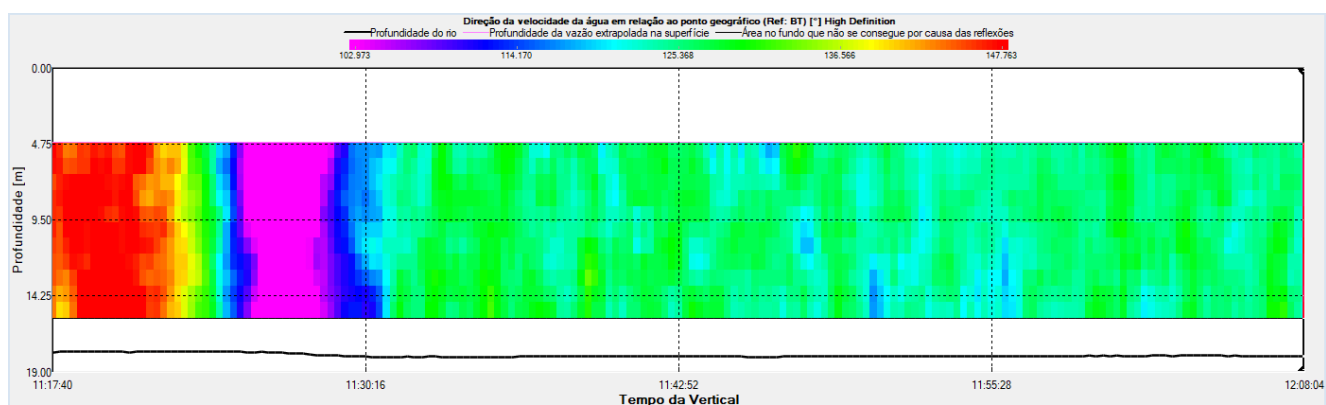


Figura 31-Direção da Velocidade da água das 11 às 12 horas no ponto 2 (mosqueiro).

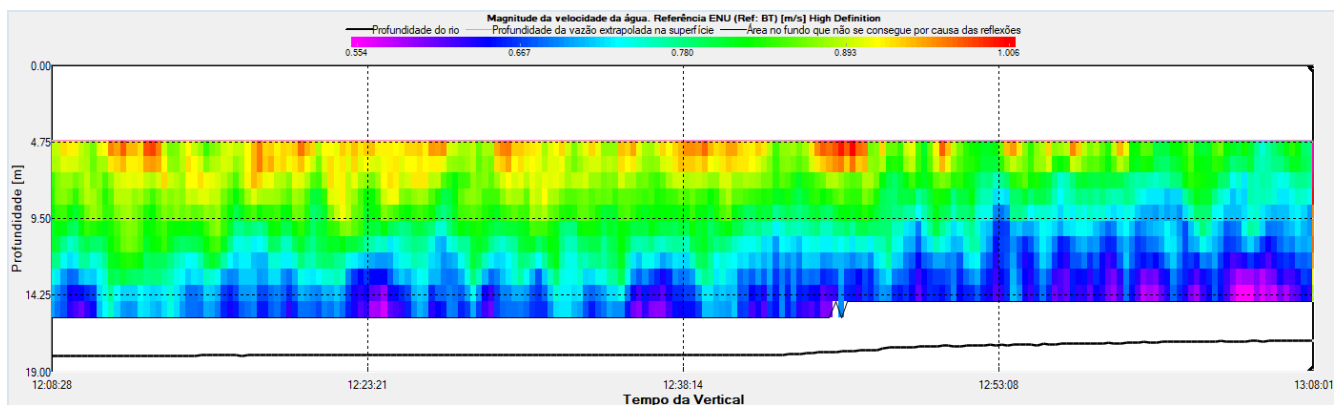


Figura 32-Direção da Velocidade da água das 12 às 13 horas no ponto 2 (mosqueiro).

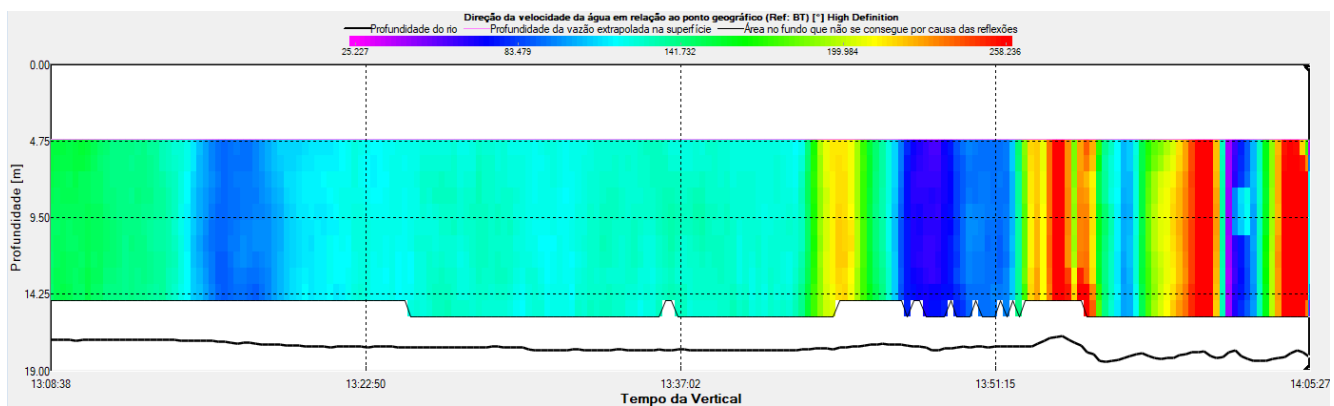


Figura 33-Direção da Velocidade da água das 13 às 14 horas no ponto 2 (mosqueiro)

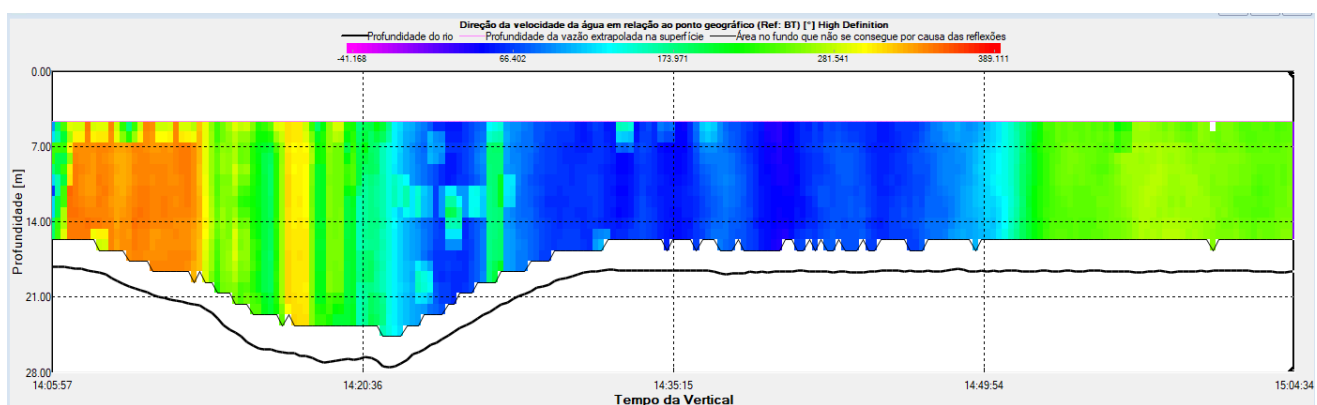


Figura 34-Direção da Velocidade da água das 14 às 15 horas no ponto 2 (mosqueiro).

Durante o período de coleta, a direção da corrente no ponto 3 (Figura 35) varia entre 90° e 120° (leste-sudeste), sugerindo um fluxo predominante direcionado em

direção à desembocadura do estuário, acompanhando o movimento da maré enchente. Após 13:30, há uma leve alteração na direção da corrente para 150° (sudeste), indicando uma possível transição para o refluxo da maré.

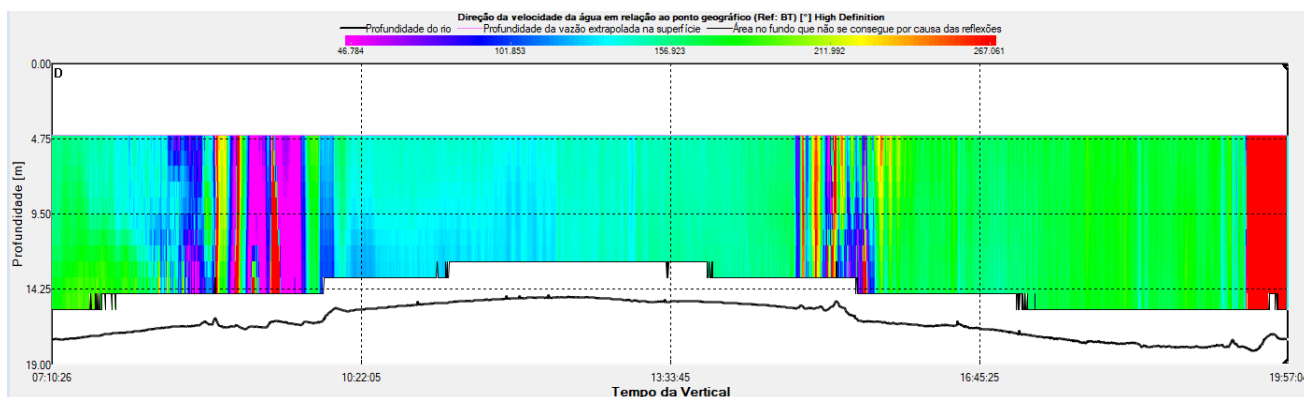


Figura 35-Direção da Velocidade da água das 7 às 19 horas no ponto 3 (Colares)

6.4 ANALISES ESTATÍSTICAS DE *KRUSKAL-WALLIS* NOS 3 PONTOS

Os dados adquiridos passaram por uma análise estatística de *Kruskal Wallis* para entender se existia diferença em concentrações em cada localidade por elemento analisado, as análises foram agrupadas em superfície e meia água (20 m lâmina d'água) dos 3 pontos focando em nove elementos.

A normalidade realizada com teste de *Shapiro-Wilk* apresentou uma distribuição não normal na maioria dos elementos com exceção de Al e Mg que apresentaram distribuição normal (Figura 36, Figura 37), esse comportamento se expressa devido a grande quantidade de laterita presente na região ricos desses elementos.

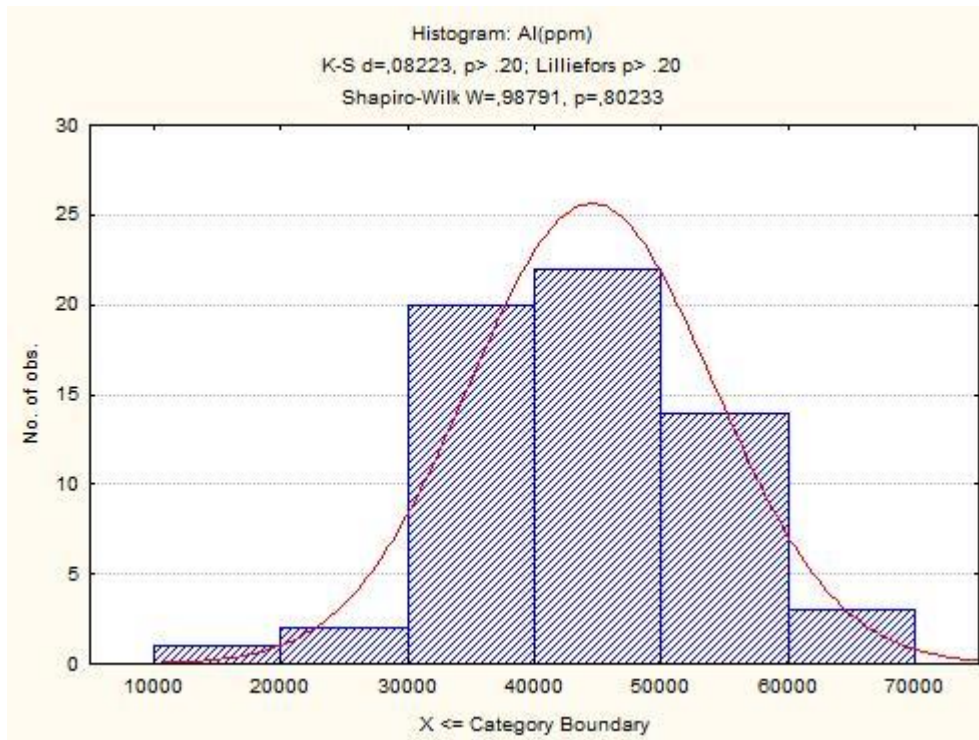


Figura 36-Normalidade utilizando o teste Shapiro-Wilk no Al

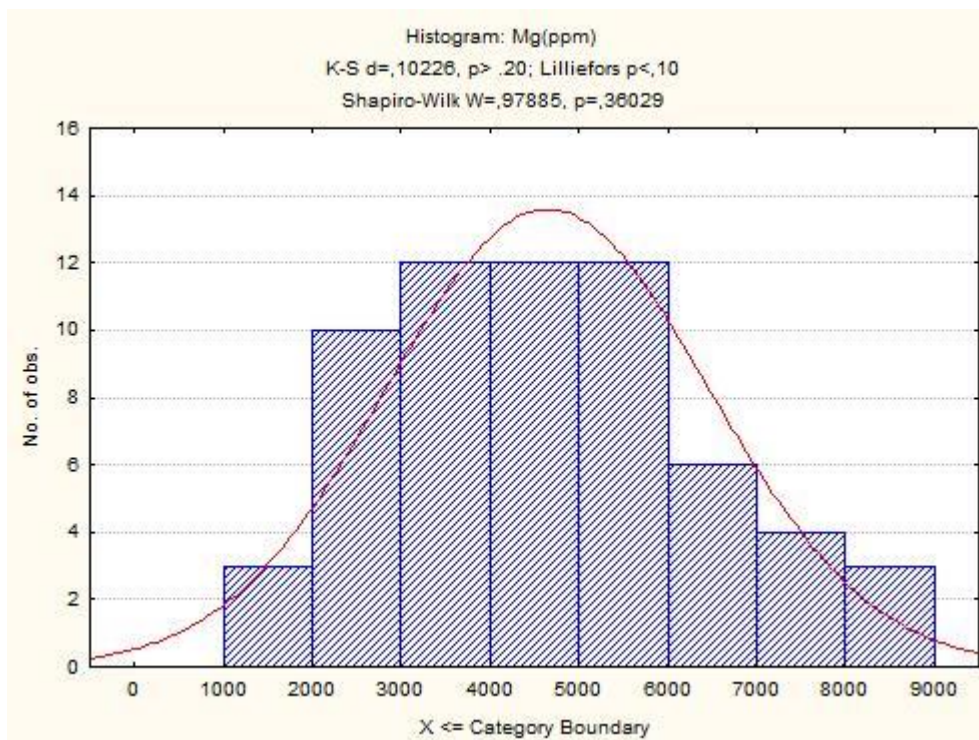


Figura 37-Normalidade utilizando o teste Shapiro-Wilk no Mg

6.4.1 Análise de *Kruskal Wallis*

Entre os 9 elementos analisados nas amostras coletadas em superfície, 7 apresentaram diferenças significativas entre os três pontos de coleta, com valores de $p < 0,05$. Esses elementos foram: Mg, Al, Ti, V, Cr, Fe, Zn, Si, K, Cl. Análise de *Kruskal Wallis* a 20 m da lâmina d'água

Nas amostras coletadas a 20 m de profundidade, quatro elementos apresentaram diferenças significativas entre os pontos de coleta, com valores de $p < 0,05$: Mg, Zn, S e Cl.

6.5 BOXPLOT FUNDO E SUPERFICIE

A análise do *Boxplot* (Figura 38) revela variações significativas nos teores de elementos químicos nas diferentes profundidades e localidades amostradas na Baía de Marajó. Os elementos como Al, Ca, Cr, Fe, Mg, Mn, Zn, Si, S, Cl, K e outros exibem padrões distintos entre a superfície e o fundo, refletindo as influências geológicas, hidrodinâmicas e antropogênicas da região.

O Ferro (Fe) apresenta concentrações elevadas em Mosqueiro, especialmente nas amostras de fundo, o que indica forte associação com partículas terrígenas e possivelmente com processos redox que facilitam sua precipitação em sedimentos mais profundos. Em Colares, as concentrações são substancialmente mais baixas, sugerindo menor aporte continental ou maior diluição por sedimentos marinhos. O comportamento do Fe é altamente correlacionado com o Manganês (Mn), evidenciando a co-precipitação desses metais sob condições redox semelhantes, especialmente em Mosqueiro.

O Magnésio (Mg) apresenta padrões distintos, com concentrações significativamente maiores em Mosqueiro e menores em Colares, o que reflete a influência de fontes marinhas, como a dissolução de minerais evaporíticos, sendo mais evidentes em Mosqueiro devido à maior proximidade com zonas de mistura de águas fluviais e marinhas. O Alumínio (Al), por outro lado, tem concentrações elevadas em Mosqueiro e menores em Icoaraci e Colares, indicando maior presença de partículas finas ricas em alumínio, como argilas, em Mosqueiro. A relação do Al com outros elementos, como o Titânio (Ti), reforça a predominância de sedimentos de origem continental nesse local.

O Cromo (Cr) destaca-se em Colares, especialmente nas amostras de fundo, o que pode estar relacionado à presença de minerais resistentes ao intemperismo, como cromita,

ou até mesmo a uma fonte local específica, como descargas de origem antrópica ou natural. O Zinco (Zn), no entanto, é mais abundante em Mosqueiro, sugerindo um aporte antrópico, possivelmente relacionado a atividades humanas, ou sua associação com matéria orgânica que se acumula em maior proporção nesse ponto.

O Cálcio (Ca) é mais abundante em Mosqueiro, possivelmente refletindo a influência de sedimentos carbonáticos, enquanto Colares apresenta as menores concentrações, indicando um ambiente mais dominado por sedimentos siliciclásticos. A distribuição do Vanádio (V) acompanha padrões similares ao de outros metais associados a argilas e óxidos de ferro, com concentrações mais altas em Mosqueiro, e sua estabilidade entre fundo e superfície sugere fontes consistentes.

Elementos como o Cloro (Cl) e o Enxofre (S) apresentam concentrações mais uniformes, mas ainda assim maiores em Mosqueiro, refletindo a influência da salinidade e da decomposição de matéria orgânica nesses locais. O Potássio (K) segue o mesmo padrão, com níveis elevados em Mosqueiro devido à presença de minerais argilosos ricos em K.

6.5.1 Concentração de elementos por localidade

Ponto 1

Icoaraci apresenta concentrações intermediárias para a maioria dos elementos, com maior variação entre as amostras de superfície e fundo. A influência urbana pode ser responsável por níveis mais elevados de elementos como Zn e Mn, enquanto elementos como Al e Ti, associados a minerais argilosos, indicam aporte continental. A presença de Fe e Mn é consistente, mas menor do que em Mosqueiro.

Ponto 2

Este local apresenta as maiores concentrações para a maioria dos elementos analisados, como Fe, Mg, Mn, Al, Zn, Ca, V, e S. Esse padrão pode ser atribuído à maior proximidade com fontes continentais e ao acúmulo de matéria orgânica e partículas finas, como argilas, que adsorvem metais. O fundo de Mosqueiro exibe concentrações mais elevadas, o que reflete processos de deposição e precipitação de metais em ambientes de baixa energia.

Ponto 3

Este ponto, localizado mais próximo da foz, apresenta as menores concentrações para quase todos os elementos. A influência marinha e a diluição dos

aportes continentais tornam o ambiente mais dominado por sedimentos siliciclásticos e menos enriquecido em metais como Fe, Mn e Al. No entanto, há um aumento significativo de Cr no fundo, sugerindo fontes específicas, possivelmente minerais pesados ou atividades locais.

6.5.2 Correlação dos elementos por localidade

As correlações entre os elementos químicos nos diferentes pontos de coleta (ponto 1: Ico, ponto 2: Mo e ponto 3: Co) e entre superfície e meia água revelam importantes características dos processos geoquímicos e das influências ambientais em cada localidade.

Ponto 1 (Ico)

Icoaraci mostra correlações significativas que refletem a influência urbana e fluvial, com padrões distintos entre superfície e fundo (Figura 38).

- **Fe e Mn:** A correlação é mais evidente no fundo, onde os processos de deposição e a maior estabilidade química promovem a co-precipitação de óxidos metálicos. Na superfície, a correlação é mais fraca, provavelmente devido ao impacto de descargas urbanas, que introduzem Mn em formas mais solúveis e menos associadas ao Fe.
- **Zn e Fe/Mn:** No fundo, o Zn apresenta correlação com Fe e Mn, sugerindo adsorção em óxidos e hidróxidos desses elementos. Na superfície, essa correlação é menos evidente, possivelmente devido à maior influência de fontes urbanas diretas que aportam Zn em formas dissolvidas ou complexadas com matéria orgânica.
- **Al e Ti:** Semelhante a Mosqueiro, a correlação entre Al e Ti é visível, indicando sedimentos de origem continental. No fundo, a relação é mais forte devido ao acúmulo de partículas finas, enquanto na superfície há maior dispersão devido à ação das correntes.

Ponto 2 (Mo):

Mosqueiro apresenta fortes correlações entre elementos como Fe e Mn, Al e Ti, além de Ca e Mg, tanto na superfície quanto no fundo (Figura 38).

- **Fe e Mn:** No fundo, a correlação é marcante devido às condições subóxicas, que favorecem a redução de Fe^{3+} e Mn^{4+} para suas formas solúveis Fe^{2+} e Mn^{2+} , frequentemente mobilizadas na água intersticial. A precipitação desses íons reduzidos só ocorre se houver condições físico-químicas favoráveis, como a presença de sulfetos, que podem formar minerais como FeS . Esse comportamento é típico de ambientes ricos em matéria orgânica, que promovem processos redox intensos. Na superfície, a correlação também é visível, mas menos intensa, devido à mistura constante da coluna d'água e à suspensão de partículas.
- **Al e Ti:** Tanto na superfície quanto no fundo, há uma relação consistente entre Al e Ti, indicando a presença de minerais argilosos e outros silicatos. No fundo, a correlação é mais acentuada devido à sedimentação de partículas terrígenas. Na superfície, o aporte fluvial mantém a concentração desses elementos elevada, mas com maior dispersão devido ao transporte hidrodinâmico.
- **Ca e Mg:** Esses elementos apresentam boa correlação no fundo, sugerindo a presença de carbonatos associados a processos biogênicos ou de precipitação química. Na superfície, a correlação é menos evidente, possivelmente devido à maior influência do material suspenso e de fontes pontuais.

Ponto 3 (Co)

Em Colares, as correlações entre elementos refletem a predominância de influência marinha e a diluição de fontes continentais, com diferenças mais evidentes entre superfície e fundo como mostrado na Figura 38.

- **Fe e Mn:** No fundo, a correlação é menor em comparação a Mosqueiro e Icoaraci, refletindo a menor quantidade de matéria orgânica e as condições mais oxigenadas. Na superfície, a baixa correlação indica que ambos os elementos estão presentes em formas distintas, provavelmente derivadas de fontes dispersas ou sedimentação parcial.
- **Cr e Fe:** Uma correlação notável ocorre entre Cr e Fe no fundo, especialmente em Colares, sugerindo a presença de minerais pesados ricos em Fe que co-precipitam com o Cr. Esse comportamento não é

evidente na superfície, onde o Cr pode estar mais associado à fração dissolvida devido à influência marinha.

- **Zn e matéria orgânica:** O Zn não apresenta uma correlação forte com outros elementos, mesmo no fundo, possivelmente devido à menor quantidade de matéria orgânica e sedimentos finos. Na superfície, sua presença é diluída pela influência marinha.

No geral, as correlações entre elementos são mais fortes no fundo em todas as localidades, devido ao acúmulo de partículas finas, matéria orgânica e processos de precipitação química, enquanto na superfície são mais dispersas, refletindo a mistura de influências fluviais, urbanas e marinhas. No Ponto 1, a superfície é mais influenciada por fontes urbanas, ao passo que o fundo reflete processos sedimentares típicos. No Ponto 3, a influência marinha reduz as correlações gerais, especialmente na superfície, enquanto no fundo elementos como Cr apresentam padrões distintos, possivelmente associados a fontes locais. Já no Ponto 2, há maior consistência nos padrões de correlação tanto na superfície quanto no fundo, indicando a predominância de fontes continentais e deposição de sedimentos ricos em metais. Esse padrão evidencia a interação dinâmica entre processos naturais e antrópicos, as condições ambientais e a geologia regional.

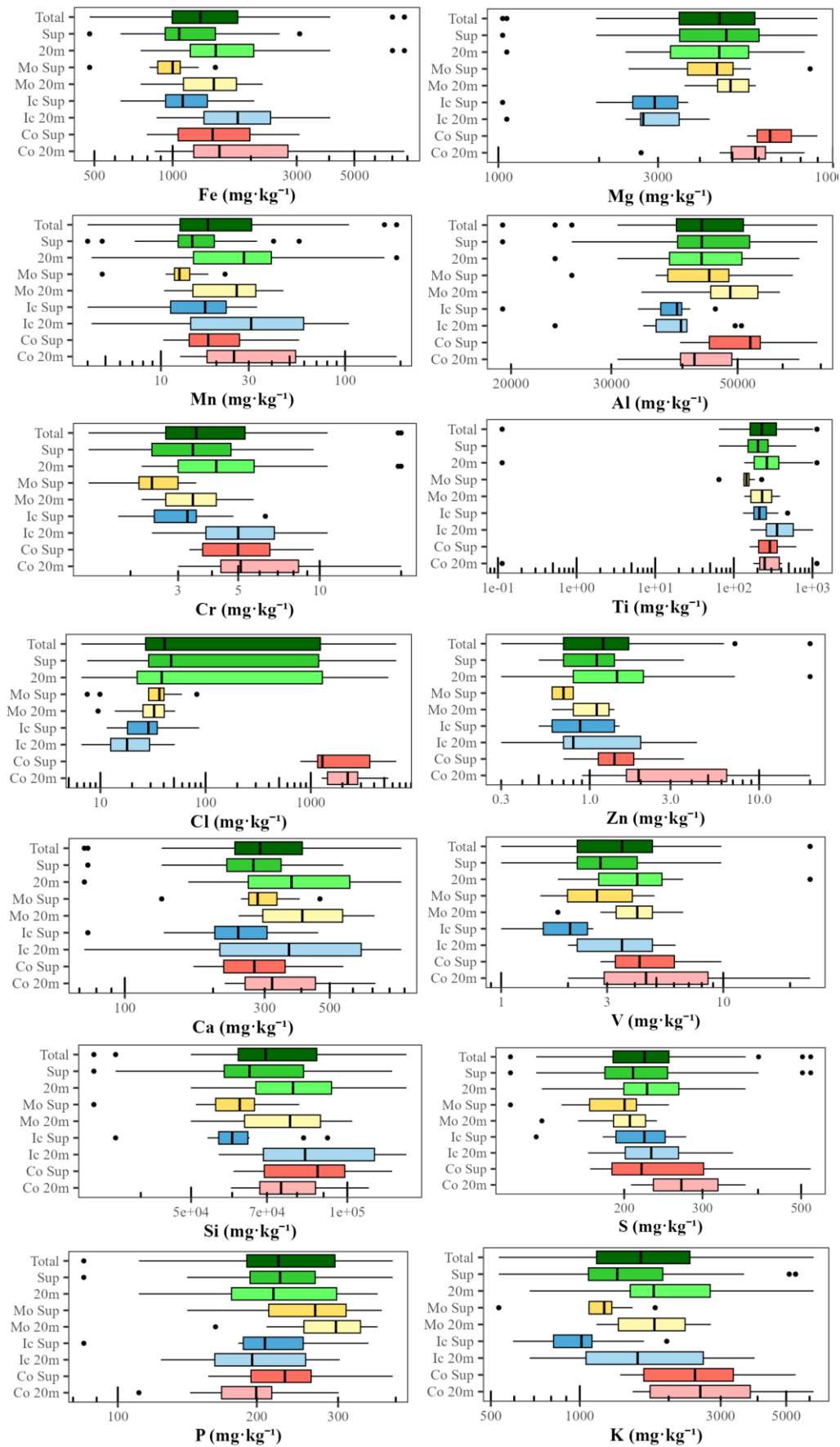


Figura 38-Gráfico *Boxplot* dos elementos em cada ponto superfície e meia água.

7 DISCUSSÃO

7.1 CONCENTRAÇÃO DE MPS NOS 3 PONTOS DE COLETA

A análise das concentrações de MPS nos três pontos de coleta evidencia a influência crucial da hidrodinâmica e da maré na distribuição de sedimentos em suspensão. Em Colares, a maior variabilidade indica uma ressuspensão significativa dos sedimentos, enquanto em Icoaraci e Mosqueiro a estabilidade sugere processos de deposição mais dominantes. Dyer 1995 comenta sobre os sedimentos nos estuários na qual se encaixa no comportamento na baía de Marajó, na foz em colares o movimento provocado pela turbulência no encontro da água salina e água doce mostra um transporte: a carga de lavagem (*Washload*) que influencia os sedimentos mais finos provocados pela turbulência e se dispersa ao perfil vertical e homogêneo. O que difere nos outros pontos como Icoaraci e Mosqueiro os transportes influenciados é suspensão associada a troca de momentum e a carga de fundo influenciado pela granulometria do sedimento como mostrado na Figura 13.

De acordo com Correa (2005), seu estudo abordou a variação sedimentologia no fundo da Baía de Marajó. A fração granulométrica predominante é a areia, que é encontrada em qualquer profundidade, mas se destaca na formação de bancos, baixios e coroa, especialmente na porção oeste da baía. Na margem direita, entretanto, Correa (2005) aponta que sedimentos silto-argilosos são mais comuns na região leste, onde a hidrodinâmica é menos intensa, favorecendo a deposição em canais de maré, de onde foram coletadas as amostras. Franzinelli (1977) também observa que a abundância de sedimentos se deve ao caráter altamente erosivo da região, típico de ambientes de alta energia.

7.1.1 Ponto 1

Na Figura 15, as concentrações de MPS exibiram variações menos acentuadas em comparação ao ponto 3, com menor amplitude ao longo do ciclo de maré. Tanto na superfície quanto na subsuperfície, as concentrações de MPS se mantiveram mais estáveis. Nesta localidade, o encontro das águas da Baía de Guajará com as da Baía do Marajó reduz a energia das correntes, impactando o transporte de sedimentos. Essa menor

variação na concentração de MPS indica uma influência reduzida das marés em comparação a Colares, mas evidencia maior impacto das vazões dos rios Guamá e Acará-Moju, que contribuem para a ressuspensão de sedimentos. Embora pequena, a influência da maré ainda desempenha um papel na hidrodinâmica local. Pinheiro (1987) aborda a morfodinâmica e a hidrodinâmica da região do Marajó, ressaltando a propagação das ondas de maré de enchente, com período aproximado de 5 horas, que se deslocam por cerca de 220 km no interior da Baía de Marajó, alcançando os estuários dos rios Guamá e Capim. No período de vazante as correntes de maré fluem para o sul da Baía de Guajará e apresentam duração de cerca de 7 horas (Moura 2007). Mesmo em condições de ventos fracos, a superfície da água da Baía de Guajará é caracterizada como um sistema relativamente agitado, definindo claramente um regime de fluxo turbulento isso propicia a mistura das águas e a ressuspensão praticamente constante dos sedimentos de fundo nos bancos e margens (Moura 2007).

7.1.2 Ponto 2

Na Figura 16, foram registradas as menores concentrações de MPS entre os três pontos de coleta. A estabilidade na concentração de MPS na superfície sugere uma influência hidrodinâmica reduzida, resultando em menor ressuspensão de sedimentos. Em profundidade, as concentrações de MPS apresentaram distribuição mais uniforme, indicando que a energia hidrodinâmica em Mosqueiro é insuficiente para provocar grandes variações. Essa baixa energia pode ser atribuída à localização distante da foz, que reduz a influência das marés, além de fatores como a morfologia e a largura da região. Prestes *et al.* 2020 descreve a magnitude da entrada continental do rio Pará em direção ao Oceano Atlântico mostrando pico de descarga na baía de Marajó em abril ($3,8 \times 10^5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), e seu ponto mais baixo em outubro, com $9,0 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Seu trabalho também aborda a descarga do rio considerando o fluxo não estacionário (Q), que apresenta variações significativas influenciadas por fatores como sazonalidade, fenômenos climáticos (El Niño e La Niña), mudanças geomorfológicas, alterações climáticas, variações pluviométricas e ações antrópicas. Prestes *et al.* (2017) comentam que a distorção e a assimetria positiva da maré nesta região sugerem que a área de atenuação da maré no estuário pode atingir mais de 400 km a montante, o que pode influenciar a baixa turbulência no ponto de coleta. Outro possível efeito da baixa

concentração de MPS pode ser o entupimento do filtro, causado pela fração coloidal presente na região, conforme exemplificado por Rousseau (2015).

7.1.3 Ponto 3

Na Figura 17, a concentração de MPS mostrou-se inicialmente alta, especialmente durante o início da coleta, seguindo um padrão decrescente ao longo do dia. Esse comportamento pode estar relacionado à intensa hidrodinâmica da região, que promove a ressuspensão de sedimentos no início do ciclo de maré. Rosário (2016) comenta essa propagação da cunha salina na região na qual se propagar chegando a 100 km durante a baixa vazão do rio chegando até próximo a Mosqueiro em períodos seco. À medida que a maré avança, a energia hidrodinâmica diminui, permitindo a sedimentação das partículas em suspensão. A variação na concentração de MPS, particularmente em profundidade, sugere uma grande suspensão do sedimento no fundo, geralmente provocado pela turbulência dos sedimentos finos. No caso dos sedimentos finos, o transporte de fundo ocorre na forma de uma lama fluída, cuja origem está associada à floculação e à deposição de sedimentos finos no núcleo da zona de máxima turbidez (Dyer 1995).

7.1.4 Perfis Batimétricos dos pontos de coleta

Os perfis analisados nas três localidades demonstram diferenças significativas na morfologia de fundo e nos padrões de sedimentação, o que influencia diretamente na granulometria dos sedimentos depositados.

No ponto 1 (Figura 39), com direção SE-NW, observa-se uma morfologia de fundo bastante irregular, com variações de profundidade superiores a 25 metros, destacando o Canal de Mosqueiro (CM). Essa área é caracterizada por transições entre depressões profundas e elevações suaves, típicas de ambientes estuarinos. A coleta próxima ao canal evidencia um ambiente dominado por processos de mistura e saída de água. Segundo Correa (2005), essa dinâmica promove a deposição de partículas mais finas, como silte e argila, que se acumulam principalmente nos canais, devido à baixa energia das correntes que predominam em maior profundidade na região leste.

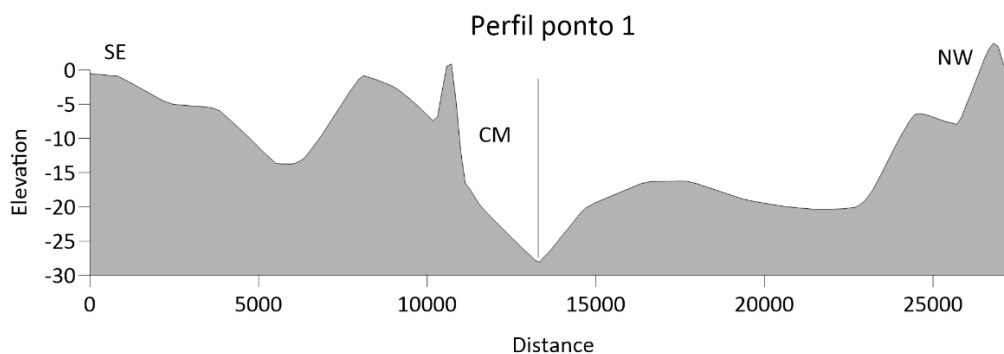


Figura 39-Perfil Batimétrico do Ponto de Coleta 1 com Direções SE-NW no Canal de Mosqueiro (CM), a linha no gráfico representa o local da coleta de dados.

O ponto 2 (Figura 40) apresenta uma batimetria mais uniforme em comparação ao ponto 1, com o canal principal atingindo uma profundidade de até 27 metros, associado à drenagem do rio Pará. Próximo à Ilha de Marajó, a presença de bancos arenosos reflete condições de maior energia, onde sedimentos mais grossos, como areia média e silte grosso, são moderadamente selecionados, com assimetria levemente negativa. Contudo, nas áreas de canais, onde a energia diminui, predominam sedimentos mais finos, como silte muito fino e argila, que apresentam uma seleção pobre e assimetria positiva, refletindo o transporte e a deposição seletiva de partículas mais leves.

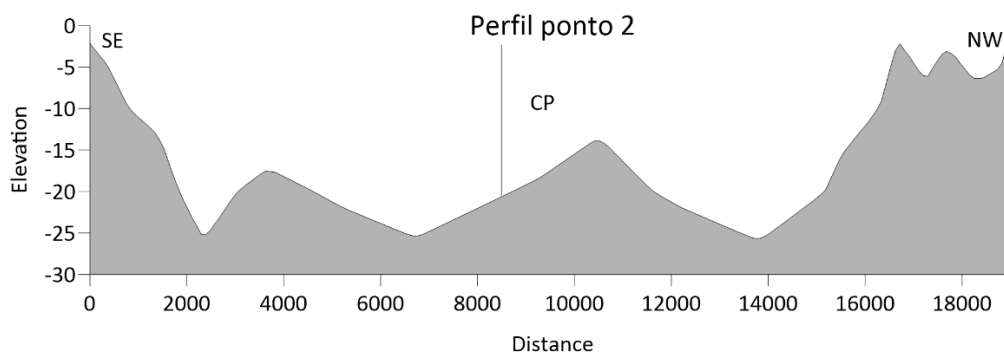


Figura 40-Perfil Batimétrico do Ponto de Coleta 2 com Direções SE-NW no Canal do rio Pará (CP), a linha no gráfico representa o local da coleta de dados.

Já o perfil do ponto 3 (Figura 41) apresenta uma morfologia de fundo irregular devido à presença de canais de amplitude superior a 18 metros, como o canal de Espadarte, além de dois bancos arenosos principais: Barra Seca e Barra da Muriçoca. Durante marés baixas, esses bancos podem emergir parcialmente. Os sedimentos associados a esses bancos são compostos predominantemente por areias médias, mal selecionadas e com assimetria simétrica. Próximo à margem leste, o gradiente granulométrico varia de silte grosso a muito fino, chegando até argila, com seleção que vai de mal a muito mal e assimetria que pode ser levemente positiva ou simétrica.

Portanto, as diferenças na sedimentação dos três pontos refletem variações locais nos processos hidrodinâmicos, que controlam a seleção granulométrica e o tipo de sedimento depositado. Em áreas de maior energia, como bancos arenosos, predominam sedimentos grossos e moderadamente selecionados, enquanto nos canais e margens abrigadas, os sedimentos finos, como silte e argila, predominam devido à redução na energia do fluxo.

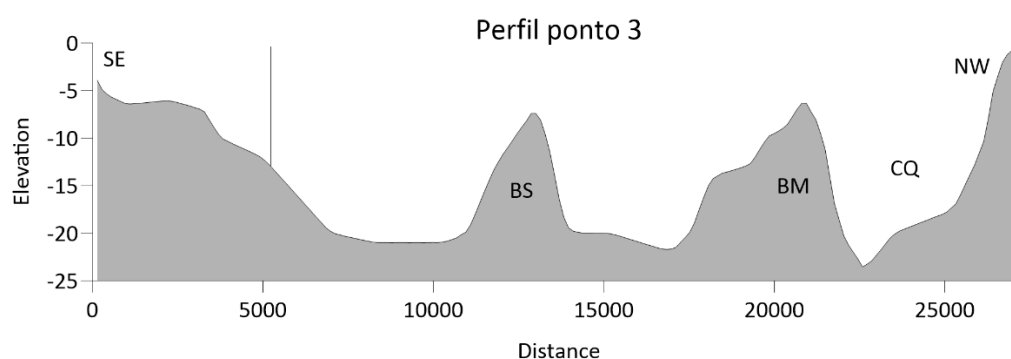


Figura 41-Perfil Batimétrico do Ponto de Coleta 3 com Direções SE-NW no canal do espadarte (CE), a linha no gráfico representa o local da coleta de dados e junto com barra seca (BS) e a barra da muriçoca a (BM)

7.2 KRUSKAL-WALLIS NOS 3 PONTOS

A relação dos elementos Mg, Al, Ti, V, Cr, Fe, Zn, K e Si na superfície é explicada por sua tendência de se adsorver em partículas de sedimentos, que variam desde areia fina até coloides. Esse comportamento é influenciado pela interação com a salinidade local, de acordo com a teoria da dupla camada difusa descrita por Truckenbrodt (2019). As diferenças nas concentrações desses elementos entre os três pontos de coleta são mais evidentes na área do ponto 3, onde foram registradas as maiores concentrações, conforme ilustrado no Anexo B.

Em profundidade (20 m abaixo da lâmina d'água), as concentrações de Mg são mais altas em Mosqueiro, enquanto as de Zn se destacam em Colares. A alta concentração de Mg em Mosqueiro está associada à forte vazão do rio Tocantins, que carrega material particulado natural rico em argilominerais, como esmectita e ilita, reconhecidamente ricos em Mg (Truckenbrodt 2019, Franzinelli 1977).

A presença de Zn na localidade em profundidade justamente se dá também pela presença dos elementos Fe e Mg em argilo-minerais como ilita, esmectita e clorita, minerais bastantes abundantes na região pois o zinco pode ser retirado da solução pela presença de óxidos de ferro e manganês (Nriagu & Coker 1980).

O Cl difere entre as localidades, a soma dos *ranks* mais alta foi observada no Ponto 3, por se encontrar o ponto mais próximo da foz os dados apresentam valores maiores também em profundidade na qual explicada por Rosário 2016 devido a intrusão salina na região em profundidade.

A configuração morfológica da Baía favorece a adsorção e deposição desses elementos. De acordo com Correa (2005), a morfologia do fundo da Baía de Marajó, particularmente na margem direita, é influenciada por uma hidrodinâmica de menor intensidade. Os sedimentos dessa área são predominantemente de silte e argila, classes que se distribuem ao longo de toda a margem leste da Baía de Marajó, preenchendo os canais de maré onde foram realizadas as coletas de amostras. Essa condição de baixa hidrodinâmica facilita a floculação e adsorção dos elementos no momento em que entram em contato com a água salina trazida pelos ciclos de maré.

7.3 BOXPLOT EM SUPERFICIE E A MEIA ÁGUA

A Baía de Marajó está situada em uma região com uma mistura dinâmica entre água doce proveniente dos rios e água salgada do oceano Atlântico. Essa mistura cria um ambiente propenso a processos de sedimentação, floculação e precipitação química, que são comuns em estuários. A troca entre os sedimentos e a coluna d'água também é crucial, já que elementos como ferro (Fe) e manganês (Mn) podem ser remobilizados dos sedimentos para a água sob condições redox variáveis.

Observa-se que o Fe apresenta concentrações elevadas tanto na superfície quanto meia água, com uma tendência mais acentuada em profundidade (Figura 38). Isso sugere que o Fe é influenciado por processos redox, como a redução do Fe^{3+} para Fe^{2+} em condições anóxicas no fundo do estuário. A presença do Fe e o Mn e altamente móvel em condições redutoras, o que explica sua concentração elevada em meia água e em concentrações elevadas pode estar associada à entrada de sedimentos ricos em ferro. Na interface entre o sedimento e a água, a liberação de ferro e manganês acontece principalmente em ambientes sem oxigênio (anaeróbicos). Porém pode ocorrer em condições com oxigênio (aeróbicas). Agora, esses íons metálicos de ferro e manganês também podem ser mobilizados por agentes orgânicos que formam complexos ou até por organismos vivos, especialmente bactérias, que mexem com isso através de suas atividades metabólicas (Förstner & Wittmann 1983).

O Fe e Cr apresenta uma correlação no ponto 3, pode sugerir que o Cr está associado aos mesmos processos de sorção e remobilização que o Fe, devido ao contato a água salina que entra no ciclo de maré o que explica sua alta correlação. (Zhang *et al.* 2014)

O Zn e o Cr, esses metais traço podem estar associados a fontes antropogênicas, como a descarga de efluentes industriais ou atividades urbanas. As concentrações de Zn e Cr apresentam valores maiores no ponto 1 (Mosqueiro) devido a receber efluentes da área urbana e ponto 3 (Colares) justamente porque recebe a maior descarga dos efluentes de toso os pontos e se encontrar em um canal e no ponto mais distal entre os 3 pontos.

Os altos valores de alumínio (Al) observados, especialmente nas camadas superficiais e fundas, podem estar relacionados com a presença de argilas nas suspensões sedimentares típicas de áreas de transição flúvio-marinha, já que o Al é um constituinte comum em minerais silicatos. A maior concentração de Al nas áreas mais profundas pode indicar a sedimentação de partículas mais finas, que são carregadas pela corrente fluvial e eventualmente depositadas com a redução da energia hidrodinâmica (Correa 2005, Förstner & Wittmann 1983).

O ferro (Fe) e o cromo (Cr), ambos elementos metálicos, apresentam uma correlação visível nas concentrações, especialmente nas amostras de fundo. Esse padrão pode estar relacionado a condições redox reduzidas, frequentemente associadas à presença de matéria orgânica e baixa oxigenação nos sedimentos. Embora não tenhamos medido diretamente parâmetros como oxigênio dissolvido ou Eh, a correlação entre esses elementos e sua concentração em sedimentos finos pode sugerir ambientes com potencial redutor, propícios à mobilização e posterior retenção desses metais.

Por outro lado, elementos como o manganês (Mn) e o zinco (Zn) mostram variações maiores entre as amostras de superfície e meia água. O Mn, por exemplo, pode estar sendo mobilizado nas camadas superficiais devido a processos de oxidação, enquanto o Zn pode estar sendo influenciado por fontes antropogênicas, como atividades urbanas e industriais próximas, explicando sua variação nos locais mais superficiais.

O zinco compartilha características com os metais de transição na sua habilidade de formar complexos com compostos como amônia, aminas, íons haleto e cianetos. Ele se posiciona como um elemento intermediário entre fortes e fracos aceptores de elétrons

em suas interações químicas com ligantes. Além disso, o zinco é capaz de formar complexos tanto com bases fortes quanto com bases fracas (More & Ramamoorthy 1984).

O comportamento do zinco em sistemas aquáticos varia de acordo com suas características físico-químicas. Em águas estuarinas, os ácidos húmicos desempenham um papel relevante devido à baixa competição por cátions como Ca^{2+} e Mg^{3+} (Moore & Ramamoorthy 1984). O zinco pode ser removido da solução pela presença de óxidos de ferro e manganês. No entanto, seu enriquecimento em ácidos húmicos e fúlvicos é significativamente menor em comparação com elementos como Cu, Pb, Ni e Cr, quando associados ao sedimento (Nriagu & Coker 1980).

Segundo Siqueira *et al.* (2018) a elevada capacidade de troca catiônica das argilas e da matéria orgânica, em conjunto com o pH moderadamente ácido característico do sistema fluvial-marinho, favorece a mobilidade dos metais traço. Além disso, variáveis como salinidade e alcalinidade desempenham um papel determinante nos processos de floculação e deposição de metais na Plataforma Interna como a comportamento visto no ponto 3, enquanto na Plataforma Externa, a sedimentação reduzida permite o transporte desses elementos por distâncias mais extensas.

Essas diferenças entre profundidades e localidades está associada a dinâmica estuarina da Baía de Marajó que é fortemente controlada pela variação de energia hidrodinâmica, ciclo das marés e pela interação de águas salinas e doces, o que afeta a mobilidade e o comportamento geoquímico dos elementos estudados. A variação de Ca e Mg pode estar relacionada tanto à influência da água marinha quanto à precipitação de carbonatos em condições específicas de pH e alcalinidade. O aumento das concentrações desses elementos na superfície pode estar associado à intrusão de água salgada.

7.3.1 Correlação dos elementos em superfície e meia água

O *boxplot* revela uma correlação entre os elementos, evidenciando comportamentos semelhantes entre o ferro e metais como Mg e Cr. Isso sugere uma associação direta dos metais com os óxidos e hidróxidos de ferro. A quantidade de ferro e as condições ambientais favorecem a formação de complexos, já que os óxidos de ferro atuam como importantes agentes ligantes de metais em ambientes aquáticos. Além disso, o tipo de sedimento originado pelo intemperismo na região contribui para as correlações observadas entre ferro e cromo.

Nos dados da meia água, também foi detectada uma boa correlação entre o ferro e outros metais, reforçando a hipótese de associação com óxidos e hidróxidos de ferro. A forte correlação do cálcio, especialmente no ponto 3, parece estar relacionada à influência da salinidade, que pode desempenhar um papel importante nesse comportamento como:

- Alteração de Solubilidade e Especiação Química na qual a presença de íons como cloreto (Cl^-) pode formar complexos com metais, como Fe, Mn, Zn.
- A Floculação e Coagulação também possuem influencia pois em ambientes de alta salinidade, complexos de metais com matéria orgânica podem se desestabilizar, promovendo a liberação de elementos para a fase sólida dos sedimentos.

A Saturação e Precipitação de Minerais em locais com a presença da salinidade certos minerais podem precipitar de forma mais eficiente, como óxidos de ferro e carbonatos, que capturam outros metais (como Cr, V, Ti e Mn) em suas estruturas. A quantidade e o ambiente proporcionam condições em que o ferro forme complexo, uma vez que óxidos de ferro são importantes agentes ligantes de metais em ambientes aquáticos. O tipo de sedimento formado pelo intemperismo incidente na região explica as correlações entre ferro e cromo.

7.3.2 Concentração e geoquímica dos elementos por localidade

A análise geoquímica dos elementos químicos nos pontos de coleta pontos 1, 2 e 3 revela padrões que refletem as condições ambientais, o regime de transporte sedimentar e os processos de deposição dominantes na Baía de Marajó.

Ponto 1

Icoaraci apresenta concentrações intermediárias para a maioria dos elementos analisados. A proximidade com áreas urbanas contribui para níveis elevados de Zn, possivelmente devido à entrada de sedimentos enriquecidos por fontes antrópicas. Essa característica é compatível com os padrões descritos por Siqueira *et al.* (2018), onde a alta carga sedimentar oriunda de áreas continentais aumenta a fração fina nos sedimentos costeiros. Além disso, a sazonalidade, associada às chuvas, pode intensificar o transporte de material para Icoaraci, elevando as concentrações de metais traço, como o Cr e o Zn,

que foram encontrados em níveis superiores ao observado em Mosqueiro e Colares nos *Boxplot* analisados.

Ponto 2

Em Mosqueiro, as concentrações dos elementos apresentam maior equilíbrio, refletindo o impacto reduzido de fontes urbanas e maior influência de processos naturais, como a deposição controlada por manguezais adjacentes. A fração de sedimentos finos é predominante, como relatado por Siqueira *et al.* (2018) para a Plataforma Interna. Isso contribui para concentrações moderadas de Cr e Fe, observadas nos *boxplots*, em conformidade com os valores reportados para a fração < 63 μm na Plataforma Amazônica, que variam entre 39-84 mg kg^{-1} para Cr. Esse padrão sugere que a dinâmica natural de transporte sedimentar na região mantém a distribuição geoquímica dos metais sob controle.

Ponto 3

Colares, por sua vez, exibe os menores níveis de alguns metais, especialmente na superfície, devido à maior influência das correntes oceânicas que diluem a carga sedimentar fina, como observado por Siqueira *et al.* (2018) na Plataforma Externa. A ausência de matéria orgânica nos sedimentos marinhos externos descrita por esses autores também pode contribuir para a baixa retenção de metais traço. No entanto, os valores médios de Cr e Fe em Colares no fundo são consistentes com os padrões autigênicos descritos por Breckel *et al.* (2005), onde processos de perda de metais como Cd e Mo para as águas sobrejacentes podem ocorrer em menor escala.

A distribuição dos metais traço segue um padrão claro de enriquecimento em ambientes com maior sedimentação de partículas finas e maior presença de matéria orgânica, como observado no ponto 1 próximo de Mosqueiro e, em menor grau, no ponto 1 próximo de Icoaraci. Em contraste, Colares apresenta uma dinâmica mais próxima da Plataforma Externa, com depleções relacionadas a processos de transporte e menor deposição. As variações de concentração de Cr e Zn nos *boxplots* analisados corroboram os estudos regionais, destacando a influência da dinâmica costeira como maré e corrente, além de evidenciar o papel dos diferentes processos biogeoquímicos atuantes em cada localidade.

7.4 INTERPRETAÇÃO COMPARATIVA DOS ELEMENTOS (Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti, Ca) DOS PONTOS DE COLETA E DIFERENTES SISTEMAS FLUVIAIS

7.4.1 Elementos Majoritários Mg, Mn, Al, Fe e Ca

Os elementos magnésio (Mg), manganês (Mn), alumínio (Al), ferro (Fe) e cálcio (Ca) Tabela 1 apresentam médias que indicam variações significativas entre os pontos de coleta durante o ciclo de maré, em comparação com grandes rios mundiais. As concentrações médias de magnésio variam entre 2815 mg Kg^{-1} e $6764,7 \text{ mg Kg}^{-1}$, valores consideravelmente menores em relação aos rios Mekong ($12.400 \text{ mg Kg}^{-1}$) e Paraná ($14.800 \text{ mg Kg}^{-1}$). Isso sugere que, em média, os pontos de coleta possuem uma contribuição sedimentar mais moderada em magnésio, possivelmente devido à menor presença de rochas ricas nesse elemento ou à influência diluída de águas marinhas.

Tabela 1-Composição química dos sedimentos suspensos transportados nos pontos de coleta em comparação com os rios globais

Localização	Mg	Al	Mn	Fe	Ti	V	Ca	Cr	Zn
Ponto 1 (mg/kg)- sup	2815	37248	17,98	1197,55	244,51	1,96	253,08	3,36	0,78
Ponto 1 (mg/kg)- fun(20m)	2918	39803	34,48	2048,9	870,63	3,27	864,45	4,91	275,46
Ponto 2 (mg/kg)- sup	4633,64	43811,82	13,26	987,59	147,79	3,01	298,59	2,53	0,32
Ponto 2(mg/kg) - fun(20m)	4891,82	48537,27	25,81	1446,94	243,97	4,20	436,62	3,56	0,47
Ponto 3 (mg/kg)- sup	6764,17	51425,83	22,85	1617,21	315,39	5,02	306,58	5,46	1,33
Ponto 3 (mg/kg)- fun(20m)	45010	356740	490,2	23072,4	2816,21	71,9	3169	67,4	41,4
a)Rio Orinoco (concentração media, mg/L)	0,36	5,98	0,04	1,54	-	-	0,41	-	-
b)Rio Congo (mg/kg)	-	-	-	78420	-	-	25000	119	-
c)Rio Sena(mg/kg)	6211	61306	697	33914	3777	83,7	94139	84,3	176
d)Rio Mekong (%)	1,24	15,56	0,16	6,05	0,86*	128*	0,77	73*	-
e)Rio Amazonas (mg/kg)	0,48	5,35	0,04	2,91	0,14	52,8	0,6	29,4	-
f)Calha principal do Médio Rio Paraná (%)	1,48	16,79	0,09	6,33	0,95	-	0,75	120	-
g)Costa norte do estuário do Rio de la Plata (mg/kg)	-	18,794	207	29,225	-	-	-	33.54	75.77

Fonte: a) Lewis & Saunders (1989); b) Dupré *et al.* (1996); c) Roy *et al.* (1999); d) Hossain *et al.* (2017); e) Rousseau *et al.* (2019); f) Campodonico *et al.* (2016); g) Muniz *et al.* (2019).

As médias de alumínio, que variam de 37.428 mg·kg⁻¹ a 51.425 mg·kg⁻¹, são significativamente menores que as observadas nos rios Mekong (155.600 mg·kg⁻¹) e Paraná (167.900 mg·kg⁻¹). Esses valores sugerem uma menor carga sedimentar de alumínio nos pontos de coleta, possivelmente associada a um ambiente com menor aporte de sedimentos ou menor intensidade de erosão. Já o manganês apresenta médias variando

de $17,98 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $490,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, sendo que, em meia água (Ponto 3), os valores se aproximam dos registrados em rios como o Congo e o Sena (ambos com cerca de $697 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). A maior concentração de manganês em meia água pode estar associada a processos de remobilização sob condições com potencial redutor, como baixa oxigenação ou acúmulo de matéria orgânica, embora não tenhamos dados diretos (como oxigênio dissolvido ou presença de sulfetos) que confirmem esse cenário. Para o ferro, as médias variam entre $1197,55 \text{ mg Kg}^{-1}$ e $23.072,4 \text{ mg Kg}^{-1}$, valores menores do que os encontrados no Mekong ($60.500 \text{ mg Kg}^{-1}$) e Paraná ($63.300 \text{ mg Kg}^{-1}$). No entanto, a concentração mais alta em meia água (Ponto 3) sugere que o ferro está presente de forma significativa nos sedimentos profundos, indicando um ambiente favorável à sua precipitação. Em relação ao cálcio, as médias variam de $253,08 \text{ mg Kg}^{-1}$ a 3169 mg Kg^{-1} , muito inferiores às do Rio Sena ($94.139 \text{ mg Kg}^{-1}$), sugerindo uma menor contribuição geológica de carbonatos nos pontos de coleta.

Os elementos Mg, Mn, Al e Fe apresentam uma forte correlação na região, o que pode ser atribuído à presença de rochas intemperizadas que formam lateritas ou latossolos, abundantes em regiões tropicais e equatoriais. Esses solos, de cor amarelada a avermelhada, são compostos principalmente por caulinita, com diferentes proporções de óxidos/hidróxidos de Fe e Al (como goethita, hematita e gibbsita). As caulinitas de solos tropicais podem conter até 2% de Fe^{2+} , o que reflete uma desordem estrutural complexa (Truckenbrodt 2019).

De acordo com Patricia *et al.* (2022), os rios Amazonas e Pará contribuíram com fluxos significativos de metais como Mg, Mn, Al e Fe, sendo que o rio Pará apresentou uma maior influência antropogênica. Esses metais sofreram certo grau de remoção durante a mistura estuarina, especialmente na região de baixa salinidade. A remoção de metais na fase particulada foi associada a processos como adsorção em partículas, formação de óxidos (hidróxidos) e/ou floculação coloidal, sendo mais acentuada para elementos reativos a partículas, como Al, Mn e Fe.

7.4.2 Elementos Traços V, Cr, Ti e Zn

Os elementos traço vanádio (V), cromo (Cr), titânio (Ti) e zinco (Zn), apresentados também na Tabela 1, exibem médias que indicam variações significativas em relação aos grandes rios do mundo. O vanádio, cujas concentrações médias variam de

1,96 mg Kg⁻¹ a 71,9 mg Kg⁻¹, é encontrado em quantidades bem menores do que no rio Mekong (128 mg Kg⁻¹), sugerindo que os sedimentos da área estudada são mais pobres nesse elemento. Conforme Schneider *et al.* (2022), o vanádio em ambientes estuarinos, como os rios Amazonas e Pará, apresenta um comportamento conservador, devido à sua natureza como oxiácido, o que o torna relativamente não reativo com ligantes orgânicos e partículas naturais.

Entretanto, Schneider *et al.* (2022) também indicaram que, em zonas de baixa salinidade, o vanádio pode sofrer depleção, possivelmente devido à absorção biológica ou à interação com matéria orgânica e oxi-hidróxidos de Mn e Fe. A pesquisa de Joung & Shiller (2016) corrobora essa ideia, mostrando uma semelhança entre as distribuições de V e Fe coloidal em águas de baixa salinidade ($S < 8$) na plataforma da Louisiana, especialmente durante períodos de alta vazão.

O cromo, com médias que variam entre 3,27 mg Kg⁻¹ e 67,4 mg Kg⁻¹, é encontrado em concentrações significativamente menores do que nos grandes rios, como o Mekong (73.000 mg Kg⁻¹), sugerindo uma influência reduzida de atividades industriais ou agrícolas nas áreas amostradas. Já o titânio, com médias entre 147,79 mg Kg⁻¹ e 2816,21 mg Kg⁻¹, revela uma presença moderada em comparação aos grandes rios, como o Mekong (8600 mg Kg⁻¹) e o Paraná (9500 mg Kg⁻¹). Isso pode indicar uma menor contribuição de minerais pesados, como rutilo e ilmenita, nas áreas de coleta. O zinco, por sua vez, apresenta concentrações entre 0,78 mg Kg⁻¹ e 41,4 mg Kg⁻¹, sendo também significativamente inferiores às dos grandes rios, como o Mekong (73.000 mg Kg⁻¹).

De maneira geral, o comportamento químico dos metais em suspensão (MPS) em rios e estuários é influenciado pela hidrodinâmica que regula esses ambientes. Bouchez *et al.* (2011b) observaram que, em rios como Solimões, Madeira e Amazonas, elementos como Mn, Al e Fe têm suas concentrações mais altas na superfície, diminuindo com o aumento da profundidade. No entanto, o Al é esgotado em sedimentos mais profundos, devido à diluição causada pelo quartzo, que é hidrodinamicamente mais concentrado em maiores profundidades. Elementos como Ti, Mg e Ca aumentam sua concentração em áreas mais profundas, próximas ao canal principal.

Bouchez *et al.* (2011a) também identificaram diferentes comportamentos em função da granulação dos sedimentos suspensos. Elementos mal triados, como Al, Fe e ETR, são transportados principalmente por minerais argilosos e têm suas concentrações

reduzidas em maiores profundidades, devido à diluição pelo quartzo. Já os elementos bem selecionados, como Si, Zr, Hf, Ti e Nb, são associados a minerais mais pesados e tendem a se acumular em sedimentos suspensos próximos ao fundo. Os elementos alcalinos e alcalino-terrosos exibem uma variedade de comportamentos, influenciados por seus raios iônicos e afinidade com argilominerais. Esse padrão observado nos rios amazônicos pode ser aplicado a rios de outras partes do mundo.

7.5 COMPARAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES QUÍMICAS DOS ELEMENTOS SUSPENSOS NOS RIOS AMAZONICOS COM DADOS GLOBAIS E LOCAIS

Os rios da América do Sul formam uma das redes hidrográficas mais extensas e diversificadas do mundo, moldadas pela geografia singular do continente. A Cordilheira dos Andes, a maior cadeia montanhosa do planeta, funciona como um divisor de águas, influenciando a drenagem dos rios para o Atlântico, Pacífico e regiões interiores. Grandes bacias hidrográficas, como a Amazônica, a do Paraná e a do Orinoco, abrigam rios que estão entre os maiores do mundo em volume de água descarregado (Graça *et al.* 2025). A bacia Amazônica, por exemplo, cobre cerca de 40% do continente, despejando entre 13% e 17% da água doce global nos oceanos (Latrubesse 2003, Latrubesse & Sinha 2022). Além disso, a América do Sul possui zonas de planícies alagáveis, como o Pantanal e os Llanos de Moxos, que abrigam biodiversidade excepcional (Hamilton 2002, Latrubesse *et al.* 2023).

Essa vasta rede fluvial desempenha papel fundamental na manutenção da biodiversidade e no suporte às comunidades humanas. Rios como o Amazonas e o Paraná transportam não apenas enormes volumes de água, mas também nutrientes e sedimentos essenciais para os ecossistemas fluviais e costeiros (Filizola & Guyot 2009). Além disso, os rios da região têm características químicas distintas, como águas claras, brancas ou pretas, dependendo da geologia e da composição dos solos que drenam (NASA Earth Observatory 2021). Essas singularidades tornam a hidrogeografia sul-americana única no planeta e um ponto de interesse global para estudos de conservação e gestão sustentável.

A composição química das águas fluviais é amplamente determinada pela geologia da região onde os rios se originam. Rios que têm suas nascentes em escudos cristalinos antigos, como o Escudo das Guianas, geralmente apresentam baixas concentrações de nutrientes, particularmente de fósforo, devido ao longo processo de intemperismo químico e lixiviação do solo, que ocorre ao longo de centenas de milhões

de anos (Gibbs 1972, Stallard & Edmond 1981). Por outro lado, rios que se formam em cadeias montanhosas vulcânicas mais recentes, como os Andes, possuem uma maior disponibilidade de nutrientes, incluindo o fósforo, devido à rápida decomposição das rochas vulcânicas e à constante renovação dos minerais (Mortatti & Probst 2003, Gaillardet *et al.* 1999). Essa diferença na composição química exerce uma influência direta na produtividade dos ecossistemas fluviais, pois rios com maior aporte de nutrientes tendem a sustentar níveis mais elevados de biomassa aquática e biodiversidade.

7.5.1 Composição química dos sedimentos suspensos nos rios do mundo

A distribuição dos elementos químicos transportados em suspensão pelos rios que desembocam no oceano é controlada por fatores geológicos, climáticos, hidrológicos e pelas atividades humanas em cada região do mundo. As análises realizadas a partir dos dados disponibilizados por Viers *et al.* (2009) permitem traçar comparações entre as regiões da América do Sul, América do Norte, Ásia (Rússia e China), África e Europa, evidenciando as diferenças na composição química das cargas suspensas em resposta às particularidades de cada bacia hidrográfica (Tabela 2).

Na América do Sul, os rios amazônicos destacam-se pela elevada concentração de Alumínio (Al) e Ferro (Fe), resultante da intensa erosão e lixiviação de solos tropicais lateríticos, ricos em oxihidróxidos de ferro e alumínio, típicos da bacia do Amazonas (Gibbs 1972, Stallard & Edmond 1981). Além disso, os rios que drenam os Andes transportam grandes quantidades de sedimentos recém-erodidos, influenciando a composição dos materiais suspensos com elementos como Magnésio (Mg) e Cálcio (Ca), embora em proporções menores do que em regiões temperadas, devido à baixa ocorrência de rochas carbonáticas na bacia amazônica (Mortatti & Probst 2003). A contribuição significativa do Manganês (Mn) também é observada, refletindo a mobilização de minerais em ambientes tropicais altamente intemperizados e sujeitos à alternância de condições redox, como ocorre nas planícies de inundação da bacia amazônica (Martinelli *et al.* 1993). Na América do Norte, os rios apresentam uma predominância de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Carbonatos, especialmente em sistemas hidrográficos que atravessam regiões sedimentares, como o Rio Mississippi e os rios que drenam os Apalaches (Meybeck 1982). A presença de rochas carbonáticas e a menor lixiviação dos solos, típica de regiões temperadas, favorecem o enriquecimento desses elementos dissolvidos e particulados. No entanto, em áreas industrializadas, como os Grandes Lagos,

concentrações elevadas de metais como Zinco (Zn) e Crômio (Cr) têm sido observadas, associadas ao impacto antrópico (Gaillardet *et al.* 1999).

Na Ásia, observa-se um contraste interessante entre os rios da Rússia e da China. Os rios russos, como o Lena e o Yenisei, transportam concentrações significativas de Ferro (Fe) e Titânio (Ti), refletindo a drenagem de rochas antigas cristalinas em regiões de escudos e plataformas (Savenko *et al.* 2000). Em contrapartida, os rios chineses, como o Yangtzé e o Rio Amarelo, apresentam maiores concentrações de Cálcio (Ca) e Zinco (Zn), devido à presença de rochas carbonáticas e à intensa atividade agrícola e industrial na região, que contribuem para o aporte de metais pesados (Milliman & Farnsworth 2011). Além disso, a erosão acelerada causada pela monocultura e pelo desmatamento intensifica a carga de sedimentos suspensos nestes sistemas (Syvitski *et al.* 2005).

Na África, os rios que drenam o escudo africano, como o Congo e o Níger, são caracterizados pela predominância de Alumínio (Al) e Manganês (Mn), elementos associados a solos lateríticos e à decomposição de minerais primários em climas tropicais (Meybeck, 1982; Martinelli *et al.*, 1993). A elevada concentração de óxidos e hidróxidos de ferro reflete a maturidade geológica e a intensa lixiviação dos solos ao longo de milhões de anos, sobretudo em regiões de clima úmido e altas temperaturas. O clima árido do norte da África, por outro lado, reduz o aporte de material particulado, mas concentra elementos dissolvidos devido à evaporação (Gibbs 1972).

Na Europa, os rios apresentam padrões distintos em função da intervenção antrópica e da geologia local. Rios como o Danúbio e o Reno exibem concentrações elevadas de Cálcio (Ca) e Zinco (Zn), principalmente devido à drenagem de regiões ricas em rochas carbonáticas e à intensa industrialização (Gaillardet *et al.* 1999). O impacto das atividades humanas, como descargas de efluentes industriais e escoamento agrícola, é refletido no aumento de metais como Crômio (Cr) e Zinco (Zn), tornando os rios europeus algumas das principais fontes de metais pesados para os oceanos (Meybeck, 1982, Milliman & Farnsworth 2011).

Os dados demonstram que os elementos químicos transportados em suspensão pelos rios variam significativamente entre os continentes, sendo influenciados tanto por fatores naturais, como a geologia e o clima, quanto pelas atividades humanas. Os rios amazônicos, com suas concentrações elevadas de ferro e alumínio, contrastam com os rios temperados e industrializados da Europa e América do Norte, ricos em cálcio e metais

pesados. Na Ásia e África, a geologia antiga e as pressões antrópicas moldam composições únicas, ressaltando a complexidade das interações entre processos naturais e antropogênicos nos sistemas fluviais globais.

7.5.2 Distribuição e Concentrações dos elementos Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti e Ca

A Tabela 1 mostram concentrações elevadas de elementos como Mg, Al, e Fe nos rios amazônicos, especialmente nos pontos mais profundos. Essa característica está alinhada com o transporte de sedimentos das áreas montanhosas mais recentes, como os Andes, que fornecem nutrientes e minerais devido à erosão intensa e recente (Latrubesse & Sinha 2022).

Elementos como Ti, Mn, e Cr mostraram padrões de variação que refletem influências locais e globais. Por exemplo, Ti apresentou maior concentração em áreas a meia água, o que pode ser associado à maior sedimentação de partículas pesadas. Comparativamente, rios de outras regiões tropicais, como os do sudeste da Ásia, tendem a exibir padrões semelhantes em bacias com alta carga sedimentar (Filizola & Guyot 2009). Adicionalmente, os valores observados para Mn e Cr nos rios amazônicos são significativamente menores em relação a bacias contaminadas por atividades humanas intensas, como na Europa, onde processos industriais impactam diretamente a química fluvial.

A composição química observada nos gráficos está intrinsecamente ligada à interação entre a geologia, o uso do solo e as condições hidrológicas locais. Por exemplo, a presença de altos níveis de Fe em suspensão podem estar relacionada ao transporte a partir de solos lateríticos ricos em ferro, característicos da Amazônia. Além disso, a contribuição orgânica e o intenso regime de chuvas podem intensificar a mobilização desses elementos para o sistema fluvial (Hamilton 2002). Tais características diferenciam os rios amazônicos das bacias temperadas, onde a sazonalidade e o manejo humano desempenham papel mais predominante.

8 CONCLUSÃO

Este trabalho investigou a distribuição geoquímica dos elementos dos metais Al, Fe, Mn, Mg, Zn, Cr, V, Ti, Ca e K no material particulado em suspensão (MPS) ao longo da Baía de Marajó. As análises realizadas destacaram diferenças significativas nas concentrações de metais entre os três pontos de coleta – Icoaraci, Mosqueiro e Colares – e também entre as amostras de superfície e profundidade (20 m). Entre os principais resultados, podemos destacar:

1. Variação do MPS com a maré: As maiores concentrações de MPS foram observadas em Colares, com valores máximos na superfície de $0,278 \text{ mg L}^{-1}$, destacando-se pela ressuspensão mais intensa durante o início do ciclo de maré. No ponto 2 apresentou as menores concentrações de MPS, sugerindo uma menor influência hidrodinâmica e maior estabilidade sedimentar, enquanto que no ponto 1 apresentou comportamento intermediário, com variações moderadas de MPS tanto em superfície quanto em profundidade, indicando uma combinação de ressuspensão e deposição.
2. O Ponto 3 apresenta as maiores velocidades, especialmente na superfície, com variações significativas de direção ao longo do ciclo de maré, devido à sua proximidade com a foz do estuário. No Ponto 2, por outro lado, mostra um padrão mais estável e com menores velocidades, refletindo a menor influência das marés em áreas mais afastadas. Já Icoaraci possui um comportamento intermediário, com direções mais variáveis e velocidades moderadas, influenciadas por fatores antrópicos e pela proximidade com áreas urbanas.

A Baía de Marajó apresenta uma dinâmica estuarina complexa, influenciada pela mistura de águas doces e salgadas, o que afeta diretamente a mobilidade e a geoquímica dos elementos analisados. A distribuição e concentração de metais como ferro (Fe), manganês (Mn), cromo (Cr), zinco (Zn) e alumínio (Al) revelam variações significativas entre as diferentes localidades (Icoaraci, Mosqueiro e Colares) e profundidades (superfície e meia água). Esses padrões parecem estar associados a processos como floculação, sedimentação, variações nas condições redox e influência de fontes antrópicas. A presença elevada de Fe e Mn nas camadas mais profundas pode estar relacionada a ambientes com baixa oxigenação, onde esses elementos são mobilizados na forma reduzida. Já metais

como Zn e Cr mostram indícios de contribuição antrópica, possivelmente ligados a efluentes urbanos. A correlação observada entre Fe e outros metais, como Cr, sugere uma co-associação com óxidos e hidróxidos de ferro, que funcionam como fases adsorventes importantes para esses elementos.

3. Diferenças significativas nos elementos em superfície e profundidade: O teste de *Kruskal-Wallis* evidenciou diferenças significativas nas concentrações de Mg, Al, Ti, V, Cr, Fe e Zn na superfície entre as localidades, enquanto, em profundidade, Mg e Zn se destacaram. A alta concentração de Mg em Mosqueiro, associada ao fluxo de sedimentos ricos em esmectita e illita, sugere uma influência direta do rio Tocantins. O Zn em Colares, por outro lado, correlaciona-se com a presença de óxidos de Fe e Mn em sedimentos finos.
4. Influência da salinidade: A presença de água salina, especialmente em Colares, promoveu a floculação de elementos como Fe e Cr, explicando a alta correlação entre eles ($r = 1,00$). O comportamento desses metais na interface entre água doce e salgada reforça a hipótese de que a salinidade intensifica a precipitação e a formação de coloides, especialmente em ambientes de máxima turbidez.
5. Impacto da hidrodinâmica e granulometria dos sedimentos: Em Mosqueiro, onde a energia hidrodinâmica é menor, o sedimento apresenta menor granulometria, favorecendo a deposição de metais. Já em Colares, a granulometria mais fina e a forte hidrodinâmica facilitam a ressuspensão e a redistribuição dos elementos, resultando em uma maior variabilidade nas concentrações de metais, especialmente em meia água.

Estes achados indicam que a geoquímica dos elementos na Baía de Marajó é fortemente modulada pela hidrodinâmica local, granulometria dos sedimentos e intrusão salina, resultando em padrões diferenciados de distribuição dos metais traço e majoritários nas diferentes localidades e profundidades. Esse conhecimento é essencial para a gestão ambiental da região e pode servir de base para estudos futuros sobre a interação entre processos naturais e impactos antrópicos na Amazônia estuarina.

REFERÊNCIAS

- Ab'Sáber A. N. 2004. *Amazônia do discurso a práxis*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo.
- Baumgarten M. G. Z. *et al.* 1996. *Manual de análises em oceanografia química*. [S.l.], Editoras FURG/Pallotti, 142 p.
- Breckel E. J., Emerson, S., Balistrieri L. S. 2005. Authigenesis of trace metals in energetic tropical shelf environments. *Continental Shelf Research*, **25**(11): 1321-1337.
- Bouchez J., Lupker M., Gaillardet J., France-Lanord C., Maurice L. 2011a. How important is it to integrate riverine suspended sediment chemical composition with depth? Clues from Amazon River depth-profiles. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **75**(22): 6955-6970.
- Bouchez J., Gaillardet J., France-Lanord C., Maurice L., Dutra-Maia P. 2011b. Grain size control of river suspended sediment geochemistry: clues from Amazon river depth profiles. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **12** (3).
<https://doi.org/10.1029/2010GC003380>
- Campodonico V. A., García M. G., Pasquini A. I. 2016. The geochemical signature of suspended sediments in the Parana river basin: implications for provenance, weathering and sedimentary recycling. *Catena*, **143**: 201-214.
- Cavalcante A. M. S. 2021. Determinação de metais pesados (Fe, Mn, Cd, Cu, Co, Cr, Ni, Zn e Pb), matéria orgânica e carbono orgânico no sedimento de áreas de manguezal NO Município de Vigia De Nazaré, NE-PA. *Holos Environment*, **21**(1): 105-123.
- Costa M. D. S. D. 2014. *Aporte hídrico e de material particulado em suspensão para a Baía do Marajó: contribuições dos rios Jacaré Grande, Pará e Tocantins*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém, 2014. 71 p.
- Correa I. C. S. 2005. Aplicação do Diagrama de Pejrup na Interpretação da Sedimentação e da Dinâmica do Estuário da Baía de Marajó-PA. *Pesquisas em Geociências*, **32** (2): 109-118.
- Cutter G., Casciotti K., Croot P., Geibert W., Heimbürger L. E., Lohan M.C., Obata H., Rutgers v.d., Loelf M. 2017. Sampling and Sample-handling protocols for geotraces cruises. Version 3, August 2017. [hdl:10013/epic.42722](https://hdl.handle.net/10013/epic.42722).
- Dupré B., Gaillardet J., Rousseau D., Allègre C. J. 1996. Major and trace elements of river-borne material: the Congo Basin. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **60**(8): 1301-1321.

- Dyer K. R. 1995. Sediment transport processes in estuaries. *In: Perillo G.M.E. (ed.) Geomorphology and sedimentology of estuaries developments in sedimentology*. New York, Elsevier Science B.V., p. 423-449.
- Fagundes H. O., Fleischmann A. S., Fan F. M., Paiva R. C. D., Buarque D. C., Siqueira V. A., Collischonn W., Borrelli P. 2023. Human-induced changes in South American river sediment fluxes from 1984 to 2019. *Water Resources Research*, **59**: e2023WR034519. <https://doi.org/10.1029/2023WR034519>
- Farias E.S, Nascimento F.S., Ferreira M.A.A. 1992. *Estágio de Campo III. Relatório Final, área Belém/Outeiro*. Belém, Centro de Geociências, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Pará.
- Franzinelli E. 1977. Contribuição à sedimentologia da baía de Marajó. *In: SBG, 2º Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, Anais[...]*. p. 91-106.
- França C. F. de & Souza Filho P. W. 2003. Análise das mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da ilha de Marajó (PA) em imagem landsat. *Revista Brasileira de Geociências*. **33**:(2-Suplemento): 127-136, jun.
- Federação das Indústrias do Estado do Pará -FIEPA. 2020. Pará é destaque no mercado de pesca e aquicultura. Disponível em: <https://www.fiepa.org.br/noticia/para-e-destaque-no-mercado-de-pesca-e-aquicultura>. Acesso 17 de Novembro de 2022.
- Ferreira A.G. & Mello N.G.S. 2005. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, **1**(1): 15 - 28.
- Filizola N. & Guyot J.L. 2009. Suspended sediment yields in the Amazon basin: an assessment using the Brazilian national data set. *Hydrol. Process.* **23**: 3207–3215
- Förstner U. & Wittmann G. T. W. 1983. *Metal pollution in the aquatic environment*. New York, Berlin Heidelberg; Tokyo, Spring-Verlag. 486p.
- Gaillardet J., Dupré B., Louvat P., Allègre C. J. 1999. Global silicate weathering and CO₂ consumption rates deduced from the chemistry of large rivers. *Chemical Geology*, **159**: 3-30.
- Galvão M.V.G. *Evolução termodinâmica da Bacia do Marajó, Estado do Pará, Brasil*. MS Dissertation, Universidade de Ouro Preto, Ouro Preto.193p.1991
- Graça M. A., Latrubesse E. M., Callisto M., Mello F. T.de, Rodríguez-Olarte D. (ed.). 2025. Introduction to rivers of South America. *In: Rivers of South America*. [S.l.], Elsevier Inc. All. p. 1-17.
- Gibbs R. J. 1972. Water chemistry of the Amazon river. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **36**: 1061-1066.
- Hamilton S. K. 2002. Hydrological controls of ecological structure and function in the Pantanal wetland (Brazil). *In: McClain, M. E. (ed.). The ecohydrology of South American rivers and wetlands*. [S.l., s.n], v.6, p.133-158.

- Habib K Hansdóttir S. T., Habib H. 2020. Corrigendum: <'critical metals for electromobility: global demand scenarios for passenger vehicles, 2015–2050'> <[Resources, Conservation & Recycling 154: (S0921344919305099), (10.1016/j.resconrec.2019.104603)]>. *Resources, Conservation and Recycling*, **160**: e104932. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104932>.
- Hatje V, Andrade R.L.B, Oliveira C.C., Polejack A., Gxaba T. (2021) Pollutants in the South Atlantic Ocean: Sources, Knowledge Gaps and Perspectives for the Decade of Ocean Science. *Front. Mar. Sci.* 8:644569. doi: 10.3389/fmars.2021.644569
- Hossain H. Z., Kawahata H., Roser B. P., Sampei Y., Manaka T., Otani S. 2017. Geochemical characteristics of modern river sediments in Myanmar and Thailand: implications for provenance and weathering. *Geochemistry*, **77**(3): 443-458.
- Holanda N. D. S. 2010. *Comportamento de metais pesados e nutrientes nos sedimentos de fundo da Baía do Guajará e Baía do Marajó*. Orientador: Rômulo Simões Angélica. MS Dissertation, Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010. xiv, 86p.
- Joung D. & Shiller A. M. 2016. Temporal and spatial variations of dissolved and colloidal trace elements in Louisiana Shelf waters. *Marine Chemistry*, **181**: 25-43.
- Kütter V.T., Pires A.C.O., Quintana G.C.R., Mirlean N., Silva-Filho E.V., Machado W., Garnier J., Aguilera O., Rosário R.P., Kawakami S.K., Albuquerque A.L.S. 2022. Mercury distribution in water masses of the South Atlantic Ocean (24° S to 20° S), Brazilian exclusive economic zone. *Marine Pollution Bulletin*, **176**: e113425. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113425>
- Latrubesse E.M. 2003. The late-Quaternary palaeohydrology of large South American fluvial systems. In: Benito K.J.G.G. (ed.). *Palaeohydrology: understanding global change*. [S.l.], John Wiley & Sons, p 193–212.
- Lara L.B.L.S., Fernandes E.A.N., Oliveira H., Baach M. 1997. Amazon estuary — assessment of trace elements in seabed sediments. *J Radioanal Nucl Chem.*, **216**: 279–284. <https://doi.org/10.1007/BF02033790>.
- Latrubesse E. & Sinha R. 2022. Human impacts on sediment and morphodynamics of large tropical rivers. In: Shroder J.J.F. (ed.). *Treatise on geomorphology*. 2. ed. [S.l., s.n.], v.9, p.187-213. DOI: 10.1016/B978-0-12-818234-5.00160-7.
- Latrubesse E.M., Park E., Ramonell C., Sounny –Slitine M.A., Santa Cruz E.C.N. 2023. The chaco mega fans, South America. In: Wilkinson J. & Gunnell Y. (eds.). *Fluvial megafans on earth and mars*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 78–99.
- Lewis W. M. & Saunders J. F. 1989. Concentration and transport of dissolved and suspended substances in the Orinoco River. *Biogeochemistry*, **7**: 203-240.
- Lewis E. L. & Perkin R. G. 1978. Salinity: Its definition and calculation. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **83**(C1), 466-478.
- Liang Y. C., Lo M. H., Lan C. W., Seo H., Ummenhofer C. C., Yeager, S., Wu Ren-Jie, Steffen J. D. 2020. Amplified seasonal cycle in hydroclimate over the Amazon River basin and its plume region. *Nature Communications*, **11**(1): 4390.

- Lima A. M. M.de, Oliveira L. L.de, Fontinhas, R. L., Lima R. J.da S. 2005. Ilha do Marajó: revisão histórica, hidroclimatologia, bacias hidrográficas e propostas de gestão. *Holos environment*, 5(1), 65-80.
- Martorano, L. G.; Pereira, L. C.; Cezar. E. G. M.; Pereira, I. C. B. 1993. Estudos climatológicos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thornthwhite, Mather). Belém, SUDAM/EMBRPA, SNLCS, 53 p.
- Martinelli, L. A., Victoria, R. L., Dematte, J. L. I., Richey, J. E., & Devol, A. H. (1993). Chemical and mineralogical composition of Amazon River floodplain sediments, Brazil. *Applied Geochemistry*, 8(4), 391-402.
- Mascarenhas, A. C. C., Gomes, G. S., Lima, A. P. Y., Silva, H. K. N., Santana, L. S., Rosario, R. P. & Rollnic, M. 2016. Seasonal variations of the Amazon River plume with focus on the Eastern sector. *Journal of Coastal Research*, SI(75), p. 532-536.
- Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The annals of mathematical statistics*, 50-60.
- Martins, S. E. M. (2010). Geomorfologia e sedimentologia dos depósitos sedimentares recentes da porção superior do estuário do rio Pará (baía de Marajó, Amazônia).
- Martinez, J.M., Guyot, J.L., Filizola, N., Sondag, F. 2009. Increase in suspended sediment discharge of the Amazon River assessed by monitoring network and satellite data. *CATENA*, Volume 79, Issue 3, Pages 257-264. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.05.011>.
- Marcuzzo F. F. N. & Romero V. 2013. Influência Do El Niño E La Niña Na Precipitação Máxima Diária Do Estado De Goiás. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 28(4): 429 – 440.
- Meybeck, M. (1982). Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers. *American Journal of Science*, 282, 401–450.
- Melo Junior, H. R. 2002. Mapeamento da vulnerabilidade e análise de risco de contaminação como instrumento de proteção das águas subterrâneas em áreas industriais: caso da ALBRAS, Barcarena-PA, Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Miranda L. B. D., Castro Filho B. M. D., Kjerfve B. 2002. Princípios de oceanografia física de estuários. 2º ed. São Paulo, 432p.
- Milliman, J. D., & Farnsworth, K. L. (2011). River discharge to the coastal ocean: A global synthesis. Cambridge University Press.
- Mortatti, J., & Probst, J. L. (2003). Silicate rock weathering and atmospheric/soil CO₂ uptake in the Amazon basin estimated from river water geochemistry. *Hydrological Processes*, 17, 1363-1382.
- Moura, E. M. (2007). Mapeamento do halo de dispersão formado por efluentes industriais lançados na Baía do Guajará no trecho compreendido entre o bairro de Val-de-Cães e o distrito de Icoaraci. Belém do Pará: UFPA, 2007. 80p (Doctoral dissertation, Dissertação de Mestrado).

Moore, J. W.; Ramamoorthy, S. 1984. 1984. *Heavy metals in natural waters*. New York, Springer-Verlag, 265p.

Muniz, P., Marrero, A., Brugnoli, E., Kandratavicius, N., Rodríguez, M., Bueno, C., ... & Figueira, R. C. (2019). Heavy metals and as in surface sediments of the north coast of the Río de la Plata estuary: spatial variations in pollution status and adverse biological risk. *Regional Studies in Marine Science*, **28**:100625. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100625>

NASA_Earth_Observatory, 2021. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/>. Acesso em: 4 out. 2020.

Nascimento, M. S. 2002. *Minerais Pesados das Formações Ipixuna e Barreiras, região de Ipixuna, leste da sub-bacia de Cametá-NE do Pará*. MS Dissertation, Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém, 86p.

Nittrouer, C. A., Wright, L. D. 1994. Transport of particles across continental shelves. *Reviews of Geophysics*, **32**:85-113. <https://doi.org/10.1029/93RG02603>

NRIAGU, J; COKER, R. D. 1980. Trace metals in humic and fulvic acids from Lake Ontario sediments. *Environmental Science and Technology*, **4**:443-446. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es60164a001>

Patricia, H. A., Morgane, L., Jan, S., Martha, G., & Andrea, K. 2022. Distribution and Flux of Trace Metals (Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb and U) in the Amazon and Pará River Estuary and Mixing Plume. *Authorea Preprints*. Submitted. [10.1002/essoar.10512637.1](https://doi.org/10.1002/essoar.10512637.1)

Piatam Oceano. 2008. *Síntese do conhecimento sobre a margem equatorial amazônica: componente química*. Disponível em: <https://archive.org/details/piatam-oceano-sintese-do-conhecimento-sobre-a-margem-equatorial-amazonica>.

Pinheiro G. M.dos S., Poitrasson F., Sondag F., Vieira L. C., Pimentel M. M. 2013. Iron isotope composition of the suspended matter along depth and lateral profiles in the Amazon River and its tributaries. *Journal of South American Earth Sciences*, **44**: 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.08.001>

Pinheiro R. V. L. 1987 1987. *Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará*. MS Dissertation, Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém, 170p.

Prestes, Y. O., Borba, T. A. da C., Silva, A. C. da, & Rollnic, M. 2020. A discharge stationary model for the Pará-Amazon estuarine system. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, **28**:100668. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100668>

Prestes, Y.O., Silva, A.C., Rollnic, M., Rosário, R.P., 2017. 2017. The M2 and M4 tides in the Pará River Estuary. *Tropical Oceanography*, **45**:26-37. <https://doi.org/10.5914/tropocean.v45i1.15198>

Preste, Y. O. 2013. 2013. *Transporte de volume na zona limite da camada de mistura do rio Pará, Brasil*. Undergraduate Monograph, Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém.

Rezende, W.M. & Ferradaes, J.O., 1971. Integração geológica Regional da Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas. In: Sociedade Brasileira de Geologia, *Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia*, São Paulo.

Roy, S., Gaillardet, J., & Allegre, C. J. (1999). Geochemistry of dissolved and suspended loads of the Seine River, France: anthropogenic impact, carbonate and silicate weathering. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **63**(9):1277-1292, 1999.

Rosário R. P. 2016. *Análise de processos oceanográficos no estuário do rio Pará*. PhD Theses. Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geofísica. p. 139.

Rossetti, D.F.R. *Evolução Sedimentar Miocênica nos Estados do Pará e Maranhão*. INPE, 2006

Rousseau, T. C., Sonke, J. E., Chmeleff, J., Van Beek, P., Souhaut, M., Boaventura, G., Seyler P & Jeandel, C. Rapid neodymium release to marine waters from lithogenic sediments in the Amazon estuary. *Nature Communications*, **6**:7592, 2015. <https://doi.org/10.1038/ncomms8592>

Rousseau, T. C., Roddaz, M., Moquet, J. S., Delgado, H. H., Calves, G., & Bayon, G. (2019). Controls on the geochemistry of suspended sediments from large tropical South American rivers (Amazon, Orinoco and Maroni). *Chemical Geology*, **522**:38-54, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2019.05.027>

Santos, A.; Tancredi, A.C.N.S.; Silva, M.S. 1986. Caracterização biogeoquímica da parte sul do estuário do rio Amazonas. *Acta Limnologica Brasiliensia*, **1**:113-126. [Limnologia da Amazônia Oriental. I - caracterização biogeoquímica da parte sul do estuário do rio Amazonas](https://doi.org/10.1016/j.limnologia.2019.05.027)

Siqueira, G. W., Aprile, F., Darwich, A. J., & Irion, G. (2018). Trace-elements behavior in the sedimentary transport regime of the Blue Amazon, Brazil. *International Journal of Environment and Climate Change*, **8**(1), 53-63. [10.9734/ijecc/2018/v8i127131](https://doi.org/10.9734/ijecc/2018/v8i127131)

Simpson, M. R. 2001. Discharge Measurement Using a Broad-Band Acoustic Doppler Current. *United States Geological Survey (USGS)*, Open-file Report 01-1, Reston <https://pubs.usgs.gov/of/2001/ofr0101/text.pdf>

Stallard R. F. & Edmond J. M. 1981. Geochemistry of the Amazon: Weathering chemistry and limits to dissolved inputs. *Journal of Geophysical Research*, **86**: 9844-9858. <https://doi.org/10.1029/JC092iC08p08293>

Schneider, A. B., Velasquez, I., Paul, S. A., Krause, C. H., & Koschinsky, A. (2022). Mixing and partially non-conservative behavior of molybdenum, uranium and vanadium along the salinity gradients of the Amazon and Pará estuaries and associated plume. *Marine Chemistry*, **247**, 104182. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2022.104182>

Syvitski J. P. M. *et al.* 2005. Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. *Science*, **308**: 376-380. [10.1126/ciencia.1109454](https://doi.org/10.1126/ciencia.1109454)

Teledyne RD Instruments *Acoustic doppler current profilers principles of operation: a practical primer*. San Diego, RDI, 36p, 1989.

Trevizani, T.H., Domit, C., Santos, M.C.d., & Figueira R.C.L. 2023. Bioaccumulation of heavy metals in estuaries in the southwest Atlantic Ocean. *Environmental Science and Pollution Research*, **30**:26703–26717. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23974-x>

Truckenbrodt Werner. 2019. Argilominerais nas Geociências: estruturas, propriedades e origem. 1. (ed.). *SBG*, Belem, v. 1. 100p.

Viers J., Dupré, B., Gaillardet, J. 2009 Chemical composition of suspended sediments in World Rivers: New insights from a new database. *Science of the Total Environment*, **407**(2):853-868. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.09.053>

Watari T., Nansai K., Nakajima K. 2021. Major metals demand, supply, and environmental impacts to 2100: a critical review. *Resources, Conservation and Recycling*, **164**, e105107. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105107>.

Wilcoxon F. 1945. Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*, **1**(6): 80–83. <https://doi.org/10.2307/3001968>

Zhang C, Yu ZG, Zeng GM, Jiang M, Yang ZZ, Cui F, Zhu MY, Shen LQ, Hu L. 2014. Effects of sediment geochemical properties on heavy metal bioavailability. *Environment International*, **73**: 270-281. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.08.010>

APÊNDICE A - VELOCIDADE DA CORRENTE NOS 3 PONTOS

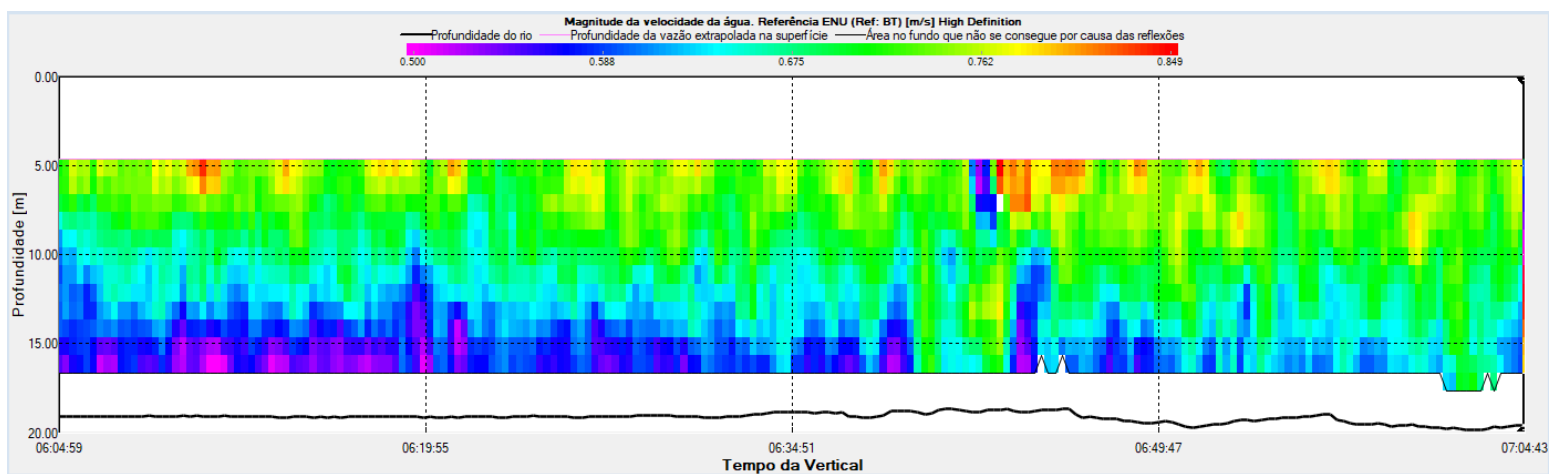


Figura 42-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário de 6 a 7 horas em mosqueiro (ponto 2).

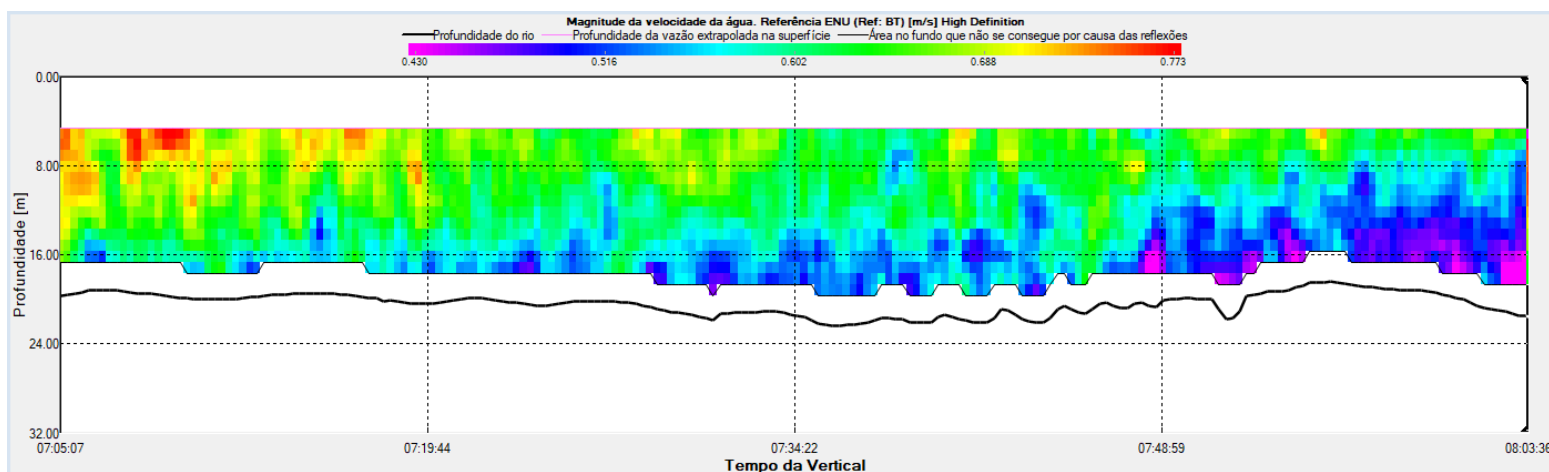


Figura 43-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário de 7 a 8 horas em mosqueiro (ponto 2).

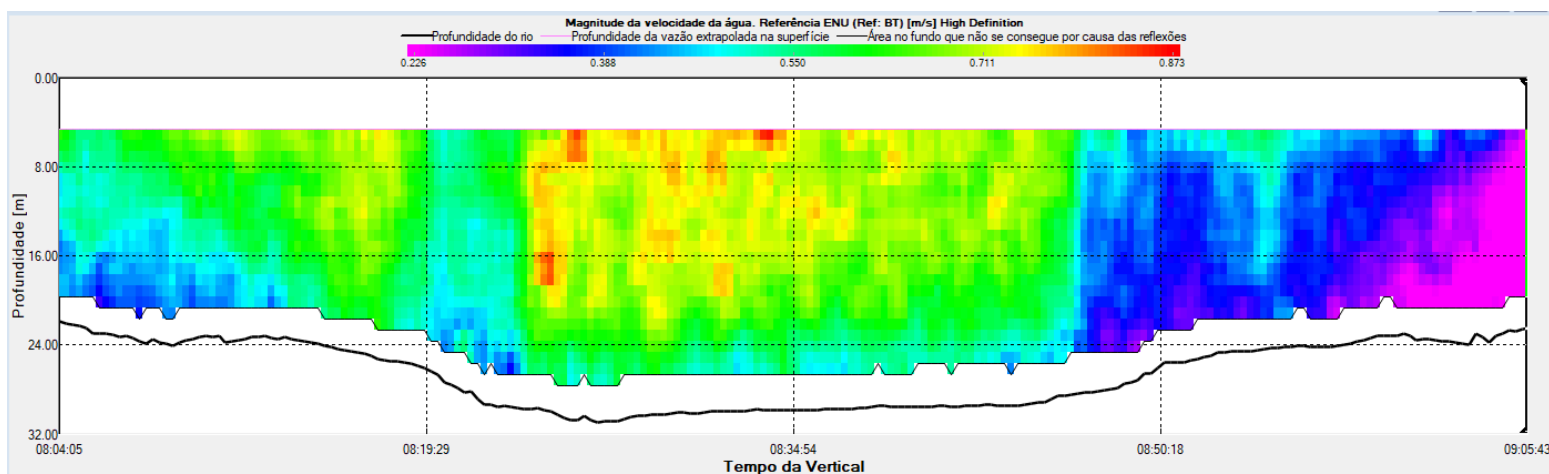


Figura 44-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário de 7 a 8 horas em mosqueiro (ponto 2).

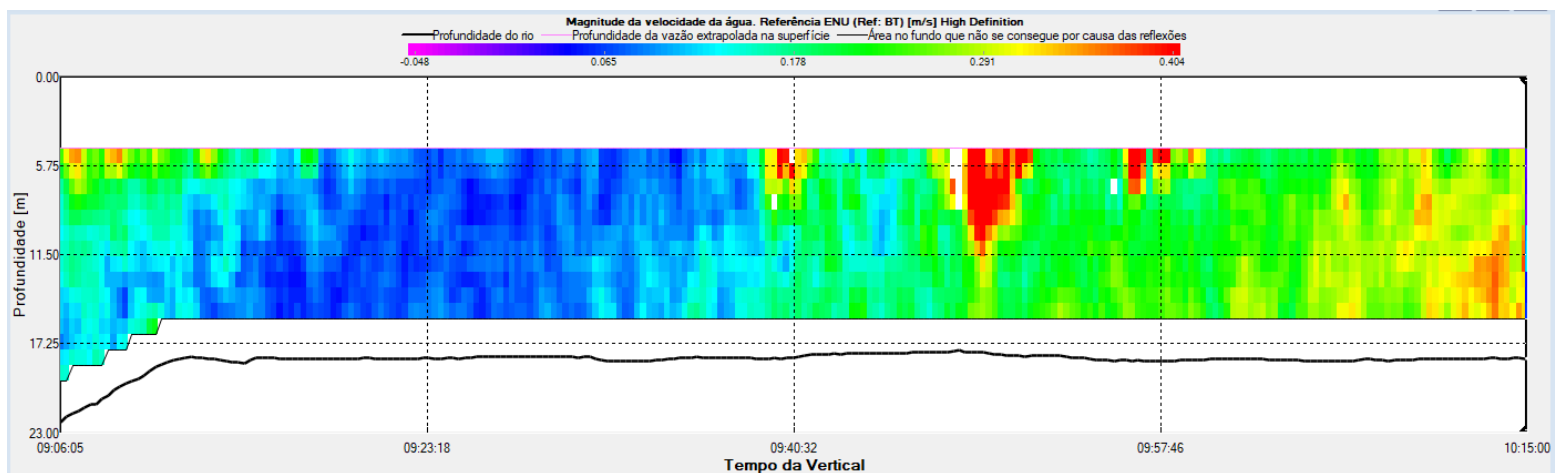


Figura 45-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 9 às 10 horas em mosqueiro (ponto 2).

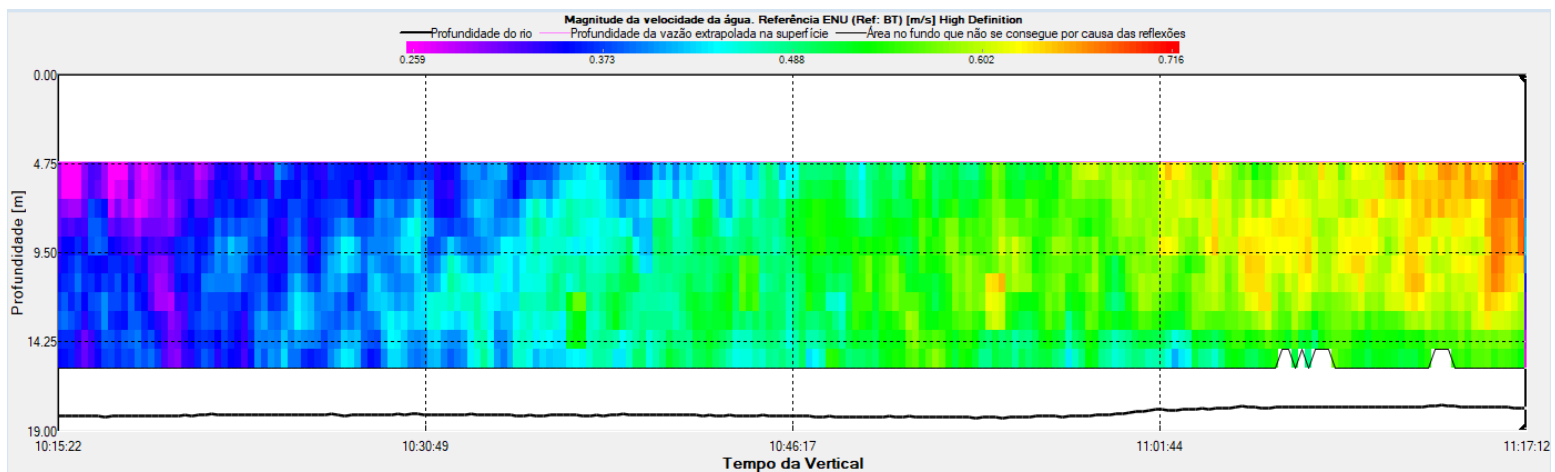


Figura 46-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 10 às 11 horas em mosqueiro (ponto 2).

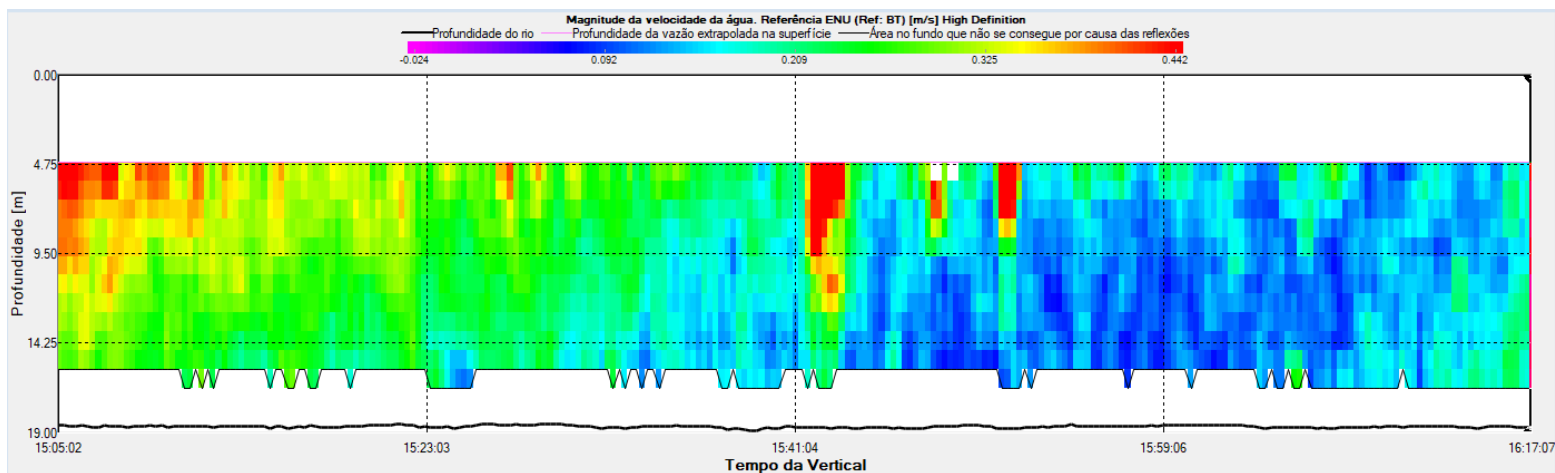


Figura 47-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 15 às 16 horas em mosqueiro (ponto 2).

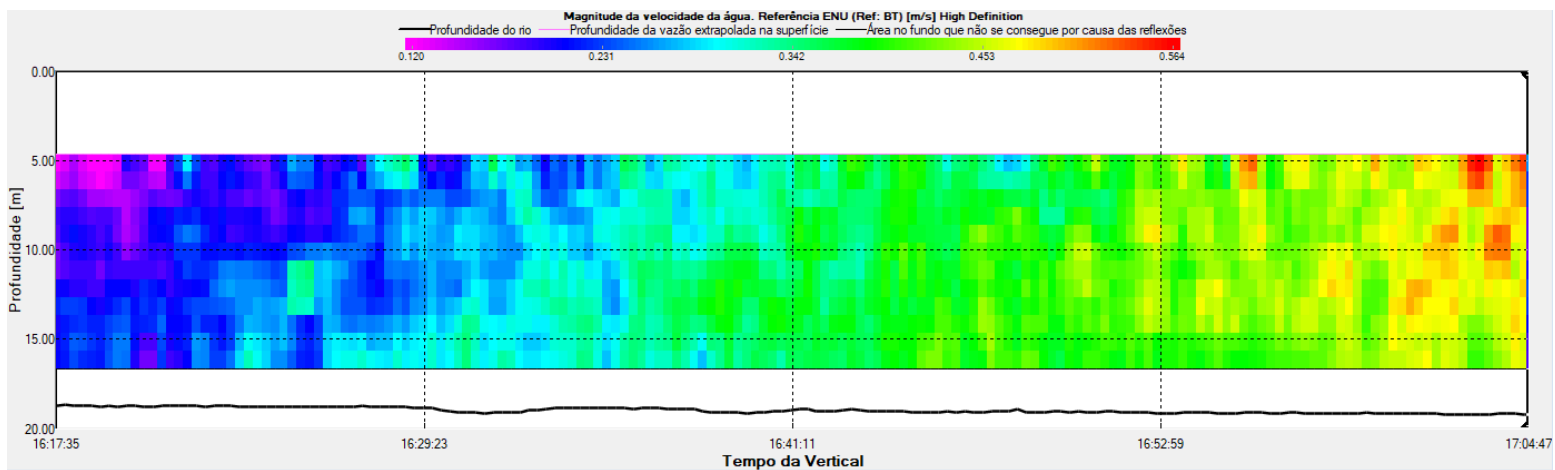


Figura 48-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 16 às 17 horas em mosqueiro (ponto 2).

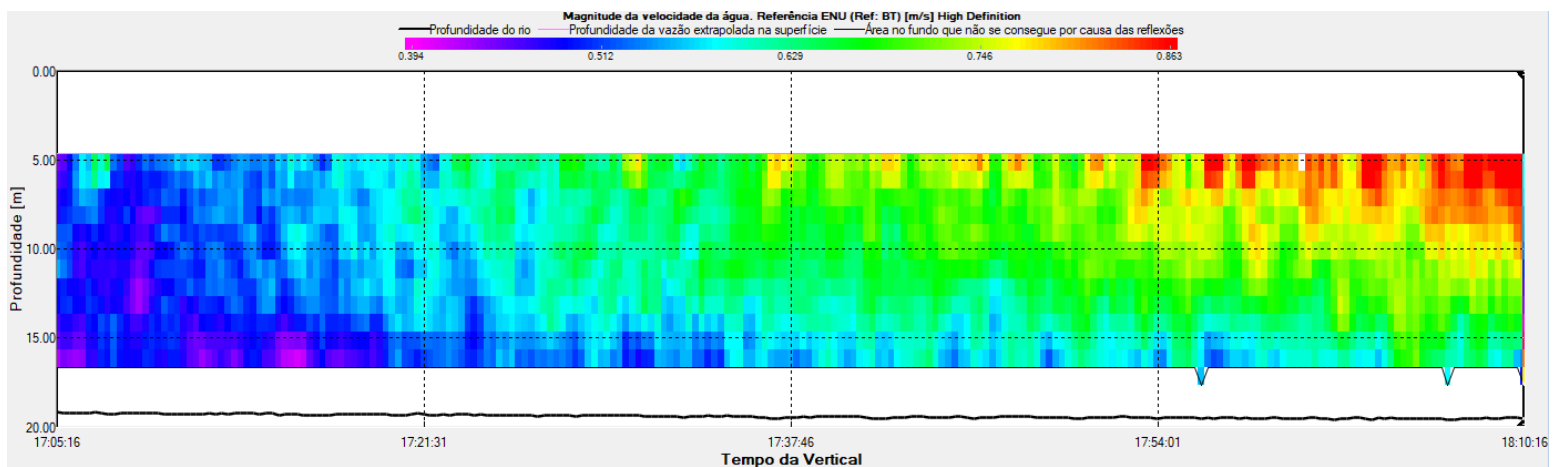


Figura 49-magnitude da Velocidade da água (m/s) no horário das 17 às 18 horas em mosqueiro (ponto 2).

DIREÇÃO DA CORRENTE NOS 3 PONTOS

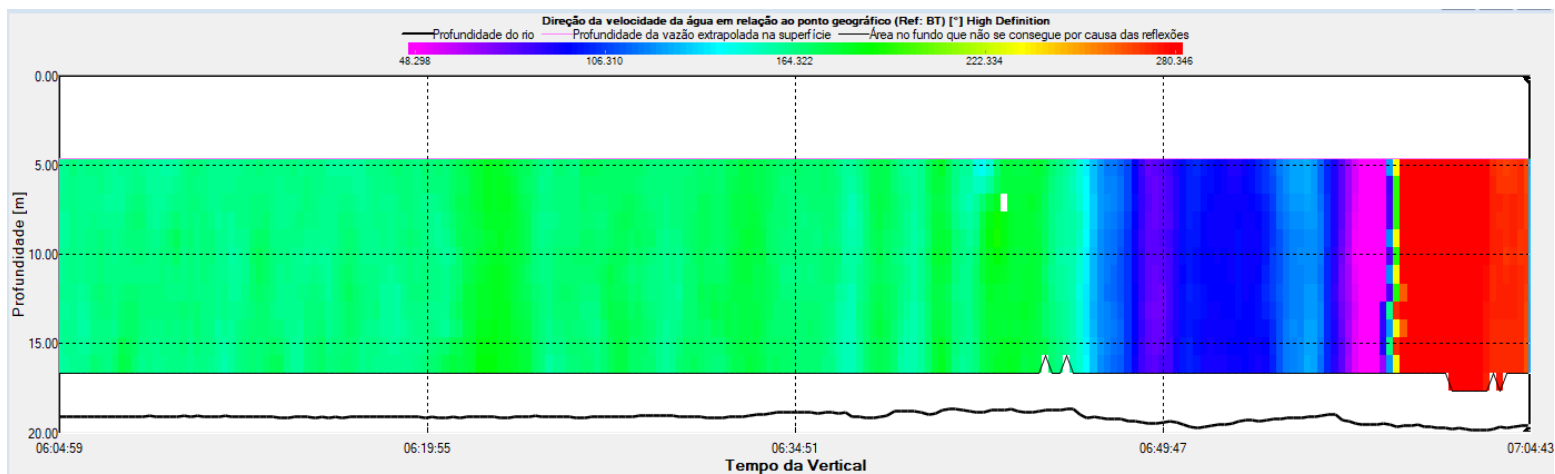


Figura 50-Direção da Velocidade da água das 6 às 7 horas no ponto 2 (mosqueiro)

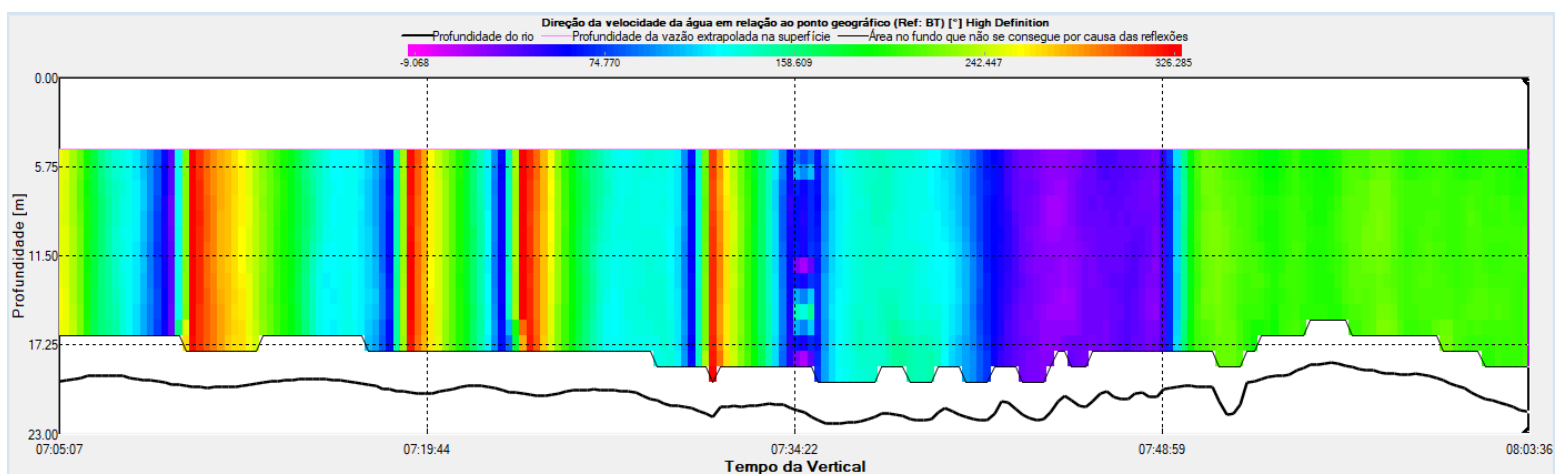


Figura 51-Direção da Velocidade da água das 7 às 8 horas no ponto 2 (mosqueiro)

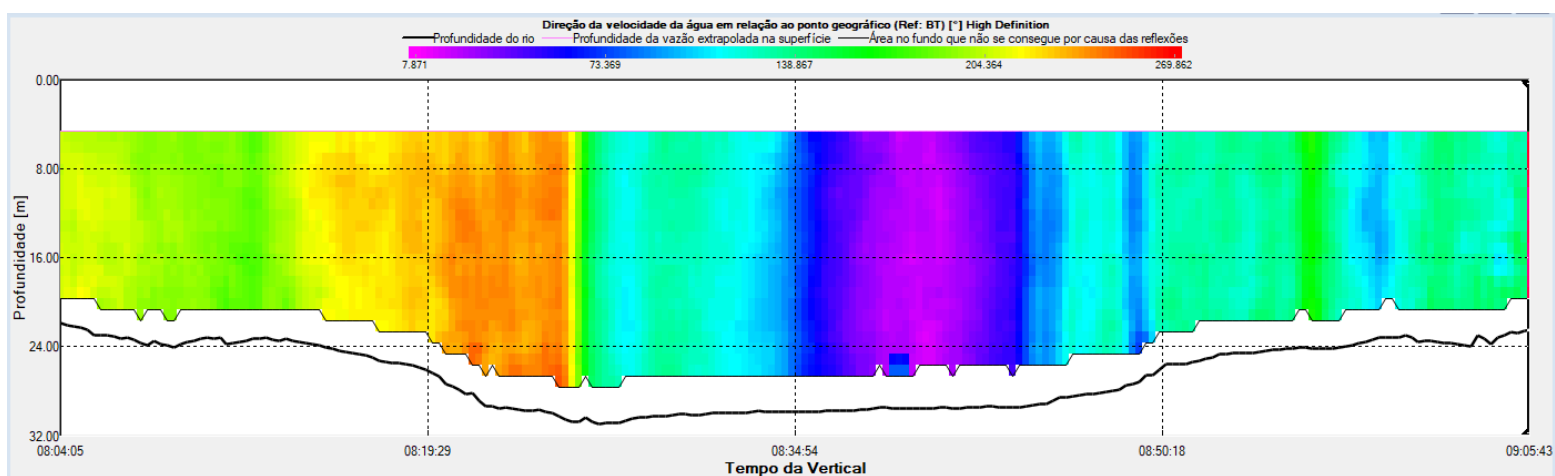


Figura 52-Direção da Velocidade da água das 8 às 9 horas no ponto 2 (mosqueiro)

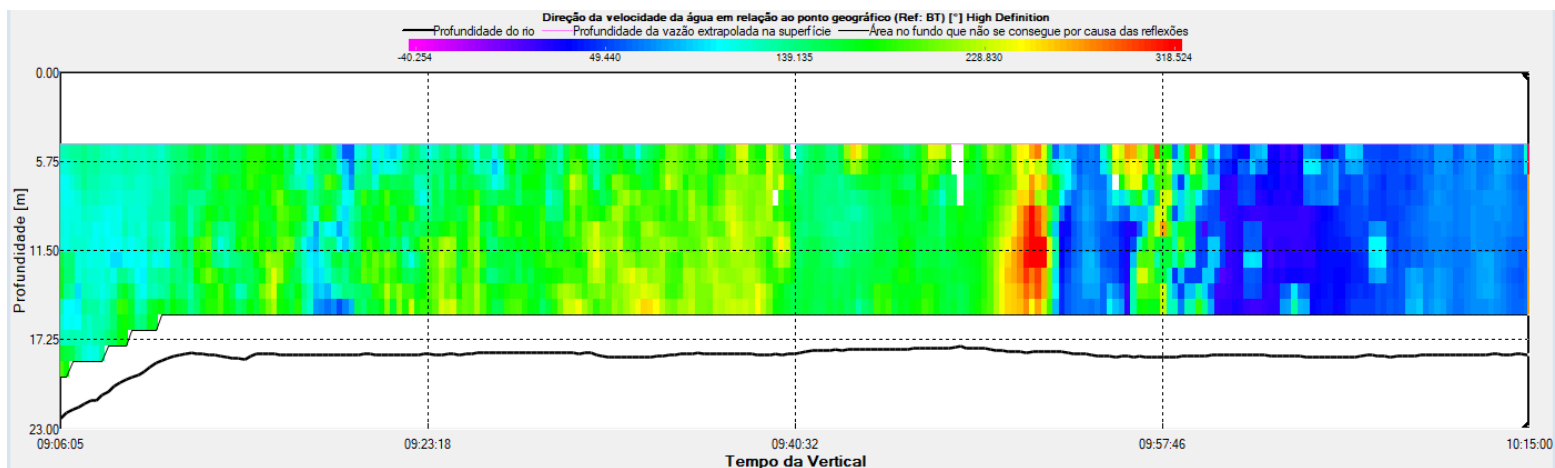


Figura 53-Direção da Velocidade da água das 9 às 10 horas no ponto 2 (mosqueiro)

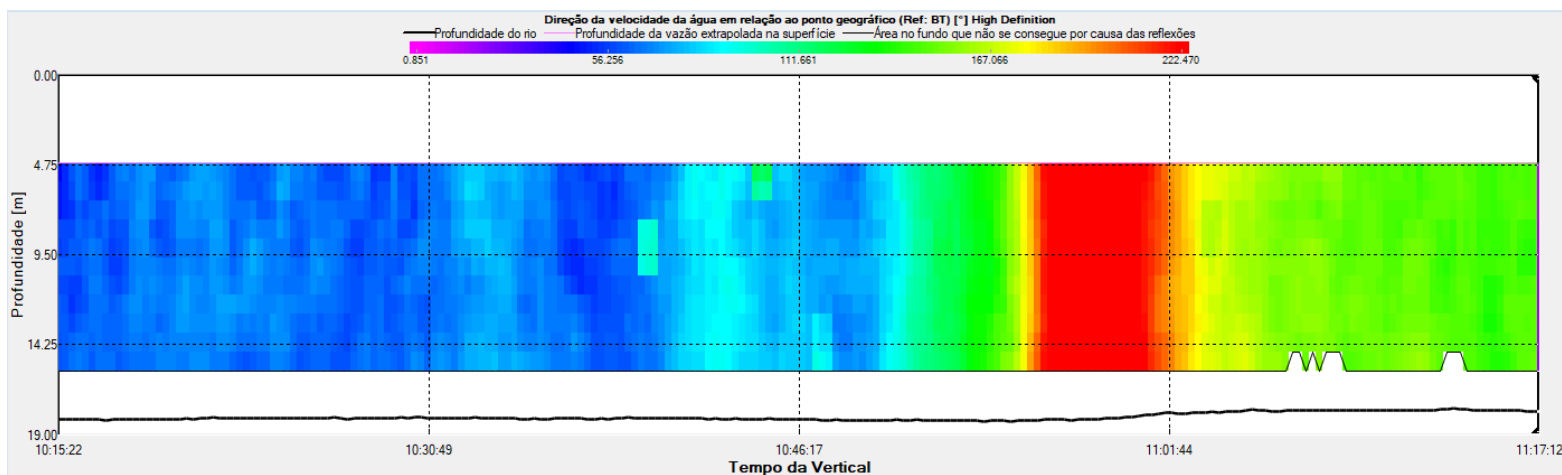


Figura 54-Direção da Velocidade da água das 10 às 11 horas no ponto 2 (mosqueiro)

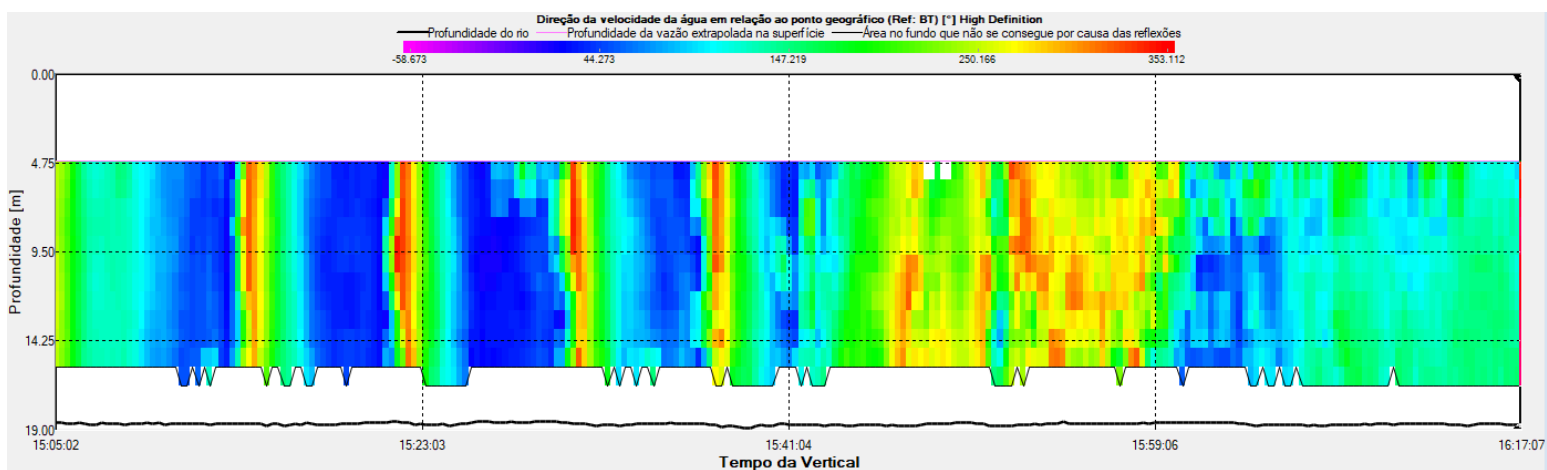


Figura 55-Direção da Velocidade da água das 15 às 16 horas no ponto 2 (mosqueiro)

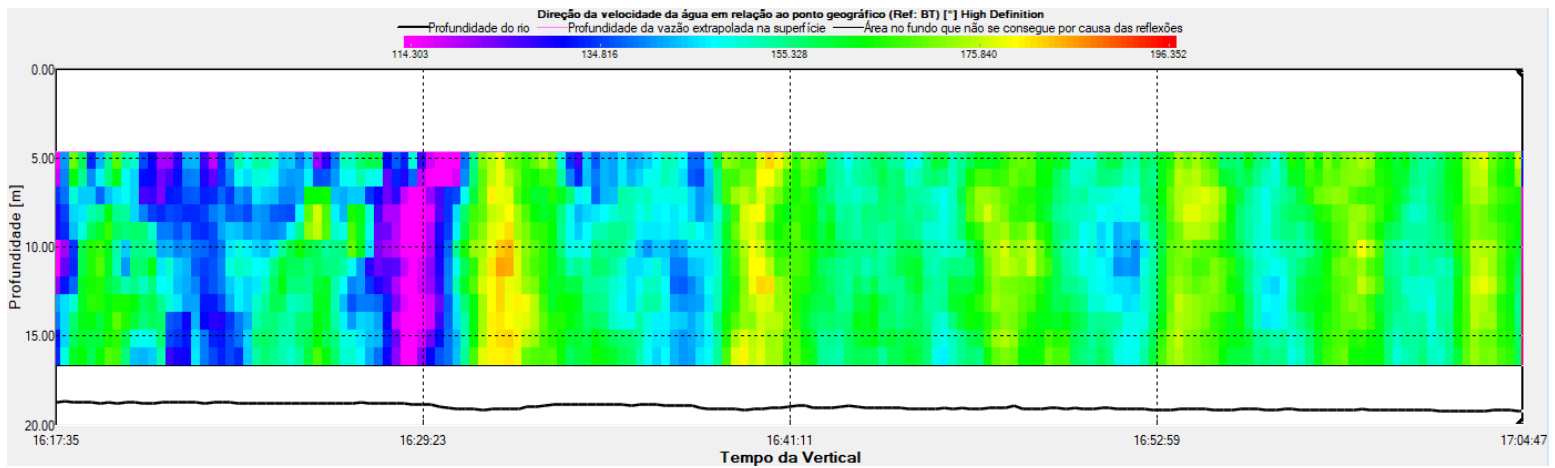


Figura 56-Direção da Velocidade da água das 16 às 17 horas no ponto 2 (mosqueiro)

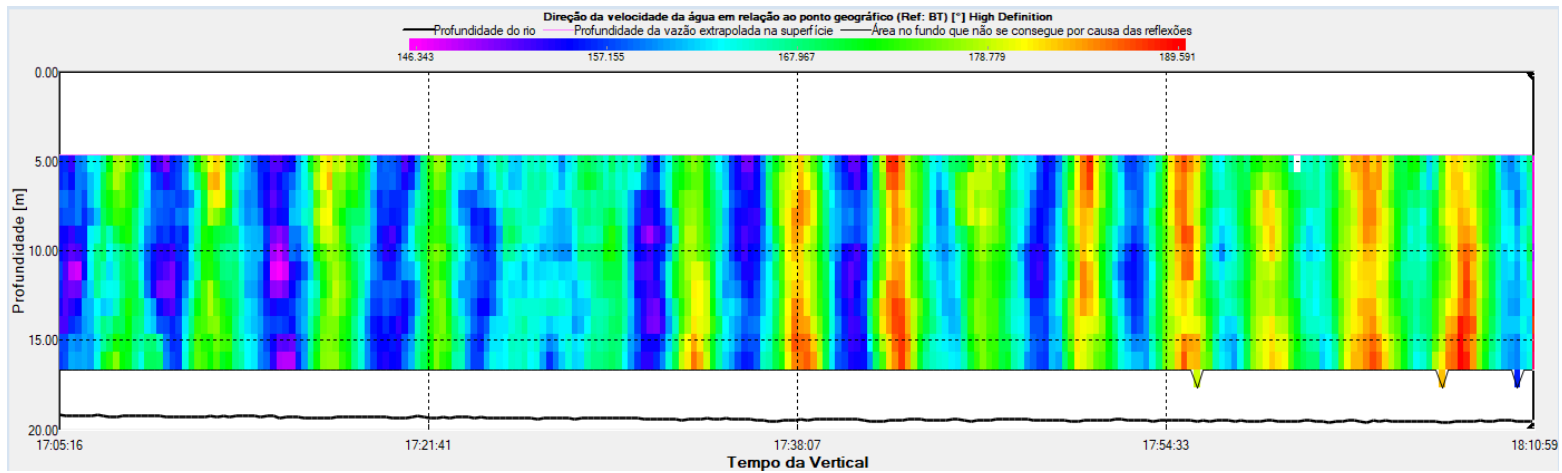


Figura 57-Direção da Velocidade da água das 17 às 18 horas no ponto 2 (mosqueiro)

APÊNDICE B - RESULTADOS *KRUSKAL-WALLIS* DOS 3 PONTOS EM SUPERFÍCIE

A

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Mg(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade sup Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =22,82432 p =,0000			
Depend.: Mg(ppm)	Code	Valid N	Sum of Ranks
Icoaraci-sup	101	10	67,0000
Mosqueiro-sup	102	11	177,0000
Colares-sup	103	12	317,0000

Figura 58-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste rank para Mg

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Al(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade sup Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =12,29320 p =,0021			
Depend.: Al(ppm)	Code	Valid N	Sum of Ranks
Icoaraci-sup	101	10	94,5000
Mosqueiro-sup	102	11	179,5000
Colares-sup	103	12	287,0000

Figura 59-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* no teste de rank para Al

Median Test, Overall Median = 43250,0; Al(ppm) (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Localidade sup Chi-Square = 9,469301 df = 2 p = ,0088				
Dependent: Al(ppm)	Icoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
<= Median: observed	9,00000	5,00000	3,00000	17,00000
expected	5,15152	5,66667	6,18182	
obs.-exp.	3,84848	-0,66667	-3,18182	
> Median: observed	1,00000	6,00000	9,00000	16,00000
expected	4,84848	5,33333	5,81818	
obs.-exp.	-3,84848	0,66667	3,18182	
Total: observed	10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 60-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Al

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Ca(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade sup Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =1,916237 p =,3836			
Depend.: Ca(ppm)	Code	Valid N	Sum of Ranks
Icoaraci-sup	101	10	136,0000
Mosqueiro-sup	102	11	212,0000
Colares-sup	103	12	213,0000

Figura 61-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Ca

Dependent: Ca(ppm)	Median Test, Overall Median = 274,500; Ca(ppm) (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Localidade sup Chi-Square = 2,390074 df = 2 p = ,3027			
	lcoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
<= Median: observed	7,00000	4,00000	6,00000	17,00000
expected	5,15152	5,66667	6,18182	
obs.-exp.	1,84848	-1,66667	-0,18182	
> Median: observed	3,00000	7,00000	6,00000	16,00000
expected	4,84848	5,33333	5,81818	
obs.-exp.	-1,84848	1,66667	0,18182	
Total: observed	10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 62-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Ca

Depend.: Ti(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Ti(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade sup Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =14,83210 p =,0006		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-sup	101	10	187,0000
Mosqueiro-sup	102	11	91,0000
Colares-sup	103	12	283,0000

Figura 63-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Ti

Dependent: Ti(ppm)	Median Test, Overall Median = 202,700; Ti(ppm) (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Localidade sup Chi-Square = 10,74320 df = 2 p = ,0046			
	lcoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
<= Median: observed	4,00000	10,00000	3,00000	17,00000
expected	5,15152	5,66667	6,18182	
obs.-exp.	-1,15152	4,33333	-3,18182	
> Median: observed	6,00000	1,00000	9,00000	16,00000
expected	4,84848	5,33333	5,81818	
obs.-exp.	1,15152	-4,33333	3,18182	
Total: observed	10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 64-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Ti

Depend.: V(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; V(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade sup Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =16,71865 p =,0002		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-sup	101	10	83,5000
Mosqueiro-sup	102	11	175,5000
Colares-sup	103	12	302,0000

Figura 65-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para V

Dependent: V(ppm)	Median Test, Overall Median = 2,80000; V(ppm) (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Localidade sup Chi-Square = 15,27778 df = 2 p = ,0005			
	lcoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
<= Median: observed	10,00000	6,00000	2,00000	18,00000
expected	5,45455	6,00000	6,54545	
obs.-exp.	4,54545	0,00000	-4,54545	
> Median: observed	0,00000	5,00000	10,00000	15,00000
expected	4,54545	5,00000	5,45455	
obs.-exp.	-4,54545	0,00000	4,54545	
Total: observed	10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 66-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para V

Depend.: Cr(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Cr(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade sup Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =15,82949 p =,0004		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-sup	101	10	154,5000
Mosqueiro-sup	102	11	103,5000
Colares-sup	103	12	303,0000

Figura 67-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Cr

Dependent: Cr(ppm)	Median Test, Overall Median = 3,40000; Cr(ppm) (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Localidade sup Chi-Square = 10,24117 df = 2 p = ,0060			
	lcoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
<= Median: observed	6,00000	10,00000	3,00000	19,00000
expected	5,75758	6,33333	6,90909	
obs.-exp.	0,24242	3,66667	-3,90909	
> Median: observed	4,00000	1,00000	9,00000	14,00000
expected	4,24242	4,66667	5,09091	
obs.-exp.	-0,24242	-3,66667	3,90909	
Total: observed	10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 68-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Cr

Depend.: Mn(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Mn(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade sup Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =5,047059 p =,0802		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-sup	101	10	177,0000
Mosqueiro-sup	102	11	132,0000
Colares-sup	103	12	252,0000

Figura 69-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Mn

Dependent: Mn(ppm)	Median Test, Overall Median = 14,8000; Mn(ppm) (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Localidade sup Chi-Square = 2,978493 df = 2 p = ,2255			
	lcoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
<= Median: observed	4,00000	8,00000	5,00000	17,00000
expected	5,15152	5,66667	6,18182	
obs.-exp.	-1,15152	2,33333	-1,18182	
> Median: observed	6,00000	3,00000	7,00000	16,00000
expected	4,84848	5,33333	5,81818	
obs.-exp.	1,15152	-2,33333	1,18182	
Total: observed	10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 70-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Mn

Depend.: Fe(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Fe(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade sup Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =6,613943 p =,0366		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-sup	101	10	165,0000
Mosqueiro-sup	102	11	130,0000
Colares-sup	103	12	266,0000

Figura 71-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Fe

Dependent: Fe(ppm)	Median Test, Overall Median = 1060,00; Fe(ppm) (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Localidade sup Chi-Square = 3,579044 df = 2 p = ,1670			
	lcoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
<= Median: observed	5,00000	8,00000	4,00000	17,00000
expected	5,15152	5,66667	6,18182	
obs.-exp.	-0,15152	2,33333	-2,18182	
> Median: observed	5,00000	3,00000	8,00000	16,00000
expected	4,84848	5,33333	5,81818	
obs.-exp.	0,15152	-2,33333	2,18182	
Total: observed	10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 72-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Fe

Depend.: Zn(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Zn(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade sup Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =9,373407 p =,0092		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-sup	101	10	170,5000
Mosqueiro-sup	102	11	117,0000
Colares-sup	103	12	273,5000

Figura 73-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Zn

Dependent: Zn(ppm)	Median Test, Overall Median = ,700000; Zn(ppm) (Spreadsheet) Independent (grouping) variable: Localidade sup Chi-Square = 7,645000 df = 2 p = ,0219			
	lcoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
<= Median: observed	6,00000	9,00000	3,00000	18,00000
expected	5,45455	6,00000	6,54545	
obs.-exp.	0,54545	3,00000	-3,54545	
> Median: observed	4,00000	2,00000	9,00000	15,00000
expected	4,54545	5,00000	5,45455	
obs.-exp.	-0,54545	-3,00000	3,54545	
Total: observed	10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 74-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Zn

	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Si(ppm) (Spreadsheet2) Independent (grouping) variable: Localidade Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33)=12,38169 p =,0020		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-sup	101	10	127,0000
Mosqueiro-sup	102	11	136,0000
Colares-sup	103	12	298,0000

Figura 75-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* no teste de rank para Si

Dependent: Si(ppm)	Median Test, Overall Median = 64790,0; Si(ppm) (Spreadsheet) Independent (grouping) variable: Localidade Chi-Square = 14,18879 df = 2 p = ,0008			
	lcoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
<= Median: observed	8,00000	8,00000	1,00000	17,00000
expected	5,15152	5,66667	6,18182	
obs.-exp.	2,84848	2,33333	-5,18182	
> Median: observed	2,00000	3,00000	11,00000	16,00000
expected	4,84848	5,33333	5,81818	
obs.-exp.	-2,84848	-2,33333	5,18182	
Total: observed	10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 76-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Si

Depend.: P(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; P(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =2,607935 p =,2715		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
	Icoaraci-sup	101	10 135,0000
	Mosqueiro-sup	102	11 223,5000
	Colares-sup	103	12 202,5000

Figura 77-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* no teste de rank para P

Dependent: P(ppm)	Median Test, Overall Median = 224,700; P(ppm) (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Localidade Chi-Square = 2,390074 df = 2 p = ,3027				
		Icoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
	<= Median: observed	7,00000	4,00000	6,00000	17,00000
	expected	5,15152	5,66667	6,18182	
	obs.-exp.	1,84848	-1,66667	-0,18182	
	> Median: observed	3,00000	7,00000	6,00000	16,00000
	expected	4,84848	5,33333	5,81818	
	obs.-exp.	-1,84848	1,66667	0,18182	
	Total: observed	10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 78-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para P

Depend.: S(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; S(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =3,868320 p =,1445		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
	Icoaraci-sup	101	10 187,0000
	Mosqueiro-sup	102	11 136,0000
	Colares-sup	103	12 238,0000

Figura 79-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* no teste de rank para S

Dependent: S(ppm)	Median Test, Overall Median = 209,400; S(ppm) (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Localidade Chi-Square = 2,978493 df = 2 p = ,2255				
		Icoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
	<= Median: observed	4,00000	8,00000	5,00000	17,00000
	expected	5,15152	5,66667	6,18182	
	obs.-exp.	-1,15152	2,33333	-1,18182	
	> Median: observed	6,00000	3,00000	7,00000	16,00000
	expected	4,84848	5,33333	5,81818	
	obs.-exp.	1,15152	-2,33333	1,18182	
	Total: observed	10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 80-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para S

		Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Cl(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =22,82538 p =,0000	
Depend.: Cl(ppm)	Code	Valid N	Sum of Ranks
Icoaraci-sup	101	10	93,0000
Mosqueiro-sup	102	11	138,0000
Colares-sup	103	12	330,0000

Figura 81-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* no teste de rank para Cl

		Median Test, Overall Median = 44,1000; Cl(ppm) (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Localidade Chi-Square = 20,04265 df = 2 p = ,0000			
Dependent: Cl(ppm)		Icoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
<= Median: observed		8,00000	9,00000	0,00000	17,00000
expected		5,15152	5,66667	6,18182	
obs.-exp.		2,84848	3,33333	-6,18182	
> Median: observed		2,00000	2,00000	12,00000	16,00000
expected		4,84848	5,33333	5,81818	
obs.-exp.		-2,84848	-3,33333	6,18182	
Total: observed		10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 82-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Cl

		Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; K(ppm) (Spreadsheet2 Independent (grouping) variable: Localidade Kruskal-Wallis test: H (2, N= 33) =18,57179 p =,0001	
Depend.: K(ppm)	Code	Valid N	Sum of Ranks
Icoaraci-sup	101	10	98,0000
Mosqueiro-sup	102	11	146,0000
Colares-sup	103	12	317,0000

Figura 83-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* no teste de rank para K

		Median Test, Overall Median = 1340,00; K(ppm) (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Localidade Chi-Square = 20,04265 df = 2 p = ,0000			
Dependent: K(ppm)		Icoaraci-sup	Mosqueiro-sup	Colares-sup	Total
<= Median: observed		8,00000	9,00000	0,00000	17,00000
expected		5,15152	5,66667	6,18182	
obs.-exp.		2,84848	3,33333	-6,18182	
> Median: observed		2,00000	2,00000	12,00000	16,00000
expected		4,84848	5,33333	5,81818	
obs.-exp.		-2,84848	-3,33333	6,18182	
Total: observed		10,00000	11,00000	12,00000	33,00000

Figura 84-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para K

RESULTADOS *KRUSKAL-WALLIS* DOS 3 PONTOS EM PROFUNDIDADE (20M LÂMINA DAGUA)

Depend.: Mg(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Mg(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Kruskal-Wallis test: H (2, N= 29) =15,68236 p =,0004			
	Code	Valid N	Sum of Ranks	
	Icoaraci-fun(20m)	101	10	66,0000
	Mosqueiro-fun(20m)	102	11	197,0000
Colares-fun(20m)	103	8	172,0000	

Figura 85-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Mg

Dependent: Mg(ppm)	Median Test, Overall Median = 4560,00; Mg(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Chi-Square = 15,30189 df = 2 p = ,0005			
	Icoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	10,00000	4,00000	1,00000	15,00000
expected	5,17241	5,68966	4,13793	
obs.-exp.	4,82759	-1,68966	-3,13793	
> Median: observed	0,00000	7,00000	7,00000	14,00000
expected	4,82759	5,31034	3,86207	
obs.-exp.	-4,82759	1,68966	3,13793	
Total: observed	10,00000	11,00000	8,00000	29,00000

Figura 86-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Mg

Depend.: Al(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Al(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Kruskal-Wallis test: H (2, N= 29) =4,979655 p =,0829			
	Code	Valid N	Sum of Ranks	
	Icoaraci-fun(20m)	101	10	107,0000
	Mosqueiro-fun(20m)	102	11	209,0000
Colares-fun(20m)	103	8	119,0000	

Figura 87-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Al

Dependent: Al(ppm)	Median Test, Overall Median = 43590,0; Al(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Chi-Square = 4,343409 df = 2 p = ,1140			
	lcoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	7,00000	3,00000	5,000000	15,00000
expected	5,17241	5,68966	4,137931	
obs.-exp.	1,82759	-2,68966	0,862069	
> Median: observed	3,00000	8,00000	3,000000	14,00000
expected	4,82759	5,31034	3,862069	
obs.-exp.	-1,82759	2,68966	-0,862069	
Total: observed	10,00000	11,00000	8,000000	29,00000

Figura 88-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Al

Depend.: Ca(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Ca(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Kruskal-Wallis test: H (2, N= 29) =,3603448 p =,8351		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-fun(20m)	101	10	150,0000
Mosqueiro-fun(20m)	102	11	176,0000
Colares-fun(20m)	103	8	109,0000

Figura 89-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Ca

Dependent: Ca(ppm)	Median Test, Overall Median = 377,800; Ca(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Chi-Square = ,5570887 df = 2 p = ,7569			
	lcoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	5,00000	5,00000	5,000000	15,00000
expected	5,17241	5,68966	4,137931	
obs.-exp.	-0,17241	-0,68966	0,862069	
> Median: observed	5,00000	6,00000	3,000000	14,00000
expected	4,82759	5,31034	3,862069	
obs.-exp.	0,17241	0,68966	-0,862069	
Total: observed	10,00000	11,00000	8,000000	29,00000

Figura 90-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Ca

Depend.: Ti(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Ti(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Kruskal-Wallis test: H (2, N= 29) =4,192821 p =,1229		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-fun(20m)	101	10	192,0000
Mosqueiro-fun(20m)	102	11	128,0000
Colares-fun(20m)	103	8	115,0000

Figura 91-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Ti

Dependent: Ti(ppm)	Median Test, Overall Median = 266,900; Ti(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Chi-Square = 2,887132 df = 2 p = ,2361			
	lcoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	3,00000	7,00000	5,000000	15,00000
expected	5,17241	5,68966	4,137931	
obs.-exp.	-2,17241	1,31034	0,862069	
> Median: observed	7,00000	4,00000	3,000000	14,00000
expected	4,82759	5,31034	3,862069	
obs.-exp.	2,17241	-1,31034	-0,862069	
Total: observed	10,00000	11,00000	8,000000	29,00000

Figura 92-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Ti

Depend.: V(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; V(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Kruskal-Wallis test: H (2, N= 29) =1,931624 p =,3807		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-fun(20m)	101	10	121,0000
Mosqueiro-fun(20m)	102	11	174,5000
Colares-fun(20m)	103	8	139,5000

Figura 93-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para V

Dependent: V(ppm)	Median Test, Overall Median = 4,10000; V(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Chi-Square = ,1825175 df = 2 p = ,9128			
	lcoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	6,00000	6,00000	4,000000	16,00000
expected	5,51724	6,06897	4,413793	
obs.-exp.	0,48276	-0,06897	-0,413793	
> Median: observed	4,00000	5,00000	4,000000	13,00000
expected	4,48276	4,93103	3,586207	
obs.-exp.	-0,48276	0,06897	0,413793	
Total: observed	10,00000	11,00000	8,000000	29,00000

Figura 94-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para V

Depend.: Cr(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Cr(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Kruskal-Wallis test: H (2, N= 29) =4,911459 p =,0858		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-fun(20m)	101	10	153,5000
Mosqueiro-fun(20m)	102	11	122,5000
Colares-fun(20m)	103	8	159,0000

Figura 95-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Cr

Dependent: Cr(ppm)	Median Test, Overall Median = 4,10000; Cr(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Chi-Square = 4,243290 df = 2 p = ,1198			
	lcoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	5,00000	8,00000	2,00000	15,00000
expected	5,17241	5,68966	4,13793	
obs.-exp.	-0,17241	2,31034	-2,13793	
> Median: observed	5,00000	3,00000	6,00000	14,00000
expected	4,82759	5,31034	3,86207	
obs.-exp.	0,17241	-2,31034	2,13793	
Total: observed	10,00000	11,00000	8,00000	29,00000

Figura 96-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Cr

Depend.: Mn(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Mn(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Kruskal-Wallis test: H (2, N= 29) =,7768025 p =,6781		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-fun(20m)	101	10	140,0000
Mosqueiro-fun(20m)	102	11	157,0000
Colares-fun(20m)	103	8	138,0000

Figura 97-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Mn

Dependent: Mn(ppm)	Median Test, Overall Median = 25,8000; Mn(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Chi-Square = ,0564935 df = 2 p = ,9721			
	lcoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	5,00000	6,00000	4,000000	15,00000
expected	5,17241	5,68966	4,137931	
obs.-exp.	-0,17241	0,31034	-0,137931	
> Median: observed	5,00000	5,00000	4,000000	14,00000
expected	4,82759	5,31034	3,862069	
obs.-exp.	0,17241	-0,31034	0,137931	
Total: observed	10,00000	11,00000	8,000000	29,00000

Figura 98-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Mn

Depend.: Fe(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Fe(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Kruskal-Wallis test: H (2, N= 29) =1,439183 p =,4870		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-fun(20m)	101	10	170,5000
Mosqueiro-fun(20m)	102	11	139,5000
Colares-fun(20m)	103	8	125,0000

Figura 99-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Fe

Dependent: Fe(ppm)	Median Test, Overall Median = 1490,00; Fe(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Chi-Square = 1,185108 df = 2 p = ,5529			
	Icoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	4,00000	7,00000	4,00000	15,00000
expected	5,17241	5,68966	4,137931	
obs.-exp.	-1,17241	1,31034	-0,137931	
> Median: observed	6,00000	4,00000	4,00000	14,00000
expected	4,82759	5,31034	3,862069	
obs.-exp.	1,17241	-1,31034	0,137931	
Total: observed	10,00000	11,00000	8,000000	29,00000

Figura 100-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Fe

Depend.: Zn(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Zn(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Kruskal-Wallis test: H (2, N= 29) =13,15888 p =,0014		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
Icoaraci-fun(20m)	101	10	168,5000
Mosqueiro-fun(20m)	102	11	90,0000
Colares-fun(20m)	103	8	176,5000

Figura 101-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Zn

Dependent: Zn(ppm)	Median Test, Overall Median = 1,10000; Zn(ppm) (Spreadsheet82) Independent (grouping) variable: Localidade 20m Chi-Square = 8,930682 df = 2 p = ,0115			
	Icoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	5,00000	9,00000	1,00000	15,00000
expected	5,17241	5,68966	4,13793	
obs.-exp.	-0,17241	3,31034	-3,13793	
> Median: observed	5,00000	2,00000	7,00000	14,00000
expected	4,82759	5,31034	3,86207	
obs.-exp.	0,17241	-3,31034	3,13793	
Total: observed	10,00000	11,00000	8,00000	29,00000

Figura 102-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Zn

Depend.: Si(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Si(ppm) (Spreadsheet2) Independent (grouping) variable: Localidade Kruskal-Wallis test: H (2, N= 28) =,3041312 p =,8589		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
Icoaraci-fun(20m)	104	9	141,0000
Mosqueiro-fun(20m)	105	11	150,0000
Colares-fun(20m)	106	8	115,0000

Figura 103-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Si

Dependent: Si(ppm)	Median Test, Overall Median = 78080,0; Si(ppm) (Spreadsheet2) Independent (grouping) variable: Localidade Chi-Square = ,2020202 df = 2 p = ,9039			
	Icoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	4,000000	6,000000	4,000000	14,000000
expected	4,500000	5,500000	4,000000	
obs.-exp.	-0,500000	0,500000	0,000000	
> Median: observed	5,000000	5,000000	4,000000	14,000000
expected	4,500000	5,500000	4,000000	
obs.-exp.	0,500000	-0,500000	0,000000	
Total: observed	9,000000	11,000000	8,000000	28,000000

Figura 104-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Si

Depend.: P(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; P(ppm) (Spreadsheet2) Independent (grouping) variable: Localidade Kruskal-Wallis test: H (2, N= 28)=8,667114 p =,0131		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
Icoaraci-fun(20m)	104	9	100,0000
Mosqueiro-fun(20m)	105	11	222,0000
Colares-fun(20m)	106	8	84,0000

Figura 105-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para P

Dependent: P(ppm)	Median Test, Overall Median = 217,350; P(ppm) (Spreadsheet2) Independent (grouping) variable: Localidade Chi-Square = 7,454545 df = 2 p = ,0241			
	Icoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	6,000000	2,000000	6,000000	14,000000
expected	4,500000	5,500000	4,000000	
obs.-exp.	1,500000	-3,500000	2,000000	
> Median: observed	3,000000	9,000000	2,000000	14,000000
expected	4,500000	5,500000	4,000000	
obs.-exp.	-1,500000	3,500000	-2,000000	
Total: observed	9,000000	11,000000	8,000000	28,000000

Figura 106-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para P

Depend.: S(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; S(ppm) (Spreadsheet2) Independent (grouping) variable: Localidade Kruskal-Wallis test: H (2, N= 28)=9,377594 p =,0092		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
Icoaraci-fun(20m)	104	9	131,0000
Mosqueiro-fun(20m)	105	11	105,0000
Colares-fun(20m)	106	8	170,0000

Figura 107-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para S

Dependent: S(ppm)	Median Test, Overall Median = 225,200; S(ppm) (Spreadsheet2) Independent (grouping) variable: Localidade Chi-Square = 9,065657 df = 2 p = ,0108			
	lcoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	4,000000	9,000000	1,000000	14,000000
expected	4,500000	5,500000	4,000000	
obs.-exp.	-0,500000	3,500000	-3,000000	
> Median: observed	5,000000	2,000000	7,000000	14,000000
expected	4,500000	5,500000	4,000000	
obs.-exp.	0,500000	-3,500000	3,000000	
Total: observed	9,000000	11,000000	8,000000	28,000000

Figura 108-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para S

Depend.: Cl(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Cl(ppm) (Spreadsheet2) Independent (grouping) variable: Localidade Kruskal-Wallis test: H (2, N= 28) =18,06809 p =,0001		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-fun(20m)	104	9	72,0000
Mosqueiro-fun(20m)	105	11	138,0000
Colares-fun(20m)	106	8	196,0000

Figura 109-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para Cl

Dependent: Cl(ppm)	Median Test, Overall Median = 38,3000; Cl(ppm) (Spreadsheet2) Independent (grouping) variable: Localidade Chi-Square = 12,97384 df = 2 p = ,0015			
	lcoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	7,000000	8,000000	0,000000	15,000000
expected	4,82143	5,89286	4,28571	
obs.-exp.	2,17857	2,10714	-4,28571	
> Median: observed	2,000000	3,000000	8,000000	13,000000
expected	4,17857	5,10714	3,71429	
obs.-exp.	-2,17857	-2,10714	4,28571	
Total: observed	9,000000	11,000000	8,000000	28,000000

Figura 110-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para Cl

Depend.: K(ppm)	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; K(ppm) (Spreadsheet2) Independent (grouping) variable: Localidade Kruskal-Wallis test: H (2, N= 28) =3,680605 p =,1588		
	Code	Valid N	Sum of Ranks
lcoaraci-fun(20m)	104	9	107,0000
Mosqueiro-fun(20m)	105	11	146,0000
Colares-fun(20m)	106	8	153,0000

Figura 111-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de rank para K

Dependent: K(ppm)	Median Test, Overall Median = 1780,00; K(ppm) (Spreadsheet2) Independent (grouping) variable: Localidade Chi-Square = 1,590909 df = 2 p = ,4514			
	Icoaraci-fun(20m)	Mosqueiro-fun(20m)	Colares-fun(20m)	Total
<= Median: observed	6,00000	5,00000	3,00000	14,00000
expected	4,50000	5,50000	4,00000	
obs.-exp.	1,50000	-0,50000	-1,00000	
> Median: observed	3,00000	6,00000	5,00000	14,00000
expected	4,50000	5,50000	4,00000	
obs.-exp.	-1,50000	0,50000	1,00000	
Total: observed	9,00000	11,00000	8,00000	28,00000

Figura 112-Resultado *KRUSKAL-WALLIS* teste de mediana para K

TESTE DE NORMALIDADE

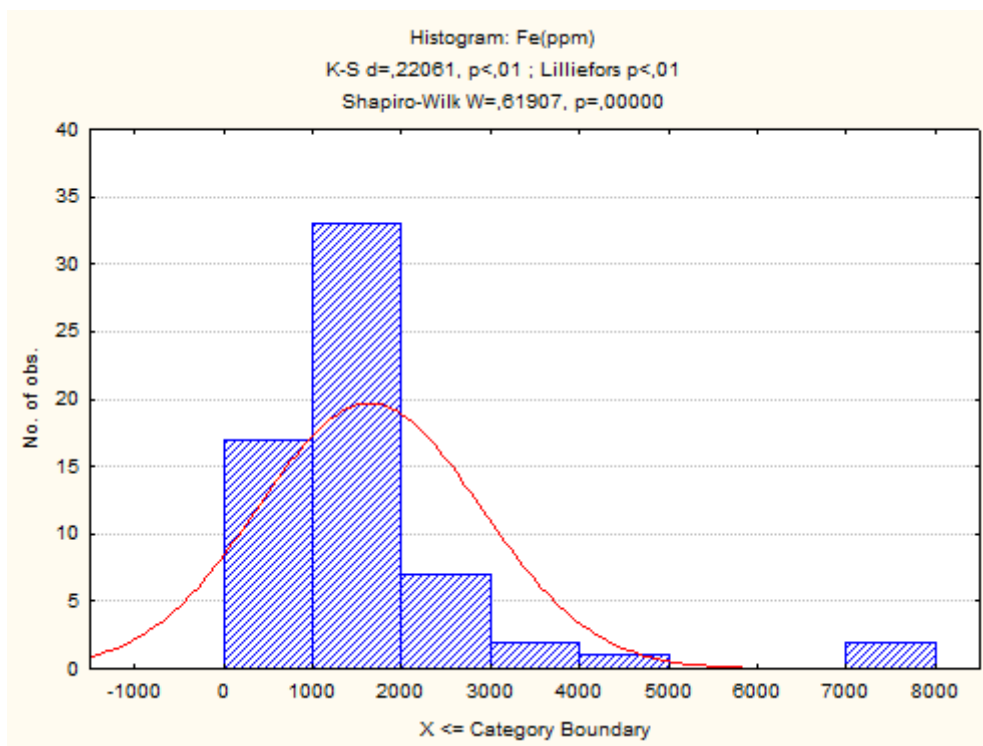


Figura 113-Normalidade utilizando o teste *Shapiro-Wilk* no Fe

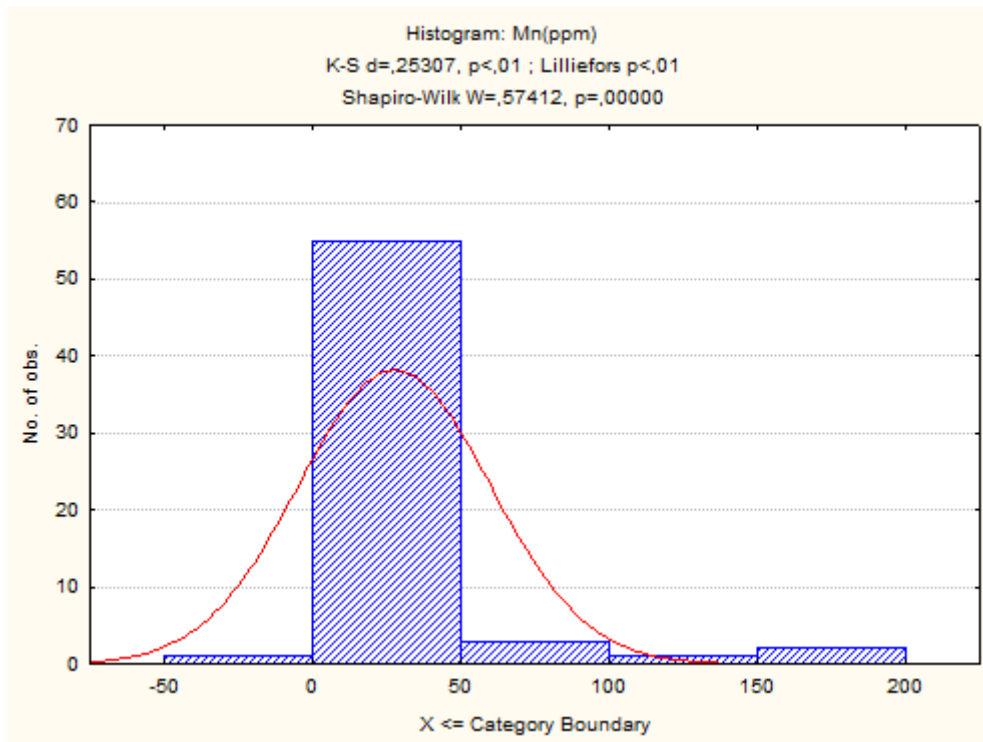


Figura 114-Normalidade utilizando o teste *Shapiro-Wilk* no Mn

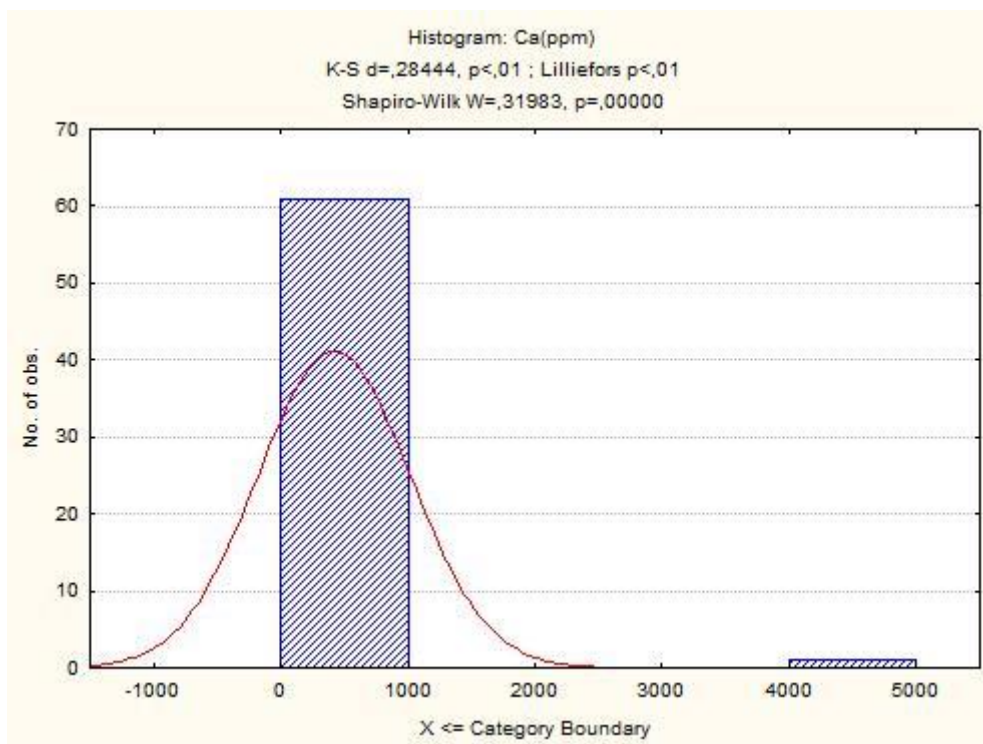


Figura 115-Normalidade utilizando o teste *Shapiro-Wilk* no Ca

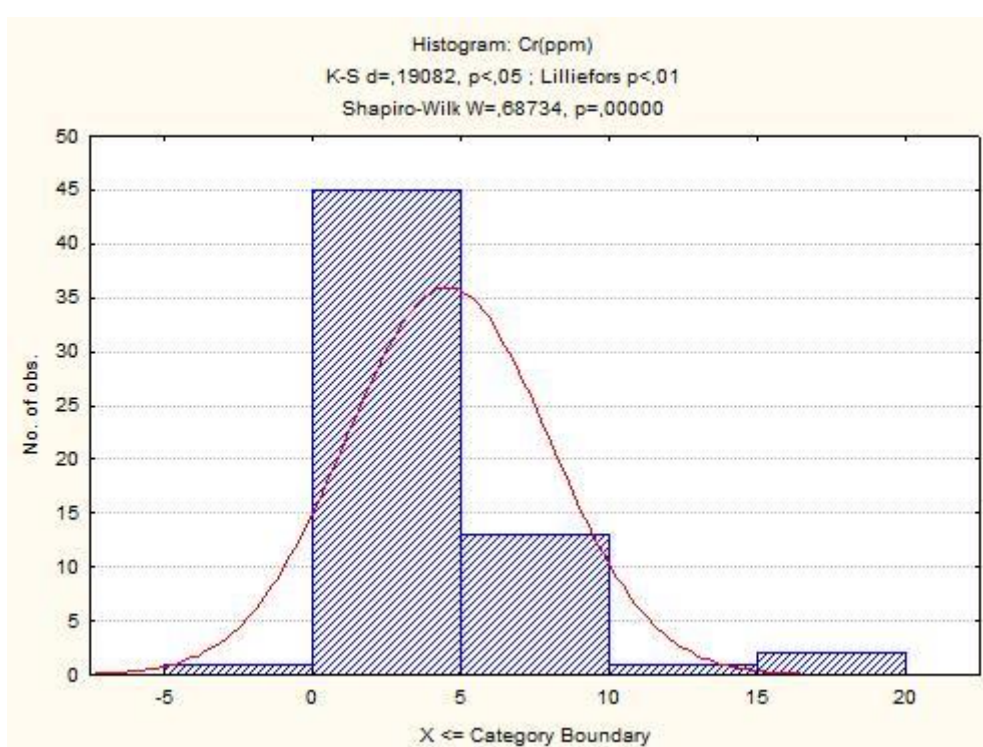


Figura 116-Normalidade utilizando o teste *Shapiro-Wilk* no Cr

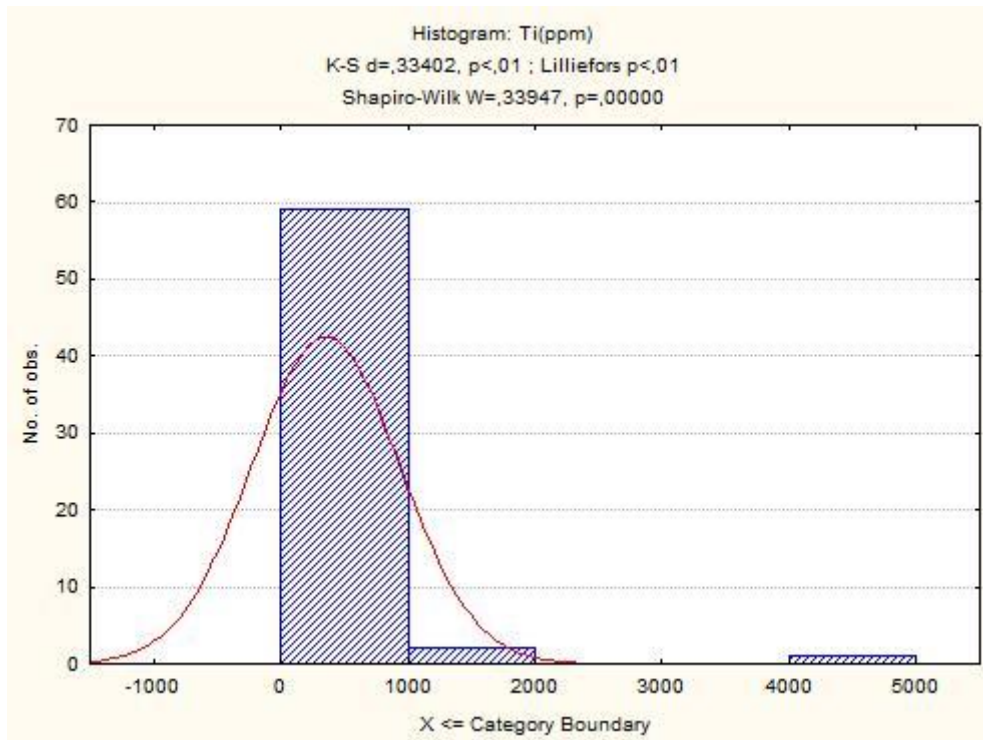


Figura 117-Normalidade utilizando o teste *Shapiro-Wilk* no Ti

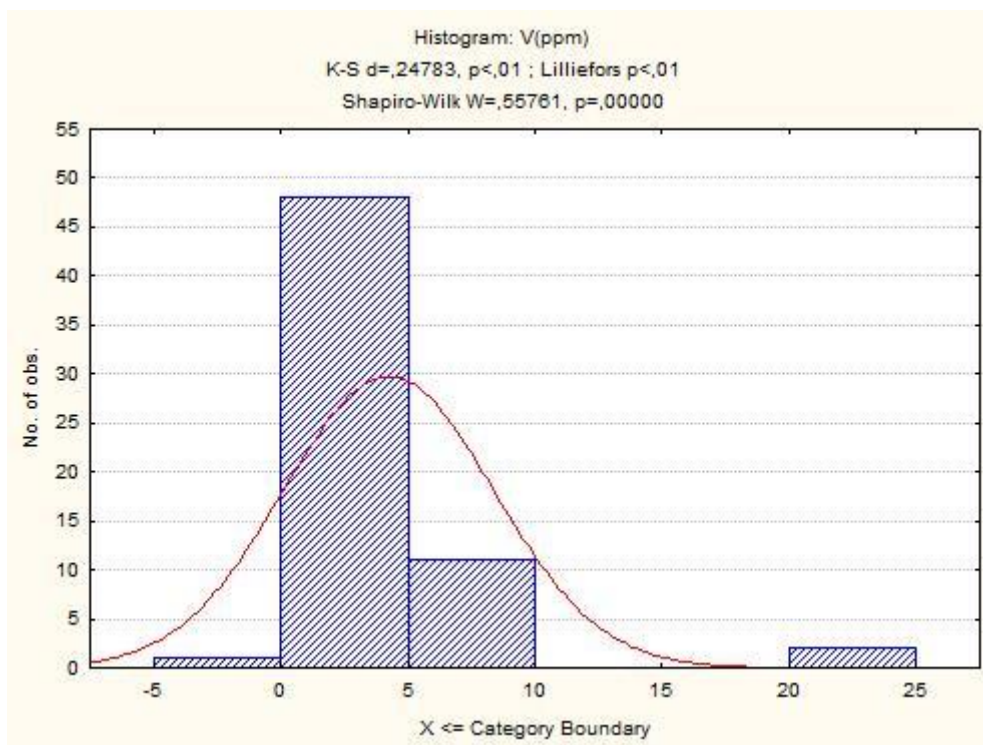


Figura 118-Normalidade utilizando o teste *Shapiro-Wilk* no V

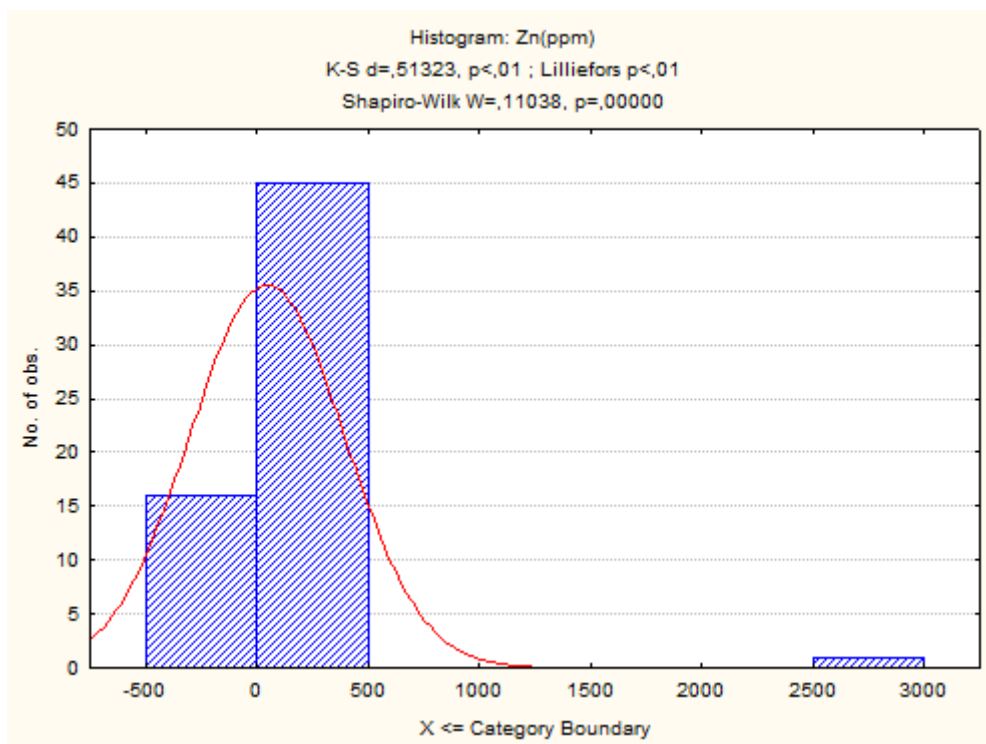


Figura 119-Normalidade utilizando o teste *Shapiro-Wilk* no Zn

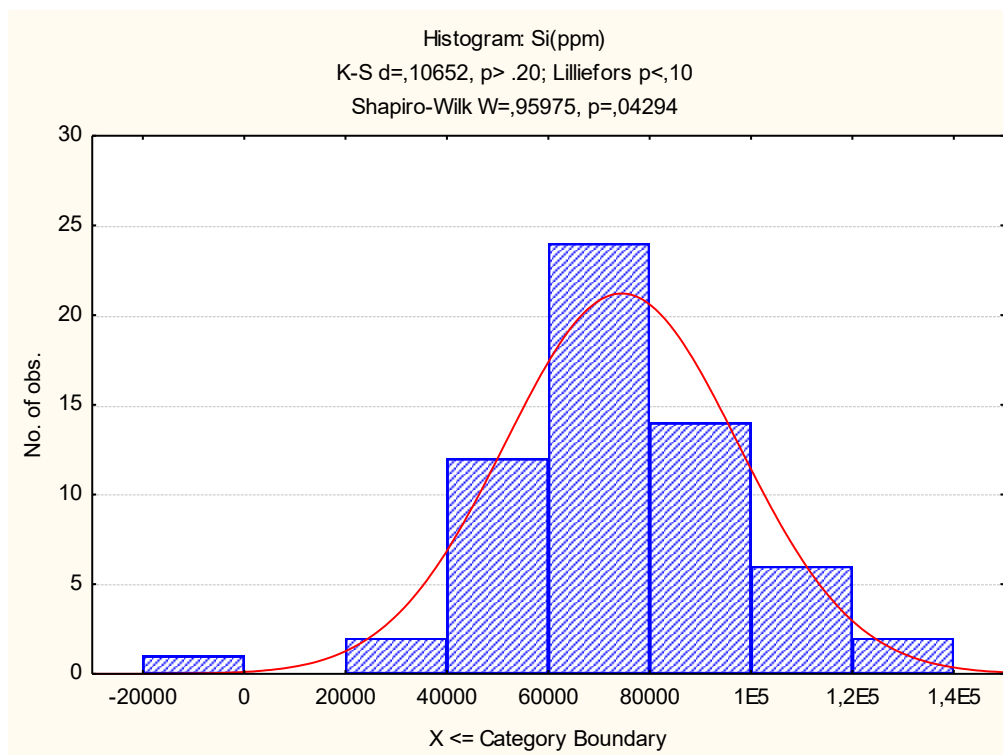


Figura 120-Normalidade utilizando o teste *Shapiro-Wilk* no Si

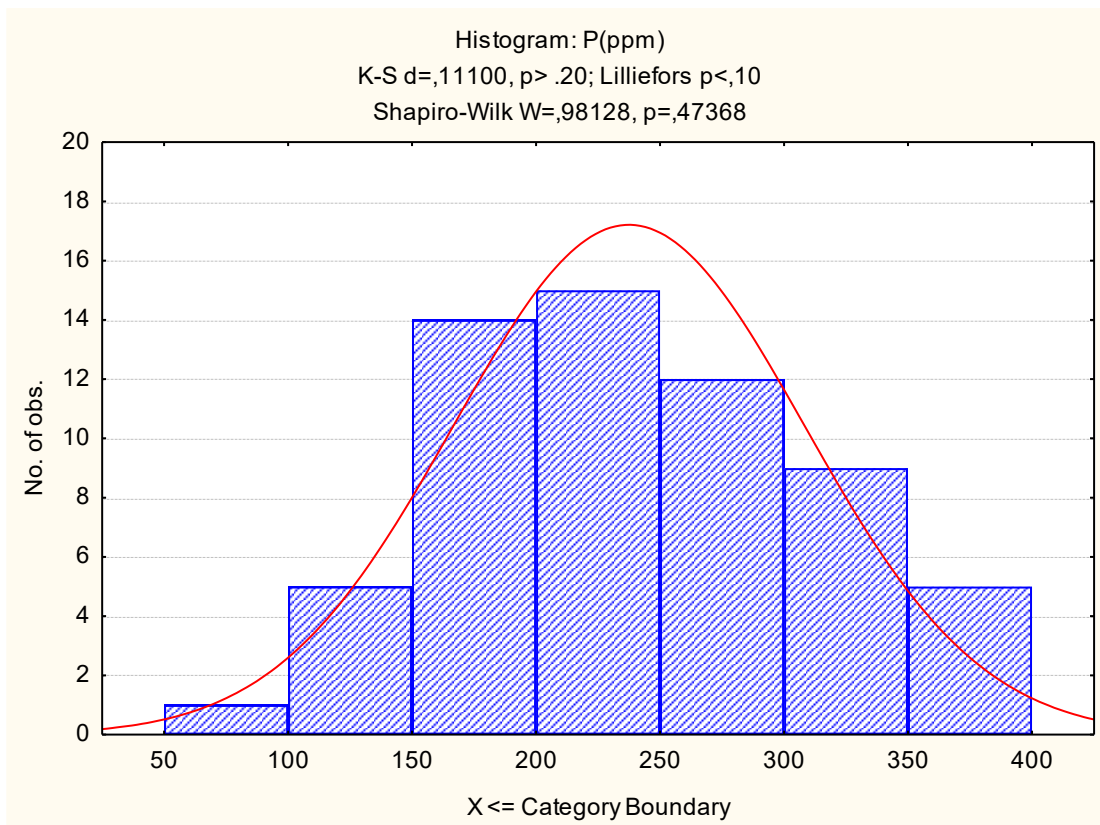


Figura 121-Normalidade utilizando o teste Shapiro-Wilk no P

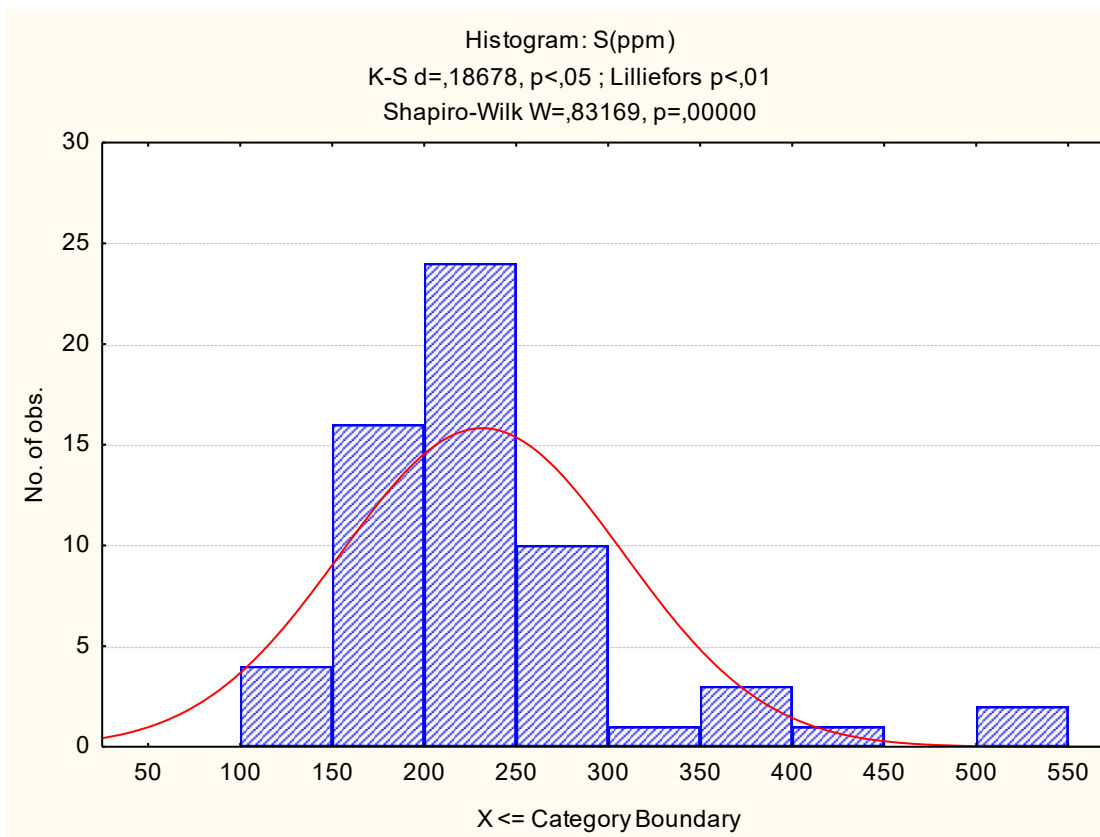


Figura 122-Normalidade utilizando o teste Shapiro-Wilk no S

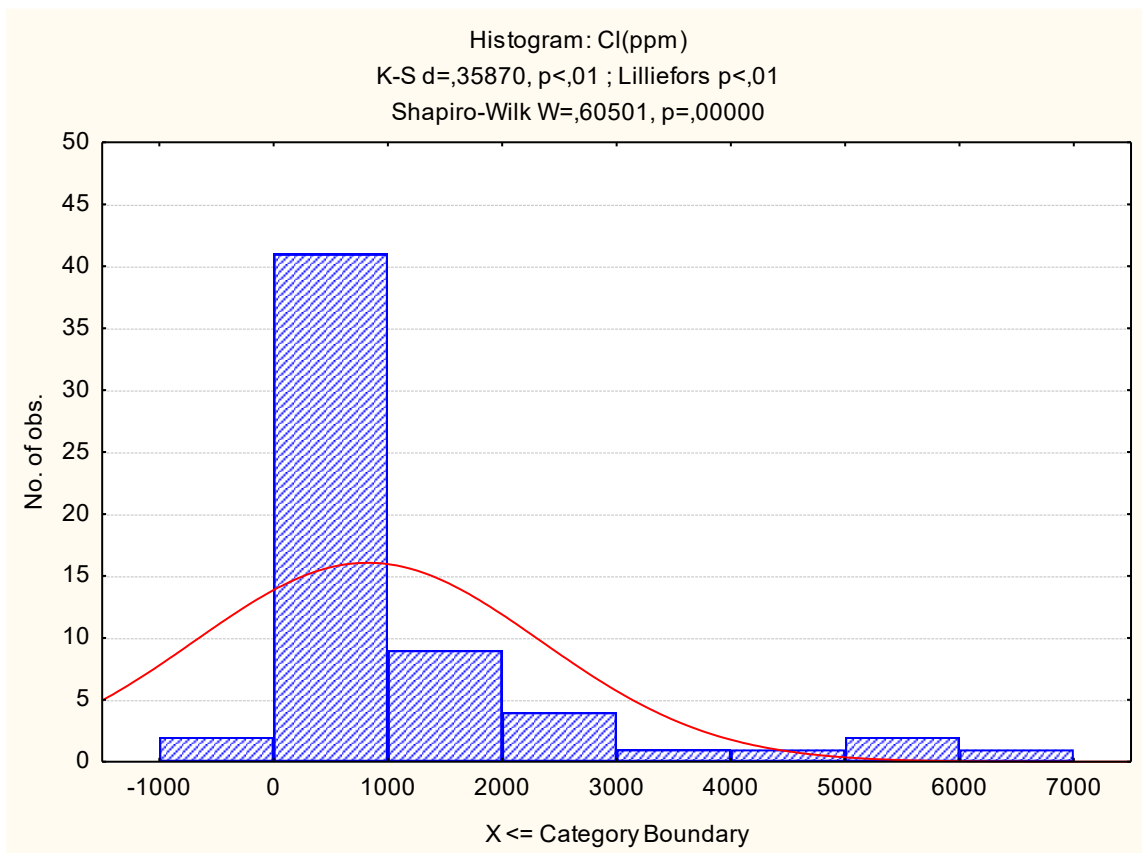


Figura 123-Normalidade utilizando o teste Shapiro-Wilk no Cl

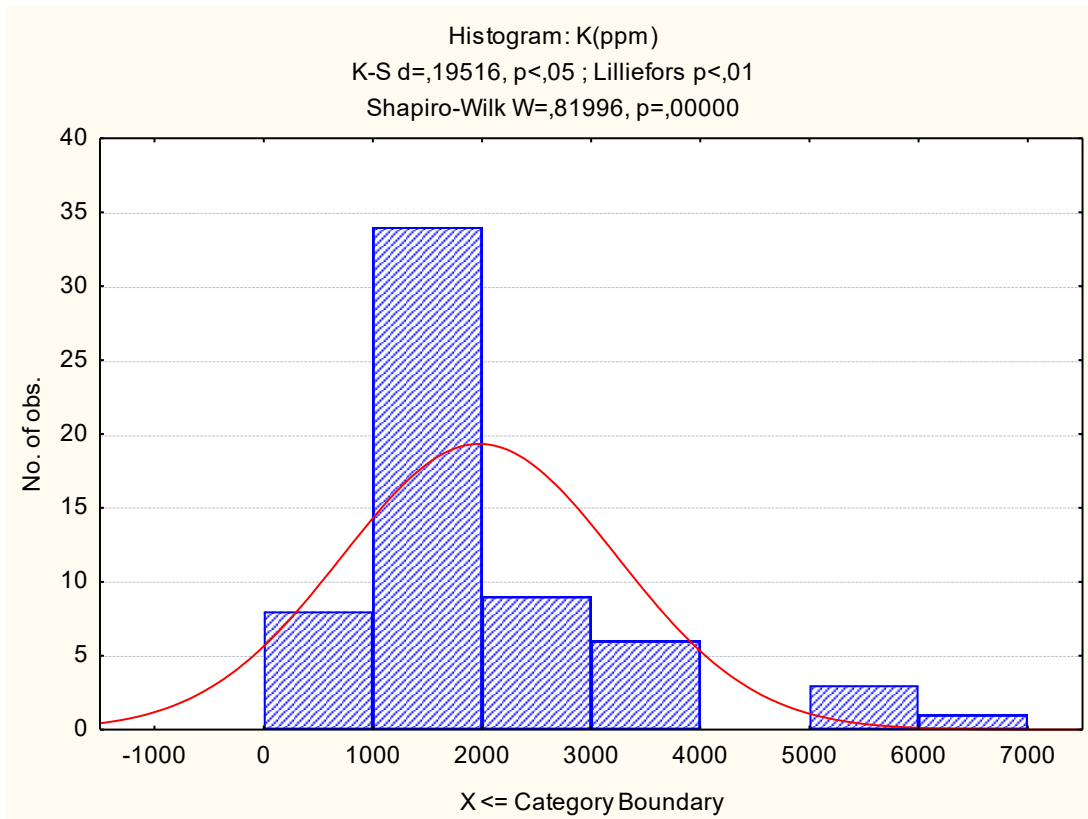


Figura 124-Normalidade utilizando o teste Shapiro-Wilk no K

APÊNDICE C - DADOS COMPARATIVOS E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS SEDIMENTOS SUSPENSOS

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS SEDIMENTOS SUSPENSOS NOS RIOS DO MUNDO

Tabela 2-Composição química dos sedimentos suspensos nos rios do mundo.

Elementos	Unit	América do Sul	América do Norte	Ásia (Rússia)	Ásia (China)	África	Europa	Concentração média nos rios do mundo
Mg	%	0.5	1.1	1.7	1.1	0.9	1.3	1.26
Al	%	9.1	8.3	7.1	9.5	11.3	6.1	8.72
Mn	µg/g	700	1430	5767	970	1478	1884	1679
Ti	%	–	–	–	–	–	–	0.44
Fe	%	5.29	4.5	7.88	4.6	7.5	4.3	5.81
V	µg/g	131	188	128	135	116	85	129
Ca	%	1.5	2.2	2.6	1.1	2.2	6.3	2.59
Cr	µg/g	79	115	260	117	130	164	130
Zn	µg/g	184	137	300	145	130	346	208

Fonte: Viers *et al.* (2009).

COMPARAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES QUÍMICAS DOS SEDIMENTOS SUSPENSOS COM OS PONTOS DE COLETA COM OS RIOS AMAZONICOS

Tabela 3-Comparação das Composições Químicas dos Sedimentos Suspensos com os Pontos de Coleta com os rios Amazônicos

Localização	Mg	Al	Mn	Fe	Ti	V	Ca	Cr	Zn
Ponto 1 (mg/kg)-sup	2815	37248	17.98	1197.55	244.51	1.96	253.08	3.36	0.78
Ponto 1 (mg/kg)-fun(20m)	2918	39803	34.48	2048.9	870.63	3.27	864.45	4.91	275.46
Ponto 2 (mg/kg)-sup	4633.64	43811.82	13.26	987.59	147.79	3.01	298.59	2.53	0.32
Ponto 2(mg/kg) -fun(20m)	4891.82	48537.27	25.81	1446.94	243.97	4.20	436.62	3.56	0.47
Ponto 3 (mg/kg)-sup	6764.17	51425.83	22.85	1617.21	315.39	5.02	306.58	5.46	1.33
Ponto 3 (mg/kg)-fun(20m)	45010	356740	490.2	23072.4	2816.21	71.9	3169	67.4	41.4
a)rio amazonia	-	-	-	44300	-	-	-	96.3	-
b)Margem continental	500-50000	-	2967-10	500-100000	20-10000	10-300	500-200000	10-653	200-300
c)Rio amazonia Dec 1982 (chuvoso)	-	127	744	57.6	4.9	148	-	-	-
c)Rio amazonia jul 1983 (seco)	-	101	902	51.2	4.97	133	-	-	-
c)Rio amazonia may 1990 (chuvoso)	-	97.6	684	47.4	5.33	125	-	-	-
c)Rio amazonia set 1991 (seco)	-	116	1013	57.4	5.15	141	-	-	-
d)rio negro 0,5m (Paricatuba)	-	-	-	50	-	-	-	-	-
d)rio madeira 0,5m (Manicore)	-	-	-	56	-	-	-	-	-
d)Rio Amazonas 0,5m (Óbidos)	-	-	-	49	-	-	-	-	-
d)Rio Solimões 0,5m (Manacapuru)	-	-	-	63	-	-	-	-	-

Fonte: a) França & Souza Filho (2003); b) Piatam Oceano (2008) c) Breckel *et al.*(2005); d) Pinheiro *et al.* (2013).

TABELA COM DADOS COLETADOS

Tabela 4-Tabela com dados químicos analisado no ponto 1 (Icoaraci)

Localidade	Data	Hora(in loco)	Mg(ppm)	Al(ppm)	Ca(ppm)	Ti(ppm)	V(ppm)	Cr(ppm)	Mn(ppm)	Fe(ppm)	Zn(ppm)	Si(ppm)	P(ppm)	S(ppm)	Cl(ppm)	K(ppm)
Icoaraci-sup	17/mai	05:30	2480	33.420	254,6	202,7	1,4	3,4	19	995,9	0,7	57.920	182,4	178,9	86,8	996,7
Icoaraci-sup	17/mai	06:33	3690	39.710	216,9	173,4	1,5	2,6	14	921,9	1,5	53.760	266,2	262,5	50,2	780,9
Icoaraci-sup	17/mai	07:30	3480	39.940	237,4	154,7	2,6	2,4	15,9	907,5	0,5	56.320	266,8	231,8	23,1	809,9
Icoaraci-sup	17/mai	08:28	3680	45.700	325	246,2	2,5	3,5	23,8	1330	1,1	64.790	349,2	275,9	34,7	1100
Icoaraci-sup	17/mai	09:24	3310	39.220	250,2	209,2	1,7	2,2	19,4	1040	0	62.140	208,5	186,1	13,9	1030
Icoaraci-sup	17/mai	10:24	2650	39.040	198,2	212,9	2,2	3,1	10,5	1150	0,6	57.090	190,3	212,7	18,1	830,9
Icoaraci-sup	17/mai	11:30	1030	19.330	74,8	130,8	1	1,8	4	630,2	0	35.770	84,4	126,8	0	594
Icoaraci-sup	17/mai	12:24	1960	35.910	135,8	263,8	2,3	3,5	7,2	1370	0,6	62.970	185,9	250,4	28,6	1100
Icoaraci-sup	17/mai	13:30	2810	41.300	456,9	483,1	2,5	6,3	32,7	2060	1,4	91.600	208	238,2	31,2	1970
Icoaraci-sup	17/mai	14:31	3060	38.910	381	368,3	1,9	4,8	33,3	1570	1,4	82.360	214,3	209,4	11,5	1650
Icoaraci-fun(20m)	17/mai	06:36	2660	34.130	363,2	334,8	2,1	3,8	30,9	1320	0,8	69.470	174,9	180,5	6,6	1490
Icoaraci-fun(20m)	17/mai	07:34	3470	39.770	210,9	162,7	2	2,5	15,2	871,5	0,5	56.510	211,9	201,6	26,3	788,9
Icoaraci-fun(20m)	17/mai	08:32	4280	49.510	640,2	571	4,8	6,8	59,6	2380	1,7	110.690	265,3	265	15,1	2620
Icoaraci-fun(20m)	17/mai	09:30	4130	50.780	441,6	354,7	4,2	5,3	39,3	1810	2	86.710	302,5	286,6	40,8	1680
Icoaraci-fun(20m)	17/mai	10:32	2700	40.730	259	258,9	2,6	3,9	14,5	1370	0,7	67.280	195,4	230,1	8,4	1050
Icoaraci-fun(20m)	17/mai	11:35	2400	40.670	164,7	397,6	3,5	5	11,2	1780	0,8	79.290	255,2	351,4	50,9	1570
Icoaraci-fun(20m)	17/mai	12:26	1060	23.900	72,8	169,2	2,2	2,4	4,2	867,5	0,3	0	124	165,9	0	676,3
Icoaraci-fun(20m)	17/mai	13:33	2730	36.870	714,5	847,4	5,2	8,7	64,9	3280	4,3	130.010	131,6	201,1	21,3	3560
Icoaraci-fun(20m)	17/mai	14:38	2710	35.960	877,6	1020	6,1	10,7	105	4040	3,5	119.400	162,2	232,1	14,3	3910

Tabela 5-Tabela com dados químicos analisado no ponto 2 (Mosqueiro)

Localidade	Data	Hora(in loco)	Mg(ppm)	Al(ppm)	Ca(ppm)	Ti(ppm)	V(ppm)	Cr(ppm)	Mn(ppm)	Fe(ppm)	Zn(ppm)	Si(ppm)	P(ppm)	S(ppm)	Cl(ppm)	K(ppm)
Mosqueiro-sup	30/abr	09:43	5210	47.770	319,7	142,6	3,6	2,4	12,3	1000	0,6	62.920	295,4	200,4	36,8	1210
Mosqueiro-sup	30/abr	10:54	8540	62.530	341,3	145,1	4,1	2,6	12,4	1050	0,8	77.320	373,2	252,2	35,5	1230
Mosqueiro-sup	30/abr	12:19	2450	25.570	133,6	64,7	1,5	1,4	4,8	479,3	0	32.480	141,3	111	7,5	531,8
Mosqueiro-sup	30/abr	13:13	5690	54.910	463	226	4,9	3,4	22,3	1460	0,8	80.810	353,9	223,9	28,8	1800
Mosqueiro-sup	30/abr	14:45	4850	48.750	395,3	185,2	4,6	3,5	18,1	1260	0,7	69.740	313,9	203	36,4	1510
Mosqueiro-sup	30/abr	15:45	4500	46.550	249,2	151,8	3,7	3,1	12,7	1090	0,6	62.740	310,7	223,6	59,7	1230
Mosqueiro-sup	30/abr	17:12	4800	44.580	283,9	133	1,8	2,4	11,4	875,1	0	62.050	267,6	201,6	36,5	1080
Mosqueiro-sup	30/abr	18:13	4020	39.570	289,5	148,9	1,8	2,2	15,1	936,5	0	58.480	225	169,9	28,7	1190
Mosqueiro-sup	30/abr	19:00	3560	35.910	279,5	131,1	2,2	2,1	12,6	877,3	0	51.080	203,8	164,6	82,5	1070
Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	07:40	5820	57.160	568,1	314,9	4,6	4,2	33,4	1810	0	92.250	345	224	38,3	2360
Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	08:43	3600	33.880	268,1	135,8	1,8	2,2	10,4	753,2	0	49.950	162,8	130,6	9,5	1140
Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	09:48	4980	46.140	319,7	148,6	4,1	2,7	13,4	1010	0,6	62.420	279,3	189,8	28	1250
Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	11:07	4480	43.590	244,3	139	2,8	2,3	11,8	953,1	0	58.840	252	195,2	32,4	1150
Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	12:27	4940	51.180	273,3	228,8	4,1	3,4	21,9	1490	0	77.570	305,9	236,9	51,3	1790
Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	13:19	5840	59.330	641,8	360,3	6,6	5	41,2	2080	1,3	97.400	365,5	222,3	42,8	2760
Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	14:50	4690	48.540	539	291,6	4,9	4,1	32,1	1710	1,1	85.440	296,8	206	38,3	2190
Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	15:50	5390	51.520	377,8	183	3,5	2,7	16,6	1250	0	74.010	326,3	222,8	46,3	1460
Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	17:16	5880	57.960	710,8	387,2	6	5,7	46,3	2220	1,4	102.200	355	226,4	27,5	2780
Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	18:17	4560	46.280	456,7	266,9	4,7	3,9	31	1440	0,8	80.090	254	188,8	23,5	1960
Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	19:04	3630	38.330	403,2	227,6	3,1	3	25,8	1200	0	64.380	209,9	157,5	13,7	1690

Tabela 6-Tabela com dados químicos analisado no ponto 3 (Colares)

Localidade	Data	Hora(in loco)	Mg(ppm)	Al(ppm)	Ca(ppm)	Ti(ppm)	V(ppm)	Cr(ppm)	Mn(ppm)	Fe(ppm)	Zn(ppm)	Si(ppm)	P(ppm)	S(ppm)	Cl(ppm)	K(ppm)
Colares-sup	16/mai	07:30	7890	57.310	556,8	623,5	9,8	9,5	56,3	3080	3,6	122.060	260,5	503,5	4710	5380
Colares-sup	16/mai	08:16	7780	58.570	503,7	529,5	8,6	8,7	40,9	2580	2,3	116.980	323,5	525,4	6490	5120
Colares-sup	16/mai	10:00	6390	52.500	350,4	382,6	6	6,4	25,9	1990	1,9	95.890	224,7	254,8	3340	3600
Colares-sup	16/mai	11:02	5990	49.000	225,7	224,9	2,8	3,8	13,5	1280	0	75.390	222,9	190,1	1180	1910
Colares-sup	16/mai	12:14	8980	69.050	358,1	339,4	5,7	5,3	19,5	1980	1,6	106.750	394	274,5	1460	2790
Colares-sup	16/mai	13:26	6580	53.250	335,2	347,5	6,1	5,5	29,3	1780	1,4	89.190	235,6	228	1330	2730
Colares-sup	16/mai	14:08	5760	43.250	202,1	197	2,8	3,3	14,5	991	1,1	69.410	182,2	181	796,8	1610
Colares-sup	16/mai	15:22	7420	53.980	278,8	272,8	4,3	4,7	19,1	1390	1,2	86.120	240	210	1220	2210
Colares-sup	16/mai	16:00	6010	45.060	199,3	195,5	3,4	3,4	13	1020	0,8	68.560	198,4	175	830,6	1610
Colares-sup	16/mai	17:00	5620	42.760	222,9	210,3	4,1	7	14,8	1060	1,4	65.410	182,6	197,1	1250	1660
Colares-sup	16/mai	18:17	5540	39.610	171,5	159,3	2,9	3,4	10,3	795,5	0,7	60.370	157	167,7	1110	1370
Colares-sup	16/mai	19:17	7210	52.770	274,5	302,4	3,7	4,5	17,1	1460	0	96.410	267,6	401,1	5570	3220
Colares-fun(20m)	16/mai	07:39	6500	53.610	716,2	1140	24,6	19,5	163,6	7010	6,2	94.220	221	317	2760	6190
Colares-fun(20m)	16/mai	08:25	2670	30.750	713,8	0,113	24,6	20	190,4	7790	7,2	68.440	111,1	271,3	2900	5740
Colares-fun(20m)	16/mai	14:16	6210	47.360	265,4	253,8	3,6	4,5	20	1250	1,7	78.590	206,9	233,7	1490	2040
Colares-fun(20m)	16/mai	15:27	5520	41.160	234,4	226,7	3,1	3,8	17,2	1080	1,8	70.680	176,8	207,2	1270	1770
Colares-fun(20m)	16/mai	16:10	8220	64.180	382,5	409,9	5,6	6,3	31,1	2040	2,1	110.050	300,9	266,5	1310	3290
Colares-fun(20m)	16/mai	17:06	4580	35.730	219,1	177,7	2,4	3	12,7	852,4	0,9	59.660	143,4	229,7	2210	1510
Colares-fun(20m)	16/mai	18:20	6210	41.100	341,7	239,7	2	4,5	18	1340	20	65.990	213,7	350,7	2280	1620
Colares-fun(20m)	16/mai	19:20	5100	42.850	295,9	368,3	6	5,8	37,2	1710	1,5	84.520	192,2	375	5470	3210

Tabela 7-Tabela com dados físico-químicos coletados no ponto 1 (Icoaraci)

Hora	Localidade	Data	Hora(in loco)	Marcação	Temp °C	pH	Cond mS/cm	Salinidade (‰)
5h	Icoaraci-sup	17/mai	05:30	5h	29,16	8,75	0,028	0,010
6h	Icoaraci-sup	17/mai	06:33	6h	29,21	7,92	0,021	0,007
7h	Icoaraci-sup	17/mai	07:30	7h	29,29	5,98	0,020	0,007
8h	Icoaraci-sup	17/mai	08:28	8h	29,72	6,32	0,023	0,008
9h	Icoaraci-sup	17/mai	09:24	9h	29,89	7,33	0,025	0,008
10h	Icoaraci-sup	17/mai	10:24	10h	30,12	6,2	0,033	0,011
11h	Icoaraci-sup	17/mai	11:30	11h	30,86	6,39	0,026	0,009
12h	Icoaraci-sup	17/mai	12:24	12h	33,34	6	0,026	0,009
13h	Icoaraci-sup	17/mai	13:30	13h	30,75	6,14	0,025	0,008
14h	Icoaraci-sup	17/mai	14:31	14h	30,21	5,32	0,019	0,006
5h	Icoaraci-fun(20m)	17/mai	05:35	5h	29,29	8,31	0,023	0,008
6h	Icoaraci-fun(20m)	17/mai	06:36	6h	29,22	7,61	0,019	0,006
7h	Icoaraci-fun(20m)	17/mai	07:34	7h	29,44	6,03	0,041	0,014
8h	Icoaraci-fun(20m)	17/mai	08:32	8h	29,67	6,36	0,023	0,008
9h	Icoaraci-fun(20m)	17/mai	09:30	9h	29,08	6,93	0,000	0,000
10h	Icoaraci-fun(20m)	17/mai	10:32	10h	30,12	5,75	0,027	0,009
11h	Icoaraci-fun(20m)	17/mai	11:35	11h	30,51	5,85	0,000	0,000
12h	Icoaraci-fun(20m)	17/mai	12:26	12h	32,51	5,67	0,026	0,009
13h	Icoaraci-fun(20m)	17/mai	13:33	13h	30,67	5,79	0,026	0,009
14h	Icoaraci-fun(20m)	17/mai	14:38	14h	30,06	5,54	0,021	0,007

Tabela 8-Tabela com dados físico-químicos coletados no ponto 2 (Mosqueiro)

Hora	Localidade	Data	Hora(in loco)	Marcação	Temp °C	pH	Cond mS/cm	Salinidade (‰)
m2	Mosqueiro-sup	30/abr	07:34	m2	29,19	6,94	120	0,046
m3	Mosqueiro-sup	30/abr	08:30	m3	29,46	6,53	68	0,025
m5	Mosqueiro-sup	30/abr	09:43	m5	29,48	7,02	72	0,027
m7	Mosqueiro-sup	30/abr	10:54	m7	30	7,04	74	0,027
m9	Mosqueiro-sup	30/abr	12:19	m9	30,19	7,05	73	0,027
m11	Mosqueiro-sup	30/abr	13:13	m11	29,74	7,02	73	0,027
m13	Mosqueiro-sup	30/abr	14:45	m13	29,35	7,05	76	0,028
m15	Mosqueiro-sup	30/abr	15:45	m15	29,43	7,12	71	0,026
m17	Mosqueiro-sup	30/abr	17:12	m17	29,94	6,98	74	0,027
m19	Mosqueiro-sup	30/abr	18:13	m19	29,16	7	74	0,027
m21	Mosqueiro-sup	30/abr	19:00	m21	29,29	7,01	73	0,027
m2	Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	07:40	m2	28,64	6,83	69	0,025
m4	Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	08:43	m4	24,44	6,73	68	0,025
m6	Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	09:48	m6	29,57	6,9	70	0,026
m8	Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	11:07	m8	29,67	6,96	68	0,025
m10	Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	12:27	m10	29,9	6,89	74	0,027
m12	Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	13:19	m12	29,68	7,02	73	0,027
m14	Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	14:50	m14	29,21	6,97	66	0,024
m16	Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	15:50	m16	29,24	7,03	72	0,027
m18	Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	17:16	m18	29,18	6,82	71	0,026
m20	Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	18:17	m20	29,23	6,82	88	0,033
m22	Mosqueiro-fun(20m)	30/abr	19:04	m22	29,36	6,97	72	0,027

Tabela 9-Tabela com dados físico-químicos coletados no ponto 3 (Colares)

Hora	Localidade	Data	Hora(in loco)	Marcação	Temp °C	pH	Cond mS/cm	Salinidade (‰)
7h	Colares-sup	16/mai	07:30	7h	29,39	6,94	6,32	3,466
8h	Colares-sup	16/mai	08:16	8h	29,57	7,35	6,86	3,790
10h	Colares-sup	16/mai	10:00	10h	30,24	7,56	4,87	2,611
11h	Colares-sup	16/mai	11:02	11h	30,69	7,64	2,11	1,051
12h	Colares-sup	16/mai	12:14	12h	31,68	7,39	1,62	0,788
13h	Colares-sup	16/mai	13:26	13h	0	0	0	0,000
14h	Colares-sup	16/mai	14:08	14h	31,4	7,7	1,58	0,767
15h	Colares-sup	16/mai	15:22	15h	30,2	7,6	1,5	0,725
16h	Colares-sup	16/mai	16:00	16h	30,31	7,5	1,4	0,673
17h	Colares-sup	16/mai	17:00	17h	29,81	7,47	1,68	0,820
18h	Colares-sup	16/mai	18:17	18h	29,94	7,48	1,92	0,948
19h	Colares-sup	16/mai	19:17	19h	0	0	0	0,000
7h	Colares-fun(20m)	16/mai	07:39	7h	29,32	7,05	8,33	4,681
8h	Colares-fun(20m)	16/mai	08:25	8h	29,62	7,24	8,53	4,803
14h	Colares-fun(20m)	16/mai	14:16	14h	30,2	7,54	1,97	0,975
15h	Colares-fun(20m)	16/mai	15:27	15h	30,3	7,5	1,37	0,657
16h	Colares-fun(20m)	16/mai	16:10	16h	30,21	7,31	2,05	1,019
17h	Colares-fun(20m)	16/mai	17:06	17h	29,68	7,3	2,37	1,193
18h	Colares-fun(20m)	16/mai	18:20	18h	29,81	7,41	2,08	1,035
19h	Colares-fun(20m)	16/mai	19:20	19h	0	0	0	0,000