



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E
RECURSOS AQUÁTICOS TROPICAIS

IRIS DANIELLY DA SILVA LOPES

**HIDROQUÍMICA DOS RIOS ARIENGA E MURUCUPÍ,
MUNICÍPIO DE BARCARENA (PA).**

BELÉM

2014



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E
RECURSOS AQUÁTICOS TROPICAIS

IRIS DANIELLY DA SILVA LOPES

**HIDROQUÍMICA DOS RIOS ARIENGA E MURUCUPÍ,
MUNICÍPIO DE BARCARENA (PA).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação da Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA para obtenção do título de Mestre. Área de Concentração: Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais e Linha de Pesquisa: Ecologia Aquática e Manejo de Recursos Naturais. Tendo como Orientadora: Dra. Maria de Lourdes Souza Santos.

BELÉM

2014

Lopes, Íris Danielly da Silva.

Hidroquímica dos rios Arienga e Murucupí, município de Barcarena (PA) / Íris Danielly da Silva Lopes. – Belém, 2014.

139 f.

Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2014.

Orientadora: Maria de Lourdes Souza Santos.

1. Hidroquímica - Rios Arienga 2. Hidroquímica - Murucupí
3. Sazonalidade 3. Variáveis físico-químicas 4. Metais I. Santos,
Maria de Lourdes Souza, (orient.) II. Título.

CDD – 543.1098115

IRIS DANIELLY DA SILVA LOPES

**HIDROQUÍMICA DOS RIOS ARIENGA E MURUCUPÍ,
MUNICÍPIO DE BARCARENA (PA).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação da Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA para obtenção do título de Mestre. Área de Concentração: Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais e Linha de Pesquisa: Ecologia Aquática e Manejo de Recursos Naturais. Tendo como Orientadora: Dra. Maria de Lourdes Souza Santos.

Aprovada em: ___/___/2014.

Banca Examinadora:

Dra. Maria de Lourdes Souza Santos.

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA.

Dr. André Luis de Lima Saraiva.

Instituição: Maurício de Nassau.

Dr. Glauber David Almeida Palheta.

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA.

Dr. Marcelo de Oliveira Lima

Instituição: Instituto Evandro Chagas-IEC.

BELÉM

2014

DEDICATÓRIA

Aos meus estimados pais Admir Viana Lopes e Aldaléa Cruz que sempre me mostraram o caminho certo com seus bons exemplos de vida e caráter.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Ao Instituto Evandro Chagas (IEC), pela oportunidade de aprendizado ao longo dos anos e grande contribuição para a realização deste estudo.

À diretora do IEC, Elisabeth Conceição de Oliveira Santos, pela oportunidade profissional concedida.

Ao pesquisador e amigo Marcelo de Oliveira Lima pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho em áreas de monitoramento contempladas em projeto sob sua coordenação e por toda ajuda fornecida.

Aos pesquisadores e amigos da Seção de Meio Ambiente (SAMAM), em especial, aos três pesquisadores do laboratório de Toxicologia (Kelson, Kleber e Rosivaldo).

À Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Curso de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais pela tolerância e paciência para a finalização deste estudo.

À orientadora Prof.^a Dra. Maria de Lourdes Santos pelas instruções, confiança e paciência no desenrolar deste estudo.

À Coordenação e docentes do Programa de Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais pela oportunidade de defesa deste trabalho e ensinamentos em cada disciplina ministrada.

Aos integrantes da banca examinadora pelas orientações importantes que contribuíram muito para melhoria deste trabalho.

Às minhas queridas amigas Anna Lopes, Gueive Penna, Thais Queiróz e Maria Sintia que me ajudaram na conquista desse projeto.

Aos meus amores, a quem devo a vida, meus pais Admir e Aldaléa pelo incentivo e apoio durante o decorrer dos anos de estudo e seus bons exemplos de vida e superação, aos meus queridos irmãos Camilla, Jéssyca e Jean pela boa convivência e apoio a cada conquista ou dificuldade.

Ao meu grande amigo, companheiro, incentivador e namorado Adaelson Medeiros, pelos momentos de paciência e dedicação que contribuíram para este trabalho. A todos em geral, familiares e amigos, que através de orações e incentivos me deram forças para enfrentar as grandes dificuldades da vida.

RESUMO

Neste estudo foram escolhidos dois rios localizados no Município de Barcarena, Estado do Pará, com objetivo de avaliação da composição hidroquímica das águas superficiais de ambos, de acordo com a sazonalidade e influência das marés. O rio Murucupí localiza-se próximo ao pólo industrial de Vila do Conde e o rio Arienga situado mais distante da área industrial e com menor presença de ocupações habitacionais em seu entorno. As amostragens foram realizadas nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro de 2011, em seis (06) pontos de amostragem no rio Arienga e sete (07) pontos no rio Murucupí. As variáveis analisadas foram: temperatura, sólidos totais dissolvidos (STD), pH, condutividade, salinidade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Al, Cu, Cr, Fe, Mn, Na, Ba, Co, Zn, NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_3^+ , K^+ e Dureza Total (na forma de CaCO_3 e MgCO_3). Para analisar os dados e a distribuição hidroquímica nas águas dos rios estudados utilizou-se como ferramenta estatística a Análise Multivariada, em que, através de Análise de Agrupamento Hierárquico e Análise de Componentes Principais pode-se observar a distribuição hidroquímica dos rios Arienga e Murucupí no período chuvoso e menos chuvoso. Os rios Arienga e Murucupí no período chuvoso apresentaram características hidroquímicas bem distintas nas extensões avaliadas, observando-se concentrações mais elevadas para OD e ferro no rio Arienga, enquanto que, no rio Murucupí, as concentrações de pH, temperatura, condutividade elétrica, STD, salinidade, DBO, amônia, nitrito, nitrato, fosfato, sulfato, dureza, bário, cobre, cobalto, potássio, manganês e sódio foram mais elevadas, provavelmente pela intensificação de materiais lixiviados provenientes de esgotos domésticos e industriais ao redor deste rio em decorrência da maior precipitação pluviométrica. No período menos chuvoso observou-se valores mais elevados para bário, cobalto, cobre, zinco e amônia no rio Arienga, a disponibilidade de alguns elementos neste corpo hídrico, talvez tenha ocorrido principalmente em função do valores mais baixos de pH registrados neste período no trecho de amostragem próximo das nascentes, enquanto no rio Murucupí a influência direta nas características hidroquímicas dessas águas pôde ser observada através das variáveis pH, temperatura, condutividade elétrica, STD, salinidade, DBO, amônia, nitrito, nitrato, fosfato, sulfato, dureza, bário, cobre, cobalto, potássio, manganês e sódio que estiveram em maior concentração, esses resultados são coerentes com as observações de campo, as quais descrevem o contínuo lançamento de esgotos domésticos no rio Murucupí produzidos pelas comunidades em seu entorno, como Vila dos Cabanos e Comunidade Laranjal.

Palavras-chave: Hidroquímica. Sazonalidade. Variáveis físico-químicas. Metais. Rios Arienga e Murucupí.

ABSTRACT

In this study two rivers located in the Municipality of Barcarena, Para State, with the objective of assessing the hydrochemical composition of the surface waters of both, according to seasonal and tidal areas were chosen. The Murucupi River is located near the industrial center of Vila do Conde and Arienga River located farther from the industrial area and less presence of housing occupations in your surroundings. Sampling was conducted in the months of February, May, August and November 2011 in six (06) sampling points in Arienga river and seven (07) points in Murucupi river. The variables analyzed were: temperature, total dissolved solids (TDS), pH, conductivity, salinity, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), Al, Cu, Cr, Fe, Mn, Na, Ba, Co, Zn, NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_3^+ , K^+ and total hardness (as CaCO_3 and MgCO_3). To analyze the data and hydrochemical distribution in the waters of the rivers studied was used as a statistical tool to Multivariate Analysis, in which, through Hierarchical Cluster Analysis and Principal Components Analysis can observe the distribution of hydrochemical Arienga Murucupi and rivers in rainy and dry period. The Arienga Murucupi and rivers during the rainy season showed distinct hydrochemical characteristics in the evaluated extensions, observing higher concentrations for DO and iron Arienga river, while in Murucupi River, concentrations of pH, temperature, conductivity, TDS, salinity, BOD, ammonia, nitrite, nitrate, phosphate, sulfate, hardness, barium, copper, cobalt, potassium, manganese and sodium were higher, probably due to the intensification of leached materials from domestic sewage and industrial around this river as a result of greatest rainfall. In less rainy period observed higher values for barium, cobalt, copper, zinc and ammonia arienga river, the availability of some elements in this water body, may have occurred due to the princilpamente lower pH values recorded in this period in the stretch sampling near the springs, while the river Murucupi direct influence on the hydrochemical characteristics of these waters could be observed through the variables pH, temperature, conductivity, TDS, salinity, BOD, ammonia, nitrite, nitrate, phosphate, sulfate, hardness, barium , copper, cobalt, potassium, manganese and sodium that were in greater concentration, these results are consistent with field observations, which describe the continuous release of domestic sewage in the river Murucupi produced by the communities around it, as Village Cabanos and Laranjal Community.

Keywords: Hydrochemistry. Seasonality. Physical-chemical variables. Metals. Arienga and Murucupi rivers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1: Localização do Município de Barcarena.....	30
Figura 4.2: Localização dos pontos de amostragem nos rios Arienga e Murucupí.	34
Figura 4.3: Rio Murucupí (A) e Rio Arienga (B).....	35
Figura 4.4: Coleta de amostras de água superficial.	36
Figura 4.5: (A) Sonda Multiparâmetro Hanna HI769828; (B) Momento da medição "in loco"	36
Figura 4.6: (A) Cromatógrafo de Íons; (B) ICP-OES.	38
Figura 4.7: Fluxograma do resumo esquemático da estatística descritiva e analítica aplicados sobre os dados das variáveis analisadas nos rios Arienga e Murucupi.....	40
Figura 5.1: Intensidade pluviométrica no município de Barcarena/PA.	42
Figura 5.2: Comparação sazonal dos valores de temperatura no rio	44
Figura 5.3: Comparação sazonal dos valores de temperatura no rio	45
Figura 5.4: Comparação sazonal dos valores de pH no rio Arienga na	47
Figura 5.5: Comparação sazonal dos valores de pH no rio Murucupi	48
Figura 5.6: Comparação sazonal dos valores de condutividade elétrica.....	49
Figura 5.7: Comparação sazonal dos valores de condutividade	51
Figura 5.8: Comparação sazonal dos valores de sólidos totais dissolvidos no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.	52
Figura 5.9: Comparação sazonal dos valores de sólidos totais dissolvidos no rio Murucupi na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.	53
Figura 5.10: Comparação sazonal dos valores de oxigênio dissolvido	56
Figura 5.11: Comparação sazonal dos valores de oxigênio dissolvido	57
Figura 5.12: Comparação sazonal dos valores da demanda bioquímica	59
Figura 5.13: Comparação sazonal dos valores da demanda bioquímica	60
Figura 5.14: Comparação sazonal dos valores de nitrogênio amoniacal	61
Figura 5.15: Comparação sazonal dos valores de nitrogênio amoniacal	62
Figura 5.16: Comparação sazonal dos valores de nitrito no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM)de 2011.....	64
Figura 5.17: Comparação sazonal dos valores de nitrito no rio Murucupi.....	65

Figura 5.18: Comparação sazonal dos valores de nitrato no rio Arienga	66
Figura 5.19: Comparação sazonal dos valores de nitrato no rio Murucupi.....	68
Figura 5.20: Comparação sazonal dos valores de fosfato no rio Arienga	69
Figura 5.21: Comparação sazonal dos valores de fosfato no rio Murucupi.....	70
Figura 5.22 Comparação sazonal dos valores de sulfato no rio Arienga	72
Figura 5.23: Comparação sazonal dos valores de sulfato no rio Murucupi	73
Figura 5.24: Comparação sazonal dos valores de dureza no rio Arienga	74
Figura 5.25: Comparação sazonal dos valores de dureza no rio Murucupi.....	76
Figura 5.26: Comparação sazonal dos valores de sódio no rio Arienga	77
Figura 5.27: Comparação sazonal dos valores de sódio no rio Murucupí.....	78
Figura 5.28: Comparação sazonal dos valores de potássio no rio Arienga.....	79
Figura 5.29: Comparação sazonal dos valores de potássio no rio Murucupí	81
Figura 5.30: Comparação sazonal dos valores de alumínio no rio Arienga	82
Figura 5.31: Comparação sazonal dos valores de alumínio no rio Murucupí.....	83
Figura 5.32: Comparação sazonal dos valores de bário no rio Arienga	85
Figura 5.33: Comparação sazonal dos valores de bário no rio Murucupí	86
Figura 5.34: Comparação sazonal dos valores de cobalto no rio Arienga	87
Figura 5.35: Comparação sazonal dos valores de cobalto no rio Murucupí.....	89
Figura 5.36: Comparação sazonal dos valores de cromo no rio Arienga	90
Figura 5.37: Comparação sazonal dos valores de cromo no rio Murucupí	91
Figura 5.38: Comparação sazonal dos valores de cobre no rio Arienga	93
Figura 5.39: Comparação sazonal dos valores de cobre no rio Murucupí	94
Figura 5.40: Comparação sazonal dos valores de ferro no rio Arienga.....	95
Figura 5.41: Comparação sazonal dos valores de ferro no rio Murucupí	97
Figura 5.42: Comparação sazonal dos valores de manganês no rio Arienga	98
Figura 5.43: Comparação sazonal dos valores de manganês no rio.....	99
Figura 5.44: Comparação sazonal dos valores de zinco no rio Arienga.....	101
Figura 5.45: Comparação sazonal dos valores de zinco no rio Murucupí	102
Figura 5.46: Análise de agrupamento hierárquico (distância euclidiana) sobre os dados das variáveis determinadas no período chuvoso em condições de marés baixa-mar e preamar em 2011.	103
Figura 5.47: Análise de componentes principais do tipo score plot (A) e loading plot (B) sobre os dados das variáveis determinadas no período chuvoso em condições de marés baixa-mar e preamar em 2011.	106

Figura 5.48: Análise de agrupamento hierárquico (distância euclidiana) sobre os dados das variáveis determinadas no período menos chuvoso em condições de marés baixa-mar e preamar em 2011.	107
Figura 5.49: Análise de componentes principais do tipo score plot (A) e loading plot (B) sobre os dados das variáveis determinadas no período menos chuvoso em condições de marés baixa-mar e preamar em 2011.	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Coluna estratigráfica da região de Barcarena.	31
Tabela 4.2: Coordenadas geográficas do rio Arienga.	34
Tabela 4.3: Coordenadas geográficas do rio Murucupí.....	34
Tabela 5.1: Resultados de temperatura (°C) no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	43
Tabela 5.2: Resultados de temperatura (°C) no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	45
Tabela 5.3: Resultados de pH no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	46
Tabela 5.4: Resultados de pH no rio Murucupí nas marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	47
Tabela 5.5: Resultados de condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) elétrica no rio Arienga nas marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.....	49
Tabela 5.6: Resultados de condutividade elétrica no rio Murucupí nas marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	50
Tabela 5.7: Resultados de sólidos totais dissolvidos (STD) no rio Arienga nas marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.....	51
Tabela 5.8: Resultados de sólidos totais dissolvidos (STD) no rio Murucupí nas marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.....	52
Tabela 5.9: Resultados de salinidade no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	54

Tabela 5.10: Resultados de salinidade no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	54
Tabela 5.11: Resultados de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	55
Tabela 5.12: Resultados de oxigênio dissolvido no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	57
Tabela 5.13: Resultados de demanda bioquímica de oxigênio (mg.L^{-1}) no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	58
Tabela 5.14: Resultados de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	59
Tabela 5.15: Resultados de nitrogênio amoniacal no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	61
Tabela 5.16: Resultados de nitrogênio amoniacal no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	62
Tabela 5.17: Resultados de nitrito no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	63
Tabela 5.18: Resultados de nitrito no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (ago) e novembro (nov) de 2011.	64
Tabela 5.19: Resultados de nitrato no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	66
Tabela 5.20: Resultados de nitrato no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	67

Tabela 5.21: Resultados de fosfato no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	68
Tabela 5.22: Resultados de fosfato no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	70
Tabela 5.23: Resultados de sulfato no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	71
Tabela 5.24: Resultados de sulfato no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	72
Tabela 5.25: Resultados de dureza no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	74
Tabela 5.26: Resultados de dureza no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	75
Tabela 5.27: Resultados de sódio no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	76
Tabela 5.28: Resultados de sódio no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	77
Tabela 5.29: Resultados de potássio no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	79
Tabela 5.30: Resultados de potássio no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	80
Tabela 5.31: Resultados de alumínio no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	81

Tabela 5.32: Resultados de alumínio no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	83
Tabela 5.33: Resultados de bário no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	84
Tabela 5.34: Resultados de bário no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	85
Tabela 5.35: Resultados de cobalto no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	87
Tabela 5.36: Resultados de cobalto no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	88
Tabela 5.37: Resultados de cromo no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	89
Tabela 5.38: Resultados de cromo no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI) agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	91
Tabela 5.39: Resultados de cobre no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	92
Tabela 5.40: Resultados de cobre no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	93
Tabela 5.41: Resultados de ferro no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	95
Tabela 5.42: Resultados de ferro no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	96

Tabela 5.43: Resultados de manganês no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	97
Tabela 5.44: Resultados de manganês no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	99
Tabela 5.45: Resultados de zinco no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	100
Tabela 5.46: Resultados de zinco no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.	101
Tabela 6.1: Valores encontrados para Nitrogênio Amoniacal (mg.L ⁻¹), nitrato (mg.L ⁻¹) e nitrito (mg.L ⁻¹) nas águas do Brasil.	117

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS	21
2.1. OBJETIVO GERAL	21
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3. REFERENCIAL TEÓRICO	22
3.1. HIDROQUÍMICA	22
3.2. ÁGUA SUPERFICIAL.....	24
3.3. METAIS.....	25
3.4. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	27
3.5. NUTRIENTES EM AMBIENTES AQUÁTICOS	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1. ÁREA DE ESTUDO.....	30
4.1.1. Clima	30
4.1.2. Geologia	30
4.1.3. Cobertura vegetal	32
4.1.4. Topografia	32
4.1.5. Hidrologia	32
4.1.5.1. Rio Murucupí	33
4.1.5.2. Rio Arienga	33
4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	33
4.3. COLETA DAS AMOSTRAS.....	35
4.4. METODOLOGIA ANALITICA	36
4.5. ANÁLISES LABORATORIAIS	37
4.6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO	38
4.6.1. Análise Multivariada	40
4.6.2. Análise de agrupamentos hierárquicos (AAH)	40
4.6.3. Análise de Componentes Principais (ACP)	41
5. RESULTADOS	42
5.1. INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA	42
5.2. TEMPERATURA	42
5.2.1. Rio Arienga	42
5.2.2. Rio Murucupí	44

5.3. pH.....	46
5.3.1. Rio Arienga	46
5.3.2. Rio Murucupí	47
5.4. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	48
5.4.1. Rio Arienga	48
5.4.2 Rio Murucupí	50
5.5. SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD).....	51
5.5.1 Rio Arienga	51
5.5.2. Rio Murucupí	52
5.6. SALINIDADE	53
5.6.1 Rio Arienga	53
5.6.2. Rio Murucupí	54
5.7. OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)	55
5.7.1 Rio Arienga	55
5.7.2 Rio Murucupí	56
5.8. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)	58
5.8.1 Rio Arienga	58
5.8.2 Rio Murucupí	59
5.9. NITROGÊNIO AMONÍACAL.....	60
5.9.1 Rio Arienga	60
5.9.2 Rio Murucupí	62
5.10. NITRITO	63
5.10.1 Rio Arienga	63
5.10.2 Rio Murucupí	64
5.11. NITRATO.....	65
5.11.1. Rio Arienga	65
5.11.2 Rio Murucupí	67
5.12. FOSFATO	68
5.12.1 Rio Arienga	68
5.12.2 Rio Murucupí	69
5.13. SULFATO.....	71
5.13.1. Rio Arienga	71
5.13.2 Rio Murucupí	72
5.14. DUREZA TOTAL	73

5.14.1 Rio Arienga	73
5.14.2 Rio Murucupí	75
5.15. SÓDIO.....	76
5.15.1 Rio Arienga	76
5.15.2 Rio Murucupí	77
5.16. POTÁSSIO	78
5.16.1 Rio Arienga	78
5.16.2 Rio Murucupí	80
5.17. ALUMÍNIO	81
5.17.1 Rio Arienga	81
5.17.2 Rio Murucupí	82
5.18. BÁRIO	84
5.18.1 Rio Arienga	84
5.18.2. Rio Murucupí	85
5.19 COBALTO	86
5.19.1 Rio Arienga	86
5.19.2 Rio Murucupí	88
5.20. CROMO.....	89
5.20.1 Rio Arienga	89
5.20.2 Rio Murucupí	90
5.21. COBRE.....	92
5.21.1 Rio Arienga	92
5.21.2 Rio Murucupí	93
5.22. FERRO	94
5.22.1 Rio Arienga	94
5.22.2. Rio Murucupí	96
5.23. MANGANÊS.....	97
5.23.1 Rio Arienga	97
5.23.2 Rio Murucupí	98
5.23. ZINCO	100
5.23.1 Rio Arienga	100
5.23.2 Rio Murucupí	101
5.24. ANÁLISE MULTIVARIADA.....	102

5.24.1. Análises de agrupamentos hierárquicos e componentes principais sobre os dados das variáveis determinadas nos rios Arienga e Murucupí no período chuvoso para condições de maré baixa-mar e preamar.	102
5.24.2. Análises de agrupamentos hierárquicos e componentes principais sobre os dados das variáveis determinadas nos rios Arienga e Murucupí no período menos chuvoso para condições de marés baixa-mar e preamar.	107
6. DISCUSSÃO	111
6.1. TEMPERATURA	111
6.2. pH.....	111
6.3. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	112
6.4. SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD).....	113
6.5. SALINIDADE	114
6.6. OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD).....	114
6.7. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)	115
6.8. NITROGÊNIO (amoniaco, nitrito, nitrato)	116
6.9. FOSFATO	117
6.10. SULFATO.....	118
6.11. DUREZA TOTAL.....	119
6.14. SÓDIO.....	119
6.15. POTÁSSIO.....	120
6.16. ALUMÍNIO	121
6.17. BÁRIO	122
6.18. COBALTO	123
6.19. CROMO.....	123
6.20. COBRE.....	124
6.21. FERRO.....	125
6.22. MANGANÊS.....	126
6.23. ZINCO	127
7. CONCLUSÕES.....	128
REFERÊNCIAS.....	131

1. INTRODUÇÃO

O município de Barcarena está localizado na Região Metropolitana de Belém, com uma população de 105.385 habitantes (IBGE, 2012) e densidade de 78,35 habitantes/km².

A cidade possui um importante pólo industrial, onde é feita a industrialização, beneficiamento e exportação de caulim, alumina, alumínio, cabos para transmissão de energia elétrica entre outras atividades. A economia tem base tradicional na agricultura, mas também avança com o turismo e com as indústrias instaladas na cidade, gerando crescimento econômico para o município e para o Estado do Pará (IEC, 2008).

A presença dessas indústrias faz com que alguns rios do município tornem-se alvos de possíveis acidentes ambientais, como o que ocorreu em Abril de 2009, onde houve derramamento de lama vermelha produto oriundo do beneficiamento da bauxita, diretamente no rio Murucupí (SANTOS *et al.*, 2009).

Estudos realizados por Lima *et al.* (2011) e Pereira *et al.* (2007) avaliaram a qualidade das águas superficiais de alguns rios no município de Barcarena, com o intuito de verificar a ocorrência ou não de mudanças significativas em sua composição química ocasionadas pela interferência de efluentes domésticos e industriais. Ambos trabalhos registraram alterações de alguns parâmetros físico-químicos como: pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e também aumento significativo na concentração de metais como: alumínio, ferro, manganês e zinco em alguns pontos de amostragem. Desta forma, foi constatado que a presença de indústrias está interferindo mesmo que pontual ou sazonalmente na composição química da, água, de alguns rios da região.

Neste sentido foram escolhidos dois rios localizados no município de Barcarena que serão alvos do estudo da hidroquímica da água superficial de ambos. Os rios escolhidos foram o rio Murucupí localizado próximo ao pólo industrial de Vila do Conde e está cercado por algumas comunidades ribeirinhas como Vila dos Cabanos e Comunidade Laranjal, e o rio Arienga, que é limite entre os municípios de Abaetetuba e Barcarena.

A qualidade das águas superficiais depende de muitos fatores, podendo sofrer influências hidroclimáticas como intemperismos químicos e físicos e também

sofrer variação devido ações antrópicas no meio ambiente (SHIL'KROT e YASINSKII, 2002).

Dentre os vários fatores que interferem na qualidade da água de uma determinada região, a estrutura geológica e a mineralogia das bacias hidrográficas e aquíferas, assim como, as reações que ocorrem no ambiente aquático e a maneira que a terra está sendo utilizada são os fatores que tem uma maior importância e que contribuem para a diferença na composição da água de uma região para outra (STAMATIS e GARTZOS 1999; KELEPERTSIS *et al.*, 2001; APPELO e POSTMA 2005; LAMBRAKIS 2006; STAMATIS *et al.*, 2006; BATHRELLOS *et al.*, 2008; ALEXAKIS 2008; PALMA *et al.*, 2010; SAEEDI *et al.*, 2010; SUTHAR *et al.*, 2010; NAMAGHI *et al.* 2011).

Dos fatores antropogênicos, a contaminação por efluentes industriais contendo metais pesados é o que tem maior impacto nos ecossistemas aquáticos, estes metais duram por mais tempo que os poluentes e percolam da superfície para os lençóis freáticos, por este motivo a geoquímica do solo tem grande influência na contaminação por metais em águas (PATHAK *et al.*, 1994). Nas últimas décadas tem ocorrido um grande aumento nos níveis de metais tóxicos que estão sendo liberados para o meio ambiente, este acontecimento é consequência da falta de planejamento por parte das indústrias em relação à maneira que os efluentes serão lançados para o meio gerando uma imensa liberação de compostos prejudiciais à vida animal e vegetal (COTTA *et al.*, 2006; JARDIM *et al.*, 2008; BELO *et al.*, 2010).

Este trabalho faz parte de um projeto mais abrangente denominado “Programa de Monitoramento e Controle em Saúde e Meio Ambiente nas Áreas Industriais e Portuárias dos Municípios de Abaetetuba e Barcarena, Estado do Pará”, cujo gestor é o Instituto Evandro Chagas (IEC)-Seção de Meio Ambiente (SAMAM) Ananindeua/PA.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a composição hidroquímica da água superficial dos rios Arienga e Murucupí no município de Barcarena-Pa de acordo com a sazonalidade e influência das marés, observando a contribuição natural através de intemperismos nas respectivas drenagens e também contribuições antrópicas provenientes de resíduos domésticos e industriais.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os parâmetros físicos-químicos (temperatura, sólidos totais dissolvidos, pH, condutividade, salinidade, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio) das águas dos rios Arienga e Murucupí;
- Avaliar a distribuição dos elementos traço Al, Cu, Cr, Fe, Mn, Na, Ba, Co e Zn nas águas dos rios Arienga e Murucupí; verificando possível contaminação via urbana e industrial;
- Avaliar a presença dos íons Br^- , Cl^- , F^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+ , K^+ e Dureza Total (na forma de CaCO_3 e MgCO_3);
- Utilizar a estatística descritiva para comparações entre os dados do período sazonal estudado nos dois rios avaliados;
- Aplicar a análise multivariada para avaliar em períodos distintos a distribuição hidroquímica nas águas dos rios estudados;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. HIDROQUÍMICA

Hidroquímica é o estudo da qualidade da água, baseado na relação água-rocha, levando-se em consideração a composição do solo e atividades desenvolvidas no mesmo, procurando verificar se estas atividades estão ou não interferindo na composição da água, através da observação nos valores da concentração de alguns parâmetros físicos e químicos.

Os rios são os responsáveis pelo transporte de materiais em suspensão e dissolvidos de origens naturais e antropogênicas, refletindo em sua qualidade a litologia da bacia, condições climáticas e ações antrópicas (BRICKER e JONES, 1995; SHRESTHA e KAZAMA, 2007).

Os tipos de rochas que compõem a geologia do local interferem diretamente no tipo de composição química das águas superficiais, onde segundo Stallard e Edmond (1983) e Queiróz (2009) a presença de elementos como Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr, HCO_3^- e SO_4^{2-} têm relação com carbonatos e gipsita; K^+ , B e Na^+ com illita; Si com bentonita e fontes termais; Na^+ e Cl^- com evaporitos; Fe e B com glauconita.

Os minerais apresentam diferentes graus de solubilidade em água, alguns se dissolvem e alteram a composição química da água mais rapidamente como é o caso dos evaporitos e carbonatos, no entanto, outros minerais como os silicatos se dissolvem mais lentamente, influenciando em menor proporção a mudança nas características das águas superficiais (YIDANA *et al.*, 2008).

Segundo Horbe *et al.*, (2005) através do estudo das águas superficiais, puderam avaliar a qualidade, o grau de impacto, os mecanismos que controlam a concentração de componentes químicos, estimar processos erosivos e de transporte no mesmo.

O despejo de efluentes domésticos e industriais nos rios é um dos responsáveis pelo aumento nos danos causados ao meio ambiente, visto que as concentrações de metais como cádmio, cobre, chumbo, cromo, níquel e zinco tendem a aumentar em virtude de estarem mais presentes em águas residuais. Estes poluentes são os mais perigosos e causam maior degradação ao meio ambiente, pois não são liberados do meio aquático através de processos naturais,

estes metais passam então a fazer parte da coluna d'água, dos sólidos em suspensão e dos sedimentos de fundo do rio (PINTO *et al.*, 2009).

Fenômenos físico-químicos tais como: complexação, adsorção, dessorção e precipitação influenciam diretamente na maneira como os metais estarão disponíveis na coluna d'água, assim como, as condições do meio, pH, temperatura e teor de matéria orgânica (STUMM e MORGAN, 1996; PINTO *et al.*, 2009).

Segundo Bruno (2000) e PINTO *et al.*, (2009), os metais são distribuídos na coluna d'água através dos sólidos em suspensão e da matéria orgânica, que juntos atuam aumentando a área de superfície para adsorção do metal.

Estudos anteriores foram realizados mostrando que tanto fatores naturais como fatores antropogênicos interferem diretamente na composição química das águas naturais, Yidana *et al.*, (2008) realizou um estudo na Bacia Ankobra – Gana, que avaliou a composição hidroquímica da bacia em três locais diferentes (Ankwaso, Dominase e Prestea) ao longo de seu curso, onde a análise multivariada foi a ferramenta utilizada para detectar a fonte de variação da hidroquímica. O estudo constatou que em Ankwaso o intemperismo de minerais de silicato é o principal responsável pela composição química da água, em virtude da presença de compostos químicos como PO_4^{3-} , K^+ , OD , Mg^{2+} e SO_4^{2-} que estão relacionados a dissolução de rochas e no seu processo de oxidação afetam o pH do meio, também foram encontradas concentrações de SiO_2 , Na^+ , Ca^{2+} e Cl^- que estão relacionados ao intemperismo de feldspatos e a ocorrência de precipitação. Em Dominase e Prestea a composição da água superficial está relacionada à decomposição da matéria orgânica, presença de efluentes domésticos e precipitação, visto que, pH, Condutividade Elétrica, Na^+ , K^+ , Mg^{2+} e Cl^- , foram os parâmetros encontrados em maiores concentrações e suas presenças estão relacionadas à tais circunstâncias, no entanto, não foram observados fortes impactos antropogênicos.

Outro estudo realizado por Vega *et al.*, (1998) no rio Pisuerga (Espanha) procurou avaliar a composição hidroquímica da água superficial do mesmo, observando interferências naturais e antrópicas e constatou que tanto fatores climáticos como antropogênicos são responsáveis pela composição química destas águas, os parâmetros encontrados em maiores concentrações foram fosfato (PO_4^{3-}), nitrato (NO_3^-), amônio (NH_4^+) e sulfato (SO_4^{2-}), onde constatou que a presença de fosfatos é proveniente da composição dos detergentes utilizados pela população e

através dos efluentes domésticos que são lançados nos corpos de água; a presença de nitrato e amônia ocorre devido as atividades agrícolas que utilizam fertilizantes inorgânicos em seu cultivo. Enquanto que os altos valores de sulfato estão relacionados a geologia local, que é formada principalmente por calcário, marga e gesso.

No Brasil, já existem trabalhos sobre a hidroquímica de águas superficiais como por exemplo o realizado por Horbe *et al.* (2005) estudou a hidroquímica do rio Puraquequara e de seu afluente direito o igarapé Água Branca no município de Manáus, região amazônica. Os seus resultados mostraram que os ânions são predominantes sobre os cátions, dentre os ânions o SiO_2 e Cl^- foram os encontrados em maior proporção, enquanto que o Na^+ foi o cátion predominante, os valores de SiO_2 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Fe total encontrados estão relacionados ao intemperismo das rochas e a geologia local, composta por rochas sedimentares da Formação de Alter do Chão que são ricas em minerais silicáticos, enquanto Na^+ tem a mesma origem sendo acrescentado pela precipitação na região. Outros parâmetros que se mostraram elevados foram NO_3^- e NH_4^+ , mostrando possível contaminação devido a ação antrópica. Ficou evidenciado neste estudo que, tanto fatores naturais como antrópicos assumiram extrema importância em relação a composição hidroquímica dessas águas.

3.2. ÁGUA SUPERFICIAL

Segundo Von Sperling (2005) a água é de fundamental importância para os seres vivos, visto que, de 100% das substâncias que compõem o corpo humano 60% é composta por água e em alguns animais do ambiente aquático essa porcentagem chega a 98%. Por esta razão é de extrema importância sabermos como a água está distribuída em nosso planeta. Esta divisão se dá em água do mar; geleiras e água doce. Onde 97% encontram-se no mar, 2,2% em geleiras e 0,8% representa a água doce, desta água doce apenas 3% está disponível em forma de água superficial.

A qualidade das águas superficiais tem sido afetada de várias maneiras, através de ações antrópicas como a urbanização ou através do uso da terra, onde grandes áreas de terra são utilizadas para a agricultura e pastagem de gados,

promovendo mudanças na química das águas destes rios, com a inclusão de sais e nutrientes (BIGGS *et al.*, 2002; LUCIO *et al.*, 2012).

Por este motivo devemos nos preocupar com o destino destas águas, visto que, o crescimento da urbanização, o aumento no número de indústrias e a ocupação desordenada do solo deteriorizam as águas superficiais com rejeitos domésticos e industriais (ESPÍNDOLA 2000; SOUZA 2002; CAVICHIOLO e BRAGA, 2003; SOUZA *et al.*, 2004; SARDINHA *et al.*, 2008).

As atividades antrópicas são responsáveis não só por danos quantitativos no ambiente aquático como também comprometem esse ambiente em relação aos seus aspectos qualitativos, afetando a biota aquática e prejudicando a sua qualidade, vale ressaltar que o clima também tem extrema importância em relação a este aspecto (TURNER e RABALAIS 2003; BLANCHOU *et al.*, 2007; GALBRAITH e BURNS 2007; GÖBEL *et al.*, 2007; BEDORE *et al.*, 2008; MISERENDINO *et al.*, 2008; CUNHA *et al.*, 2011). A geologia do ambiente tem grande interferência na composição da água superficial de uma determinada região, visto que, a interação entre água e solo faz com que a composição de ambos tornem-se parecidas, por este motivo, cada bacia hidrográfica possui uma composição específica de acordo com a geologia que a compõe (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008; LUCIO *et al.*, 2010).

3.3. METAIS

Metais são definidos como sendo elementos que sob determinadas condições apresentam tendência em existir como cátions comportando-se assim como ácidos de Lewis. Formam complexos metálicos com uma gama de ligantes, sendo estes orgânicos e/ou inorgânicos, tornando-se, por sua vez, espécies biologicamente ativas (PHIPPS, 1981).

A inserção de metais na água pode ocorrer de várias formas, através de intemperismos, processos geoquímicos ou atividades antrópicas. Segundo Paula *et al.* (2010) a contaminação das águas dos rios por metais, ocorre na maioria das vezes através da inserção de efluentes domésticos, industriais e agropecuários, também podem ser inseridos de maneira natural, através de precipitações que

transportam partículas contendo determinadas substâncias poluentes, afetando o solo e a biota.

Pereira (2007) realizou o estudo químico ambiental do Rio Murucupí, Barcarena-Pa e constatou que a produção de Alumínio e outras atividades mineradoras têm trazido inúmeras consequências para o ecossistema, como exploração da terra pela exploração da bauxita e poluição dos recursos hídricos através de seus efluentes, que afetam não só os seres humanos, com a poluição da atmosfera através do gás que é liberado em suas reações, como também afetam o ecossistema aquático, através de substâncias químicas inseridas no meio prejudicando o ambiente.

A atividade mineradora também pode afetar a qualidade da água dos rios no momento em que atinge a vegetação ciliar e reduz grande parte das áreas florestais aumentando o escoamento e o regime de cheias, transportando metais do solo para as águas superficiais (LACERDA *et al.*, 2012). Outra fonte de metais para as águas são as poeiras transportadas no meio urbano originárias principalmente da deposição atmosférica e de atividades humanas, tais como pedreiras, cultivo e construção (PEREIRA *et al.*, 2007).

Alguns metais possuem grande potencial de toxicidade para os organismos aquáticos, como por exemplo, cobre, chumbo e zinco, também possuem maior tempo de persistência no ambiente, por este fato, deve-se o maior interesse em relação à maneira que as descargas urbanas estão ocorrendo no meio ambiente (HOFFMAN *et al.*, 1984; BORCHARDT e SPERLING 1997; WALKER *et al.*, 1999; BROWN e PEAKE 2006; FONSECA *et al.*, 2011).

Para Bidone *et al.*, (2001) a toxicidade do metal pesado é um grande risco tanto para a saúde humana quanto para os ecossistemas associados, por esta razão, é necessária uma maior atenção em relação a maneira que estes metais irão atingir os rios, visto que estes são os principais responsáveis pela transferência de metais para a cadeia trófica.

3.4. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

- Temperatura

Segundo Menezes (1999), temperaturas acima de 33°C provocam alterações nas reações químicas e biológicas, favorecendo o desenvolvimento de microorganismos e intensificando sabores e odores. A temperatura influencia diretamente na respiração dos organismos como em outros processos oxidativos (por exemplo, decomposição da matéria orgânica por outros microorganismos) (ESTEVES, 1998).

- Condutividade

A condutividade elétrica da água indica sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em cátions. Os valores de condutividade estão relacionados à presença de matéria orgânica no ambiente aquático, valores de condutividade altos indicam elevado grau de decomposição, enquanto valores reduzidos estão relacionados a presença acentuada de produção primária (SIPAÚBA-TAVARES, 1994; NUNES, 2009).

- Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH representa a concentração de íons hidrogênio H⁺, dando uma indicação sobre a condição de acidez ou alcalinidade de uma água, pode sofrer influência do ambiente onde se encontra, através da dissolução de rochas; presença ou não de matéria orgânica e ocorrência de fotossíntese (VON SPERLING, 2005). O pH também pode sofrer variação devido à ação antrópica, através de rejeitos domésticos ou industriais, que podem torná-las mais ácidas ou básicas dependendo de sua composição química, a atividade fotossintética e precipitações também interferem na variação de pH (MEYBECK e DE MARSILY, 1998; OLIAS *et al.*, 2006; MAANE-MESSAIL *et al.*, 2010).

- Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido pode ter origem natural, através da atmosfera e atividades fotossintéticas e sua perda está relacionada à decomposição da matéria orgânica, respiração de organismos aquáticos, oxidação de íons metálicos e variação da temperatura, visto que, certos gases como o oxigênio tem menor solubilidade em ambientes com temperaturas elevadas (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

O oxigênio dissolvido é um dos principais parâmetros físico-químicos a ser analisado, devido a sua extrema importância à sobrevivência dos seres aquáticos, pois, concentrações de OD inferiores a 3 mg/L tornam o ambiente estressante para a maioria dos organismos aquáticos enquanto que ambientes com concentrações de OD entre 5 e 6 mg.L⁻¹ são excelentes para o crescimento dos mesmos (TEKADE *et al.*, 2011; DAS *et al.*, 2013).

3.5. NUTRIENTES EM AMBIENTES AQUÁTICOS

Os nutrientes originários do uso de fertilizantes orgânicos provenientes de atividades agrícolas atingem o ecossistema aquático através de processos como lixiviação, escoamento e erosão do solo comprometendo a qualidade da água dos rios e lagos (CORRIVEAU *et al.*, 2010; LUCIO *et al.*, 2012).

Para Paula *et al.*,(2010), as atividades industriais, urbanas e agropecuárias são as principais responsáveis pelo aumento da eutrofização em águas superficiais através do lançamento em grande quantidade de nutrientes como nitrogênio e fósforo. Estes nutrientes passam a fazer parte do ambiente aquático devido estar associados ao material particulado em suspensão ou através de deposição atmosférica.

- Fósforo

O fósforo pode ser originário de fontes naturais, como dissolução de compostos do solo e decomposição de matéria orgânica ou fontes antropogênicas, como excremento de animais; uso de fertilizantes e detergentes; despejos domésticos e industriais. Sua importância nos sistemas biológicos deve-se à participação desse elemento em processos fundamentais do metabolismo dos seres

vivos, tais como: armazenamento de energia e estruturação da membrana celular. Além disso, tem sido apontado como responsável pela eutrofização artificial de ecossistemas e toda forma de fósforo presente em águas naturais na forma iônica ou complexada encontra-se sob forma de fosfato (VON SPERLING, 2005).

- Nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, isto porque participa na formação das proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos. As fontes naturais de nitrogênio podem ser: chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago. O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, como: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-) e amônia (NH_3^+). Dentre as diferentes formas, o nitrato junto com o íon amônio assume grande importância nos ecossistemas aquáticos, visto que, são as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (ESTEVEZ, 1998).

O nitrito representa uma fase intermediária entre o nitrato e a amônia. Segundo McCARTHY e GOLDMAN (1979), o fitoplâncton pode assimilar nitrito, em caso de escassez do íon amônio e nitrato; nesse caso o nitrito é reduzido, no interior da célula a amônio. Em altas concentrações, o nitrito é extremamente tóxico à maioria dos organismos aquáticos.

Para Camargo e Alonso (2006) e Tortoza *et al.* (2011), os principais prejuízos causados ao ecossistema aquático pela poluição de nitrogênio inorgânico são: a acidificação da água, eutrofização, incluindo a ocorrência de algas tóxicas, e toxicidade de amoníaco (NH_3^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

O município de Barcarena (Figura 4.1) pertence à mesorregião Metropolitana de Belém. A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 01° 30' 24" de latitude Sul e 48° 37' 12" de longitude a Oeste de Greenwich. Tem como limites ao Norte Baía de Guajará e Município de Belém, ao Sul municípios de Moju e Abaetetuba, a Leste município de Acará e Baía de Guajará e a Oeste a baía de Marajó (IEC, 2008).

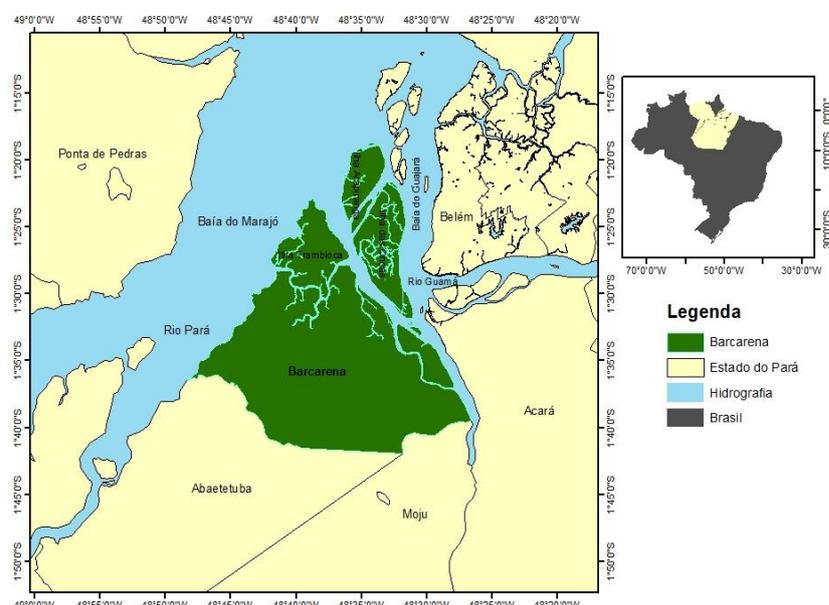


Figura 4.1: Localização do Município de Barcarena.

4.1.1. Clima

O clima da microregião é do tipo Am de Köppen, caracterizado por chuvas abundantes, pluviosidade anual superior a 2.000 mm, com período chuvoso de dezembro a maio, e período seco de junho a novembro, quando os totais pluviométricos caem pela metade (PORTO, 2009).

4.1.2. Geologia

A região de Barcarena e adjacências fazem parte da zona estuarina Amazonas-Tocantins-Guamá e constitui um espesso pacote sedimentar de idade

Cenozóica. A geologia do Município é pouco variável, construída, como em toda a microrregião, por sedimentos do Terciário (Grupo Barreiras) e do Quaternário. Os primeiros estão presentes, sobretudo, na porção continental do Município, enquanto trechos Quaternários estão nas margens dos rios, sobrepostos a sedimentos terciários do Grupo Barreiras de origem fluvio-lacustre provavelmente de idade Mioceno-Pliocênica (IEC, 2009). Observa-se na Tabela 4.1., a descrição da coluna estratigráfica da região de Barcarena no Pará.

Tabela 4.1: Coluna estratigráfica da região de Barcarena.

	PERÍODO	ÉPOCA	UNIDADE	DESCRIÇÃO
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	HOLOCENO	SEDIMENTOS MODERNOS	Sedimentos recentes quartzosos com matéria orgânica, argila, silte e areia.
		PLEISTOCENO	PÓS-BARREIRAS	Sedimentos areno-argilosos inconsolidados, quartzosos, siltico-argilosos com arenitos ferruginosos intercalados.
	TERCIÁRIO	MIOCENO-PLIOCENO	FORMAÇÃO BARREIRAS	Arenitos de granulometria variada, mal selecionados, argilosos, intercalados a siltitos e argilitos de cores variadas, tendo-se ainda níveis de concreções ferruginosas.
		OLIGO-MIOCENO	FORMAÇÃO PIRABAS	Calcários e margas, intercalados com folhelhos cinza-erverdeados e arenitos calcíferos.

Fonte: Adaptado de Sauma Filho (1996).

O Grupo Barreiras está exposto na maior parte do município de Barcarena. É formado por intercalações de argilitos, siltitos e arenitos finos, podendo apresentar localmente finas camadas de conglomerados. De acordo com Soares (1999) e Porto (2009), essas rochas apresentam baixo grau de compactação, cores variadas (vermelho, amarelo, esbranquiçada, nódulos e concreções de ferro, formadas *in situ*, responsável pelo aspecto mosqueado típico. Ocorrem ainda arenitos ferruginosos “Grés do Pará” e níveis conglomeráticos quartzosos. A porção norte e nordeste de Barcarena é caracterizada por sedimentos argilo-arenosos de cor geralmente amarela e avermelhada nas porções inferiores com pouca ou nenhuma estrutura

primária. Sedimentos aluvionares estão distribuídos na porção noroeste, ou seja, sedimentos compostos por argila branca e avermelhada, areia branca inconsolidada, granulação fina a média, localizada nas zonas de praia e estirâncios, além de domínios das várzeas periodicamente inundadas por rios, igarapés e furos (MELO JUNIOR, 2006; PORTO, 2009).

4.1.3. Cobertura vegetal

A cobertura vegetal é constituída, principalmente, por duas tipologias vegetais: Floresta Ombrófila Densa e Floresta Aluvial. Entretanto, atualmente seu revestimento florístico nas áreas de terra firme caracteriza-se, principalmente, por florestas secundárias (OLIVEIRA, 2002).

4.1.4. Topografia

O Município apresenta níveis topográficos pouco elevados, sobretudo nas ilhas sujeitas, em parte, a inundações. Na porção continental, a topografia é um pouco mais elevada, especialmente na sede, cuja altitude é de 14 metros (OLIVEIRA, 2002).

4.1.5. Hidrologia

O principal acidente hidrográfico de Barcarena é a Baía de Marajó que, em sua maior abertura para nordeste, compõe, com outras contribuições hídricas, o "Golfão Marajoara". Além desses dois elementos alguns furos separam a porção continental da porção insular do Município, entre os quais o furo do Arrozal, que separa a Ilha de Carnapijó e recebe o rio Barcarena e o rio Itaporanga, nasce ao sul do Município. O rio o furo e a baía Carnapijó cortam o Município de sudeste para noroeste. É importante pela navegabilidade como coletor da drenagem da região. Outro rio de expressão na área é o Moju, cuja foz limita com o município de Acará. O sudoeste, o rio Arienga limita com Abaetetuba e, a sudeste, o limite com Moju é feito através do Igarapé Cabresto (IEC, 2009).

4.1.5.1. Rio Murucupí

A microbacia do rio Murucupí localiza-se no município de Barcarena, no Estado do Pará, fica situado entre o pólo Industrial de Barcarena que compreende as empresas de mineração Albrás e Alunorte e a Vila dos Cabanos, estão presentes ao longo deste rio algumas comunidades ribeirinhas que utilizam o rio para a pesca de subsistência. Sua nascente localiza-se próximo da bacia de rejeito da empresa Alunorte (Lama Vermelha) e sua fóz no furo do Arrozal (IEC, 2009).

4.1.5.2. Rio Arienga

A microbacia do rio Arienga localiza-se a nordeste com o município de Barcarena, a sudoeste com o município de Abaetetuba e a sudeste com o município de Moju. Sendo desta forma limite entre os municípios de Barcarena e Abaetetuba ambos nos Estado do Pará, Brasil. Este rio é tributário do rio Pará o qual tem como afluente o rio Tocantins, sua nascente encontra-se adentro dos municípios de Abaetetuba e Barcarena e sua fóz, a margem direita do rio Pará, é utilizado pela população local para recreação, onde é possível observar a presença de alguns balneários ao longo do rio (IEC, 2009).

4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As atividades desenvolvidas foram realizadas no ano de 2011, nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro.

As coletas das amostras foram realizadas nas marés baixa-mar e preamar nos rios Arienga e Murucupí e suas nomenclaturas foram definidas da seguinte maneira: Arienga (**ARI**) e Murucupí (**MUR**).

Os seis (06) pontos de amostragem no rio Arienga e os sete pontos no rio Murucupí, suas coordenadas geográficas e a distância entre os pontos podem ser vistos na figura 4.2 e tabelas 4.2 e 4.3 , respectivamente.

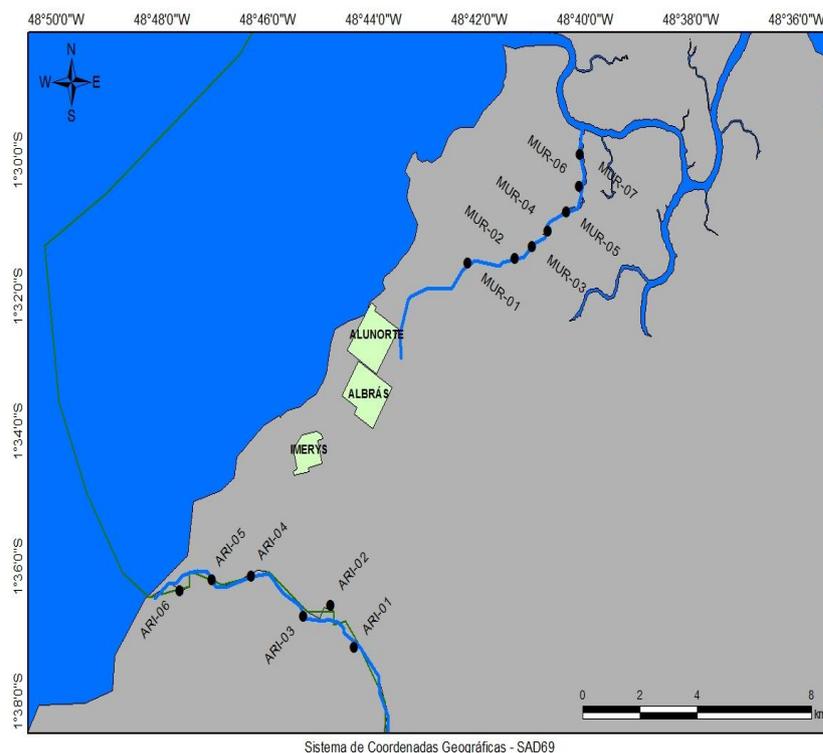


Figura 4.2: Localização dos pontos de amostragem nos rios Arienga e Murucupí.

Tabela 4.2: Coordenadas geográficas do rio Arienga.

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE	DISTÂNCIA (m)
ARI 01	-1°37'12,40"	-48°44'22,20"	-
ARI 02	-1°36'35,10"	-48°44'48,90"	ARI 01- ARI 02=2.672
ARI 03	-1°36'45,00"	-48°45'19,40"	ARI 02- ARI 03=1.901
ARI 04	-1°36'09,10"	-48°46'18,70"	ARI 03- ARI 04=2.657
ARI 05	-1°36'12,40"	-48°47'03,50"	ARI 04- ARI 05=1.546
ARI 06	-1°36'12,40"	-48°47'40,00"	ARI 05- ARI 06=2.592

Tabela 4.3: Coordenadas geográficas do rio Murucupí.

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE	DISTÂNCIA (m)
MUR 01	-1°31'30,90"	-48°42'13,60"	-
MUR 02	-1°31'26,90"	-48°41'20,00"	MUR 01- MUR 02=1725
MUR 03	-1°31'16,70"	-48°41'00,20"	MUR 02- MUR 03=737
MUR 04	-1°31'2,60"S	-48°40'42,40"	MUR 03- MUR 04=785
MUR 05	-1°30'45,30"	-48°40'21,40"	MUR 04- MUR 05=933
MUR 06	-1°30'22,80"	-48°40'06,68"	MUR 05- MUR 06=1132
MUR 07	-1°29'55,01"	-48°40'06,10"	MUR 06- MUR 07=1021



Figura 4.3: Rio Murucupí (A) e Rio Arienga (B).

Utilizando-se o termo técnico, os meses de fevereiro e maio são considerados neste estudo como período chuvoso e os meses de agosto e novembro como período menos chuvoso.

O trabalho experimental realizado nos rios estudados com o objetivo de se contemplar as quatro campanhas de amostragem no ano de 2011 abrangendo o período chuvoso e menos chuvoso em condições de marés baixa-mar e preamar e desenvolveu-se sob três (03) etapas que compreenderam: planejamento de coleta; trabalho de campo e laboratório e avaliação de resultados.

4.3. COLETA DAS AMOSTRAS

As amostras de água foram coletadas em duplicata, em frascos de polietileno com capacidade para 1L previamente descontaminados com solução de HNO_3 10%, lavados com água destilada e deionizada, em seguida foram transportadas em caixa isotérmicas, com gelo reciclável e levadas ao laboratório de toxicologia /SAMAM /IEC, conforme as recomendações do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA/AWWA/WEF, 2005). Observa-se na figura 4.4 o procedimento de coleta.



Figura 4.4: Coleta de amostras de água superficial.

4.4. METODOLOGIA ANALITICA

Os métodos analíticos empregados para a determinação das variáveis analisadas obedeceram aos procedimentos e metodologias padronizadas e validadas conforme recomendações descritas no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA/AWWA/WEF, 2005).

Os parâmetros físico-químicos da água medidos *in situ* foram: pH, condutividade elétrica, temperatura, sólidos totais dissolvidos (STD) e oxigênio dissolvido (OD). Esses parâmetros foram determinados utilizando-se o equipamento HI 769828 da HANNA®, calibrado no momento da coleta, com soluções de pH 4, pH 7 e pH 10, condutividade 1413 μ S e oxigênio dissolvido. Observa-se na Figura 4.5 (A) e (B) o equipamento utilizado na análise dos parâmetros *in loco* e o momento da medição dos mesmos.



Figura 4.5: (A) Sonda Multiparâmetro Hanna HI769828; (B) Momento da medição “*in loco*”.

4.5. ANÁLISES LABORATORIAIS

Para análises dos Íons NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Dureza (Na forma de CaCO_3 e MgCO_3) Li^+ , Na^+ , K^+ , as amostras foram filtradas em filtro marca Millipore de poro 0,45 μm e em seguida analisadas via cromatografia de íons em um sistema ICS 2000 DUAL (Thermo Scientific-DIONEX,USA). Para a determinação de cátions e ânions, as condições analíticas empregadas para as colunas de guarda IONPAC CG12A e coluna CS12A (cátions), assim como, IONPAC AG19A e AS19A (ânions) foram: fluxo de 0,3 mL/min, loop de injeção de 25 μL e gradientes de ácido metanossulfônico (cátions) e hidróxido de potássio (ânions) variando de 9mM a 60mM (ânions) e de 20 a mM a 60 mM (cátions) de 0 a 15min, com 5min de reequilíbrio. No sistema o forno de coluna ficou a 30°C, assegurando a reprodutibilidade dos tempos de retenção e da resposta de condutividade em função da temperatura. A detecção foi feita por condutividade com supressão de membrana auto-regenerativa por eletrólise tanto para cátions como para ânions. Observa-se na Figura 4.7 (A) o cromatógrafo de íons ICS 2000 DUAL. O controle de qualidade foi realizado utilizando-se a amostra certificada para análise de água Water Supply Check Sample (QC Check Sample) QWSIN-500 VHG LABS.

Os metais alumínio (Al), bário (Ba), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram analisados no Laboratório de Toxicologia (SAMAM, IEC), através da técnica de Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Induzido (ICP OES), no equipamento ICP OES Modelo Vista- MPX CCD simultâneo, axial da VARIAN com um sistema de amostragem automático (SPS- 5). O controle das condições operacionais do ICP OES foi realizada com o software ICPEXpert Vista, para edição dos métodos analíticos e controle das condições operacionais, para o controle de qualidade foi utilizada a amostra certificada Solução Padrão Multielementar-ICP-100mg/L (SPECSOL). O ICP OES Modelo Vista- MPX CCD simultâneo, axial da VARIAN pode ser observado a seguir na Figura 4.6 (B).

A determinação da DBO_5 a 20 °C foi realizada no equipamento HACH BODTRAK DBO.

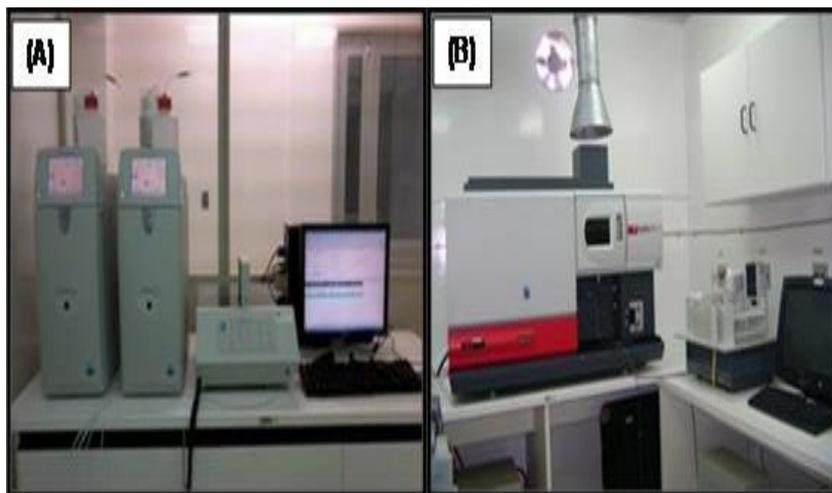


Figura 4.6: (A) Cromatógrafo de Íons; (B) ICP-OES.

Os métodos utilizados para análise de cada variável estão descritos abaixo:

- pH: utilização do método potenciométrico, sensor pH/ORP Probe HI 769828-1 (SM 4500B);
- OD: utilização do método do eletrodo contendo membrana por difusão; Sensor OD/Temperatura HI 769828-2 (SM 4500 O);
- DBO: utilização do método respirométrico (SM 5210 D);
- STD: utilização do método potenciométrico, sensor de condutividade EC HI 769828-3 (SM 2540C);
- Condutividade: utilização do método potenciométrico, sensor de condutividade EC HI 769828-3 (SM 2520B);
- Os metais alumínio (Al), bário (Ba), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn): utilização do método de Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Induzido;
- Os íons (NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}): utilização do método eletroquímico por cromatografia de íons (SM 4110 A).

4.6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

O tratamento estatístico objetivou a aplicação da estatística descritiva e análise multivariada sobre os dados das variáveis analisadas, onde tais ferramentas, serviram para avaliar a hidroquímica no período chuvoso e seco nas marés baixa-mar e preamar nos rios Arienga e Murucupí.

Na estatística descritiva, determinou-se em um certo número de dados os valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo, assim como, construiu-se gráficos box-plots envolvendo diversas comparações.

Utilizou-se neste estudo a Análise de Agrupamentos Hierárquicos (AAH) com observação de grupos e subgrupos através da distância euclidiana por ligação completa, Análise de Componentes Principais (ACP) dos tipos *Score Plot* e *Loading Plot* permitindo uma avaliação discriminante para grupos e variáveis respectivamente.

A análise multivariada foi realizada conjuntamente nos dois rios sobre os dados obtidos (para variáveis), com avaliação à parte para cada período (chuvoso e menos chuvoso). Foram construídos a partir dos dados obtidos, os gráficos de componentes hierárquicos (dendrogramas), componentes principais (*score plots*), componentes principais (*loading plots*) para as variáveis. Pelo fato das variáveis apresentarem unidades diferentes, os dados foram padronizados no próprio programa (minitab 15). Os seis (06) pontos de amostragem no rio Arienga e os sete (07) pontos no rio Murucupí, para estas análises, estão identificados nos gráficos da seguinte maneira: Arienga Baixa-Mar (**AB**), Arienga Preamar (**AP**), Murucupi Baixa-Mar (**MB**), Murucupi Preamar (**MP**). Os meses deste estudo estão representados nas ACPs da seguinte forma: fevereiro (**fev**) e maio (**mai**) referentes ao período chuvoso e agosto (**ago**) e novembro (**nov**) referentes ao período menos chuvoso.

Podem ser observados nas Figuras 4.7, o resumo esquemático da estatística descritiva e análise multivariada aplicados sobre os valores das variáveis determinados nos rios Arienga e Murucupi nos períodos chuvoso (fevereiro e maio) e seco (agosto e novembro), em situações de marés baixa-mar e preamar.

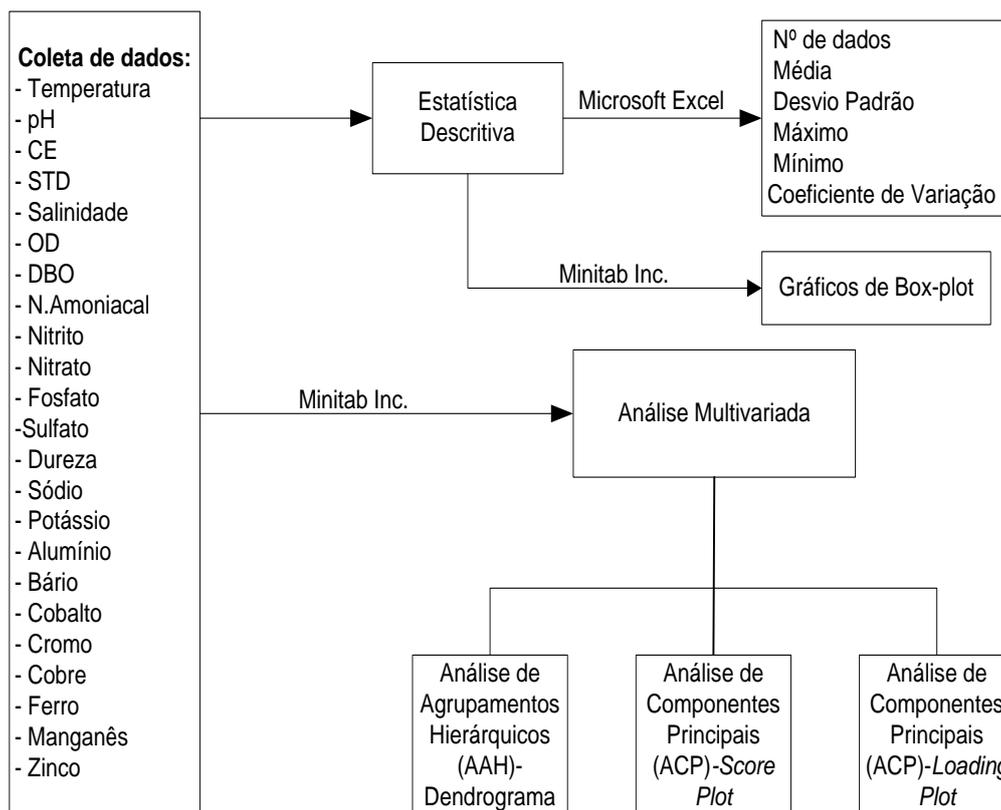


Figura 4.7: Fluxograma do resumo esquemático da estatística descritiva e analítica aplicados sobre os dados das variáveis analisadas nos rios Arienga e Murucupi.

4.6.1. Análise Multivariada

Serão utilizados métodos de análise multivariada tais como: análise de agrupamentos hierárquicos ou de *clusters* (AAH) e análise de componentes principais (ACP) com o objetivo de avaliar a hidroquímica das águas dos rios estudados de forma conjunta agregando-se os dados obtidos referentes aos pontos de amostragem nas extensões avaliadas. Estas técnicas permitirão uma avaliação mais refinada quanto ao comportamento sazonal dos parâmetros estudados. Todos os resultados serão submetidos ao tratamento estatístico utilizando-se o software Minitab Inc.

4.6.2. Análise de agrupamentos hierárquicos (AAH)

A técnica AAH examina as distâncias entre as amostras em um conjunto de dados e representa esta informação como um gráfico bidimensional chamado dendrograma. O método AAH é uma excelente ferramenta para análise de dados

preliminares. É útil para a análise de conjuntos de dados para clusters esperados ou inesperados, incluindo a presença de *outliers*. É informativo examinar o dendrograma em conjunto com a ACP, que dão informações semelhantes em diferentes formas. Em AAH, cada ponto forma um único agrupamento inicialmente e, em seguida, a matriz de similaridade é analisada. Os pontos mais semelhantes estão agrupados formando um conjunto e o processo é repetido até que todos os pontos formem um único grupo (LIMA *et al.*, 2011).

4.6.3. Análise de Componentes Principais (ACP)

A ACP é um método de análise multivariada utilizada para projetar informações n-dimensionais em um espaço de baixa dimensão, normalmente duas ou três. Isso é feito através do cálculo de componentes principais obtidas fazendo-se combinações lineares das variáveis originais. ACP é um método exploratório porque auxilia na elaboração de hipóteses gerais a partir dos dados coletados, contrastando com estudos direcionados nos quais hipóteses prévias são testadas. Uma ACP extrai fatores independentes a partir de números altamente correlacionados por decomposição da matriz dos dados: matriz *loadings*, o qual contém fatores independentes e a matriz de *scores*.(IEC,2008).

5. RESULTADOS

5.1. INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

Observam-se nos dados de intensidade pluviométrica referentes aos anos de 2007, 2008, 2009, 2010 e 2011 no município de Barcarena/PA (Figura 5.1).

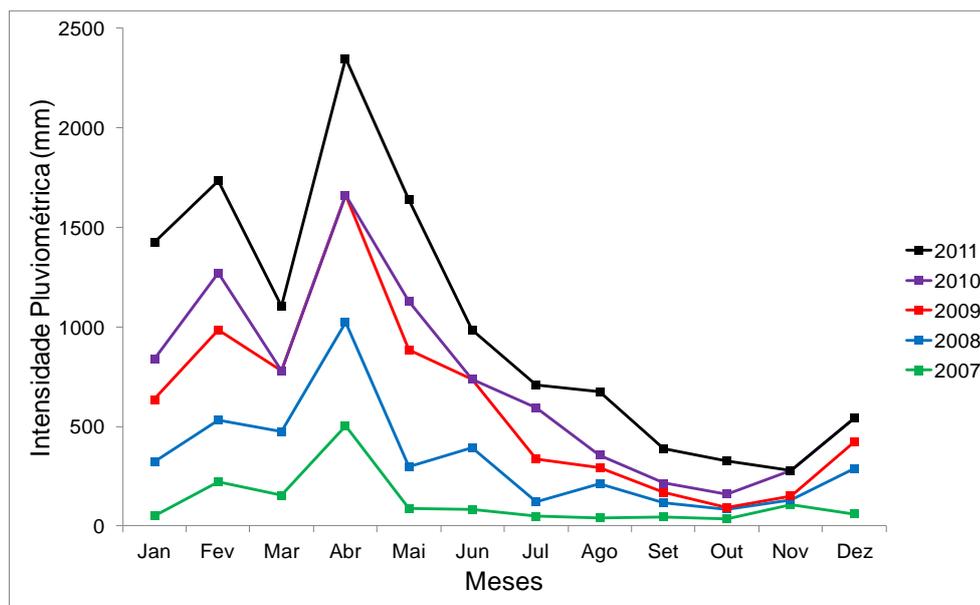


Figura 5.1: Intensidade pluviométrica no município de Barcarena/PA.

Fonte: Elaborado a partir de dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas (MEDEIROS, 2012).

De acordo com os resultados de intensidade pluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA) mostrados na figura 5.1, podemos observar que no ano de 2011 houve um crescimento no volume de chuvas durante todo o ano em relação aos anos de 2007, 2008, 2009 e 2010 na área estudada.

5.2. TEMPERATURA

5.2.1. Rio Arienga

A temperatura nos pontos de coleta deste rio nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) realizadas no ano de 2011, conforme Tabela 5.1, variou de 25 a 31 °C, com oscilações mínimas e máximas entre os pontos de amostragem de ± 1 e 2 °C respectivamente.

Tabela 5.1: Resultados de temperatura (°C) no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	27±1,22	25	28
	FEV-PM	06	26±1,47	25	28
	MAI-BM	06	27±1,03	26	29
	MAI-PM	06	27±1,03	26	29
	AGO-BM	06	27±1,09	26	29
	AGO-PM	06	28±1,84	26	31
	NOV-BM	06	28±1,26	27	30
	NOV-PM	06	28±1,33	27	29

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Na distribuição da média dos períodos estudados, foram observados valores de temperatura de 27°C e 26°C no mês de fevereiro e 27°C em maio, enquanto que em agosto e novembro a média encontrada foi de 27°C e 28°C respectivamente, logo, podemos constatar que não houve variação brusca de temperatura em relação aos períodos sazonais.

Foram observadas variações em relação aos valores médios encontrados nas marés baixa-mar e preamar nos meses de fevereiro e agosto, nos demais as médias foram as mesmas, sem variações (Tabela 5.1).

No entanto, em relação aos valores mínimos e máximos, podemos observar uma diferença de resultados, onde o valor máximo de temperatura na maré preamar de agosto (período menos chuvoso) é superior aos valores máximos dos meses de fevereiro e maio (período chuvoso) essa observação identifica a influência da sazonalidade nos valores de temperatura do rio Arienga (Figura 5.2).

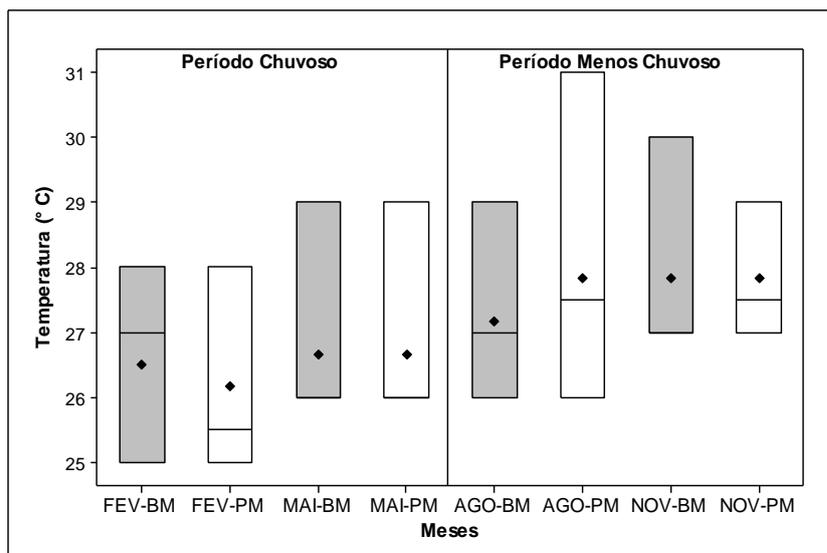


Figura 5.2: Comparação sazonal dos valores de temperatura no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

Esses resultados demonstram que as temperaturas da baixa-mar e preamar oscilam entre ambos os períodos, e provavelmente tal comportamento seja em decorrência da intensidade pluviométrica e contribuições de drenagens tributárias nesse corpo d'água, visto que, as águas do rio Arienga podem estar sofrendo mudança de temperatura em virtude da mistura de suas águas com as águas do rio Pará.

5.2.2. Rio Murucupí

A temperatura nos pontos de coleta deste rio nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) realizadas no ano de 2011, conforme Tabela 5.2, variou de 27 a 32 °C, com oscilações mínimas e máximas entre os pontos de amostragem de ± 1 e 3 °C respectivamente.

Tabela 5.2: Resultados de temperatura (°C) no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	28±0,28	27	28
	FEV-PM	07	28±0,55	27	28
	MAI-BM	07	28±0,43	28	29
	MAI-PM	07	27±0,53	27	28
	AGO-BM	07	30±1,05	29	32
	AGO-PM	07	30±1,14	29	32
	NOV-BM	07	29±0,75	28	30
	NOV-PM	07	30±0,60	29	30

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foi observado que houve variação de temperatura em relação aos valores médios encontrados nos diferentes períodos sazonais (chuvoso e menos chuvoso) (Tabela 5.2).

Os maiores valores de temperatura (°C) foram registrados nos meses de agosto e novembro (período menos chuvoso), indicando influência sazonal, devido a menor quantidade de chuvas na região neste período, que faz com que a temperatura torne-se mais alta que nos outros meses de coleta (Figura 5.3).

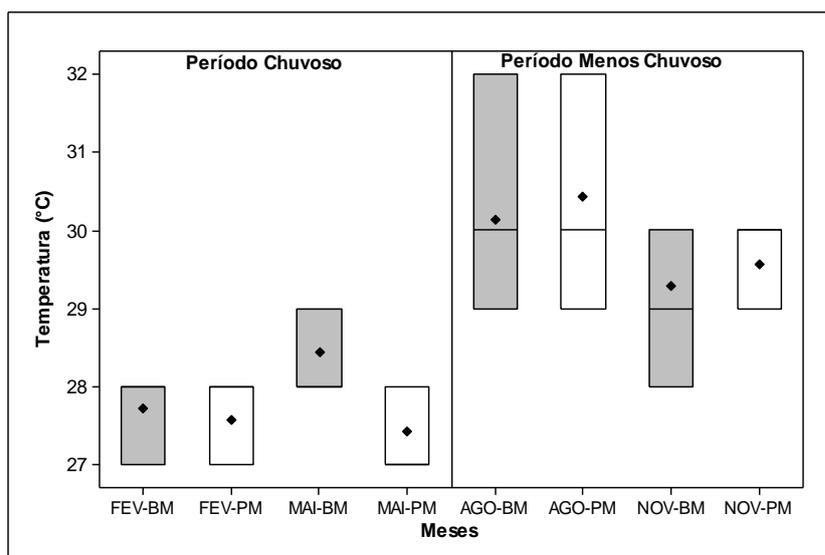


Figura 5.3: Comparação sazonal dos valores de temperatura no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.3. pH

5.3.1. Rio Arienga

Os valores de pH variaram de 4,75 a 7,33 nos pontos de coleta do rio Arienga nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011, conforme os resultados mostrados na tabela 5.3.

Tabela 5.3: Resultados de pH no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	6,09±0,92	4,77	6,75
	FEV-PM	06	5,91±1,05	4,75	7,21
	MAI-BM	06	5,43±0,62	4,81	6,37
	MAI-PM	06	5,49±0,80	4,79	6,71
	AGO-BM	06	5,63±0,62	4,90	6,45
	AGO-PM	06	6,42±0,90	5,09	7,33
	NOV-BM	06	5,48±0,70	4,79	6,47
	NOV-PM	06	6,09±1,04	4,87	7,25

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

De acordo com os valores de pH encontrados nas marés baixa-mar e preamar no rio Arienga, 89,58% estiveram em condições ácidas ($\text{pH} < 7$) e 10,41% em condições alcalinas ($\text{pH} > 7$).

Podemos constatar que na maioria dos meses de coleta os valores de pH estiveram menor que 7,0 indicando características ácidas na maior parte das águas do rio, estas características podem estar relacionadas ao tipo de geologia e composição do solo da região.

Em relação às marés baixa-mar e preamar podemos identificar algumas variações nos valores mínimos e máximos de pH, no entanto, em todos os meses de coleta, os maiores valores de pH foram encontrados na preamar (Figura 5.4). Os valores mínimos estiveram próximos em todos os meses de coleta nas marés baixa-mar (BM) e preamar (PM).

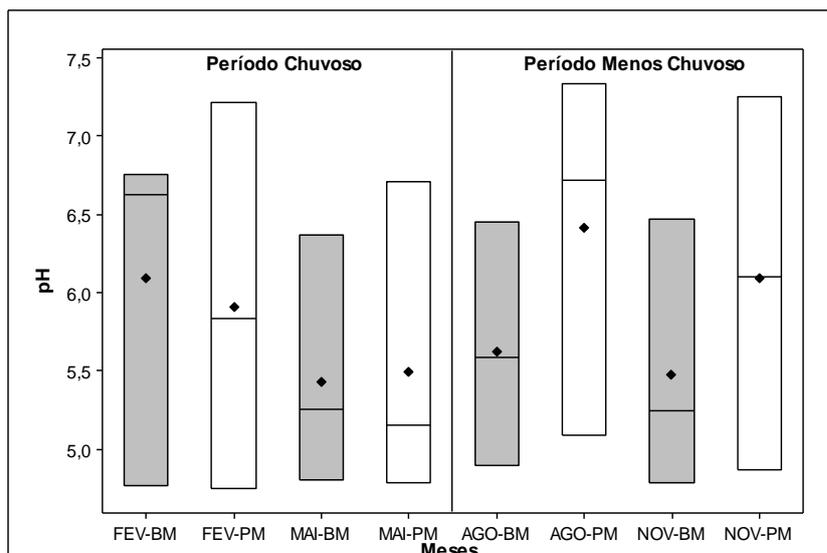


Figura 5.4: Comparação sazonal dos valores de pH no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.3.2. Rio Murucupí

Os valores de pH variaram de 5,51 a 7,30 nos pontos de coleta do rio Murucupí nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011, conforme os resultados mostrados na tabela 5.4.

Tabela 5.4: Resultados de pH no rio Murucupí nas marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	6,29±0,36	5,51	6,60
	FEV-PM	07	6,43±0,51	5,51	7,12
	MAI-BM	07	6,14±0,29	5,63	6,45
	MAI-PM	07	5,94±0,30	5,57	6,37
	AGO-BM	07	6,99±0,26	6,43	7,23
	AGO-PM	07	7,09±0,16	6,85	7,30
	NOV-BM	07	6,23±0,34	5,54	6,56
	NOV-PM	07	6,33±0,38	5,54	6,63

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Os valores de pH sofreram oscilações em todos os meses de coleta no rio Murucupí em relação às marés baixa-mar e preamar (Tabela 5.4).

Os maiores valores de pH foram registrados no mês de agosto (período menos chuvoso) enquanto nos outros meses os resultados mostraram-se bastante heterogêneos em comparação aos diferentes períodos sazonais (Figura 5.5).

De acordo com os resultados obtidos nas águas do rio Murucupí 78,57% estiveram em condições ácidas pH > 7,0 , característica similar ao ocorrido no rio Arienga, porém em menor proporção.

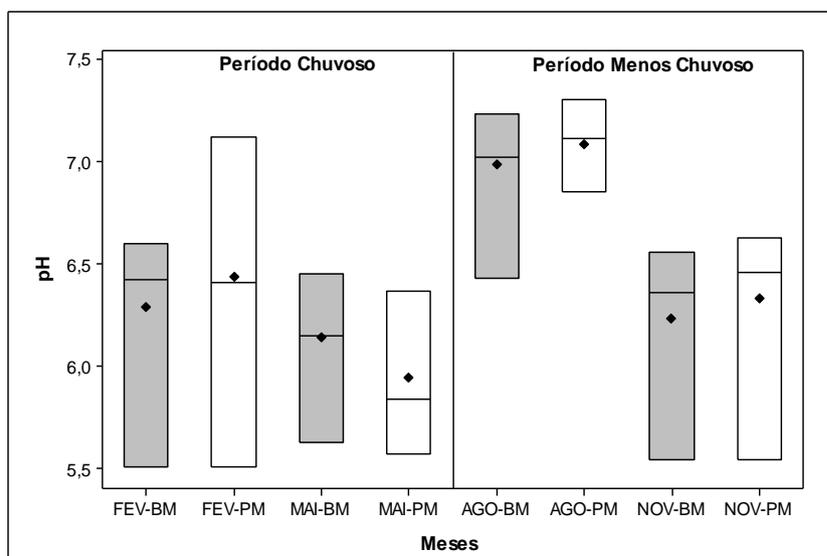


Figura 5.5: Comparação sazonal dos valores de pH no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.4. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

5.4.1. Rio Arienga

De acordo com os resultados observados na tabela 5.5 podemos constatar que os valores de condutividade elétrica variaram de $4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $49 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ nos pontos de coleta em todas as campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) do ano de 2011.

Tabela 5.5: Resultados de condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) elétrica no rio Arienga nas marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	$X\pm DP$	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	$28\pm 9,95$	15	37
	FEV-PM	06	$26\pm 12,61$	16	42
	MAI-BM	06	$16\pm 4,22$	13	24
	MAI-PM	06	$16\pm 4,59$	13	25
	AGO-BM	06	$20\pm 10,01$	11	36
	AGO-PM	06	$26\pm 14,66$	11	45
	NOV-BM	06	$23\pm 16,85$	7	48
	NOV-PM	06	$25\pm 19,38$	4	49

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

A influência da maré pôde ser observada pelos valores máximos encontrados na preamar em todos os meses de coleta. Outro fator importante, foi a interferência da sazonalidade, onde, no período menos chuvoso (agosto e novembro) foram encontrados os maiores valores de condutividade, este resultado pode estar relacionado ao menor volume de água do rio nesse período, devido a diminuição das quantidades de chuvas e conseqüentemente maior concentração de sólidos totais dissolvidos (Figura 5.6).

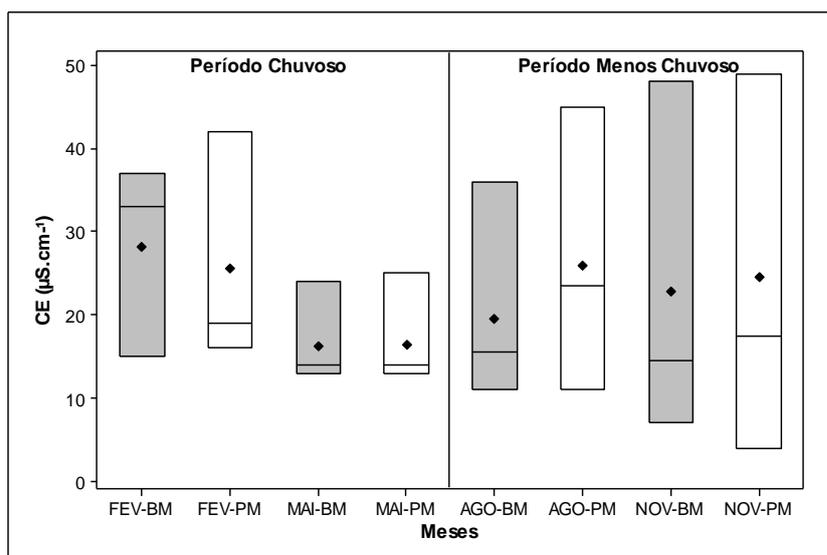


Figura 5.6: Comparação sazonal dos valores de condutividade elétrica no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.4.2 Rio Murucupí

De acordo com os resultados observados na tabela 5.6 os valores de condutividade elétrica variaram de $25 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $122 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ em todas as campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) do ano de 2011.

Tabela 5.6: Resultados de condutividade elétrica no rio Murucupí nas marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	$X \pm DP$	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	$42 \pm 2,44$	39	45
	FEV-PM	07	$41 \pm 4,34$	36	48
	MAI-BM	07	$33 \pm 3,15$	30	38
	MAI-PM	07	$39 \pm 8,93$	25	48
	AGO-BM	07	$54 \pm 9,22$	43	68
	AGO-PM	07	$52 \pm 11,88$	42	73
	NOV-BM	07	$111 \pm 18,50$	70	122
	NOV-PM	07	$108 \pm 17,71$	69	119

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Os valores médios foram semelhantes em relação às marés em todos os meses estudados (Tabela 5.6).

No entanto, os valores mais elevados de condutividade (Figura 5.7), foram encontrados no mês de novembro (período menos chuvoso) indicando portanto, a ocorrência de influência sazonal, em virtude da menor ocorrência de chuvas, logo, maior cocentração de sólidos na água.

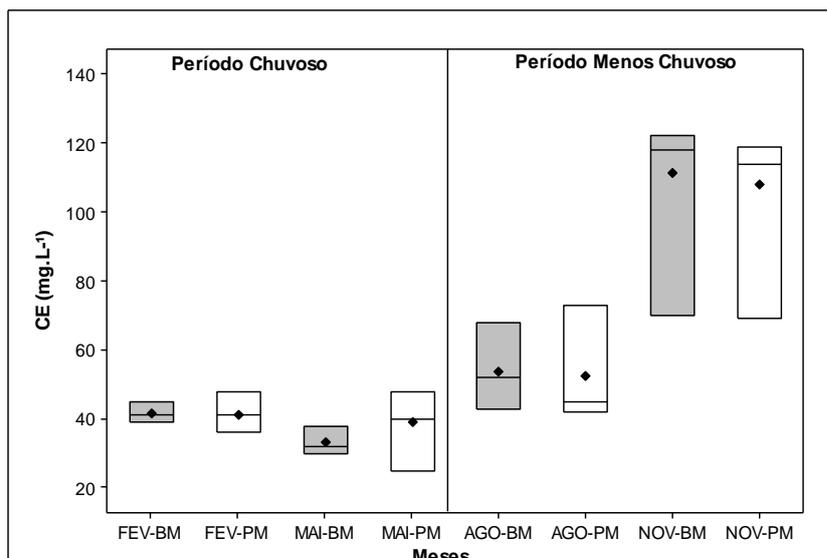


Figura 5.7: Comparação sazonal dos valores de condutividade elétrica no rio Murucupi na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.5. SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)

5.5.1 Rio Arienga

De acordo com os resultados observados na tabela 5.7 podemos constatar que os valores de STD variaram de 2 mg.L⁻¹ a 26 mg.L⁻¹ nos pontos de coleta em todas as campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) do ano de 2011.

Tabela 5.7: Resultados de sólidos totais dissolvidos (STD) no rio Arienga nas marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	14±4,83	8	18
	FEV-PM	06	13±6,43	8	21
	MAI-BM	06	8±2,04	7	12
	MAI-PM	06	8±2,42	7	13
	AGO-BM	06	10±5,08	6	18
	AGO-PM	06	14±8,16	6	26
	NOV-BM	06	12±6,80	6	22
	NOV-PM	06	12±8,92	2	23

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Em relação às marés podemos observar uma pequena oscilação nos valores médios de STD nos meses de fevereiro e agosto, nos outros meses não foram verificadas variações nas médias (Tabela 5.7).

Os valores máximos de STD foram encontrados nos meses de agosto e novembro (período menos chuvoso) o que mostra influência sazonal na distribuição dessa variável (Figura 5.8).

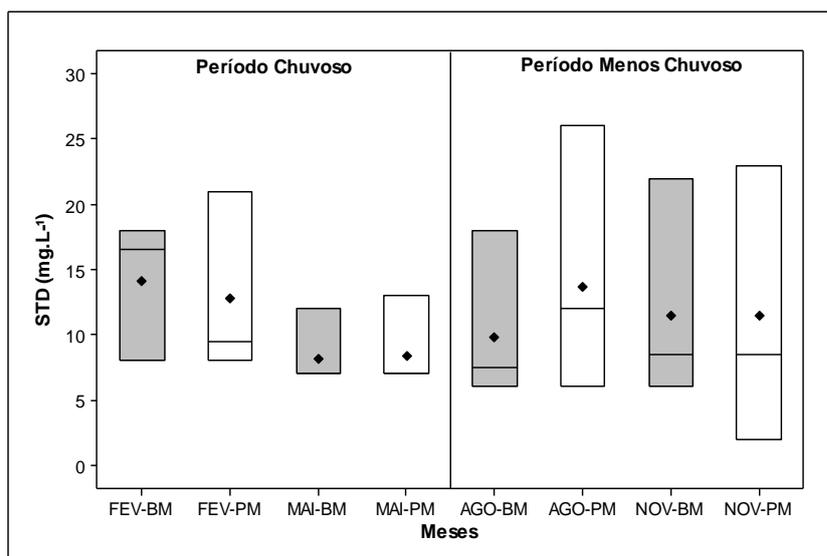


Figura 5.8: Comparação sazonal dos valores de sólidos totais dissolvidos no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.5.2. Rio Murucupí

No rio Murucupí os valores de sólidos totais dissolvidos foram maiores aos encontrados no rio Arienga, variaram de 12 mg.L⁻¹ a 57 mg.L⁻¹.

Tabela 5.8: Resultados de sólidos totais dissolvidos (STD) no rio Murucupí nas marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	21±1,35	20	23
	FEV-PM	07	20±2,15	18	24
	MAI-BM	07	17±1,60	15	19
	MAI-PM	07	20±4,54	12	24
	AGO-BM	07	24±4,50	19	31
	AGO-PM	07	24±5,09	19	32
	NOV-BM	07	51±8,70	32	57
	NOV-PM	07	50±8,22	32	56

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

As concentrações médias de STD sofreram variações em relação às marés, onde os valores de STD mostraram-se próximos em todos os meses de coleta, tanto na maré baixa-mar como na preamar (Tabela 5.8)

No entanto, podemos observar com clareza a interferência da sazonalidade, nos meses de agosto e novembro (período menos chuvoso), onde encontramos os valores máximos de STD superiores aos dos meses de fevereiro e maio (período chuvoso) este comportamento foi o mesmo ocorrido no rio Arienga (Figura 5.9).

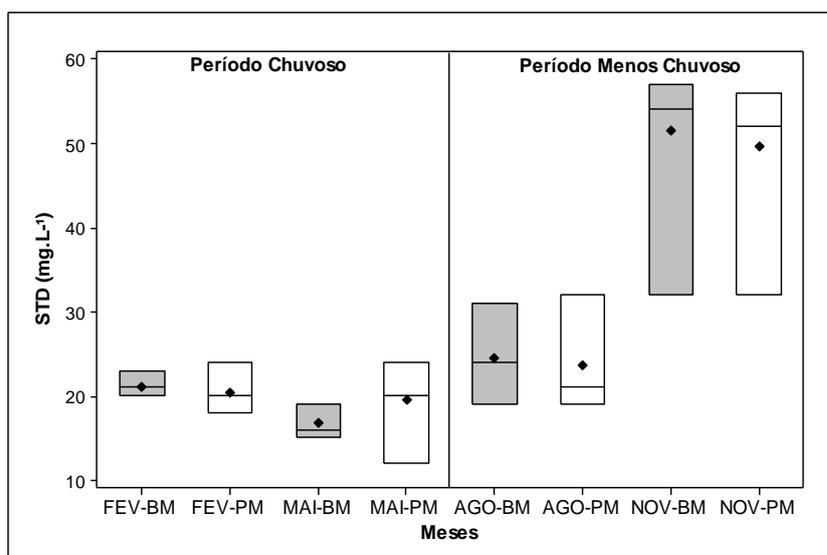


Figura 5.9: Comparação sazonal dos valores de sólidos totais dissolvidos no rio Murucupi na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.6. SALINIDADE

5.6.1 Rio Arienga

Os resultados de salinidade oscilaram de 0,01 a 0,02 sem variações acentuadas em relação à maré ou sazonalidade (Tabela 5.9) indicando um ambiente de água doce.

Tabela 5.9: Resultados de salinidade no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,01±0,004	0,01	0,02
	FEV-PM	06	0,01±0,005	0,01	0,02
	MAI-BM	06	0,01±0,000	0,01	0,01
	MAI-PM	06	0,01±0,000	0,01	0,01
	AGO-BM	06	0,01±0,000	0,01	0,01
	AGO-PM	06	0,01±0,000	0,01	0,01
	NOV-BM	06	0,01±0,005	0,01	0,02
	NOV-PM	06	0,01±0,005	0,01	0,02

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

5.6.2. Rio Murucupí

Os resultados de salinidade para o rio murucupí também indicaram um ambiente de água doce (mínimo de 0,01 e máximo de 0,05), sem variações em relação à maré e sazonalidade (Tabela 5.10).

Tabela 5.10: Resultados de salinidade no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	0,02±0,0000	0,02	0,02
	FEV-PM	07	0,02±0,0038	0,01	0,02
	MAI-BM	07	0,01±0,0053	0,01	0,02
	MAI-PM	07	0,02±0,0049	0,01	0,02
	AGO-BM	07	0,02±0,0049	0,02	0,03
	AGO-PM	07	0,06±0,1058	0,02	0,03
	NOV-BM	07	0,05±0,0076	0,03	0,05
	NOV-PM	07	0,04±0,0079	0,03	0,05

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

5.7. OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

5.7.1 Rio Arienga

Os valores de OD variaram entre 4,40 mg.L⁻¹ e 7,98 mg.L⁻¹ (Tabela 5.11) em todos os pontos de coleta, durante as campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011.

Tabela 5.11: Resultados de oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	5,25±0,47	4,57	5,86
	FEV-PM	06	5,94±0,66	5,45	7,16
	MAI-BM	06	5,17±0,83	4,40	6,45
	MAI-PM	06	5,83±0,65	5,19	6,83
	AGO-BM	06	7,34±0,38	6,85	7,98
	AGO-PM	06	6,3±0,90	5,34	7,83
	NOV-BM	06	5,25±0,47	4,44	5,84
	NOV-PM	06	6,18±0,70	5,63	7,27

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

As concentrações médias de OD apresentaram oscilações em relação às marés baixa-mar e preamar em todos os meses de coleta (Tabela 5.11).

Os valores máximos de OD obtidos no rio Arienga podem ser observados na figura 5.10, onde verifica-se que houve um aumento de oxigênio nos meses de agosto marés baixa-mar e preamar e em novembro, na preamar (período menos chuvoso), este aumento nas concentrações de OD pode estar relacionado a diminuição nos níveis de água do rio, onde, a entrada das marés semidiurnas e o processo de oxigenação das águas é favorecido .

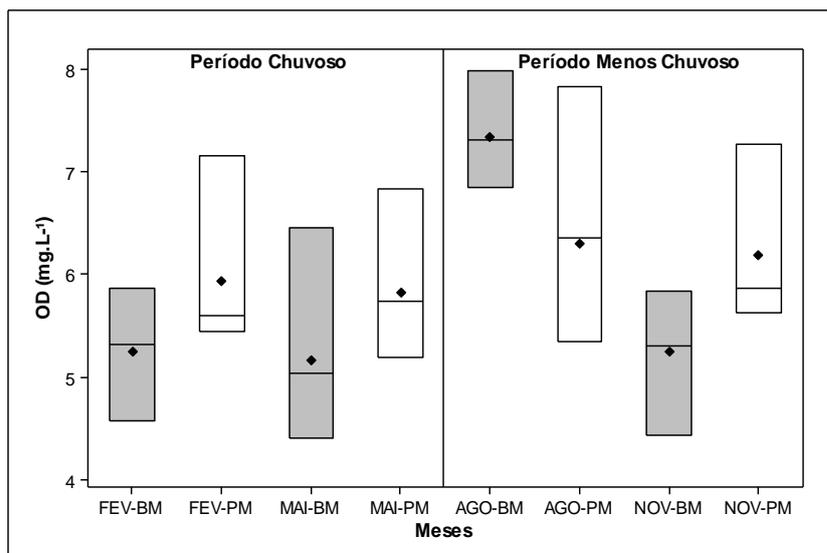


Figura 5.10: Comparação sazonal dos valores de oxigênio dissolvido no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

Esse comportamento distinto quanto ao oxigênio dissolvido entre os períodos chuvoso e menos chuvoso, pode ser atribuído a alterações nas fontes de produção e de consumo de OD. Haja vista que no período chuvoso, se tem provavelmente maiores incrementos da carga orgânica e nitrogenada autóctone devido à lixiviação, além do lançamento de efluente doméstico que no período menos chuvoso apresenta-se mais concentrado e das contribuições ao longo do percurso desse manancial por outras drenagens tributáveis que podem aumentar ou diminuir a oxigenação.

5.7.2 Rio Murucupí

Os resultados para o rio Murucupí variaram entre 1,17 mg.L⁻¹ e 6,55 mg.L⁻¹ e foram menores aos do rio Arienga (Tabela 5.12).

Tabela 5.12: Resultados de oxigênio dissolvido no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	4,09±1,06	1,95	5,06
	FEV-PM	07	3,92±1,37	1,46	5,30
	MAI-BM	07	5,31±0,75	4,49	6,55
	MAI-PM	07	4,24±0,61	3,52	5,40
	AGO-BM	07	5,15±0,78	4,12	6,18
	AGO-PM	07	4,93±0,81	3,82	5,68
	NOV-BM	07	2,58±1,29	1,17	4,47
	NOV-PM	07	4,11±1,52	2,33	6,06

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas variações nas concentrações médias de OD em relação às marés nos dois períodos sazonais estudados (Tabela 5.12), com destaque para os valores encontrados no mês de novembro (período menos chuvoso), onde suas médias foram um pouco mais discrepantes.

Durante este mês também foi encontrado o menor valor de OD (Figura 5.11) indicando um maior consumo deste gás por processos biogeoquímicos no rio.

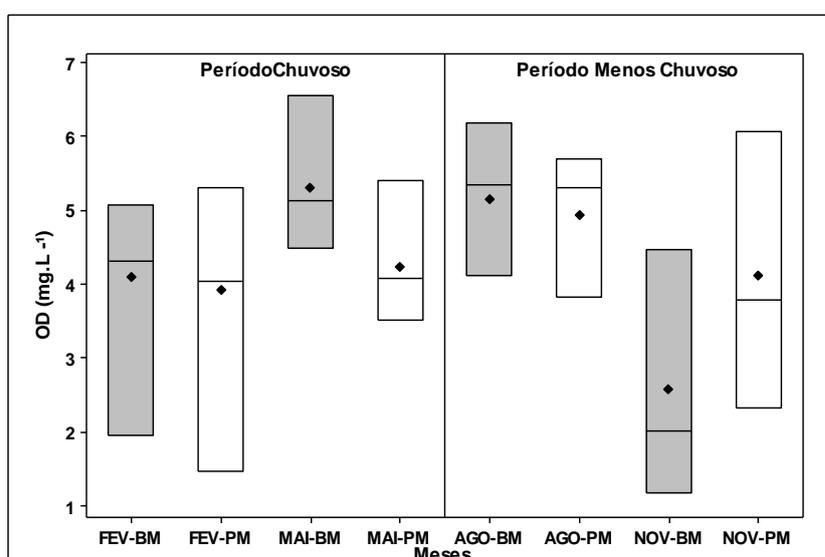


Figura 5.11: Comparação sazonal dos valores de oxigênio dissolvido no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.8. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

5.8.1 Rio Arienga

Os resultados de DBO no rio Arienga variaram entre 5 mg.L⁻¹ e 19 mg.L⁻¹ (Tabela 5.13) em todos os pontos durante todas as campanhas de amostragem fevereiro e maio (período chuvoso) e agosto e novembro (período menos chuvoso) de 2011.

Tabela 5.13: Resultados de demanda bioquímica de oxigênio (mg.L⁻¹) no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	13±4,40	9	19
	FEV-PM	06	11±3,69	8	16
	MAI-BM	06	14±2,84	11	19
	MAI-PM	06	12±2,38	9	16
	AGO-BM	06	9±1,84	6	10
	AGO-PM	06	7±1,54	5	9
	NOV-BM	06	12±2,17	10	16
	NOV-PM	06	10±1,82	9	14

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas algumas variações nos valores médios de DBO em relação às marés em todos os meses de coleta (Tabela 5.13).

Os valores de DBO encontrados foram bastante heterogêneos, apresentando mudanças significativas em relação aos períodos sazonais estudados, onde, suas concentrações máximas ocorreram nos meses de fevereiro e maio (período chuvoso), enquanto suas concentrações mínimas foram encontradas no mês de agosto (período menos chuvoso), indicando portanto interferência sazonal (Figura 5.12).

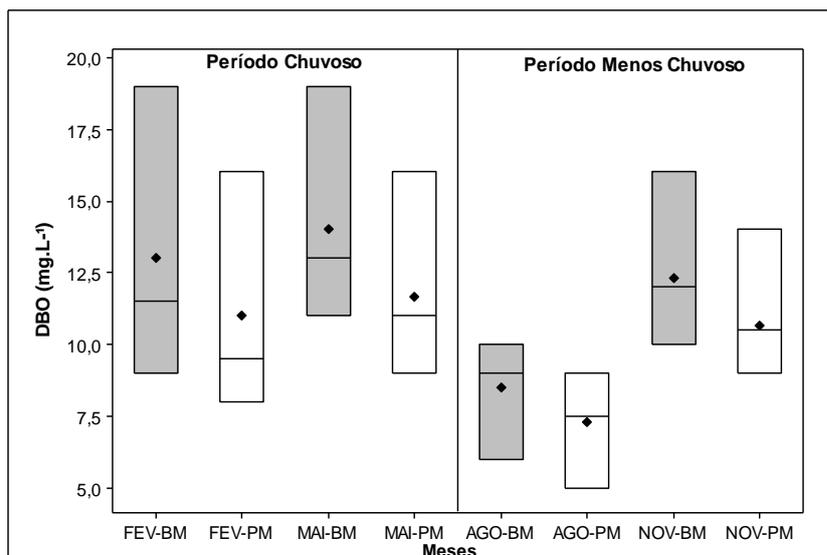


Figura 5.12: Comparação sazonal dos valores da demanda bioquímica de oxigênio no rio Arienga na baixa-mar e preamar de 2011.

5.8.2 Rio Murucupí

Os valores de DBO variaram entre 6 mg.L⁻¹ e 26 mg.L⁻¹ (Tabela 5.14) nos pontos de coleta em todas as campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) do ano de 2011.

Tabela 5.14: Resultados de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-B	07	18±3,70	15	26
	FEV- P	07	12±2,46	10	17
	MAI-B	07	11,39±4,24	7	20
	MAI-P	07	8,75±2,63	6	13
	AGO-B	07	11,51±2,15	7	13
	AGO-P	07	9±1,17	7	11
	NOV-B	07	11,79±2,39	7	15
	NOV-P	07	8,69±1,22	7	11

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

As concentrações médias de DBO apresentaram grandes oscilações em relação às marés em ambos os períodos sazonais (chuvoso e menos chuvoso) (Tabela 5.14).

Os resultados de DBO foram bastante heterogêneos, com maiores valores encontrados no mês de fevereiro (período chuvoso), enquanto nos outros meses os valores foram menores com pequenas oscilações entre os meses (Figura 5.13).

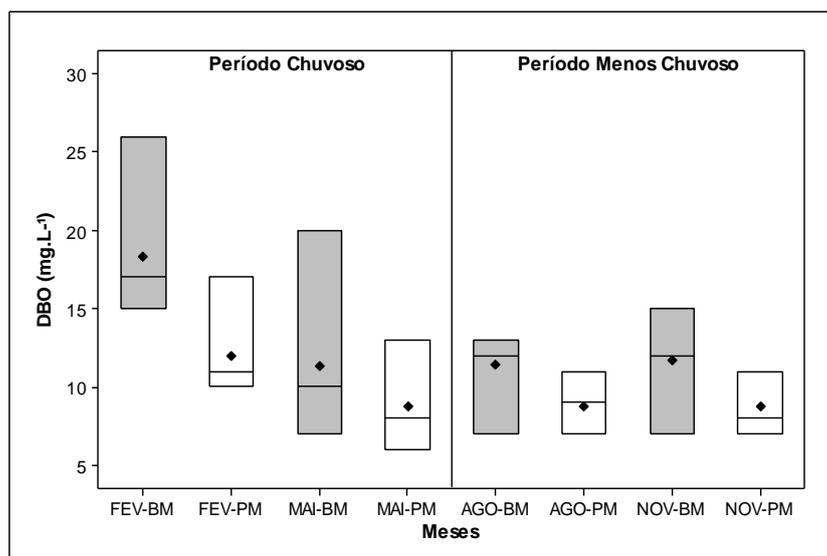


Figura 5.13: Comparação sazonal dos valores da demanda bioquímica de oxigênio no rio Murucupi na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

Os valores máximos de DBO encontrados (Figura 5.13), tiveram variações em relação às marés baixa-mar e preamar em todos os meses de coleta, assim como os valores mínimos, de acordo com essas observações podemos perceber a influência da maré em seu comportamento.

5.9. NITROGÊNIO AMONIAL

5.9.1 Rio Arienga

Os valores de nitrogênio amoniacal nas campanhas de amostragem do ano de 2011 mostraram-se bastante heterogêneos variando entre 0,014 mg.L⁻¹ e 6,336 mg.L⁻¹ (Tabela 5.15).

Tabela 5.15: Resultados de nitrogênio amoniacal no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,06±0,03	0,037	0,101
	FEV-PM	06	0,10±0,11	0,032	0,319
	MAI-BM	06	0,06±0,02	0,045	0,094
	MAI-PM	06	0,58±0,26	0,211	1,032
	AGO-BM	06	0,82±0,63	0,118	1,931
	AGO-PM	06	0,68±0,56	0,014	1,542
	NOV-BM	06	2,17±2,11	0,664	6,336
	NOV-PM	06	1,00±1,17	0,059	3,234

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas algumas oscilações nos resultados médios em relação às marés baixa-mar e preamar (Tabela 5.15), assim como, alteração nos valores médios em relação à sazonalidade, onde, podemos observar um grande aumento nas concentrações de nitrogênio amoniacal principalmente no mês novembro (período menos chuvoso), onde foi encontrada a maior concentração de nitrogênio amoniacal, indicando uma fonte de poluição difusa dessa forma nitrogenada (Figura 5.14).

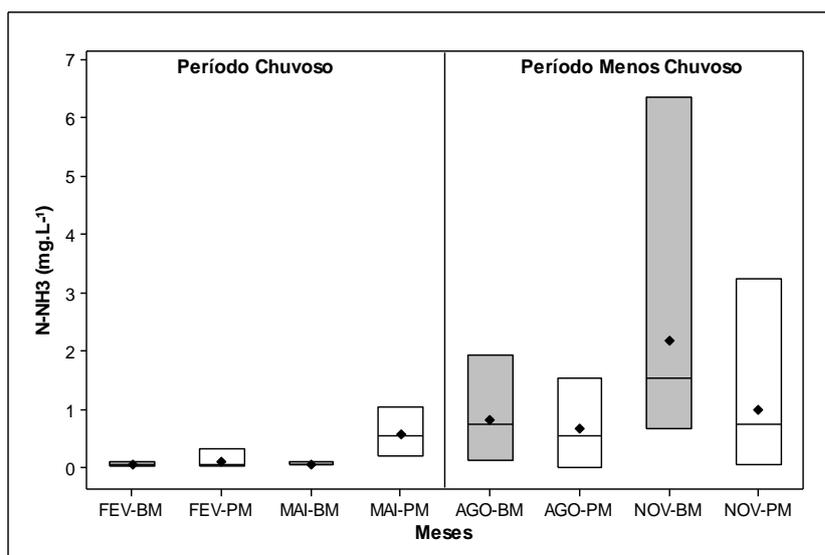


Figura 5.14: Comparação sazonal dos valores de nitrogênio amoniacal no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.9.2 Rio Murucupí

Os resultados observados na tabela 5.16 mostram maiores médias de nitrogênio amoniacal em comparação aos valores obtidos no rio Arienga, onde os valores de nitrogênio amoniacal variaram de 0,021 mg.L⁻¹ a 2,021 mg.L⁻¹ nos pontos de coleta em todas as campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) do ano de 2011.

Tabela 5.16: Resultados de nitrogênio amoniacal no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	0,16±0,10	0,027	0,289
	FEV-PM	07	0,22±0,15	0,025	0,403
	MAI-BM	07	0,41±0,72	0,073	2,021
	MAI-PM	07	0,32±0,30	0,060	0,776
	AGO-BM	07	0,20±0,14	0,021	0,435
	AGO-PM	07	0,40±0,26	0,026	0,770
	NOV-BM	07	0,30±0,19	0,109	0,684
	NOV-PM	07	0,39±0,16	0,131	0,572

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas alterações nos resultados em relação às marés baixa-mar e preamar em todos os meses de coleta, o valor máximo de nitrogênio amoniacal foi encontrado no mês de maio (período chuvoso) (Figura 5.15).

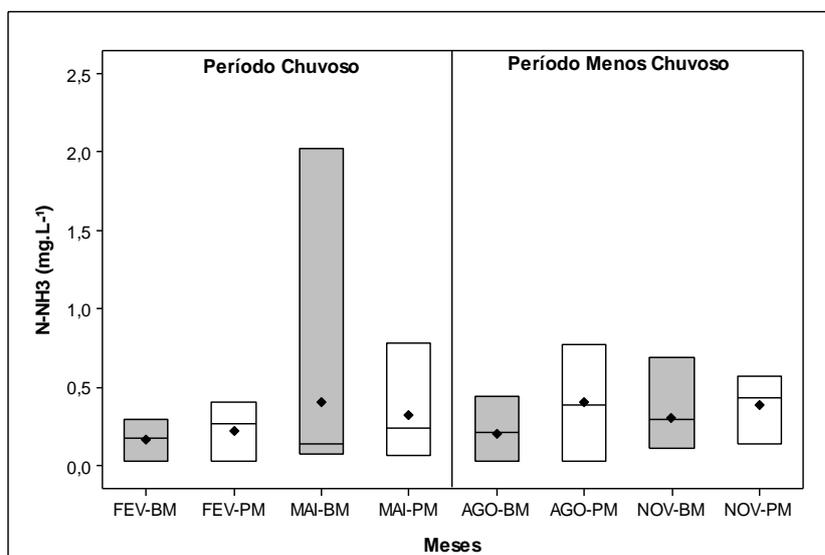


Figura 5.15: Comparação sazonal dos valores de nitrogênio amoniacal no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

O aumento na quantidade de nitrogênio amoniacal no mês de maio, pode estar relacionado ao efeito sazonal, onde a maior quantidade de chuvas na região neste período conseqüentemente aumenta a inserção de efluentes para as águas do rio.

5.10. NITRITO

5.10.1 Rio Arienga

As concentrações de nitrito encontradas na tabela 5.17, nos pontos de amostragem do rio Arienga nas quatro campanhas (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011 variou entre 0,003 mg.L⁻¹ e 0,334 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem.

Tabela 5.17: Resultados de nitrito no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,02±0,01	0,008	0,033
	FEV-PM	06	0,01±0,01	0,003	0,037
	MAI-BM	06	0,02±0,01	0,015	0,029
	MAI-PM	06	0,07±0,03	0,025	0,121
	AGO-BM	06	0,03±0,01	0,020	0,057
	AGO-PM	06	0,14±0,11	0,039	0,334
	NOV-BM	06	0,02±0,01	0,011	0,036
	NOV-PM	06	0,02±0,03	0,005	0,092

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas variações entre os valores médios, onde as concentrações oscilaram entre as marés baixa-mar e preamar com destaque para os meses de maio e agosto. Nos meses de fevereiro e novembro, as concentrações médias estiveram próximas (Tabela 5.17). No entanto, foi observado a influência da sazonalidade, devido o aumento das concentrações de nitrito no mês de agosto na

maré preamar, onde houve a ocorrência do maior valor de nitrito encontrado (Figura 5.16).

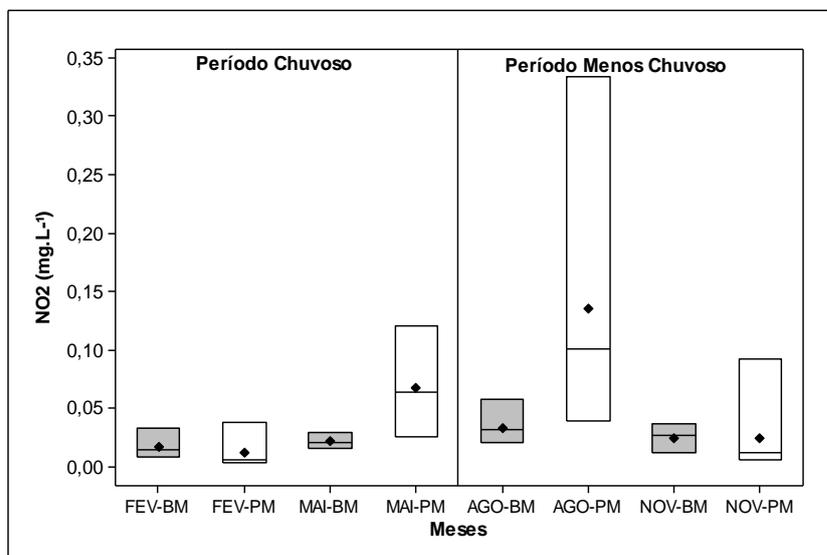


Figura 5.16: Comparação sazonal dos valores de nitrito no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.10.2 Rio Murucupí

De acordo com os resultados observados na tabela 5.9 podemos constatar que os valores de nitrito variaram entre $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,406 \text{ mg.L}^{-1}$ nos pontos de coleta em todas as campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) do ano de 2011.

Tabela 5.18: Resultados de nitrito no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (ago) e novembro (nov) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	$X \pm DP$	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	$0,05 \pm 0,02$	0,025	0,089
	FEV-PM	07	$0,03 \pm 0$	0,023	0,027
	MAI-BM	07	$0,19 \pm 0,12$	0,084	0,406
	MAI-PM	07	$0,07 \pm 0,05$	0,012	0,135
	AGO-BM	07	$0,03 \pm 0,02$	0,011	0,059
	AGO-PM	07	$0,08 \pm 0,06$	0,010	0,168
	NOV-BM	07	$0,11 \pm 0,02$	0,089	0,164
	NOV-PM	07	$0,02 \pm 0,01$	0,001	0,039

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Também foram observadas variações nos resultados médios encontrados em relação às marés (Tabela 5.18). Bem como a influência da sazonalidade, onde os maiores valores de nitrito foram encontrados no mês de maio (período chuvoso), comportamento contrário ao observado no rio Arienga, onde suas concentrações máximas ocorreram no mês de agosto (período menos chuvoso) (Figura 5.17).

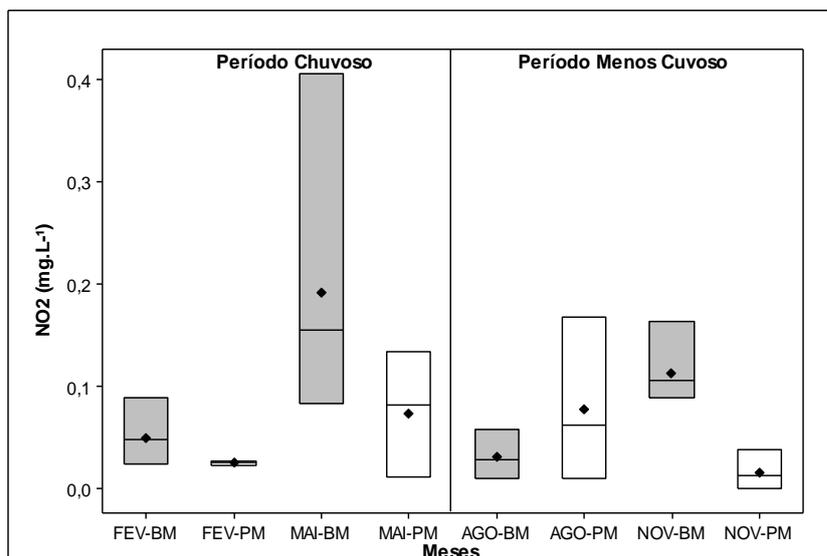


Figura 5.17: Comparação sazonal dos valores de nitrito no rio Murucupi na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.11. NITRATO

5.11.1. Rio Arienga

As concentrações de nitrato encontradas nos pontos de amostragem do rio Arienga nas quatro campanhas (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011 de acordo com a tabela 5.19. variou entre $0,009 \text{ mg.L}^{-1}$ e $4,818 \text{ mg.L}^{-1}$ em todos os pontos de amostragem.

Tabela 5.19: Resultados de nitrato no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,03±0,01	0,019	0,033
	FEV-PM	06	0,08±0,09	0,021	0,250
	MAI-BM	06	0,13±0,05	0,061	0,192
	MAI-PM	06	0,45±0,21	0,165	0,808
	AGO-BM	06	1,33±1,73	0,212	4,818
	AGO-PM	06	0,9±0,74	0,260	2,226
	NOV-BM	06	0,02±0,02	0,009	0,046
	NOV-PM	06	0,08±0,03	0,035	0,123

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas variações bruscas nos resultados médios nos meses de coleta em relação às marés (Tabela 5.19), em relação à sazonalidade podemos perceber que houve mudança significativa, onde, os maiores valores de nitrato foram encontrados no mês de agosto (período menos chuvoso), onde também foram registrados os maiores valores de nitrito (Figura 5.18).

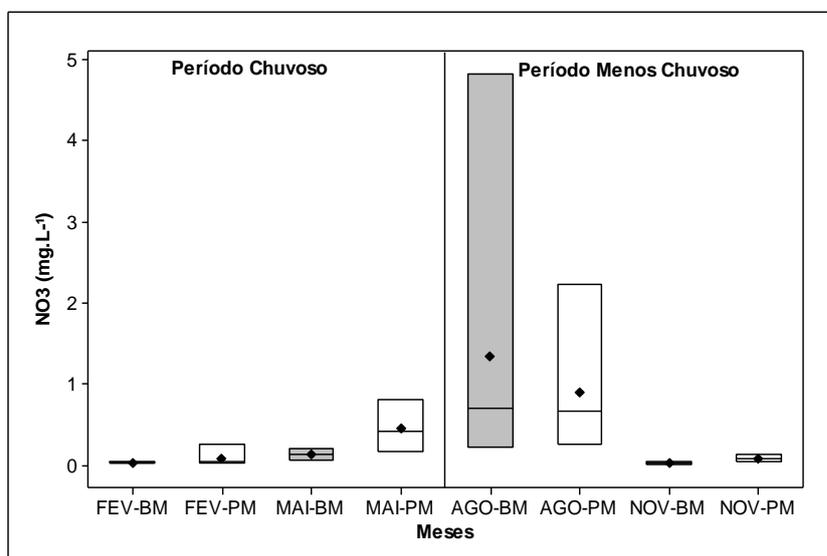


Figura 5.18: Comparação sazonal dos valores de nitrato no rio Arienga na baixa-mar e preamar de 2011.

5.11.2 Rio Murucupí

As concentrações de nitrato encontradas nos pontos de amostragem do rio Murucupí nas quatro campanhas (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011 de acordo com a tabela 5.10. variaram entre 0,025 mg.L⁻¹ e 4,201 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem.

Tabela 5.20: Resultados de nitrato no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	0,63±0,04	0,564	0,703
	FEV-PM	07	0,64±0,04	0,583	0,685
	MAI-BM	07	0,95±0,92	0,168	2,346
	MAI-PM	07	1,86±1,21	0,294	3,368
	AGO-BM	07	1,70±0,95	0,650	3,510
	AGO-PM	07	1,94±1,54	0,256	4,201
	NOV-BM	07	0,35±0,48	0,033	1,080
	NOV-PM	07	0,39±0,33	0,025	0,980

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

As concentrações de nitrato apresentaram-se heterogêneas em todos os meses de amostragem, foram observadas maiores variações nos resultados médios nos meses de maio e agosto em relação às marés, nos meses de fevereiro e de novembro mantiveram-se próximos (Tabela 5.20).

Os meses de maio e agosto foram os que apresentaram maiores concentrações de nitrato, indicando a presença de uma fonte de poluição difusa, visto que, nesses meses ocorreram os maiores valores de nitrogênio amoniacal e nitrito (figuras 5.15 e 5.17) e que a sazonalidade interfere na dinâmica das distribuições das formas nitrogenadas, já que a maior concentração de nitrato foi observada no mês de agosto (período menos chuvoso).

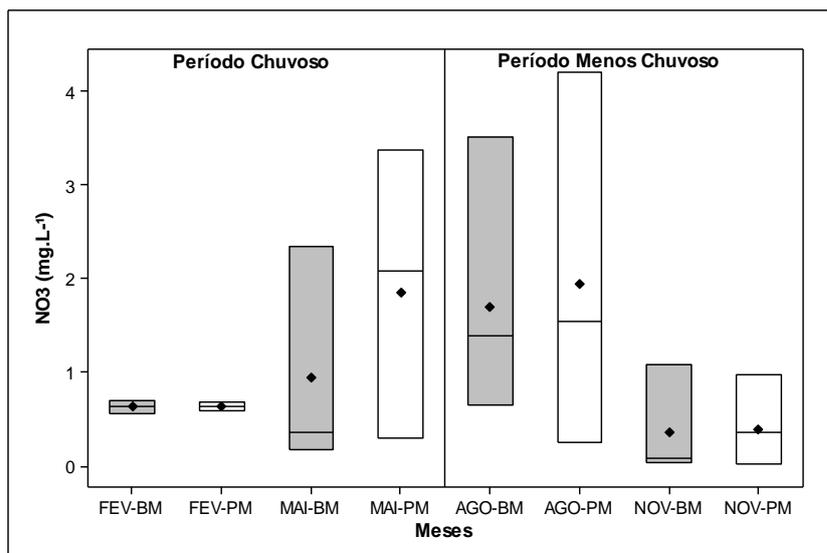


Figura 5.19: Comparação sazonal dos valores de nitrato no rio Murucupi na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.12. FOSFATO

5.12.1 Rio Arienga

As concentrações de fosfato encontradas nos pontos de amostragem do rio Arienga, nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011 variaram entre 0,014 mg.L⁻¹ e 0,239 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem (Tabela 5.21).

Tabela 5.21: Resultados de fosfato no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,08±0,03	0,023	0,124
	FEV-PM	06	0,05±0,02	0,014	0,073
	MAI-BM	06	0,12±0,03	0,082	0,152
	MAI-PM	06	0,09±0,05	0,048	0,190
	AGO-BM	06	0,15±0,08	0,070	0,239
	AGO-PM	06	0,08±0,04	0,041	0,140
	NOV-BM	06	0,09±0,02	0,055	0,105
	NOV-PM	06	0,05±0,01	0,032	0,062

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

As concentrações médias de fosfato sofreram pequenas variações nos quatro meses de coleta em relação às marés (Tabela 5.21), porém, houve mudança significativa em relação à sazonalidade (Figura 5.20), onde os maiores valores foram detectados no mês de agosto (período menos chuvoso) e os menores em fevereiro (período chuvoso).

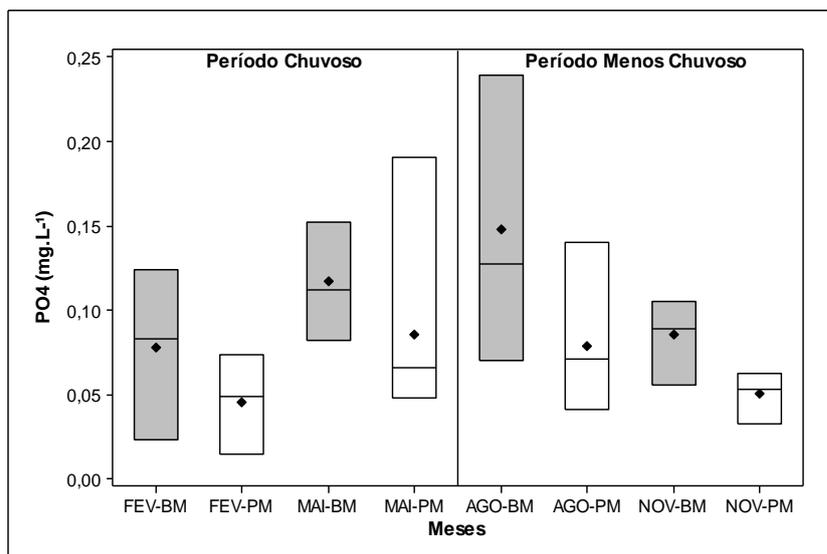


Figura 5.20: Comparação sazonal dos valores de fosfato no rio Arianga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.12.2 Rio Murucupí

As concentrações de fosfato encontradas nos pontos de amostragem do rio Murucupí nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011 variaram entre 0,056 mg.L⁻¹ e 0,313 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem (Tabela 5.22).

Tabela 5.22: Resultados de fosfato no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	0,13±0,03	0,089	0,169
	FEV-PM	07	0,17±0,02	0,123	0,185
	MAI-BM	07	0,09±0,03	0,056	0,148
	MAI-PM	07	0,19±0,04	0,144	0,278
	AGO-BM	07	0,16±0,09	0,059	0,275
	AGO-PM	07	0,19±0,11	0,057	0,313
	NOV-BM	07	0,11±0,01	0,087	0,129
	NOV-PM	07	0,18±0,05	0,092	0,234

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas variações nas concentrações médias de fosfato em todos os meses de coleta em relação às marés baixa-mar e preamar (Tabela 5.22) .

O mês de agosto (período menos chuvoso) foi o que apresentou maior concentração de fosfato em relação aos demais (Figura 5.21), mostrando, portanto, a influência da sazonalidade em seu comportamento, visto que, a diminuição das chuvas no período leva à uma menor diluição de certos compostos químicos nas águas dos rios, comportamento similar ao do rio Arienga.

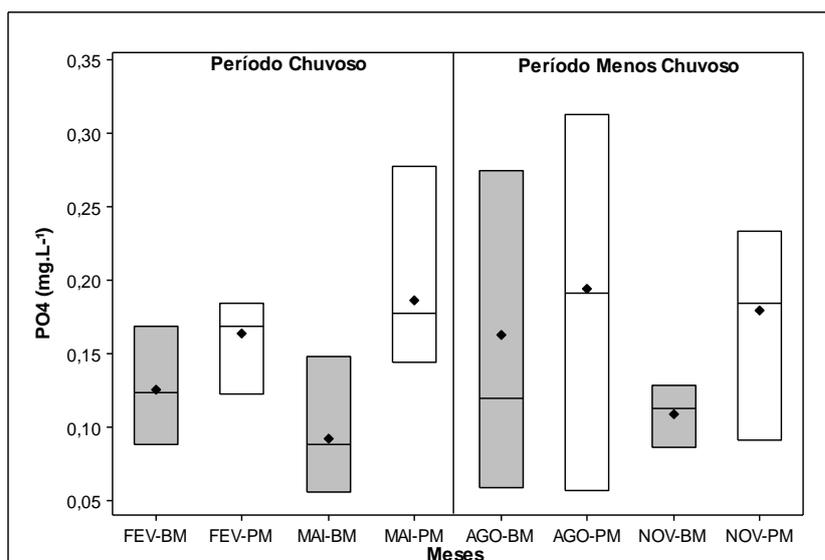


Figura 5.21: Comparação sazonal dos valores de fosfato no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.13. SULFATO

5.13.1. Rio Arienga

As concentrações de sulfato encontradas nos pontos de coleta do rio Arienga nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011 de acordo com a tabela 5.23. variaram entre 0,011 mg.L⁻¹ e 4,886 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem.

Tabela 5.23: Resultados de sulfato no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,13±0,02	0,109	0,169
	FEV-PM	06	0,19±0,11	0,110	0,390
	MAI-BM	06	1,2±0,4	0,578	1,570
	MAI-PM	06	1,36±0,15	1,223	1,547
	AGO-BM	06	1,57±0,71	1,012	2,519
	AGO-PM	06	2,28±1,58	0,799	4,886
	NOV-BM	06	0,05±0,02	0,029	0,069
	NOV-PM	06	0,41±0,46	0,011	1,080

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

As concentrações médias de sulfato tiveram oscilações em relação às marés baixa-mar e preamar em todos meses de coleta (Tabela 5.23), no entanto, é bastante clara a interferência da sazonalidade nas suas concentrações, onde, podemos observar que no mês de agosto (período menos chuvoso) foram encontrados os maiores valores de sulfato dentre os quatro meses de amostragem (Figura 5.22).

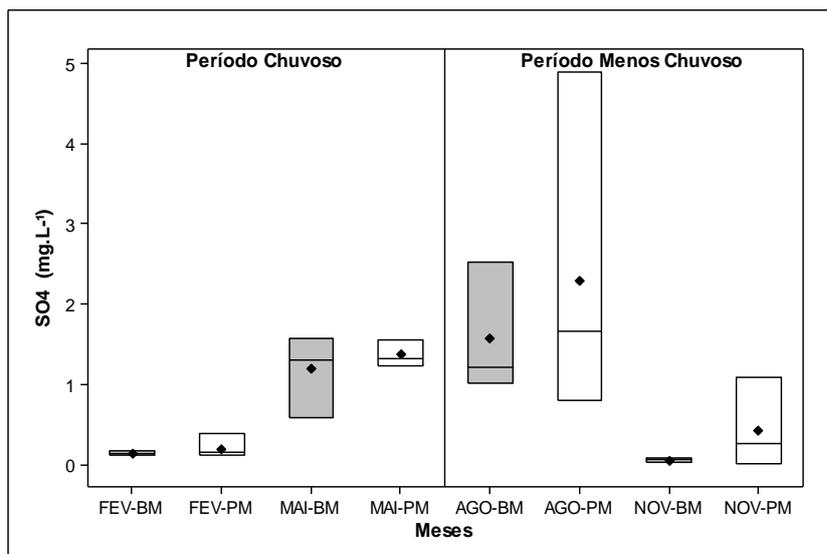


Figura 5.22 Comparação sazonal dos valores de sulfato no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.13.2 Rio Murucupí

As concentrações de sulfato encontradas nos pontos de amostragem do rio Murucupí nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011 variaram entre 0,897 mg.L⁻¹ e 5,367 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem (Tabela 5.24).

Tabela 5.24: Resultados de sulfato no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	2,11±0,40	1,742	2,975
	FEV-PM	07	1,91±0,48	1,478	2,820
	MAI-BM	07	2,16±1,51	1,063	5,293
	MAI-PM	07	3,04±1,53	1,188	5,367
	AGO-BM	07	2,41±0,91	0,897	3,550
	AGO-PM	07	2,34±1,03	1,066	3,983
	NOV-BM	07	1,08±0,04	1,012	1,118
	NOV-PM	07	1,64±0,74	1,027	2,645

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

De acordo com a tabela 5.24 foram observadas oscilações nos valores médios de sulfato em relação às marés baixa-mar e preamar. Em relação à sazonalidade, não podemos afirmar interferência, visto que, os maiores valores de sulfato foram encontrados nos meses de maio (período chuvoso) e agosto (período menos chuvoso) indicando que a ausência de chuvas nos meses de agosto e novembro não interferiu em suas concentrações (Figura 5.23).

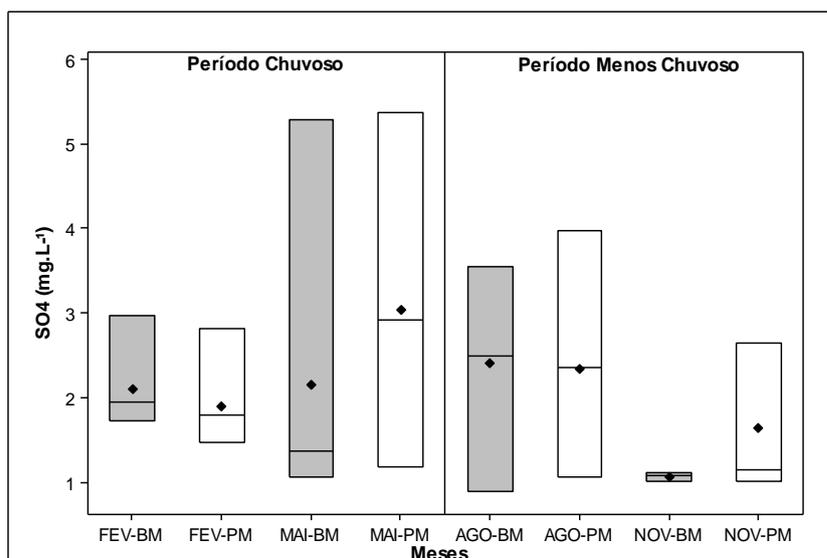


Figura 5.23: Comparação sazonal dos valores de sulfato no rio Murucupi na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.14. DUREZA TOTAL

5.14.1 Rio Arienga

Os valores de dureza encontradas nos pontos de coleta do rio Arienga nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) oscilaram entre 0,232 mg.L⁻¹ e 14,389 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem (Tabela 5.25).

Tabela 5.25: Resultados de dureza no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	3,34±2,32	0,981	6,066
	FEV-PM	06	3,76±1,96	1,208	5,377
	MAI-BM	06	2,46±2,23	0,481	6,331
	MAI-PM	06	1,88±1,65	0,232	4,783
	AGO-BM	06	3,61±1,49	2,301	6,283
	AGO-PM	06	4,64±2,97	1,146	7,594
	NOV-BM	06	5,92±4,24	3,281	14,389
	NOV-PM	06	7,01±3,83	3,281	14,389

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas variações dos resultados médios de dureza total nos meses de coleta em relação às marés baixa-mar e preamar (Tabela 5.25), assim como, as concentrações apresentaram diferenças em relação à sazonalidade, onde os valores máximos foram observados nos meses de agosto e novembro (período menos chuvoso), enquanto os menores estiveram nos meses de fevereiro e maio (período chuvoso) infere-se então, que a maior quantidade de água nos rios nesse período, faz com que alguns elementos tornem-se mais diluídos, ou menos concentrados (Figura 5.24).

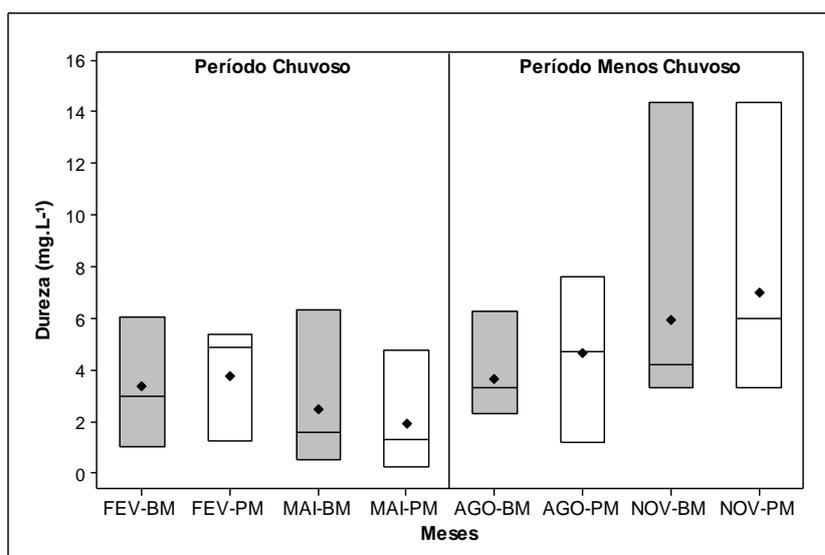


Figura 5.24: Comparação sazonal dos valores de dureza no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.14.2 Rio Murucupí

As concentrações de dureza encontradas nos pontos de coleta do rio Murucupí nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) variaram entre 0,112 mg.L⁻¹ e 18,568 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem (Tabela 5.26).

Tabela 5.26: Resultados de dureza no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	3,13±0,87	1,241	3,813
	FEV-PM	07	3,49±0,61	2,173	4,047
	MAI-BM	07	3,70±1,42	1,786	5,311
	MAI-PM	07	2,71±1,70	0,112	4,671
	AGO-BM	07	4,75±1,44	1,832	5,940
	AGO-PM	07	4,39±1,93	1,792	6,367
	NOV-BM	07	12,79±3,69	7,544	18,568
	NOV-PM	07	11,98±5,73	3,987	17,731

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas variações em relação às marés baixa-mar e preamar (Tabela 5.26), bem como em relação à sazonalidade, onde os valores de dureza foram maiores no mês de novembro (período menos chuvoso), assim como o comportamento observado no rio Arienga (Figura 5.25).

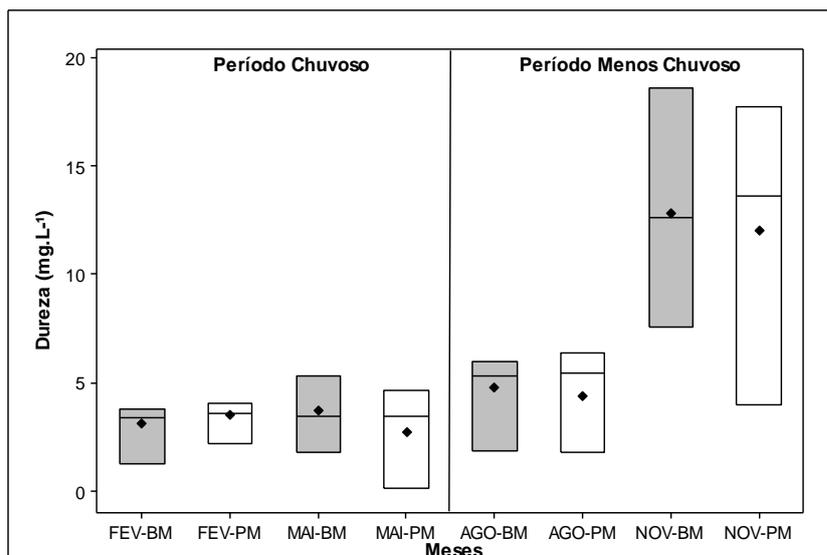


Figura 5.25: Comparação sazonal dos valores de dureza no rio Murucupi na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.15. SÓDIO

5.15.1 Rio Arienga

As concentrações de sódio nos pontos de coleta deste rio nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) realizadas no ano de 2011, conforme Tabela 5.27, variaram de 0,409 mg.L⁻¹ a 3,935 mg.L⁻¹.

Tabela 5.27: Resultados de sódio no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	1,65±0,61	1,108	2,480
	FEV-PM	06	1,77±0,50	1,120	2,163
	MAI-BM	06	3,02±1,11	1,092	3,850
	MAI-PM	06	3,22±1,06	1,122	3,935
	AGO-BM	06	2,00±0,50	1,211	2,724
	AGO-PM	06	2,05±0,81	1,073	3,270
	NOV-BM	06	1,09±0,59	0,409	1,880
	NOV-PM	06	1,50±1,23	0,412	3,009

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

As concentrações médias de sódio tiveram pequenas variações em relação às marés em ambos os períodos (Tabela 5.27). No entanto, podemos observar que as maiores concentrações de sódio foram encontradas no mês de maio (período chuvoso), mostrando interferência da sazonalidade no comportamento da variável no rio (Figura 5.26).

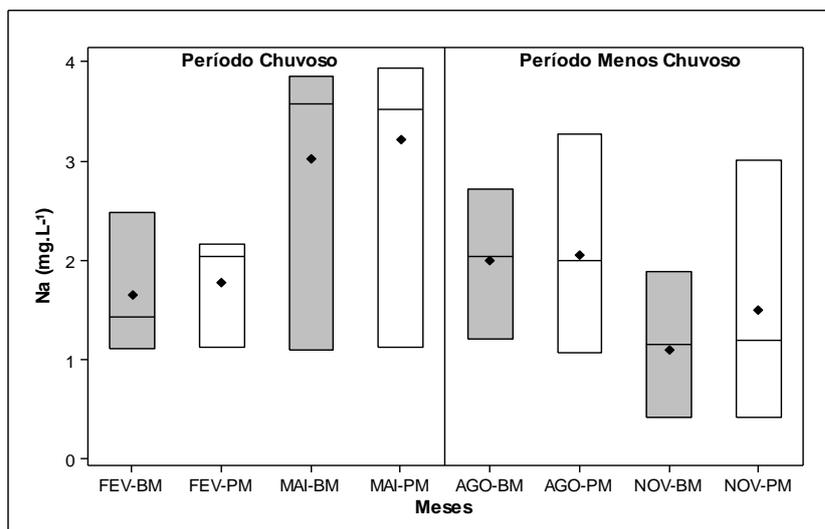


Figura 5.26: Comparação sazonal dos valores de sódio no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.15.2 Rio Murucupí

As concentrações de sódio nos pontos de coleta deste rio nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) realizadas no ano de 2011, variaram de 0,000 mg.L⁻¹ a 10,37 mg.L⁻¹ (Tabela 5.28).

Tabela 5.28: Resultados de sódio no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	4,85±1,20	3,915	7,317
	FEV-PM	07	4,32±1,47	2,985	6,898
	MAI-BM	07	5,06±2,72	2,222	9,898
	MAI-PM	07	7,24±2,85	3,014	10,369
	AGO-BM	07	4,20±1,14	2,825	6,419
	AGO-PM	07	4,58±2,47	1,402	8,252
	NOV-BM	07	0,93±1,94	0,000	5,307
	NOV-PM	07	0,95±1,72	0,000	4,679

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas oscilações nas concentrações médias de sódio em relação às marés baixa-mar e preamar em ambos os períodos (Tabela 5.28). Assim como, podemos perceber de acordo com os valores máximos obtidos, a influência da sazonalidade na concentração de sódio, visto que, no mês de maio (período chuvoso) foram encontradas maiores concentrações de sódio no rio Murucupí, comportamento similar ao ocorrido no rio Arienga, este fato pode estar relacionado à maior quantidade de água e maior lixiviação dos solos para o rio (Figura 5.27).

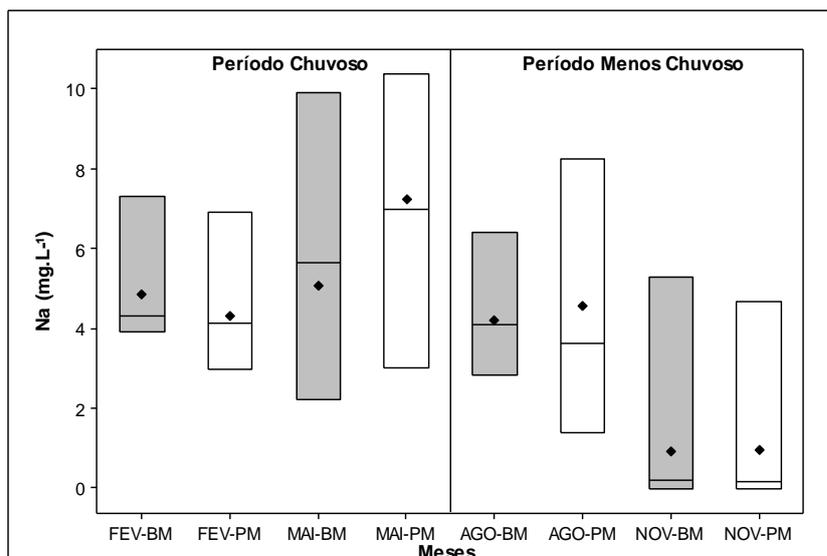


Figura 5.27: Comparação sazonal dos valores de sódio no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.16. POTÁSSIO

5.16.1 Rio Arienga

Os valores de potássio encontrados nos pontos de coleta deste rio nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) realizadas no ano de 2011, variaram de 0,000 mg.L⁻¹ a 3,819 mg.L⁻¹ (Tabela 5.29).

Tabela 5.29: Resultados de potássio no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X \pm DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,66\pm0,49	0,184	1,256
	FEV-PM	06	0,81\pm0,43	0,253	1,125
	MAI-BM	06	0,48\pm0,29	0,171	0,977
	MAI-PM	06	0,61\pm0,33	0,152	1,126
	AGO-BM	06	0,78\pm0,44	0,357	1,467
	AGO-PM	06	0,93\pm0,62	0,376	1,728
	NOV-BM	06	0,93\pm0,61	0,467	1,788
	NOV-PM	06	1,76\pm1,53	0,000	3,819

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas variações nas concentrações médias de potássio em relação às marés baixa-mar e preamar em ambos os períodos sazonais estudados (Tabela 5.29). Também pode-se observar alterações relacionadas à sazonalidade, onde os maiores valores de potássio encontrados estiveram presentes no mês de novembro (período menos chuvoso), onde atingiu concentração máxima dentre os meses de coleta (Figura 5.28).

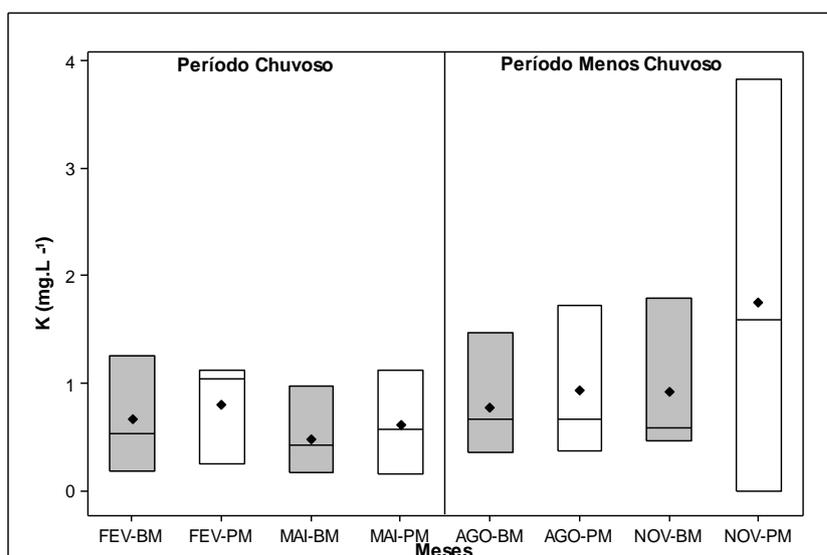


Figura 5.28: Comparação sazonal dos valores de potássio no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.16.2 Rio Murucupí

As concentrações de potássio nos pontos de coleta deste rio nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) variaram de 0,000 mg.L⁻¹ a 52,18 mg.L⁻¹ (Tabela 5.30).

Tabela 5.30: Resultados de potássio no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	1,11±0,28	0,484	1,275
	FEV-PM	07	1,10±0,24	0,566	1,260
	MAI-BM	07	1,13±0,34	0,596	1,516
	MAI-PM	07	1,12±0,27	0,674	1,408
	AGO-BM	07	1,11±0,43	0,478	1,557
	AGO-PM	07	1,27±0,59	0,434	2,052
	NOV-BM	07	17,36±23,13	0,000	52,185
	NOV-PM	07	10,60±17,98	0,000	47,465

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Nos meses de fevereiro, maio e agosto não foram observadas variações bruscas nas concentrações médias de potássio em relação às marés, no entanto, no mês de novembro, verificamos uma oscilação maior em relação às duas marés e um aumento na concentração deste elemento (Tabela 5.30).

Verificou-se a influência da sazonalidade na concentração de potássio, pois, no mês de novembro (período menos chuvoso) foram encontradas as maiores concentrações de potássio no rio Murucupí, enquanto nos meses de fevereiro e maio (período chuvoso) as concentrações foram bastante inferiores, mostrando que a diminuição nos volumes de chuvas ocorridas na região nesse período podem ter ocasionado aumento da concentração do elemento (Figura 5.29), vale ressaltar, que no rio Arienga o elemento teve o mesmo comportamento.

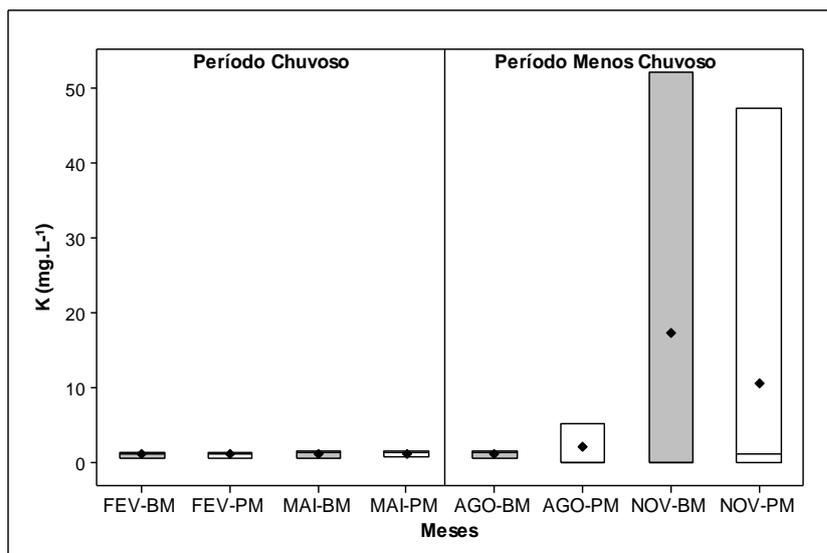


Figura 5.29: Comparação sazonal dos valores de potássio no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.17. ALUMÍNIO

5.17.1 Rio Arienga

As concentrações de alumínio encontradas nos pontos de coleta do rio Arienga nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) variaram entre $0,024 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,555 \text{ mg.L}^{-1}$ (Tabela 5.31).

Tabela 5.31: Resultados de alumínio no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	$X \pm DP$	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	$0,40 \pm 0,08$	0,339	0,555
	FEV-PM	06	$0,37 \pm 0,05$	0,309	0,446
	MAI-BM	06	$0,15 \pm 0,04$	0,074	0,196
	MAI-PM	06	$0,16 \pm 0,04$	0,092	0,196
	AGO-BM	06	$0,20 \pm 0,04$	0,128	0,228
	AGO-PM	06	$0,19 \pm 0,04$	0,113	0,224
	NOV-BM	06	$0,03 \pm 0,01$	0,024	0,039
	NOV-PM	06	$0,07 \pm 0,03$	0,042	0,129

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

De acordo com a tabela 5.31 não foram observadas variações bruscas dos resultados médios nos meses de coleta em relação às marés baixa-mar e preamar, no entanto, podemos observar que as concentrações máximas de alumínio foram encontradas no mês de fevereiro (período chuvoso) e as mínimas em novembro (período menos chuvoso) em ambas as marés (baixa-mar e preamar) mostrando a interferência da sazonalidade na concentração do elemento, onde este comportamento pode estar relacionado ao fato de no mês de fevereiro ocorrer uma maior quantidade de chuvas na região e conseqüente maior lixiviação de alumínio para o rio, enquanto em novembro a quantidade de chuvas nesta área é menor, logo, uma menor concentração de alumínio é inserida no mesmo (Figura 5.30).

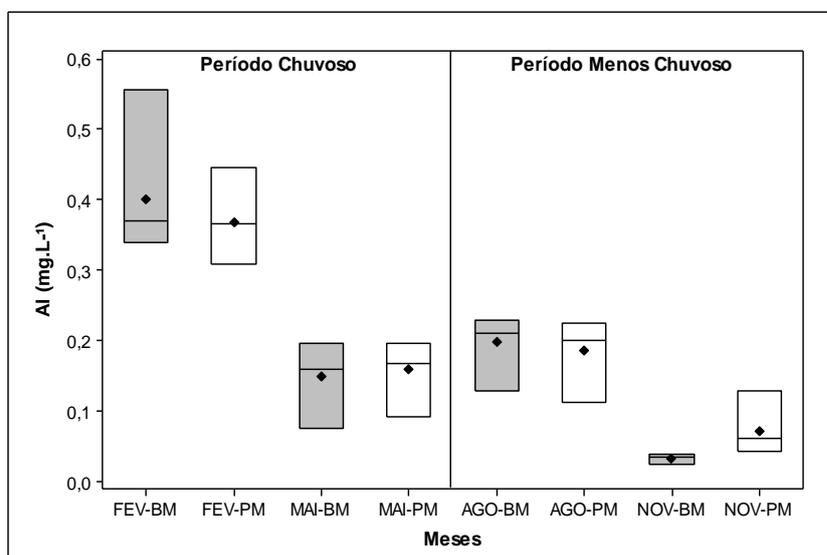


Figura 5.30: Comparação sazonal dos valores de alumínio no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.17.2 Rio Murucupí

As concentrações de alumínio nos pontos de coleta deste rio nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) realizadas no ano de 2011, conforme Tabela 5.16, variaram de 0,007 mg.L⁻¹ a 0,546 mg.L⁻¹.

Tabela 5.32: Resultados de alumínio no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	$X \pm DP$	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	0,32±0,12	0,199	0,546
	FEV-PM	07	0,34±0,10	0,240	0,536
	MAI-BM	07	0,07±0,02	0,036	0,113
	MAI-PM	07	0,08±0,03	0,053	0,144
	AGO-BM	07	0,15±0,05	0,030	0,192
	AGO-PM	07	0,12±0,05	0,018	0,180
	NOV-BM	07	0,04±0,03	0,007	0,083
	NOV-PM	07	0,04±0,03	0,017	0,099

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Não foram observadas variações bruscas nas concentrações médias de alumínio em relação às marés baixa-mar e preamar em ambos os períodos sazonais (Tabela 5.32).

De acordo com os valores mínimos e máximos de alumínio obtidos verificou-se a influência da sazonalidade em sua concentração, visto que, no mês de fevereiro (período chuvoso) foram encontradas maiores concentrações de alumínio no rio Murucupí, fato também verificado no rio Arienga, o que demonstra que a precipitação ocorrida no mês de fevereiro favoreceu o aumento da concentração destes elementos nestes rios (Figura 5.31).

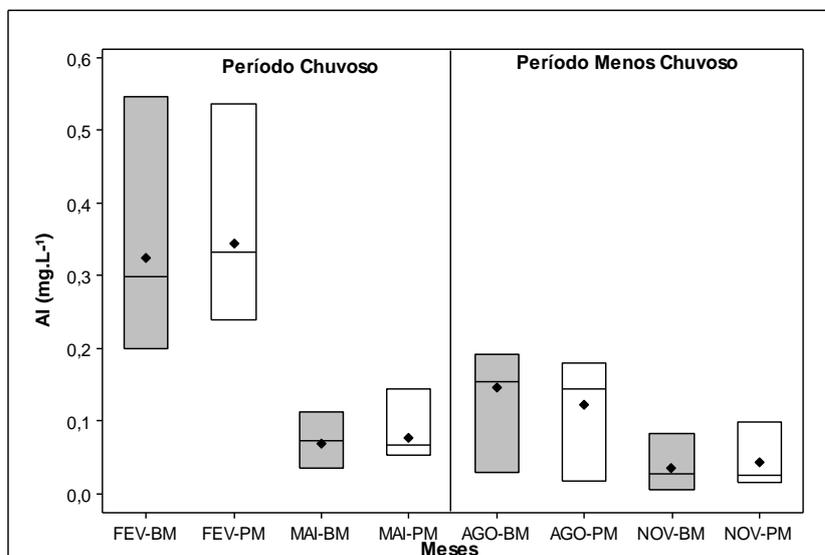


Figura 5.31: Comparação sazonal dos valores de alumínio no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.18. BÁRIO

5.18.1 Rio Arienga

As concentrações de bário encontradas nos pontos de coleta do rio Arienga nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) variaram entre 0,000 mg.L⁻¹ e 0,074 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem (Tabela 5.33).

Tabela 5.33: Resultados de bário no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,01±0,01	0,001	0,014
	FEV-PM	06	0,01±0,01	0,000	0,015
	MAI-BM	06	0,06±0,01	0,048	0,073
	MAI-PM	06	0,06±0,01	0,049	0,067
	AGO-BM	06	0,06±0,01	0,050	0,074
	AGO-PM	06	0,06±0,01	0,050	0,069
	NOV-BM	06	0,01±0,01	0,002	0,018
	NOV-PM	06	0,01±0,01	0,002	0,018

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Os resultados de bário não apresentaram variações dos resultados médios nos meses de coleta em relação às marés baixa-mar e preamar em ambos os períodos sazonais (Tabela 5.33). As concentrações máximas de bário foram observadas nos meses de maio e agosto em ambas as marés (baixa-mar e preamar), enquanto os meses de fevereiro e novembro foram os que apresentaram as menores concentrações do elemento (Figura 5.32).

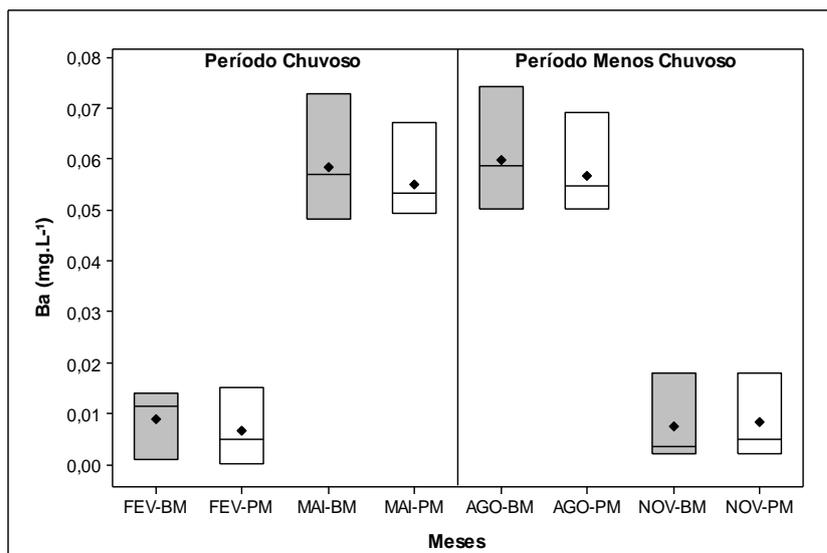


Figura 5.32: Comparação sazonal dos valores de bário no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.18.2. Rio Murucupí

Os valores de bário nos pontos de coleta do rio Murucupí nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) variaram de 0,001 mg.L⁻¹ a 0,023 mg.L⁻¹ (Tabela 5.34).

Tabela 5.34: Resultados de bário no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	0,02±0,01	0,001	0,020
	FEV-PM	07	0,02±0,01	0,002	0,023
	MAI-BM	07	0,01±0,00	0,002	0,013
	MAI-PM	07	0,01±0,00	0,002	0,011
	AGO-BM	07	0,01±0,00	0,005	0,013
	AGO-PM	07	0,01±0,00	0,005	0,015
	NOV-BM	07	0,01±0,00	0,005	0,017
	NOV-PM	07	0,01±0,00	0,005	0,016

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

De acordo com a tabela 5.34 não foram observadas variações nos resultados médios de bário nos meses de coleta em relação às marés baixa-mar e preamar, nos dois períodos sazonais (chuvoso e menos chuvoso).

As maiores concentrações de bário foram observadas no mês de fevereiro (período chuvoso) nas marés baixa-mar e preamar, respectivamente, mostrando que a sazonalidade está interferindo em seu comportamento no rio, em virtude da maior ocorrência de chuvas na região (Figura 5.33).

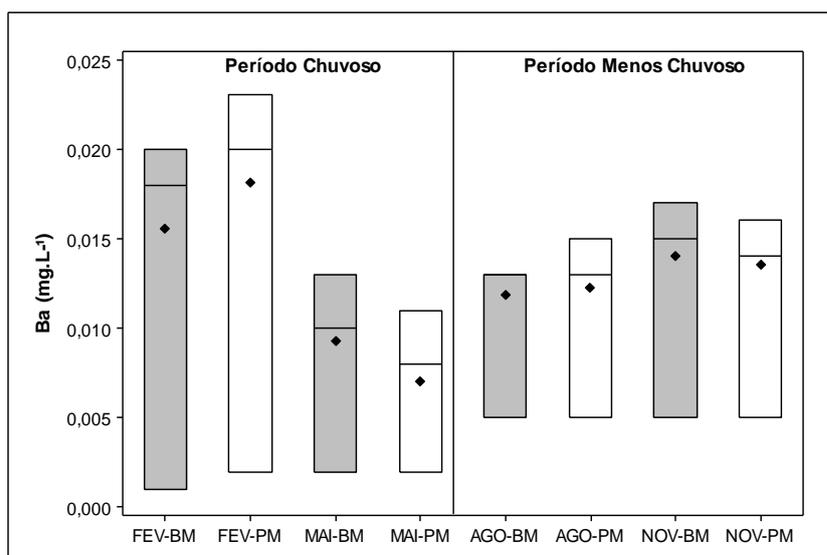


Figura 5.33: Comparação sazonal dos valores de bário no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.19 COBALTO

5.19.1 Rio Arienga

As concentrações de cobalto encontradas nos pontos de coleta do rio Arienga nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) variaram entre 0,000 mg.L⁻¹ e 0,135 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem (Tabela 5.35).

Tabela 5.35: Resultados de cobalto no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,05±0,04	0,000	0,109
	FEV-PM	06	0,04±0,04	0,000	0,091
	MAI-BM	06	0,09±0,02	0,046	0,114
	MAI-PM	06	0,10±0,03	0,059	0,135
	AGO-BM	06	0,04±0,02	0,024	0,058
	AGO-PM	06	0,04±0,04	0,000	0,110
	NOV-BM	06	0,00±0,00	0,000	0,000
	NOV-PM	06	0,00±0,00	0,000	0,000

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Os resultados de cobalto apresentaram pequenas variações em seus valores médios nos meses de coleta em relação às marés, com excessão do mês de novembro, onde sua concentração registrada foi zero (Tabela 5.35).

As maiores concentrações de cobalto foram registradas nos meses de fevereiro e maio (período chuvoso), assim como, também foi observada na maré preamar de agosto (período menos chuvoso), enquanto no mês de novembro (período menos chuvoso) em ambas as marés a concentração foi nula, este fato pode estar relacionado à menor intensidade de chuvas na região nesse período e conseqüentemente menor lixiviação de cobalto para os rios (Figura 5.34).

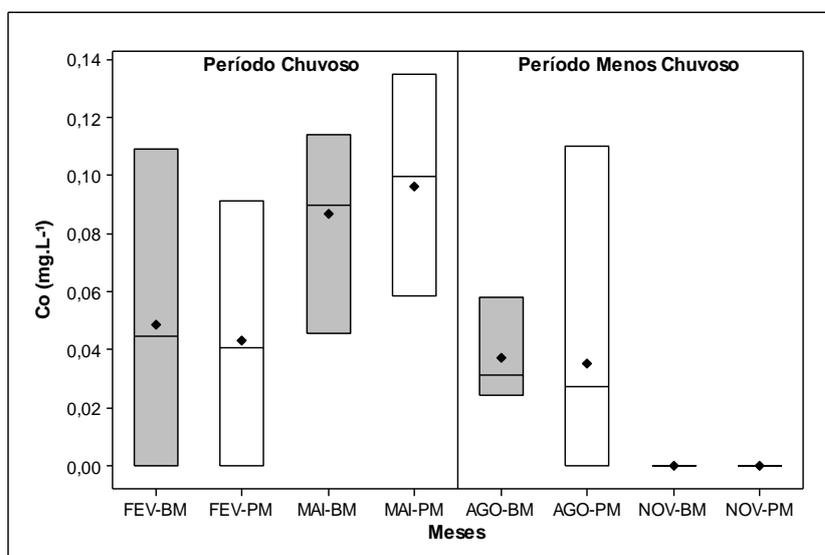


Figura 5.34: Comparação sazonal dos valores de cobalto no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.19.2 Rio Murucupí

As concentrações de cobalto encontradas nos pontos de coleta do rio Murucupí nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011 de acordo com a tabela 5.18. variaram entre 0,00 mg.L⁻¹ e 0,500 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem.

Tabela 5.36: Resultados de cobalto no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	0,30±0,09	0,186	0,415
	FEV-PM	07	0,32±0,10	0,208	0,500
	MAI-BM	07	0,00±0,01	0,000	0,012
	MAI-PM	07	0,01±0,01	0,000	0,035
	AGO-BM	07	0,00±0,00	0,001	0,003
	AGO-PM	07	0,00±0,00	0,000	0,004
	NOV-BM	07	0,00±0,00	0,000	0,000
	NOV-PM	07	0,00±0,00	0,000	0,000

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

As concentrações de cobalto obtidas sofreram pequenas variações nos meses de fevereiro, maio e agosto em relação às marés baixa-mar e preamar, enquanto no mês de novembro as concentrações registradas foram zero (Tabela 5.36).

Em relação à sazonalidade, podemos observar que no mês de fevereiro (período chuvoso) foram encontrados os maiores valores de cobalto no rio Murucupí, enquanto no mês de novembro (período menos chuvoso) essas concentrações foram zero (Figura 5.35), indicando influência sazonal em suas concentrações, assim como ocorreu no rio Arienga onde as maiores concentrações também foram registradas no período chuvoso, mostrando que a chuva faz com que o material lixiviado do solo escoe para os rios, aumentando suas concentrações no mesmo.

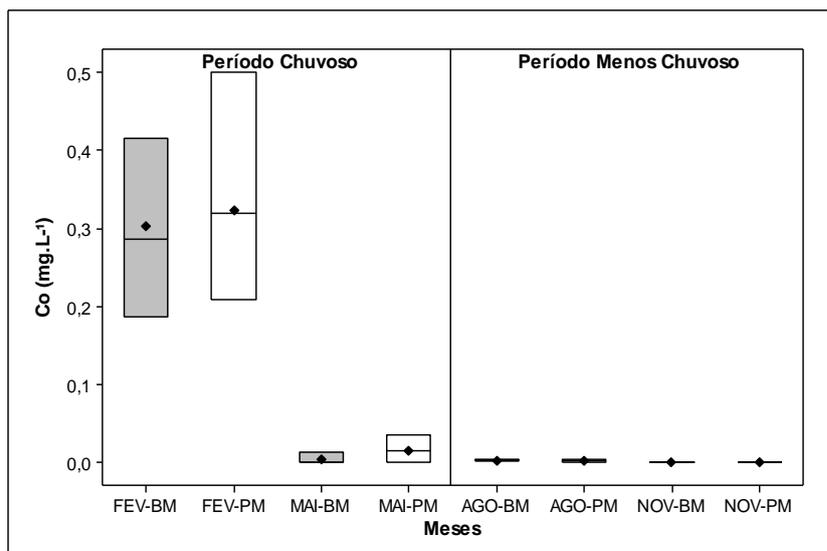


Figura 5.35: Comparação sazonal dos valores de cobalto no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.20. CROMO

5.20.1 Rio Arienga

As concentrações de cromo encontradas nos pontos de coleta do rio Arienga nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) variaram entre 0,000 mg.L⁻¹ e 0,125 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem (Tabela 5.37).

Tabela 5.37: Resultados de cromo no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,05±0,02	0,017	0,070
	FEV-PM	06	0,04±0,04	0,000	0,125
	MAI-BM	06	0,00±0,00	0,000	0,000
	MAI-PM	06	0,00±0,00	0,000	0,000
	AGO-BM	06	0,01±0,01	0,000	0,019
	AGO-PM	06	0,02±0,01	0,010	0,030
	NOV-BM	06	0,00±0,00	0,000	0,000
	NOV-PM	06	0,00±0,00	0,000	0,000

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

As concentrações de cromo no rio Arienga nos meses de maio e novembro foram nulas, enquanto nos meses de fevereiro e novembro seus valores médios sofreram pequenas oscilações em relação às marés (Tabela 5.37).

As maiores concentrações foram observadas no mês de fevereiro (período chuvoso), assim como ocorreu com as concentrações de alguns metais mencionados anteriormente, indicando influência sazonal, devido ao aumento nos volumes de chuva neste período na região (Figura 5.36)

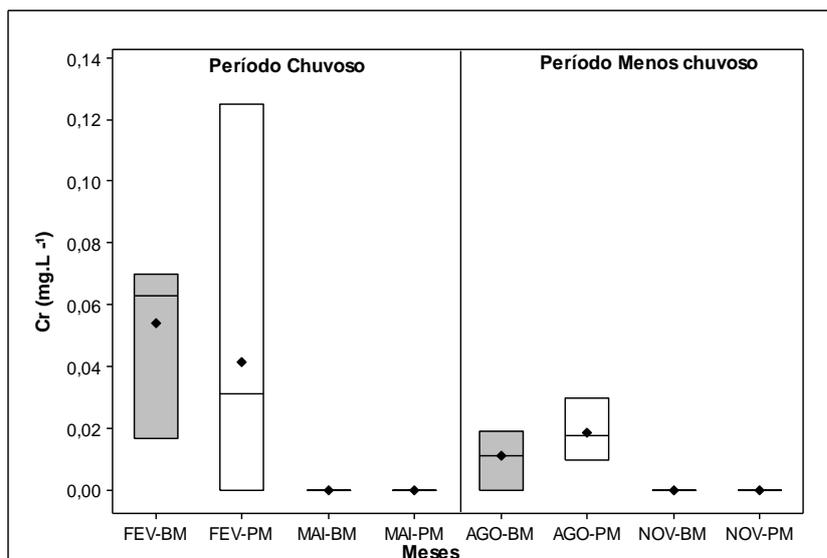


Figura 5.36: Comparação sazonal dos valores de cromo no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.20.2 Rio Murucupí

As concentrações de cromo encontradas nos pontos de coleta do rio Murucupí nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) variaram entre 0,000 mg.L⁻¹ e 0,066 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem.

Tabela 5.38: Resultados de cromo no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI) agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X \pm DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	0,02\pm0,02	0,000	0,060
	FEV-PM	07	0,02\pm0,03	0,000	0,066
	MAI-BM	07	0,01\pm0,01	0,000	0,020
	MAI-PM	07	0,00\pm0,00	0,000	0,008
	AGO-BM	07	0,00\pm0,00	0,002	0,007
	AGO-PM	07	0,00\pm0,00	0,001	0,005
	NOV-BM	07	0,00\pm0,00	0,000	0,002
	NOV-PM	07	0,00\pm0,00	0,000	0,001

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Os resultados de cromo de acordo com a tabela 5.38 tiveram comportamento similar aos de bário e cobalto, não sendo observadas grandes variações dos resultados médios nos meses de coleta em relação às marés baixa-mar e preamar.

A influência da sazonalidade pôde ser observada através dos valores de cromo encontrados no mês de fevereiro (período chuvoso) que foram bastante superiores aos valores obtidos nos meses de agosto e novembro (período menos chuvoso) o que indica que a maior ocorrência de chuvas na região nesse período interferiu em sua concentração, onde através da lixiviação a inserção de cromo pode ter aumentado (Figura 5.37).

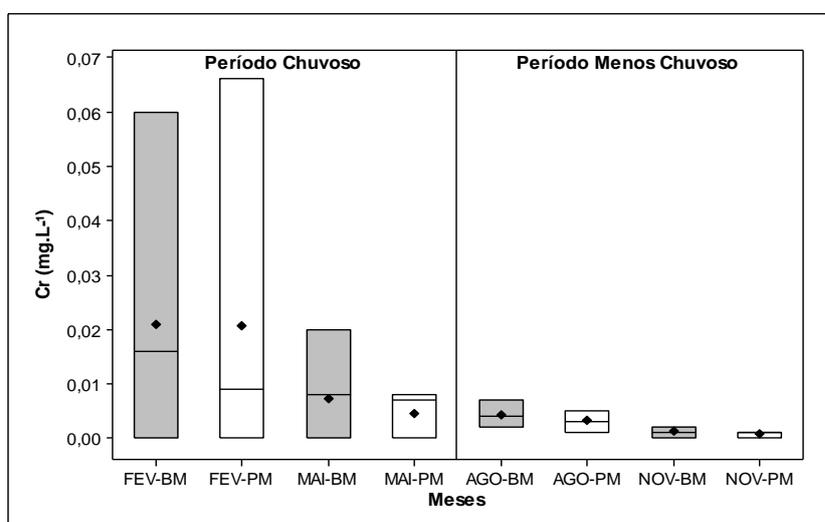


Figura 5.37: Comparação sazonal dos valores de cromo no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.21. COBRE

5.21.1 Rio Arienga

As concentrações de cobre nos pontos de coleta deste rio nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) variaram de 0,000 mg.L⁻¹ a 0,137 mg.L⁻¹ (Tabela 5.39).

Tabela 5.39: Resultados de cobre no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,01±0,02	0,000	0,061
	FEV-PM	06	0,02±0,02	0,000	0,035
	MAI-BM	06	0,08±0,03	0,044	0,124
	MAI-PM	06	0,10±0,03	0,063	0,137
	AGO-BM	06	0,04±0,05	0,000	0,124
	AGO-PM	06	0,01±0,02	0,000	0,045
	NOV-BM	06	0,01±0,01	0,001	0,032
	NOV-PM	06	0,00±0,00	0,000	0,006

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas pequenas oscilações nas concentrações médias de cobre em relação às marés baixa-mar e preamar em ambos os períodos sazonais (Tabela 5.39).

Os meses que apresentaram maiores concentrações de cobre foram os meses de maio e agosto, enquanto fevereiro e novembro apresentaram concentrações menores, a maior ocorrência de chuvas no mês de maio pode ser o fator responsável pelo aumento nas concentrações de cobre no rio neste período, enquanto no mês de agosto (período menos chuvoso) este comportamento pode estar relacionado à influência das águas do rio Pará, que com seu movimento pode ter inserido cobre de suas águas para o rio Arienga (Figura 5.38).

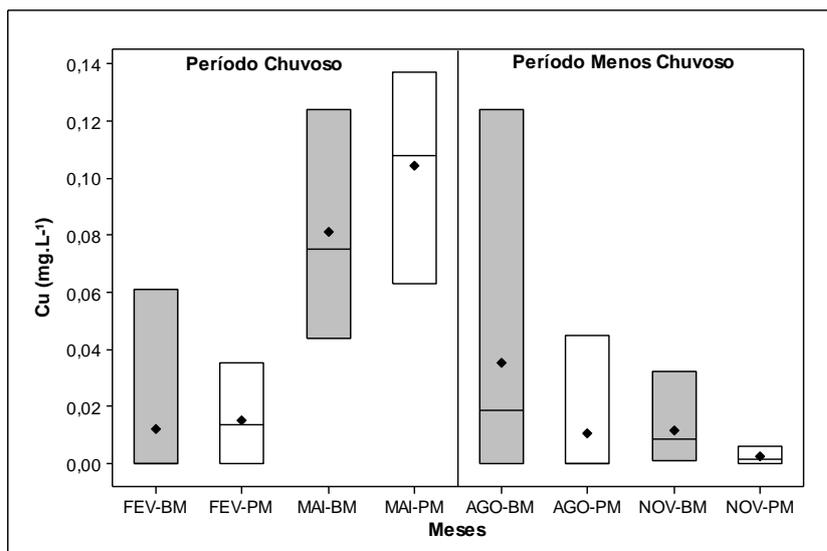


Figura 5.38: Comparação sazonal dos valores de cobre no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.21.2 Rio Murucupí

As concentrações de cobre encontradas nos pontos de coleta do rio Murucupí nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) variaram entre $0,000 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,333 \text{ mg.L}^{-1}$ em todos os pontos de amostragem (Tabela 5.40).

Tabela 5.40: Resultados de cobre no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	$X \pm DP$	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	$0,04 \pm 0,06$	0,000	0,147
	FEV-PM	07	$0,16 \pm 0,11$	0,044	0,333
	MAI-BM	07	$0,00 \pm 0,00$	0,000	0,000
	MAI-PM	07	$0,00 \pm 0,00$	0,000	0,000
	AGO-BM	07	$0,00 \pm 0,00$	0,000	0,010
	AGO-PM	07	$0,00 \pm 0,00$	0,000	0,008
	NOV-BM	07	$0,01 \pm 0,00$	0,004	0,011
	NOV-PM	07	$0,01 \pm 0,00$	0,004	0,010

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Os resultados de cobre tiveram comportamento similar aos de outros metais como bário, cobalto e cromo, não sendo observadas variações dos resultados médios nos meses de coleta em relação às marés baixa-mar e preamar, com excessão dos resultados observados no mês de fevereiro, onde suas médias tiveram maior discrepância (Tabela 5.40).

As maiores concentrações de cobre foram encontradas no mês de fevereiro (período chuvoso), assim como as concentrações de outros metais já mencionados, indicando que o maior volume de chuvas ocorridos na região nesse período pode ter interferido para que suas concentrações tenham aumentado, onde através da lixiviação o escoamento destes metais para os rios torna-se maior (Figura 5.39).

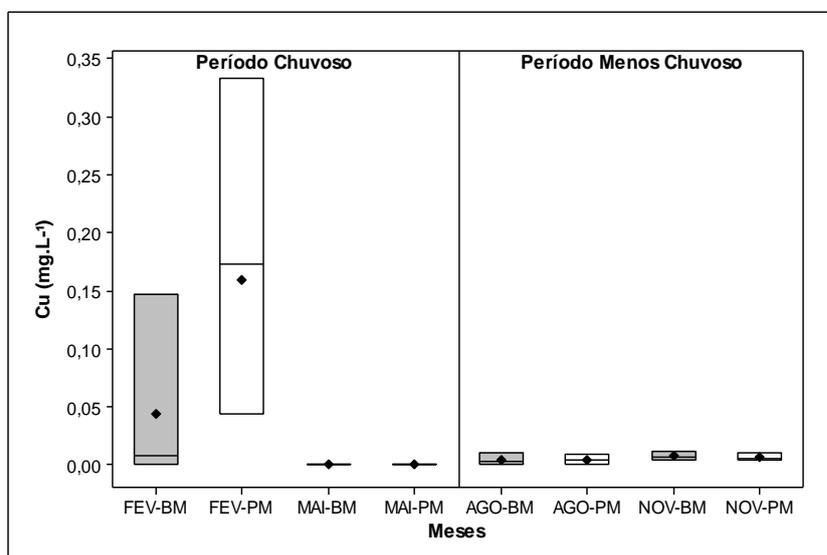


Figura 5.39: Comparação sazonal dos valores de cobre no rio Murucupí na baixa-mar e preamar de 2011.

5.22. FERRO

5.22.1 Rio Arienga

As concentrações de ferro nos pontos de coleta deste rio nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) variaram de 0,058 mg.L⁻¹ a 0,675 mg.L⁻¹ (Tabela 5.41).

Tabela 5.41: Resultados de ferro no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,35±0,17	0,204	0,675
	FEV-PM	06	0,30±0,10	0,189	0,482
	MAI-BM	06	0,32±0,09	0,193	0,444
	MAI-PM	06	0,30±0,07	0,225	0,395
	AGO-BM	06	0,34±0,08	0,215	0,434
	AGO-PM	06	0,32±0,057	0,241	0,402
	NOV-BM	06	0,09±0,03	0,058	0,135
	NOV-PM	06	0,12±0,04	0,081	0,162

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas variações nas concentrações médias de ferro em relação às marés baixa-mar e preamar em ambos os períodos sazonais (Tabela 5.41).

No entanto, podemos perceber claramente a interferência da sazonalidade onde os valores máximos de ferro ocorreram no mês de fevereiro (período chuvoso) e os valores mínimos no mês de novembro (período menos chuvoso) (Figura 5.40).

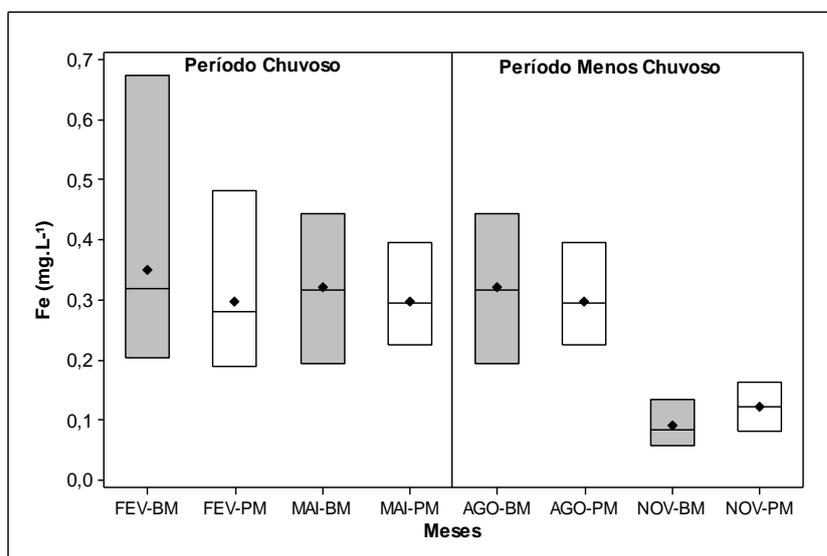


Figura 5.40: Comparação sazonal dos valores de ferro no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.22.2. Rio Murucupí

Os resultados de ferro encontrados nos pontos de coleta do rio Murucupí nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011 de acordo com a tabela 5.21. variaram entre 0,082 mg.L⁻¹ e 0,889 mg.L⁻¹ em todos os pontos de amostragem.

Tabela 5.42: Resultados de ferro no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	0,37±0,08	0,267	0,535
	FEV-PM	07	0,34±0,05	0,269	0,423
	MAI-BM	07	0,25±0,09	0,082	0,373
	MAI-PM	07	0,24±0,06	0,182	0,356
	AGO-BM	07	0,43±0,08	0,343	0,552
	AGO-PM	07	0,42±0,07	0,336	0,528
	NOV-BM	07	0,42±0,30	0,141	0,889
	NOV-PM	07	0,23±0,16	0,089	0,550

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Os resultados médios de ferro sofreram pequenas oscilações nos meses de coleta em relação às marés baixa-mar e preamar em todos os meses de coleta, com excessão do mês de novembro, onde seus valores médios foram mais distintos (Tabela 5.42).

A influência da sazonalidade pôde ser observada através de suas concentrações encontradas, visto que, as maiores concentrações de ferro foram encontradas nos meses de agosto e novembro (período menos chuvoso) , comportamento distinto ao do rio Arienga, onde suas maiores concentrações foram observadas no período chuvoso, logo, podemos inferir que a sazonalidade tem influência em relação à concentração deste metal, pois, a menor ocorrência de chuvas faz com que ocorra menor diluição do metal nas águas do rio (Figura 5.41).

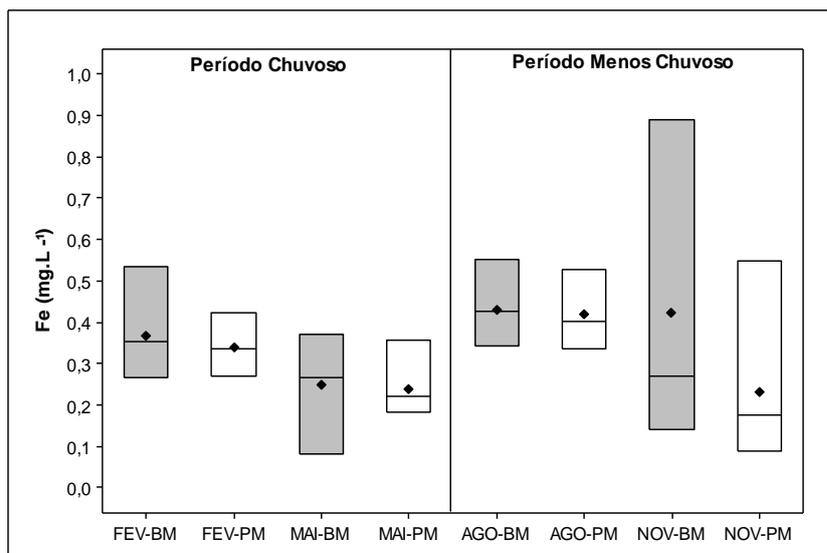


Figura 5.41: Comparação sazonal dos valores de ferro no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.23. MANGANÊS

5.23.1 Rio Arienga

As concentrações de manganês nos pontos de coleta deste rio nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) variaram de 0,000 mg.L⁻¹ a 0,027 mg.L⁻¹ (Tabela 5.43).

Tabela 5.43: Resultados de manganês no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,01±0,01	0,002	0,013
	FEV-PM	06	0,01±0,01	0,000	0,027
	MAI-BM	06	0,01±0,00	0,002	0,015
	MAI-PM	06	0,01±0,00	0,000	0,011
	AGO-BM	06	0,01±0,01	0,001	0,015
	AGO-PM	06	0,01±0,01	0,000	0,016
	NOV-BM	06	0,01±0,01	0,004	0,021
	NOV-PM	06	0,01±0,01	0,001	0,021

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Não foram observadas variações nas concentrações médias de manganês em relação às marés baixa-mar e preamar em ambos os períodos sazonais (chuvoso e menos chuvoso) (Tabela 5.43).

A maior concentração de manganês no rio Arienga, assim como o ferro, ocorreu no mês de fevereiro (período chuvoso), o que pode estar relacionado à maior quantidade de chuvas na região e possível aumento de manganês em virtude da lixiviação do solo da região para o rio (Figura 5.42).

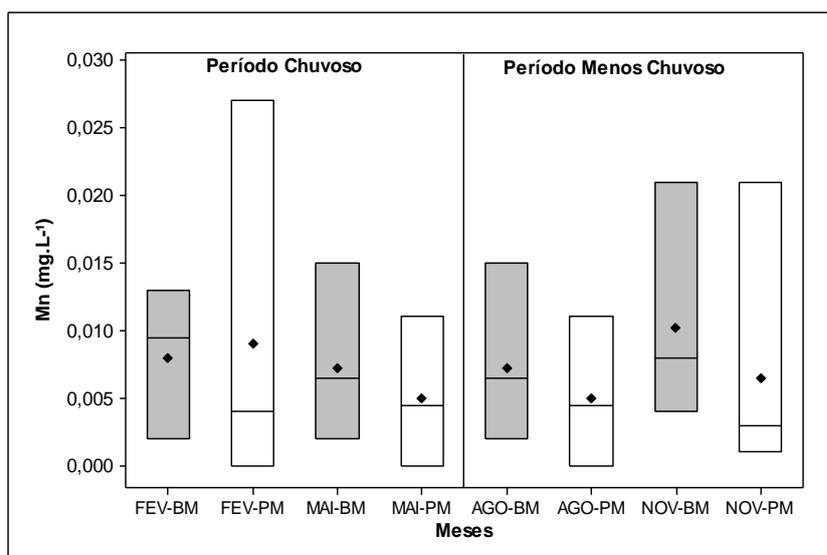


Figura 5.42: Comparação sazonal dos valores de manganês no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.23.2 Rio Murucupí

Os valores de manganês encontrados nos pontos de coleta do rio Murucupí nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) de 2011 variaram entre $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,076 \text{ mg.L}^{-1}$ em todos os pontos de amostragem (Tabela 5.44).

Tabela 5.44: Resultados de manganês no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	0,04±0,02	0,015	0,058
	FEV-PM	07	0,04±0,03	0,016	0,076
	MAI-BM	07	0,01±0,01	0,002	0,023
	MAI-PM	07	0,02±0,01	0,002	0,027
	AGO-BM	07	0,01±0,01	0,005	0,029
	AGO-PM	07	0,01±0,01	0,002	0,028
	NOV-BM	07	0,04±0,02	0,009	0,055
	NOV-PM	07	0,02±0,02	0,003	0,055

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

Foram observadas oscilações nas concentrações médias de manganês em relação às marés baixa-mar e preamar nos meses de maio (período chuvoso) e agosto (período menos chuvoso) (Tabela 5.44).

Podemos observar que os rios Arienga e Murucupí tiveram comportamentos similares em relação à concentração de manganês em suas águas, onde verificamos que os valores máximos do metal foram obtidos no mês de fevereiro (período chuvoso) e foram superiores aos encontrados nos outros meses de coleta, logo, podemos observar a influência da sazonal na região (Figura 5.43).

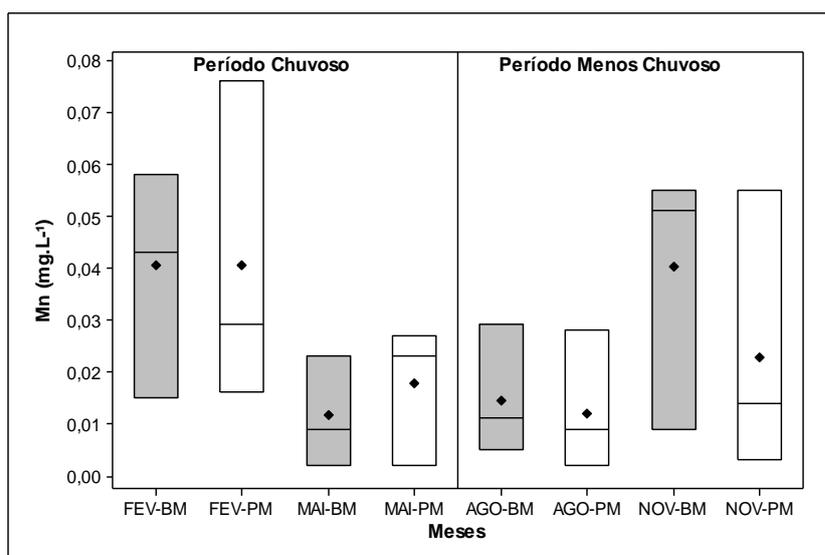


Figura 5.43: Comparação sazonal dos valores de manganês no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.23. ZINCO

5.23.1 Rio Arienga

As concentrações de zinco nos pontos de coleta deste rio nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) realizadas no ano de 2011 variaram de 0,000 mg.L⁻¹ a 0,086 mg.L⁻¹ (Tabela 5.45).

Tabela 5.45: Resultados de zinco no rio Arienga marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
ARIENGA	FEV-BM	06	0,02±0,01	0,011	0,034
	FEV-PM	06	0,03±0,01	0,020	0,038
	MAI-BM	06	0,06±0,02	0,032	0,075
	MAI-PM	06	0,06±0,02	0,032	0,084
	AGO-BM	06	0,06±0,02	0,033	0,075
	AGO-PM	06	0,06±0,02	0,035	0,086
	NOV-BM	06	0,00±0,00	0,000	0,007
	NOV-PM	06	0,01±0,02	0,000	0,043

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

As concentrações médias de zinco tiveram pequenas oscilações em relação às marés baixa-mar e preamar em ambos os períodos sazonais (Tabela 5.45).

Por outro lado, as maiores concentrações de zinco foram registradas nos meses de maio (período chuvoso) e agosto (período menos chuvoso), indicando tanto interferência das chuvas, onde através da lixiviação do solo ocorre a inserção de zinco nas águas dos rios, quanto contribuição de efluentes de um modo geral, assim como, inserção do metal através da mistura das águas do rio Arienga com outras drenagens (Figura 5.44).

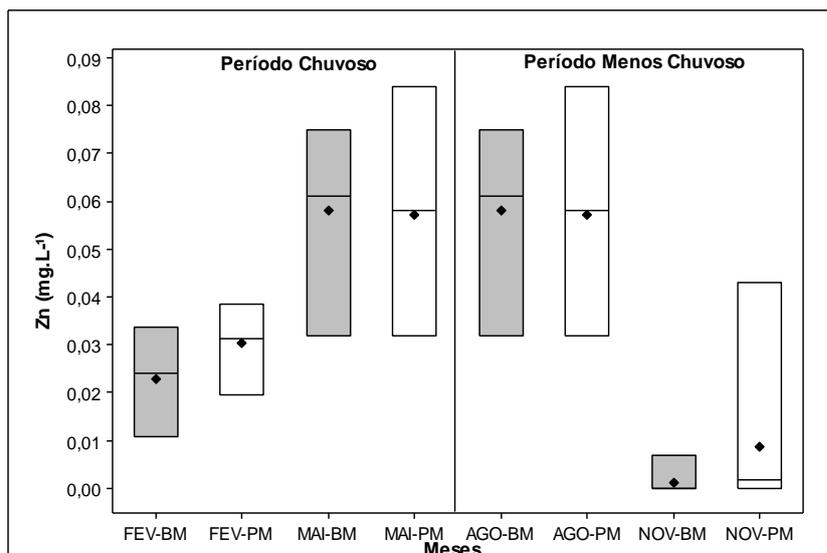


Figura 5.44: Comparação sazonal dos valores de zinco no rio Arienga na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.23.2 Rio Murucupí

As concentrações de zinco nos pontos de coleta deste rio nas quatro campanhas de amostragem (fevereiro, maio, agosto e novembro) realizadas no ano de 2011 variaram de 0,000 mg.L⁻¹ a 0,071 mg.L⁻¹.

Tabela 5.46: Resultados de zinco no rio Murucupí marés baixa-mar (BM) e preamar (PM) dos meses de fevereiro (FEV), maio (MAI), agosto (AGO) e novembro (NOV) de 2011.

RIO	MÊS/MARÉ	N	X±DP	MINIMO	MÁXIMO
MURUCUPÍ	FEV-BM	07	0,00±0,00	0,000	0,000
	FEV-PM	07	0,00±0,00	0,000	0,000
	MAI-BM	07	0,00±0,01	0,000	0,022
	MAI-PM	07	0,01±0,00	0,000	0,015
	AGO-BM	07	0,06±0,01	0,055	0,071
	AGO-PM	07	0,06±0,01	0,049	0,065
	NOV-BM	07	0,01±0,01	0,006	0,031
	NOV-PM	07	0,02±0,01	0,005	0,047

N: Número de pontos de amostragem; X: Média e DP: Desvio Padrão.

De acordo com a tabela 5.46 podemos observar que as concentrações médias de zinco mantiveram-se próximas durante os meses de coleta nas marés

baixa-mar e preamar em ambos os períodos, com excessão do mês de fevereiro, onde as concentrações foram zero .

No entanto, as maiores concentrações de zinco foram registradas no mês de agosto (período menos chuvoso), indicando que a diminuição nos volumes de chuvas neste período, implica na maior concentração do metal nas águas do rio Murucupí. De acordo com essas observações podemos inferir que a sazonalidade pode estar influenciando na disponibilidade de zinco para o rio (Figura 5.45).

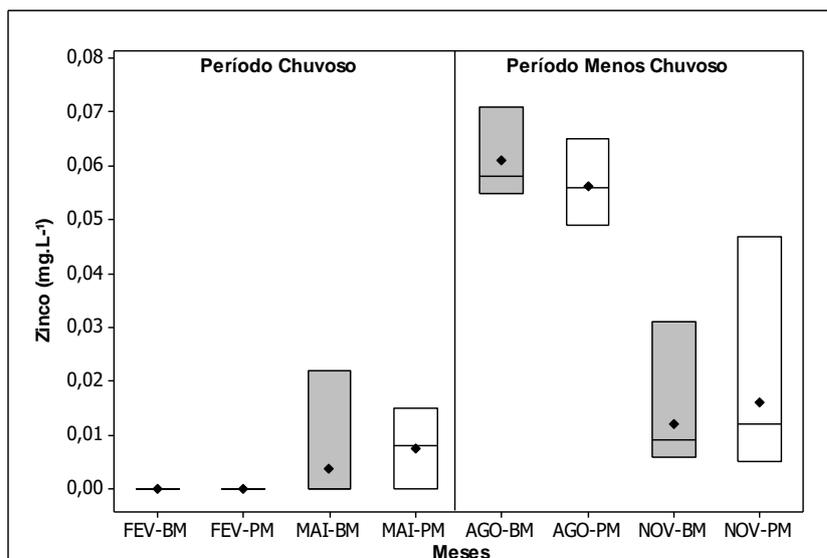


Figura 5.45: Comparação sazonal dos valores de zinco no rio Murucupí na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de 2011.

5.24. ANÁLISE MULTIVARIADA

5.24.1. Análises de agrupamentos hierárquicos e componentes principais sobre os dados das variáveis determinadas nos rios Arienga e Murucupí no período chuvoso para condições de maré baixa-mar e preamar.

A Figura 5.46 representa a avaliação sobre os dados das variáveis determinadas no período chuvoso para condições de marés baixa-mar e preamar nos rios Arienga e Murucupí, aplicando-se análise de agrupamento hierárquico utilizando-se a distância euclidiana por ligação completa para a formação de grupos.

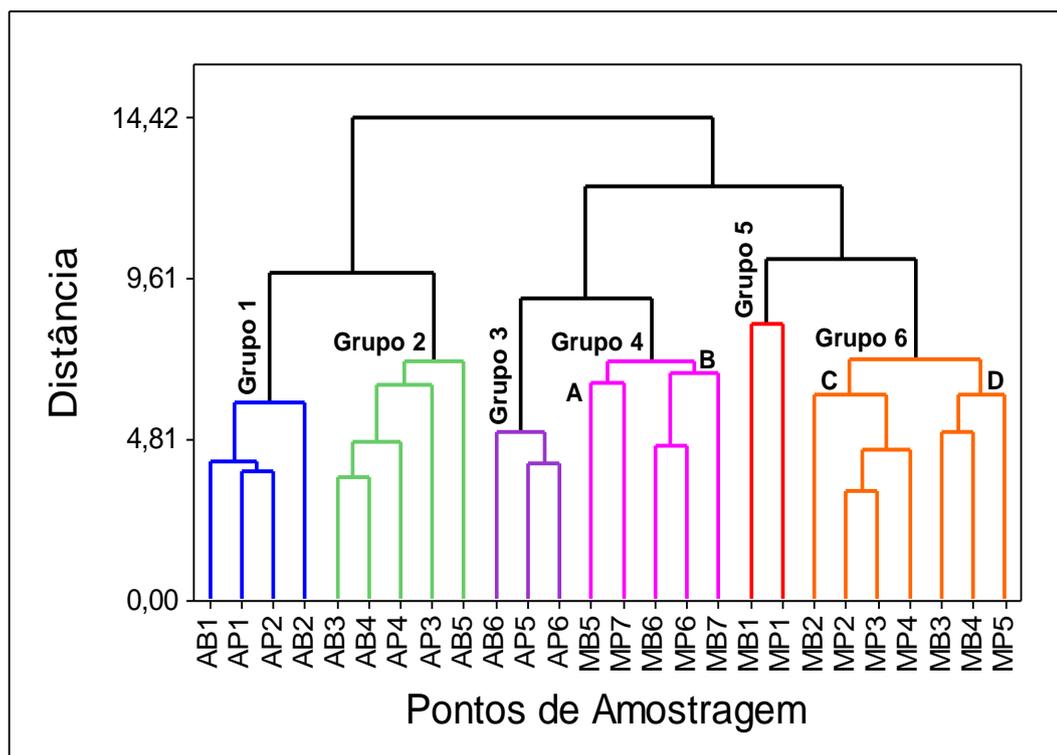


Figura 5.46: Análise de agrupamento hierárquico (distância euclidiana) sobre os dados das variáveis determinadas no período chuvoso em condições de marés baixa-mar e preamar em 2011.

Os resultados referentes ao período chuvoso conforme o dendrograma da Figura 5.46, demonstram a formação de seis grupos (1, 2, 3, 4, 5 e 6).

O grupo 1 (AB1, AB2, AP1 e AP2) apresentou distanciamento de 9,75 em relação ao grupo 2 (AB3, AB4, AB5, AP3 e AP4) e ambos com distanciamento de 14,42 em relação aos grupos 3 (AB6, AP5 e AP6), 4 (MB5, MB6, MB7, MP6 e MP7), 5 (MB1 e MP1) e 6 (MB2, MB3, MB4 e MP2 a MP5). O grupo 3 se distanciou do grupo 04 em 9,01 e ambos com distanciamento de 12,38 em relação aos grupos 5 e 6 e, finalmente, o grupo 5 com distanciamento de 10,20 em relação ao grupo 6.

Os grupos 1 e 2 foram formados exclusivamente por pontos de amostragem do rio Arienga, já os grupos 5 e 6 pelos pontos de amostragem do rio Murucupi, porém, os grupos 3 e 4, foram formados por pontos de amostragem correspondentes às fóz destes corpos hídricos.

O grupo 4 apresentou dois subgrupos formados (A e B) com aproximação entre os mesmos de 7,12, mostrando características hidroquímicas semelhantes no período chuvoso nestes subgrupos, isto é, semelhança hidroquímica nos pontos de amostragem mais próximos da fóz do rio Murucupí.

No grupo 6 observa-se a formação de dois subgrupos (C e D) com distanciamento entre os mesmos de 7,20, denotando características hidroquímicas semelhantes em pontos de amostragem intermediários do rio Murucupí.

O que pode ser observado é que, os rios Arienga e Murucupí no período chuvoso apresentaram características hidroquímicas diferentes nas extensões avaliadas, ou seja, três situações diferentes de qualidade para essas águas.

Considerando-se as condições de marés baixa-mar e preamar, nota-se que estes rios no período chuvoso apresentaram características hidroquímicas que se assemelharam próximas as suas fôz, possivelmente pela grande contribuição das águas do rio Pará, que descarrega grandes volumes d'água nas fôz destes rios, características observadas na Figura 5.46, conforme a aproximação entre os grupos 3 e 4. Contudo, a partir dos pontos mais próximos de suas nascentes, observa-se uma transição hidroquímica provavelmente em função de contribuições tributárias ao longo de suas extensões, movimentos acíclicos de marés, maior adensamento de vegetação em suas margens, dentre determinados fatores, tais como: lançamento de esgotos domésticos e industriais, lixiviação de excrementos animais e outros.

Na Figura 5.47-A, referente à análise de componentes principais dos tipos *score plot* e *loading plot*, foi possível identificar os mesmos grupos formados no dendrograma da Figura 5.46. Considerando-se os quadrantes no sentido anti-horário na Figura 5.47-A, através da PC1 (45,7%) ocorreu ótima separação entre os grupos 1, 2 e 3 no segundo e terceiro quadrante, nos quais observa-se os pontos de amostragem do rio Arienga e também dos grupos 4, 5 e 6 no primeiro e quarto quadrante, definidos pelos pontos de amostragem do rio Murucupí. Também ficou mais evidenciado como ponto isolado o grupo 5 (MB1 e MP1), confirmando-se que o mesmo possui características diferenciadas em relação aos grupos formados no trecho de avaliação hidroquímica do rio Murucupí.

Nesse panorama geral, pode-se destacar de imediato que as características das águas são diferenciadas. Através da PC2 (15,2%) foi possível estabelecer uma separação satisfatória entre os grupos 2, 3 e 4 no primeiro e segundo quadrantes, com exceção para o ponto de amostragem 03 do rio Arienga correspondente ao grupo 2, mas alocados no terceiro quadrante, observando-se nestes pontos a ocorrência da transição nas características hidroquímicas das águas do rio Arienga. Também observa-se a partir da PC2 (15,2%), a separação entre os grupos 1, 5 e 6

no terceiro e quarto quadrantes, com exceção para o ponto de amostragem 03 (baixa-mar) do rio Murucupí correspondente ao grupo 6, mas alocado no primeiro quadrante.

Na Figura 5.47-B, referente a análises de componentes principais do tipo *loading plot*, ficou delineado que os níveis de oxigênio dissolvido e Ferro representaram os principais fatores para a formação do grupo 3 no rio Arienga no período chuvoso, ou seja, este rio apresentou no trecho avaliado características diferenciadas para o OD e Ferro nos meses de fevereiro e maio, com incremento dos níveis no sentido nascente-fóz. Esses resultados são coerentes, pois os níveis de OD e Ferro aumentaram próximo de sua da fóz no rio Pará, possivelmente pela maior área de aeração e miscegenação e aporte de materiais em suspensão nessas águas, principalmente no mês de maio de 2011, quando a intensidade pluviométrica foi maior na área de estudo .

Comparando-se os valores das variáveis registrados no período chuvoso (fevereiro e maio), observa-se que no mês de maio de 2011, houve uma redução nos níveis de Alumínio e incremento nos níveis de Bário, Cobalto, Cobre e Zinco, onde tais alterações foram fundamentais para a formação dos grupos 1 e 2 (ver Figura 5.47-B). A disponibilidade de alguns elementos neste corpo hídrico, talvez tenha ocorrido principalmente em função do valores mais baixos de pH registrados neste período no trecho de amostragem próximo das nascentes do rio Arienga.

Acerca da formação dos grupos 4, 5 e 6 referentes ao rio Murucupí, observa-se a influência direta nas características hidroquímicas dessas águas, das variáveis pH, temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, sal, DBO, amônia, nitrito, nitrato, fosfato, sulfato, dureza, bário, cobre, cobalto, potássio, manganês e sódio. Esses resultados são coerentes com as observações de campo, as quais descrevem o contínuo lançamento de esgotos domésticos no rio Murucupi produzidos pelas comunidades em seu entorno, sem contar, os frequentes impactos ambientais ocasionados pelo derramamento de rejeitos químicos perigosos nessas águas, armazenados em grandes bacias de resíduos industriais localizadas nesta área de estudo. Estes fatos e outros, condicionam características hidroquímicas diferenciadas para essas águas, principalmente no ponto de amostragem 01, no qual, a partir das atividades de campo, observou-se maior descarga de poluentes provenientes de esgotos domésticos.

Silva *et al.* (2009) em seu estudo na bacia do rio Ocoí, utilizou como ferramenta para a avaliação de seus dados, a Análise de Componentes Principais (PCA), de acordo com seus resultados obtidos constatou que fontes difusas de poluição são predominantes no período chuvoso.

A Análise de Componentes principais também foi a ferramenta utilizada por Zimmerman *et al.* (2008) para avaliar a qualidade das águas do rio Tibagi em Ponta Grossa, onde observou a deterioração do corpo hídrico através de fontes pontuais e difusas, em pontos mais próximos do distrito industrial da cidade.

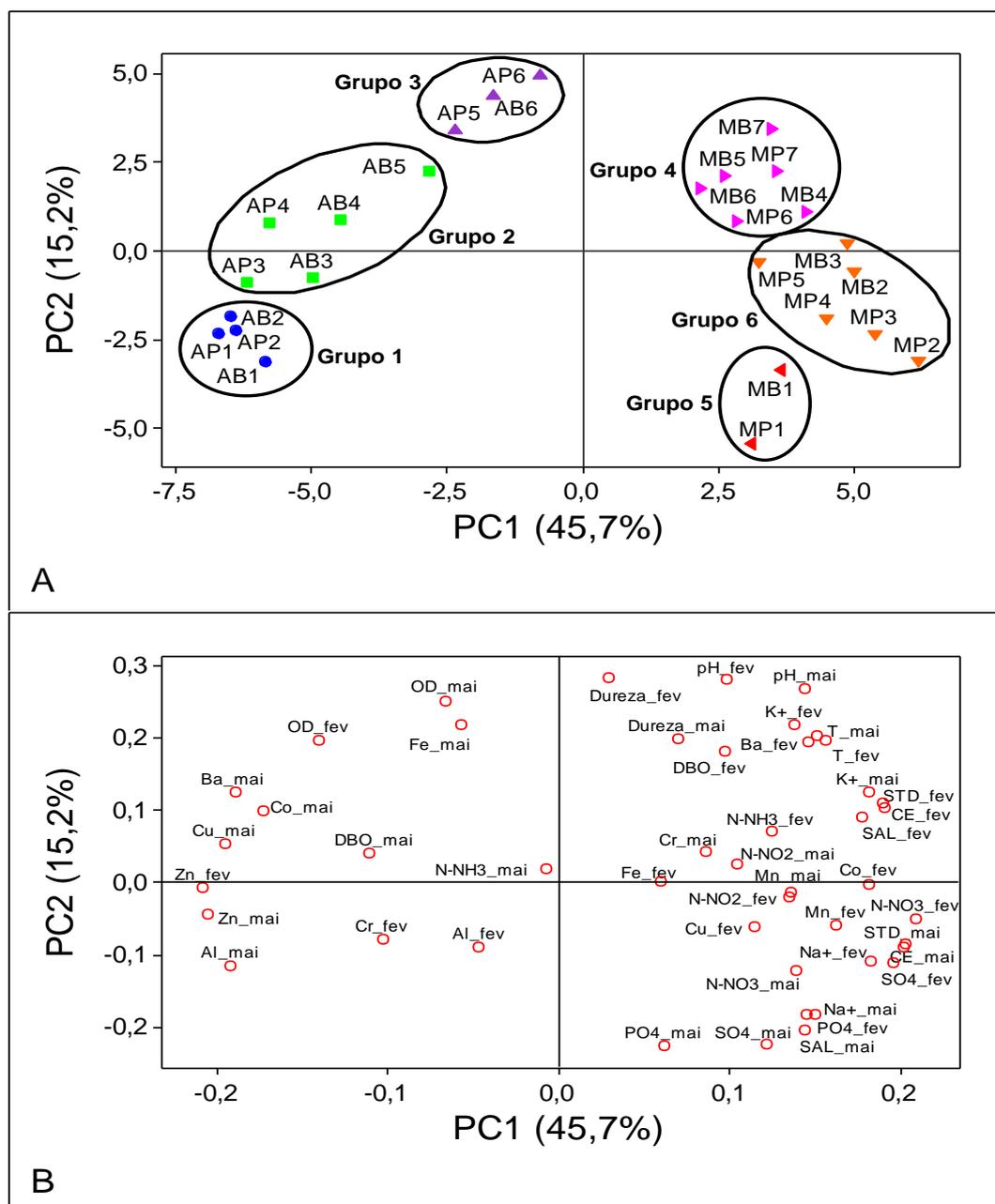


Figura 5.47: Análise de componentes principais do tipo *score plot* (A) e *loading plot* (B) sobre os dados das variáveis determinadas no período chuvoso em condições de marés baixa-mar e preamar em 2011.

5.24.2. Análises de agrupamentos hierárquicos e componentes principais sobre os dados das variáveis determinadas nos rios Arienga e Murucupí no período menos chuvoso para condições de marés baixa-mar e preamar.

A Figura 5.48 representa a avaliação sobre os dados das variáveis determinadas no período menos chuvoso para condições de marés baixa-mar e preamar nos rios Arienga e Murucupí, aplicando-se análise de agrupamento hierárquico utilizando-se a distância euclidiana por ligação completa para a formação de grupos.

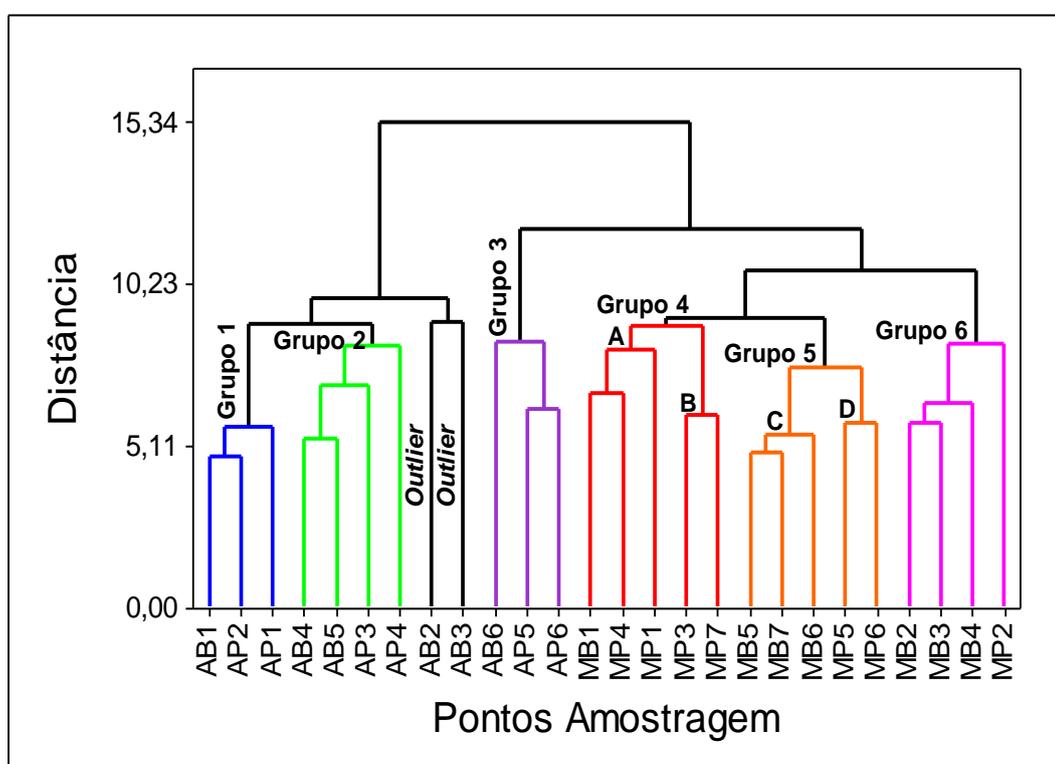


Figura 5.48: Análise de agrupamento hierárquico (distância euclidiana) sobre os dados das variáveis determinadas no período menos chuvoso em condições de marés baixa-mar e preamar em 2011.

Neste dendrograma referente ao período menos chuvoso (Figura 5.48), foram formados seis (06) grupos (1, 2, 3, 4, 5 e 6). Os grupos 1 (AB1, AP1 e AP2), 2 (AB4, AB5, AP3 e AP4) e 3 (AB6, AP5 e AP6), assim como, os dois *outliers* (AB2 e AB3), foram formados pelos pontos de amostragem exclusivamente do rio Arienga. Os grupos 4 (MB1, MP1, MP3, MP4 e MP7), 5 (MB5 à MB7 e MP5 e MP6) e 6 (MB2 à MB4 e MP2), foram formados pelos pontos de amostragem exclusivamente do rio Murucupí.

O grupo 1 apresentou um distanciamento de 8,99 em relação ao grupo 2, enquanto que, os grupos 1 e 2 distanciaram-se em 15,34 em relação aos grupos 3, 4, 5 e 6. O grupo 3 se distanciou em 11,96 em relação aos grupos 4, 5 e 6, tendo os grupos 4 e 5 uma separação de 10,64 do grupo 6 e, finalmente, um distanciamento de 9,14 entre os grupos 4 e 5.

Nos grupos 4 e 5 correspondentes à pontos de amostragem alocados no rio Murucupí, formaram-se os subgrupos A-B (8,88) e C-D (7,55) respectivamente, observando-se na Figura 5.49 A que apesar da formação, ocorreu uma certa homogeneidade nas características hidroquímicas dessas águas, possivelmente pela menor influência das águas das chuvas e conseqüentemente maior concentração das variáveis no decorrente período. Percebendo-se a maior influência do lançamento de esgoto e outros interferentes no entorno dessa área, conforme relatos anteriores.

Na Figura 5.49-A, referente à análise de componentes principais dos tipos *score plot* e *loading plot*, foi possível identificar os mesmos grupos formados no dendrograma da Figura 5.48. Considerando-se o sentido anti-horário na Figura 5.49-A, nas PC1 (36,7%) e PC2 (11,1%), ocorreram ótimas separações de todos os grupos formados. Observando-se a separação dos grupos 1, 2 e 3 no primeiro e quarto quadrantes, assim como, dos *outliers* no primeiro quadrante, os quais, apresentaram características hidroquímicas mais semelhantes ao grupo 1, ambos os grupos e *outliers* formados por pontos de amostragem do rio Arienga.

Também observou-se ótimas separações e formações dos grupos 4, 5 e 6, visualizando-se este agrupamento principalmente no segundo quadrante, com alguns pontos distribuídos no terceiro quadrante. O agrupamento destes pontos de amostragem referentes ao rio Murucupí observado nos segundo e quarto quadrantes da Figura 5.49-A, no geral, denota-se que as características hidroquímicas foram semelhantes nas águas do rio Murucupí no período menos chuvoso, ratificando a homogeneidade no trecho avaliado no decorrente período, apesar dos pontos de amostragem mais próximos de suas nascentes (01 baixa-mar e preamar) e foz (06 preamar), terem apresentado um leve distanciamento em relação aos outros pontos.

Na Figura 5.49-B, referente a análises de componentes principais do tipo *loading plot*, ficou delineado que, no período menos chuvoso, os níveis de amônia

representaram os principais fatores para a formação dos *outliers* (AB2 e AB3) no rio Arienga.

Comparando-se com os valores das variáveis registradas no período chuvoso (fevereiro e maio), observa-se que houve uma redução nos níveis de Alumínio, um certo equilíbrio nos valores de DBO e incremento nos níveis de bário, cobalto, cobre, zinco e amônia, os quais foram fundamentais para a formação do grupo 1 (ver Figura 5.49-B). A disponibilidade de alguns elementos neste corpo hídrico, talvez tenha ocorrido principalmente em função dos valores mais baixos de pH registrados neste período no trecho de amostragem próximo das nascentes do rio Arienga. Observa-se também que as variáveis nitrito, amônia, DBO, alumínio, cobalto, cromo e sódio tiveram certa relevância para a formação dos grupos 2 e 3 (Figura 5.49-B).

Acerca da formação dos grupos 4, 5 e 6 referentes ao rio Murucupí, observa-se a influência direta nas características hidroquímicas dessas águas, das variáveis pH, temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, DBO, amônia, nitrito, nitrato, fosfato, sulfato, dureza, bário, cobre, cobalto, potássio, manganês e sódio. Esses resultados são coerentes com as observações de campo, as quais descrevem o contínuo lançamento de esgotos domésticos no rio Murucupi produzidos pelas comunidades em seu entorno, sem contar, os frequentes impactos ambientais ocasionados pelo derramamento de rejeitos químicos perigosos nessas águas, armazenados em grandes bacias de resíduos industriais localizadas nesta área de estudo. Estes fatos e outros, condicionam características hidroquímicas diferenciadas para essas águas.

A Análise de Componentes Principais foi a ferramenta utilizada por alguns autores para a avaliação da qualidade da água de alguns rios, verificando se estes estavam sendo impactados ou não por ações antrópicas, Santana e Barroncas (2007) utilizaram esta ferramenta para verificar se as águas da Bacia do Tarumã-Açú estavam sendo poluídas por metais provenientes de chorumes, de um lixão próximo à bacia e constataram que ocorria uma diferenciação na qualidade da água entre os pontos amostrados, assim como indicaram que o corpo hídrico ainda é capaz de reduzir o impacto do aterro sanitário. Queiroz *et al.* (2009) em estudo no rio Solimões e seus afluentes, utilizaram a Análise de Componentes Principais para verificar a composição química de suas águas e concluíram que as águas dos rios e igarapés

da região central da Amazônia são quimicamente distintas entre si, onde, o meio ambiente lixiviante com alta pluviosidade da Amazônia é o responsável pela composição química de suas águas e indica a variabilidade do ambiente geológico e hidrológico em que estão situadas, uma vez que não foi constatada atuação antrópica.

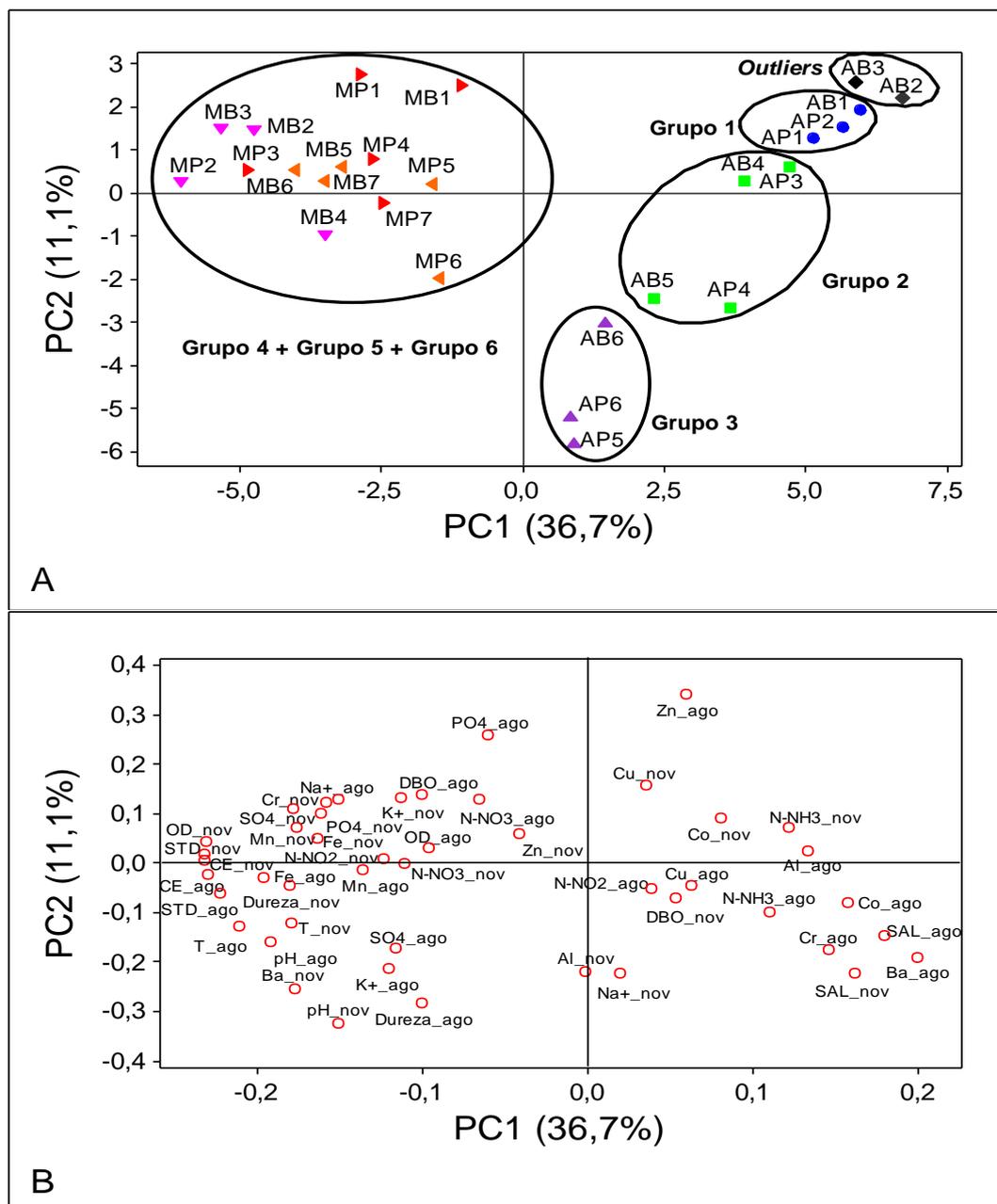


Figura 5.49: Análise de componentes principais do tipo *score plot* (A) e *loading plot* (B) sobre os dados das variáveis determinadas no período menos chuvoso em condições de marés baixa-mar e preamar em 2011.

6. DISCUSSÃO

6.1. TEMPERATURA

Em estudos realizados nos rios amazônicos foram registrados valores de temperatura que apresentaram características semelhantes aos valores registrados nos rios Arienga e Murucupí, isto é, valores entre 25 e 34 °C (HORBE *et al.*, 2005 e QUEIRÓZ *et al.*, 2009).

Pereira *et al.* (2010) realizou estudo no rio Caeté, município de Bragança-Pa e encontrou valores de temperatura encontrados entre 26,10 °C e 28,9 °C.

Alves *et al.* (2012) avaliou a qualidade das águas superficiais do rio Arari (Ilha de Marajó-Pa) no ano de 2009 em quatro campanhas de amostragem nos meses de abril e maio (período chuvoso) e setembro e novembro (período seco), onde encontrou valores de temperatura que variaram entre 27 e 31 °C, nos períodos chuvoso e seco, respectivamente.

De acordo com Waichman (2002) as condições climáticas da região de estudo é o principal responsável pela variação de temperatura das águas superficiais, estas temperaturas podem variar de acordo com a profundidade do rio e hora do dia, assim como, pode afetar as características físicas, químicas e biológicas do ecossistema.

Para Alves *et al.* (2012) as temperaturas das águas dos ambientes amazônicos oscilam de acordo a amplitude de variação diária que é maior do que a amplitude sazonal, onde, no período chuvoso em virtude da presença de nuvens na maior parte do dia a incidência dos raios solares são menores, logo, ocorre a diminuição da temperatura das águas superficiais, enquanto no período menos chuvoso, a maior incidência de raios solares nas águas faz com que sua temperatura aumente, fato verificado no presente trabalho.

6.2. pH

Os rios Arienga e Murucupí apresentaram valores de pH que estiveram de acordo com valores de pH encontrados em outros rios da região amazônica, ambos apresentaram na maioria das vezes águas com características ácidas pH < 7,0.

As águas Amazônicas apresentam valores de pH ácidos de 4,7 a 5,5, devido à influência da lixiviação dos solos e a grande presença da matéria orgânica do ambiente que se decompõe e forma ácidos orgânicos (ESTEVES 1998; CUNHA e PASCOALOTO, 2009; PINTO *et al.*, 2009; ALVES *et al.*, 2012).

Queiróz *et al.* (2009) encontrou valores de pH que variaram entre 6,5 e 7,0 no rio Solimões e Purus; em afluentes do rio Purus o pH variou entre 5,3 e 6,7. Horbe *et al.* (2005) realizou o estudo da hidroquímica de drenagens no Município de Manaus-Amazonas e encontrou valores de pH que variaram na faixa de 3,8 a 4,1 no período chuvoso e 4,8 a 5,4 no período seco.

O caráter ácido dessas águas, pode estar relacionado à presença de ácidos húmicos e fúlvicos provenientes da vegetação ciliar e também da presença de matéria orgânica dissolvida que faz com que os mesmos tornem-se mais ácidos (SIOLI, 1985; QUEIRÓZ *et al.*, 2009).

Alves *et al.* . (2012) avaliou a qualidade das águas superficiais do rio Arari (Ilha de Marajó-Pa), onde foram obtidos valores de pH entre 5,22 e 6,28 nos períodos chuvoso e menos chuvoso, respectivamente.

Segundo Sioli e Klinge.(1962) e Queiróz *et al.*.(2009) águas que possuem pH entre 4,0 e 7,0 são classificadas como águas claras, enquanto que águas com pH em torno de 4,0 são classificadas como negras, logo, podemos constatar que as águas dos rios Arienga e Murucupí estão enquadradas nestas duas classificações, em virtude da heterogeneidade observada em seus valores de pH.

6.3. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

De acordo com os resultados de condutividade obtidos nos rios Arienga e Murucupí, podemos perceber uma diferença no comportamento da água dos dois rios, onde verificamos maiores valores de condutividade no rio Murucupí, indicando maior presença de sólidos e sais dissolvidos na água, este fato, pode estar relacionado à presença de esgotos domésticos e industriais que estão presentes ao longo do rio.

Valores de condutividade encontrados em outros rios da região amazônica estiveram próximos aos registrados nos rios Arienga e Murucupí, como por exemplo o registrado por Queiróz *et al.* (2009) de 26,2 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ nas águas do rio Purus

(Amazonas); e de $7,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $593 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no rio Negro (Manaus) por Pinto *et al.* (2009).

Horbe *et al.* (2013) encontraram valores de condutividade no rio Madeira compreendidos entre $82,2$ e $96 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período seco e $20,5$ e $23,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período chuvoso, águas com condutividades similares às do rio Arienga e Murucupí, assim como as encontradas por Lages *et al.* (2013) nas águas de rios do sudeste do Amazonas, que registraram variação de 18 a $33,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período de transição para o período chuvoso, enquanto na transição para o menos chuvoso foram observadas águas menos condutivas variando entre $8,2$ e $19,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

6.4. SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)

As águas dos rios Arienga e Murucupí apresentaram valores de STD similares aos encontrados em outros estudos realizados na região amazônica, no entanto, vale lembrar que o rio murucupí registrou concentrações de STD maiores que as registradas no Arienga, talvez pelo fato de o rio Murucupí ser cercado por domicílios e fábricas que despejam resíduos em suas águas como efluentes domésticos e industriais, aumentando conseqüentemente os sólidos presente nas mesmas.

Valores de STD próximos aos obtidos nos rios Arienga e Murucupí foram registrados por outros autores como Costa *et al.* (2009) que encontrou valores de STD de $28 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ no período menos chuvoso e $10 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ no período chuvoso em seu estudo no rio Maracanã, nordeste do estado do Pará e Horbe *et al.* (2013) que observou valores de STD compreendidos entre $14,2$ e $74,2 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ nos rios Madeirinha e Acará (margem esquerda do rio Madeira) Amazonas - Brasil.

Lages *et al.* (2013) em seu estudo realizado no Amazonas, em alguns afluentes do rio Madeira, encontrou valores de TDS no rio Aripuanã no período chuvoso e na transição para a estiagem que variaram entre 22 e $27 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, também próximo aos registrados no presente estudo.

6.5. SALINIDADE

Em relação à salinidade os rios Arienga e murucupí apresentaram comportamentos distintos, visto que, os valores de salinidade no rio Murucupí foram maiores que os registrados no rio Arienga. No entanto, os resultados obtidos em ambos os rios estiveram próximos ao encontrado por Lima *et al.* (2011) onde em seu estudo nos rios Curuperê e dendê, município de Barcarena-Pará, registrou valores de salinidade que oscilaram entre 0,10 e 0,80 no rio Curuperê, enquanto no rio Dendê esteve entre 0,01 e 0,03.

6.6. OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

As concentrações de OD foram distintas nos rios Arienga e Murucupí, as maiores concentrações foram observadas nas águas do rio Arienga, enquanto o rio Murucupí apresentou águas menos oxigenadas, fato que pode ser explicado, pela maior quantidade de matéria orgânica presente no rio Murucupí, que leva à um maior consumo de oxigênio através da decomposição desta matéria orgânica, no entanto, as concentrações observadas em ambos os rios tiveram seus valores dentro do esperado para rios amazônicos.

Alves *et al.* (2012) que encontraram valores de OD que variaram de 3,07 mg.L⁻¹ a 4,27 mg.L⁻¹ no período chuvoso, e 3,96 mg.L⁻¹ a 5,09 mg.L⁻¹ no período menos chuvoso em Cachoeira do Arari; na estação fazenda Murucutú os valores foram de 2,98 mg.L⁻¹ a 4,65 mg.L⁻¹ no período chuvoso e 3,29 mg.L⁻¹ a 5,33 mg.L⁻¹ no menos chuvoso enquanto na estação Santana do Arari a variação foi de 3,15 mg.L⁻¹ a 5,29 mg.L⁻¹ no período chuvoso e 2,59 mg.L⁻¹ a 5,88 mg.L⁻¹ no menos chuvoso, todos localizados na Ilha de Marajó.

Ao comparar com trabalhos em outros rios do Brasil, observa-se valores próximos, como os encontrados por Lúcio *et al.* (2012) no rio Cachoeira (Bahia) entre 4,1 mg.L⁻¹ e 7,7 mg.L⁻¹. Ou valores elevados como os detectados por Jordão *et al.* (2007) na Bacia do rio Turvo Limpo (Minas Gerais) que oscilou entre 7,7 mg.L⁻¹ e 9,1 mg.L⁻¹.

A dinâmica desse gás nos ecossistemas aquáticos é relacionada ao seu comportamento não conservativo.

Segundo Alves *et al.* (2012) no período menos chuvoso, a diminuição dos níveis de água dos rios e a entrada das marés semidiurnas favorecem o aumento na concentração de oxigênio dissolvido das águas superficiais.

6.7. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

Os rios Arienga e Murucupí tiveram distribuição similar em relação à concentração de DBO, visto que, os maiores registros ocorreram no período chuvoso, tal fato pode estar relacionado à maior quantidade de matéria orgânica introduzida nos rios através de processos de ressuspensão ou pelas marés altas que inundam e inserem matéria orgânica das margens para os rios, assim como pelo despejo de esgotos domésticos na região (ALVES *et al.*, 2012).

As concentrações de DBO obtidas nos rios Arienga e Murucupí tiveram comportamento semelhante ao registrado em alguns rios por outros autores, como Jordão *et al.* (2007) que obteve valores que oscilaram entre 13,3 mg.L⁻¹ e 411 mg.L⁻¹ de DBO em nove pontos de coleta ao longo da bacia do rio Turvo Limpo em Minas Gerais-Brasil, para o autor os altos valores de DBO podem estar relacionados à presença de grande quantidade de biomassa biodegradável e descarga de efluentes domésticos.

Alves *et al.* (2012) realizou um estudo em três estações de coleta no rio Arari-Ilha do Marajó (Brasil) e encontrou valores de DBO que variaram de 4,20 mg.L⁻¹ a 10,04 mg.L⁻¹ no período chuvoso, e 1,17 mg.L⁻¹ a 10,69 mg.L⁻¹ no período menos chuvoso na Cachoeira do Arari; na estação fazenda Murucutú os valores foram de 3,60 mg.L⁻¹ a 10,07 mg.L⁻¹ no período chuvoso e 1,41 mg.L⁻¹ a 9,10 mg.L⁻¹ no menos chuvoso enquanto na estação Santana do Arari a variação foi de 4,94 mg.L⁻¹ a 10,80 mg.L⁻¹ no período chuvoso e 2,16 mg.L⁻¹ a 9,09 mg.L⁻¹ no menos chuvoso.

Em um estudo no rio Parauapebas - Pa, segundo Siqueira *et al.* (2012) foram registradas concentrações de DBO que estiveram entre 2,20 mg.L⁻¹ e 9,79 mg.L⁻¹ os maiores registros de DBO foram encontrados nos pontos mais próximos ao centro urbano, onde estão fortemente presentes descargas de efluentes domésticos e industriais.

6.8. NITROGÊNIO (amoniaco, nitrito, nitrato)

Os rios Arienga e Murucupí apresentaram comportamentos distintos em relação aos valores máximos de nitrogênio amoniacal e nitrito, onde as maiores concentrações foram observadas no período menos chuvoso para o rio Arienga, enquanto, para o Murucupí os maiores registros foram no período chuvoso, indicando que possivelmente o rio Arienga pode estar sofrendo influência de fontes difusas de poluição, por outro lado, o rio Murucupí sofre influência da lixiviação ocorrida com o aumento das chuvas e maior incremento de material particulado para o rio.

Em relação ao nitrato os rios apresentaram comportamentos similares, pois, nos dois rios as maiores concentrações foram observadas no período menos chuvoso.

Entre as formas nitrogenadas o nitrogênio amoniacal foi o que apresentou maior concentração nos dois rios, enquanto o nitrito foi o que apresentou menores concentrações tanto no rio Arienga quanto no Murucupí, este fato segundo Horbe *et al.* (2005) pode estar relacionado diretamente a descarga de efluentes e excreções dos seres vivos que conseqüentemente aumentaram a quantidade de nitrogênio amoniacal nas águas superficiais, enquanto os menores valores de nitrito podem ser justificados por ser a fase intermediária entre o nitrogênio amoniacal e nitrato, no entanto, todas as fases são indicadores de poluição ambiental.

Para Silva *et al.* (2009) o principal responsável pela descarga de nutrientes, como o nitrogênio nas águas superficiais é o escoamento de substâncias químicas para os rios e lagos, onde a partir de reações esse nitrogênio poderá assumir várias formas, dentre elas nitrogênio amoniacal, o nitrato e o nitrito, que são extremamente tóxicos para a vida aquática.

A presença de nutrientes nas águas de rios e lagos, pode causar danos ao meio aquático com a ocorrência da eutrofização, colaborando para o surgimento de um Bloom de algas e conseqüentemente aparecimento de cianobactérias responsáveis por produzirem toxinas que são muito prejudiciais ao meio aquático e aos seres humanos (SILVA *et al.*, 2009).

Estudos das formas nitrogenadas em ecossistemas aquáticos no Brasil mostram a influência antrópica no aumento das concentrações nas formas

inorgânicas dissolvidas com destaque para o nitrogênio amoniacal e o nitrato como foi bem observado no presente estudo (Tabela 6.1)

Tabela 6.1: Valores encontrados para Nitrogênio Amoniacal (mg.L⁻¹), nitrato (mg.L⁻¹) e nitrito (mg.L⁻¹) nas águas do Brasil.

AUTOR	PERIODO/ANO	N-AMONICAL (mg.L ⁻¹)	NITRITO (mg.L ⁻¹)	NITRATO (mg.L ⁻¹)	LOCAL
HORBE <i>et al.</i> (2005)	CHUVOSO/1998	0,12 - 0,29	<LD	0,02 - 0,16	Ig Água branca
	SECO/1998	0,10 - 1,10	<LD	0,01 - 0,51	Ig Puraquequara
JORDÃO <i>et al.</i> (2007)	SECO/2005	2,8 - 28	N.A	0,00 - 7,4	Rio turvo
PINTO <i>et al.</i> (2009)	CHUVOSO/2003	0,32 - 0,40	<LD	N.A	Rio Negro
BISINOTI <i>et al.</i> (2005)	N.I/1991	0,04	0,00 - 0,08	0,00 - 0,34	Rio Tibagi
	N.I/1998	0,00 - 1,10	10 ⁻⁶ - 1,9. 10 ⁻⁵	1,68 - 12,29	
RICHTER <i>et al.</i> (2007)	N.I/2002 - 2003	0,3 - 33,8	N.A	0,80 - 2,70	Sistema Guarapiranga SP
	CHUVOSO/2011	0,032 - 1,032	0,003 - 0,121	0,019 - 0,808	Rio Arienga
LOPES (2014)	CHUVOSO/2011	0,025 - 2,021	0,012 - 0,406	0,168 - 3,368	Rio Murucupí
	MENOS CHUVOSO/2011	0,014 - 6,336	0,005 - 0,334	0,009 - 4,818	Rio Arienga
	MENOS CHUVOSO/2011	0,021 - 0,770	0,001 - 0,168	0,025 - 4,261	Rio Murucupí

N.I: Não Informado; <LD: Menor que o limite de detecção; N.A: Não Analisado.

6.9. FOSFATO

As concentrações de fosfato foram similares nos rios Arienga e Murucupí, onde seus maiores valores foram observados no período menos chuvoso (agosto e novembro) o que pode estar relacionado, ao fato de que no período chuvoso a maior incidência das chuvas atua como fator diluidor de fosfato nas águas.

Valores próximos aos registrados no presente estudo foram detectados por outros autores em rios do Brasil, como Bisinoti *et al.* (2005) que obteve valores de fosfato em seu trabalho realizado no rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil, entre 0,02 mg.L⁻¹ e 0,35 mg.L⁻¹ em seus dados coletados no ano de 1991; enquanto no ano

1998/99 as concentrações oscilaram entre $0,0013 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1,15 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto Lima *et al.* (2011) obteve em seu trabalho concentração de fosfato próximo à descarga de um efluente industrial no rio Curuperê, município de Barcarena - Pará de $0,220 \text{ mg.L}^{-1}$, às margens do mesmo rio variou entre $0,050 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,175 \text{ mg.L}^{-1}$, ao longo do rio a variação esteve entre $0,062 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,430 \text{ mg.L}^{-1}$ na maré baixa-mar, enquanto na preamar as concentrações variaram entre $0,124 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,290 \text{ mg.L}^{-1}$; no rio Dendê os valores encontrados estiveram entre $0,010 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,182 \text{ mg.L}^{-1}$ na baixa-mar e $0,050$ e $0,110 \text{ mg.L}^{-1}$ na preamar.

Segundo Lucio *et al.* (2012) e Bisinoti *et al.* (2005), dentre os principais fatores responsáveis pelo aumento de fosfato nas águas superficiais, estão os lançamentos de resíduos domésticos e industriais, portanto, os fatores antropogênicos são os principais responsáveis pela introdução de fosfato nos ambientes aquáticos.

O aumento na concentração de fosfato em rios pode causar aparecimento de algas devido ser um importante nutriente causador de eutrofização, prejudicando a vida aquática com a consequente diminuição nos níveis de oxigênio dissolvido (JORDÃO *et al.*, 2007).

6.10. SULFATO

Os rios Arienga e Murucupí apresentaram concentrações próximas de sulfato em suas águas, porém, seus maiores valores foram registrados em períodos distintos, as maiores concentrações no rio Arienga ocorreram em agosto (período menos chuvoso), fato que pode ser justificado pela influência da vegetação e das rochas que o compõem, enquanto no rio Murucupí os valores máximos foram encontrados em maio (período chuvoso) o que pode ser ocasionado pela influência das chuvas e consequente lixiviação dos solos para essas águas.

As concentrações de sulfato nos dois rios estiveram próximas às relatadas por outros autores em estudos em alguns rios do Brasil, na maioria dos casos a presença de sulfato está reacionada à geologia dos locais, como os observados nos afluentes do rio Solimões e rio Purus, médias de $5,2 \text{ mg.L}^{-1}$ e $7,7 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto no rio Solimões e Purus as médias foram $7,1 \text{ mg.L}^{-1}$ e $5,8 \text{ mg.L}^{-1}$ (QUEIROZ *et al.*, 2009). Richter *et al.* (2007) observaram concentrações médias entre $1,30 \text{ mg.L}^{-1}$

e $26,5 \text{ mg.L}^{-1}$ no sistema Guarapiranga (São Paulo) e Muniz *et al.* (2011) registraram valores médios entre $0,00 \text{ mg.L}^{-1}$ e $12,60 \text{ mg.L}^{-1}$ em dois rios do Distrito Federal.

6.11. DUREZA TOTAL

Os rios Arienga e Murucupí apresentaram comportamentos semelhantes, as maiores concentrações de dureza total ocorreram no período menos chuvoso em ambos os rios, o que pode estar relacionado ao fato de que com a diminuição das chuvas, as águas tornem-se mais concentradas em relação à essa variável, Pereira *et al.* (2007) em estudo no rio Murucupí, encontraram valores de dureza mais próximos aos resultados obtidos no presente estudo, os valores variaram entre 11 mg.L^{-1} e 21 mg.L^{-1} , segundo a autora as concentrações de dureza são típicos da região e o fato das concentrações mais elevadas serem encontradas no período menos chuvoso está relacionado à intrusão de águas mais salobras da baía de Marajó no sistema estuarino de Barcarena.

No trabalho de Horbe *et al.* (2005) os valores médios de dureza encontrados foram de $0,40 \text{ mg.L}^{-1}$ no igarapé Água Branca no período úmido, enquanto no período seco foi de $0,29 \text{ mg.L}^{-1}$ e no igarapé Puraquequara a média encontrada foi de $0,46 \text{ mg.L}^{-1}$, concentrações também semelhantes à alguns valores observados nos rios Arienga e Murucupí.

6.14. SÓDIO

O rio Murucupí apresentou concentrações mais elevadas de sódio em suas águas, quando comparado ao rio Arienga, fato que pode estar relacionado à maior presença de esgotos domésticos em seu entorno, o que ocorre em menor proporção no rio Arienga.

Nos dois rios as maiores concentrações de sódio foram observadas no período chuvoso, o que pode ser justificado pela maior quantidade de chuvas e consequente incremento do íon pelas águas pluviais, assim como, por fontes difusas.

De acordo com Santos *et al.* (2009) altos valores de sódio presentes nas águas dos rios, podem estar relacionado à descarga de esgotos domésticos assim como, produtos provenientes da utilização de agrotóxicos para a agricultura. Esses

autores detectaram concentrações de sódio entre 12,9 mg.L⁻¹ e 64,7 mg.L⁻¹, nas águas superficiais do Rio de Contas (Jequié- Bahia), rio considerado poluído e com valores acima dos detectados no presente estudo.

No entanto os dados ficaram próximos aos descritos em trabalhos da região amazônica, como o de Queiróz *et al.* (2009) nos afluentes do rio Solimões média de 1,6 mg.L⁻¹ e nos afluentes do Purus 1,3 mg.L⁻¹ enquanto no rio Solimões média de 3,0 mg.L⁻¹ e rio Purus 1,7 mg.L⁻¹.

Ferreira *et al.* (2012) no estudo sobre o efeito da pressão antrópica sobre igarapés na reserva florestal Adolpho Ducke na Amazônia Central e encontrou valores de sódio que estiveram entre 0,37 mg.L⁻¹ e 1,62 mg.L⁻¹ no igarapé Bolívia, 0,84 mg.L⁻¹ e 9,50 mg.L⁻¹ no igarapé Sabiá, 4,72 mg.L⁻¹ e 10,08 mg.L⁻¹ igarapé Sabiá II e 3,51 mg.L⁻¹ e 10,59 mg.L⁻¹ no igarapé Aliança com Deus.

Richter *et al.* (2007) avaliou a composição química das águas do sistema Guarapiranga - São Paulo e obteve valores de sódio em suas amostras de água superficial que variaram entre 2,3 mg.L⁻¹ e 60,7 mg.L⁻¹, onde o valor máximo foi superior aos registrados no presente estudo.

6.15. POTÁSSIO

O rio Murucupí apresentou concentrações mais elevadas de potássio em suas águas superficiais em relação ao rio Arienga, o mesmo comportamento foi observado para o sódio, este fato pode estar relacionado à maior presença de esgotos domésticos na área, assim como, à excreção de animais que são criados em seu entorno, aumentando conseqüentemente a quantidade desses íons para as águas.

Os valores de potássio encontrados por Ferreira *et al.* (2012) em seu estudo sobre o efeito da pressão antrópica sobre igarapés na reserva florestal Adolpho Ducke na Amazônia Central foram próximos aos registrados nos rios Arienga e Murucupí e oscilaram entre 0,01 mg.L⁻¹ e 0,80 mg.L⁻¹ no igarapé Bolívia, 0,18 mg.L⁻¹ e 10,85 mg.L⁻¹ no igarapé Sabiá, 0,22 mg.L⁻¹ e 7,73 mg.L⁻¹ igarapé Sabiá II e 0,17 mg.L⁻¹ e 20,11 mg.L⁻¹ no igarapé Aliança com Deus.

Nos trabalhos de Richter *et al.* (2007) que avaliou a composição química das águas do sistema Guarapiranga (São Paulo) e obtiveram valores de potássio em

suas amostras de água superficial que variaram entre 0,4 mg.L⁻¹ e 14,5 mg.L⁻¹ e Santos *et al.* (2009) que estudou as águas superficiais de Rio de Contas, município de Jequié, estado da Bahia registrando concentrações médias de potássio que variaram entre 5,20 mg.L⁻¹ e 11,90 mg.L⁻¹ foram observados valores que estiveram em acordo com os das águas superficiais dos rios do presente estudo.

6.16. ALUMÍNIO

Os rios Arienga e Murucupí apresentaram comportamentos similares em relação às concentrações de alumínio em suas águas, onde seus valores estiveram próximos em ambos os rios, assim como, suas maiores concentrações foram registradas no período chuvoso, indicando que possivelmente o metal pode está sendo inserido nos rios através de fontes difusas pela lixiviação dos solos para os rios.

Pereira *et al.* (2011) destacaram que os altos teores de alumínio encontrados nos rios amazônicos, podem estar relacionados a presença de argilomonerais, como a caulinita, principal contribuinte de alumínio para a região amazônica.

Lima *et al.* (2011) em estudo no município de Barcarena, estado do Pará (Brasil), que registrou em um ponto de amostragem próximo à descarga dos efluentes, concentração de alumínio de 2,742 mg.L⁻¹, enquanto no rio Curuperê variou entre 0,029 mg.L⁻¹ e 0,338 mg.L⁻¹ nos pontos próximos à margem do rio, ao longo do rio a variação esteve entre 1,118 mg.L⁻¹ e 2,324 mg.L⁻¹ na maré baixa-mar, enquanto na preamar as concentrações variaram entre 0,239 mg.L⁻¹ e 2,123 mg.L⁻¹; no rio Dendê os valores encontrados estiveram entre 0,121 mg.L⁻¹ e 0,943 mg.L⁻¹ na baixa-mar e 0,106 e 0,640 mg.L⁻¹ na preamar.

Esses autores encontraram nas águas superficiais do rio Amazonas, concentração média de alumínio de 0,807 mg.L⁻¹, enquanto nas águas dos afluentes do rio solimões e rio Purus valores médios de 0,0752 mg.L⁻¹ e 0,0865 mg.L⁻¹. Queiroz *et al.* (2009) no rio Solimões e Purus detectaram médias de 0,157 mg.L⁻¹ e 0,040 mg.L⁻¹, respectivamente.

6.17. BÁRIO

As concentrações de bário no rio Arienga foram menores quando comparadas as encontradas no rio Murucupí. A distribuição também foi diferente nesses rios, no Arienga foram detectadas maiores concentrações em ambos os períodos, enquanto, no Murucupí somente no chuvoso.

Os rios Arienga e Murucupí apresentaram valores de bário similares aos encontrados em outros trabalhos sobre água superficial, como o realizado no rio Solimões, onde Queiroz *et al.* (2009) descreveram valores médios de bário nas águas pretas dos afluentes do rio Solimões e Purus de 0,019 mg.L⁻¹ e 0,008 mg.L⁻¹, enquanto nas águas brancas do rio Solimões e Purus os valores médios foram de 0,044 mg.L⁻¹ e 0,034 mg.L⁻¹ respectivamente.

Lima *et al.* (2011) também registraram em dois rios no município de Barcarena-Pará, concentrações de bário semelhantes às encontradas nos rios Arienga e Murucupí, o valor de bário próximo à descarga de um efluente industrial no rio Curuperê foi de 0,064 mg.L⁻¹, enquanto às margens do mesmo rio variou entre 0,015 mg.L⁻¹ e 0,031 mg.L⁻¹, ao longo do rio a variação esteve entre 0,025 mg.L⁻¹ e 0,084 mg.L⁻¹ na maré baixa-mar, enquanto na preamar as concentrações variaram entre 0,015 mg.L⁻¹ e 0,066 mg.L⁻¹; no rio Dendê os valores encontrados estiveram entre 0,041 mg.L⁻¹ e 0,090 mg.L⁻¹ na baixa-mar e 0,016 e 0,048 mg.L⁻¹ na preamar. Pereira *et al.* (2007) realizou um estudo também no rio Murucupí, município de Barcarena, estado do Pará e, obteve o valor médio de bário de 0,0264 mg.L⁻¹ em suas águas superficiais.

Segundo esses autores, os valores de bário nas águas dos rios estão relacionados à presença de esgotos domésticos e industriais que são despejados nos mesmos, aumentando a concentração do metal nas águas superficiais.

Valores semelhantes aos encontrados no presente estudo também foram registrados por Horbe. (2013) no rio Madeira 0,029 mg.L⁻¹.

6.18. COBALTO

As concentrações de cobalto foram maiores no rio Murucupí, como descrito anteriormente próximo a esse rio a urbanização influencia para a ocorrência de metais na água.

As maiores quantidades de cobalto foram observadas no período chuvoso em ambos os rios, o que pode estar relacionado, à maior intensidade de chuvas e maior incremento de material particulado contendo metais através da lixiviação do solo.

Lima *et al.* (2011) encontraram valores menores aos valores detectados em ambos os rios, ressalta-se que esses valores máximos foram encontrados no período chuvoso, o que reforça a influência da sazonalidade na qualidade da água da região.

Nos rios curuperê e Dendê, município de Barcarena-Pará Lima *et al.* (2011) observaram concentração de cobalto no rio Curuperê, de $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ ao longo do rio na maré baixa-mar, enquanto na preamar oscilou entre $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,003 \text{ mg.L}^{-1}$, em suas margens o valor foi de $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ sem variação, assim como o registrado no ponto próximo à descarga de efluentes industriais que também foi de $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$, o mesmo comportamento foi observado no rio Dendê, onde o registro nas duas marés foi de $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ de cobalto.

Nas águas dos afluentes do rio Solimões e rio Purus os valores médios de cobalto registrados foram $0,0002 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,0004 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto no rio Solimões e Purus as médias foram $0,0004 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,0002 \text{ mg.L}^{-1}$ (QUEIROZ *et al.*, 2009). Horbe *et al.* (2013) registrou no período seco no rio Madeira, concentração de $0,0006 \text{ mg.L}^{-1}$ de cobalto em suas águas superficiais. Esses trabalhos mostram que a concentração desse elemento é pequena na região amazônica.

6.19. CROMO

As concentrações de cromo nos encontradas nos rios Arienga e Murucupí foram próximas, e seus valores máximos foram obtidos no período chuvoso em ambos os rios, indicando que possivelmente esse metal pode estar sendo inserido

por fontes difusas através da lixiviação do solo para as águas superficiais, comportamento similar ao observado para outros metais.

Os valores observados nos rios Arienga e Murucupí estiveram próximos aos registrados por como o realizado por Pereira *et al.* (2007) no rio Murucupí, que encontraram valor médio de cromo de $0,0004 \text{ mg.L}^{-1}$ em suas águas superficiais, e por Lima *et al.* (2011) que encontraram no município de Barcarena, valores de cromo entre $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ no rio Curuperê, enquanto no rio Dendê a oscilação esteve entre $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,008 \text{ mg.L}^{-1}$.

Horbe *et al.* (2013) registraram no período seco no rio Madeira, concentração de $0,0006 \text{ mg.L}^{-1}$ de cromo em suas águas superficiais, enquanto valores mais altos foram detectados por Santana e Barrancas (2007) que obtiveram concentrações médias de cromo na bacia do Tarumã - Açú, cidade de Manaus, que variaram entre $0,078 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,50 \text{ mg.L}^{-1}$.

6.20. COBRE

O rio Murucupí apresentou maiores valores em suas águas, assim como ocorreu em relação à outros metais, talvez por se tratar de um rio onde a presença de efluentes domésticos e industriais está mais presente em comparação ao rio Arienga.

Santana e Barrancas (2007) registraram concentrações médias de cobre próximos à área de um aterro sanitário na bacia do Tarumã - Açú, cidade de Manaus, que variaram entre $0,077 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,10 \text{ mg.L}^{-1}$, valores também aproximados foram registrados por Lima *et al.* (2011) que observaram no rio Curuperê concentrações de cobre que variaram entre $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,024 \text{ mg.L}^{-1}$ ao longo do rio na maré baixa-mar, enquanto na preamar oscilou entre $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,003 \text{ mg.L}^{-1}$, em suas margens o valor foi de $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ sem variação, enquanto no rio Dendê o registro foi de $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ nas duas marés.

Autores como Richter *et al.* (2007) que avaliaram a composição química das águas do sistema Guarapiranga - São Paulo, e registraram valores médios de cobre em suas águas superficiais que variaram entre $0,003 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,022 \text{ mg.L}^{-1}$ e Pereira *et al.* (2007) que realizaram um estudo no rio Murucupí, município de Barcarena, estado do Pará e obteve o valor médio de cobre de $0,0025 \text{ mg.L}^{-1}$ no rio

Murucupí também obtiveram em seus estudos valores de cobre próximos aos registrados nos rios Arienga e Murucupí.

O mesmo comportamento foi observado por Horbe *et al.* (2013) que registraram no período seco no rio Madeira, concentração de $0,0023 \text{ mg.L}^{-1}$ de cobre em suas águas superficiais, o valor de cobre mencionado pelo autor também esteve dentro do esperado para rios do Brasil.

6.21. FERRO

Os rios Arienga e Murucupí apresentaram valores de ferro em suas águas semelhantes aos registrados em outros rios da amazônia, no entanto, o comportamento no rio Arienga foi distinto do rio Murucupí, onde as maiores concentrações de ferro foram observadas no período chuvoso no rio Arienga, indicando que possivelmente o metal pode estar sendo inserido no rio através de fontes difusas pela lixiviação do solo, por outro lado, no rio Murucupí a ocorrência de maiores valores de ferro no período menos chuvoso, mostra possível descarga do metal para o rio por fontes pontuais, como descarga de esgotos domésticos.

Concentrações semelhantes às registradas nos rios Arienga e Murucupí foram observadas em outros rios por outros autores, como os encontrados nas águas dos afluentes do rio Solimões e rio Purus que foram de $0,3965 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,4295 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto no rio Solimões e Purus as médias foram $0,453 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,102 \text{ mg.L}^{-1}$ (QUEIROZ *et al.*, 2009), assim como a encontrada por Ferreira *et al.* (2012) que realizaram um estudo sobre o efeito da pressão antrópica sobre igarapés na reserva florestal Adolpho Ducke na Amazônia Central e observaram valores de ferro que oscilaram entre $0,16 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,81 \text{ mg.L}^{-1}$ no igarapé Bolívia, $0,23 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1,52 \text{ mg.L}^{-1}$ no igarapé Sabiá, $0,14 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1,34 \text{ mg.L}^{-1}$ no igarapé Sabiá II e $0,14 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1,22 \text{ mg.L}^{-1}$ no igarapé Aliança com Deus.

Santana e Barrancas (2007) registraram concentrações médias de ferro próximos à área de um aterro sanitário na bacia do Tarumã - Açú, cidade de Manaus, que variaram entre $0,31 \text{ mg.L}^{-1}$ e $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$ com o valor mínimo próximo ao registrado nos rios Arienga e Murucupí.

6.22. MANGANÊS

O comportamento do manganês foi semelhante nos rios Arienga e Murucupí, onde ambos apresentaram seus maiores valores no período chuvoso, a justificativa para esse comportamento, pode ser a mesma para a utilizada para outros metais, o fato de que com as chuvas ocorre maior lixiviação do solo e arraste de materiais particulados contendo metais para os rios, no entanto, no rio Murucupí foram registradas maiores concentrações do metal, o que pode estar relacionado à presença de esgotos e excreção de animais em maior quantidade neste rio, quando comparado ao rio Arienga.

Valores próximos aos registrados nos rios Arienga e Murucupí foram relatados em outros trabalhos como o observado nas águas dos afluentes do rio Solimões e rio Purus, onde os valores médios de manganês registrados foram $0,0253 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,0313 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto no rio Solimões e Purus as médias foram $0,058 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,019 \text{ mg.L}^{-1}$ (QUEIROZ *et al.*, 2009).

Lima *et al.* (2011) também registraram concentrações de manganês no rio Curuperê, município de Barcarena - Pará similares às observadas no presente estudo, valores que variaram entre $0,134 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,278 \text{ mg.L}^{-1}$ ao longo do rio na maré baixa-mar, enquanto na preamar oscilou entre $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,202 \text{ mg.L}^{-1}$, em suas margens o valor foi de $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ sem variação, enquanto no rio Dendê as concentrações variaram entre $0,004 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,116 \text{ mg.L}^{-1}$ na baixa-mar, enquanto na preamar oscilou entre $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,028 \text{ mg.L}^{-1}$; no ponto de amostragem próximo à descarga de efluentes industriais no rio Curuperê, o registro de manganês foi de $0,343 \text{ mg.L}^{-1}$, valor também dentro do esperado para águas superficiais foi encontrado por Horbe *et al.* (2013) no rio Madeira, onde no período seco registraram concentração média de manganês de $0,014 \text{ mg.L}^{-1}$.

Segundo Pereira *et al.* (2011) em seu estudo realizado nas águas superficiais do rio Amazonas, os valores de manganês oscilaram entre $0,0001 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,403 \text{ mg.L}^{-1}$, para os autores, o metal apesar de existir em grandes quantidades na natureza não está como metal livre, sua ocorrência nas águas superficiais está relacionada à existência de compostos como óxidos, sulfetos, carbonatos e silicatos, sua disponibilidade varia com o pH do meio, altos valores de pH fazem com que ocorra a precipitação do metal.

6.23. ZINCO

Os rios Arienga e Murucupí apresentaram concentrações de zinco semelhantes, suas concentrações foram similares às relatadas por outros autores em estudos nos rios da região amazônica, como o realizado por Queiroz *et al.* (2009) onde os valores médios de zinco nas águas pretas dos afluentes do rio Solimões e Purus foram de $0,041 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,0253 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto nas águas brancas do rio Solimões e Purus os valores médios foram de $0,028 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,0305 \text{ mg.L}^{-1}$.

Santana e Barrancas (2007) no estudo realizado na bacia do Tarumã - Açú, cidade de Manaus, também encontraram valores aproximados aos dos rios Arienga e Murucupí para zinco, suas concentrações médias oscilaram entre $0,018 \text{ mg.L}^{-1}$ a $0,21 \text{ mg.L}^{-1}$, assim como Lima *et al.* (2011) que obtiveram em rios no município de Barcarena - Pará, A concentração de zinco próximo à descarga de um efluente industrial no rio Curuperê de $0,398 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto às margens do mesmo rio variou entre $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,014 \text{ mg.L}^{-1}$, ao longo do rio a variação esteve entre $0,169 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,321 \text{ mg.L}^{-1}$ na maré baixa-mar, enquanto na preamar as concentrações variaram entre $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,237 \text{ mg.L}^{-1}$; no rio Dendê os valores encontrados estiveram entre $0,016 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,200 \text{ mg.L}^{-1}$ na baixa-mar e $0,005$ e $0,067 \text{ mg.L}^{-1}$ na preamar.

7. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos ao longo do período experimental deste trabalho no ano de 2011, são definidas algumas conclusões:

A maioria dos parâmetros estudados tem suas variações de concentrações com tendências definidas em relação à precipitação pluviométrica e à variação dos níveis de água no período estudado;

As temperaturas médias dos rios Arienga e Murucupí não apresentaram grandes oscilações, no entanto, as maiores temperaturas foram observadas nos meses de menor precipitação pluviométrica (período menos chuvoso) em ambos os rios. O rio Murucupí apresentou maiores temperaturas em suas águas;

Os valores médios de pH registrados nos rios Arienga e Murucupí, foram típicos das águas da região amazônica; os valores de oxigênio dissolvido em ambos os rios tiveram pequenas oscilações em relação às marés, assim como, apresentaram pequenas variações em relação aos dois períodos estudados (chuvoso e menos chuvoso). Os menores valores de oxigênio dissolvido foram registrados no rio Murucupí;

A condutividade e os sólidos totais dissolvidos no rio Arienga sofreram algumas oscilações em seus valores médios, onde suas menores concentrações foram observadas no período chuvoso; no rio Murucupí as maiores concentrações destes parâmetros foram observadas no período menos chuvoso. As maiores concentrações de condutividade e STD foram observadas no rio Murucupí;

A salinidade verificada nos rios Arienga e Murucupí foram típicas das águas doce da região amazônica, no entanto, o rio Murucupí apresentou maior salinidade;

Foi possível observar variações nos valores médios de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em relação às marés em ambos os rios, no entanto, não foram observadas variações bruscas em relação aos períodos sazonais avaliados;

As maiores concentrações de nitrogênio amoniacal e nitrato foram registradas no rio Arienga, enquanto para nitrito os maiores valores foram no rio Murucupí, os valores médios destes parâmetros tiveram variações em relação às marés, assim como apresentaram oscilações em relação à sazonalidade;

Os valores de fosfato observados nos rios Arienga e Murucupí apresentaram variações em relação às marés, assim como, as maiores concentrações foram

detectadas no período menos chuvoso em ambos os rios, o mesmo comportamento foi observado para o sulfato, no entanto, as maiores concentrações de sulfato no rio Murucupí foram encontradas no período chuvoso;

A dureza total nos rios Arienga e Murucupí apresentaram pequenas variações em relação às marés, e as maiores concentrações nos dois rios foram registradas no período menos chuvoso, o rio Murucupí registrou maiores concentrações de dureza total;

Os valores médios de sódio e potássio nos rios Arienga e Murucupí tiveram variações em relação às marés, no entanto, os maiores registros de sódio ocorreram no período chuvoso em ambos os rios, enquanto, para o potássio os maiores registros foram verificados no período menos chuvoso, as maiores concentrações destes parâmetros assim como outros já mencionados foram registradas no rio Murucupí;

Foi observada variação nas concentrações médias de alguns metais em relação às marés como: alumínio, cobalto, cromo, cobre e manganês, onde as maiores concentrações destes metais foram registradas no período chuvoso nos rios Arienga e Murucupí;

Os metais cobalto, cobre, ferro e manganês estiveram em maior proporção nas águas do rio Murucupí, enquanto, alumínio e zinco apresentaram concentrações próximas em ambos os rios;

A partir da análise multivariada, podemos verificar a diferença entre a hidroquímica dos rios Arienga e Murucupí, onde se foi possível observar que o rio Murucupí apresenta em suas águas concentrações mais elevadas para a maioria dos parâmetros analisados em relação ao rio Arienga, indicando que possivelmente o rio Arienga sofre maior influência da geologia local, enquanto no rio Murucupí tanto a geologia como fatores antrópicos são responsáveis por sua hidroquímica;

O rio Arienga pode ser indicado como candidato a possível área de controle, sob a visão das variáveis determinadas neste estudo e para situações de avaliação da qualidade das águas existentes nessa bacia hidrográfica, devido às condições hidrodinâmicas de variação de maré intrínsecas dessa região;

Pelas informações geradas neste estudo, infere-se que o rio Murucupí sofre grande influência antropogênica, principalmente em decorrência dos esgotos

domésticos lançados neste corpo hídrico, atividades agrícolas e industriais na área em seu entorno, os quais proporcionam uma qualidade inferior para essas águas;

A importância deste estudo indica que há cada vez mais a necessidade de gerar informações sobre a qualidade das águas na região amazônica, haja vista que, este é um bem utilizado pela população ribeirinha sem qualquer tipo tratamento. Portanto, observaram-se condições de qualidade nos rios estudados que variaram no espaço e no tempo e que são informações importantes para subsidiar tecnicamente os representantes locais quanto a possíveis captações e abastecimento público no futuro, servindo também de grande valia no meio técnico-científico. Essas informações indicam que há a necessidade de tratamento dos esgotos produzidos pela população local e que acarretam grandes impactos nestes corpos hídricos prejudicando o ecossistema aquático.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Intensidade pluviométrica no município de Barcarena/PA**. [S.l.: s.n.], 2012.

ALEXAKIS, D. Geochemistry of stream sediments as a tool for assessing contamination by arsenic, chromium and other toxic elements: East Attica region, Greece. **European Water**, 21/22, p. 57-72, 2008.

ALVES, I.C.C; EI-ROBRINI,M; SANTOS,M.L.S; MONTEIRO,S.M; BARBOSA, L.P.F; GUIMARÃES, J.T.F. 2012.Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazônica**. vol. 42, n.1, p.115-124, 2012.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th. ed. Washington, 2005. 1100 p.

APPELO, C. A. J. e POSTMA, D. **Geochemistry, groundwater and pollution**. Rotterdam: Balkema. 2ª Ed. 2005.

BATHRELLOS, G. D.; SKILODIMOU, H. D.; KELEPERTSIS, A.; ALEXAKIS, D.; CHRISANTHAKI, I.; ARCHONTI, D. Environmental research of groundwater in the urban and suburban areas of Attica region, Greece. **Environmental Geology**, vol. 56, p.11-18, 2008.

BEDORE, P.D.; DAVID, M.B.; STUCKI, J.W. Mechanisms of phosphorus control in urban streams receiving sewage effluent. **Water Air Soil Pollution**, vol.191, p. 217-229, 2008.

BELO. A; QUINÁIA, S. P. Avaliação da Contaminação de Metais em Sedimentos Superficiais das Praias do Lago De Itaipu. **Química Nova**. vol. 33, n. 3, p. 613-616, 2010.

BIDONE,E.D.; LAYBAUER,L.; CASTILHOS,Z.C.; MADDOCK, J.L. Environmental risk increase due to heavy metal contamination caused by a copper mining activity in Southern Brazil. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, vol. 73, n. 2, p. 277-286, 2001.

BIGGS, T.W.; DUNNE, T.; DOMINGUES, T.F.; MARTINELLI, L.A. Relative influence of natural watershed properties and human disturbance on stream solute concentrations in the southwestern Brazilian Amazon basin. **Water Resources Research**, vol. 38, n.8, p. 1-16, 2002.

BISINOTI, M.C.; YABE, M.J.S.; SÔNIA, M.N. Using principal component analysis to characterize the Tibagi River hydrographic basin, Paraná State, Brazil. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, vol.3, p.153-160, 2005.

BLANCHOU, H.; MOREAU-GUIGON, E.; FARRUGIA, F.; CHEVREUIL, M.; MOUCHEL, J. M. Contribution by urban and agricultural pesticide uses to water

contamination at the scale of the Marne Watershed. **Science of the Total Environment**, vol. 375, p. 168-179, 2007.

BORCHARD T.D. e SPERLING F. Urban stormwater discharges: ecological effects on receiving waters and consequences for technical measures. **Water Science and Technology**, vol 36, n. 8-9, p.173–178, 1997.

BRICKER, O.P.; JONES, B.F. Main factors affecting the composition of natural waters. In: Salbu, B., Steinnes, E. (Eds.), **Trace Elements in Natural Waters**. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 1-5, 1995.

BROWN, J.N.; PEAKE, B.M. Sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban stormwater runoff. **Science of the Total Environment**, vol. 359, p.145-155, 2006.

BRUNO, V.R.M. **Especiação de cobre e chumbo em águas naturais: efeito do material particulado e da matéria orgânica dissolvida**. Tese de Doutorado. Unicamp, Campinas/SP, 2000. 210 f.

CAVICHIOLO, G.R.; BRAGA M.C. Estudo da qualidade da água, com espacialização através da aplicação de Sistema de Informação Geográfica-SIG. **CD Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Curitiba/SC, 2003.

CAMARGO, J.A.; ALONSO, A. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. **Environment International**, vol. 32, p. 831-849, 2006.

CORRIVEAU, J.; VAN BOCHOVE, E.; SAVARD, M.M.; CLUIS, D.; PARADIS, D. Occurrence of High In-Stream Nitrite Levels in a Temperate Region Agricultural Watershed. **Water, Air, and Soil Pollution**, vol. 206, p. 335-347, 2010.

COSTA, F.F.; LIMA, W.N.L.; DIAS, J.C. Avaliação hidrogeoquímica de áreas selecionadas na bacia hidrográfica do rio Maracaná (Nordeste do Pará). **Holos Environment**, vol. 9, n. 2, p. 168, 2009.

COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O. O.; PIOVANI, M. R.; Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira - PETAR, São Paulo, Brasil. **Química Nova**, vol. 29, n. 1, p. 40-45, 2006.

CUNHA, H.B.; PASCOALOTO, D. **Hidroquímica dos rios da Amazônia**. Manaus: Governo do Estado do Amazonas, Secretaria de Estado da Cultura. 48 p., 2009.

CUNHA, D.G.F.; GRULL, D.; DAMATO, M.; JOSÉ R.C.; BLUM, J.R.C.; EIGER, S, LUTTI, J.E.I e MANCUSO, P.C.S.M. Contiguous urban rivers should not be necessarily submitted to the same management plan: the case of Tietê and Pinheiros Rivers (São Paulo-Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, vol. 83, n.4, p. 1465-1479, 2011.

DAS, S.; PATNAIK S. C.; SAHU H. K.; CHAKRABORTY A., SUDARSHAN M.; THATOI, H. N. Heavy metal contamination, physico-chemical and microbial evaluation of water samples collected from chromite mine environment of Sukinda,

India. **Transactions Nonferrous Metals Society of China**, vol.23, p. 484–493, 2013.

ESPÍNDOLA, E.L.G. **A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho**. Rima, São Carlos. 188p., 2000.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602 p., 1998.

FERREIRA, S.J.F.; MIRANDA, S.A.F; MARQUES FILHO, A.O.; SILVA, C.C. Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na reserva florestal Adolpho Ducke, área de floresta na amazônia Central. **Acta Amazônica**, vol. 42, n.4, p. 533-540, 2012.

FONSECA, E.M; NETO, J.A.B; FERNANDEZ, M.A; McALISTER,J; SMITH,B. Geochemical behavior of heavy metals in different environments in Rodrigo de Freitas lagoon – RJ/Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, vol. 83, n. 2, p. 457-469, 2011.

GALBRAITH, L.M.; BURNS C.W. Linking landuse, water body type and water quality in southern NewZealand. **Landscape Ecology**, vol. 22, n. 2, p. 23-241, 2007.

GOBEL, P; DIERKES, C.; COLDEWEY, W.G. Storm water runoff concentration matrix for urban areas. **Journal of Contaminant Hydrology**, vol. 91, n. 1-2, p. 26–42, 2007.

HOFFMAN, E.J.; MILLS, G.L.; LATIMER, J.S.; QUINN, J.G. Urban runoff as a source of polycyclic aromatic hydrocarbons to coastal waters. **Environmental Science and Technology**, vol. 18, n. 8, p. 580-587, 1984.

HORBE, A.M.C.; GOMES, I.L.F.; MIRANDA, S.F.; SILVA, M.S.R. **Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus – AM**. **Acta Amazônica**, vol. 35, n. 2, p.119 -124, 2005.

HORBE, A.M.C; QUEIROZ, M. M. de A.; MOURA, C. A. V.; TORO, M. A. G. Geoquímica das águas do médio e baixo rio Madeira e seus principais tributários - Amazonas - Brasil. **IBGE**, vol. 43, n. 4, p.489-504, 2013. Disponível em:http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2012/estimativa_tcu.sh m. Acesso em: 07 janeiro de 2013.

INSTITUTO EVANDRO CHAGAS (IEC). Relatório Técnico. **Interações de vigilância ambiental em saúde na área industrial e portuária dos Municípios de Abaetetuba e Barcarena**. 2008, 46 p. Disponível em: <http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/pc/relatorios/barcarena2008.pdf>.

INSTITUTO EVANDRO CHAGAS (IEC). Relatório Técnico SAMAM 001: **Caracterização dos impactos ambientais, danos ao ecossistema e riscos a saúde decorrentes do lançamento no rio Murucupí de efluentes do processo de beneficiamento de bauxita, Barcarena-Pará**. [Internet], 2009, 39 p. Disponível em: <http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/pc/relatorios/barcarena2009.pdf>.

JARDIM, G. M.; ARMAS, E. D.; MONTEIRO, R. T. R. Ecotoxicological assessment of water and sediment of the Corumbataí River, SP, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 68, n. 1. p. 51-59, 2008.

JORDAO, C.P.; RIBEIRO, P.R. da S.; MATOS, A. T. de; FERNANDES, R.B.A. Aquatic Contamination of the Turvo Limpo River Basin at the Minas Gerais State, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, vol. 18, n. 1, p. 116-125, 2007.

KELEPERTSIS, A.; ALEXAKIS, D.; KITA, I. Environmental geochemistry of soils and waters of Susaki area, Korinthos, Greece. **Environmental Geochemistry and Health**, vol. 23, n. 2, p. 117-135, 2001.

LAGES, A. da S.; HORBE, A.M.C.; MOQUET, J-S. Geoquímica de rios de água preta do sudeste do Amazonas: Origem, fluxo dos elementos e consumo de CO₂. **Acta Amazonica**, vol. 43, n. 3, p. 343-352, 2013.

LACERDA, L .D.; BASTOS, W.R.D.; ALMEIDA. M. The impacts of land use changes in the mercury flux in the Madeira River, Western Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, vol. 84, n. 1, p. 69-78, 2012.

LAMBRAKIS, N. Multicomponent heterovalent chromatography in aquifers. Modelling salinization and freshening phenomena in field conditions. **Journal of Hydrology**, vol. 323, p. 230-243, 2006.

LIMA, M. O.; SANTOS, E. C. O.; JESUS, I. M.; MEDEIROS, A. C.; CARMO, C. F. F.; ALVES, C. N. Assessment of Surface Water in Two Amazonian Rivers Impacted by Industrial Wastewater, Barcarena City, Pará State (Brazil). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 22, n. 8, p. 1493-1504, 2011.

LUCIO, M.Z.T.P.Q.L., SANTOS, S.S.; SILVA, D.M.L. Hydrochemistry of Cachoeira River (Bahia State, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol. 24, n. 2, p.181-192, 2012.

MAANE-MESSAI, S.; LAIGNEL, B.; MOTELAY-MASSEI, A.; MADANI, K. e CHIBANE, M. Spatial and temporal variability of water quality of an urbanized river in Algeria: the case of Soummam Wadi. **Water Environment Research**, vol. 82, n. 8, p. 9-742, 2010.

MELO-JUNIOR, H. R. **Mapeamento da vulnerabilidade e análise de risco de contaminação como instrumento de proteção das águas subterrâneas em áreas industriais: Caso da Albrás, Barcarena-Pa.** Trabalho de Conclusão de Curso em Geologia – Universidade Federal do Pará, UFPA, Belém, 2002. 136 f.

MENEZES, L. B. C. **Considerações biogeoquímicas de ecossistemas amazônicos: rios e lagos selecionados nas microregiões bragantina, do salgado, e guajarina.** Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, UFPA, Belém, 1999. 169 f.

MEYBECK, M.; DE MARSILY, G. The Seine in its Basin: Environmental Functioning of a Fluvial Anthropized System (La seine en son bassin: Fonctionnement Ecologique d'un systéme fluvial anthropis). **Elsevier**: Paris, France. 1998.

MISERENDINO M.L.; BRAND, C.; PRINZIO C.Y.D. Assessing urban impacts on water quality, benthic communities and fish in streams of the Andes Mountains, Patagonia (Argentina). **Water Air Soil Pollution**, vol. 194, n. 1-4, p. 91-110, 2008.

MUNIZ, D.H.F.; MORAES, A.S.; FREIRE, I.S.; DA CRUZ, C.J.D.; LIMA, J.E.F.W.; OLIVEIRA-FILHO, E.C. Evaluation of water quality parameters for monitoring natural, urban, and agricultural areas in the Brazilian Cerrado. **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol. 23, n. 3, p. 307-317, 2011.

NAMAGHI, H. H.; KARAMI, G. H.; SAADAT, S. A study on chemical properties of groundwater and soil in ophiolitic rocks in Firuzabad, east of Shahrood, Iran: With emphasis to heavy metal contamination. **Environmental Monitoring and Assessment**, vol. 174, n. 1-4, p. 573-583, 2011.

NUNES, A.P. **Análise do Potencial de Impacto no Meio Ambiente como Ferramenta para Educação e Proteção Ambiental em Pesqueiros**. Dissertação de Mestrado, Jaboticabal/São Paulo, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2009. 82 f.

OLIAS, M.; CERON, J. C.; MORAL, F.; RUIZ, F. Water quality of the Guadiamar river after the Aznalcollar Spill, Spain. **Chemosphere**, vol. 62, n. 2, p. 213-255, 2006.

OLIVEIRA, R, D. **Zoneamento Agroambiental do Município de Barcarena – Pará**. Dissertação de Mestrado, Belém/Pará, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 2002. 110 f.

OLIVEIRA, T. M. B. F.; DI SOUZA, L.; Castro, S. S. L. de. Dinâmica da série nitrogenada nas águas da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró- RN-Brasil. **Eclética Química**, vol. 34, n. 3, p. 17 -26, 2009.

PALMA, P.; ALVARENGA, P.; PALMA, V.; FERNANDES, R. M.; SOARES, A. M. V. M. e BARBOSA, I. R. Assessment of anthropogenic sources of water pollution using multivariate statistical techniques: A case study of the Alqueva's reservoir, Portugal. **Environmental Monitoring and Assessment**, vol. 165, p. 539–552, 2010.

PAULA, F.C.F.; LACERDA, L.D.; MARINS, R.V.; AGUIAR, J.E.; OVALLE, A.R.C.; FALCÃO FILHO, C.A.T. Emissões naturais e antrópicas de metais e nutrientes para a bacia inferior do Rio de Contas, Bahia. **Química Nova**, vol. 33, n. 1, p. 70-75, 2010.

PATHAK, S. P.; KUMAR, S.; RAMTEKE, P. W.; MURTHY, R. C.;BHATTACHERJEE, J. W.; GOPAL, K. Potability of water sources in relation to metal and bacterial contamination in some northern and northern-eastern districts of India. **Environmental Monitoring and Assessment**, vol. 33, n. 2, p.151-160, 1994.

PEREIRA, S. F. P.; LIMA, M. A.; FREITAS, K. H.; MESCOUTO, C. S.; SARAIVA, A. F. Estudo químico ambiental do rio Murucupi – Barcarena, PA, Brasil, área

impactada pela produção de alumínio. **Revista Ambi-Água**, vol. 2, n. 3, p. 62-82, 2007. Disponível em: <<http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/.../72/269>>. Acesso em: 10 maio 2012.

PEREIRA, L.C.C.; MONTEIRO, M. C.; GUIMARÃES, D.O.; MATOS, J.B.; DA COSTA, R.M. Seasonal effects of wastewater to the water quality of the Caeté river estuary, Brazilian Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, vol. 82, n.2, p.467-478, 2010.

PEREIRA, S.F.P; PIRES, O.O.; SARAIVA, A.F.; OLIVEIRA, G.R.; SOUSA JUNIOR, P.M.; MIRANDA, R.G.; SILVA, C.S.; SALES, R.S. Distribuição de elementos tóxicos no estuário do Rio Amazonas. **Eclética Química**, vol. 36, n. 1, p. 46-63, 2011.

PHIPPS, P. A. Chemistry and biochemistry of trace metals in biological systems. In: Effect of heavy metal pollution on plants. **Applied Science Publishers Ltd**, p. 1-54, 1981.

PINTO, A.G.N.; HORBE, A.M.C.; DA SILVA, M.S.R.; FONSECA, S. A.; MIRANDA, S.A.F; PASCOALOTO, D.; SANTOS, H.M.C . Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. **Acta Amazônica**, vol. 39, n. 3, p. 627-638, 2009.

PORTO, L. J. L. S. **Estudo da qualidade dos sedimentos de fundo do Rio Barcarena-PA**. Dissertação de Mestrado em geoquímica e Petrologia- Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, 2009. 91f.

QUEIRÓZ, M. M. A; HORBE, A. M. C; SEYLER, P.; MOURA, C. A. V. Hidroquímica do rio Solimões na região entre Manacapuru e Alvarães – Amazonas – Brasil. **Acta Amazônica**, vol. 39, n. 4, p. 943-952, 2009.

RICHTER, E.M.; FORNARO, A.; LAGO, C.L. do; ANGNES, L. Avaliação da composição química de águas do Sistema Guarapiranga: estudo de caso nos anos de 2002 e 2003. **Química Nova**, vol. 30, n. 5, p. 1147-1152, 2007.

SAEEDI, M.; ABESSI, O.; SHARIFI, F.; MERAJI, H. Development of groundwater quality index. **Environmental Monitoring and Assessment**, vol. 163, p. 327-335, 2010.

SANTANA,G.P.; BARRONCAS,P.S.R. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). **Acta Amazônica**. vol. 37, n. 1, p. 111 – 118, 2007.

SANTOS, E.C.O.; JESUS, I.M.; LIMA, M.O. **Relatório Técnico da Caracterização Preliminar dos Impactos Ambientais, Danos ao Ecossistema e Riscos à Saúde Decorrentes do Lançamento no Rio Murucupí de Efluentes do Processo de Beneficiamento de Bauxita, Barcarena-Pará**. Instituto Evandro Chagas, Belém, Pará.001/2009.

SANTOS, J.S.; SANTOS, M.J.S.; SANTOS, M.L.P. Parâmetros indicativos do processo de salinização em rios urbanos do semiárido brasileiro. **Química Nova**, vol. 32, n. 6, p. 1534-1538, 2009.

SARDINHA, D.S.; CONCEIÇÃO, F.T.; DE SOUZA, A.D.G.; SILVEIRA, A.; DE JULIO, M.; GONÇALVES, J.C.S.I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol.13, n. 3, p. 329-338, 2008.

SAUMA FILHO, M. **As águas subterrâneas de Belém e adjacências: influência da formação Pirabas e parâmetros físico-químicos para medida de qualidade**. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996. 128 f.

SHRESTHA, S.; KAZAMA, F. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. **Environmental Modelling and Software**, vol. 22, p. 464-475, 2007.

SHIL'KROT, G. S.; YASINSKII, S. V. Spatial and temporal variability of biogenic elements flow and water quality in a Small River, Moscow, Russia. **Water Resources**, vol. 29, n. 3, p.312-318, 2002.

SILVA, G.S.; SILVA, G.S.; SOUSA, E.R.; KONRAD, C.; BEM, C.C.; PAULI, J. PEREIRA, A. Phosphorus and nitrogen in waters of the Ocoí River Sub-basin, Itaipu Reservoir Tributary. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, vol. 20, n. 9, p. 1580-1588, 2009.

SIOLI, H.; KLINGE, H. Solos, típicos de vegetação e águas na Amazônia. **Amazoniana**, vol. 1, p. 27-41, 1962.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aquicultura**. São Paulo: Funep, 1994.

SIQUEIRA, G.W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A.M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). **Acta Amazonica**, vol. 42, n. 3, p. 413-422, 2012.

SOARES, J. A. C. **Vulnerabilidade natural dos aquíferos livres da região de Barcarena –PA**. Trabalho de Conclusão de Curso em Geologia – Universidade Federal do Pará, (UFPA), Belém, 1999.

SOUZA, A.D.G. **Diagnóstico Ambiental Integrado e Subsídios ao Estabelecimento de Metas de Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão (PE)**. Tese de Doutorado, UFSCar, São Carlos, 2002. 123 f.

SOUZA, A.D.G. *et al.*. Caracterização ambiental da microbacia hidrográfica do Ribeirão Preto (Ribeirão Preto-SP). **CD Anais do III Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental**, Brasília, 2004.

STALLARD, R.F.; EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon: the influence of geology and weathering environment on the dissolved load. **Journal of Geophysical Research**, vol. 88, n. C14, p. 9671-9688, 1983.

STAMATIS, G.; GARTZOS, E. The silica supersaturated waters of northern Evia and eastern central Greece. **Hydrological Processes**, vol. 13, p. 2833–2845, 1999.

STAMATIS, G.; LAMBRAKIS, N.; ALEXAKIS, D.; ZAGANA, E. Groundwater quality in Mesogea basin in eastern Attica (Greece). **Hydrological Processes**, vol. 20, p. 2803-2818, 2006.

STUMM, W.; MORGAN, J.J. **Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters**. John Wiley & Sons, New York, 1996. 780 p.

SUTHAR, S.; SHARMA, J.; CHABUKDHARA, M. e NEMA, A. K. Water quality assessment of river Hindon at Ghaziabad, India: Impact of industrial and urban wastewater. **Environmental Monitoring and Assessment**, vol. 165, p. 103-112, 2010.

TEKADE, P. V.; MOHABANSI, N. P.; PATIL, V. B. Study of physico-chemical properties of effluents from soap industry in Wardha. **Rasayan Journal of Chemistry**, vol.4, n. 2, p. 461-465, 2011.

TORTOSA, G., D.; CORREA, D.; SÁNCHEZ-RAYA, A. J.; DELGADO, A.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; BEDMAR, E. J. Effects of nitrate contamination and seasonal variation on the denitrification and greenhouse gas production in La Rocina Stream (Doñana National Park, SW Spain). **Ecological Engineering**, vol. 37, p. 539-548, 2011.

TURNER, R.E.; RABALAIS, N.N. Linking landscape and water quality in the Mississippi River Basin for 200years. **BioScience**, vol. 53, n. 6, p. 563-572, 2003.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Ed. Oficina de Textos. 631 p. 2008.

VEGA, M.; PARDO, R.; BARRADO, E.; DEBÁN, L. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Research**, vol. 32, n. 12, p. 3581-3592, 1998.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005. 452 p. v1. 3 ed. 4ª reimpressão-2009.

WALKER, W.J.; MCNUTT R.P.; MASLANKA C.A. The potential of urban runoff to surface sediments of the Passaic River: sources and chemical characteristics. **Chemosphere**, vol. 38, n. 2, p. 363-377, 1999.

YIDANA, S.M.; OPHORI, D.; BANOENG-YAKUBO, B. A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data-the Ankobra Basin, Ghana. **Journal of Environmental Management**, vol. 86, p. 80-87, 2008.

ZIMMERMAN, N.C.M. Avaliação da qualidade do corpo hídrico do rio tibagi na região de ponta grossa utilizando análise de componentes principais (PCA). **Química Nova**, vol. 31, n. 7, p. 1727-1732, 2008.