

ÍNDICE

1 - Apresentação	1/241
2 - Introdução	1/241
3 - Objetivos.....	2/241
4 - Metodologia	3/241
4.1 - Malha Amostral	3/241
4.2 - Variáveis Limnológicas.....	7/241
4.3 - Coleta e Análise das Amostras.....	10/241
4.3.1 - Variáveis Abióticas	11/241
4.3.1.1 - Elementos-traço.....	13/241
4.3.1.2 - Biocidas.....	14/241
4.3.1.3 - Sedimentos.....	14/241
4.3.2 - Variáveis Bióticas.....	15/241
4.3.2.1 - Fitoplâncton	16/241
4.3.2.2 - Zooplâncton.....	17/241
4.3.2.3 - Invertebrados Bentônicos.....	18/241
4.3.2.4 - Macrófitas Aquáticas	18/241
4.4 - Análise dos Dados	20/241
4.4.1 - Análise Biológica	22/241
5 - Resultados e Discussão	24/241
5.1 - Rio Madeira	24/241
5.1.1 - Físicas A e C.....	24/241
5.1.2 - Física B.....	32/241

5.1.3 -	Físico-químicas e Químicas II.....	34/241
5.1.4 -	Químicas III.....	39/241
5.1.5 -	Químicas I-A.....	45/241
5.1.6 -	Químicas I-B, I-C, I-D	46/241
5.1.7 -	Químicas IV.....	54/241
5.1.8 -	Químicas V.....	64/241
5.1.9 -	Químicas VI.....	66/241
5.1.10 -	Biológicas	73/241
5.2 -	Tributários.....	75/241
5.2.1 -	Físicas A e C.....	75/241
5.2.2 -	Física B.....	82/241
5.2.3 -	Físico-Químicas e Químicas II.....	83/241
5.2.4 -	Químicas III.....	87/241
5.2.5 -	Químicas I-A.....	92/241
5.2.6 -	Químicas I-B, I-C, I-D	94/241
5.2.7 -	Químicas IV.....	102/241
5.2.8 -	Químicas V.....	110/241
5.2.9 -	Químicas VI.....	112/241
5.2.10 -	Biológicas	116/241
5.3 -	Lagos e Canais	119/241
5.3.1 -	Físicas A e C.....	119/241
5.3.2 -	Física B.....	126/241
5.3.3 -	Físico-químicas e Químicas II.....	127/241
5.3.4 -	Químicas III.....	131/241

5.3.5 -	Químicas I-A	137/241
5.3.6 -	Químicas I-B, I-C, I-D	138/241
5.3.7 -	Químicas IV.....	146/241
5.3.8 -	Químicas V	154/241
5.3.9 -	Químicas VI.....	156/241
5.3.10 -	Biológicas	161/241
5.4 -	Ordenação Espacial das Variáveis Limnológicas	163/241
5.5 -	Fitoplâncton.....	169/241
5.6 -	Zooplâncton	179/241
5.6.1 -	Rio Madeira.....	180/241
5.6.1.1 -	Composição taxonômica	180/241
5.6.1.2 -	Abundância relativa	182/241
5.6.1.3 -	Densidade numérica	183/241
5.6.1.4 -	Diversidade.....	185/241
5.6.1.5 -	Biomassa.....	187/241
5.6.2 -	Tributários.....	190/241
5.6.2.1 -	Composição taxonômica	190/241
5.6.2.2 -	Abundância relativa	193/241
5.6.2.3 -	Densidade numérica	194/241
5.6.2.4 -	Diversidade.....	196/241
5.6.2.5 -	Biomassa.....	198/241
5.6.3 -	Lagos e Canais	201/241
5.6.3.1 -	Composição taxonômica	201/241
5.6.3.2 -	Abundância Relativa	204/241

5.6.3.3 -	Densidade Numérica	204/241
5.6.3.4 -	Diversidade	207/241
5.6.3.5 -	Biomassa	210/241
5.7 -	Invertebrados bentônicos	213/241
5.7.1 -	Rio Madeira.....	215/241
5.7.2 -	Tributários.....	217/241
5.7.3 -	Sedimentos	220/241
5.8 -	Macrófitas Aquáticas	223/241
5.8.1 -	Rio Madeira.....	224/241
5.8.2 -	Tributários.....	226/241
5.8.3 -	Lagos e Canais	229/241
6 -	Considerações Finais	232/241
7 -	Equipe Técnica	234/241
8 -	Referências	235/241

ANEXOS

Anexo 1 - Mapa de localização das estações de monitoramento limnológico

Anexo 2 - Laudos das análises abióticas

Anexo 3 - Laudos das análises biológicas

Anexo 4 - Pranchas dos organismos fitoplanctônicos

Anexo 5 - Pranchas dos organismos zooplanctônicos

1 - APRESENTAÇÃO

Este relatório considera a execução do Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas do AHE Santo Antônio do rio Madeira, contemplando as modificações decorrentes da Informação Técnica nº 47/2008 - COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, a condicionante 2.11 da LI nº 540/2008, Ata de Reunião realizada no IBAMA em 04/12/2008 e Ofício nº 19/2009 - CGENE/DILIC/IBAMA. Serão apresentados e discutidos os resultados obtidos nas duas primeiras campanhas de monitoramento, realizadas em março/abril e em junho de 2009.

A área de abrangência do programa se estende por um trecho de 300 km, ao longo do rio Madeira e seus tributários, incluindo também o canal e o lago do Cuniã e outros dois lagos (lago Pau D'Arco e lago São Miguel) à jusante da cidade de Porto Velho, Rondônia.

2 - INTRODUÇÃO

O rio Madeira é caracterizado por apresentar grande flutuação no nível da água ao longo do ano, com um período de águas altas (fevereiro a maio) e um de águas baixas (julho a outubro). A variação do nível da água neste rio é controlada pelo clima da região andina do leste da Bolívia, onde se situam as cabeceiras dos principais rios formadores do rio Madeira. Tundisi et al (1999) disseram que a variação anual no nível da água dirige o funcionamento ecológico, hidrológico, físico, químico e biológico do sistema, alterando a natureza dos rios e dos lagos de margem. Além disso, as características da água do rio Madeira são fruto da geologia da região andina, que faz com que o rio carregue uma elevada carga de sedimentos e que tenha um aspecto barrento, sendo, por isso, um rio de águas brancas (McClain and Naiman, 2008).

O regime hidrológico do rio Madeira faz com que ele seja extremamente atrativo sob o aspecto de geração de energia elétrica. No entanto, a construção de uma usina hidrelétrica envolve atividades do canteiro de obras, modificações no leito do rio, movimentação de terra e retirada de vegetação, podendo provocar alterações nos corpos d'água situados na área de influência do empreendimento.

Tendo em vista as possíveis alterações advindas da construção do empreendimento, o monitoramento limnológico torna-se uma ferramenta de fundamental interesse, fornecendo subsídios para a gestão ambiental do local. Os dados gerados no presente monitoramento possibilitarão indicar as possíveis modificações na bacia de captação do rio Madeira relacionadas às atividades da obra.

Visando ao atendimento das condicionantes definidas pelo órgão de controle ambiental, já foram realizadas duas campanhas de campo, uma no período de cheia (março/abril de 2009) e uma no período de vazante (junho de 2009). A malha amostral abrangeu 24 estações de coleta, situadas no rio Madeira, em seus tributários e em lagos e canais marginais localizados na área de influência do empreendimento. Este documento apresentará e discutirá os resultados obtidos.

3 - OBJETIVOS

Os Programas de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas têm como objetivo geral mensurar as transformações na condição limnológica e na comunidade de macrófitas, decorrentes da implantação do empreendimento, e subsidiar a adoção de medidas de controle, caso sejam identificados problemas de qualidade de água.

Os objetivos específicos são:

- Identificar as alterações limnológicas e caracterizar a comunidade de macrófitas aquáticas no rio Madeira, seus principais tributários e lagos a jusante, na área de influência do empreendimento, durante os períodos de cheia e vazante.
- Avaliar a ocorrência de gradientes espaciais e temporais das variáveis limnológicas e identificar as alterações espaciais e temporais da comunidade de macrófitas aquáticas, ao longo do rio Madeira, seus principais tributários e lagos a jusante, na área de influência do empreendimento.
- Averiguar a compatibilidade da condição de qualidade da água para os usos previstos no enquadramento do corpo hídrico, na área de influência do empreendimento.
- Classificar a qualidade da água e o grau de trofia, na área de influência do empreendimento.
- Fornecer informações que auxiliem na adoção de medidas de controle caso sejam identificados problemas de qualidade da água ou proliferação excessiva de macrófitas aquáticas.

4 - METODOLOGIA

4.1 - MALHA AMOSTRAL

Para execução do monitoramento limnológico foram estabelecidas 24 estações de coleta, sendo 8 estações distribuídas ao longo do rio Madeira, 9 nos tributários, 2 em lagos de jusante, 2 no canal do lago Cuniã e 3 no lago Cuniã.

A fim de selecionar as duas estações de coleta representativas dos lagos de jusante mais viáveis, durante a primeira campanha foram realizadas amostragens em três localidades: Lago São Miguel (LJ.01), Lago Pau D´Arco (LJ.02) e Lago Rio Verde (LRV). A partir dos resultados obtidos, optou-se por manter o monitoramento somente do Lago São Miguel (LJ.01) e do Lago Pau D´Arco (LJ.02), de forma a atender ao item a da condicionante 2.11 da Licença de Instalação nº 540/2008.

O código, a descrição e a coordenada geográfica de cada uma das estações - ordenadas de montante a jusante - são apresentados no Quadro 4-1. A seguir, é feita uma descrição mais detalhada de cada estação.

Quadro 4-1 - Descrição das estações de coleta, com os códigos de identificação e as coordenadas geográficas

Estações	Descrição	Coordenadas Geográficas Datum SAD 69	
MON.05	Rio Madeira, cerca de 20 km à jusante da cachoeira Jirau	9° 12'39.10"	64° 37'15.97"
CAR	Rio Caripuna, cerca de 1 km à montante de sua foz	9° 11'41.43"	64° 37'25.30"
MON.04	Rio Madeira, cerca de 10 km à montante da foz do rio Jaci-Paraná	9° 10'25.40"	64° 28'39.60"
JAC.01	Rio Jaci-Paraná, cerca de 4 km à montante de sua foz	9° 13'37.44"	64° 23'05.87"
JAC.02	Rio Jaci-Paraná, cerca de 15 km à montante de sua foz	9° 17'20.10"	64° 23'53.20"
CRC	Rio Caracol, cerca de 1 km à montante de sua foz	9° 11'48.85"	64° 22'29.26"
MUC	Rio Mucuim, à margem esquerda do rio Madeira	9° 04'35.94"	64° 19'07.92"
MON.03	Rio Madeira, 24 km à jusante da desembocadura do rio Jaci-Paraná	9° 01'39.20"	64° 16'44.10"
MON.02	Rio Madeira, cerca de 10 km à montante da Cachoeira de Santo Antônio	8° 55'36.10"	64° 04'56.90"
JAT I	Igarapé Jatuarana I, cerca de 1 km à montante de sua foz	8° 49'46.60"	64° 02'58.01"
MON.01	Rio Madeira, cerca de 8,5 km à montante da Cachoeira de Santo Antônio	8° 50'31.50"	63° 59'42.30"
JUS.01	Rio Madeira, cerca de 3 km à jusante da Cachoeira de Santo Antônio	8° 47'17.50"	63° 55'53.70"
JAT II	Igarapé Jatuarana II, cerca de 500 m à montante de sua foz	8° 38'48.17"	63° 55'08.44"
BEL	Igarapé Belmont, cerca de 200 m à montante de sua foz	8° 38'13.30"	63° 52'02.10"
JUS.02	Rio Madeira, cerca de 25 km à jusante da Cachoeira de Santo Antônio	8° 38'34.95"	63° 51'00.98"
JAM	Rio Jamari, 10 km à montante de sua desembocadura no rio Madeira	8° 35'56.90"	63° 48'21.52"
LJ.01	Lago de jusante, cerca de 33 Km à jusante da Cachoeira de Santo Antônio	8° 33'23.02"	63° 34'04.92"
LJ.02	Lago de jusante, cerca de 70 Km à jusante da Cachoeira de Santo Antônio	8° 29'25.49"	63° 29'58.48"
JUS.03	Rio Madeira, cerca de 20 km à jusante da desembocadura do rio Jamari	8° 18'33.22"	63° 23'32.77"
CC.01	Canal do Cuniã, cerca de 10 km à montante da foz do canal do lago	8° 11'31.88"	63° 23'40.96"

Estações	Descrição	Coordenadas Geográficas Datum SAD 69	
CC.02	Canal do Cuniã, cerca de 42 km à montante da foz do canal do lago	8° 18'40.99"	63° 29'11.93"
LC.01	Lago do Cuniã, cerca de 2,5 km à montante de CC.02	8° 19'24.41"	63° 30'11.87"
LC.02	Lago do Cuniã, cerca de 6,5 km à montante de CC.02	8° 18'13.52"	63° 27'00.59"
LC.03	Lago do Cuniã, cerca de 1 km à montante de CC.02	8° 31'49.25"	63° 27'12.72"

▪ Rio Madeira

- ▶ Estação Montante 05 (MON.05) - localizada no rio Madeira, à jusante da cachoeira Jirau, sendo este o ponto mais a montante na área de influência do futuro reservatório do AHE de Santo Antônio. A qualidade hídrica desse ponto será considerada a matriz limnológica para a avaliação das modificações hidroquímicas advindas da construção da hidrelétrica de Santo Antônio.
- ▶ Estação Montante 04 (MON.04) - localizada no rio Madeira, cerca de 10 km à montante da foz do rio Jaci-Paraná. Os dados obtidos nesse ponto comporão parte da informação para a avaliação da influência do rio Jaci-Paraná sobre as águas do Madeira e do futuro reservatório da hidrelétrica de Santo Antônio.
- ▶ Estação Montante 03 (MON.03) - localizada no rio Madeira, cerca de 24 km à jusante da desembocadura do rio Jaci-Paraná e 30 km à montante da estação MON 02. Pretende-se nesse ponto detectar as possíveis interferências na qualidade da água do rio Madeira pelas águas do rio Jaci-Paraná e Caracol, afluentes sob forte influência da colonização agropecuária na região.
- ▶ Estação Montante 02 (MON.02) - localizada no rio Madeira, cerca de 10 km à montante da cachoeira de Santo Antônio.
- ▶ Estação Montante 01 (MON.01) - localizada no rio Madeira, cerca de 8,5 km à montante da cachoeira de Santo Antônio. Nesse ponto pretende-se avaliar toda a contribuição hidroquímica à montante dessa cachoeira e do futuro reservatório do AHE de Santo Antônio. É um ponto onde certamente todo o volume de água do rio Madeira encontra-se sob forte mistura, em consequência não apenas do grande desnível do leito do rio até este local, mas também pela vigorosa influência da cachoeira de Santo Antônio, a maior em todo o percurso do rio Madeira.
- ▶ Estação Jusante 01 (JUS.01) - localizada no rio Madeira, cerca de 3 km a jusante da Cachoeira de Santo Antônio. Nesse ponto será realizada a avaliação limnológica de toda a

água vertida do reservatório da hidrelétrica. É também um ponto de forte mistura da coluna de água, totalizando da estação MON.05 até aqui, cerca de 18 m de desnível.

- ▶ Estação Jusante 02 (JUS.02) - localizada no rio Madeira, cerca de 25 km a jusante da cachoeira de Santo Antônio. É o início do baixo rio Madeira, trecho característico de um rio de planície.
- ▶ Estação Jusante 03 (JUS.03) - localizada no rio Madeira, cerca de 20 km a jusante da foz do rio Jamarí e 113 km a jusante da cachoeira de Santo Antônio.
- Tributários
 - ▶ Estação rio Caripuna (CAR) - localizada no rio Caripuna, cerca de 1 quilômetro a montante da desembocadura desse rio na margem esquerda do rio Madeira. A foz desse rio está a cerca de 27 km a jusante da cachoeira Jirau.
 - ▶ Estação Jaci-Paraná 01 (JAC.01) - localizada rio Jaci-Paraná, cerca de 4 km acima de sua desembocadura na margem direita do rio Madeira. A foz desse afluente está cerca de 81 km a montante da cachoeira de Santo Antônio.
 - ▶ Estação Jaci-Paraná 02 (JAC.02) - localizada rio Jaci-Paraná, cerca de 15 km à montante de sua foz. A avaliação limnológica desse ponto pretende investigar a influência do represamento das águas desse rio em consequência da barragem na cachoeira de Santo Antônio.
 - ▶ Estação rio Caracol (CRC) - localizada no rio Caracol, cerca de 1 quilômetro à montante de sua foz. A sua desembocadura, na margem direita do rio Madeira, está a cerca de 2 km a jusante de confluência do rio Jaci-Paraná.
 - ▶ Estação Mucuim (MUC) - localizada no rio Mucuim, cerca de 1 quilômetro à montante de sua foz. A sua desembocadura, na margem esquerda do rio Madeira, está a cerca de 47 km à jusante da cachoeira Jirau.
 - ▶ Estação Jatuarana I (JAT I) - localizada próxima à foz deste rio, dentro do mesmo, na margem esquerda do rio Madeira. A avaliação limnológica deste ponto pretende investigar a influência do represamento das águas deste rio em consequência da barragem na cachoeira de Santo Antônio.

- ▶ Estação Jatuarana II (JAT II) - localizada cerca de 500 m a montante da desembocadura desse igarapé na margem esquerda do rio Madeira. A foz desse igarapé está a cerca de 5,5 km a montante da Estação Jusante 02 (JUS.02).
- ▶ Estação Belmont (BEL) - localizada no igarapé Belmont, cerca de 200 m a montante de sua foz. A foz desse igarapé está a cerca de 27 km a jusante da cachoeira de Santo Antônio e 2 km abaixo da Estação Jusante 02 na margem direita do rio Madeira.
- ▶ ▶ Estação Jamari (JAM) - localizada no rio Jamari, cerca de 10 km a montante de sua desembocadura no rio Madeira. O Jamari desemboca na margem direita do rio Madeira, cerca de 93 km a jusante da cachoeira de Santo Antônio.
- Lagos e Canais
 - ▶ Estação Lago de Jusante 01 (LJ.01) - Lago São Miguel, localizado próximo à margem esquerda do rio Madeira, a cerca de 33 km a jusante da cachoeira de Santo Antônio e 10 km do da estação JUS.02.
 - ▶ Estação Lago de Jusante 02 (LJ.02) - Lago Pau D´Arco, localizado próximo à margem esquerda do rio Madeira, a cerca de 70 km a jusante da cachoeira de Santo Antônio, a cerca de 47 km do da estação JUS.02.
 - ▶ Estação Canal do Cuniã 01 (CC.01) - localizada no canal do lago do Cuniã, cerca de 10km a montante da foz do canal do lago. A foz do canal, margem esquerda do rio Madeira, está cerca de 36 km a jusante da foz do rio Jamari, 16 km abaixo da estação JUS.03 e cerca de 130 km a jusante da cachoeira de Santo Antônio.
 - ▶ Estação Canal do Cuniã 02 (CC.02) - localizada no canal do lago, cerca de 42 km à montante da foz do canal do lago. Esse ponto corresponde ao início do canal, que dá acesso do lago ao rio Madeira.
 - ▶ Estação Lago do Cuniã 01 (LC.01) - localizada no principal lago-abastecedor do Cuniã, cerca de 2,5 km a montante de CC.02.
 - ▶ Estação Lago do Cuniã 02 (LC.02) - localizada na área central do lago do Cuniã, cerca de 6,5 km a montante da estação CC.02.
 - ▶ Estação Lago Cuniã 03 (LC.03) - localizado na margem do lago do Cuniã, cerca de 1,0 km à montante da estação CC.02.

4.2 - VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

Para caracterização da qualidade da água foram selecionadas as variáveis físicas, físico-químicas, químicas e biológicas. Estas variáveis foram agrupadas em categorias de natureza Físicas (A, B, C), Físico-Química, Química (1 A-D, 2, 3, 4, 5, 6), Biológica, Sedimentos Superficiais e Macrófitas Aquáticas Quadro 4-2.

Quadro 4-2 - Variáveis limnológicas a serem monitoradas, agrupadas por categorias.

F í s i c a s -A
Temperatura do ar
Profundidade
Transparência
Coefficiente atenuação vertical
Zona eufótica
Cor
Velocidade de corrente
F í s i c a s -B
Temperatura da água
F í s i c a s -C
Turbidez
Sólidos em suspensão
Sólidos totais dissolvidos
Sólidos totais
Sólidos fixos
Sólidos voláteis
F í s i c o -q u í m i c a s
Condutividade elétrica
Potencial hidrogeniônico (pH)
Concentração molar [H ⁺]
Q u í m i c a s
Oxigênio, demandas e relações de consumo
Q u í m i c a s I -A
Oxigênio -percentagem de saturação
Oxigênio -concentração
Q u í m i c a s I -B
O ₂ .inicial (DBO)%
O ₂ inicial (DBO) mg/ L
O ₂ 5 dias
Demanda bioquímica de oxigênio -DBO ₅
Q u í m i c a s I -C
Demanda química de oxigênio -DQO
Carbono bioquimicamente oxidado (C.DBO)
Q u í m i c a s I -D
DBO.100/O ₂ -consumo de O ₂ pela DBO ₅
O ₂ .100/DQO -o O ₂ presente é x% da DQO

Físicas - A
DBO.100/DQO -a DBO ₅ é x% da DQO
O ₂ .100/(DBO+DQO) -o O ₂ é x% das demandas
Carbono inorgânico
Carbono orgânico total (quimicamente oxidado)
Carbono total
Carbono orgânico refratário
Q u í m i c a s II
Sistema tampão
Gás carbônico livre
Gás carbônico total
Alcalinidade
Alcalinidade de bicarbonatos
Dureza
Dureza devido ao cálcio e magnésio
Q u í m i c a s III
Íons principais
Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺
Cl ⁻ , SO ₄ ⁼ , HCO ₃ ⁻
Q u í m i c a s IV
Nutrientes inorgânicos e suas frações
Nitrogênio amoniacal
Nitrito
Nitrato
Nitrogênio inorgânico dissolvido
Nitrogênio total dissolvido
Nitrogênio total
Nitrogênio orgânico dissolvido
Nitrogênio orgânico total
Nitrogênio particulado
Ortofosfato
Fósforo total dissolvido
Fósforo total
Fósforo orgânico dissolvido
Fósforo orgânico total
Fósforo particulado
Silicatos reativos
Q u í m i c a s V
Ferro dissolvido
Ferro total
Óleos e graxas
Q u í m i c a s VI
Elementos-traço e biocidas
Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Sn, Zn
Biocidas
B i o l ó g i c a s
Clorofila a (Chla)
Pigmentos totais (Pig tots)

Físicas -A
Fitoplâncton (F)
Zooplâncton (Z)
Coliformes totais
<i>Escherichia coli</i>
Sedimentos Superficiais
Invertebrados bentônicos
Granulometria (areia grossa, areia fina, silte, argila)
Cinzas
Matéria orgânica
Carbono orgânico
Nitrogênio
Fósforo
Sódio
Potássio
Cálcio
Magnésio
Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Sn, Zn
Biocidas
Macrófitas Aquáticas
Identificação
Cinzas
Matéria orgânica
Carbono orgânico
Sódio
Potássio
Cálcio
Magnésio
Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Sn, Zn

As variáveis do grupo Físicas-A (temperatura do ar, profundidade, transparência, coeficiente de atenuação vertical, zona eufótica e cor) foram medidas uma vez em cada uma das estações de coleta. As variáveis limnológicas agrupadas em Físicas-B (temperatura da água), Físicas-C (turbidez, sólidos em suspensão, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis), Físico-Químicas (condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico e concentração molar), Químicas I-A (concentração e saturação de oxigênio dissolvido), Química IB, Química IC, Químicas I a Química V foram analisadas na sub-superfície e na profundidade máxima das estações no centro da calha do rio Madeira e somente na sub-superfície das estações nos afluentes, nos lagos de jusante e no canal do lago Cuniã. Os óleos e graxas e as variáveis biológicas, incluindo coliformes, foram analisados somente na sub-superfície.

No lago Cuniã, todas as variáveis dos grupos Química I-B a D foram analisadas na sub-superfície, as variáveis dos grupos Química II, III, V e Físicas-C foram analisadas na sub-superfície e na

profundidade máxima e as variáveis do grupo Química IV e Biológicas foram analisadas em 3 profundidades, em LC.01 e LC.02. Em LC.03, por se tratar de uma estação de margem, todas as variáveis foram analisadas somente na sub-superfície.

As estações de coleta definidas para as análises de biocidas, sedimentos e invertebrados bentônicos são coincidentes: Caripuna (CAR), Jaciparanã 01 (JAC.01), Caracol (CRC), Mucuí 01 (MUC.01), Montante 03 (MON.03), Jatuarana I (JAT I), Montante 01 (MON.01), Jusante 01 (JUS.01) e Jusante 02 (JUS.02). Na região a montante do eixo da barragem, as estações selecionadas para realização destas análises são representativas das áreas mais favoráveis a ocorrência de organismos bentônicos, por se tratar da confluência dos tributários com o leito principal.

Para determinação da presença de elementos-traço em água, foram analisadas as concentração de Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Sn e Zn em amostras de subsuperfície, coletadas em 10 estações a jusante do empreendimento: Jusante 01 (JUS.01), Jatuarana II (JAT II), Belmont (BEL), Jusante 02 (JUS.02), Jamarí (JAM), Lago Jusante 01 (LJ.01), Lago Jusante 02 (LJ.02), Cuniã-canal 01 (CC.01), Lago Cuniã 02 (LC.02), Jusante 03 (JUS.03). Destaca-se que as estações de montante estão tendo a caracterização de elementos-traço contemplada pelo Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico.

4.3 - COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS

A primeira campanha de monitoramento limnológico considerou apenas as variáveis físicas, químicas da água e sedimento, uma vez que não havia tem hábil para emissão da Licença de Autorização de Coleta dos organismos biológicos pelo Ibama. A campanha preliminar foi representativa do período de cheia e ocorreu entre os dias 1 a 7 de abril de 2009. A segunda campanha considerou todas as análises físicas, químicas e biológicas, incluindo macrófitas aquáticas, foi representativa do período de vazante e ocorreu entre os dias 1 a 7 de junho de 2009. Em cada estação de coleta foram feitas anotações a respeito do ambiente de entorno e da área de drenagem das estações amostradas. O grupo das variáveis Física A, Físicas B, Físico-Químicas e Química 1A foram determinados em campo, com auxílio de equipamentos portáteis. Para determinação dos demais grupos de variáveis, as amostras de água foram coletadas para análise posterior. Para coleta de amostras em diferentes profundidades foi utilizada garrafa de Van Dorn. As amostras foram transportadas em frascos de polietileno ou vidro e devidamente preservadas até o momento da análise.

4.3.1 - Variáveis Abióticas

As técnicas de análise de amostras de água para as variáveis físicas e químicas seguiram os protocolos padronizados internacionalmente reconhecidos, preferencialmente as determinações contidas no "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA (1998) 21ª edição. As técnicas analíticas tiveram como base as recomendações do programa biológico internacional para ambientes aquáticos (Golterman et al. 1978). Foram considerados, entre outros, os fundamentos técnicos descritos por Strickland & Parsons (1972), Rodier (1978), Mackereth et al. (1978), e Wetzel & Likens (2000). O Quadro 4-3 apresenta uma síntese dos métodos e respectivos equipamentos utilizados para realização das análises, assim como a unidade de medida e limite de detecção do método para cada variável a ser analisada. Metodologias similares, com reconhecidas eficiências analíticas, poderão ser utilizada como alternativas no caso necessário.

Quadro 4-3 - Grupos de variáveis limnológicas, unidades de medida, equipamentos utilizados e limites de detecção.

VARIÁVEIS	Unidade	Método / Equipamento	Deteção
Físicas - A			
Temperatura do ar	°C	termômetro comum de Hg	0,1
Profundidade	m	profundímetro	0,1
Transparência	m	disco de Secchi	0,05
Coefficiente atenuação vertical	m ⁻¹	radiômetro LI-COR / calculado	0,01
Zona eufótica	m	calculado	0,01
Cor	mg Pt/L	espectrofotométrico	0,1
Velocidade de corrente	m/s	fluxômetro	0,1
Físicas - B			
Temperatura da água	°C	potenciométrico / Sonda YSI 6660	0,1
Físicas - C			
Turbidez	NTU	nefelométrico turbidímetro / Sonda YSI 6660	0,01
Sólidos em suspensão	mg/L	gravimétrico entre 103- 105 ° C	0,1
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	gravimétrico a 180° C	0,1
Sólidos totais	mg/L	calculado	0,1
Sólidos fixos	mg/L	evaporação / gravimétrico	0,1
Sólidos voláteis	mg/L	evaporação / gravimétrico	0,1
Físico-químicas			
Condutividade elétrica	µS/cm	potenciométrico / Sonda YSI 6660	0,1
Potencial hidrogeniônico (pH)	pH	potenciométrico / Sonda YSI 6660	0,001
Concentração molar [H ⁺]	µmol/L	calculado	0,001

VARIÁVEIS	Unidade	Método/Equipamento	Deteção
Químicas			
Oxigênio, demandas e relações de consumo			
Químicas I-A			
Oxigênio -percentagem de saturação	%	oxímetro / Sonda YSI 6660	0,1
Oxigênio -concentração	mg/L	oxímetro / Sonda YSI 6660	0,01
Químicas I-B			
O ₂ inicial (DBO)%	% saturação	calculado a partir do O ₂ / oxímetro	0,1
O ₂ inicial (DBO) mg/ L	mg/L	oxímetro	0,01
O ₂ 5 dias	mg/L	oxímetro	0,01
Demanda bioquímica de oxigênio -DBO ₅	mg/L	Incubação por 5 dias	0,05
Químicas I-C			
Demanda química de oxigênio -DQO	mg/L	método do refluxo fechado /oxidação com dicromato	0,05
Carbono bioquimicamente oxidado (C.DBO)	mg/L	calculado a partir da DBO	0,05
Químicas I-D			
DBO.100/O ₂ -consumo de O ₂ pela DBO ₅	%	calculado a partir do O ₂ inicial e da DBO ₅	0,1
O ₂ .100/DQO -o O ₂ presente é x% da DQO	%	calculado a partir do O ₂ inicial e da DQO	0,1
DBO.100/DQO -a DBO ₅ é x% da DQO	%	calculado a partir do O ₂ inicial e da DBO ₅ e da DQO	0,1
O ₂ .100/(DBO+DQO) -o O ₂ é x% das demandas	%	calculado a partir do O ₂ inicial e da DBO ₅ e da DQO	0,1
Carbono inorgânico	mg/L	calculado a partir do CO ₂ total	0,05
Carbono orgânico total (quimicamente oxidado)	mg/L	calculado a partir da DQO	0,05
Carbono total	mg/L	calculado a partir do C orgânico e inorgânico	0,05
Carbono orgânico refratário	mg/L	C orgânico subtraído do C bioquimicamente oxidado	0,05
Químicas II			
Sistema tampão			
Gás carbônico livre	mg/L	titulação potenciométrica com NaOH	0,05
Gás carbônico total	mg/L	titulação potenciométrica com HCl	0,05
Alcalinidade	meq	titulação potenciométrica com NaOH e HCl	0,001
Alcalinidade de bicarbonatos	HCO ₃ ⁻ /L	titulação potenciométrica com NaOH e HCl	0,05
Dureza	CaCO ₃ mg/L	titulação	0,05
Dureza devido ao cálcio e magnésio	d° Ca,Mg	titulação	0,05
Químicas III			
Ions principais			
Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	mg/L	espectroscopia / absorção atômica	0,01
Cl ⁻ , SO ₄ ⁼ , HCO ₃ ⁻	mg/L	espectroscopia / absorção atômica	0,01

VARIÁVEIS	Unidade	Método / Equipamento	Deteção
Q u í m i c a s I V			
Nutrientes inorgânicos e suas frações			
Nitrogênio amoniacal	µg/L	espectrofotometria por Nessler	5,0
Nitrito	µg/L	espectrofotométrico por Diazotação	5,0
Nitrato	µg/L	coluna Cd/espectrofotométrico	5,0
Nitrogênio inorgânico dissolvido	µg/L	espectrofotométrico	5,0
Nitrogênio total dissolvido	µg/L	digestão com persulfato / espectrofotométrico	5,0
Nitrogênio total	µg/L	digestão com persulfato / espectrofotométrico	5,0
Nitrogênio orgânico dissolvido	µg/L	espectrofotométrico	5,0
Nitrogênio orgânico total	µg/L	digestão com persulfato / espectrofotométrico	5,0
Nitrogênio particulado	µg/L	digestão com persulfato / espectrofotométrico	5,0
Ortofosfato	µg/L	espectrofotométrico	5,0
Fósforo total dissolvido	µg/L	digestão com persulfato / espectrofotométrico	5,0
Fósforo total	µg/L	digestão com persulfato / espectrofotométrico	5,0
Fósforo orgânico dissolvido	µg/L	espectrofotométrico	5,0
Fósforo orgânico total	µg/L	espectrofotométrico	5,0
Fósforo particulado	µg/L	digestão com persulfato / espectrofotométrico	5,0
Silicatos reativos		molibdato de Na / espectrofotométrico	0,05
Q u í m i c a s V			
Ferro dissolvido	mg/L	fenantrolina / espectrofotométrico	0,05
Ferro total	mg/L	fenantrolina / espectrofotométrico	0,05
Óleos e graxas	mg/L	gravimétrico: extração com n-hexano em Soxhlet	0,05
Q u í m i c a s V I			
Elementos-traço e Biocidas			
Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Si, Sn, Zn	µg/L	espectrometria de massa com fonte de plasma indutivamente acoplado (ICP/MS)	0,001
Hg	µg/L	espectrometria de fluorescência atômica por geração de vapor a frio	0,001
Biocidas	µg/L	cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG/EM)	0,05

4.3.1.1 - Elementos-traço

Para determinação da presença de elementos-traço foram coletados 500 mL de água em frascos de polietileno. Para a preservação foi adicionado ácido nítrico concentrado PA até o pH ficar inferior a 2. As amostras foram enviadas ao laboratório analítico no prazo de 10 dias. As análises foram feitas por Espectrofotometria de absorção atômica em forno de grafite e Espectrometria de Massa com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP/MS). No caso do Mercúrio as análises foram feitas por Espectrometria de Fluorescência Atômica por geração de vapor frio.

4.3.1.2 - Biocidas

Para determinação de biocidas em água foram coletadas amostras de água para análise de Compostos Orgânicos Semi-Voláteis (SVOCs) e Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs). Para os SVOCs foi necessário 1L de amostra, acondicionado em frasco âmbar. Para os VOCs foram coletados 100 ml, acidificados até pH 2 com ácido clorídrico, mantidas sem bolhas. Para análise dos SVOCs em sedimentos foram amostrados 250g em frascos com septo com capacidade de 500ml. As amostras foram mantidas refrigeradas até o momento da extração.

As amostras de água e sedimento foram submetidas a uma varredura em Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG/EM) de Compostos Orgânicos Semi-Voláteis e de Compostos Orgânicos Voláteis, englobando desta forma todos os biocidas mencionados nas Resoluções CONAMA 344/2004 e 357/2005.

Para a determinação dos SVOCs as análises seguiram o protocolo extração líquido /líquido para cromatografia gasosa (SMEWW 6410B-Extraction Liquid/Liquid GC), para os VOCs seguiram o protocolo EPA SW 846-826B/EPA- Headspace Analysis.

4.3.1.3 - Sedimentos

As amostras de sedimentos superficiais foram coletadas com pegador de Van Veen modificado, com área de 0,03 m². Após a coleta, o material foi acondicionado em sacos de polietileno e mantido resfriado até o momento de preparação e análise das amostras em laboratório. Nas amostras de sedimento foi analisada granulometria (areia grossa, areia fina, silte, argila), cinzas, matéria orgânica, carbono orgânico, fósforo total, nitrogênio total, sódio, potássio, cálcio, magnésio, elementos-traço (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Sn, Zn) e biocidas, além dos invertebrados bentônicos. O Quadro 4-4 apresenta uma síntese dos métodos e respectivos equipamentos necessários para realização das análises de sedimentos superficiais, assim como a unidade de medida e limite de detecção do método para cada variável a ser analisada.

Quadro 4-4 - Variáveis analisadas em sedimentos superficiais, unidades de medida, equipamentos utilizados e limites de detecção.

VARIÁVEIS	Unidade	Método / Equipamento	Deteção
Sedimentos Superficiais			
Invertebrados bentônicos	ind/m ²	draga / contagem	SP
Granulometria (areia grossa, areia fina, silte, argila)	g/kg	químico / gravimétrico	0,01
Cinzas	g/kg	calcinação / gravimétrico	0,01
Matéria orgânica	g/kg	digestão / calcinação	0,05
Carbono orgânico	g/kg	calculado	0,05
Nitrogênio	g/kg	digestão / absorção atômica	0,01
Fósforo	g/kg	digestão / absorção atômica	0,01
Sódio	g/kg	digestão / absorção atômica	0,01
Potássio	g/kg	digestão / absorção atômica	0,01
Cálcio	g/kg	digestão / absorção atômica	0,01
Magnésio	g/kg	digestão / absorção atômica	0,01
Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Sn, Zn	g/kg	digestão / absorção atômica - FG	0,01
Biocidas	g/kg	cromatografia gasosa	0,01

4.3.2 - Variáveis Bióticas

As técnicas de análise de amostras de água para análises biológicas seguiram os protocolos padronizados internacionalmente reconhecidos, seguindo as mesmas referências indicadas no item 4.3.1. O Quadro 4-5 apresenta uma síntese dos métodos e respectivos equipamentos necessários para realização das análises biológicas, assim como a unidade de medida e limite de detecção do método para cada variável a ser analisada.

Quadro 4-5 - Variáveis biológicas, unidades de medida, equipamentos utilizados e limites de detecção.

VARIÁVEIS	Unidade	Método / Equipamento	Deteção
Biológicas			
Clorofila a (Chla)	µg/L	filtração / maceração / espectrofotométrico	0,1
Pigmentos totais (Pig tots)	µg/L	filtração / maceração / espectrofotométrico	0,1
Fitoplâncton (F)	ind/mL	coleta direta ou rede de plâncton 20 µm / contagem	sp
Zooplâncton (Z)	ind/L	rede de plâncton 68 µm / contagem	sp
Coliformes totais	nmp/100mL	colimétrico - colilert / cultrura	1,0
<i>Escherichia coli</i>	nmp/100mL	colimétrico - colilert / cultrura	1,0

4.3.2.1 - Fitoplâncton

A estrutura da comunidade fitoplanctônica foi avaliada partir da composição, abundância e biovolume, através de amostras quantitativas e qualitativas obtidas coletadas na subsuperfície da coluna d'água. Para análises quantitativas as amostras foram coletadas por passagem do frasco diretamente na subsuperfície. A não filtração possibilita a análise integral da fração fitoplanctônica, não sendo eliminada qualquer fração menor que um tamanho estabelecido de malha de rede de coleta. Para análises qualitativas as amostras foram coletadas por meio de rede de plâncton de 20 μm . As amostras foram preservadas em solução transeau e solução de lugol para as análises qualitativas e quantitativas, respectivamente. A quantificação das populações foi feita pelo método de sedimentação de Uthermöl (1958) com aumento de 400x ou 1000x em microscópio invertido. A identificação sistemática foi feita sempre que possível em nível de espécie, por análise comparativa com a literatura especializada e atualizada, com base nas características morfológicas e morfométricas das vidas vegetativa e reprodutiva. Com relação ao sistema de classificação das classes, será adotado aquele estabelecido por Hoek (1997), exceto para diatomáceas (Round, 1990) e cianobactérias (Komárek e Anagnostidis, 1998).

Para determinação da abundância das populações fitoplanctônicas (ind mL^{-1}) as amostras foram colocadas em câmaras de sedimentação de 2 ou 10 mL, dependendo das concentrações de abioseston em relação às algas. O tempo de sedimentação foi de pelo menos três horas para cada centímetro de altura da câmara (Margalef, 1983). A enumeração dos organismos (células, colônias, filamentos) foi feita em campos aleatórios (Uhelinger, 1964) em microscópio invertido, marca Zeiss Oberkochen, modelo Axiovert. Os organismos foram enumerados, sempre que possível, em número suficiente para alcançar 100 indivíduos da espécie mais freqüente, sendo o erro inferior a 20% ($p < 0,05$; Lund et al. 1958). Quando não foi possível utilizar esse critério (amostras com algas escassas e detrito abundante), foram enumerados indivíduos em tantos campos aleatórios quantos os necessários para que se estabilizasse o número de espécies adicionadas por campo (método da área mínima), a fim de garantir uma representatividade qualitativa mínima das espécies.

Amostras qualitativas foram examinadas em microscópio Olympus BH2 equipado com câmera digital para captura de imagem (Image Pro Plus) a fim de observar características morfológicas necessárias a identificação das espécies e de documentar os táxons mais importantes. Com a finalidade de obter uma lista mais detalhada da biodiversidade fitoplanctônica, sobretudo das algas maiores, geralmente mais raras, as amostras qualitativas foram observadas em câmaras de sedimentação de 2mL em microscópio invertido em dois transetos (longitudinal e transversal) em

um aumento de 200x. As identificações foram feitas sempre que possível em nível de espécie, com base nas características morfológicas e morfométricas das vidas vegetativa e reprodutiva das populações, utilizando-se bibliografia atualizada e específica.

Os grandes grupos taxonômicos (cianobactérias= Cyanobacteria; criptofíceas= Cryptophyceae; dinoflagelados= Dinophyceae, diatomáceas= Bacillariophyceae, crisofíceas= Chrysophyceae; xantofíceas= Xanthophyceae; rafidofíceas= Raphidophyceae; euglenóides= Euglenophyceae; clorofíceas= Chlorophyceae; zignematofíceas= Zygnematophyceae e oedogoniofíceas= Oedogoniophyceae) foram identificados de acordo com os critérios estabelecidos por Hoek 1993, exceto para cianobactérias (Komárek & Anagnostidis 1999) e diatomáceas (Round et al. 1993).

4.3.2.2 - Zooplâncton

Para a análise da comunidade zooplanctônica as amostras foram obtidas com o auxílio de uma moto-bomba, coletadas na sub-superfície. Duzentos litros de água foram coletados e os organismos foram filtrados em uma rede de plâncton de 68 µm de abertura de malha. O material coletado foi mantido em frascos de polietileno e fixado em solução de formaldeído a 4%, tamponado com carbonato de cálcio. No laboratório, as amostras foram concentradas em um volume conhecido.

A composição da comunidade zooplanctônica foi feita utilizando lâminas e lamínulas comuns, microscópio estereoscópico e microscópio óptico. Inicialmente, os espécimes de Cladocera e Copepoda foram fotografados em microscópio Zeiss Axiovert Plus 2, acoplados a um sistema de aquisição de imagens (AxioCam), dissecados e identificados até o menor nível taxonômico possível (a maioria em nível de espécies).

As densidades das espécies foram estimadas e expressas em indivíduos por metros cúbicos (ind.m⁻³) por meio de contagem numérica em câmara de Sedgwick-Rafter, de 5 alíquotas de 1,5 mL em um total de 7,5 mL) obtidas com pipeta do tipo Hensel-Stempel.

Para as espécies pouco abundantes, que não ocorreram nas alíquotas ou ocorreram em densidades muito baixas, foi realizada a contagem de toda a amostra para obtenção de resultados acurados da riqueza de espécies. A riqueza de espécies foi dada pela pelo número de espécies presentes em cada amostra.

A biomassa zooplanctônica foi determinada a partir das equações de relação peso-comprimento dos indivíduos de acordo com as fórmulas de Bottrell et al. (2006). O peso seco foi obtido

mediante as fórmulas disponíveis para os táxons específicos ou mais próximos, com base nas dimensões lineares obtidas para cada espécie presente nas amostras. Estes dados foram utilizados para o cálculo da biomassa, para os Cladocera e os Copepoda. No caso dos Rotifera, para algumas espécies em que não havia indivíduos suficientes para as determinações de peso seco, o biovolume foi calculado utilizando-se as dimensões lineares e a equação para a forma geométrica mais adequada (cilindro, esfera, cone, oval, etc.).

A biomassa de cada espécie (B) foi estimada combinando-se o número de indivíduos (N) de uma classe de tamanho e sua massa média (M) (Winberg & Edmondson, 1971): $B = N \times M$.

4.3.2.3 - Invertebrados Bentônicos

Para caracterização dos invertebrados bentônicos, os sedimentos superficiais foram coletados com pegador tipo Van Veen de 0,03 m² de área amostral, em triplicata. O material coletado foi fixado em formol a 4%, acondicionado em recipientes plásticos e transportado para o laboratório, onde foi lavado em água sobre peneira com malha de 0,21mm. Os animais retidos na peneira foram separados e fixados em álcool 70% para posterior identificação.

Os invertebrados bentônicos foram identificados sob microscópios estereoscópico e composto, com o auxílio de literatura especializada: McCafferty, 1981; Brinkhurst & Marchese, 1989; Trivinho-Strixino & Strixino, 1995; Merritt & Cummins, 1996; Simone, 2006, além de consultas a especialistas.

4.3.2.4 - Macrófitas Aquáticas

A análise da composição e estrutura da comunidade de macrófitas foi feita através de amostragem em campo nas mesmas localidades estabelecidas pelo Programa de Monitoramento Limnológico. Uma vez detectada a distribuição e extensão dos estandes de macrófitas, foi realizada a divisão e parcelamento das áreas para amostragem. Em cada parcela foram coletadas, triadas, identificadas e pesadas (peso úmido drenado) todas as espécies de macrófitas presentes. Os estandes de macrófitas aquáticas foram amostradas através de um quadrado de 1m² de área (1m x 1m), e observada a área ocupada no quadrado como uma estimativa de abundância relativa.

Para execução do monitoramento da macrófitas aquáticas foram mensuradas: a composição das comunidades de macrófitas (lista de espécies por estande); a frequência de ocorrência de cada

espécie na comunidade (% de parcelas em que cada espécie ocorreu); e a biomassa de cada espécie presente na comunidade, e sua dominância.

O Quadro 4-6 apresenta uma síntese dos métodos e respectivos equipamentos necessários para realização das análises em macrófitas aquáticas, assim como a unidade de medida e limite de detecção do método para cada variável analisada.

Quadro 4-6 - Variáveis analisadas em macrófitas aquáticas, unidades de medida, equipamentos utilizados e limites de detecção

VARIÁVEIS	Unidade	Método/Equipamento	Deteccção
Macrófitas Aquáticas			
Identificação	sp	chaves	1
Cinzas	kg/ha	calcinação	0,1
Matéria orgânica	kg/ha	digestão / calcinação	0,1
Carbono orgânico	kg/ha	calculado	0,1
Sódio	mg/g	digestão / absorção atômica	0,01
Potássio	mg/g	digestão / absorção atômica	0,01
Cálcio	mg/g	digestão / absorção atômica	0,01
Magnésio	mg/g	digestão / absorção atômica	0,01
Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Sn, Zn	mg/g	digestão / absorção atômica - FG	0,05

A escala de abundância de Domin-Krajina foi utilizada para estimativa de cobertura de macrófitas (1=<20; 2= 21-40; 3=31-60; 4=61-80; 5=81-100% cobertura). A riqueza de espécies de macrófitas aquáticas foi estimada através dos índices não-paramétricos Jackknife e Chao 2 através do programa Stimates (Colwell 1997). Estes índices levam em consideração a ausência/presença das espécies e o número de espécies observado nos sítios de amostragem.

As equações utilizadas são descritas a seguir:

Estimador Jackknife de primeira ordem

$$S_{jack1} = S_{obs} + Q1 (m-1/m)$$

Onde:

S_{obs}= número de espécies observado em todos os sítios de amostragem;

Q1= número de espécies amostrado em apenas um sítio de amostragem (espécies raras)

m= número total de sítios de amostragem.

Estimador Chao2

$$\text{Schao2} = \text{Sobs} + \frac{Q12}{2Q2},$$

Onde:

Q2= número de espécies amostrados em dois pontos.

Os sítios de amostragem foram classificados por TWINSPAN - Two Way Indicator Species Analysis (Hill 1979) para avaliação da composição dos grupos em relação às características limnológicas locais. A análise de variáveis físicas e químicas mais importantes na distribuição de macrófitas foi feita através Análise de Componentes Principais (ACP).

4.4 - ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados de todos os parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados foram apresentados na forma de gráficos, textos e tabelas. São feitas discussões em torno da variação espaço-temporal das estações do rio Madeira, dos rios tributários e dos lagos e canais. Além disso, foi feita a média e o desvio padrão para cada variável nesses três ambientes, e todos os parâmetros serão comparados com seus respectivos limites para corpos d'água de Classe 2 descritos na Resolução CONAMA 357/2005, destacando as estações que apresentarem valores fora dos previstos nesta resolução.

O estado trófico de cada uma das estações foi definido usando-se o Índice de Estado Trófico (IET) proposto por Carlson (1977) e modificado por Lamparelli (2004). Neste índice, são levadas em consideração as concentrações de clorofila *a* e de fósforo total, havendo distinção na fórmula para calcular o IET para rios e para reservatórios. Dentre as estações amostradas, as do rio Madeira e dos rios tributários foram enquadradas dentro de rios, ao passo que as estações dos lagos e dos canais marginais foram enquadradas em reservatórios. As fórmulas usadas estão expressas abaixo:

▪ Rios

▶ $\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) - 20$

▶ $\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20$

Reservatórios

- ▶ $IET (CL) = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln CL)) / \ln 2))$
- ▶ $IET (PT) = 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \times (\ln PT)) / \ln 2)$
- ▶ PT: concentração de fósforo total em $\mu\text{g.L}^{-1}$
- ▶ CL: concentração de clorofila em $\mu\text{g.L}^{-1}$;
- ▶ ln: logaritmo natural.

O resultado do IET é a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e à clorofila a, segundo a equação:

$$IET = [IET (PT) + IET (CL)] / 2$$

O critério usado para a classificação da trofia dos ambientes amostrados foi o seguinte: $IET < 47$ ultraoligotrófico; $47 < IET \leq 52$ oligotrófico; $52 < IET \leq 59$ mesotrófico; $59 < IET \leq 63$ eutrófico; $63 < IET \leq 67$ supereutrófico; $IET > 67$ hipereutrófico.

Para classificação da qualidade da água das estações amostradas foi utilizado o Índice de Qualidade da Água (IQA), desenvolvido pela *American National Sanitation Foundation* e adaptado pela CETESB. O IQA é determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, turbidez, sólidos totais, nitrogênio total, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e temperatura. Vale destacar que, para efeito de cálculo do IQA para as estações amostradas, os coliformes fecais da fórmula foram substituídos pelos dados de *Escherichia coli*. Cada parâmetro possui um peso e um valor de qualidade correspondente, definido a partir de uma curva média de variação de qualidade. Os cálculos usados para calcular o IQA estão explicitados a seguir:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da curva média de variação de qualidade, em função de sua concentração ou medida;

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que o somatório de todos os w_i é igual a 1.

O IQA varia em uma escala de 0 a 100, como é mostrado a seguir:

ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
ACEITÁVEL	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

4.4.1 - Análise Biológica

Para avaliar as diversidades alfa, beta e gama e levaram-se em conta apenas as amostras quantitativas em função da comparatividade metodológica no esforço de quantificação e identificação das populações. A diversidade regional (gama diversidade) foi avaliada através da composição florística (total de táxons presentes em todas as amostras). A diversidade local (alfa diversidade) foi estimada através: i) da riqueza específica em cada estação (n° de táxons amostra-1); ii) da diversidade específica (H') expressa em bits ind⁻¹, de acordo o Índice de Shannon & Wiener (Shannon & Weaver, 1963) com base em \log_2 , a partir dos dados de abundância (a_i); e iii) da equitabilidade (J_s) expressa em percentual (b) estimada de acordo com Pielou (1966), conforme expresso a seguir:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i \quad (a)$$

$$p_i = N_i/N$$

N_i = densidade total de cada espécie na amostra

N = densidade total na amostra

$$E = (H' / \log S) * 100 \quad (b)$$

S = riqueza de espécies na amostra

A diversidade beta, que informa quão heterogêneo é o grupo de estações amostradas em relação à riqueza de espécies, foi estimada a partir do índice B-1 de Harrinson et al. (1982) conforme expresso a seguir:

$$B-1 = \{[(\gamma / \alpha_{med}) - 1] / (N - 1)\} * 100$$

B-1= taxa de intercâmbio de espécies

γ =gama diversidade

α_{med} = riqueza de espécies média entre os sistemas

N= número de sistemas

O biovolume das populações ($\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$) foi estimado pela multiplicação da abundância de cada espécie (ind mL^{-1}) vezes o volume médio (μm^3) de cada espécie (Hillebrand et al., 1999), sempre que possível com base nas medidas de pelo menos 30 organismos.

A frequência de ocorrência das espécies foi calculada segundo Dajoz (1983), levando-se em consideração o número de amostras onde o organismo ocorreu, em relação ao número total das amostras coletadas (em porcentagem), de acordo com a fórmula a seguir:

$$Fo = Ta \times 100/TA$$

Onde:

Ta = n° de amostragem em que o taxon ocorreu

TA = n° total de amostragem relacionada

Foram consideradas as seguintes categorias:

Muito Frequentes:	$Fo > 70;$
Frequentes:	$40 < Fo \leq 70;$
Pouco Frequentes:	$20 < Fo \leq 40;$
Esporádicas:	$Fo \leq 20.$

A abundancia relativa (Ar) foi calculada de acordo com a fórmula:

$$Ar = Ni \cdot 100 / Na$$

Onde:

Ar = Abundancia relativa (%)

Ni = n° total de organismos de cada taxon em cada estacao

Na = n° total de organismos na amostra da estacao

Os resultados foram enquadrados nas seguintes categorias:

Raras	Ar < 10%;
Pouco Abundantes:	10 ≤ Ar < 40%;
Abundantes:	40 ≤ Ar < 70;
Dominantes:	Ar ≥ 70%.

Diferenças entre mais de dois grupos de sistemas foram determinadas usando teste Kruskal-Wallis. Se diferenças significativas ($p < 0.05$) foram encontradas, então teste post hoc Mann Whitney foi usado para identificar similaridades. Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o programa Statview 5.0.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - RIO MADEIRA

5.1.1 - Físicas A e C

- Transparência, zona eufótica, coeficiente de atenuação vertical da luz, cor e turbidez

Ao penetrar na coluna d'água, a radiação solar, sofre profundas alterações na intensidade, na qualidade e na direção, que são influenciadas primordialmente pela concentração de materiais dissolvidos e em suspensão na água. O rio Madeira é um rio de águas brancas, com

elevada carga de sólidos dissolvidos e suspensos, o que faz com que haja baixa penetração da luz e alta refletância e atenuação vertical.

Na cheia, a transparência média foi de $0,10 \pm 0,4$ m (média \pm DP), enquanto que na vazante a transparência foi de 0,10 m em todos os pontos (Erro! Fonte de referência não encontrada.). A zona eufótica, que é consequência direta da transparência, teve uma média de $0,30 \pm 0,11$ m (média \pm DP) na cheia e foi de 0,30 m em todas as estações na vazante (Figura 5-2). O coeficiente de atenuação vertical da luz foi de $19,8 \pm 9$ m⁻¹ (média \pm DP) na cheia e de 17 m⁻¹ em todas as estações amostradas na vazante (Figura 5-3). Todos os valores de radiação subaquática, referentes à transparência e atenuação da luz, corroboram com os valores apresentados no Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

A cor da água no rio Madeira foi de 2932 ± 352 mg Pt/L (média \pm DP) na cheia, oscilando de 2600 mg Pt/L no fundo da estação MON 04 a 3680 mg Pt/L na estação MON 01 superfície. Já na vazante, a cor foi de 708 ± 279 mg Pt/L (média \pm DP), variando de 342 mg Pt/L no fundo da estação MON 02 a 1040 mg Pt/L no fundo da estação MON 05. Também na vazante, foi observado um aumento gradual da cor no sentido montante-jusante, como pode ser visualizado na Figura 5-4. A cor fornece importantes indícios da entrada de material proveniente da bacia de drenagem do corpo d'água. Desta forma, os maiores valores na cheia são possivelmente consequência da maior concentração de materiais dissolvidos e em suspensão provenientes da lavagem da bacia de captação.

Os valores de turbidez (Figura 5-5) corroboraram com os valores de cor, sendo que foram substancialmente maiores na cheia, que teve uma média de 776 ± 105 NTU (média \pm DP). Na vazante, a turbidez nos pontos amostrados foi de 265 ± 32 NTU (média \pm DP), com o maior valor sendo observado no fundo da estação MON 01 (329 NTU) e o menor na estação JUS 02 superfície (227 NTU). O considerável decréscimo na turbidez se deve ao fato de durante a cheia, a lavagem da bacia de captação do rio é maior devido à maior descarga causada pelas condições climáticas nesse período, elevando os teores de sólidos em suspensão. Em compensação, durante a vazante a descarga e a lavagem do solo são menores, o que proporciona teores mais baixos de sólidos na água. As análises estatísticas sustentaram esta hipótese, mostrando forte correlação da turbidez com os sólidos em suspensão ($r^2=0,71$ e $p<0,05$).

A cor e a turbidez estiveram muito além do limite permitido para rios de Classe 2 segundo a Resolução CONAMA 357/05, que é de 75 mg Pt/L para a cor e de 100 NTU para a turbidez. Nenhuma estação esteve, na cheia ou na vazante, dentro do limite permitido por esta

resolução. Entretanto, cor e turbidez altos são características naturais de ecossistemas amazônicos de águas brancas, como é o caso do rio Madeira. A baixa transparência da água e os altos valores de coeficiente de atenuação da luz, turbidez e cor são consequência da litologia recente dos Andes (McClain & Naiman, 2008) - onde nascem os principais rios formadores do rio Madeira - que são uma importante fonte de sedimentos para o rio.

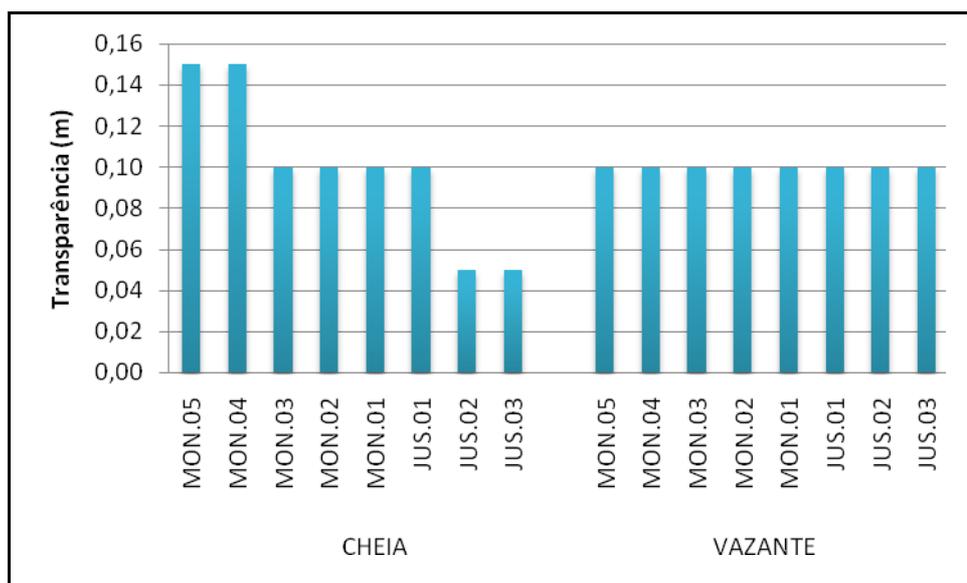


Figura 5-1 - Valores da transparência da água no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

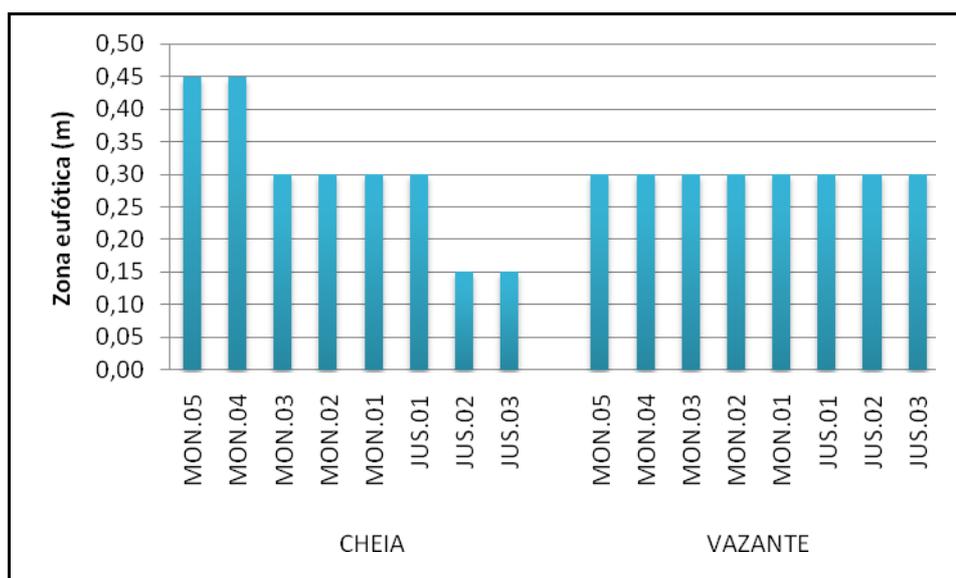


Figura 5-2 - Zona eufótica no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

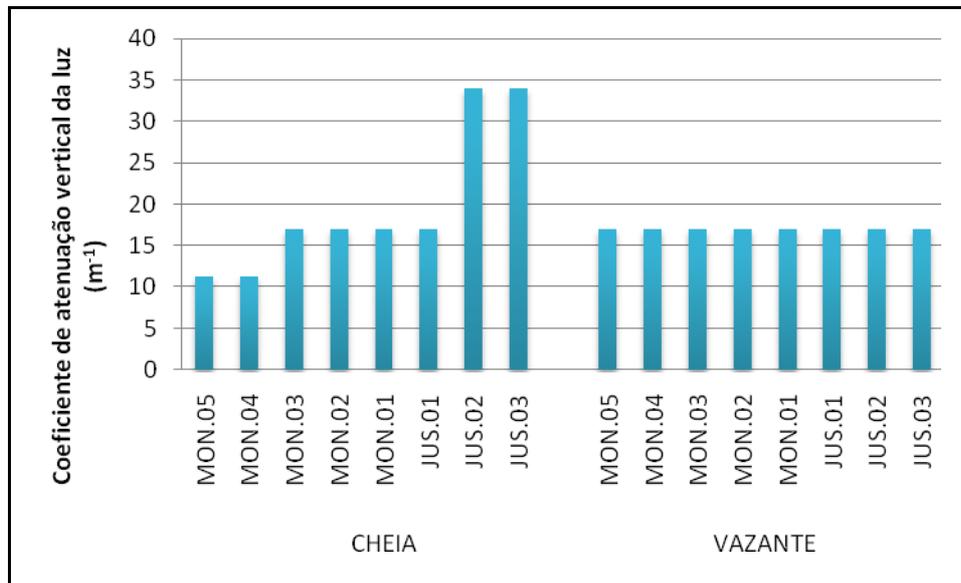


Figura 5-3 - Coeficiente de atenuação vertical da luz no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

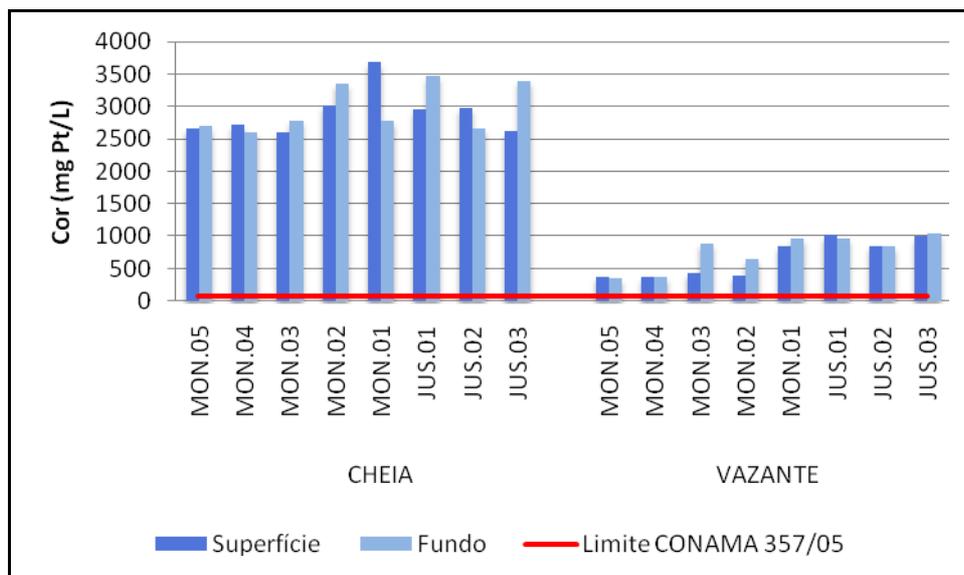


Figura 5-4 - Cor da água no rio Madeira no período de cheia (março/abril 2009) e no período de vazante (junho 2009).

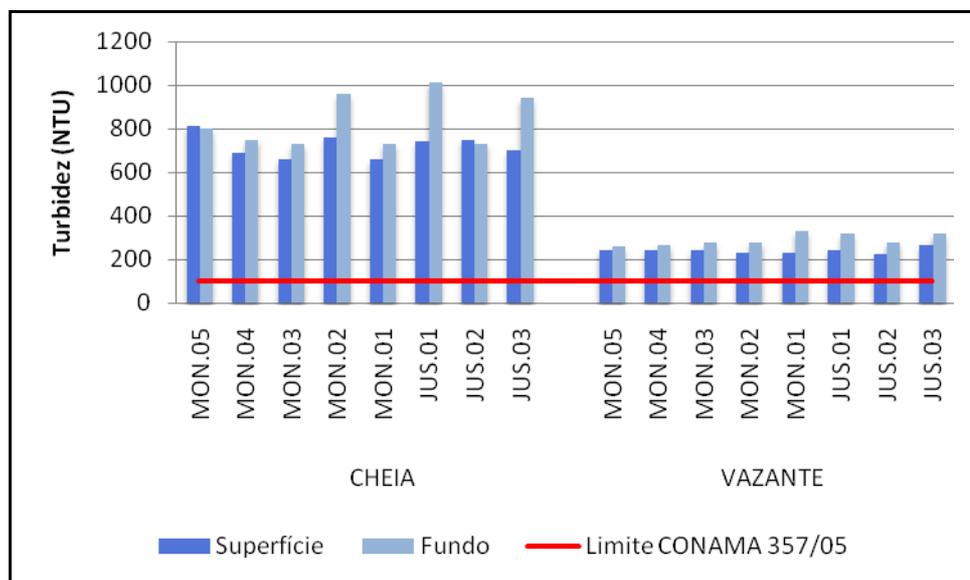


Figura 5-5 - Valores de turbidez no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

▪ Sólidos

Os rios de água branca, como o rio Madeira, são caracterizados por apresentarem grande quantidade de sólidos em suspensão. Os sólidos são classificados quanto ao tamanho das partículas (dissolvidos e suspensos) e quanto à volatilidade (fixos e voláteis).

A concentração de sólidos em suspensão (Figura 5-6) foi consideravelmente maior na cheia, com uma média de 727 ± 238 mg/L (média \pm DP) e oscilando de 461 mg/L no ponto MON 04 fundo a 1323 mg/L no ponto JUS 01 fundo. Na vazante, a média das estações foi de 133 ± 38 mg/L (média \pm DP), com o maior valor sendo observado no ponto MON 01 superfície (223 mg/L) e o menor valor no ponto MON 04 superfície (75 mg/L). A concentração dos sólidos totais dissolvidos (Figura 5-7) também foi substancialmente maior na cheia, com média de 635 ± 170 mg/L (média \pm DP), ao passo que na vazante a concentração média foi de 110 ± 30 mg/L (média \pm DP).

Tanto na cheia como na vazante, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos tiveram contribuições equivalentes na composição dos sólidos totais (Figura 5-8). Enquanto que na cheia os sólidos suspensos representaram $53 \pm 0,03\%$ (média \pm DP) dos sólidos totais, na vazante representaram $55 \pm 0,04\%$ (média \pm DP). Isto mostra que houve variação temporal somente na descarga de sólidos totais, sendo que a composição em relação ao tamanho das partículas não foi alterada. O rio Madeira não sofre grande influência antrópica e, em sistemas desse tipo, as alterações nas concentrações de sólidos entre uma estação do ano e outra é explicada pelo

maior transporte de sedimentos na estação chuvosa, quando há o pico de descarga de água na bacia de drenagem.

Os sólidos fixos são formados principalmente de material mineral, enquanto que os sólidos voláteis compreendem à fração formada principalmente por material orgânico. No rio Madeira, a fração fixa compreendeu a grande maioria dos sólidos totais (Figura 5-9), sendo que na cheia correspondeu a $91 \pm 0,01\%$ (média \pm DP) e na vazante correspondeu a $77 \pm 0,08\%$ (média \pm DP). Houve, portanto, uma pequena variação temporal na composição dos sólidos totais em relação à volatilidade.

A concentração média de sólidos fixos (Figura 5-10) na cheia foi de 1218 ± 327 mg/L (média \pm DP), variando de 822 mg/L na estação MON 03 superfície a 1858 mg/L na estação JUS 01 fundo. Já na vazante, as concentrações de sólidos fixos foi de 186 ± 70 mg/L (média \pm DP), oscilando de 60 mg/L na estação MON 03 fundo a 306 na estação MON 01 superfície. Na cheia, houve uma maior variabilidade espacial nas concentrações dos sólidos fixos do que na vazante, onde foi observado uma maior homogeneidade na distribuição desta fração. Já os sólidos voláteis tiveram concentração média de 119 ± 44 mg/L (média \pm DP) na cheia e de 51 ± 17 mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-11).

Em relação à Resolução CONAMA 357/05 para os rios de Classe 2, todos os valores estiveram acima do limite de 500 mg/L de sólidos totais dissolvidos na cheia, com exceção da estação MON 03 superfície (410 mg/L). Em contrapartida, todos os valores de sólidos totais dissolvidos estiveram abaixo desse limite no período de vazante.

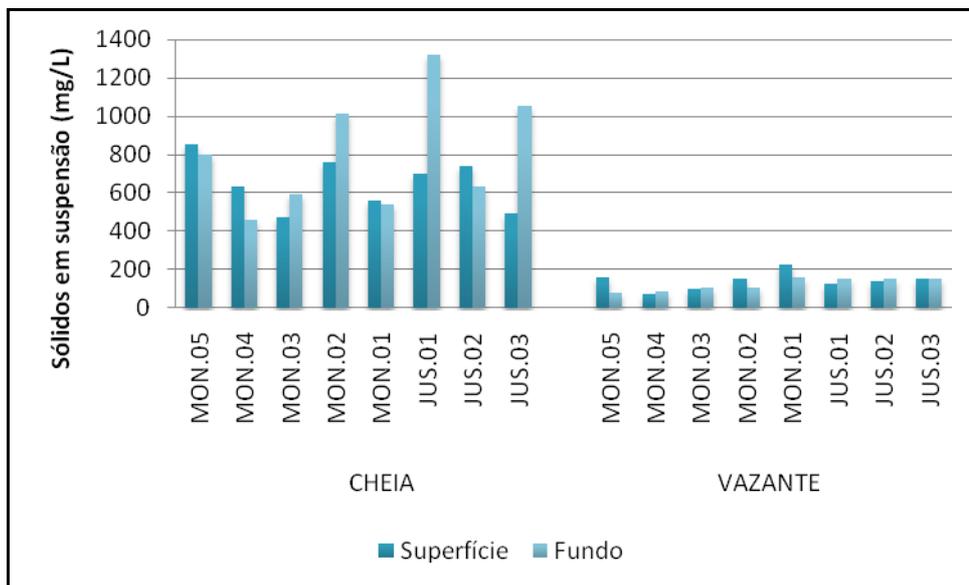


Figura 5-6 - Concentração de sólidos em suspensão no rio Madeira durante o período de cheia (março/abril 2009) e durante o período de vazante (junho 2009).

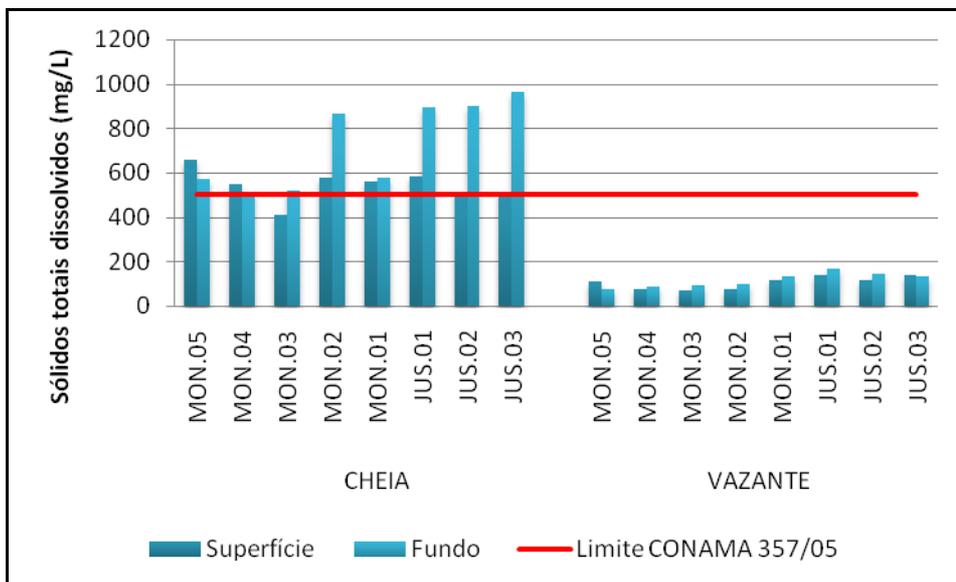


Figura 5-7 - Concentrações de sólidos totais dissolvidos no rio Madeira durante o período de cheia (março/abril 2009) e durante o período de vazante (junho 2009).

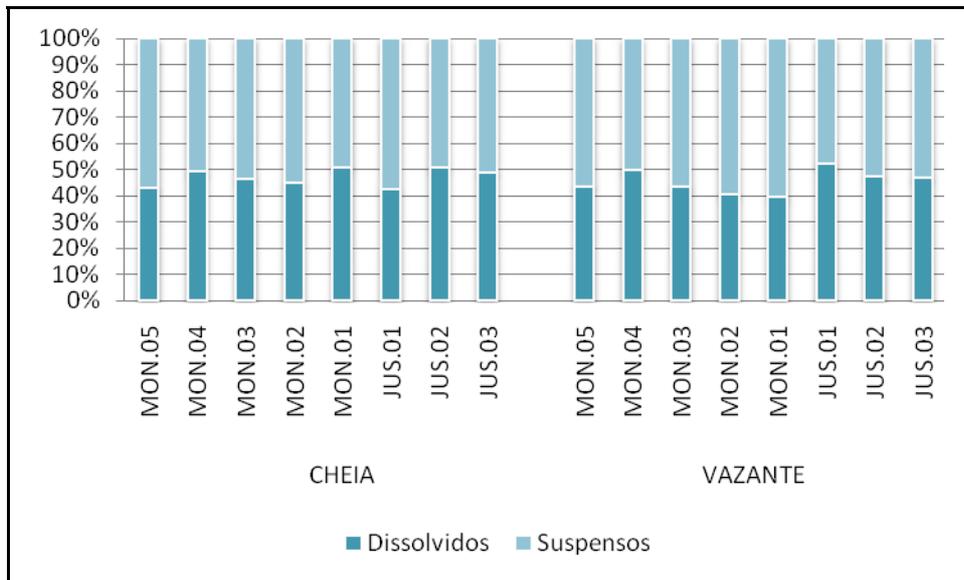


Figura 5-8 - Composição dos sólidos totais em relação ao tamanho das partículas durante os períodos de cheia (março/abril 2009) e de vazante (junho 2009), no rio Madeira.

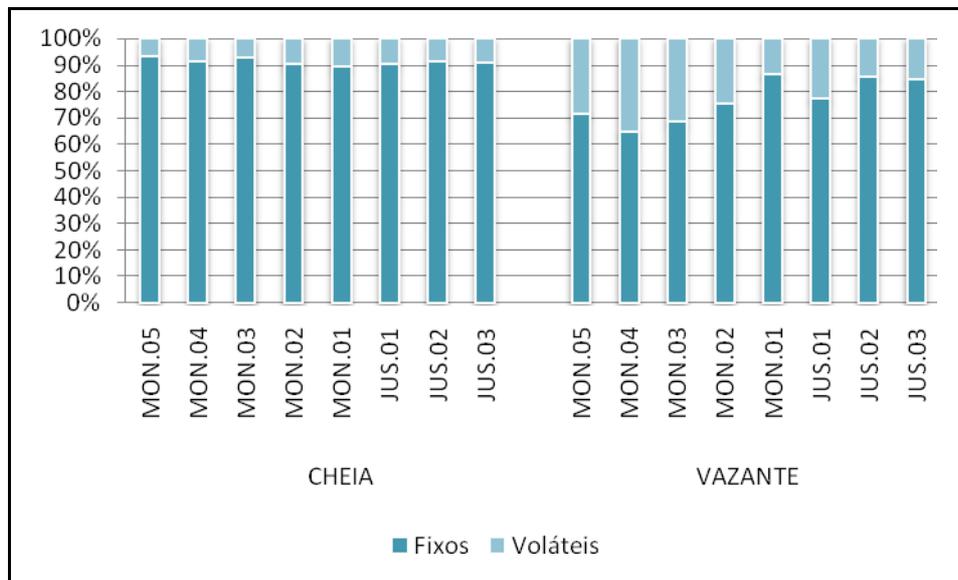


Figura 5-9 - Composição quanto à volatilidade dos sólidos totais no rio Madeira durante os períodos de cheia (março/abril 2009) e vazante (junho 2009).

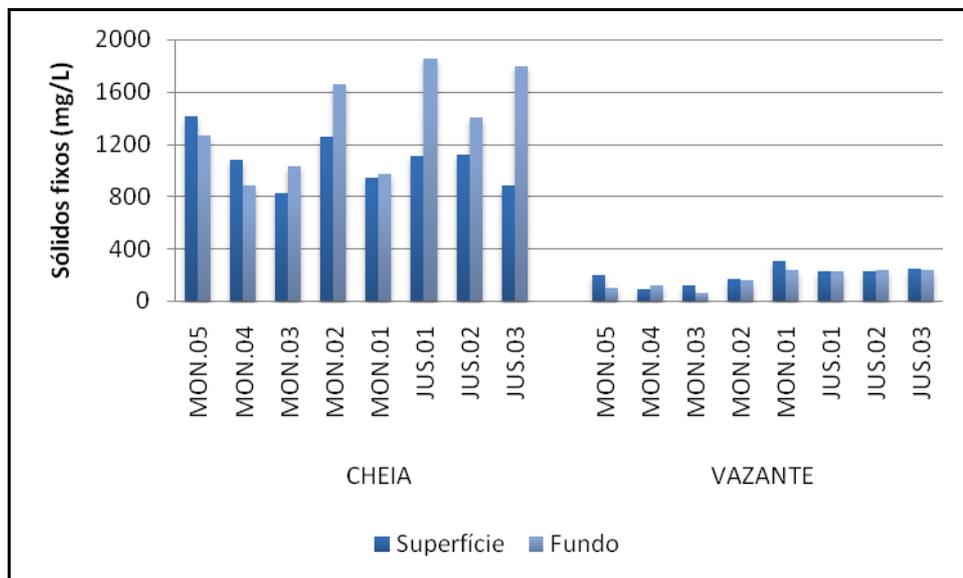


Figura 5-10 - Concentrações de sólidos fixos no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

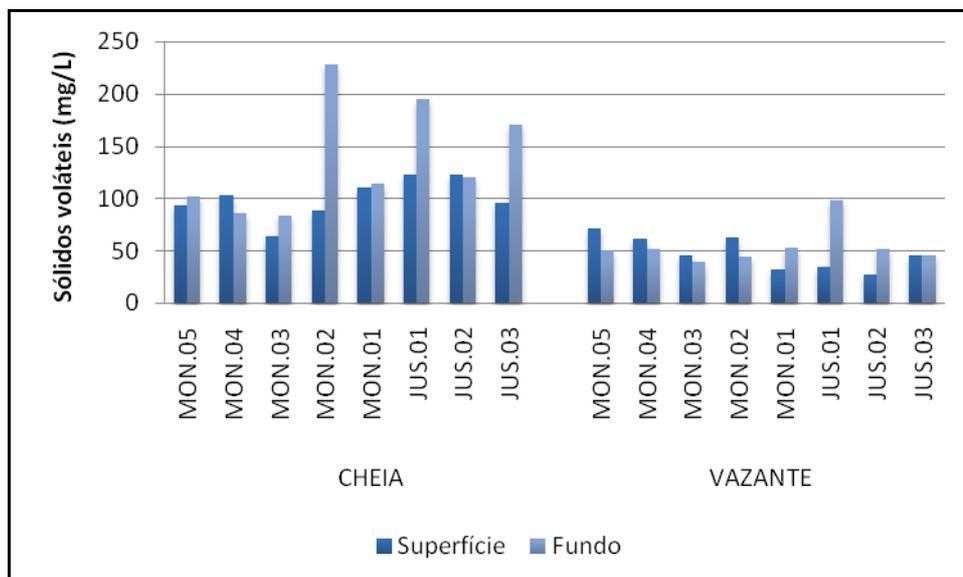


Figura 5-11 - Concentrações de sólidos voláteis no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

5.1.2 - Física B

- Temperatura da água

Houve uma considerável uniformidade térmica nas estações amostradas, tanto na cheia como na vazante, independente da hora do dia e da temperatura do ar (Figura 5-12). Essa

homogeneidade na distribuição da temperatura se deve à dinâmica fluvial, que exerce turbulência suficiente para distribuir o calor por toda a coluna d'água, não permitindo o fenômeno da estratificação térmica. Além disso, a pequena variação temporal na temperatura da água do período de cheia para o período de vazante se deve ao fato de o rio Madeira localizar-se nos trópicos, onde a variação diária na temperatura sobrepuja a variação anual.

A temperatura média na cheia (Figura 5-13) foi de $27,93 \pm 0,07 \text{ }^\circ\text{C}$ (média \pm DP) e na vazante foi de $26,91 \pm 0,22 \text{ }^\circ\text{C}$ (média \pm DP). Desta forma, conclui-se que os perfis verticais e longitudinais do rio Madeira foram homogêneos tanto na cheia como na vazante, corroborando com os dados contidos no EIA.

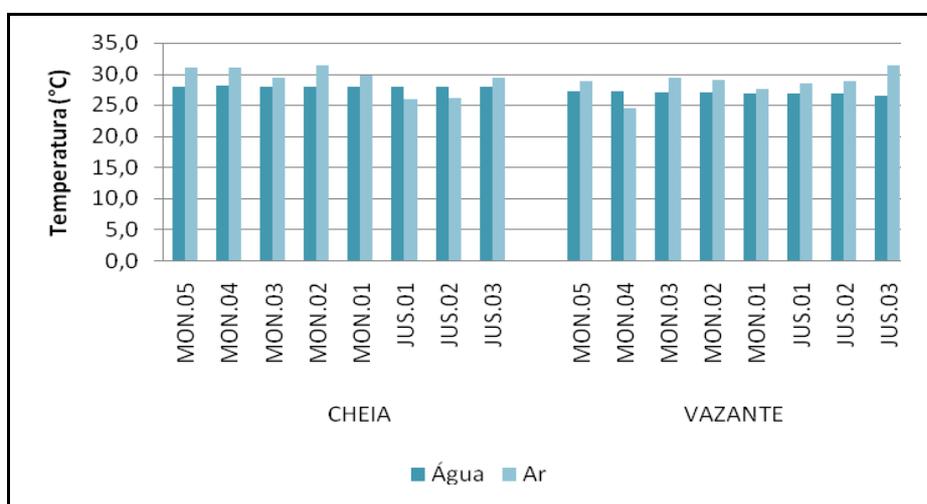


Figura 5-12 - Temperatura do ar em relação à temperatura da água em todas as estações de coleta do rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e a vazante (junho 2009).

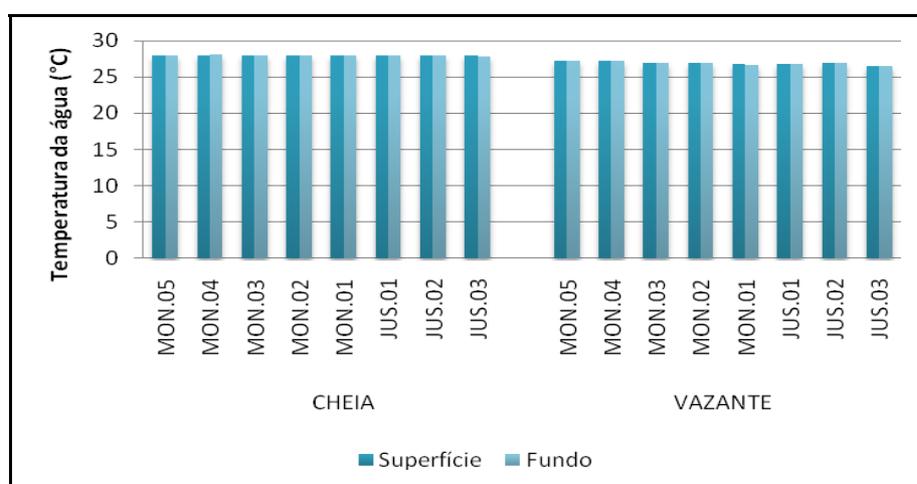


Figura 5-13 - Temperatura da água no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

5.1.3 - Físico-químicas e Químicas II

▪ Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água corresponde à sua capacidade de conduzir corrente elétrica, sendo que a condução é tanto maior quanto maior for a concentração de íons. No rio Madeira, a condutividade foi menor no período de cheia, que teve média de $13,6 \pm 0,4 \mu\text{S}/\text{cm}$ (média \pm DP), enquanto que durante a vazante a média foi de $116 \pm 3 \mu\text{S}/\text{cm}$ (média \pm DP) (Figura 5-14). Durante a cheia, o solo da bacia de drenagem é lavado, elevando as concentrações de sólidos dissolvidos - dentre eles silte e argila. A capacidade desses sólidos de adsorver íons faz com que a condutividade seja mais baixa durante a cheia, onde a concentração de sólidos dissolvidos é maior. Esta hipótese é apoiada por uma forte correlação estatística entre os sólidos totais dissolvidos e a condutividade, que estiveram negativamente relacionados ($r^2 = -0,70$ e $p < 0,05$). Apesar de ter havido grande variabilidade sazonal na condutividade dos pontos amostrados, não houve variabilidade espacial nem na cheia nem na vazante.

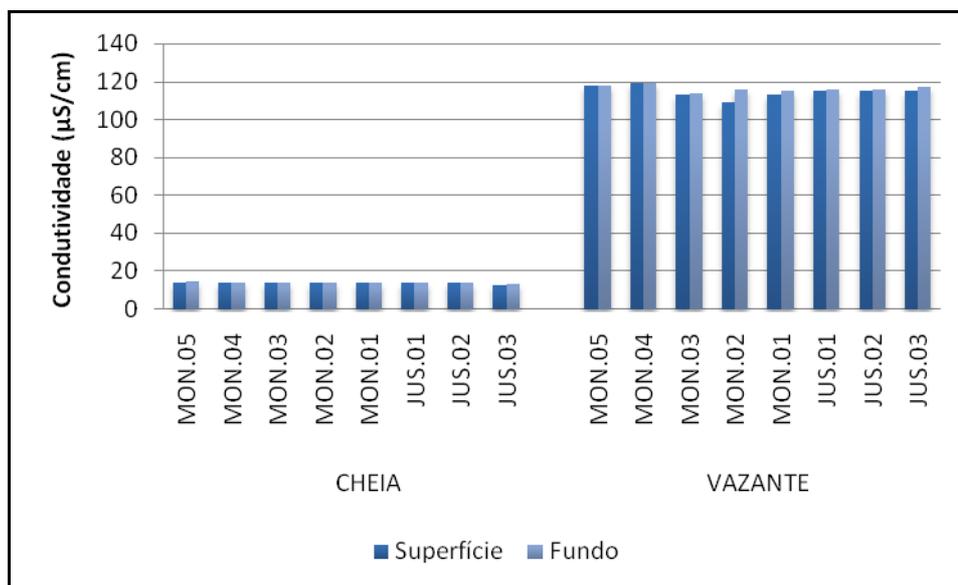


Figura 5-14 - Condutividade elétrica no rio Madeira durante o período de cheia (março/abril 2009) e durante o período de vazante (junho 2009).

▪ Potencial hidrogeniônico (pH), acidez, alcalinidade e dureza

As águas do rio Madeira apresentaram característica neutra, sendo que o pH na cheia foi $6,75 \pm 0,15$ (média \pm DP) e na vazante foi $6,83 \pm 0,03$ (média \pm DP) (Figura 5-15). Esses valores mostraram que não houve variação sazonal no pH entre a cheia e a vazante. Na cheia, houve

uma variabilidade espacial do pH bastante discreta, com diminuição gradual no sentido montante-jusante, sendo que o menor valor foi observado na estação JUS 02 superfície (6,47) e o maior valor na estação MON 05 fundo (6,96). Na vazante, este padrão não foi observado, sendo que os menores valor de pH foram encontrados nas estações MON 04 e JUS 02 superfície (6,79) e o maior na estação JUS 03 fundo (6,88).

Não pôde ser observada diferença espacial nem sazonal nas concentrações de CO₂ livre e de CO₂ total, uma vez que quase todos os resultados estiveram abaixo do limite de detecção do método (10 mg/L). Para o CO₂ livre, somente a estação MON 04 superfície durante a cheia apresentou concentração acima do limite de detecção, com concentração de 16 mg/L (Figura 5-16). Já em relação ao CO₂ total, somente os pontos MON 05 fundo, MON 04 superfície e MON 02 na cheia e o ponto MON 03 apresentaram concentração acima do limite de detecção do método (Figura 5-17).

A alcalinidade mede o total de substâncias presentes na água capazes de neutralizar ácidos, ou seja, é uma medida da capacidade tamponante do sistema. Desta forma, uma alcalinidade alta indica uma grande resistência do sistema à mudança do pH perante a adição de substâncias ácidas. Uma das principais substâncias responsáveis por tamponar os ecossistemas aquáticos são os bicarbonatos, visto que o CO₂ é relativamente abundante nos corpos d'água. Outras substâncias como hidróxidos (em casos de pH muito alto), boratos, silicatos, fosfatos e sulfatos contribuem para a alcalinidade (Wetzel & Likens, 2001), mas como estão presentes, de uma maneira geral, em baixas concentrações, suas contribuições são negligenciáveis. Desta forma, a alcalinidade total no rio Madeira foi considerada como sendo igual à alcalinidade de bicarbonatos, já que a correlação estatística entre alcalinidade e bicarbonatos teve um $r^2=0,99$ ($p<0,05$). No período de cheia, a alcalinidade média foi de $19,6 \pm 1,2$ meq/L (média \pm DP) e na vazante foi de $19,2 \pm 0,7$ (média \pm DP) (Figura 5-18). Não houve variabilidade temporal na alcalinidade no rio Madeira e os gradientes vertical e longitudinal não apresentaram variação significativa.

A dureza da água é consequência da concentração de cátions como o cálcio e o magnésio. As águas do rio Madeira apresentaram maior dureza durante a vazante (Figura 5-19), que teve dureza média de $19,3 \pm 2,1$ mg/L (média \pm DP), oscilando de 17 mg/L em seis estações a 23 mg/L na estação MON 05 superfície. Já no período de cheia, a dureza média foi de $8,5 \pm 1,1$ mg/L (média \pm DP), variando de 6,5 mg/L na estação JUS 01 fundo a 10 mg/L na estação MON 03 fundo. O fato de a dureza ter sido maior no período de vazante é consequência das mais altas concentrações de cálcio neste período. Todavia, tanto os valores da cheia como os da

vazante foram baixos, o que permitiu classificar a água do rio Madeira como “mole”, pois teve dureza abaixo de 50 mg/L (Richter e Netto, 1991). Além disso, o fato da dureza ter sido maior no período de vazante é consequência das mais altas concentrações de cálcio neste período do ciclo hidrológico. O elemento que melhor explicou a dureza foi o cálcio, cujas concentrações foram mais altas do que as do magnésio tanto na cheia como na vazante, tendo, por isso, apresentado mais alta correlação estatística com a dureza do que o magnésio ($r^2=0,92$ e $p<0,05$ do cálcio contra $r^2=0,66$ e $p<0,05$ do magnésio). A dureza devido ao cálcio é apresentada na Figura 5-20 e a dureza devido ao magnésio na Figura 5-21.

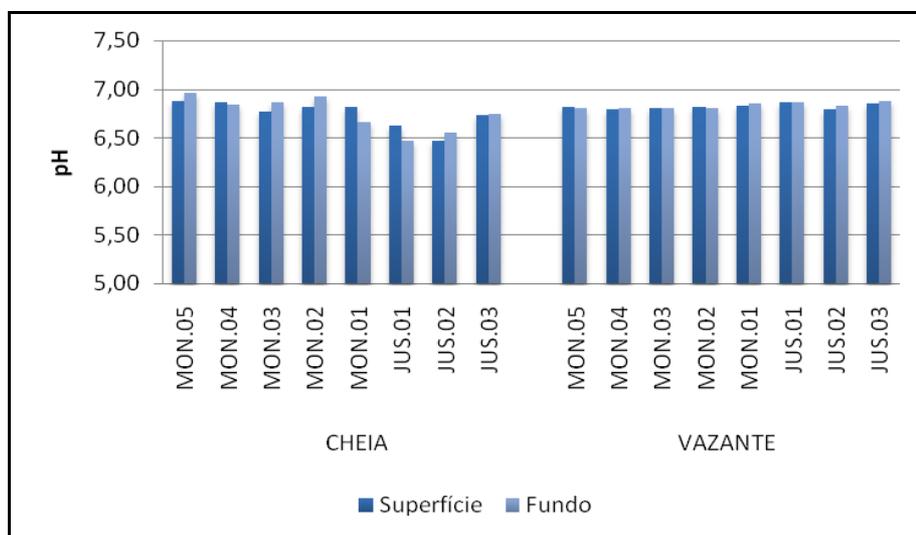


Figura 5-15 - pH das águas do rio Madeira durante o período de cheia (março/abril 2009) e de vazante (junho 2009).

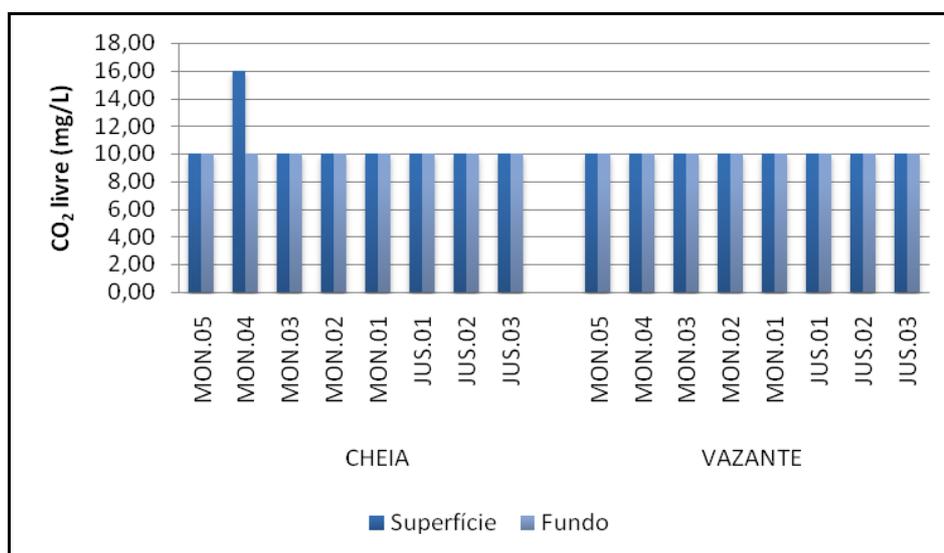


Figura 5-16 - Concentrações de CO₂ livre no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite de detecção do método é de 10 mg/L.

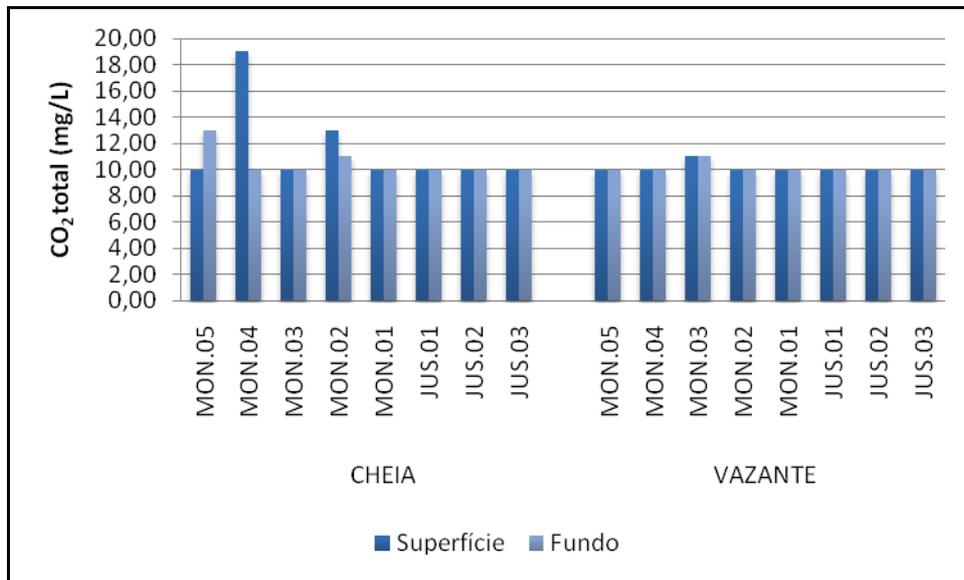


Figura 5-17 - Concentrações de CO₂ total no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

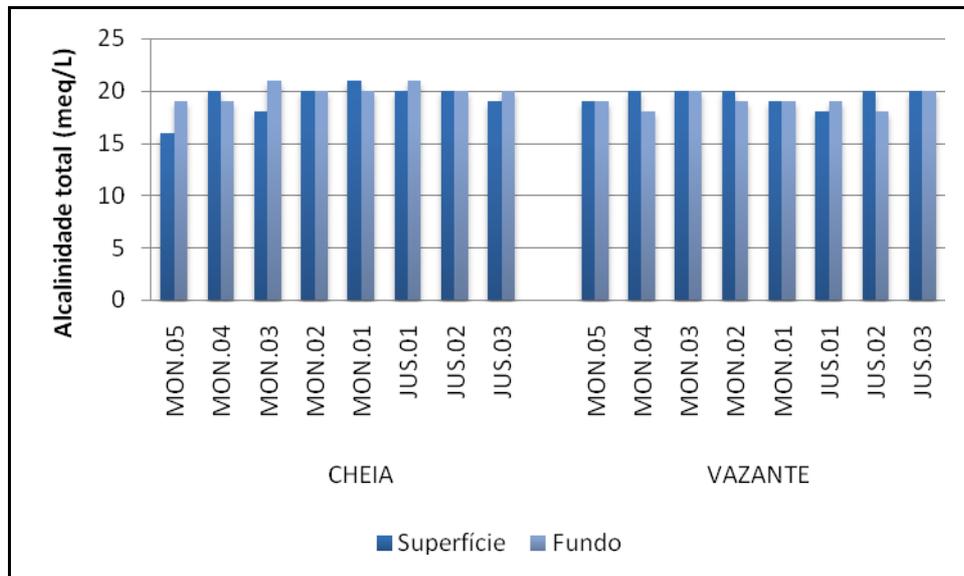


Figura 5-18 - Alcalinidade total no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

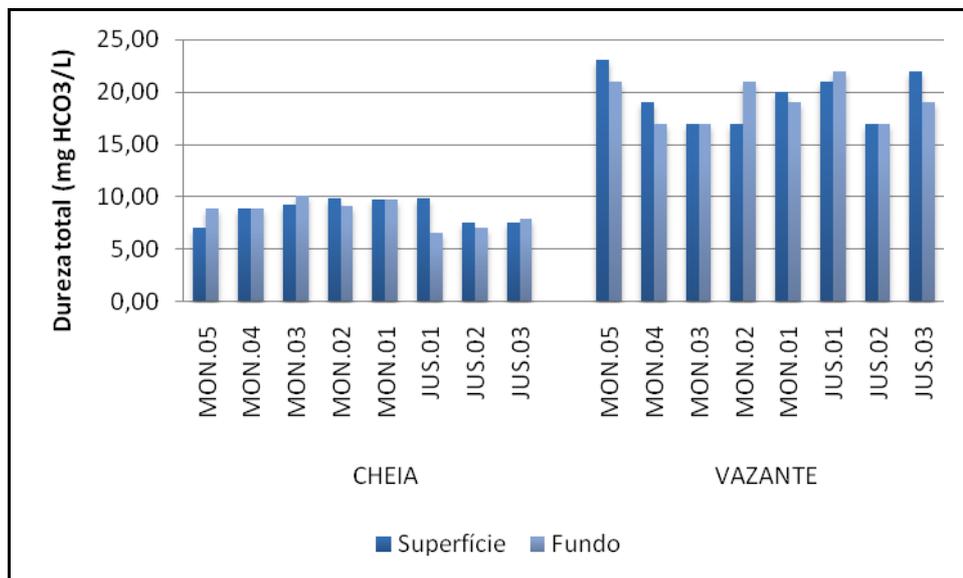


Figura 5-19 - Dureza total no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

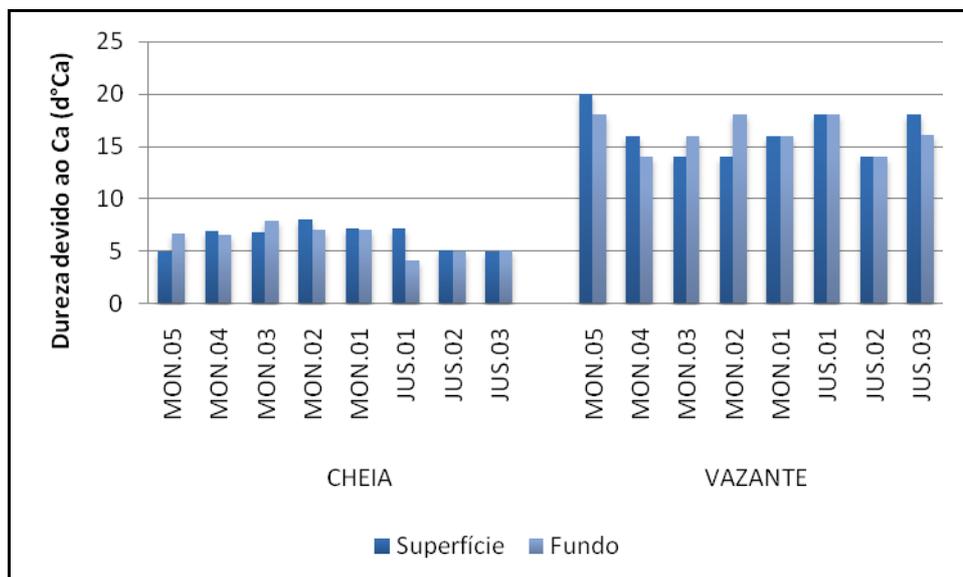


Figura 5-20 - Dureza devido ao cálcio no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

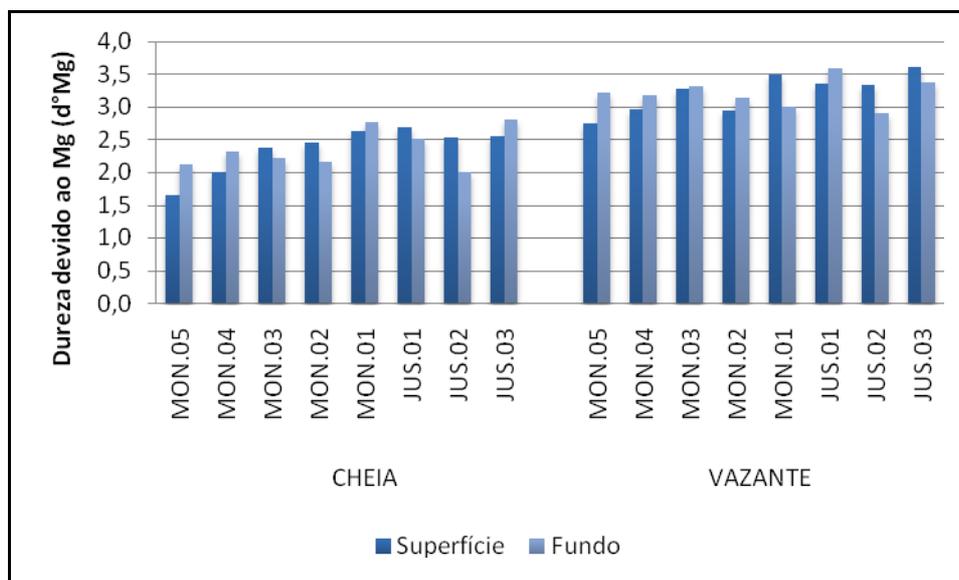


Figura 5-21 - Dureza devido ao magnésio no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

5.1.4 - Químicas III

▪ Íons principais

A salinidade é o termo químico para designar a soma de todos os íons dissolvidos nas águas interiores, tanto salinas como dulcícolas. A composição iônica de rios e lagos é regida pelos quatro principais cátions (cálcio, magnésio, sódio e potássio) e pelos quatro principais ânions (bicarbonato, carbonato, cloreto e sulfato) (Wetzel, 2001), de tal fato que os ecossistemas de água doce são marcados por possuírem baixa concentração iônica. A precipitação atmosférica e a composição das rochas da bacia de drenagem são as principais variáveis que determinam a concentração iônica do ambiente (Esteves, 1998). Ainda segundo Esteves (1998), a principal fonte de íons para águas amazônicas é o intemperismo das rochas da cordilheira dos Andes, que por ser uma cadeia montanhosa recente, fornece grande quantidade de cátions e ânions. Nos pontos amostrados no rio Madeira, os cátions e ânions mais abundantes foram o cálcio e o bicarbonato, respectivamente (Figura 5-22).

O cálcio (Ca^{2+}) é um importante micronutriente para algas e macrófitas, sendo importante também na composição das conchas dos moluscos e na manutenção da estrutura de membranas celulares de diversos organismos. Houve um aumento deste cátion do período de cheia para o período de vazante. Durante a cheia, o Ca^{2+} teve concentração média de $5,3 \pm 0,2$ mg/L (média \pm DP) e na vazante a média foi de $6,5 \pm 0,9$ mg/L (média \pm DP) (Figura

5-23), não havendo grande variação nos gradientes vertical e longitudinal. O Ca^{2+} foi o cátion mais abundante tanto na cheia como na vazante, representando 35% do total durante a cheia e 47% durante a vazante.

Ao contrário do cálcio, o magnésio (Mg^{2+}) - que é um componente essencial das moléculas de clorofila - foi maior na cheia, havendo uma diminuição em seus teores na vazante. O valor médio na cheia foi de $3,58 \pm 0,08$ mg/L (média \pm DP) e na vazante foi de $2,86 \pm 0,22$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-24), sem variação nos perfis vertical e longitudinal. O leve decréscimo na concentração de Mg^{2+} que foi observado da cheia para a vazante também é relatado no Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

Assim como foi salientado no EIA, o potássio (K^+) apresentou um padrão decrescente do período de cheia para o período de vazante, sendo que a média na cheia foi de $3,42 \pm 0,12$ mg/L (média \pm DP) e na vazante foi de $1,90$ mg/L em todos os pontos amostrados (Figura 5-25). A distribuição deste íon foi homogênea, tanto no perfil longitudinal como no vertical.

As concentrações de sódio (Na^+) apresentaram leve declínio da cheia para a vazante, de tal maneira que na cheia a concentração média foi de $3,01 \pm 0,06$ mg/L (média \pm DP) e na vazante a média foi de $2,53 \pm 0,04$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-26). Assim como todos os outros cátions, o Na^+ não variou nos sentidos vertical e longitudinal. Mg^{2+} , K^+ e Na^+ exibiram maiores concentrações na cheia, ao contrário do que foi observado com o Ca^{2+} .

Dentre os ânions, o bicarbonato foi o mais relevante, contribuindo com 71% para o total de ânions na cheia e com 66% durante a vazante. Não houve variação na concentração de bicarbonato da cheia para a vazante, sendo que na cheia este ânion exibiu uma média de $19,6 \pm 1,2$ mg/L (média \pm DP) e na vazante a média foi de $19,5 \pm 0,7$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-27). No rio Madeira, o bicarbonato é provavelmente a forma de carbono inorgânico mais abundante, uma vez que esta forma é a predominante em águas com pH entre 6,4 e 10,3 (Esteves, 1998), como é o caso deste rio. Além disso, não foi percebida variação nas concentrações de bicarbonato no perfil vertical, o que pode ser justificado pelo intenso processo de mistura que os rios estão sujeitos devido à turbulência da água.

O ânion cloreto (Cl^-), juntamente com o Na^+ e o K^+ , participa do transporte celular em diversos organismos, sendo importante para a vida no ambiente aquático. No rio Madeira, suas concentrações decresceram da cheia para a vazante (Figura 5-28), sendo que na cheia não houve variação espacial nas concentrações deste íon, que teve concentração de 2 mg/L em

todas as estações amostradas. Já na vazante, as concentrações variaram de 0,5 mg/L em sete estações a 1 mg/L em nove estações, com média de $0,8 \pm 0,2$ mg/L (média \pm DP).

Já em relação ao sulfato, houve aumento da cheia para a vazante, ao contrário do que foi observado com o cloreto. Não houve variação espacial relevante, de tal forma que a média na cheia foi $6 \pm 0,2$ mg/L (média \pm DP) e na vazante $9,1 \pm 0,6$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-29).

A Resolução CONAMA 357/05 faz referência aos limites de concentração apenas de cloreto e de sulfato. Ambos estiveram muito aquém do limite estabelecido para águas da Classe 2, que é de 250 mg/L para estes dois íons.

Íons		%	
		Cheia	Vazante
Cátions	Ca ²⁺	35	47
	K ⁺	22	14
	Na ⁺	20	18
	Mg ²⁺	23	21
	Total	100	100
Ânions	HCO ₃ ⁻	71	66
	Cl ⁻	7	3
	SO ₄ ²⁻	22	31
	Total	100	100

Figura 5-22 - Composição iônica no rio Madeira, em porcentagem, durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). A presença de outros cátions e ânions foi considerada irrelevante.

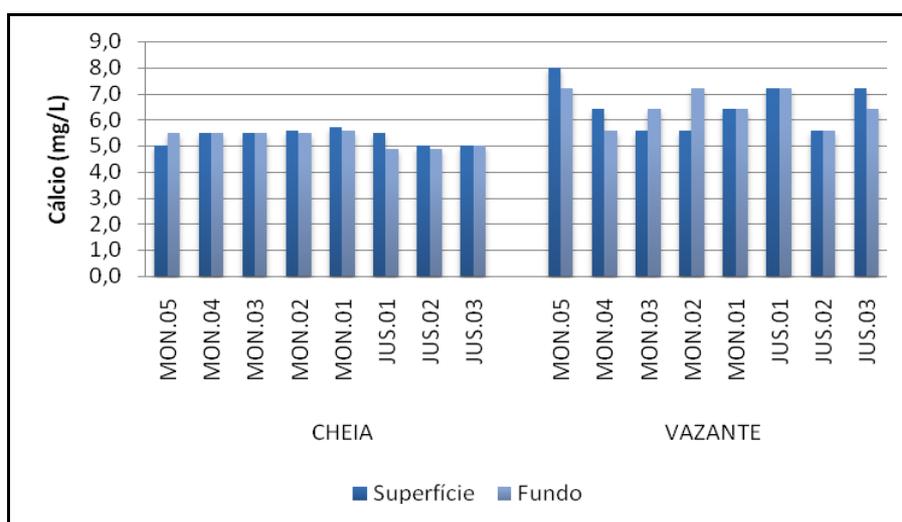


Figura 5-23 - Concentrações de cálcio (Ca²⁺) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

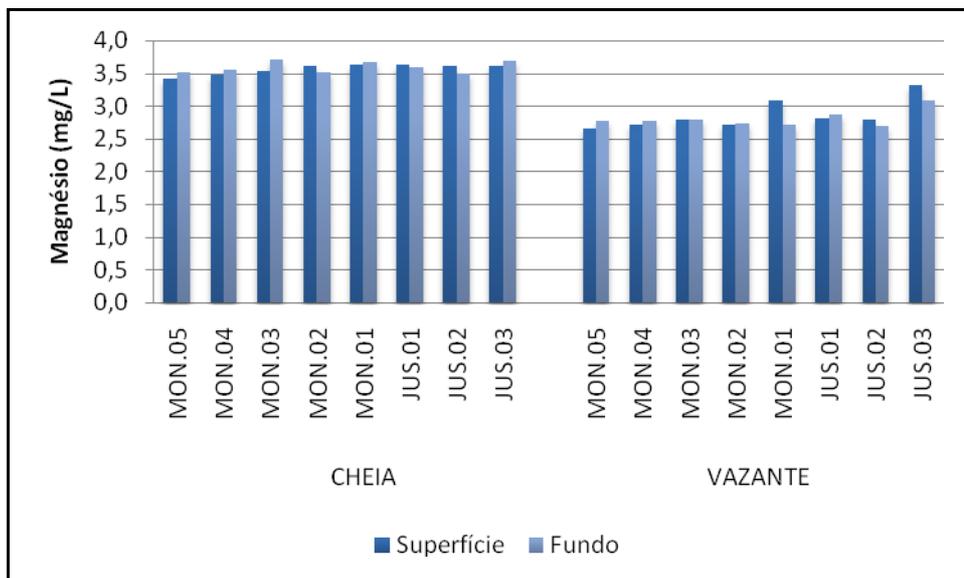


Figura 5-24 - Concentrações de magnésio (Mg^{2+}) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

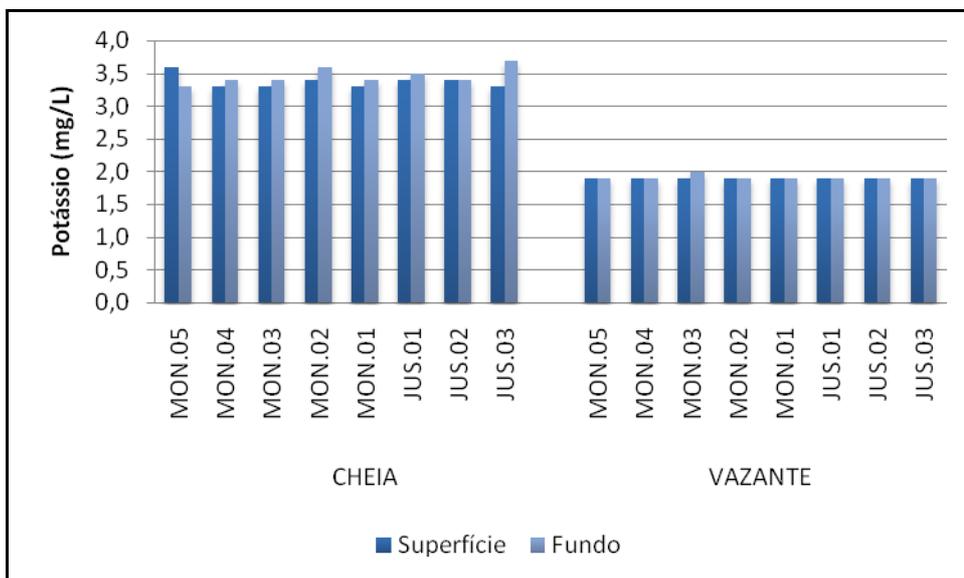


Figura 5-25 - Concentrações de potássio (K^+) no rio Madeira durante o período de cheia (março/abril 2009) e durante o período de vazante (junho 2009).

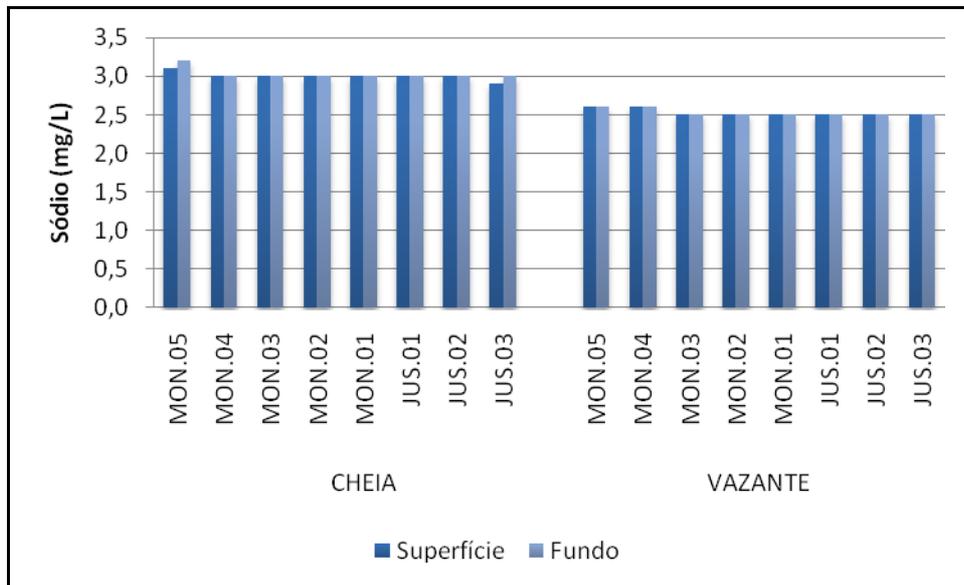


Figura 5-26 - Concentrações de sódio (Na^+) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

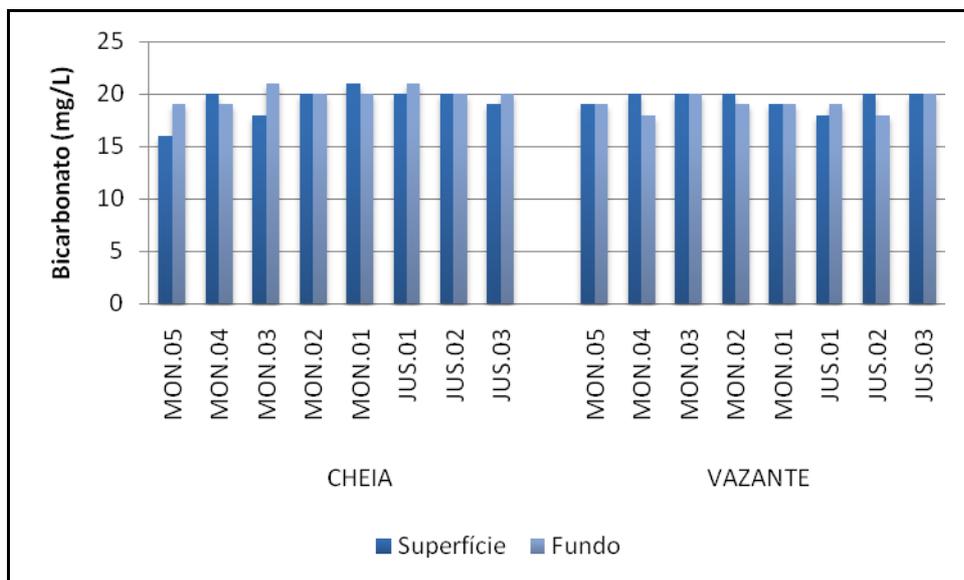


Figura 5-27 - Concentrações do íon bicarbonato (HCO_3^-) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

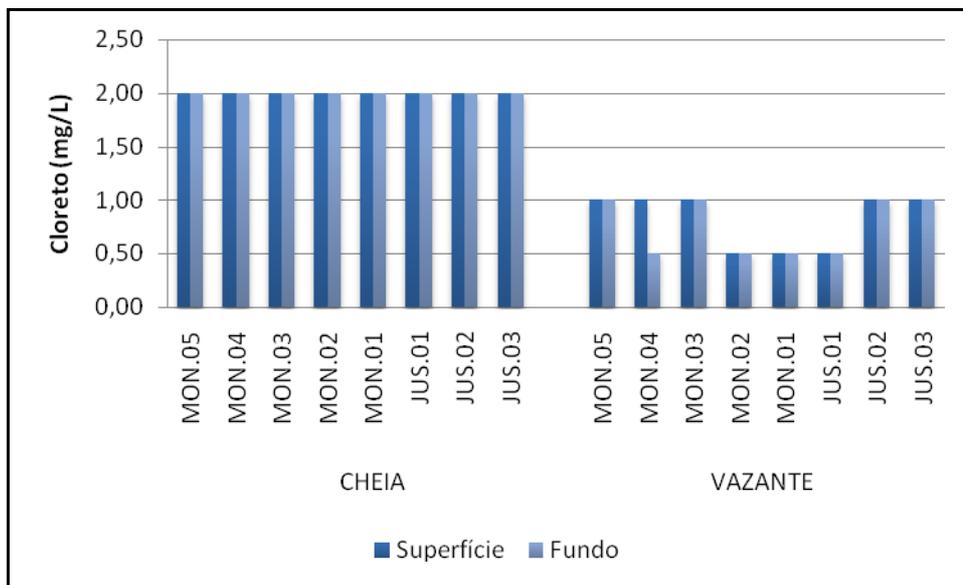


Figura 5-28 - Concentrações do íon cloreto (Cl⁻) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). O limite permitido segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de 250 mg/L.

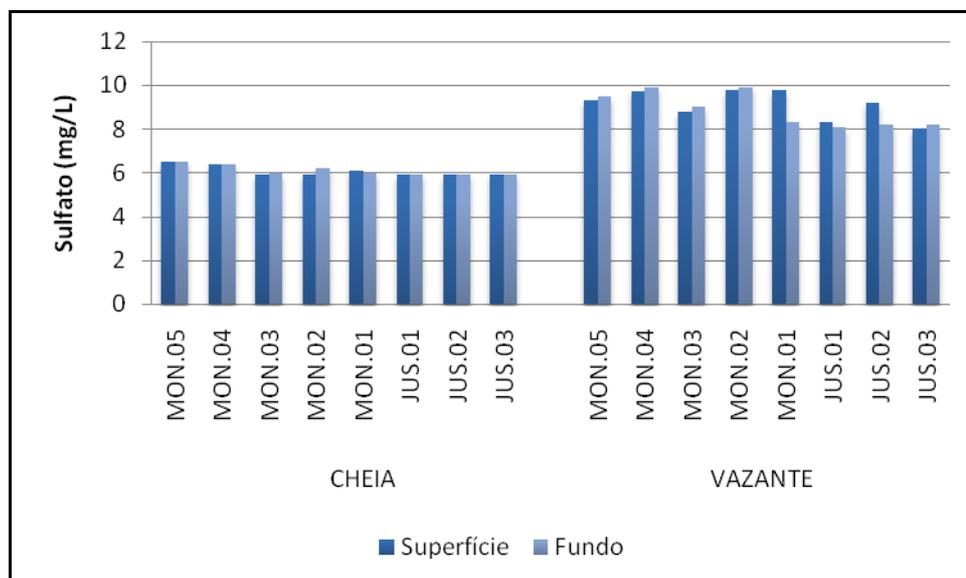


Figura 5-29 - Concentrações do íon sulfato (SO₄²⁻) durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). O limite permitido segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de 250 mg/L.

5.1.5 - Químicas I-A

▪ Oxigênio dissolvido e saturação

As principais fontes de oxigênio para os ecossistemas aquáticos são a atmosfera e a fotossíntese realizada por algas e por macrófitas. Para rios, todavia, a atmosfera constitui-se em uma importante fonte de oxigênio, porquanto a dinâmica fluvial é caracterizada por exercer turbulência suficiente para permitir constante troca de gases na interface água-atmosfera. O rio Madeira não apresentou variação temporal relevante na saturação de oxigênio, com média de $83,8 \pm 16\%$ (média \pm DP) na cheia e de $84,2 \pm 9,4\%$ (média \pm DP) na vazante (Figura 5-30).

Em relação ao oxigênio dissolvido (OD), houve um discreto aumento da cheia para a vazante, com média de $6,5 \pm 1,2$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $6,7 \pm 0,7$ mg/L na vazante (média \pm DP) (Figura 5-31). Durante a cheia, o menor valor foi observado na estação MON 02 superfície (5 mg/L) e o maior valor na estação JUS 03 fundo (8,8 mg/L). Já na vazante, o menor valor foi de 6 mg/L na estação MON 04 fundo e o maior foi de 7,7 mg/L na estação JUS 03 superfície. A dissolução do oxigênio na água é tanto maior quanto menor for a temperatura, sendo que o fato de o rio Madeira situar-se nos trópicos, onde há pequena amplitude térmica anual, pode explicar a modesta variação na concentração de OD da cheia para a vazante. Essa hipótese é sustentada pelo discreto aumento da cheia (março/abril de 2009) para a vazante (junho de 2009), uma vez que a temperatura atmosférica é levemente inferior durante a vazante. As estações JUS 01 e JUS 02 não foram amostradas no período de cheia.

A concentração mínima de OD em rios de Classe 2 segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de 5 mg/L. Todas as estações estiveram iguais (MON 02 superfície na cheia) ou acima desse valor, tanto na cheia, como na vazante.

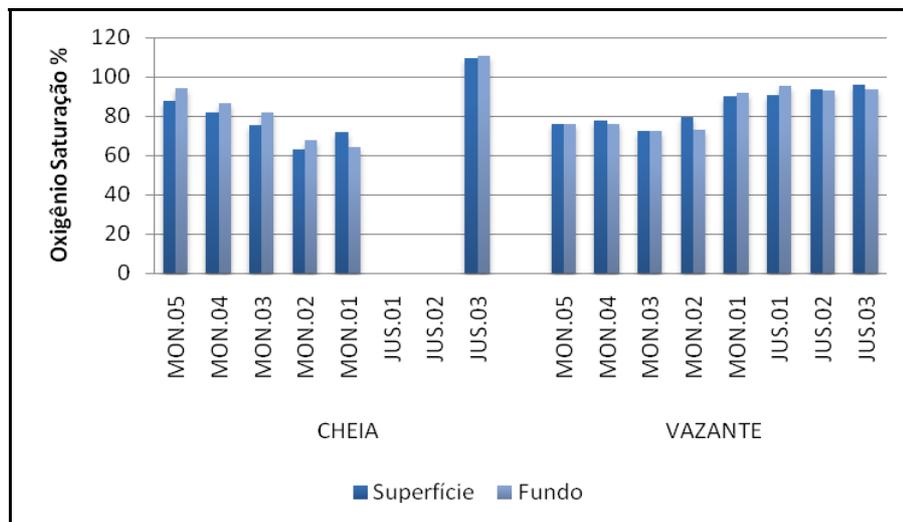


Figura 5-30 - Saturação de oxigênio no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

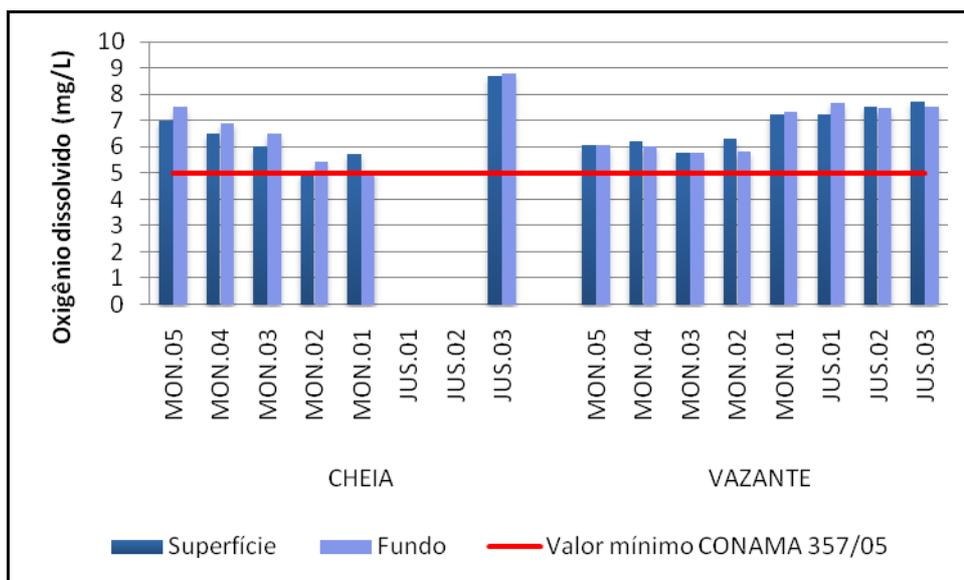


Figura 5-31 - Concentrações de oxigênio dissolvido no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

5.1.6 - Químicas I-B, I-C, I-D

- Demanda química de oxigênio (DQO), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e Carbono bioquimicamente oxidável (C.DBO).

A DQO mede a demanda de oxigênio para que todas as substâncias contidas em um corpo d'água - principalmente os materiais orgânicos - sejam oxidadas através de reações químicas

que não envolvam vias biológicas. Em contrapartida, a DBO é a medida da quantidade de oxigênio requerido para oxidação por vias biológicas (microorganismos) da matéria orgânica e inorgânica do ambiente. Na análise da DQO há oxidação tanto da matéria orgânica biodegradável, quanto da não biodegradável, ao passo que na análise da DBO há a oxidação somente da matéria orgânica biodegradável. Por este motivo, a DQO tende a ser sempre maior do que a DBO.

A DQO teve um ligeiro decréscimo da fase de cheia para a vazante. Na cheia, a DQO média foi $20,3 \pm 2,9$ mg/L (média \pm DP) e na vazante foi $18,4 \pm 15$ mg/L (média \pm DP). Na cheia, a variação espacial foi modesta, variando de 14 mg/L na estação JUS 01 fundo a 25 mg/L na estação JUS 03 fundo. Já na vazante, a variação foi maior, com a menor DQO sendo observada na estação JUS 01 superfície (7 mg/L) e a maior na estação JUS 03 fundo (73 mg/L) (Figura 5-32). A alta DQO observada na estação JUS 03 fundo na vazante destoou das demais e foi responsável pelo alto desvio padrão observado na vazante.

Os valores de DBO foram baixos tanto na cheia, como na vazante. Na cheia, a DBO média foi de $1,16 \pm 0,33$ mg/L (média \pm DP), tendo se apresentado abaixo do limite de detecção do método (1 mg/L) em 11 dos 16 pontos amostrados. Já na vazante, a DBO média foi de $1,19 \pm 0,40$ mg/L (média \pm DP), estando abaixo do limite de detecção em 9 pontos (Figura 5-33).

O carbono bioquimicamente oxidável (C.DBO) diz respeito à quantidade de oxigênio demandado pelos microorganismos para degradação da matéria orgânica, excluindo a quantidade necessária para a oxidação de compostos inorgânicos, como a amônia (nitrogênio bioquimicamente oxidável) e o íon ferroso (Fe^{2+}). Para que o C.DBO seja diferente da DBO, deve haver, portanto, oxidação de outros tipos de compostos além dos orgânicos. O C.DBO foi de $0,20 \pm 0,15$ mg/L (média \pm DP) na cheia, aumentando para $1,19 \pm 0,40$ (média \pm DP) durante a vazante (Figura 5-34). Durante a vazante, os valores de C.DBO foram iguais à DBO, isto é, todo o oxigênio demandado biologicamente foi utilizado para a oxidação de material de origem orgânica.

A DBO foi apenas $5,5 \pm 2\%$ (média \pm DP) da DQO na cheia e $9,1 \pm 3,9\%$ (média \pm DP) na vazante (Figura 5-35). O consumo de oxigênio pela DBO foi em média $19,5 \pm 9\%$ (média \pm DP) do oxigênio presente na água durante a cheia, enquanto que durante a vazante, essa média diminuiu para $16,5 \pm 4\%$ (média \pm DP) (Figura 5-36). Já em relação à DQO, a concentração de oxigênio foi sempre inferior à quantidade demandada para oxidação química, sendo que na cheia o oxigênio foi em média $30 \pm 6\%$ (média \pm DP) da DQO e na vazante foi $55 \pm 22\%$ (média \pm DP) (Figura 5-37). A partir dos dados de DBO e de DQO, foi possível constatar, portanto,

que o oxigênio presente nas águas do rio Madeira corresponderam a $28 \pm 6\%$ (média \pm DP) das demandas durante a cheia e a $50 \pm 18\%$ (média \pm DP) durante a vazante (Figura 5-38). Além disso, concluiu-se que a maior parte das substâncias contidas no rio Madeira são de difícil decomposição por vias biológicas.

A Resolução CONAMA 357/05 faz referência de que o valor máximo permitido para a DBO em rios de Classe 2 é de 5 mg/L. Através das análises feitas na cheia e na vazante pôde ser percebido que a DBO de todos os pontos amostrados esteve abaixo desse limite.

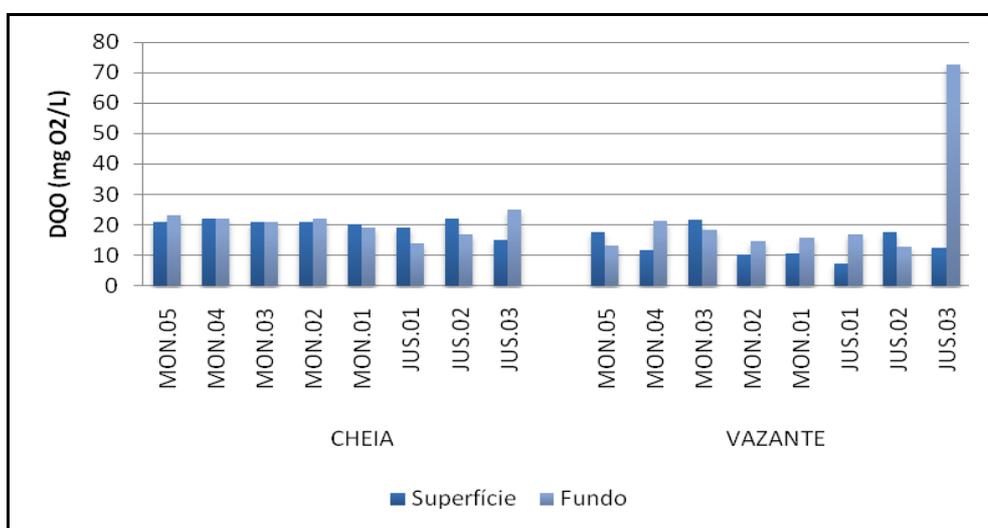


Figura 5-32 - Demanda química de oxigênio (DQO) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

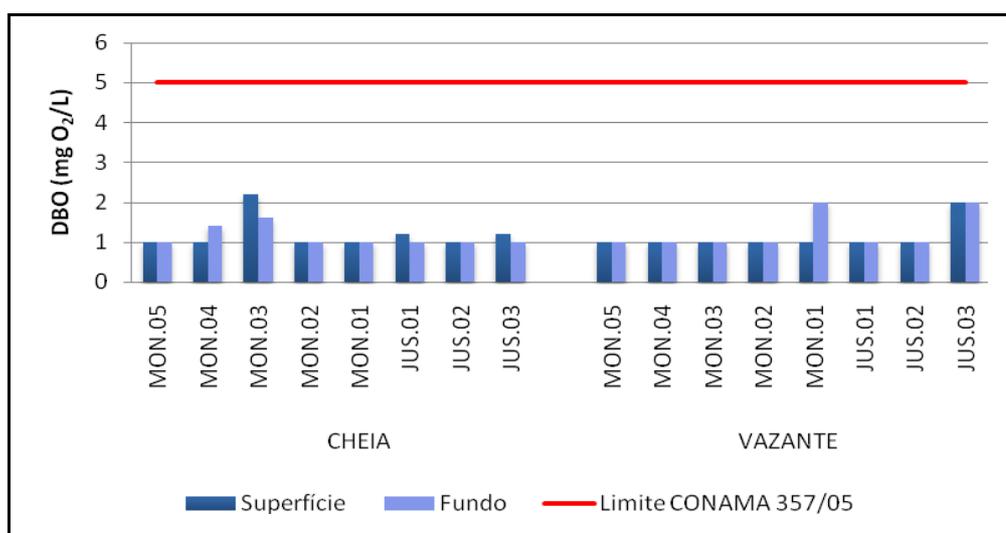


Figura 5-33 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

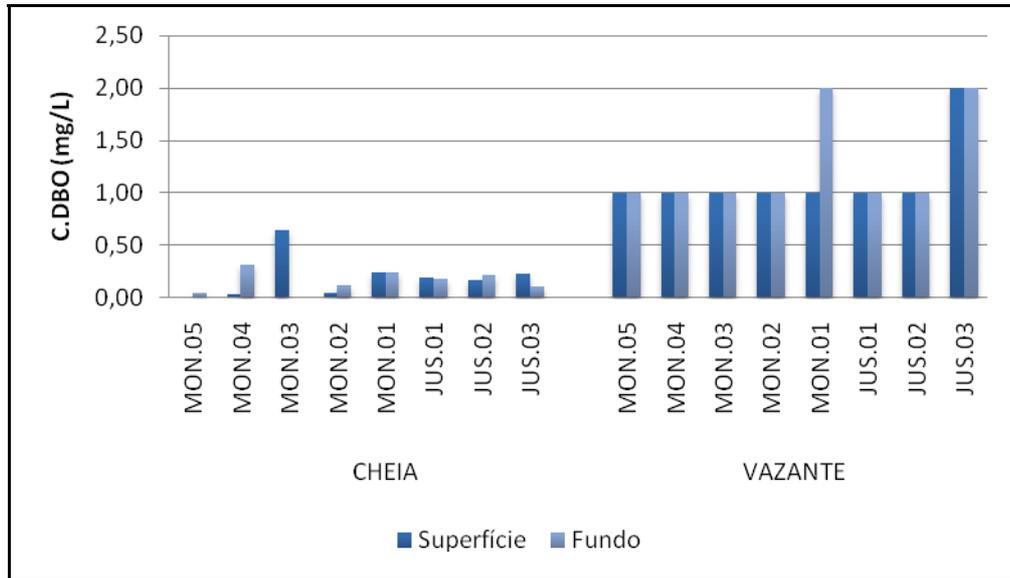


Figura 5-34 - Carbono bioquimicamente oxidável (C.DBO) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

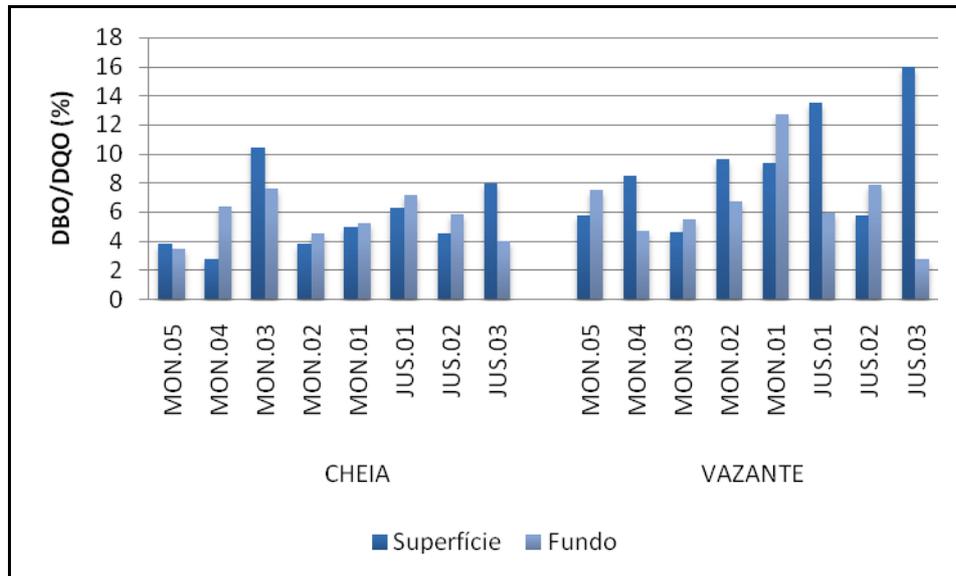


Figura 5-35 - Porcentagem da DBO em relação à DQO no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

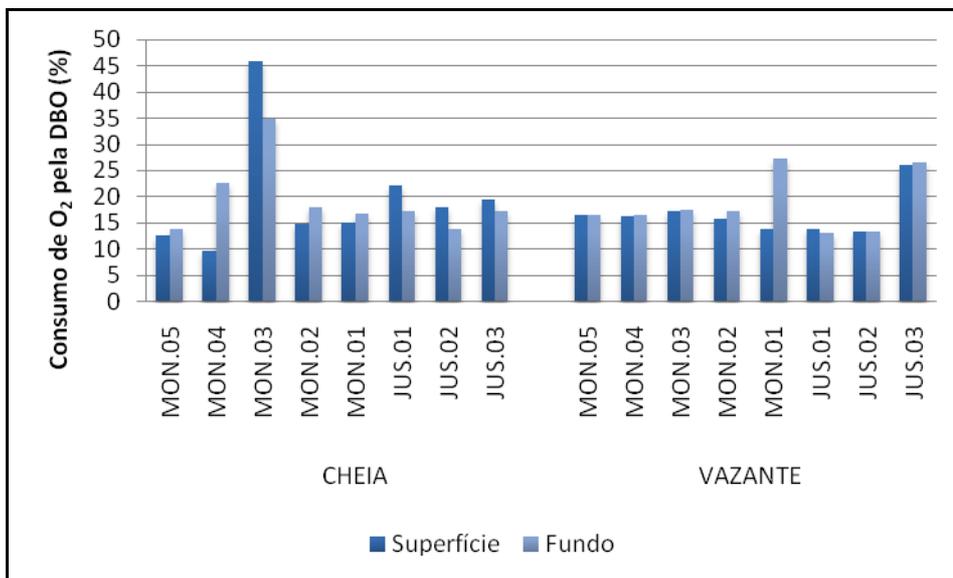


Figura 5-36 - Consumo de oxigênio pela DBO no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

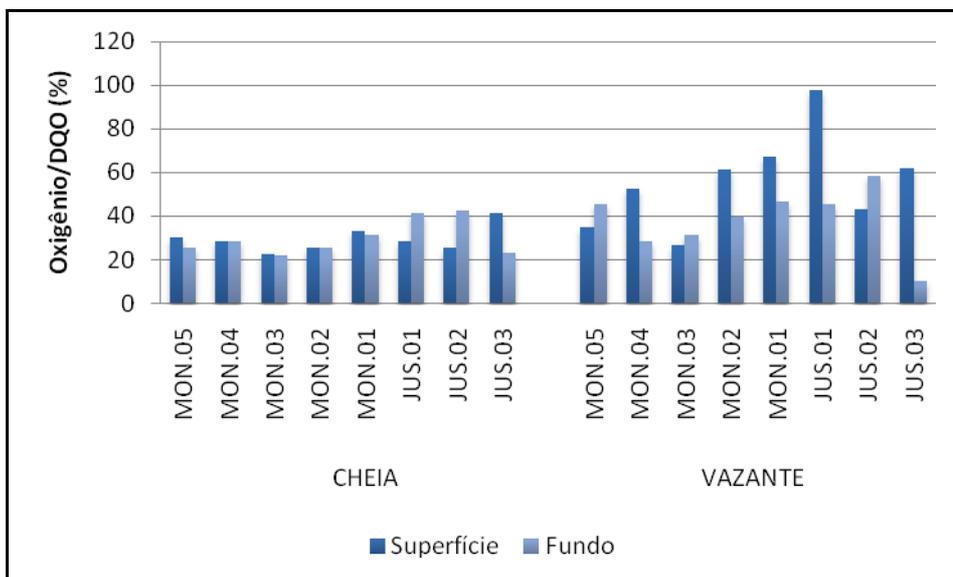


Figura 5-37 - Porcentagem de oxigênio em relação à DQO no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

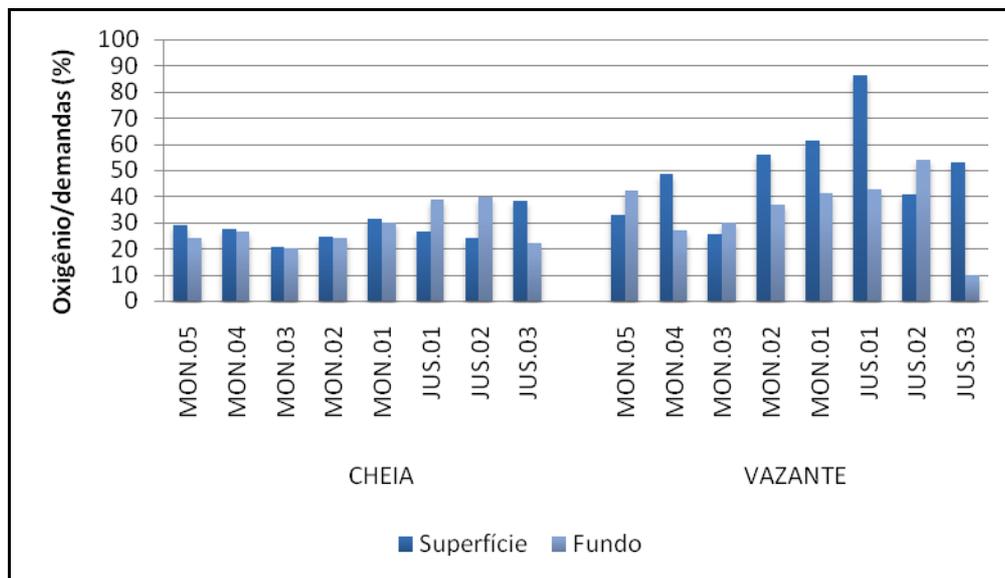


Figura 5-38 - Porcentagem de oxigênio em relação às demandas (DBO + DQO) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

▪ Carbono

Segundo Dodds (2002), o carbono é a “moeda” de troca de energia em ecossistemas aquáticos. Daí, surge a importância de mensurar as diferentes formas de carbono presentes na água. No rio Madeira, o carbono total durante a cheia foi de $27,8 \pm 2$ mg/L (média \pm DP), enquanto que durante a vazante essa média foi de $28,5 \pm 4,8$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-39). Durante a cheia, a forma inorgânica foi a predominante, correspondendo a 70% do carbono total, assim como na vazante, quando o carbono inorgânico representou 66% do total (Figura 5-40). Não houve grande variação na distribuição espaço-temporal do carbono total nas estações amostradas, além de sua composição ter se mantido relativamente estável durante os dois períodos.

O carbono inorgânico teve concentração média de $19,6 \pm 1,3$ mg/L (média \pm DP) durante a cheia e de $19,3 \pm 0,8$ mg/L (média \pm DP) durante a vazante. Como pode ser visualizado na Figura 5-41, não houve variabilidade espaço-temporal nas concentrações de carbono inorgânico no rio Madeira.

O carbono orgânico total apresentou um discreto aumento da cheia para a vazante. Enquanto que na cheia a média foi de $8,1 \pm 1,4$ mg/L (média \pm DP), na vazante a média foi de $9,8 \pm 4,1$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-42). Na cheia não houve grande variação espacial, com exceção da estação JUS 03, que apresentou valores de 10 mg/L e 12 mg/L na superfície e o no fundo, respectivamente. Porém, durante a vazante houve uma maior variação espacial nas

concentrações, que variaram de 7 mg/L na estação JUS 02 fundo a 17,6 na estação MON 02 superfície.

Uma grande variedade de formas é apresentada pelo carbono orgânico, sendo que existem formas que são mais lábeis e fáceis de serem biologicamente mineralizadas e outras que são mais resistentes à ação biológica. As formas de carbono orgânico mais resistente à decomposição biológica são denominadas de carbono orgânico refratário. Em média, $85 \pm 0,05\%$ (média \pm DP) do carbono orgânico total do rio Madeira foi caracterizado como sendo refratário durante a cheia, sendo que não houve variação sazonal no percentual de carbono refratário, haja vista que na vazante a média foi de $87 \pm 0,07\%$ (média \pm DP). A concentração média de carbono orgânico refratário na cheia foi de $7 \pm 1,4$ mg/L (média \pm DP), contra $8,7 \pm 4,2$ mg/L na vazante (média \pm DP) (Figura 5-43).

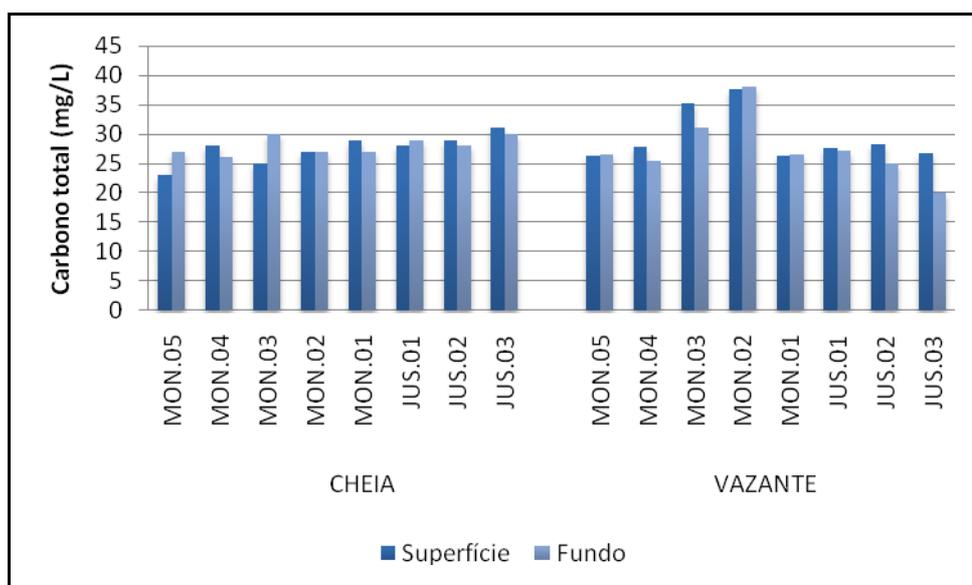


Figura 5-39 - Concentrações de carbono total no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). As estações MON 01 e JUS 02 não foram amostradas na superfície durante a vazante.

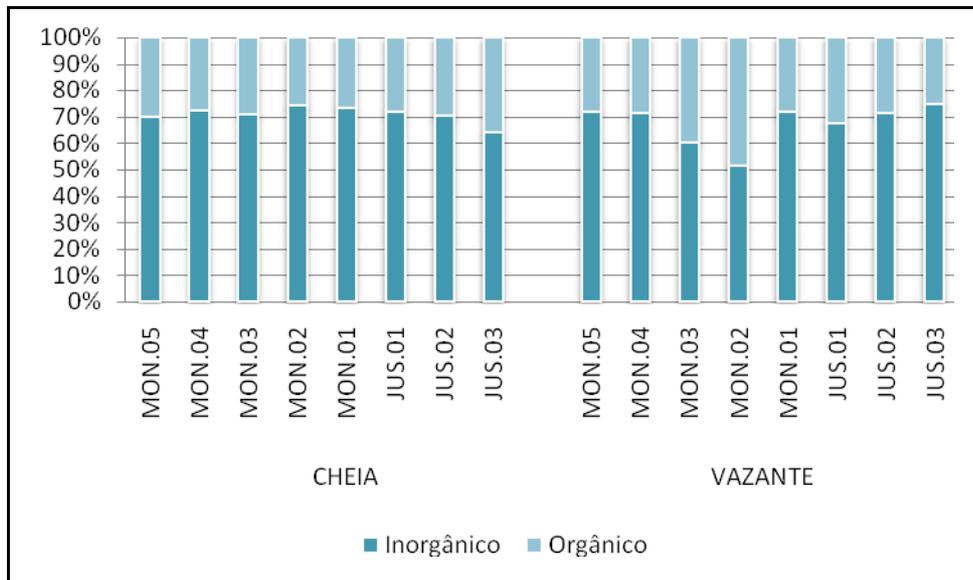


Figura 5-40 - Composição do carbono total no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

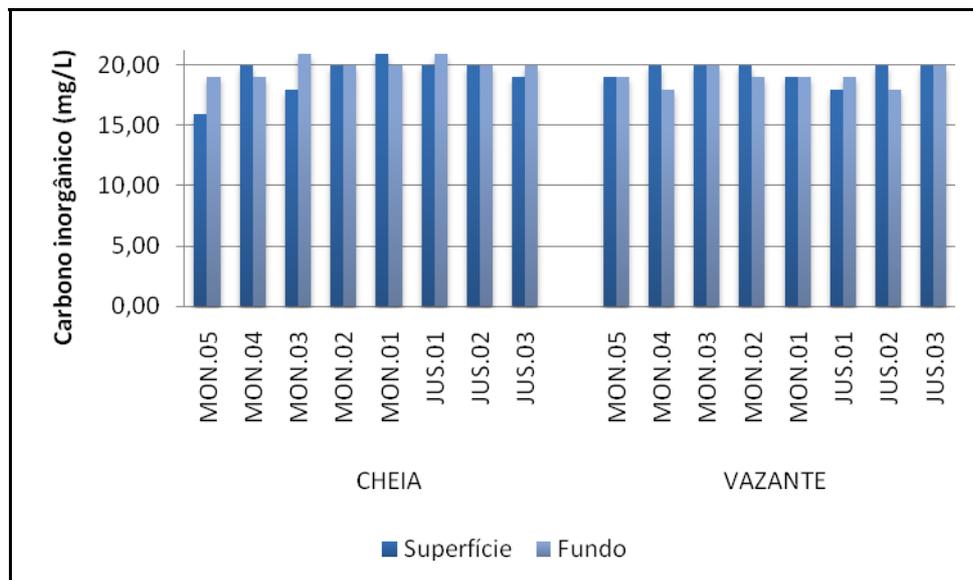


Figura 5-41 - Concentrações de carbono inorgânico (mg/L) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

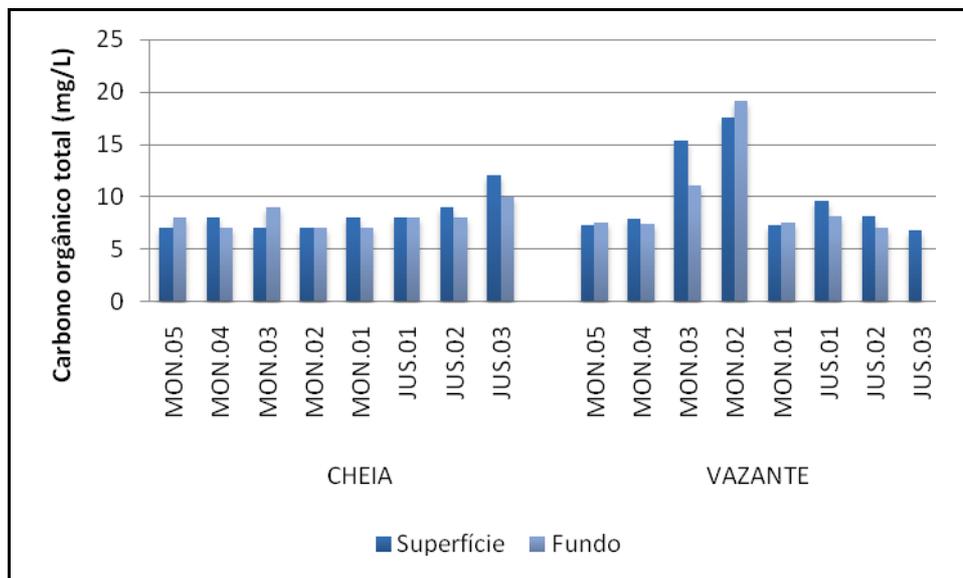


Figura 5-42 - Concentrações de carbono orgânico total no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

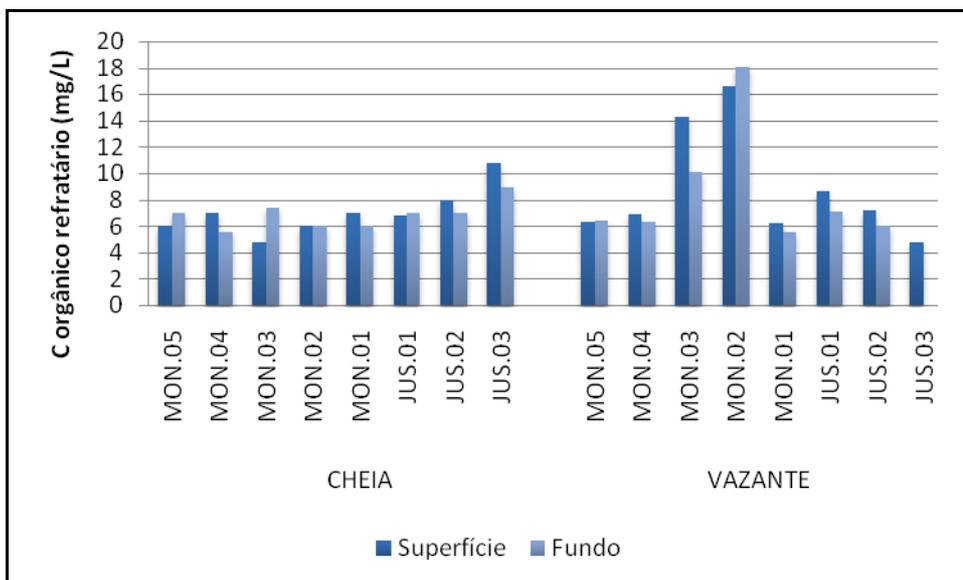


Figura 5-43 - Concentrações de carbono orgânico refratário no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

5.1.7 - Químicas IV

- Conteúdo nutricional - Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento importante para assegurar a produtividade de ambientes aquáticos e, em baixas concentrações, pode tornar-se um fator limitante (Esteves, 1998). O

nitrogênio amoniacal (amônia), o nitrato e o nitrito constituem-se nas principais formas inorgânicas de nitrogênio presentes na água. No rio Madeira, o nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) teve média de $0,143 \pm 0,060$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $0,098 \pm 0,051$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-44). Na cheia, a amônia representou 54% do NID, o nitrato 43% e o nitrito 3%. A participação da amônia diminuiu na vazante, sendo que o nitrato passou a responder pela maior parte do NID (78%), contra 19% da amônia e 3% do nitrito. Essa mudança na composição do NID mostrou que durante a cheia, a amonificação - formação de amônia a partir de formas mais oxidadas - predominou, ao passo que na vazante a nitrificação - oxidação de amônia a nitrato - foi o processo mais frequente.

Os valores de amônia decresceram da cheia para a vazante. Na cheia, a média foi de $0,081 \pm 0,042$ mg/L (média \pm DP), com as concentrações oscilando de 0,025 mg/L na estação JUS 03 superfície a 0,179 mg/L na estação MON 05 fundo. Já na vazante, as concentrações variaram de 0,001 mg/L (limite de detecção do método) na estação MON 01 a 0,062 mg/L na estação MON 05 superfície (Figura 5-45). Os maiores valores na cheia e na vazante foram observados na estação MON 05, além de ter sido observado um discreto padrão decrescente no sentido montante-jusante em ambos os períodos. As estações MON 05 superfície na cheia e JUS 02 superfície na vazante não foram amostradas.

Já em relação ao nitrato, houve aumento nas concentrações da cheia para a vazante. Na cheia, a média foi de $0,061 \pm 0,022$ mg/L (média \pm DP), oscilando de 0,032 mg/L na estação JUS 03 superfície a 0,101 mg/L (média \pm DP) na estação MON 05 fundo (Figura 5-46). Em comparação com a cheia, na vazante houve uma maior variação espacial nas concentrações de nitrato, que variaram 0,004 mg/L na estação MON 04 fundo a 0,135 mg/L na estação JUS 01 superfície. A estação JUS 02 superfície não foi amostrada na vazante.

O nitrito foi a forma inorgânica que apresentou as mais baixas concentrações. Na cheia a média foi de $0,003 \pm 0,003$ mg/L (média \pm DP), com metade das estações apresentando valores abaixo do limite de detecção do método (0,001 mg/L). Já na vazante, mais da metade das estações estiveram abaixo do limite de detecção do método, com uma média de $0,002 \pm 0,001$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-47). A estação JUS 02 superfície não foi amostrada na vazante.

As concentrações de amônia, nitrato e nitrito estiveram todas bastante abaixo do limite para corpos d'água doce de Classe 2 previsto na Resolução CONAMA 357/05, que é de 3,7 mg/L para a amônia, 10 mg/L para o nitrato e 1 mg/L para o nitrito.

O nitrogênio orgânico total (NOT) teve concentração média de $0,558 \pm 0,125$ mg/L (média \pm DP) na cheia, havendo aumento em suas concentrações na vazante, que teve média de $0,915 \pm 0,080$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-48). A forma orgânica de nitrogênio foi a predominante, correspondendo a 80% do total na cheia e a 91% do total na vazante. Como o NOT foi a forma predominante e este aumentou da cheia para a vazante, o nitrogênio total teve, por consequência, seus valores aumentados de um período para o outro. Enquanto na cheia a média foi de $0,668 \pm 0,152$ mg/L (média \pm DP), na vazante foi de $0,950 \pm 0,274$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-49). As estações MON 05 superfície na cheia e JUS 02 superfície na vazante não foram amostradas.

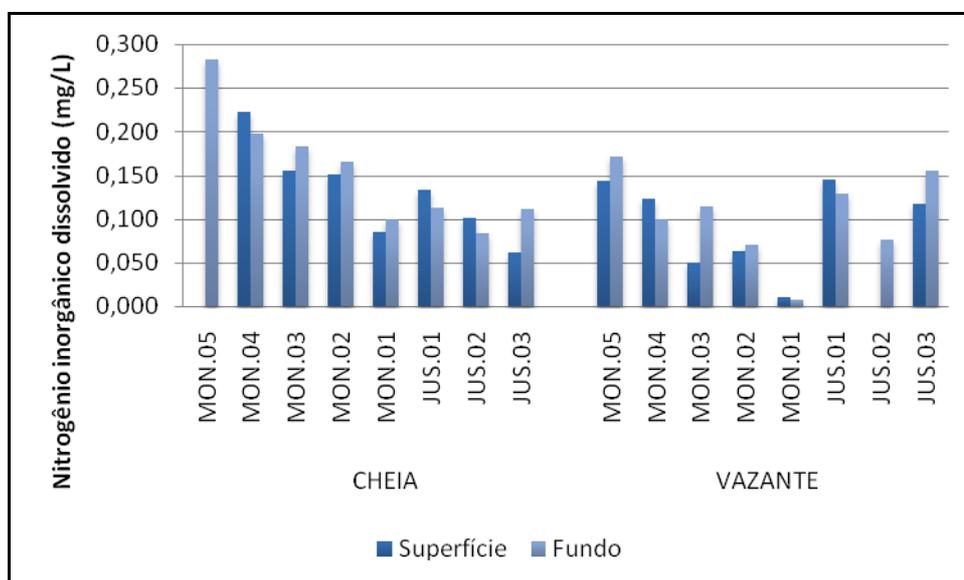


Figura 5-44 - Concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) no rio Madeira no período de cheia (março/abril 2009) e no período de vazante (junho 2009).

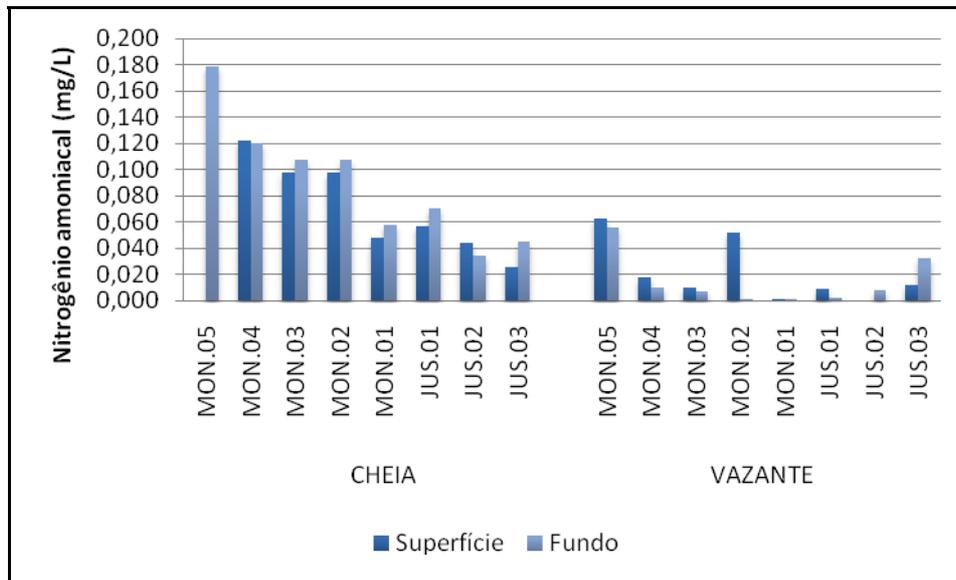


Figura 5-45 - Concentração de nitrogênio amoniaco (amônia) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

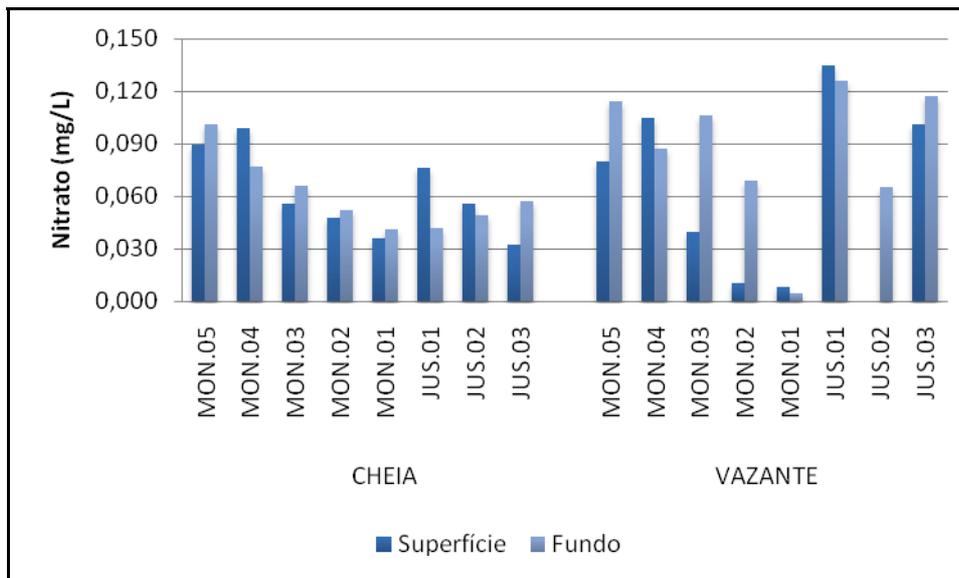


Figura 5-46 - Concentrações de nitrato no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

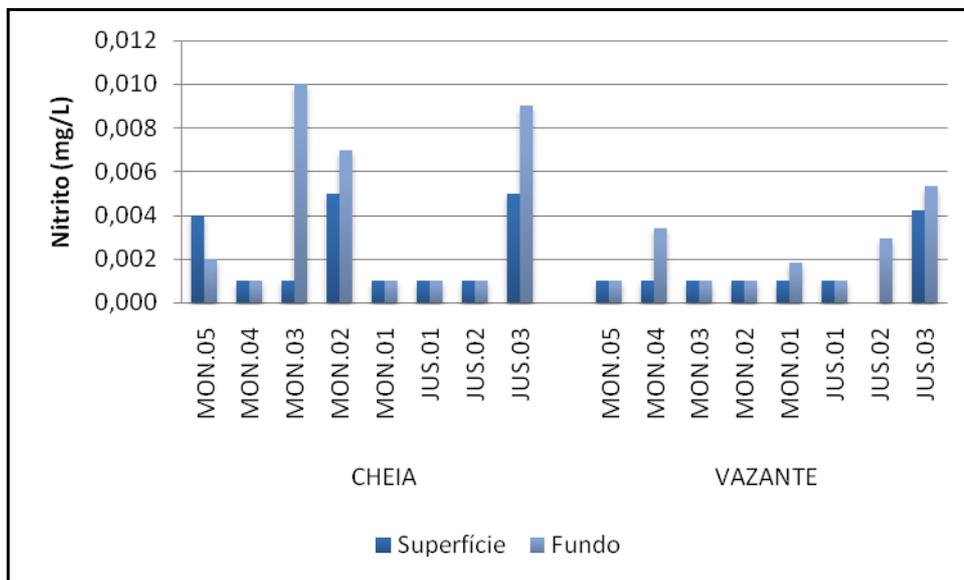


Figura 5-47 - Concentrações de nitrito no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

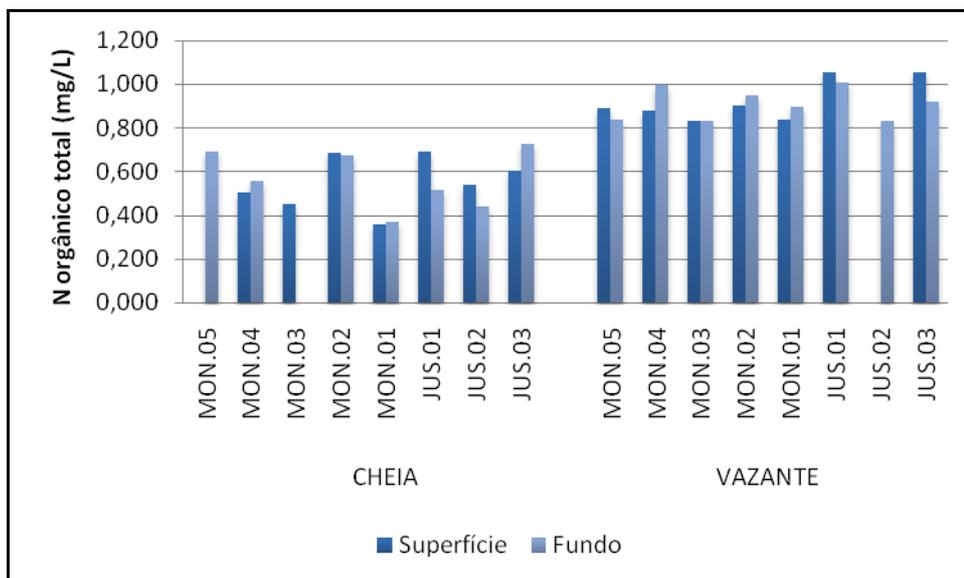


Figura 5-48 - Concentrações de nitrogênio orgânico total (NOT) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

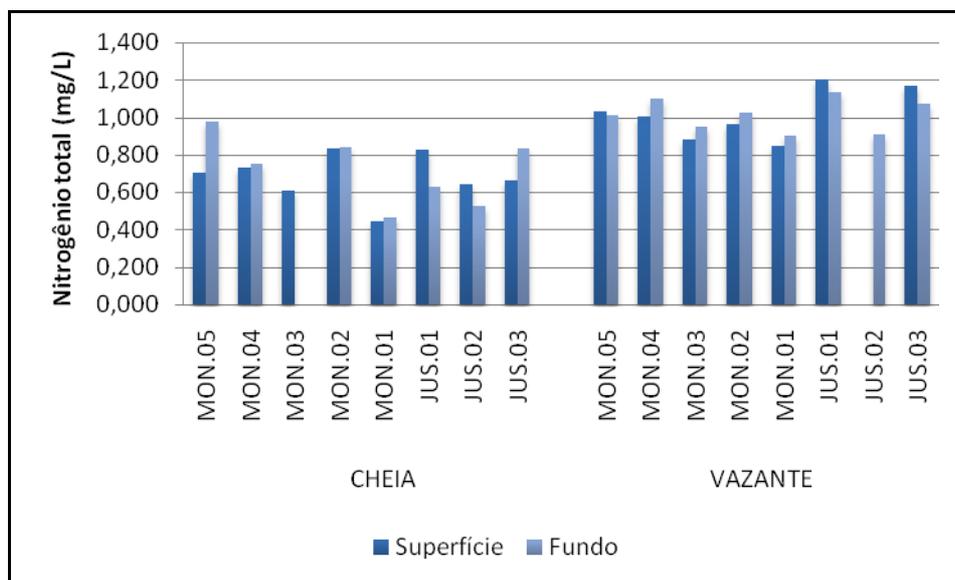


Figura 5-49 - Concentrações de nitrogênio total no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

▪ Conteúdo nutricional: Fósforo

O fósforo é indispensável para a produção primária em ambientes aquáticos e, devido às baixas concentrações em que geralmente é encontrado, torna-se um fator limitante para a produtividade. O fósforo total (PT) apresentou concentrações relativamente altas durante a cheia, que variaram de 2,171 mg/L na estação MON 04 superfície a 3,546 mg/L na estação JUS 01 fundo, com média de $2,902 \pm 0,469$ mg/L (média \pm DP). A vazante apresentou concentrações bastante inferiores, que oscilaram de 0,046 mg/L (MON 01 superfície) a 0,228 mg/L (JUS 03 superfície), com média de $0,141 \pm 0,043$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-50). Tanto na cheia, como na vazante, o fósforo particulado foi o principal constituinte do PT, sendo que na cheia correspondeu a $60 \pm 0,08\%$ (média \pm DP) e na vazante a $61 \pm 21\%$ (média \pm DP).

Todas as outras formas de fósforo foram bastante superiores na cheia. O fósforo total dissolvido (PTD) teve média de $1,152 \pm 0,227$ mg/L (média \pm DP) na cheia, contra $0,047 \pm 0,006$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-51). Já o fósforo orgânico total (POT) foi em média $0,859 \pm 0,206$ mg/L (média \pm DP) na cheia e $0,123 \pm 0,043$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-52).

O fósforo particulado (PP) teve uma média de $1,777 \pm 0,429$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $0,094 \pm 0,045$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-53). Já o fósforo orgânico dissolvido

(POD) teve média de $0,118 \pm 0,153$ mg/L (média \pm DP) na cheia e $0,029 \pm 0,09$ mg/L na vazante (Figura 5-54).

O ortofosfato, que é a forma de fósforo mais importante do ponto de vista ecológico por ser a forma mais utilizada pelos produtores primários, apresentou concentrações muito altas na cheia, com média de $1,034 \pm 0,167$ mg/L (média \pm DP). Em contrapartida, na vazante a média foi de $0,017 \pm 0,008$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-55). As concentrações mais baixas de ortofosfato na vazante podem ser, em parte, associadas às concentrações mais altas de ferro neste período, uma vez que o íon Fe^{3+} pode adsorver moléculas de ortofosfato e precipitá-las em pH neutro, como é o caso do rio Madeira (Esteves, 1998). Houve uma razoável sustentação estatística para esta hipótese, sendo que ortofosfato e ferro total estiveram negativamente correlacionados ($r^2=-0,71$ e $p<0,05$).

O fósforo apresenta capacidade de adsorção a outras substâncias, como o ferro e a argila. Como as concentrações deste metal e de sólidos totais foram altas durante a cheia, isso pode explicar em parte as altas concentrações observadas nesse período. Os sólidos totais e o fósforo total estiveram estatisticamente correlacionados ($r^2=0,76$ e $p<0,05$), o que corrobora com a hipótese proposta para explicar as maiores concentrações na cheia. Essas variações nas concentrações de fósforo no rio Madeira são controladas pelo regime climático e hidrológico da cordilheira dos Andes.

O limite permitido para o fósforo total em corpos d'água doce de Classe 2 segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de 0,1 mg/L. Na cheia, todas as estações apresentaram concentrações acima deste valor, enquanto que na vazante somente as estações MON 05 superfície e MON 01 superfície estiveram abaixo deste limite.

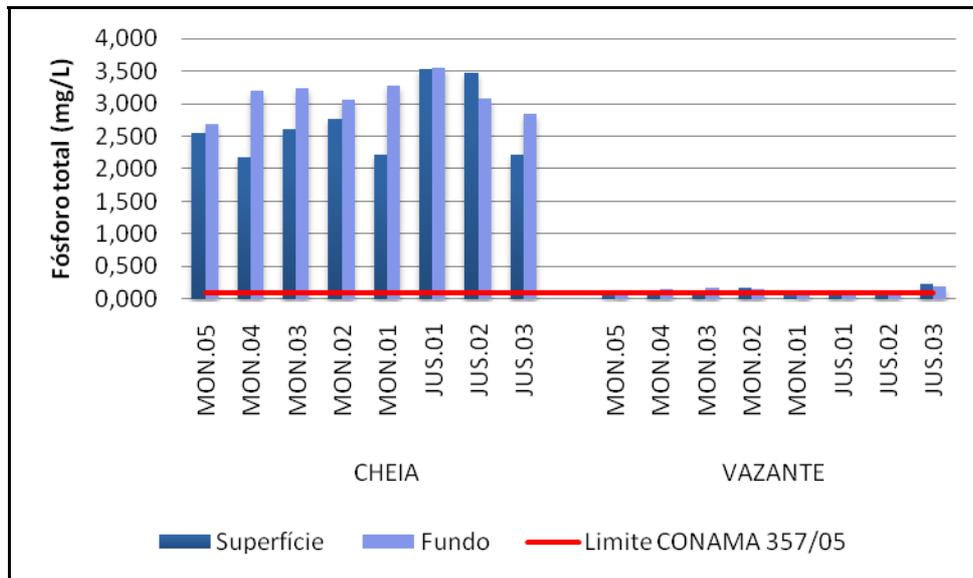


Figura 5-50 - Concentrações de fósforo total (PT) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

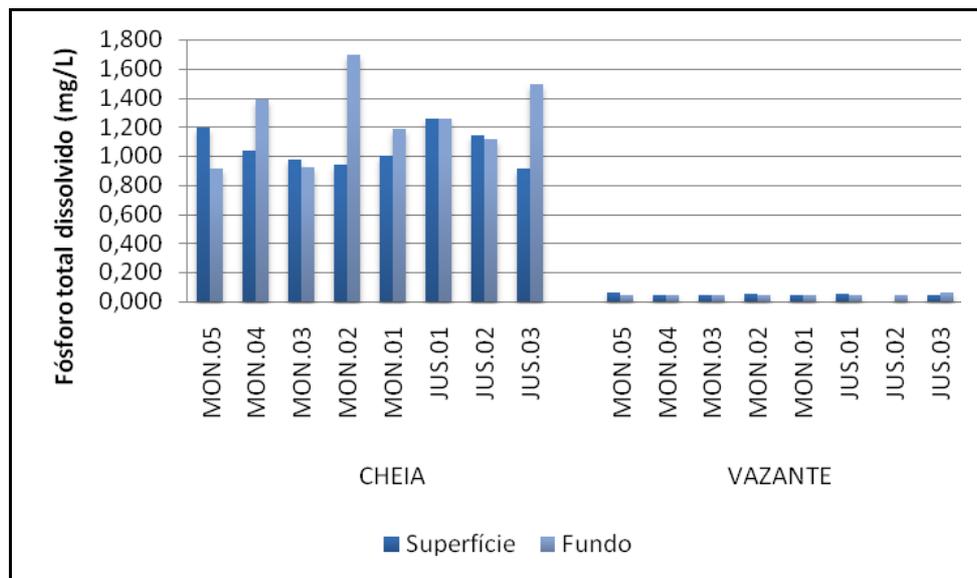


Figura 5-51 - Concentrações de fósforo total dissolvido (PTD) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

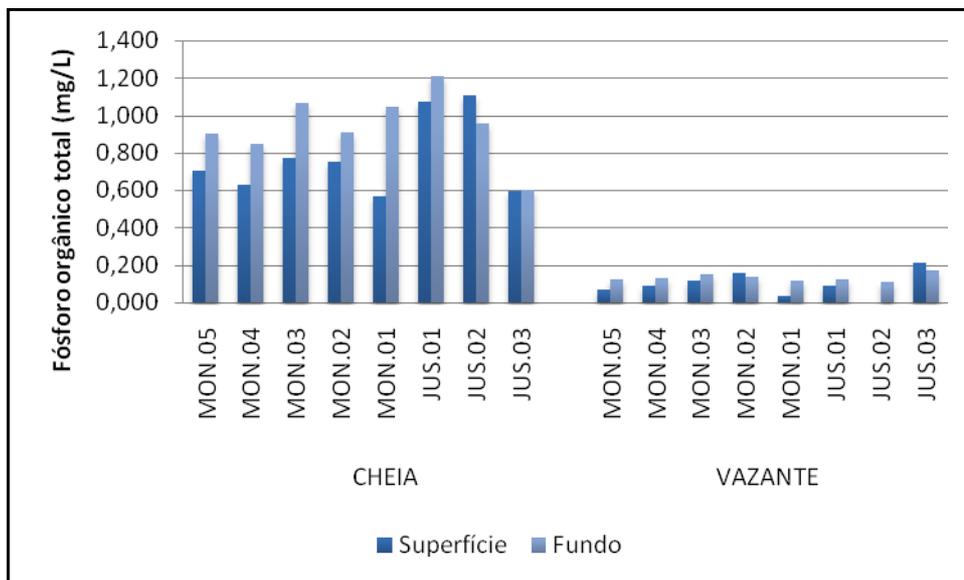


Figura 5-52 - Concentrações de fósforo orgânico total (POT) no rio Madeira durante a fase de cheia (março/abril 2009) e durante a fase de vazante (junho 2009).

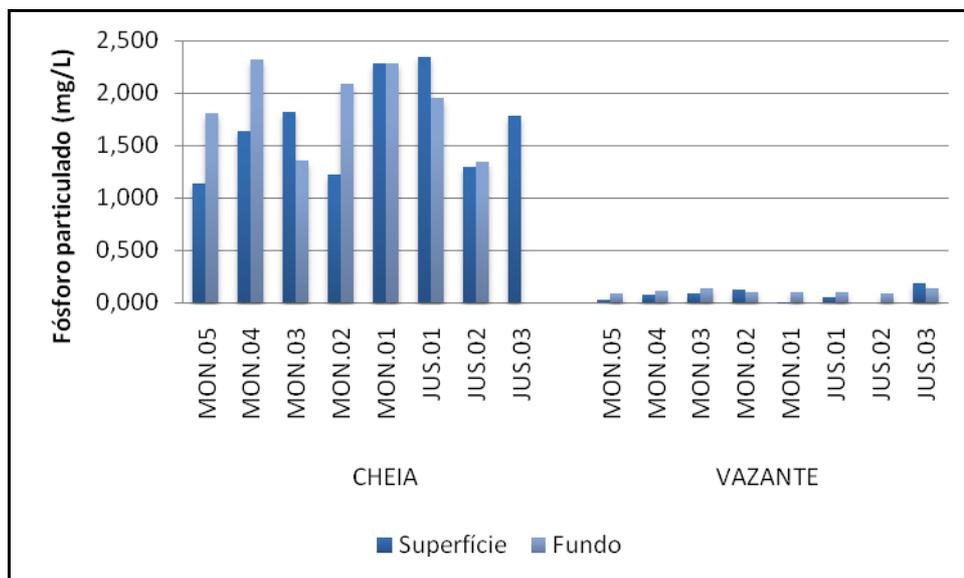


Figura 5-53 - Concentrações de fósforo particulado (PP) no rio Madeira durante o período de cheia (março/abril 2009) e durante o período de vazante (junho 2009).

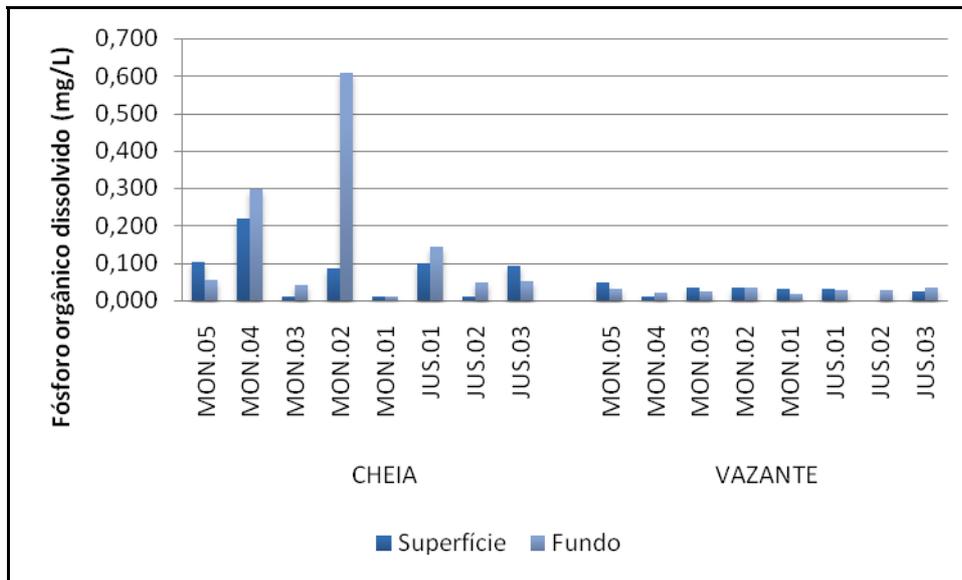


Figura 5-54 - Concentrações de fósforo orgânico dissolvido(POD) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

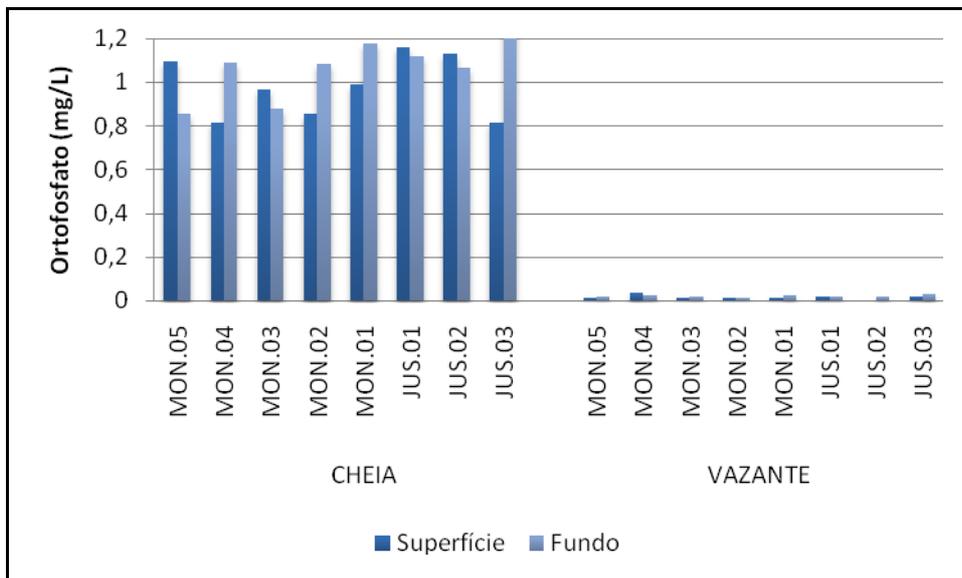


Figura 5-55 - Concentrações de ortofosfato no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

▪ Conteúdo nutricional: Silicatos reativos

A sílica é um nutriente importante para alguns organismos aquáticos, dentre eles algas diatomáceas e crisofíceas e algumas macrófitas e esponjas (Wetzel, 2001). A porção reativa da sílica se refere, em limnologia, à porção assimilável pelos organismos. No rio Madeira, a

silica teve um aumento considerável da cheia para a vazante, com média de $1,46 \pm 0,28$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $6,84 \pm 2,59$ mg/L na vazante (média \pm DP) (Figura 5-56). No EIA, não foi relatada grande diferença entre a cheia e a vazante, sendo que a concentração média foi inclusive maior durante a cheia. Porém, o ciclo da sílica varia bastante de acordo com a utilização desta pelos organismos, sendo que este fator pode ter influenciado em suas concentrações.

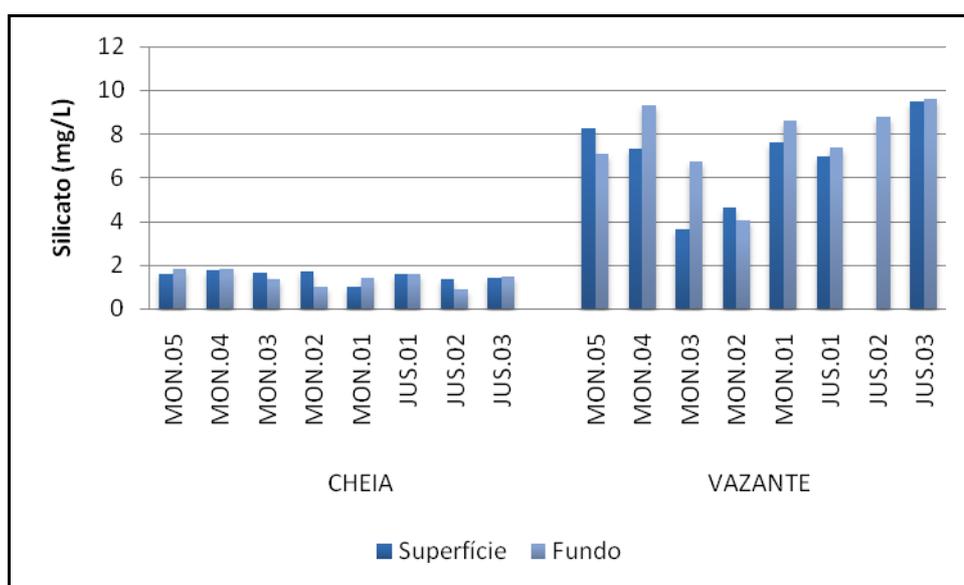


Figura 5-56 - Concentrações de silicatos reativos no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

5.1.8 - Químicas V

▪ Ferro

O ferro total no rio Madeira variou de 3,00 mg/L (JUS 01 superfície) a 3,97 mg/L (MON 01 fundo) na cheia, com média de $3,49 \pm 0,33$ mg/L (média \pm DP). Houve um discreto acréscimo nas concentrações de ferro total na vazante, que teve média de $4,03 \pm 0,13$ mg/L (média \pm DP) e variação espacial irrelevante (Figura 5-57). As variações tanto no gradiente vertical como no gradiente longitudinal foram bastante comedidas na cheia e na vazante. O ferro dissolvido (FD) também apresentou baixa variação espacial, embora as concentrações tenham variado sazonalmente. Na cheia, a concentração média de FD foi de $0,49 \pm 0,05$ mg/L (média \pm DP), ao passo que na vazante a média foi de $0,70 \pm 0,11$ (média \pm DP) (Figura 5-58).

Os valores de ferro dissolvido na cheia e na vazante não atenderam ao limite previsto na Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de Classe 2 (0,3 mg/L). Porém, as altas

concentrações de ferro nas águas do rio Madeira são de origem natural, tendo em vista que a principal fonte deste elemento para os ambientes aquáticos continentais é o intemperismo e a erosão de rochas da bacia de drenagem (Esteves, 1998). Portanto, as formações ferríferas da bacia de drenagem justificam as altas concentrações de ferro no rio Madeira.

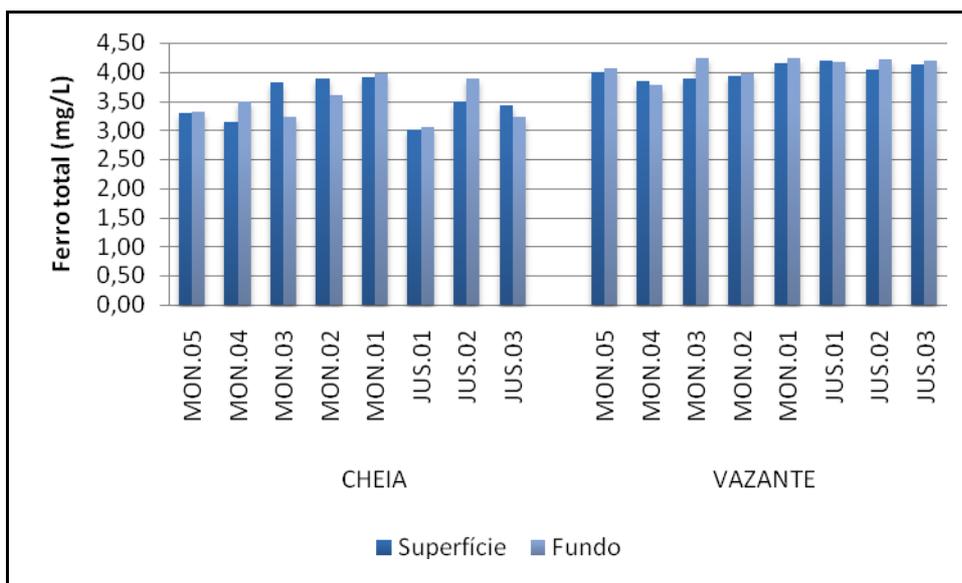


Figura 5-57 - Valores de ferro total no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

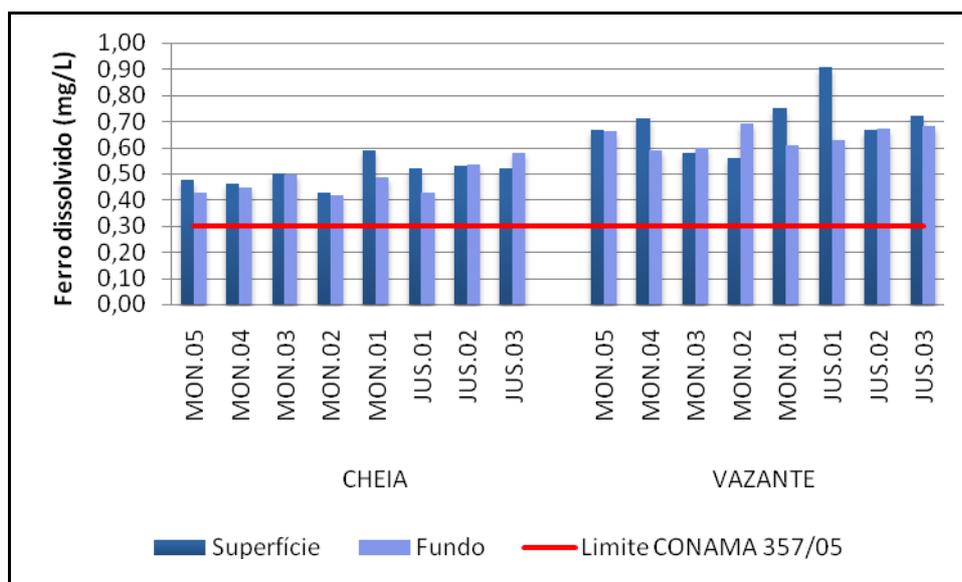


Figura 5-58 - Valores de ferro dissolvido no rio Madeira no período de cheia (março/abril 2009) e no período de vazante (junho 2009).

▪ Óleos e graxas

As concentrações de óleos e graxas em todas as estações amostradas no rio Madeira estiveram abaixo do limite de detecção do método analítico, que é de 10 mg/L, com exceção da estação MON 04 superfície na vazante, que teve concentração de 12 mg/L.

5.1.9 - Químicas VI

▪ Elementos-traço

Alguns elementos-traço - como o manganês, o cobre, o zinco e o cobalto tomam parte de vários processos no metabolismo de ecossistemas aquáticos (Esteves, 1998). Em contrapartida, outros elementos como mercúrio, chumbo, níquel, cádmio, cromo e estanho, não têm função biológica conhecida e são tóxicos a uma vasta gama de organismos (Esteves, 1998). Boa parte dos elementos-traço estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico e, para efeito de discussão, esses valores serão tomados como o valor medido. Portanto, apesar de os valores não corresponderem à exata concentração da substância na água, eles indicam uma baixa concentração do elemento em questão. As análises de elementos-traço só foram realizadas nas estações à jusante da futura barragem do empreendimento.

O alumínio (Al) teve concentração média de $0,930 \pm 0,400$ mg/L (média \pm DP) na cheia, havendo um decréscimo na vazante, que apresentou média de $0,520 \pm 0,200$ mg/L (média \pm DP). A estação JUS 02, situada próxima à área urbana de Porto Velho, foi a que teve os maiores valores na cheia (1,270 mg/L) e na vazante (0,740 mg/L). Além disso, os menores valores foram observados na estação mais distante da área urbana (JUS 03), o que indicou que possivelmente há influência antrópica nas concentrações de Al no rio Madeira (Figura 5-59). As concentrações de Al estiveram acima do limite permitido segundo a Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de Classe 2, que é de 0,100 mg/L.

O bário (Ba) também teve padrão de distribuição semelhante ao do Al na cheia, com as maiores concentrações nas estações próximas a áreas urbanas (JUS 01 e JUS 02) e as menores na estação mais distante (JUS 03). Neste período, a média foi de 0,081 mg/L (média \pm DP). Diferentemente, na vazante as concentrações de Ba foram maiores na estação JUS 03. No entanto, as concentrações de Ba em JUS 03 não alteraram sazonalmente (0,044 mg/L na cheia e 0,043 mg/L na vazante), ao contrário do que aconteceu com as concentrações em JUS 01 e JUS 02, onde houve decréscimo nas concentrações, como pode ser visualizado na Figura 5-60.

A média na vazante foi, portanto, menor do que na cheia, com um valor de $0,040 \pm 0,004$ mg/L (média \pm DP).

A concentração média de cobalto (Co) na cheia foi de $0,0014 \pm 0,0011$ mg/L (média \pm DP), com as concentrações mais altas nas estações JUS 01 e JUS 02. Já na vazante, todas as concentrações estiveram abaixo do limite de detecção do método analítico ($0,0001$ mg/L) (Figura 5-61).

O cromo (Cr) não apresentou variabilidade sazonal em suas concentrações nos pontos amostrados no rio Madeira, com média de $0,0018 \pm 0,0015$ mg/L (média \pm DP) na cheia e $0,0016 \pm 0,0015$ mg/L (média \pm DP) na vazante. Além disso, os resultados mostraram que em ambos os períodos as concentrações de Cr foram maiores na estação JUS 02, próxima à área urbana de Porto Velho (Figura 5-62).

O cobre (Cu) apresentou concentrações maiores na cheia, sendo que a média nesse período foi de $0,0057 \pm 0,0049$ mg/L (média \pm DP), com as maiores concentrações sendo observadas em JUS 01 e JUS 02 ($0,0090$ e $0,0080$ mg/L, respectivamente). Na vazante todos as estações tiveram concentrações abaixo do limite de quantificação do método ($0,0001$ mg/L) (Figura 5-63).

As concentrações de chumbo (Pb) tiveram um padrão semelhante ao do Cu, sendo que durante a cheia as maiores concentrações foram observadas nas estações JUS 01 e JUS 02 ($0,0038$ e $0,0045$ mg/L, respectivamente), com média de $0,0029 \pm 0,0021$ mg/L (média \pm DP). Na vazante, as concentrações estiveram todas abaixo do limite de detecção do método analítico ($0,0001$ mg/L) (Figura 5-64).

O silício (Si) teve um aumento em suas concentrações da cheia para a vazante. Na cheia a média foi de $4,6 \pm 1,5$ mg/L (média \pm DP) e na vazante de $8,7 \pm 1,6$ mg/L (média \pm DP). Apesar de os valores terem aumentado, o padrão de distribuição espacial das concentrações se manteve, com as mais altas concentrações em JUS 02, seguido de JUS 01, sendo a menor concentração encontrada em JUS 03, a estação mais afastada da zona urbana (Figura 5-65).

O zinco (Zn) apresentou grande variação sazonal em suas concentrações, com média de $0,0191 \pm 0,0108$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $0,0001$ mg/L na vazante, quando todos os valores estiveram abaixo do limite de quantificação do método (Figura 5-66)

O manganês (Mn) diminuiu da cheia para a vazante, apesar de que, mesmo assim, só JUS 03 na vazante esteve abaixo do limite permitido segundo a Resolução CONAMA 357/05 para

corpos d'água de Classe 2 (0,100 mg/L). Assim como foi observado com outros elementos, o Mn teve suas maiores concentrações nas estações mais próximas à área urbana (JUS 01 e JUS 02). A média na cheia foi de $0,222 \pm 0,087$ mg/L (média \pm DP) e na vazante foi de $0,115 \pm 0,036$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-67).

O estanho (Sn), o níquel (Ni), o mercúrio (Hg) e o cádmio (Cd) tiveram concentrações inferiores ao limite de quantificação do método analítico. Dentre os elementos traço analisados, somente o Al e o Mn não atenderam à Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de Classe 2.

Apesar de a maior parte ter estado dentro do limite permitido, os resultados sugeriram que a concentração de metais pesados no rio Madeira sofre mais influência antrópica do que da geologia da bacia de drenagem, já que na maior parte dos casos em que houve variabilidade espacial, as mais altas concentrações foram encontradas nas estações próximas à zona urbana.

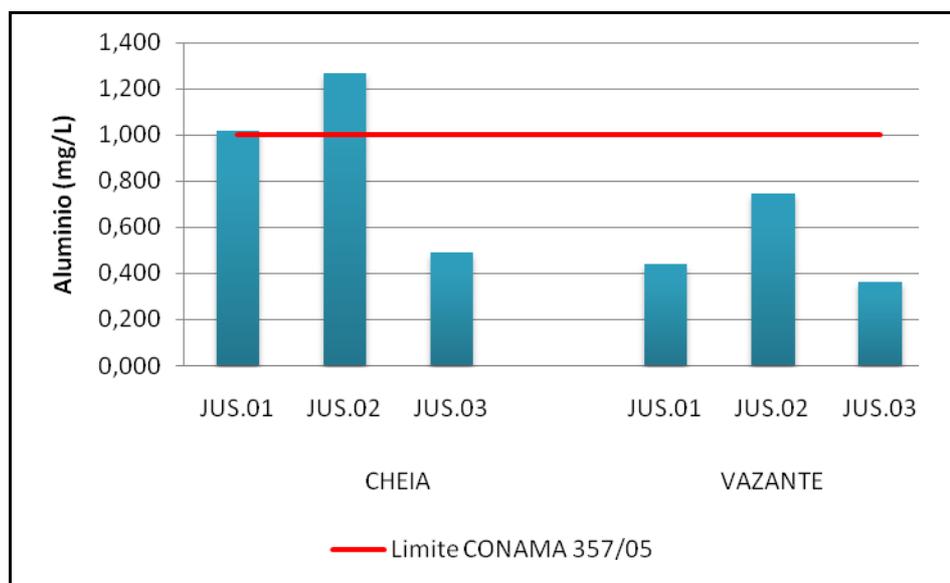


Figura 5-59 - Concentrações de alumínio (Al) no rio Madeira durante o período de cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

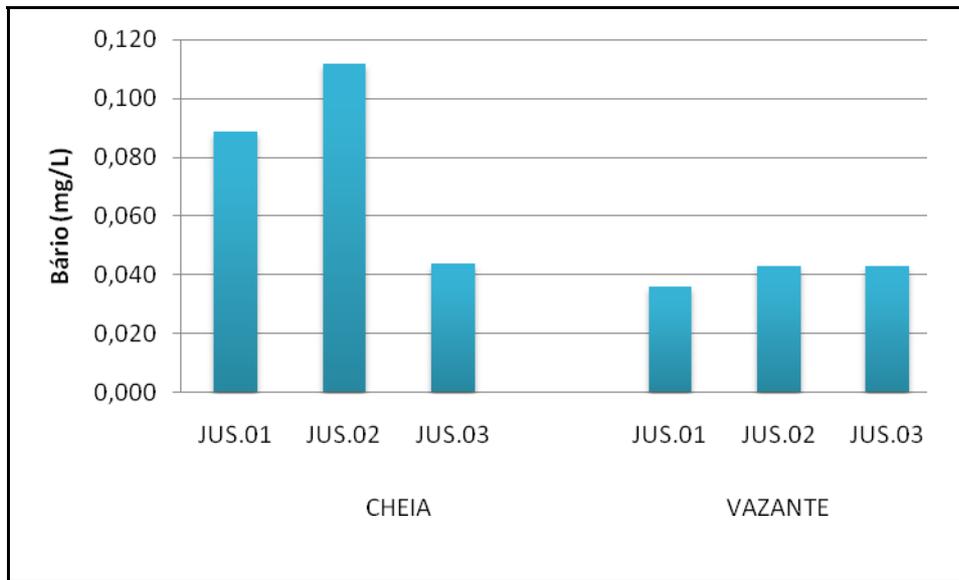


Figura 5-60 - Concentrações de bário (Ba) no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 0,700 mg/L.

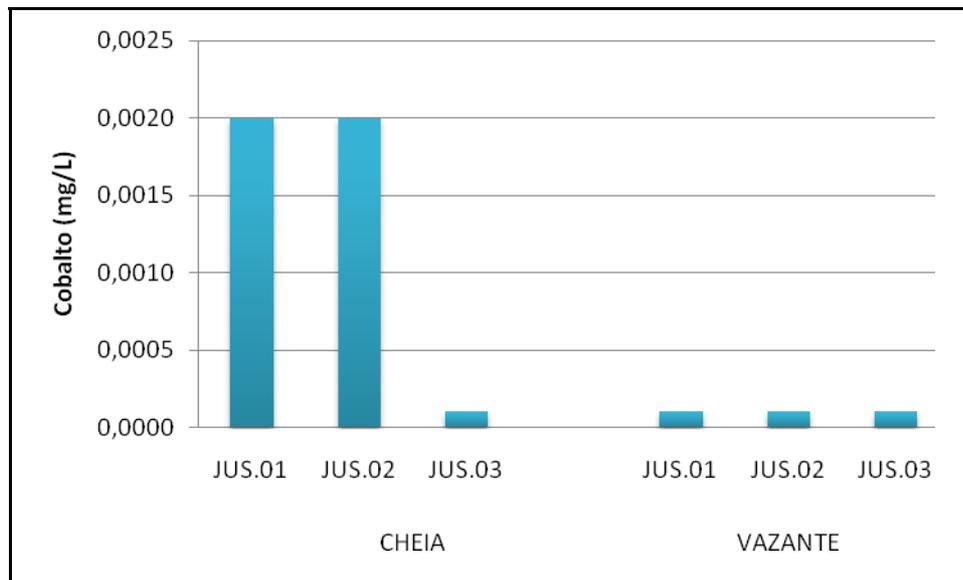


Figura 5-61 - Concentrações de cobalto (Co) no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 0,050 mg/L.

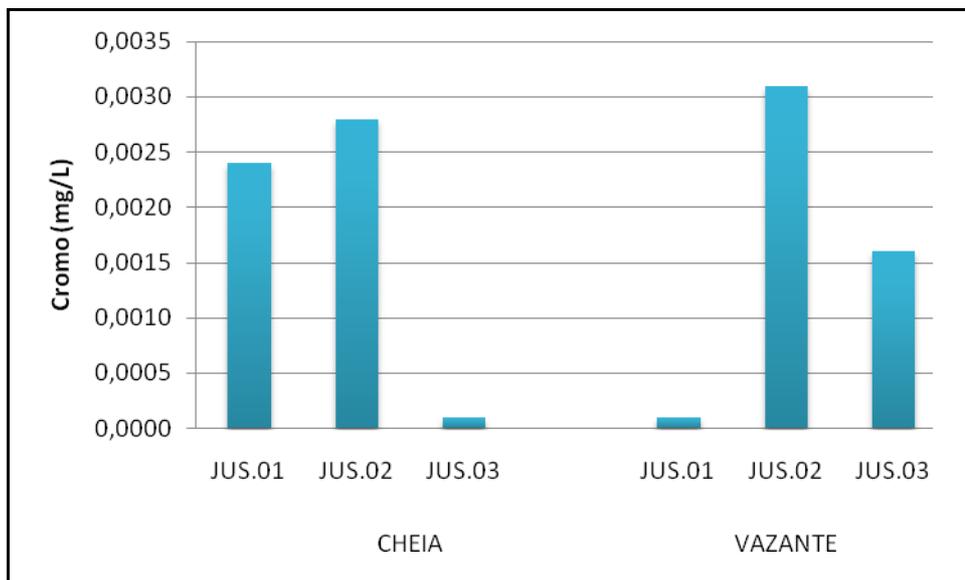


Figura 5-62 - Concentrações de cromo (Cr) no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 0,050 mg/L.

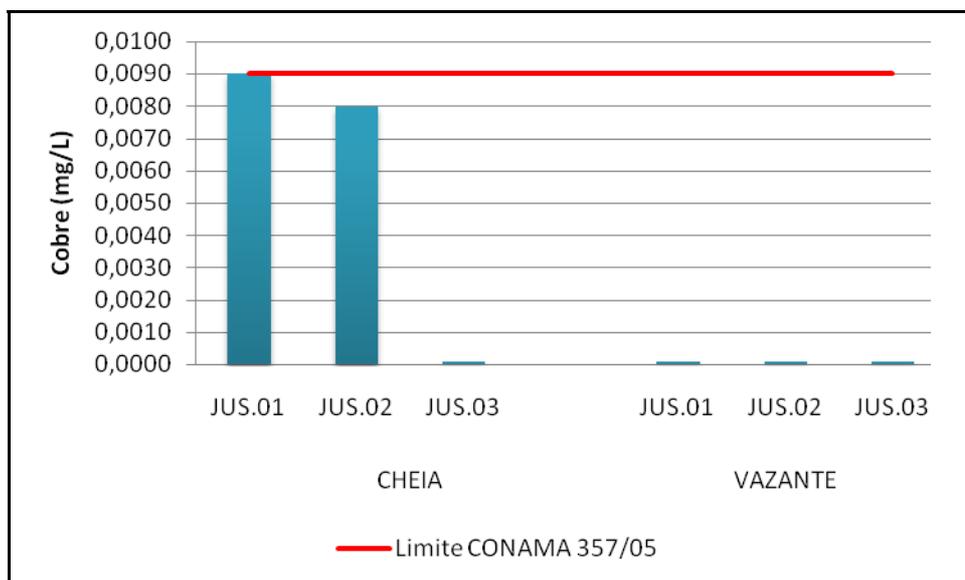


Figura 5-63 - Concentrações de cobre (Cu) no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 0,009 mg/L.

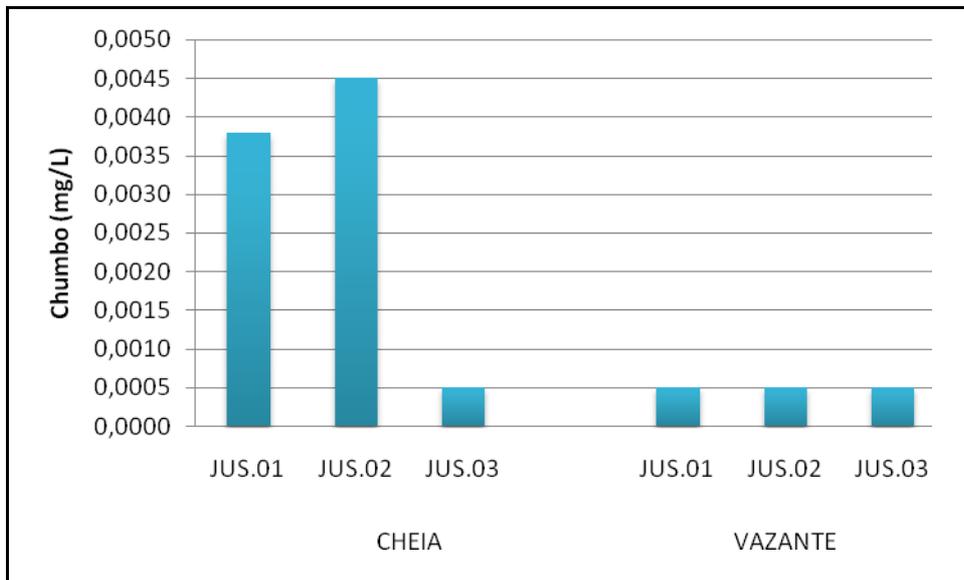


Figura 5-64 - Concentrações de chumbo (Pb) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 0,010

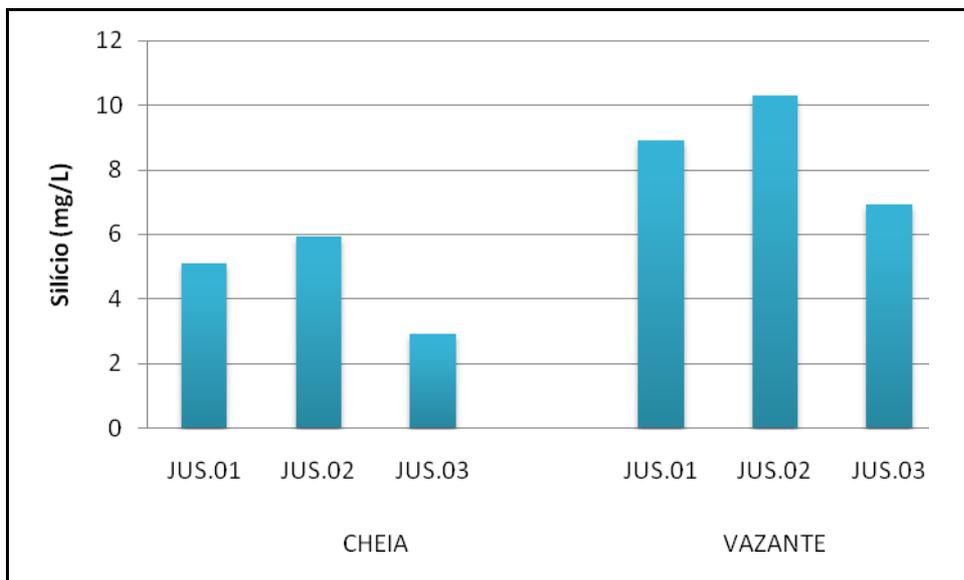


Figura 5-65 - Concentrações de silício (Si) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

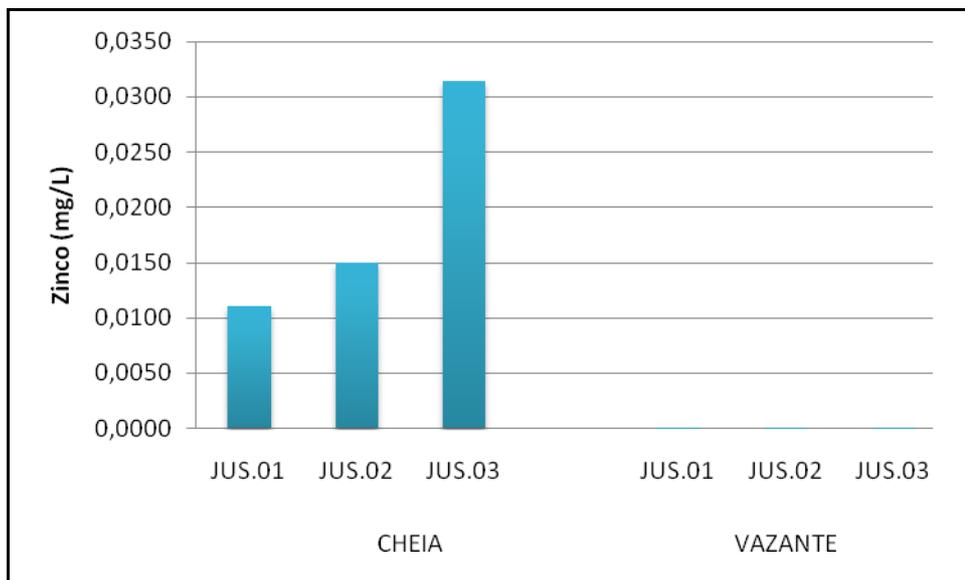


Figura 5-66 Concentrações de zinco (Zn) no rio Madeira na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 0,180 mg/L.

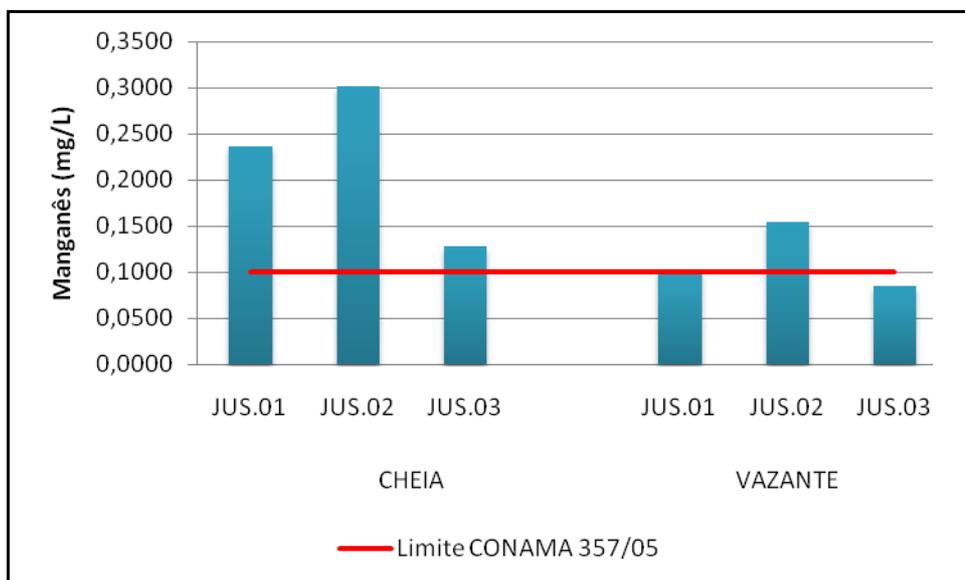


Figura 5-67 - Concentrações de manganês (Mn) no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

▪ Biocidas

O resultado para biocidas em água de todos os pontos amostrados esteve abaixo do limite de quantificação do método analítico, tanto na cheia, como na vazante.

5.1.10 - Biológicas

▪ Coliformes totais e *Escherichia coli*

A análise bacteriológica indica a possibilidade de existência de microorganismos patogênicos na água, além indicar a quantidade de resíduos de origem antrópica no corpo d'água. Os coliformes totais no rio Madeira variaram de 6000 NMP/100ml (MON 03) a 8240 (MON 05) na cheia, com média de 6990 ± 871 NMP/100ml (média \pm DP). Houve um considerável decréscimo na vazante, com os valores variando de 323 NMP/100ml (JUS 01) a 2830 NTM/100ml (MON 04), exibindo uma média de 943 ± 1045 NMP/100ml. O alto desvio padrão da média durante a vazante se deveu ao fato de os coliformes totais em MON 04 e MON 05 terem destoado das demais estações (Figura 5-68).

O índice de *E. coli* foi de 250 ± 47 NMP/ml (média \pm DP) na cheia e de 10 ± 5 NMP/ml (média \pm DP) na vazante (Figura 5-69). A *E. coli* é classificada como coliforme fecal, e os coliformes fecais compreendem microorganismos que habitam o intestino de animais de sangue quente, sendo a *E. coli* a mais abundante. Como os coliformes fecais representaram uma porção sutil dos coliformes totais, pôde ser concluído que o aporte de resíduos de origem antrópica no rio Madeira foi baixa, sendo que a maior parte das bactérias presentes são de vida livre.

O fato de os maiores valores de coliformes totais e de *E. coli* terem ocorrido na cheia corrobora com o que foi relatado no EIA, pois durante este período o maior escoamento contribui para que a presença de coliformes seja mais elevada. Todos os valores de coliformes atenderam à Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de Classe 2.

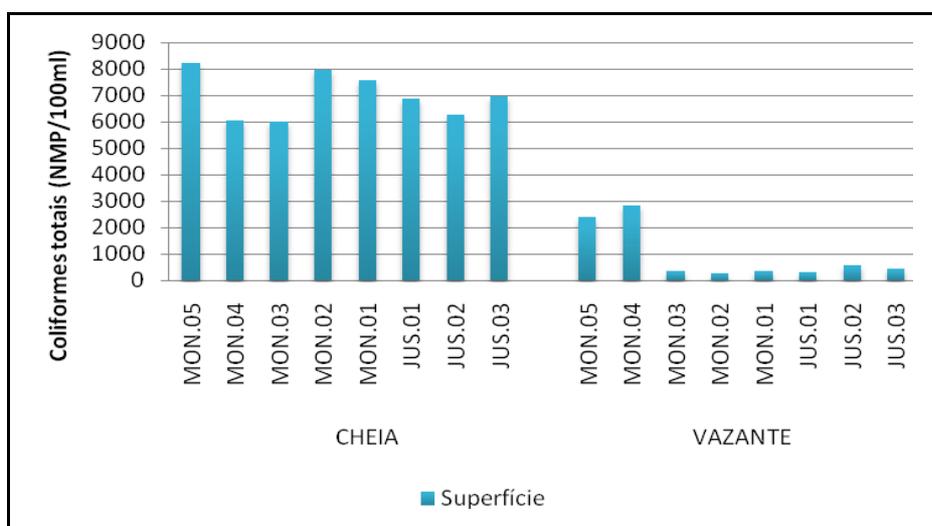


Figura 5-68 - Coliformes totais no rio Madeira no período de cheia (março/abril 2009) e no período de vazante (junho 2009).

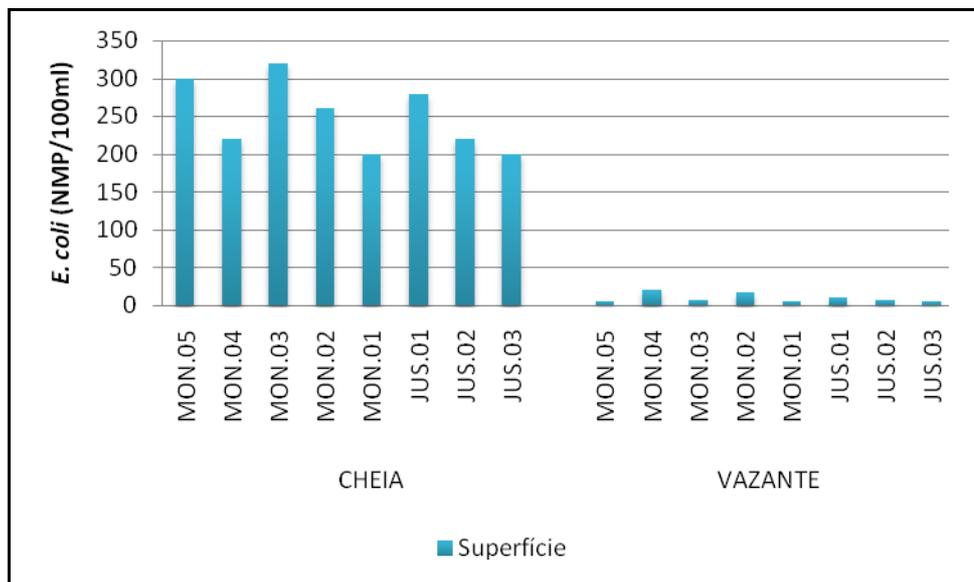


Figura 5-69 - *E. coli* no rio Madeira durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 1000 NMP/100ml.

- Clorofila *a* e Pigmentos totais

Todos os valores de clorofila *a* e pigmentos totais estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico, tanto na cheia como na vazante. O rio Madeira, que é um rio de águas brancas, com turbidez e quantidade de sólidos elevados, tem uma pequena zona eufótica, o que dificulta a produtividade fitoplanctônica. Por isso, mesmo com quantidades altas de fósforo como as que foram observadas, a produção fitoplanctônica foi baixa, haja vista que a luz pode ter atuado como fator limitante. Sendo assim, os valores de clorofila *a* atenderam à Resolução CONAMA 357/05.

- Índice de Estado Trófico (IET)

Os resultados do IET mostraram que as águas do rio Madeira são ultraoligotróficas, uma vez que o IET oscilou entre 32 e 33 nos pontos amostrados. Apesar de os resultados de fósforo terem sido altos, o baixo IET das estações do rio Madeira se deveu ao fato de a clorofila ter sido muito baixa devido à limitação pela luz, já que o cálculo do IET leva em consideração o fósforo e a clorofila *a*.

- Índice de Qualidade da Água (IQA)

Durante a cheia, o IQA das estações amostradas no rio Madeira variou de 47 a 50 e a qualidade da água foi classificada como ACEITÁVEL para abastecimento público. Já na vazante, o IQA

variou de 66 a 68 e a água foi classificada como BOA para o abastecimento público. O fato de a turbidez, os sólidos totais, o índice de *E. coli* e o fósforo total terem sido menores na vazante foram determinantes para essa mudança na qualidade da água de um período para o outro.

5.2 - TRIBUTÁRIOS

5.2.1 - Físicas A e C

- Transparência, zona eufótica, coeficiente de atenuação vertical da luz, cor e turbidez

A transparência da água nos rios tributários do rio Madeira oscilou entre 0,40 m na estação BEL e 1,40 m na estação JAT II durante a cheia, com média de $1,07 \pm 0,29$ m (média \pm DP) (Figura 5-70). Estes valores de transparência produziram uma zona eufótica média de $3,22 \pm 0,87$ m (média \pm DP) (Figura 5-71). Na vazante, a transparência e, por conseguinte, a zona eufótica, foram menores, com médias de $0,76 \pm 0,36$ m (média \pm DP) e $2,27 \pm 1,09$ m (média \pm DP), respectivamente. O fato de a quantidade de sólidos em suspensão ter sido maior durante a vazante pode explicar a menor transparência da água nesse período, uma vez que esta fração dos sólidos totais tem grande potencial de dispersão da luz.

O coeficiente de atenuação vertical da luz nos rios tributários foi relativamente baixo nos dois períodos, tendo ocorrido um ligeiro aumento da cheia pra a vazante. Durante a cheia foi observada uma média de $1,8 \pm 0,9$ m⁻¹ (média \pm DP), com os valores oscilando entre 1,2 m⁻¹ na estação JAT II e 4,2 m⁻¹ na estação BEL. Já na vazante, o menor valor foi registrado na estação CAR (1,1 m⁻¹) e o maior na estação (5,6 m⁻¹), com média de $2,7 \pm 1,4$ m⁻¹ (média \pm DP) (Figura 5-72). O aumento da turbidez, em função do aumento na carga de sólidos em suspensão, foi o fator que melhor explicou o aumento no coeficiente de atenuação vertical da luminosidade, sendo que houve uma correlação estatística alta entre ambos ($r^2=0,70$ e $p<0,05$).

A cor da água foi em média de 80 ± 22 mg Pt/L na cheia, variando de 47 mg Pt/L na estação CAR a 119 mg Pt/L na estação BEL. Na vazante, houve aumento significativo na média da cor da água, mas houve variação sazonal significativa somente nas estações JAT I, BEL e JAM, que apresentaram grande aumento na cor de suas águas e elevaram a média global das estações, que foi de 278 ± 292 mg Pt/L (média \pm DP) (Figura 5-73).

Houve um aumento considerável na turbidez dos rios tributários. Enquanto que na cheia a média foi de $4,5 \pm 2,7$ NTU (média \pm DP), na vazante foi de $23,2 \pm 10$ NTU (média \pm DP). Os valores de turbidez variaram de 2 NTU (MUC, JAT I e JAT II) a 10 NTU (BEL) na cheia e de 10 NTU (CAR) a 40 NTU (BEL) na vazante (Figura 5-74). A turbidez é determinada principalmente pelo teor de sólidos em suspensão e, tendo em vista que as concentrações de sólidos aumentaram da cheia para a vazante, a turbidez também aumentou.

A cor da água da maior parte dos rios tributários amostrados não atendeu à Resolução CONAMA 357/05 para rios de classe 2. Durante a cheia, somente as estações CAR (47 mg Pt/L), JAT II (48 mg PT/L) e JAM (74 mg Pt/L) estiveram abaixo dos 75 mg Pt/L previstos nesta resolução, ao passo que na vazante somente a estação CAR (26 mg Pt/L) esteve abaixo deste valor. Já a turbidez de todos os rios tributários atendeu ao limite de 100 NTU previstos na resolução supracitada.

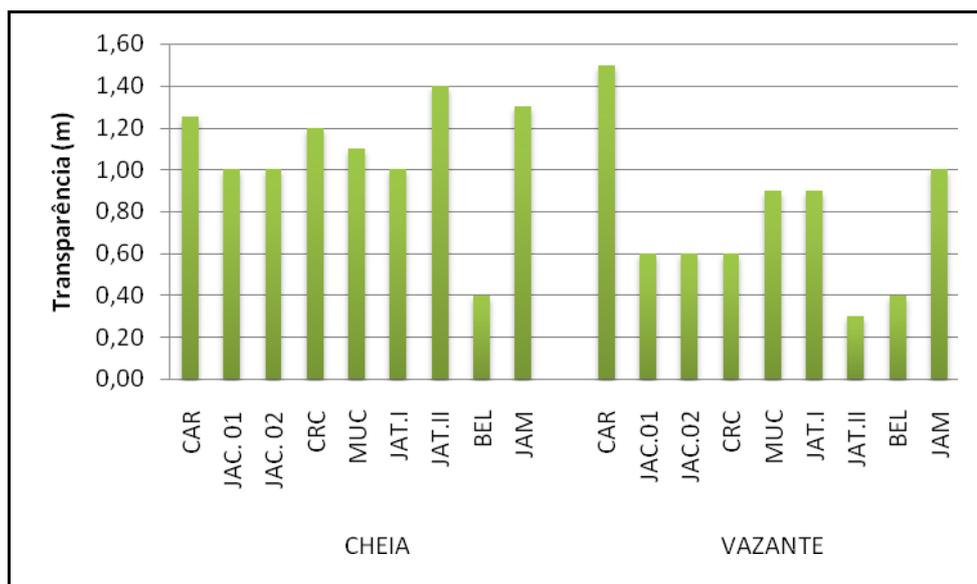


Figura 5-70 - Transparência da água dos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

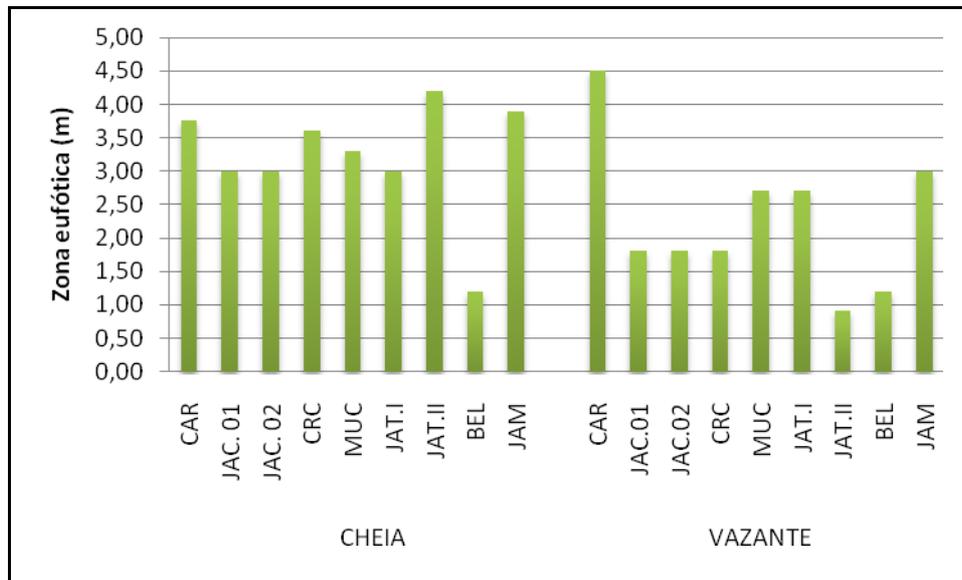


Figura 5-71 - Transparência da água dos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

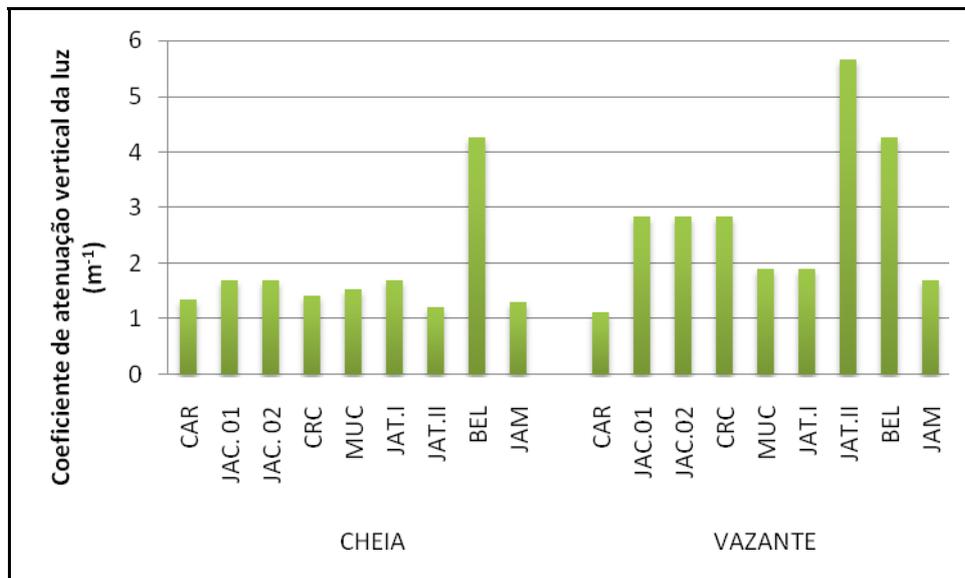


Figura 5-72 - Coeficiente de atenuação vertical da luz nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

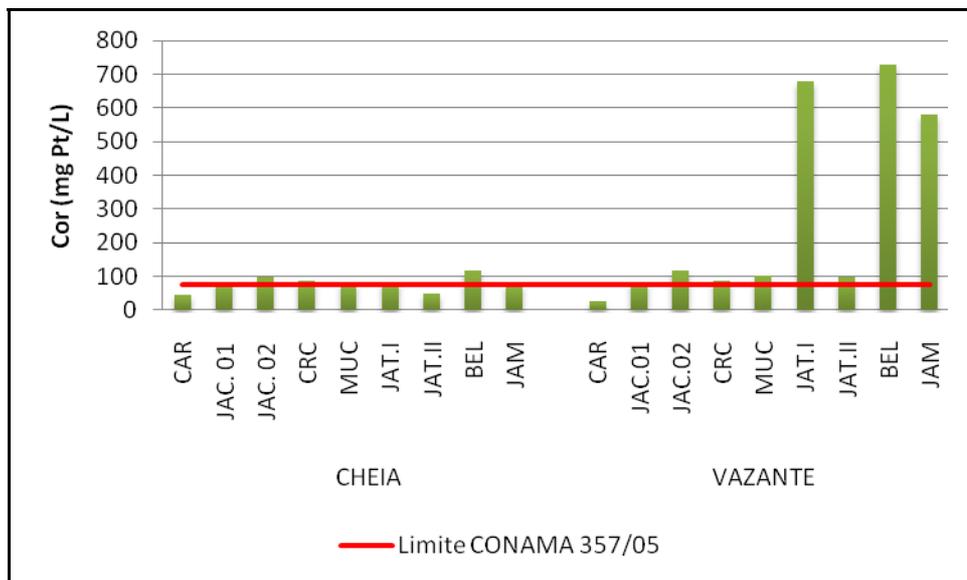


Figura 5-73 - Cor da água dos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

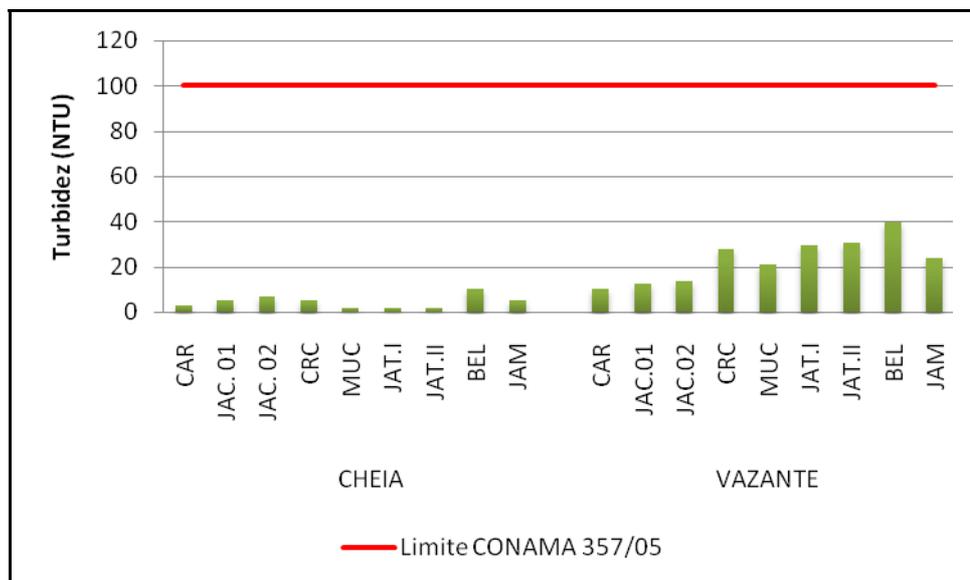


Figura 5-74 - Valores de turbidez dos rios tributários na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

▪ Sólidos

Em relação ao tamanho dos sólidos totais nos rios tributários, a fração dissolvida foi a mais abundante, ao contrário do que foi observado no rio Madeira. Essa fração respondeu por 93% dos sólidos totais durante a cheia e por 61% durante a vazante (Figura 5-75). Na cheia, as

concentrações de sólidos totais dissolvidos variaram de 86 mg/L na estação MUC a 232 mg/L na estação JAC 02, com média de 151 ± 54 mg/L (média \pm DP). Houve um decréscimo na vazante, quando as concentrações oscilaram entre 25 mg/L (JAT II) e 100 mg/L (JAC 02), com média de 55 ± 24 mg/L (média \pm DP) (Figura 5-76). O inverso aconteceu com os teores de sólidos em suspensão. Na cheia, os valores estiveram sempre abaixo do limite de detecção do método analítico (10 mg/L). Já na vazante, as concentrações de sólidos em suspensão aumentaram, registrando média de 49 ± 59 mg/L (média \pm DP) (Figura 5-77). Houve variabilidade espacial na distribuição dos sólidos totais dissolvidos e em suspensão nos dois períodos, com exceção dos sólidos em suspensão na cheia, quando a variabilidade não pôde ser observada devido às baixas concentrações nos ambientes amostrados.

No que diz respeito à volatilidade dos sólidos, a fração fixa foi a mais abundante tanto na cheia (77%) como na vazante (57%) (Figura 5-78). A concentração média de sólidos fixos na cheia foi de 115 ± 29 mg/L (média \pm DP), ao passo que na vazante foi de 67 ± 60 mg/L (média \pm DP) (Figura 5-79). Já os sólidos voláteis apresentaram média de 42 ± 38 mg/L (média \pm DP) na cheia e de 38 ± 20 mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-80).

Houve considerável heterogeneidade espaço-temporal na distribuição dos sólidos nos rios tributários. Vale ressaltar que todos os valores de sólidos totais dissolvidos atenderam à Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2.



Figura 5-75 - Composição dos sólidos totais nos rios tributários em relação ao tamanho das partículas durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

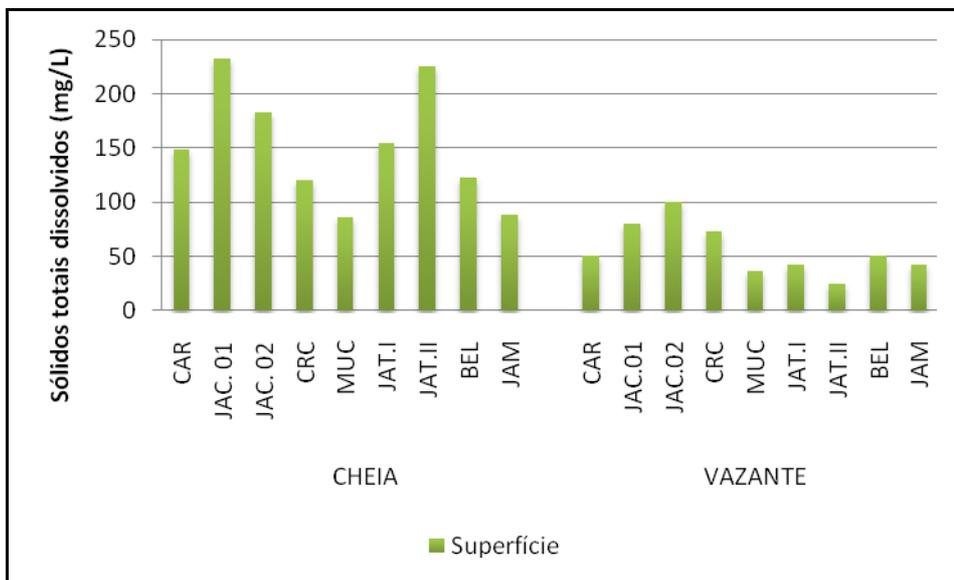


Figura 5-76 - Concentrações de sólidos totais dissolvidos nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 500 mg/L.

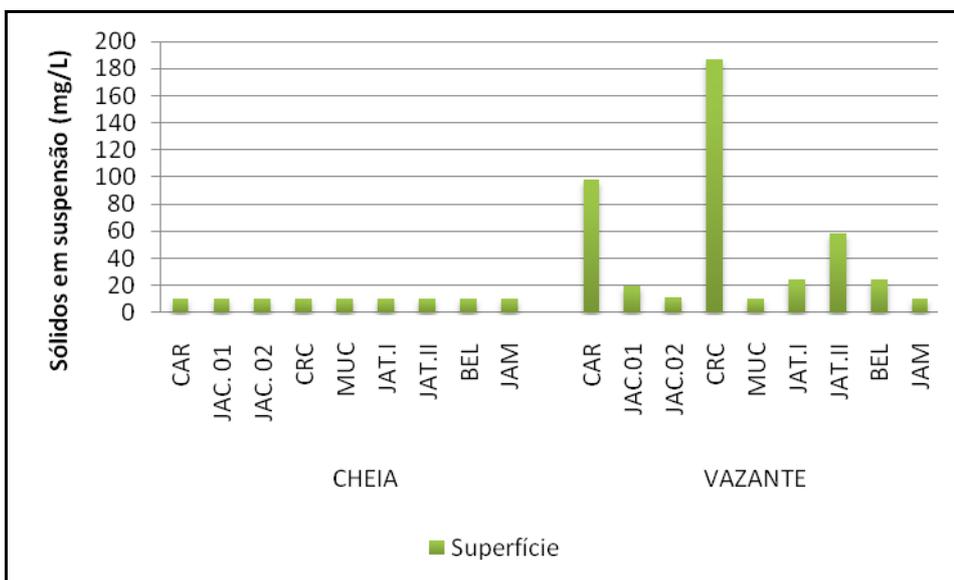


Figura 5-77 - Concentração de sólidos em suspensão nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

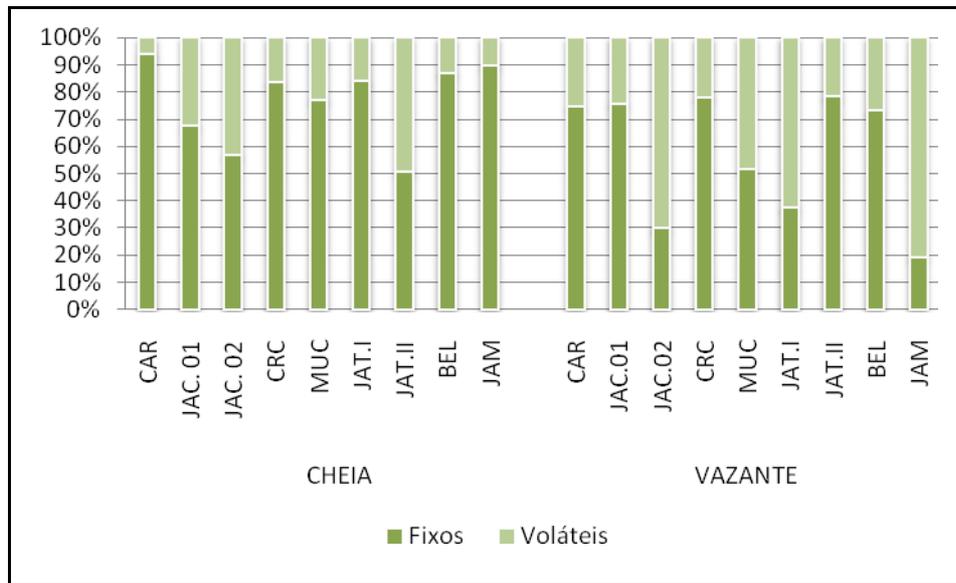


Figura 5-78 - Composição dos sólidos totais quanto à volatilidade nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

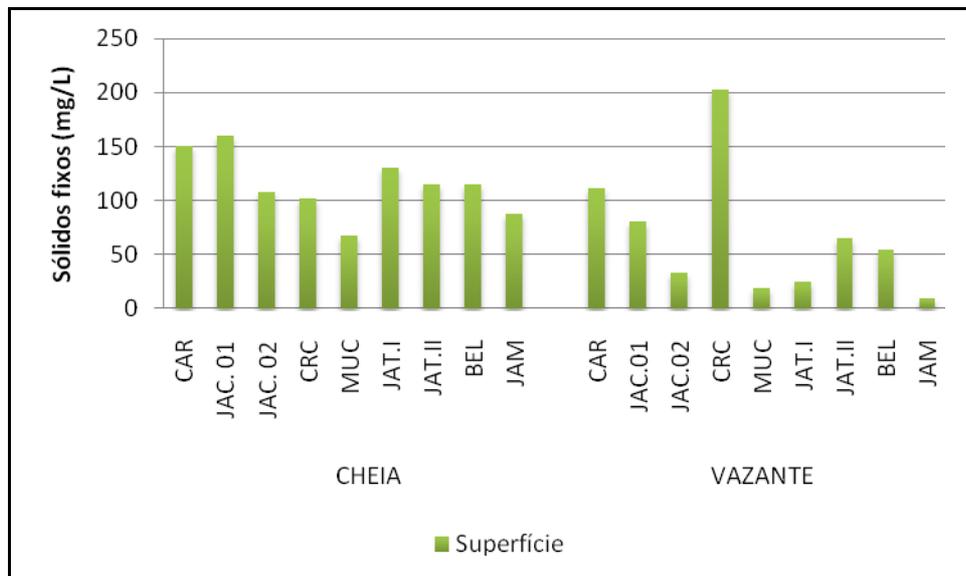


Figura 5-79 - Concentração de sólidos fixos nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

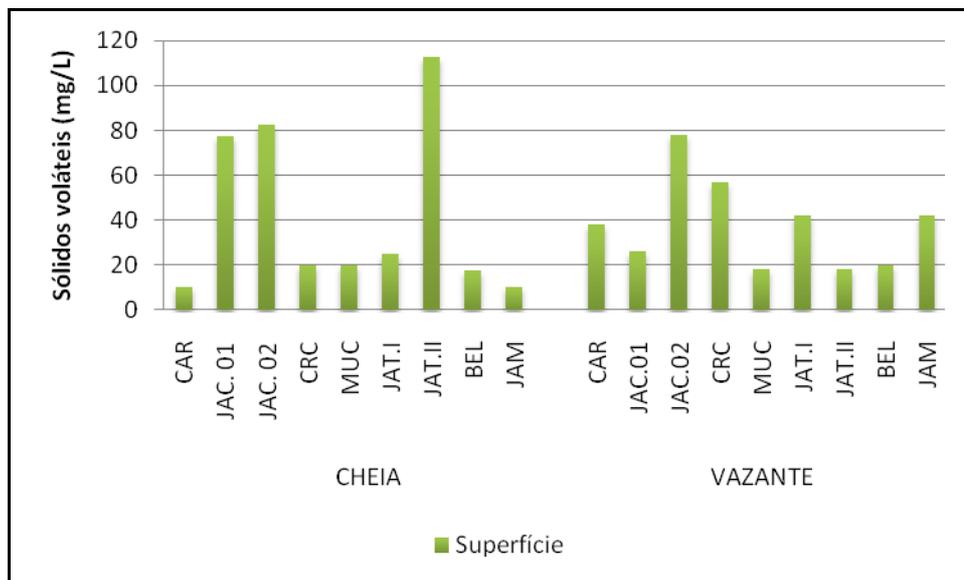


Figura 5-80 - Concentração de sólidos voláteis nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

5.2.2 - Física B

▪ Temperatura da água

Na cheia, a temperatura variou de 26°C na estação CAR a 29,4°C na estação JAT II, com média de 27,1 ± 1°C (média ± DP). Na vazante, as temperaturas foram menores em virtude das menores temperaturas atmosféricas nesse período, com os valores variando de 25°C na estação CRC a 27,4°C na estação JAM (Figura 5-81), com média de 25,65 ± 0,82°C. A variação espacial da temperatura da água pode estar relacionada à hora do dia em que foi realizada a medição e também à baixa velocidade da água nesses rios, que favorecem o fenômeno de estratificação térmica, como pôde ser observado nas estações MUC, JAT II e BEL na cheia.

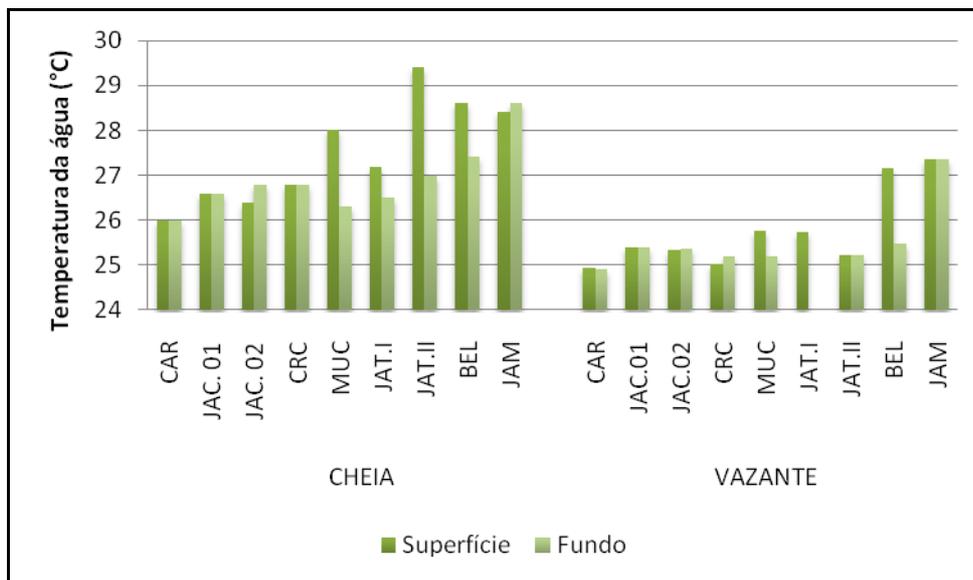


Figura 5-81 - Temperatura da água dos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

5.2.3 - Físico-Químicas e Químicas II

▪ Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi menor na cheia, quando as concentrações oscilaram entre 1,04 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na estação JAT II e 5,88 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na estação BEL, com média de $2,64 \pm 1,36 \mu\text{S}/\text{cm}$ (média \pm DP). Houve um aumento na vazante, quando os valores variaram de 9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na estação CAR a 55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na estação BEL, com média de $25 \pm 12 \mu\text{S}/\text{cm}$ (média \pm DP) (Figura 5-82). A baixa ocorrência de íons nos rios amostrados é responsável pelos baixos valores de condutividade elétrica nos dois períodos. Além disso, o aumento nas concentrações de alguns íons como Na^+ , K^+ e Ca^{2+} da cheia para a vazante pode explicar o aumento na condutividade de um período para o outro.

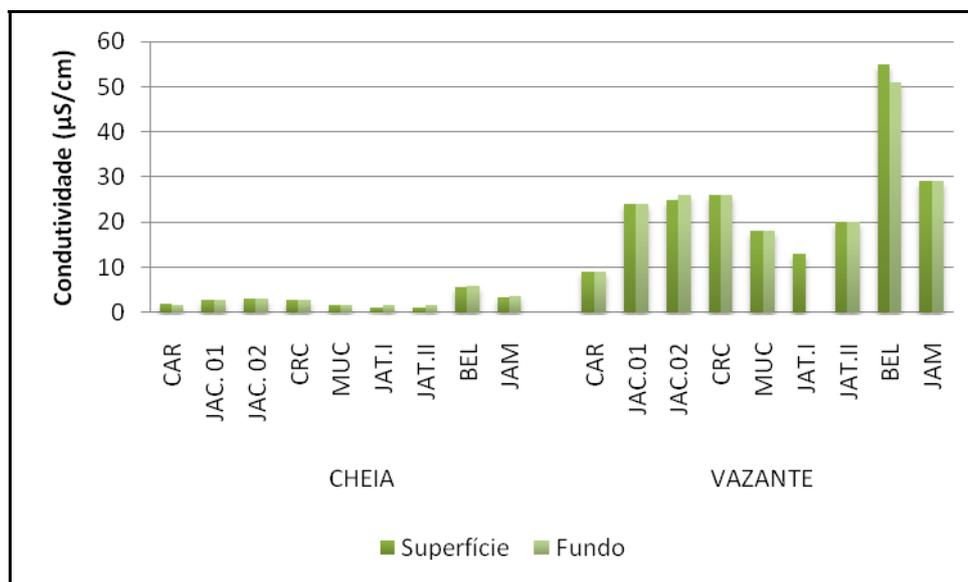


Figura 5-82 - Condutividade elétrica nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

▪ Potencial hidrogeniônico (pH), acidez, alcalinidade e dureza

As águas dos rios tributários apresentaram pH entre 4,5 (JAT I fundo) e 6,3 (JAM fundo) na cheia, com média de $5,5 \pm 0,5$ (média \pm DP). Houve um suave aumento do pH na vazante, variando de 5,2 (JAT I e JAT II) a 6,2 (JAC 01, JAC 02 e JAM), com média de $5,8 \pm 0,4$ (média \pm DP) (Figura 5-83). Os resultados mostraram um pH levemente ácido nos rios tributários, com menores valores na cheia, o que corrobora com o que foi mencionado no EIA. Além disso, cabe ressaltar que não houve grande variabilidade espaço-temporal no pH dos rios amostrados. O intervalo de pH previsto na Resolução CONAMA 357/05 para rios de classe 2 é entre 6 e 9. Somente as estações JAC 02 e JAM na cheia e JAC 01, JAC 02, CRC e JAM na vazante estiveram dentro deste intervalo. Todavia, o pH ácido é uma condição natural dos rios e igarapés amostrados.

O CO₂ livre esteve sempre abaixo do limite de detecção do método analítico (10 mg/L) tanto na cheia como na vazante (Figura 5-84). Já o CO₂ total, teve média de $11,7 \pm 1,9$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $10,3 \pm 0,7$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-85). Contudo, visto que a maior parte das estações apresentou concentrações inferiores ao limite de sensibilidade do método, não foi possível ser traçado nenhum padrão espaço-temporal nas concentrações de CO₂ total.

A alcalinidade foi em média de $3,56 \pm 2,65$ meq/L (média \pm DP) na cheia, oscilando de 1 meq/L (CAR, MUC, JAT I e JAT II) a 8 meq/L (BEL). Houve um aumento na vazante, quando os

valores variaram entre 2 meq/L (JAT I e JAT II) a 12 meq/L (JAC 02 e JAM) (Figura 5-86). A alcalinidade está diretamente relacionada com a abundância de bicarbonatos, sendo que o aumento da cheia para a vazante pode ser explicado pelo aumento na concentração de bicarbonatos de um período para o outro.

A dureza da água dos rios tributários foi em média $5,1 \pm 3$ mg/L (média \pm DP) na cheia, variando de 1 mg/L (CAR) a 11 mg/L (BEL). Na vazante, a média foi de $5,6 \pm 5,8$ mg/L (média \pm DP), e os valores oscilaram entre 3 mg/L (JAC 01, JAC 02, MUC, JAT I e JAM) e 21 mg/L (JAT II) (Figura 5-87). Não houve variação sazonal relevante nos valores, à exceção da estação JAT II, onde as altas concentrações de cálcio na vazante elevaram a dureza. De acordo com Richter e Netto (1991), águas com dureza abaixo de 50 mg/L, como é o caso de todos os rios amostrados, são consideradas “moles”.

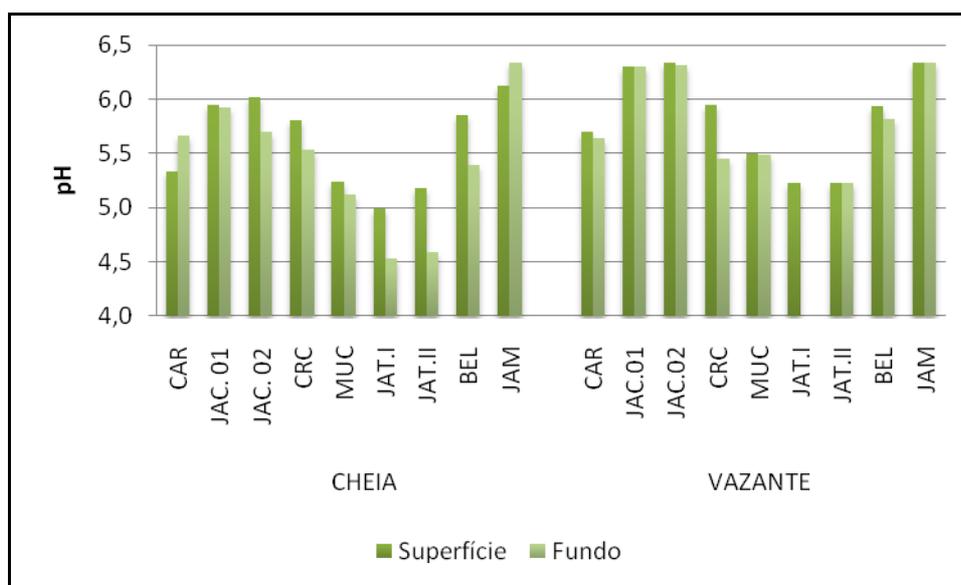


Figura 5-83 - Valores de pH nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). O intervalo permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é entre 6 a 9.

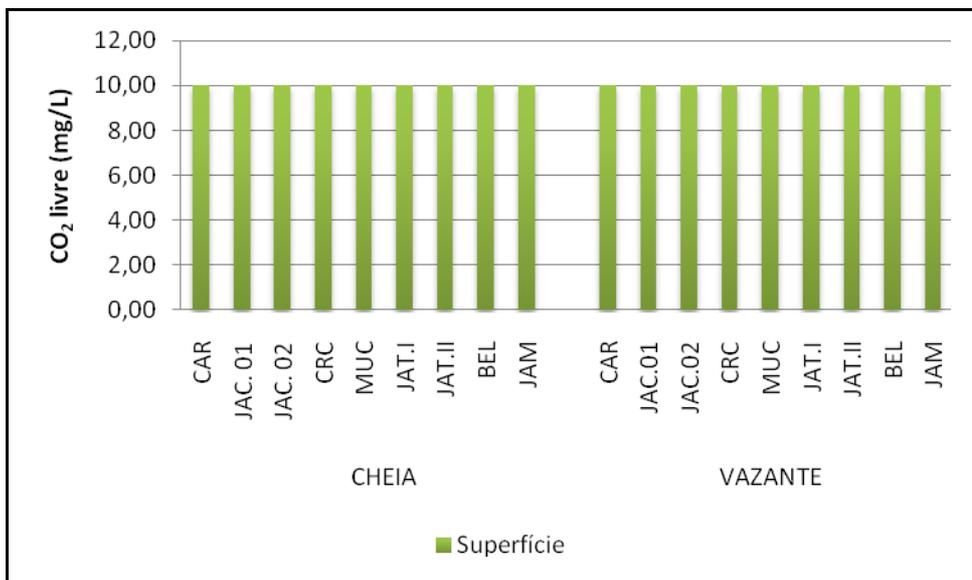


Figura 5-84 - Concentrações de CO₂ livre nos rios tributários na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). Todas as estações estiveram abaixo do limite de detecção do método analítico (10 mg/L).

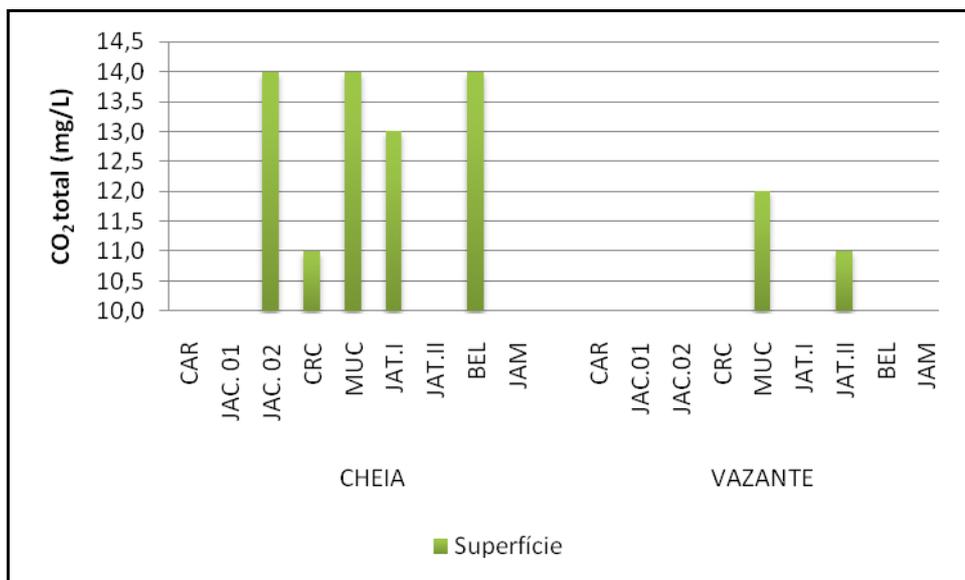


Figura 5-85 - Concentrações de CO₂ total nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). O limite de detecção do método analítico é de 10 mg/L.

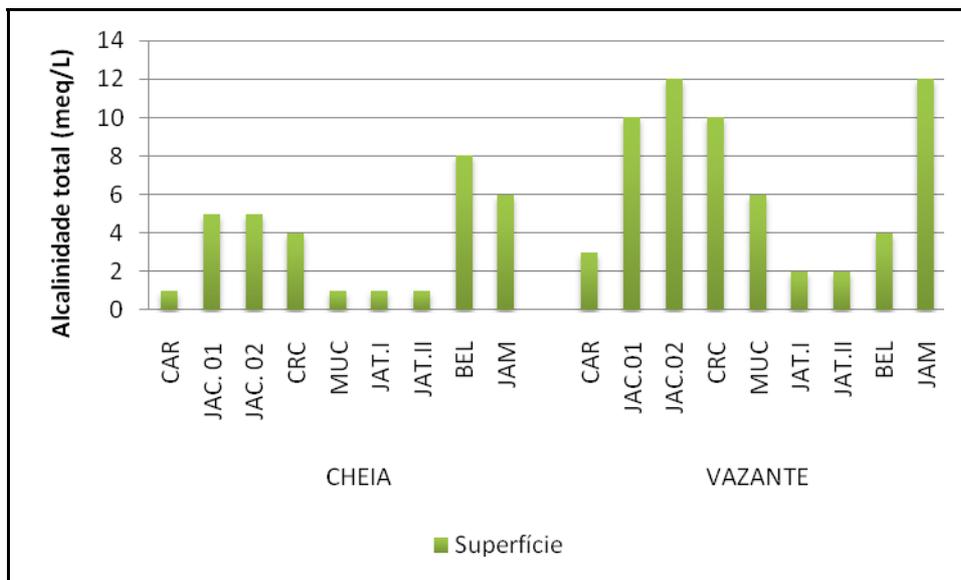


Figura 5-86 - Alcalinidade total nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

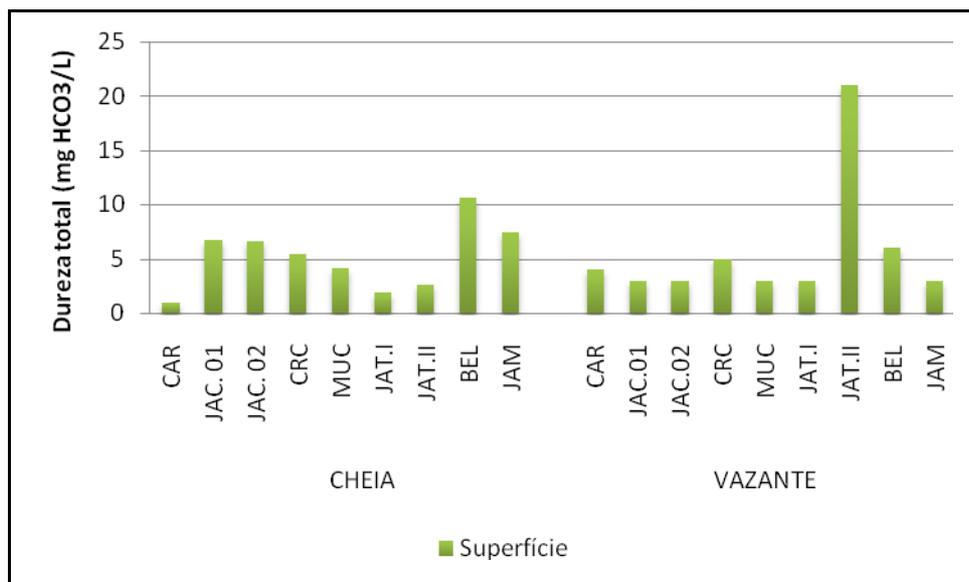


Figura 5-87 - Dureza total nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

5.2.4 - Químicas III

- Íons principais

A concentração iônica nos rios tributários amostrados foi, de maneira geral, bastante baixa. Em relação aos cátions, o cálcio (Ca^{2+}) foi o mais abundante, respondendo por 64% do total na cheia e por 66% na vazante, seguido pelo potássio (K^+), que representou 20% na cheia e 19% na

vazante. Já no que tange à composição aniônica, o bicarbonato foi o mais comum, representando 80% do total na cheia e 91% na vazante (Quadro 5-1)

As concentrações de sódio (Na^+) estiveram todas abaixo do limite de quantificação do método durante a cheia (0,100 mg/L). Já na vazante, somente a estação BEL (0,600 mg/L) apresentou concentração de Na^+ detectável pelo método analítico, o que fez com que a média nesse período fosse de $0,160 \pm 0,170$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-88). O K^+ não apresentou variação sazonal relevante em suas concentrações, com média de $0,490 \pm 0,230$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $0,540 \pm 0,180$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-89). O Ca^{2+} também apresentou ligeiro aumento, assim como o K^+ , com média de $1,57 \pm 1,03$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $1,87 \pm 2,33$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-90). Já em relação ao magnésio (Mg^{2+}), as concentrações não se alteraram da cheia para a vazante, sendo que a média na cheia foi de $0,280 \pm 0,110$ mg/L (média \pm DP) e na vazante de $0,250 \pm 0,100$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-91).

As concentrações de cloreto (Cl^-) estiveram todas abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado (0,500 mg/L) tanto na cheia como na vazante (Figura 5-92). As concentrações de sulfato (SO_4^{2-}) tiveram um decréscimo da cheia para a vazante, sendo que na cheia a média foi de $0,400 \text{ mg/L} \pm 0,200 \text{ mg/L}$ (média \pm DP) e na vazante de $0,120 \pm 0,040$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-93). O bicarbonato (HCO_3^-), que foi de longe o ânion mais abundante em ambos os períodos, apresentou acréscimo em suas concentrações da cheia para a vazante. Enquanto que na cheia a concentração média de HCO_3^- foi de $3,56 \pm 2,65$ mg/L (média \pm DP), na vazante a média foi de $6,78 \pm 4,24$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-94).

Todos os valores de cloreto e de sulfato atenderam à Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2.

Quadro 5-1 - Composição iônica dos rios tributários, em porcentagem, durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). A ocorrência de outros cátions e ânions foi considerada irrelevante.

Íons		%	
		Cheia	Vazante
Cátions	Ca ²⁺	64	66
	K ⁺	20	19
	Na ⁺	5	6
	Mg ²⁺	11	9
	Total	100	100
Ânions	HCO ₃ ⁻	80	91
	Cl ⁻	11	7
	SO ₄ ²⁻	9	2
	Total	100	100

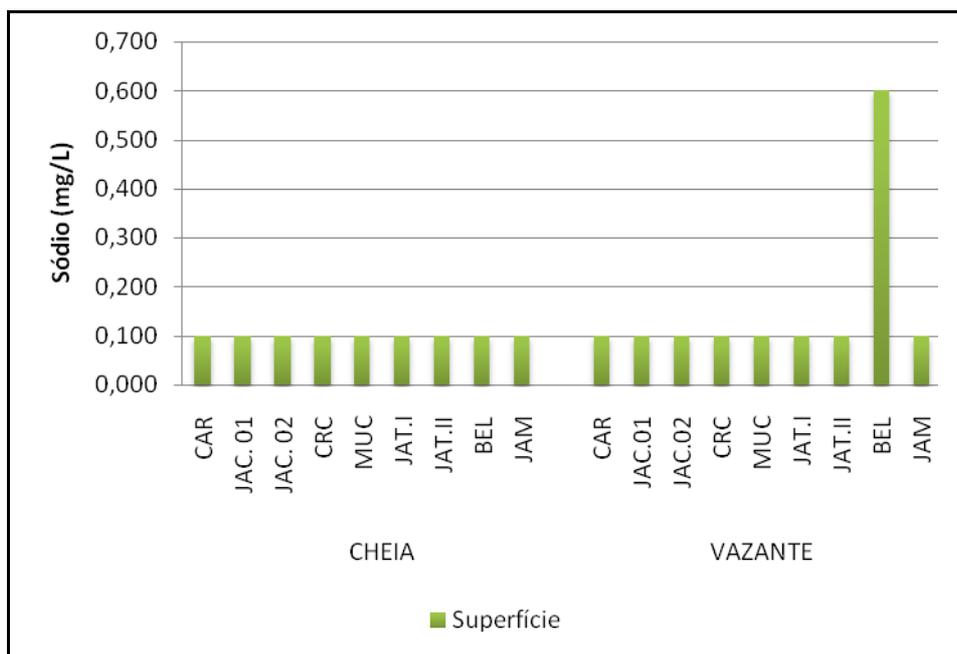


Figura 5-88 - Concentrações de sódio (Na⁺) nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

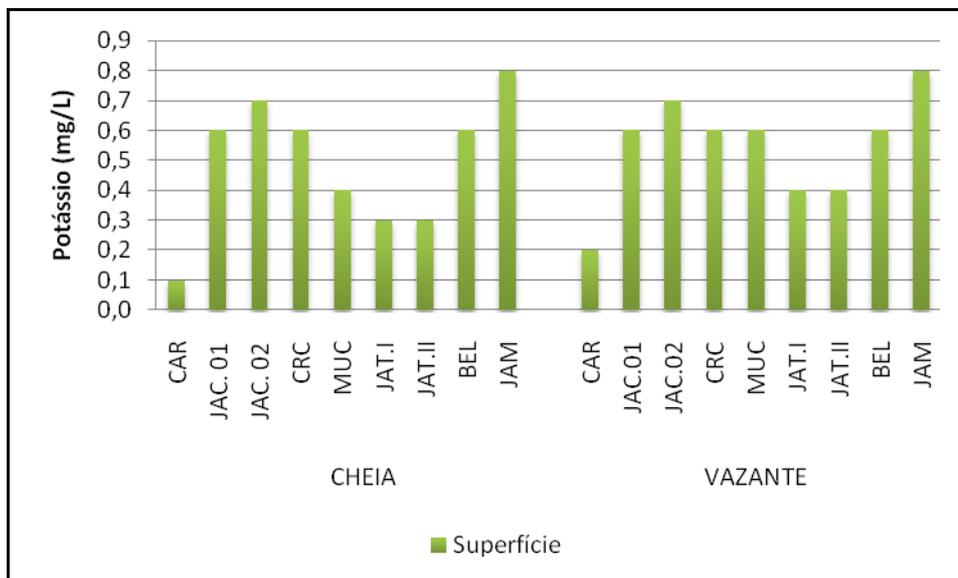


Figura 5-89 - Concentrações de potássio (K^+) nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

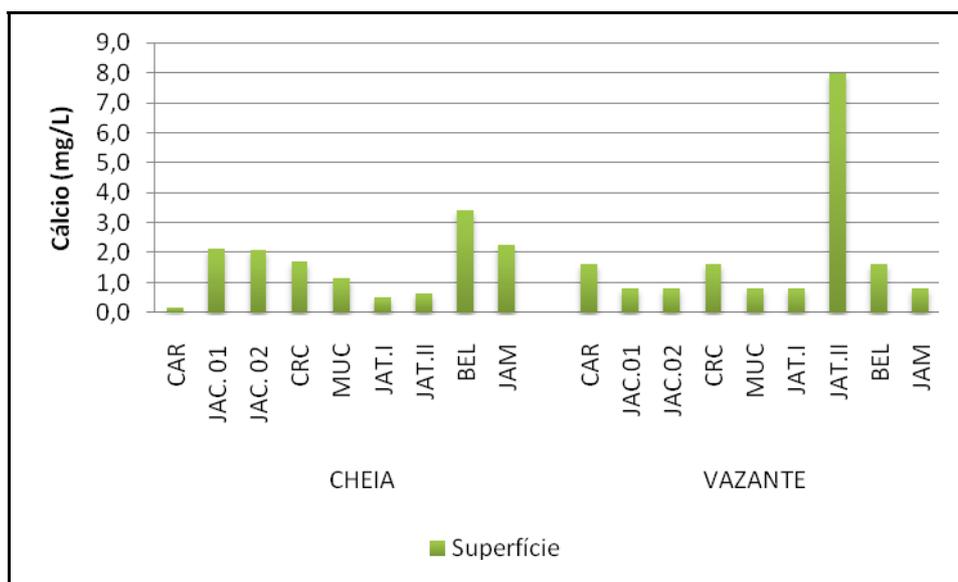


Figura 5-90 - Concentrações de cálcio (Ca^{2+}) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

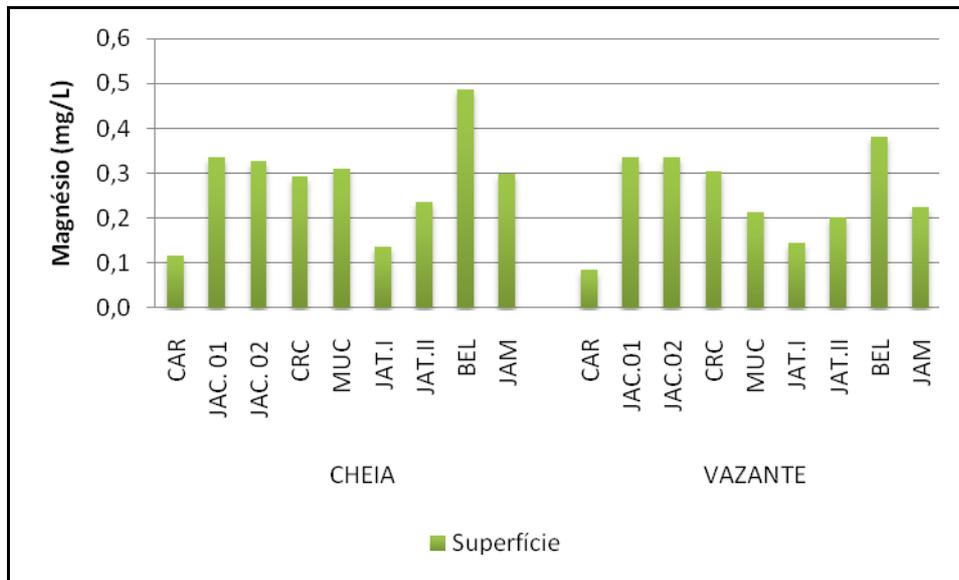


Figura 5-91 - Concentrações de magnésio (Mg^{2+}) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

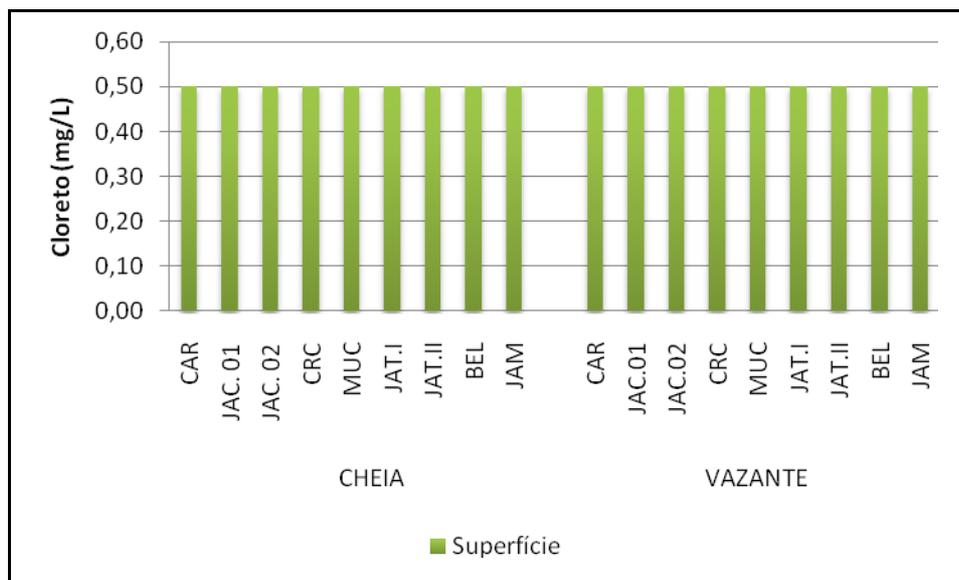


Figura 5-92 - Concentrações de cloreto (Cl^-) nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). Todas as estações estiveram abaixo do limite de quantificação do método utilizado (0,500 mg/L). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 250 mg/L.

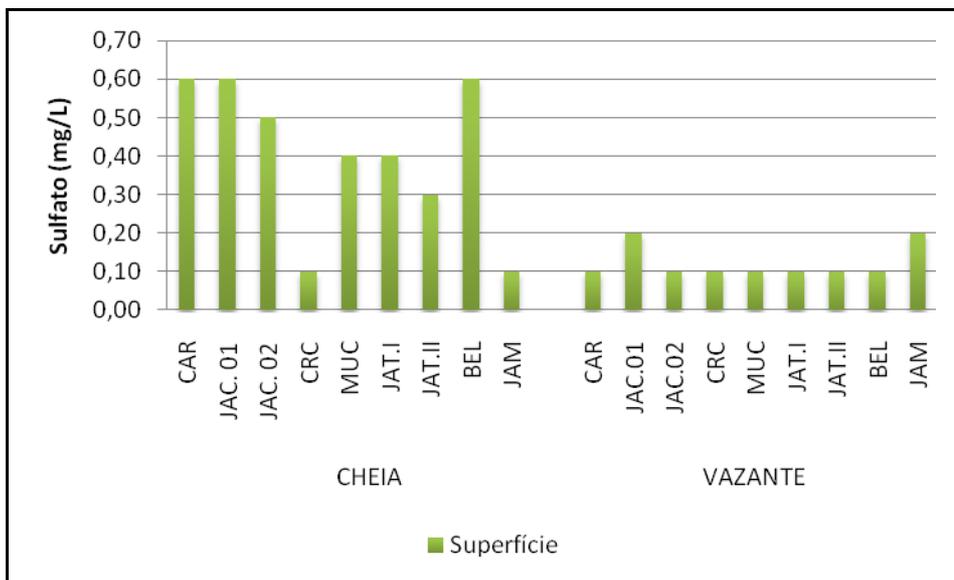


Figura 5-93 - Concentrações de sulfato (SO_4^{2-}) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009). O limite de quantificação do método de análise é de 0,100 mg/L. O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 250 mg/L.

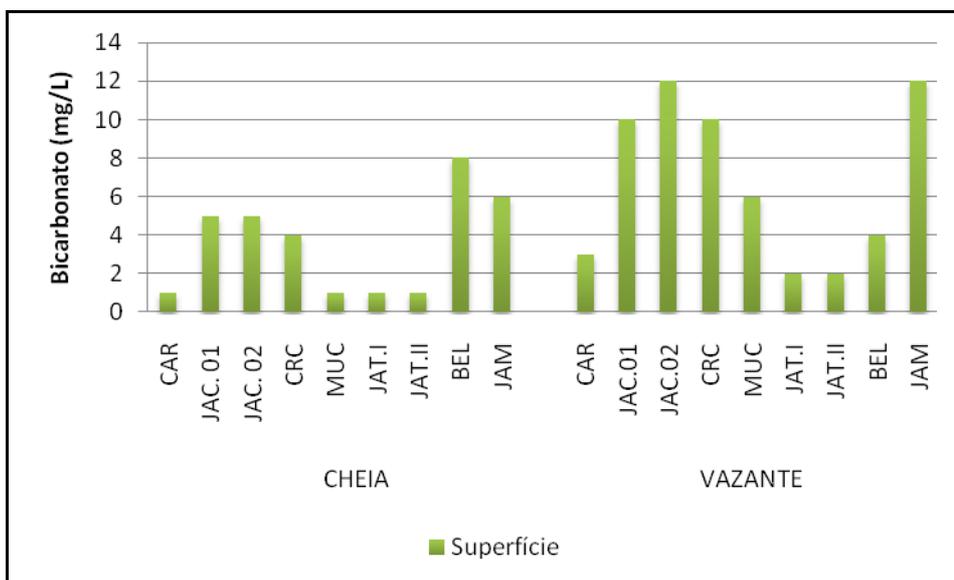


Figura 5-94 - Concentrações de bicarbonato (HCO_3^-) nos rios tributários durante a fase de cheia (março/abril 2009) e durante a fase de vazante (junho 2009).

5.2.5 - Químicas I-A

- Oxigênio dissolvido e saturação

O oxigênio dissolvido (OD) oscilou de 5 mg/L (MUC superfície) a 8,9 mg/L (JAC 02 fundo) na cheia, com média de $6,7 \pm 1,2$ mg/L (média \pm DP). Na vazante, houve um considerável

declínio nas concentrações de OD, que variaram de 0,4 mg/L (JAT II) a 6,4 mg/L (JAM), exibindo uma média de $3,7 \pm 2,8$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-95). O EIA menciona que as concentrações de OD nos rios tributários foram, normalmente, mais baixas do que as do rio Madeira. Porém, as concentrações de alguns tributários como MUC (0,8 mg/L), JAT I (0,7 mg/L) e JAT II (0,4 mg/L) na vazante foi muito baixa, sendo que os parâmetros analisados não indicaram a possível causa dessa pobre oxigenação da coluna d'água.

A saturação de oxigênio nos rios tributários variou de 63% (MUC) a 97% (JAC 02) na cheia, com média de $81 \pm 12\%$ (média \pm DP). Na vazante, a média decaiu para $45 \pm 34\%$ (média \pm DP) (Figura 5-96).

Na fase de cheia, todos os valores de OD atenderam ao limite mínimo de 5 mg/L previsto na Resolução CONAMA 357/05 para rios de classe 2. Por outro lado, as estações CRC, MUC, JAT I, JAT II e BEL apresentaram concentrações abaixo do referido limite na vazante.

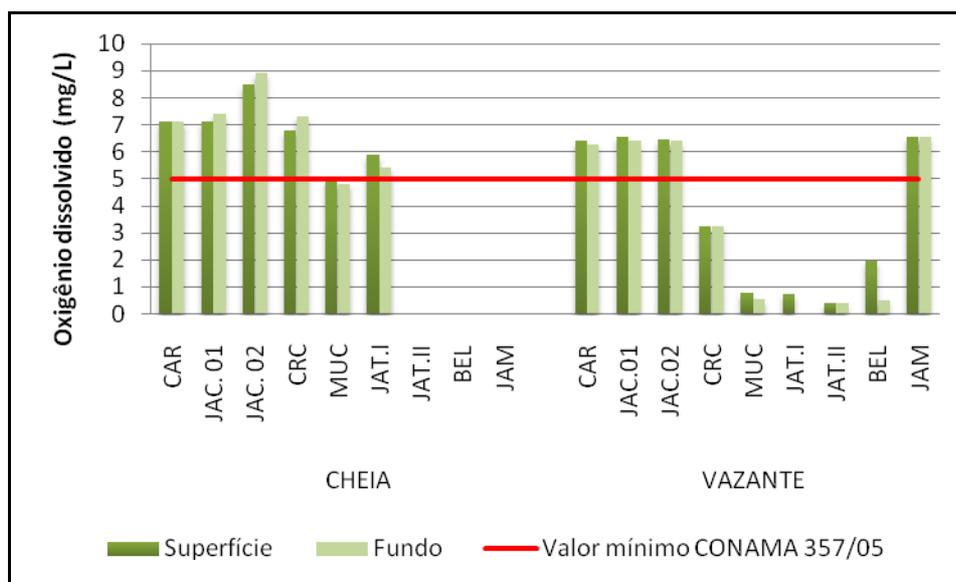


Figura 5-95 - Concentrações de oxigênio dissolvido nos rios tributários no período de cheia (março/abril 2009) e no período de vazante (junho 2009). As estações JAT II, BEL e JAM não foram analisadas na cheia.

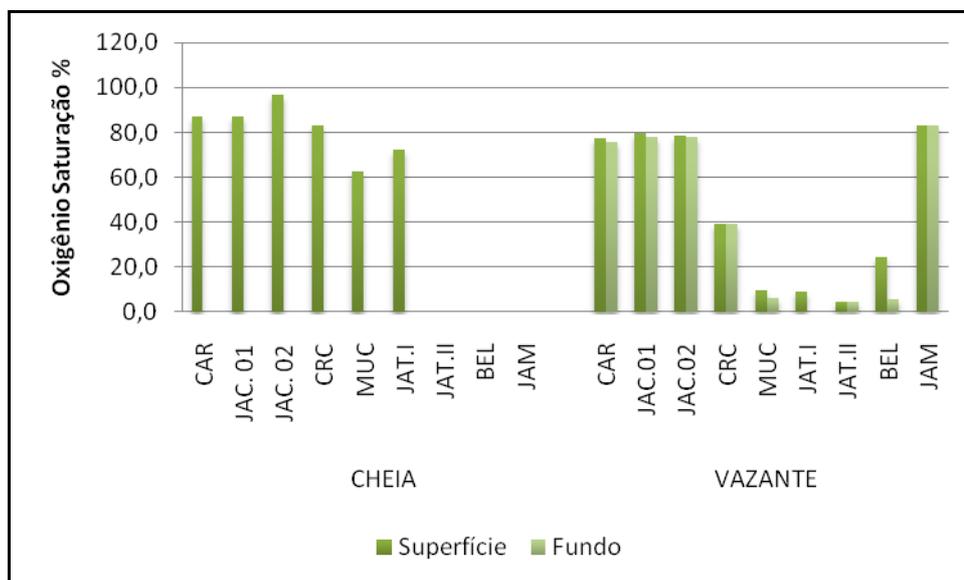


Figura 5-96 - Saturação de oxigênio nos rios tributários no período de cheia (março/abril 2009) e no período de vazante (junho 2009).

5.2.6 - Químicas I-B, I-C, I-D

- Demanda química de oxigênio (DQO), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e Carbono bioquimicamente oxidável (C.DBO).

A DQO nos rios tributários apresentou decréscimo da cheia para a vazante. Na cheia, os valores variaram de 9 mg/L na estação JAC 01 a 20 mg/L na estação MUC, com média de $14 \pm 3,5$ mg/L (média \pm DP). Na vazante, os valores oscilaram de 1 mg/L (limite de quantificação do método adotado) nas estações CAR, JAC 02, MUC e JAT I a 9 mg/L na estação JAT II, com média de $3,6 \pm 3,1$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-97). A queda na DQO que foi observada da cheia para a vazante para os ambientes amostrados pode ser justificada, em parte, pelo menor aporte de material proveniente da bacia de drenagem na vazante, haja vista que a descarga é menor em virtude das condições meteorológicas nesse período. A queda no teor de sólidos totais dissolvidos observada da cheia para a vazante corrobora com essa hipótese.

A DBO também foi maior na cheia, variando de 1 mg/L (JAC 01, JAC 02, BEL e JAM) a 10 mg/L (JAT I), com média de $3,8 \pm 3,3$ mg/L (média \pm DP). Em contrapartida, com exceção da estação JAM (3 mg/L), na vazante, todas as estações apresentaram DBO abaixo do limite de sensibilidade do método analítico (1 mg/L). Desta forma, a média neste período foi de $1,2 \pm 0,7$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-98).

O C.DBO foi de $0,5 \pm 0,2$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $1,2 \pm 0,7$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-99). Na fase de vazante pôde ser percebido que a oxidação da matéria orgânica foi o processo que mais requereu oxigênio, ao passo que na cheia outros processos como a nitrificação e a oxidação de íons de ferro podem também ter demandado o oxigênio presente na água.

Durante a cheia, a maior parte das substâncias presentes foram de difícil decomposição, uma vez que a DBO foi somente $11,7 \pm 8,3\%$ (média \pm DP) da DQO. Em compensação, esse quadro foi abrandado na vazante, quando a DBO passou a ser $59 \pm 38,3\%$ (média \pm DP) da DQO (Figura 5-100). Vale destacar que esse abrandamento se deveu à diminuição da DQO e não ao aumento da DBO. O consumo de oxigênio pela DBO foi em média $24,4 \pm 9,2\%$ (média \pm DP) na cheia e $77,4 \pm 82\%$ (média \pm DP) na vazante (Figura 5-101). Já em relação à DQO, o oxigênio foi em média $46 \pm 15,4\%$ (média \pm DP) desta na cheia e $210 \pm 254\%$ (média \pm DP) na vazante (Figura 5-102), sendo cabível concluir que na cheia o oxigênio presente não foi suficiente para atender à DQO, ao contrário do que foi observado para a vazante, quando o oxigênio foi em média suficiente para atender à DQO. O oxigênio presente nas águas dos rios tributários foi em média $40,7 \pm 11,6\%$ das demandas na cheia e $117 \pm 125\%$ na vazante (Figura 5-103).

As estações MUC (6 mg/L), JAT I (10 mg/L) e JAT II (7 mg/L) na cheia tiveram DBO acima do limite máximo de 5 mg/L previsto na Resolução CONAMA 357/05. Na vazante, todas as estações atenderam à reportada resolução.

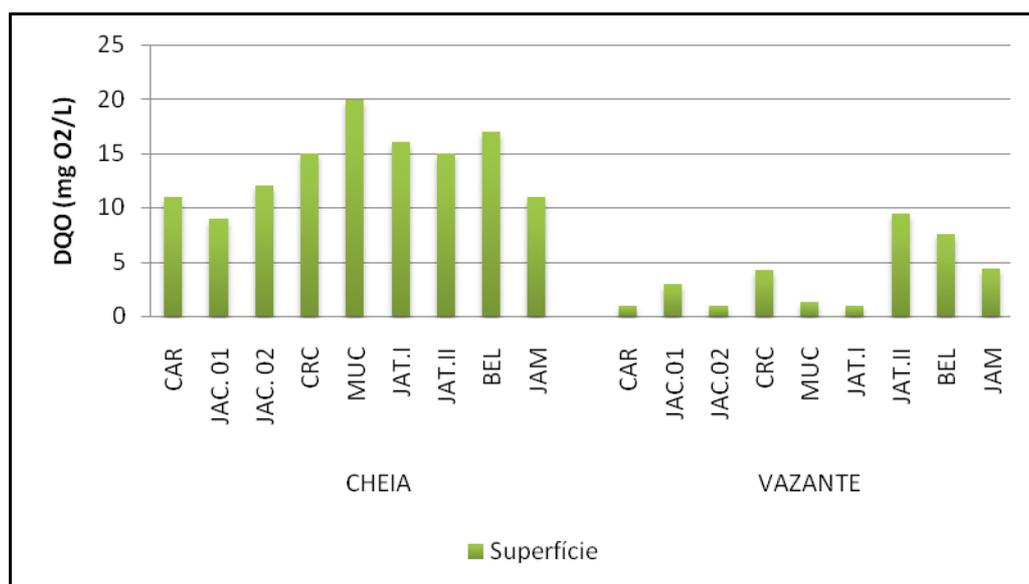


Figura 5-97 - Demanda química de oxigênio (DQO) dos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

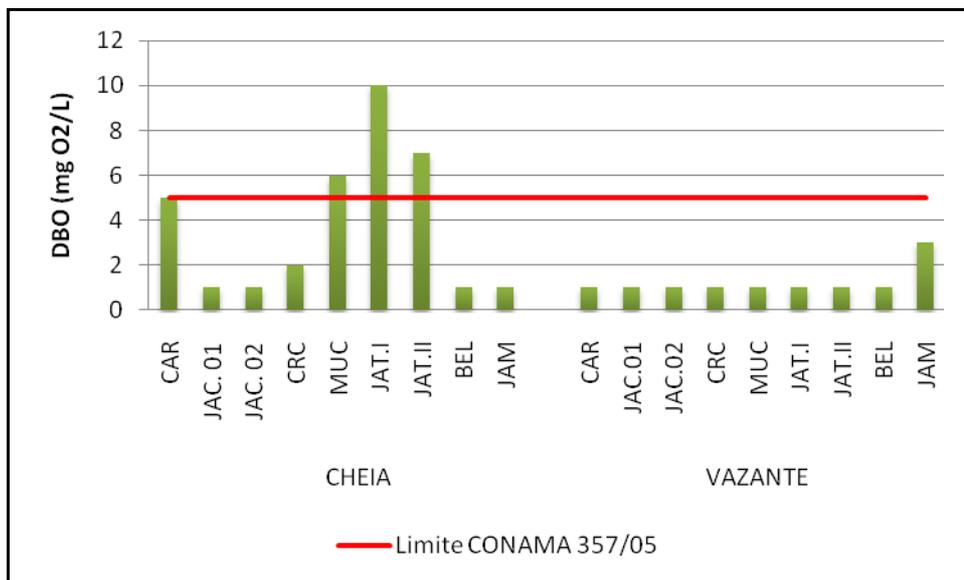


Figura 5-98 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

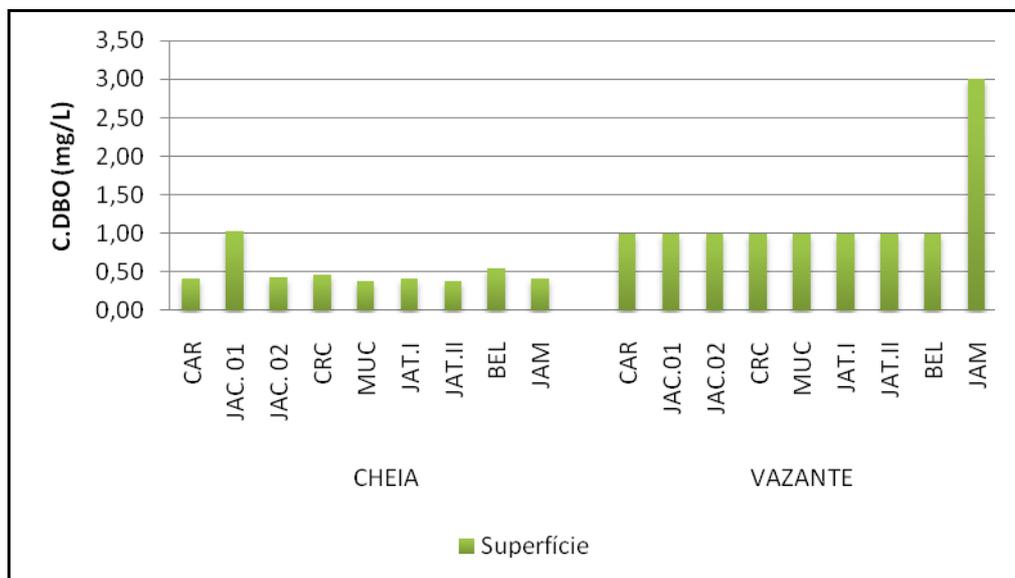


Figura 5-99 - Carbono bioquimicamente oxidável (C.DBO) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009)

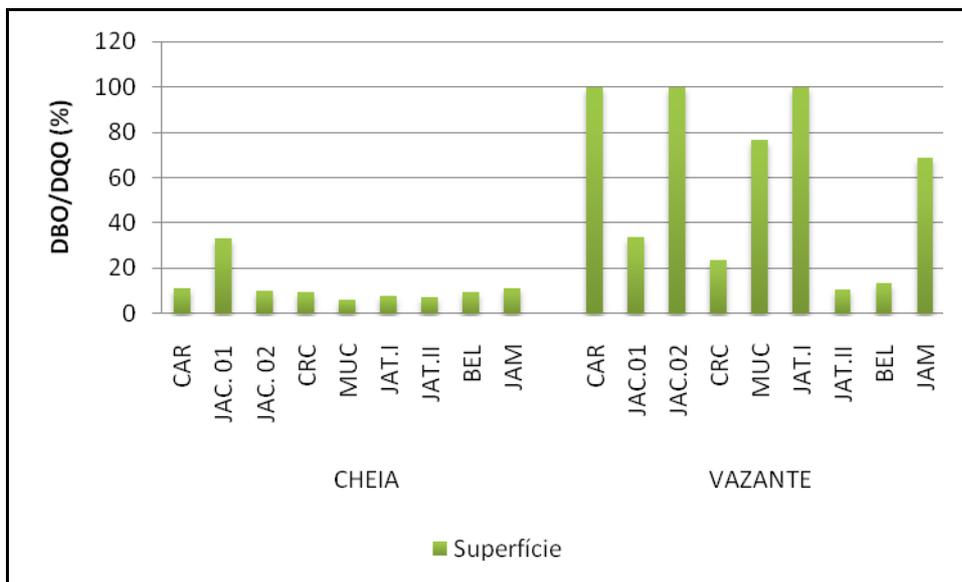


Figura 5-100 - Porcentagem da DBO em relação à DQO nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

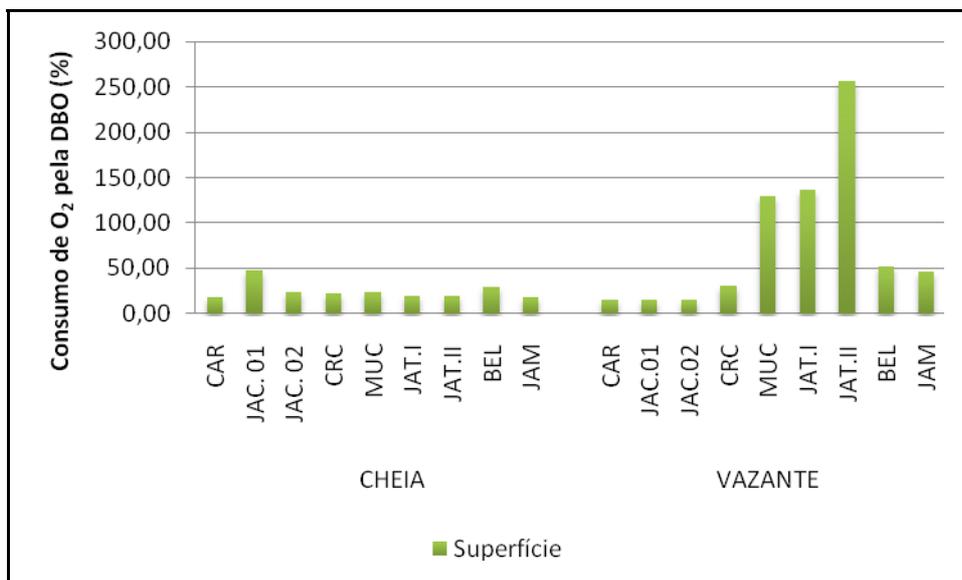


Figura 5-101 - Consumo de oxigênio pela DBO nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

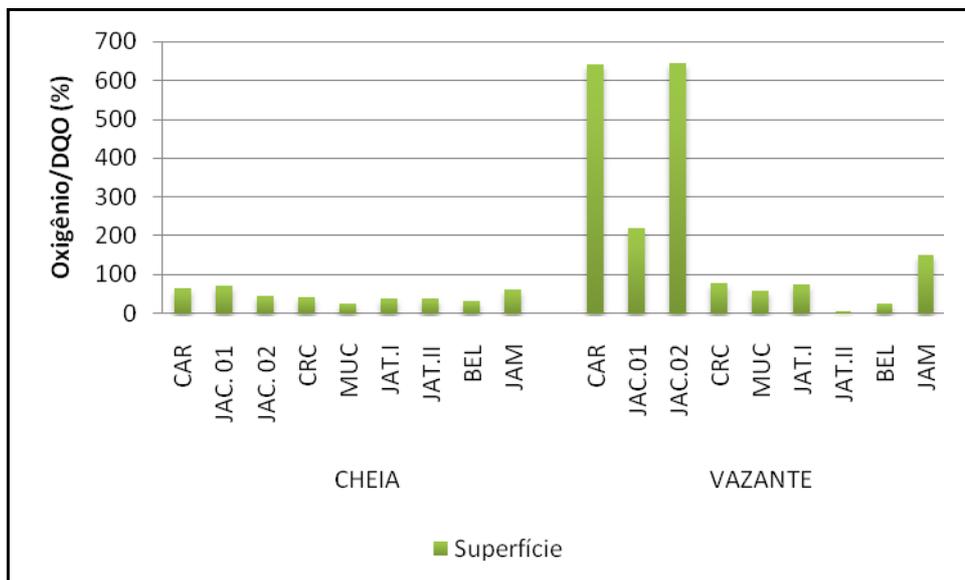


Figura 5-102 - Porcentagem de oxigênio em relação à DQO nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

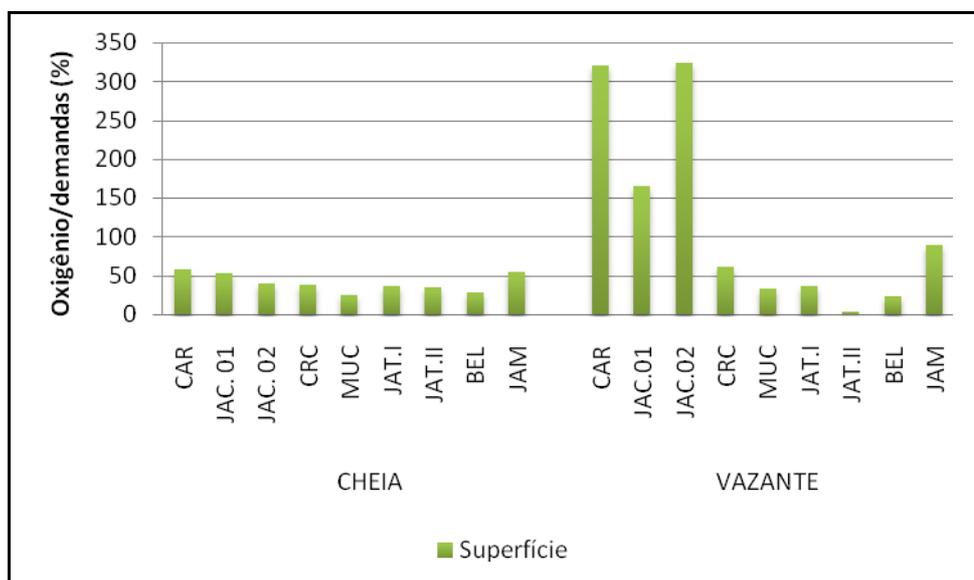


Figura 5-103 - Porcentagem de oxigênio em relação às demandas (DBO + DQO) nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

▪ Carbono

O carbono total (CT) sofreu um pequeno aumento da cheia para a vazante. Na cheia, a média foi de $8,2 \pm 3$ mg/L (média \pm DP), enquanto que na vazante a média foi de $11,8 \pm 7$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-104). O responsável pelo aumento do CT de um período para o outro

foi o incremento nas concentrações de carbono inorgânico (CI), que na cheia teve uma média de $3,6 \pm 2,7$ mg/L (média \pm DP), passando para uma média de $6,8 \pm 4,2$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-105). O aumento na concentração de CI foi tal que, na cheia, o carbono orgânico total (COT) era a forma mais abundante (59%), sendo que na vazante, o CI passou a ser a fração de carbono predominante (61%) (Figura 5-106). Tanto na cheia como na vazante houve variação espacial na distribuição de CT, CI e COT.

O COT teve um leve aumento da cheia para a vazante, sendo que na vazante foi observada maior variabilidade espacial na distribuição. A concentração média desta fração na cheia foi de $4,3 \pm 1,6$ mg/L (média \pm DP), com as menores concentrações sendo encontrada nas estações CAR, JAC 01 e JAM (3 mg/L) e as maiores nas estações MUC e JAT I (7 mg/L). Na vazante, os valores oscilando entre 2 mg/L (CAR e CRC) e 14 mg/L (JAC 02), exibindo média de $5 \pm 4,2$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-107). Com exceção da estação JAT II, que teve concentração de 4 mg/L na cheia e 14 mg/L na vazante, todas as outras estações variaram muito pouco de um período para o outro.

Em ambos os períodos amostrados, o carbono orgânico refratário (COR) representou, em média, a maior parte do carbono orgânico, respondendo por $61 \pm 25\%$ (média \pm DP) do total na cheia e por $63 \pm 26\%$ (média \pm DP) na vazante. Isso mostra que, em geral, a maior parte do carbono orgânico presente nos rios tributários é resistente à ação biológica. Além disso, a composição do COT se manteve constante nos dois períodos, mostrando que, mesmo com concentrações de COT mais elevadas, a proporção de COR foi a mesma. A concentração média de COR na cheia foi de $2,9 \pm 1,9$ mg/L (média \pm DP), enquanto que durante a vazante essa média se elevou ligeiramente, passando a ser de $3,8 \pm 4,4$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-108).

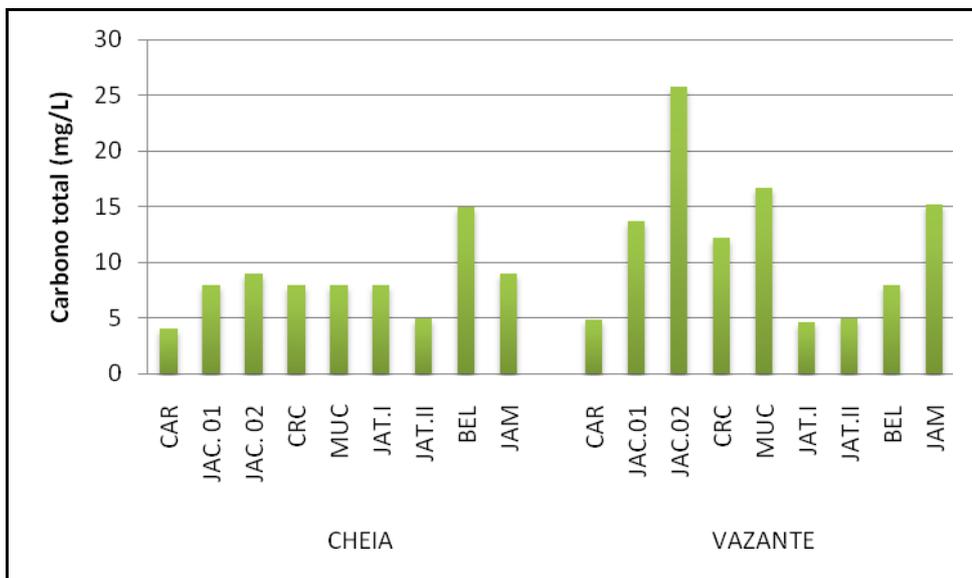


Figura 5-104 - Concentrações de carbono total (CT) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

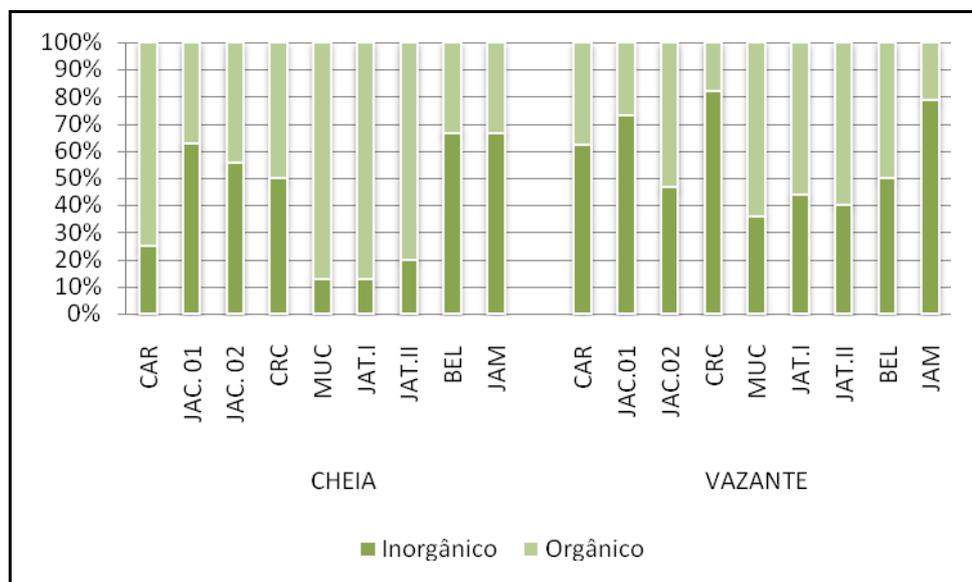


Figura 5-105 - Composição do carbono total (CT) nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

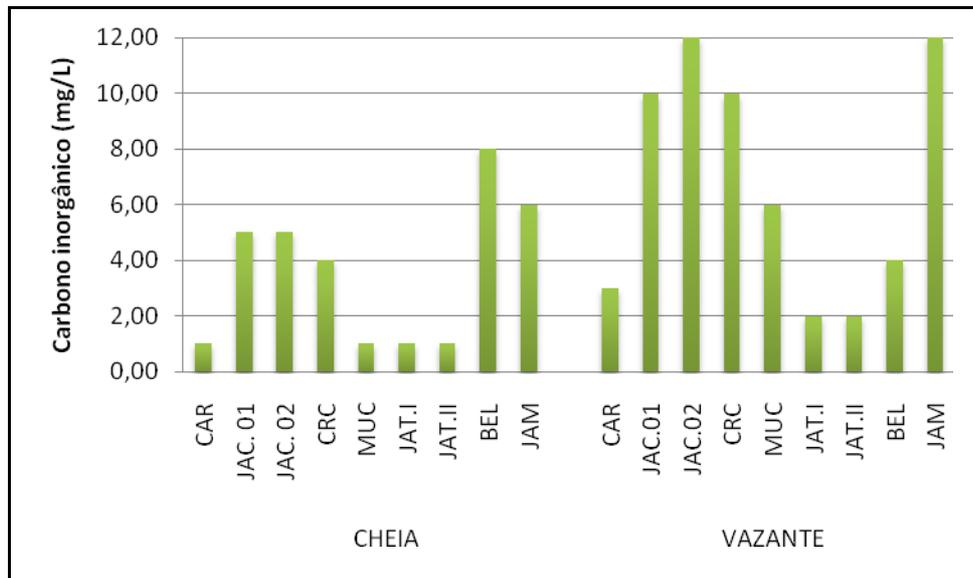


Figura 5-106 - Concentrações de carbono inorgânico (CI) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

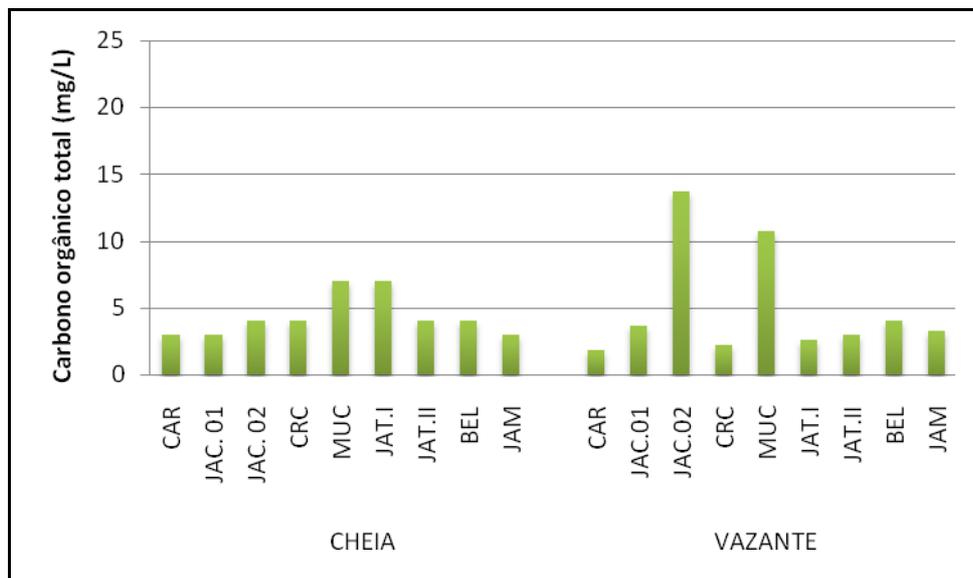


Figura 5-107 - Concentrações de carbono orgânico total (COT) nos rios tributários durante a fase de cheia (março/abril 2009) e durante a fase de vazante (junho 2009).

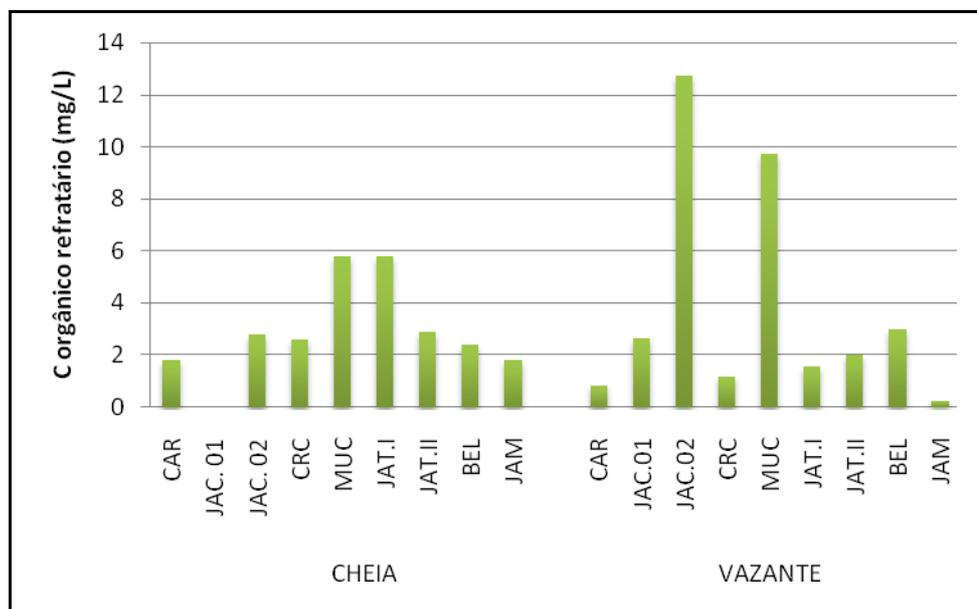


Figura 5-108 - Concentrações de carbono orgânico refratário (COR) nos rios tributários no período de cheia (março/abril 2009) e no período de vazante (junho 2009).

5.2.7 - Químicas IV

▪ Conteúdo nutricional: Nitrogênio

O nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) foi maior na vazante do que na cheia. Na cheia, a concentração média foi de $0,066 \pm 0,034$ mg/L (média \pm DP), variando de 0,019 mg/L (JAM) a 0,113 mg/L (CAR). Na vazante, o menor valor foi observado na estação JAT II (0,048 mg/L) e o maior na estação BEL (0,281 mg/L), com média de $0,139 \pm 0,075$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-109). O nitrogênio amoniacal (amônia) foi a forma preponderante durante a cheia, representando 82% do total, contra 16% do nitrato e 2% do nitrito. Já na vazante, o nitrato passou a ser a forma mais importante, respondendo por 66% do NID, contra 33% da amônia e 1% do nitrito. Portanto, cabe destacar que o incremento nas concentrações de NID se deveu ao aumento das concentrações de nitrato da cheia para a vazante. Na fase de cheia, o nitrato teve média de $0,016 \pm 0,008$ mg/L (média \pm DP), passando para uma média de $0,098 \pm 0,072$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-110).

A amônia teve pouca variação sazonal em suas concentrações, apesar de ter havido discreto decréscimo da cheia para vazante. A concentração média na cheia foi de $0,052 \pm 0,022$ mg/L (média \pm DP), variando de 0,019 mg/L (JAM) a 0,081 mg/L (CAR). Na vazante, houve maior variação espacial, com o menor valor sendo observado na estação JAT II (0,012 mg/L) e o

maior na estação JAC 01 (0,150 mg/L), exibindo uma média de $0,042 \pm 0,044$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-111). O nitrito teve todas as concentrações, tanto na cheia como na vazante, abaixo do limite de quantificação do método analítico adotado (0,001 mg/L), como pode ser observado na Figura 5-112.

O nitrogênio orgânico total (NOT) aumentou consideravelmente da cheia para a vazante, apesar de não ter havido variação espacial marcante entre as estações amostradas. Na cheia, os valores oscilaram entre 0,051 mg/L (JAC 02) e 0,228 mg/L (JAC 01), com média de $0,116 \pm 0,053$ mg/L (média \pm DP). Já na vazante, a média foi de $0,811 \pm 0,074$ mg/L (média \pm DP), com as concentrações variando entre 0,634 mg/L (JAC 01) e 0,879 mg/L (JAT I) (Figura 5-113).

Em virtude do aumento tanto no NID como no NOT, o nitrogênio total (NT) teve um aumento substancial da cheia para a vazante. Na cheia, a média foi de $0,182 \pm 0,070$ mg/L (média \pm DP), enquanto que na vazante a concentração média passou a ser de $0,722 \pm 0,360$ mg/L. (média \pm DP) (Figura 5-114). O NOT foi o principal constituinte do NT nos dois períodos, representando em média $64 \pm 16\%$ (média \pm DP) do total na cheia e $86 \pm 7\%$ (média \pm DP) na vazante.

Todos os valores de nitrato, nitrito e amônia atenderam ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2.

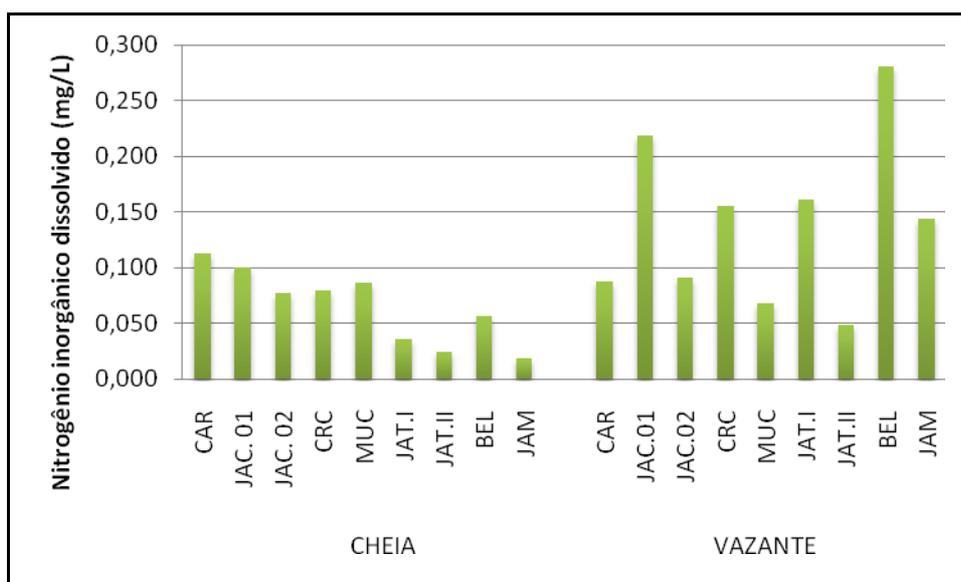


Figura 5-109 - Concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

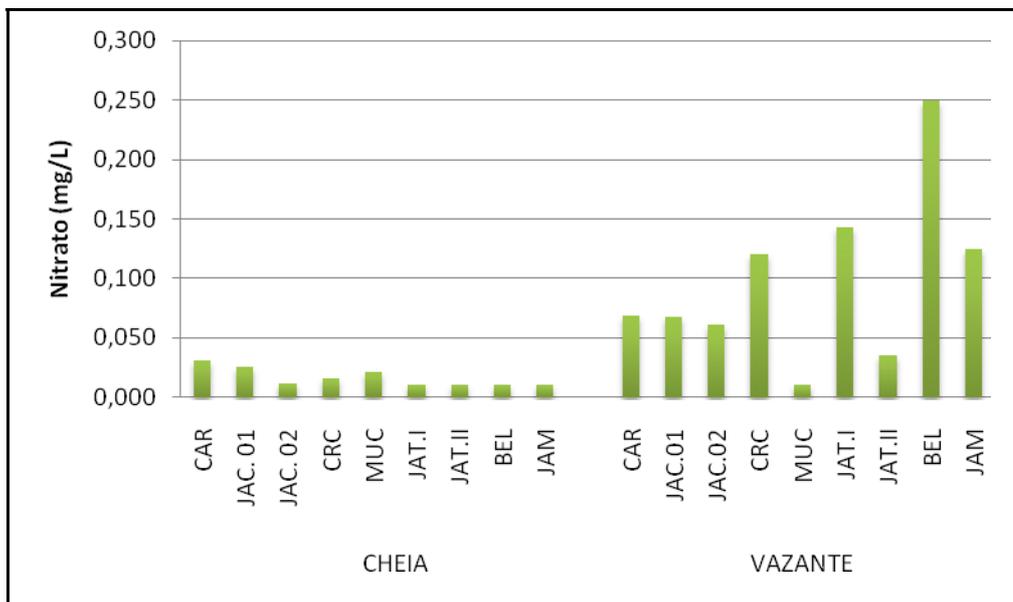


Figura 5-110 - Concentrações de nitrato nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (julho 2009). O limite permitido segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de 10 mg/L.

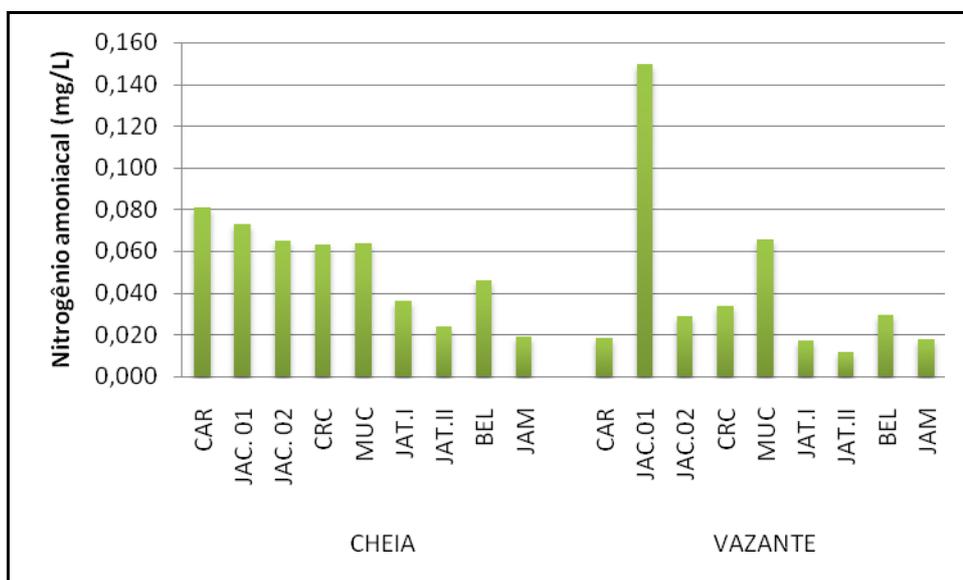


Figura 5-111 - Concentrações de nitrogênio amoniacal (amônia) nos rios tributários no período de cheia (março/abril 2009) e no período de vazante (junho 2009). O limite permitido segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de 3,7 mg/L para águas com pH < 7,5, como é o caso.

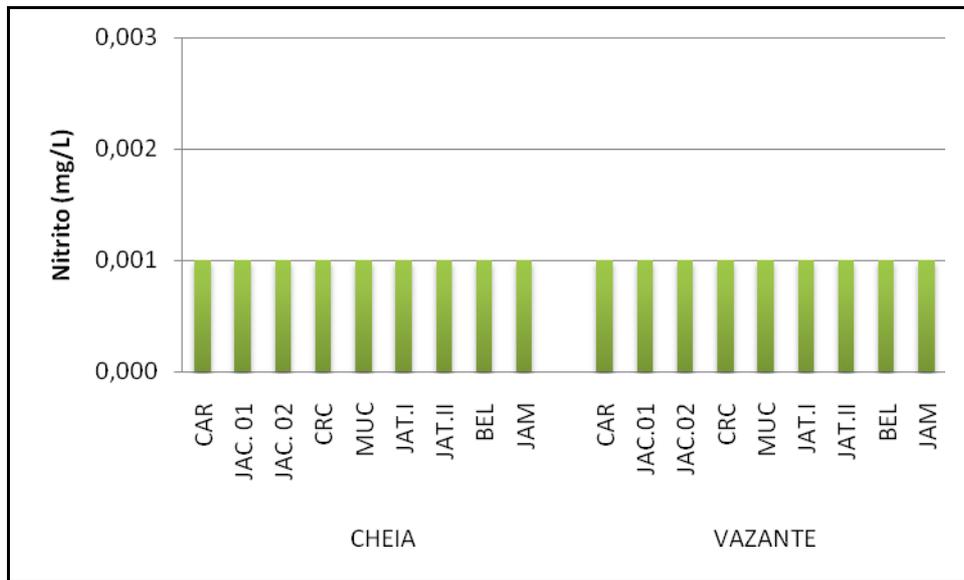


Figura 5-112 - Concentrações de nitrito nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009). O limite de quantificação do método analítico adotado é de 0,001 mg/L. O limite permitido segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de 1 mg/L.

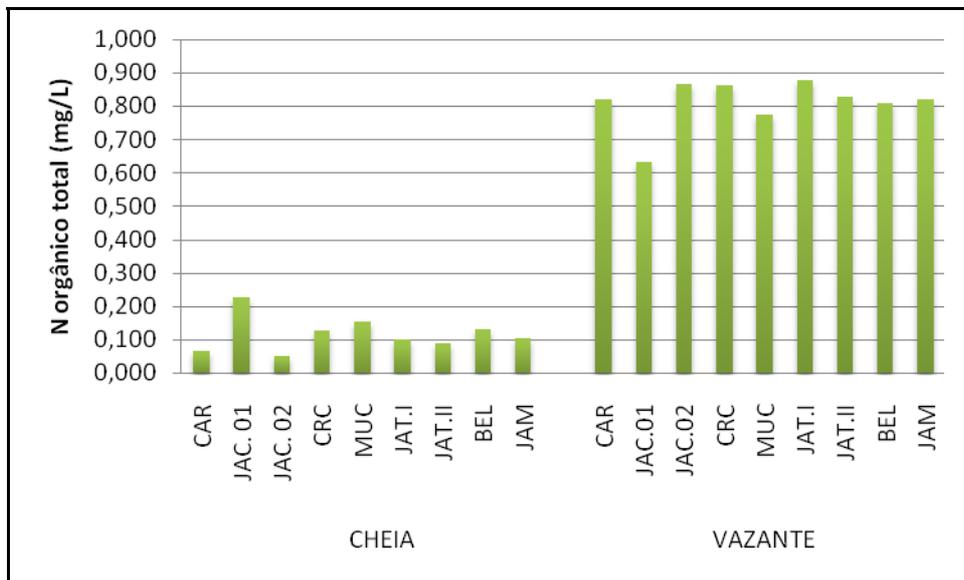


Figura 5-113 - Concentrações de nitrogênio orgânico total (NOT) nos rios tributários durante a fase de cheia (março/abril 2009) e durante a fase de vazante (junho 2009).

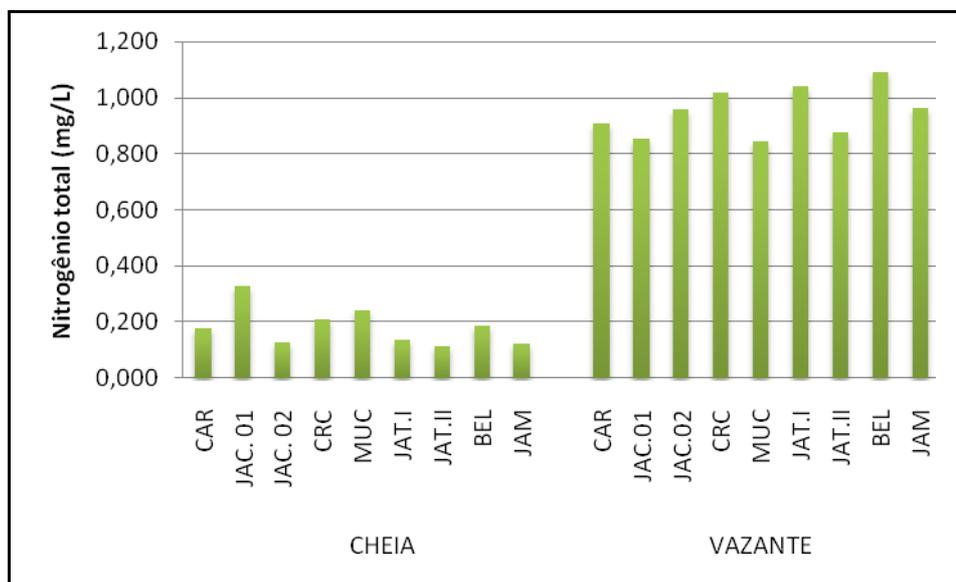


Figura 5-114 - Concentrações de nitrogênio total (NT) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

▪ Composição nutricional: Fósforo

O fósforo total (PT) nos rios tributários foi maior na cheia, quando as concentrações variaram de 0,090 mg/L (JAT I) a 0,388 mg/L (CRC), exibindo média de $0,191 \pm 0,144$ mg/L (média \pm DP). Na vazante, os valores foram mais baixos e a variação espacial também, sendo a menor concentração observada na estação CAR (0,019 mg/L) e a maior na estação JAM (0,131 mg/L), com média de $0,060 \pm 0,036$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-115). O fósforo total dissolvido (PTD) foi a fração mais abundante em ambos os períodos, respondendo por $73 \pm 24\%$ (média \pm DP) do total na cheia e por $58 \pm 25\%$ na vazante. Deste modo, o PTD foi a fração que ditou o padrão de distribuição sazonal do fósforo, sendo que esta fração teve concentração média de $0,131 \pm 0,071$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $0,028 \pm 0,009$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-116).

O fósforo particulado (PP) teve concentração média de $0,060 \pm 0,071$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $0,032 \pm 0,037$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-117). Já o fósforo orgânico dissolvido (POD) teve concentração média de $0,107 \pm 0,069$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $0,018 \pm 0,009$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-118). O fósforo orgânico total (POT) foi em média $0,166 \pm 0,104$ mg/L (média \pm DP) na cheia e $0,050 \pm 0,037$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-119). Os resultados mostraram que todas as formas de fósforo foram maiores na cheia do que na vazante.

O ortofosfato, apesar de ter sido maior na cheia, apresentou variação menor do que as outras frações fosfatadas. A concentração média na cheia foi de $0,024 \pm 0,024$ mg/L (média \pm DP), ao passo que na vazante foi de $0,010 \pm 0,010$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-120).

O limite de fósforo total permitido para corpos d'água de classe 2 segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de 0,100 mg/L. Na cheia, somente as estações JAT I e JAM estiveram abaixo deste valor. Em contrapartida, na fase de vazante, a maior parte das estações atendeu à resolução, com exceção das estações JAC 02 (0,102 mg/L) e JAM (0,131 mg/L).

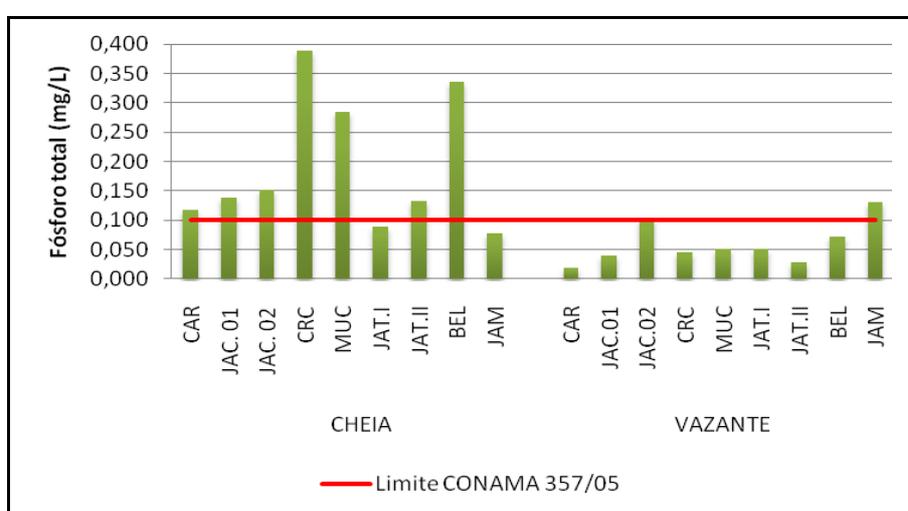


Figura 5-115 - Concentrações de fósforo total (PT) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

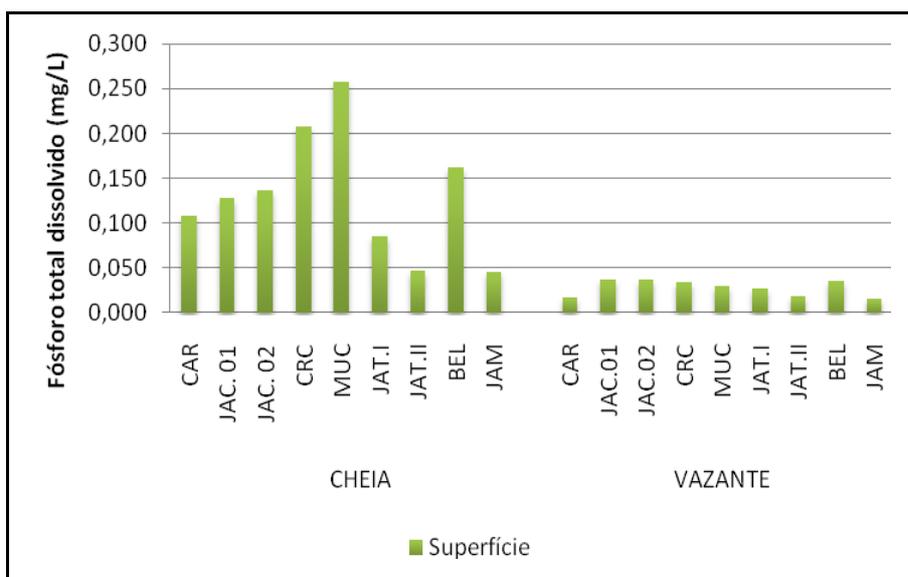


Figura 5-116 - Concentrações de fósforo total dissolvido (PTD) nos rios tributários na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

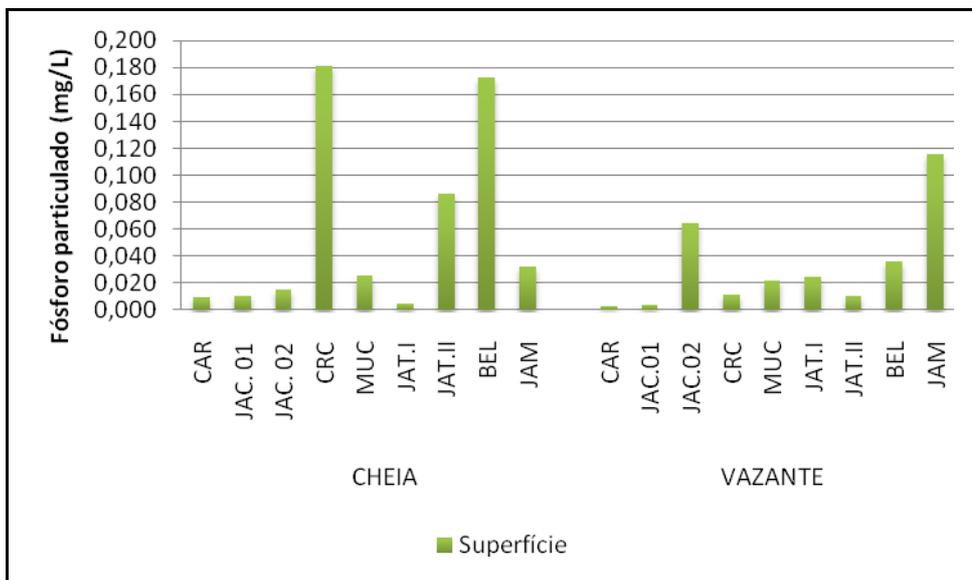


Figura 5-117 - Concentrações de fósforo particulado (PP) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

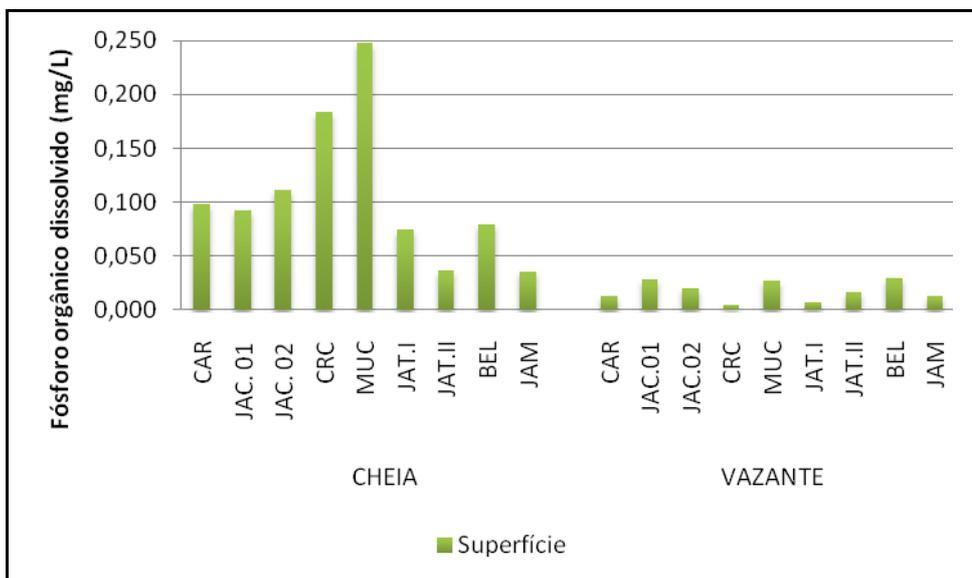


Figura 5-118 - Concentrações de fósforo orgânico dissolvido (POD) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

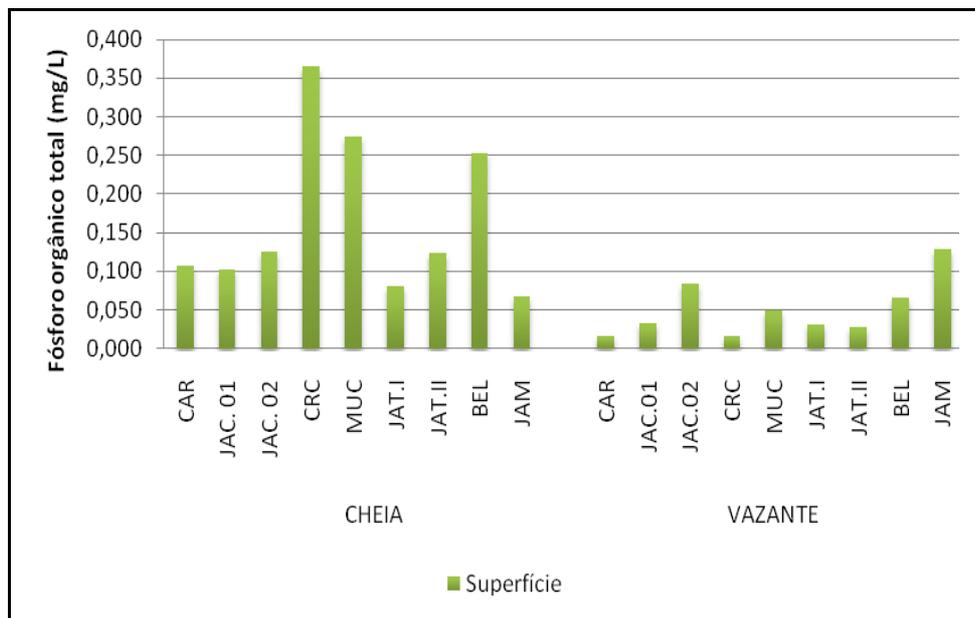


Figura 5-119 - Concentrações de fósforo orgânico total (POT) nos rios tributários no período de cheia (março/abril 2009) e no período de vazante (junho 2009).

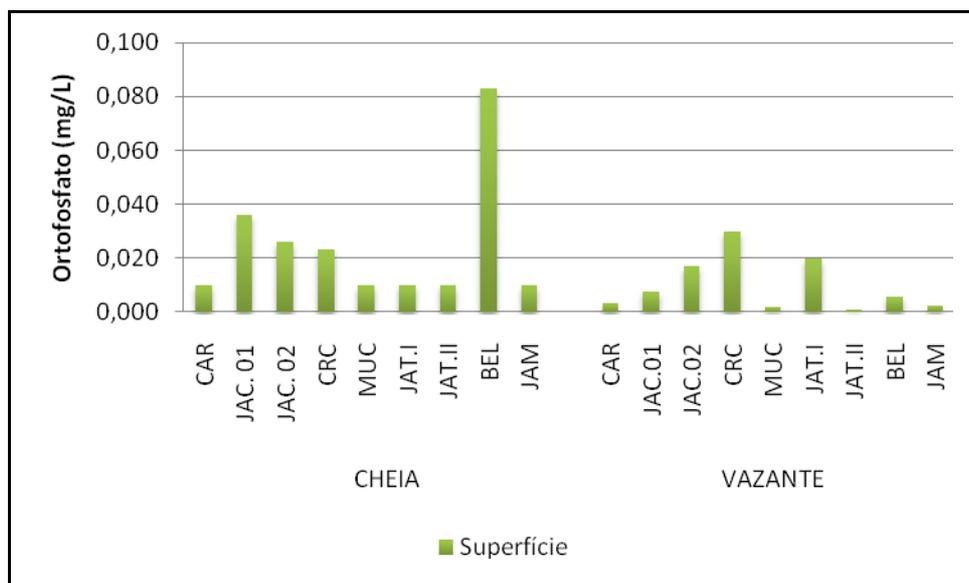


Figura 5-120 - Concentrações de ortofosfato nos rios tributários durante a fase de cheia (março/abril 2009) e durante a fase de vazante (junho 2009).

▪ Conteúdo nutricional: Silicatos reativos

A concentração média de silicatos reativos nos rios tributários na cheia foi de $1,26 \pm 0,32$ mg/L (média \pm DP), variando entre 0,86 mg/L (JAT II) e 1,69 mg/L (MUC). As concentrações aumentaram na vazante, com média de $2,45 \pm 2,14$ mg/L (média \pm DP), e oscilando entre 0,18

mg/L (MUC) e 7,1 mg/L (JAT I) (Figura 5-121). Vale a pena ressaltar o aumento na concentração de silicatos nos igarapés Jatuarana I (JAT I) e Jatuarana II (JAT II) e a diminuição da concentração no rio Mucuim (MUC). Durante a cheia, os nutrientes encontram-se, em geral, mais diluídos devido à maior descarga de água da bacia de drenagem, ao passo que a tendência é de que, na vazante, os nutrientes diluam-se mais na coluna d'água. Deste modo, pelo menos no que diz respeito aos silicatos reativos, esse padrão foi observado.

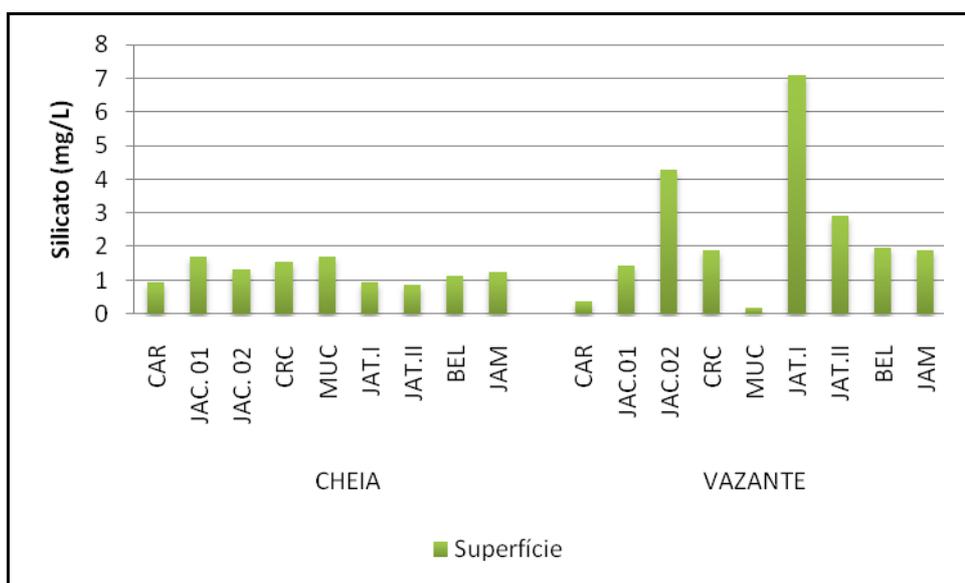


Figura 5-121 - Concentração de silicatos reativos nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

5.2.8 - Químicas V

▪ Ferro

O ferro total (FT) apresentou concentração média de $0,630 \pm 0,190$ mg/L (média \pm DP) na cheia, variando de 0,360 mg/L (JAT II) a 0,900 mg/L (BEL). Na vazante, as concentrações foram superiores, com variação espacial ligeiramente maior. A média foi de $0,970 \pm 0,540$ mg/L (média \pm DP) neste período, com os valores oscilando entre 0,120 mg/L (JAC 02) e 1,920 mg/L (BEL) (Figura 5-122). A bacia de captação e o aporte proveniente do rio Madeira, rico neste metal, são as principais fontes para os rios tributários.

Enquanto que na cheia a concentração média de fósforo dissolvido (FD) foi de $0,250 \pm 0,110$ mg/L (média \pm DP), na vazante aumentou para $0,430 \pm 0,210$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-123). As maiores concentrações na vazante podem ser explicadas pelo fato de este elemento ficar mais concentrado durante este período, quando a descarga de água da bacia

de drenagem é menor e, por conseguinte, a diluição dos compostos presentes nos corpos d'água também é menor.

As concentrações de ferro dissolvido na cheia atenderam ao limite de 0,300 mg/L estabelecido na Resolução CONAMA 357/05, com exceção das estações JAC 02, JAT II e BEL. Já na vazante, somente as estações CAR, JAT I e BEL atenderam à resolução supracitada.

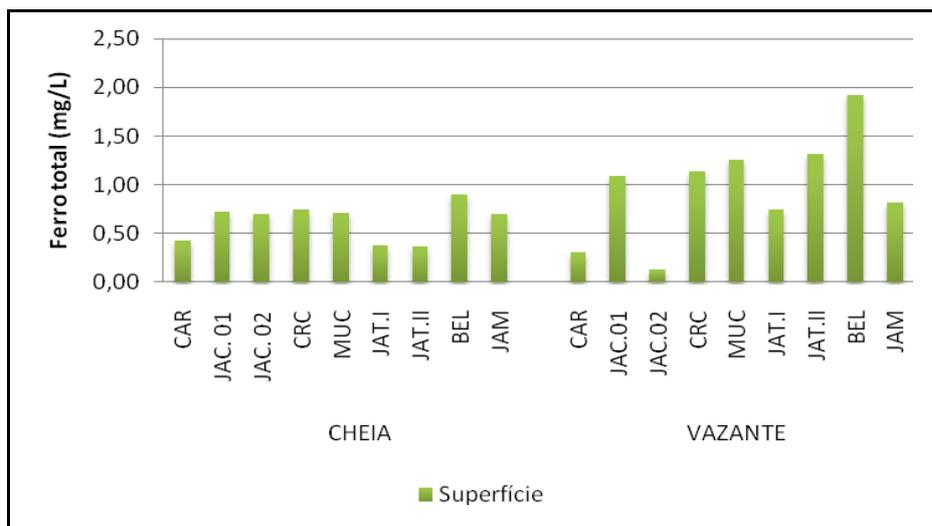


Figura 5-122 - Concentrações de ferro total (FT) nos rios tributários na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009)

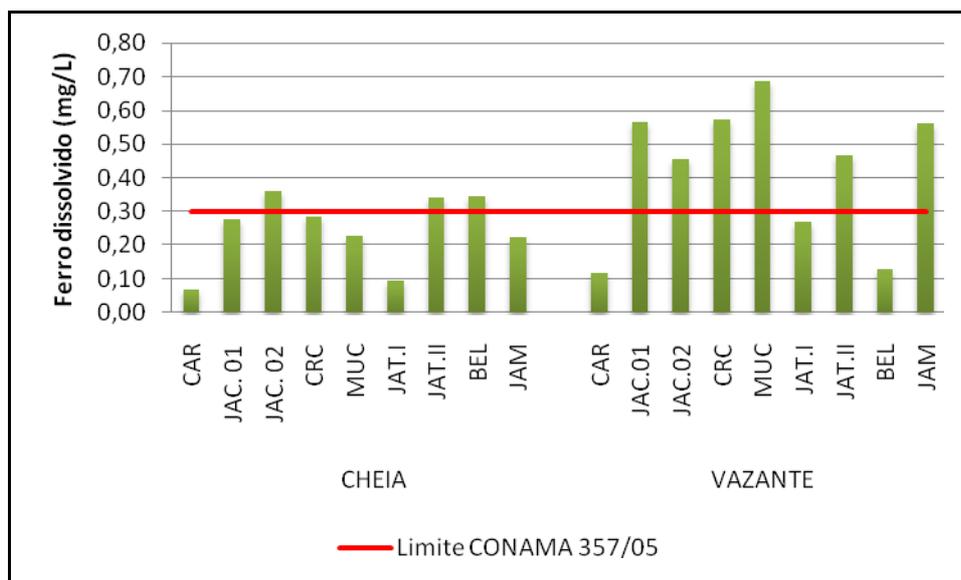


Figura 5-123 - Concentrações de ferro dissolvido (FD) nos rios tributários durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

▪ Óleos e graxas

Os resultados da análise de óleos e graxas para as estações dos rios tributários estiveram todos abaixo do limite de quantificação do método analítico adotado. Os rios e igarapés amostrados não sofrem grande influência antrópica, uma vez que as moradias nas margens, quando existentes, são poucas. Além disso, o trânsito de embarcações nessas regiões não é grande. Desta forma, a presença de óleos e graxas é insignificante.

5.2.9 - Químicas VI

▪ Elementos-traço

Para a análise de elementos-traço nos rios tributários, foram selecionadas três estações de coleta, quais são: estação JAT II, no igarapé Jatuarana II; estação BEL, no igarapé Belmont; e estação JAM, no rio Jamari. As análises de cádmio ($<0,0001$ mg/L), cobalto ($<0,0001$ mg/L), cromo ($<0,0001$ mg/L), mercúrio ($<0,0001$ mg/L), níquel ($<0,0001$ mg/L), chumbo ($<0,0005$ mg/L) e estanho ($<0,001$ mg/L) estiveram abaixo do limite de detecção do método analítico utilizado, tanto na cheia como na vazante.

O alumínio (Al) teve concentração média de $0,062 \pm 0,041$ mg/L (média \pm DP) na cheia, com o menor valor sendo observado na estação JAM (0,015 mg/L) e o maior na estação BEL (0,089 mg/L). Houve aumento na vazante, quando a concentração média foi de $0,070 \pm 0,027$ mg/L (média \pm DP), variando de 0,054 mg/L (BEL e JAM) a 0,102 mg/L (JAT II) (Figura 5-124).

Ao contrário do que aconteceu com o Al, o bário (Ba) diminuiu da cheia para a vazante. Na cheia, a concentração média foi de $0,017 \pm 0,005$ mg/L (média \pm DP), com o menor valor na estação JAT II (0,011 mg/L) e o maior na estação JAM (0,022 mg/L). Na vazante, novamente as menores concentrações foram encontradas em JAT II (0,001 mg/L) e as menores na estação JAM (0,017 mg/L), com média de $0,010 \pm 0,008$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-125).

As concentrações de cobre (Cu) foram em média de $0,0053 \pm 0,0011$ mg/L (média \pm DP) na cheia, decrescendo para 0,0001 mg/L (limite de detecção) na vazante (Figura 5-126). Padrão semelhante foi observado no rio Madeira, que teve média de $0,0057 \pm 0,0049$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de 0,0001 mg/L na vazante, mostrando que as concentrações de Cu neste rio podem ter influenciado nas concentrações dos rios e igarapés tributários na cheia.

O silício (Si) variou de 2,57 mg/L (BEL) a 3,35 mg/L (JAM) na cheia, com média de $2,93 \pm 0,39$ mg/L (média \pm DP). Na vazante, os valores foram maiores, oscilando entre 6,83 mg/L (BEL) e 8,34 mg/L (JAM), com média de $7,56 \pm 0,75$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-127). Todavia, a variação espacial foi pequena, apesar de a variação sazonal ter sido significativa. No rio Madeira e nos lagos marginais as concentrações também foram mais altas na vazante, o que pode ser explicado pelo fato deste semi-metal estar mais concentrado neste período, uma vez que a descarga de água da bacia de drenagem é menor.

O zinco (Zn) teve concentração média de $0,015 \pm 0,014$ mg/L (média \pm DP) na cheia, aumentando para $0,032 \pm 0,012$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-128). O manganês (Mn) também apresentou acréscimo em suas concentrações, aumentando de $0,016 \pm 0,010$ mg/L (média \pm DP) na cheia para $0,030 \pm 0,013$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-129)

A concentração de Al na estação JAT II na fase de vazante foi a única que não atendeu à Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2. Todas as outras estações estiveram, tanto na cheia como na vazante, dentro dos padrões estabelecidos para todos os elementos-traço analisados.

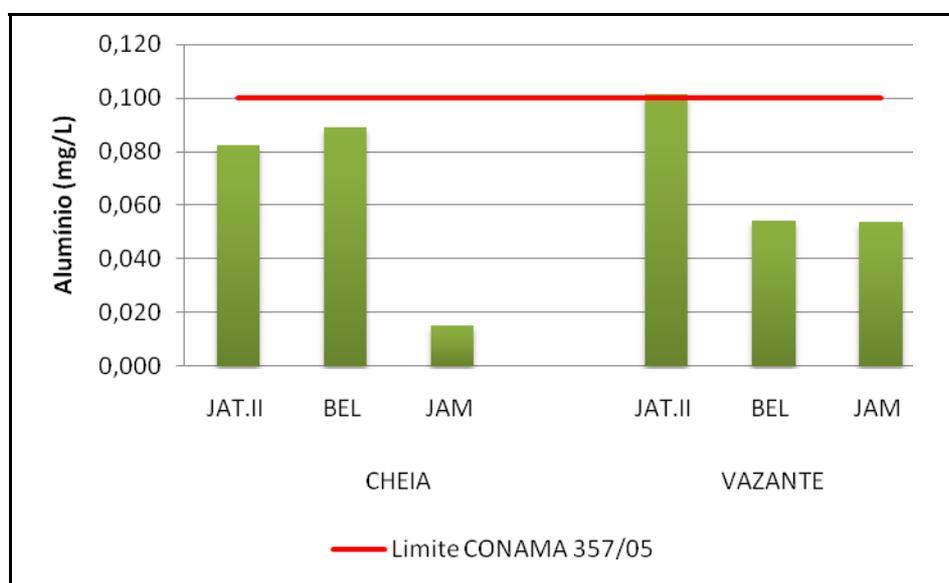


Figura 5-124 - Concentrações de alumínio (Al) nos rios tributários na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

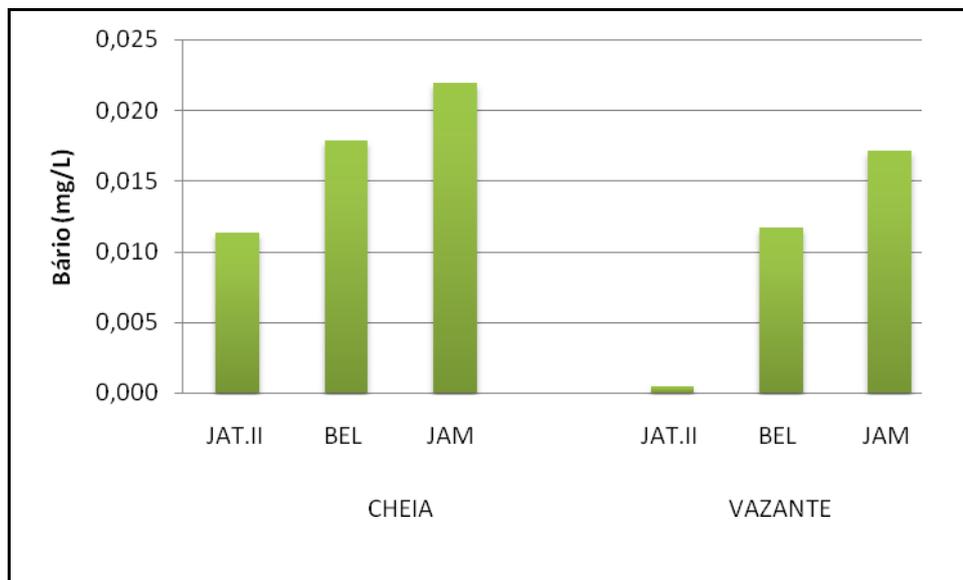


Figura 5-125 - Concentrações de bário (Ba) nos rios tributários na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite permitido segundo a Resolução CONAMA é de 0,700 mg/L.

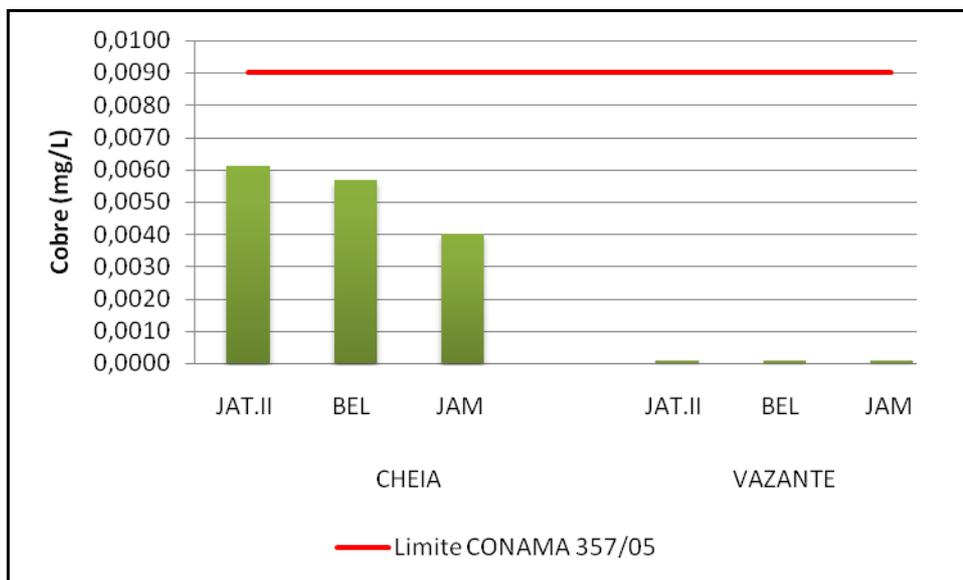


Figura 5-126 - Concentrações de cobre (Cu) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

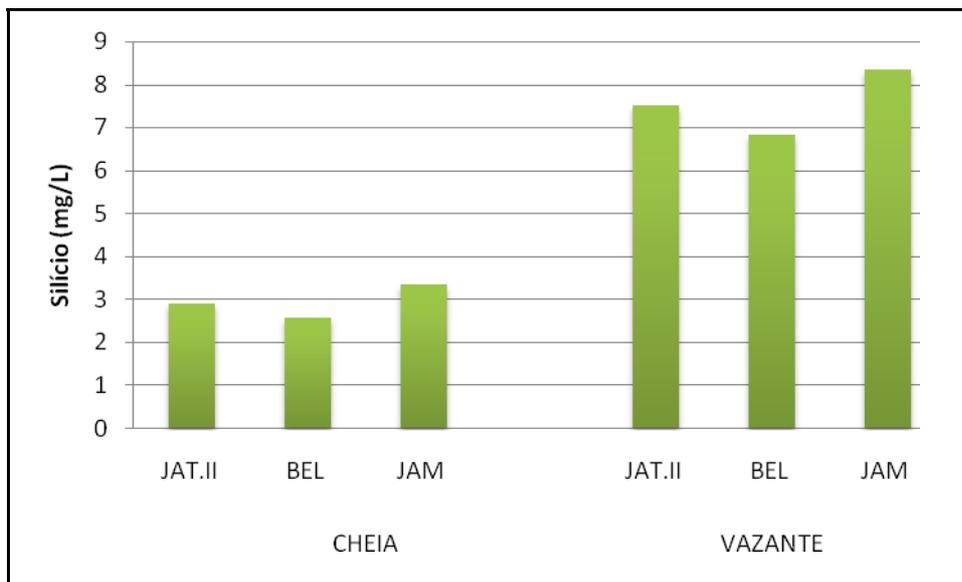


Figura 5-127 - Concentrações de silício (Si) nos rios tributários na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

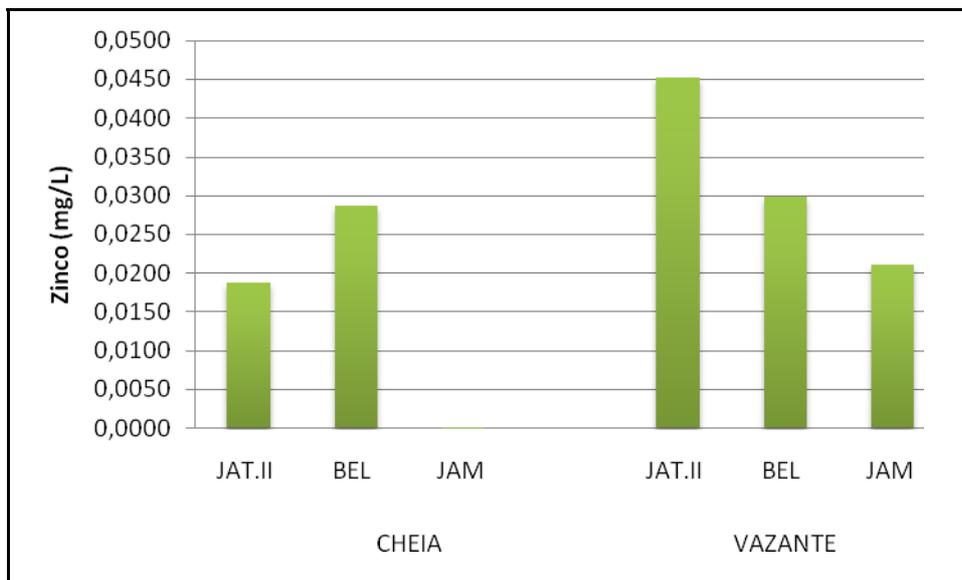


Figura 5-128 - Concentrações de zinco (Zn) nos rios tributários no período de cheia (março/abril 2009) e no período de vazante (junho 2009). A concentração na estação JAM na cheia esteve abaixo do limite de quantificação do método (0,0001 mg/L). O limite permitido segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de 0,180 mg/L.

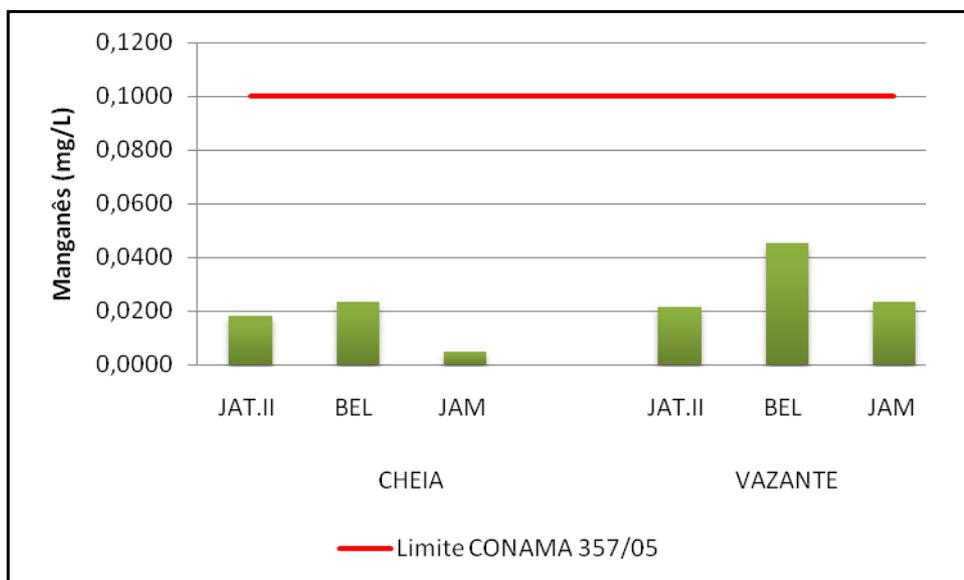


Figura 5-129 - Concentrações de manganês (Mn) nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

- Biocidas

Todos os resultados de biocidas na água dos rios tributários foram inferiores ao limite de detecção do método analítico adotado e, por conseguinte, obedeceram à Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2.

5.2.10 - Biológicas

- Coliformes totais e *Escherichia coli*

O índice de coliformes totais nos rios tributários foi, em média, de 1096 ± 79 NMP/100ml (média \pm DP) na cheia (Figura 5-130), com variação espacial ínfima. Na vazante, a variação espacial foi maior, com os valores oscilando entre 980 NMP/100ml (JAT II) e 2420 NMP/100 ml (JAC 02 e BEL), exibindo média de 1782 ± 545 NMP/100 ml (media \pm DP).

Já o índice médio de *E. coli* nos rios tributários foi de 95 ± 39 NMP/100ml na cheia, decrescendo para 62 ± 31 NMP/100ml (média \pm DP) na vazante (Figura 5-131). Como os ambientes amostrados são pouco impactados do ponto de vista antrópico, houve amplo predomínio de microorganismos de vida livre em detrimento aos de origem fecal, como é o caso da *E. coli*.

Os rios tributários atenderam à Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2 do ponto de vista microbiológico.

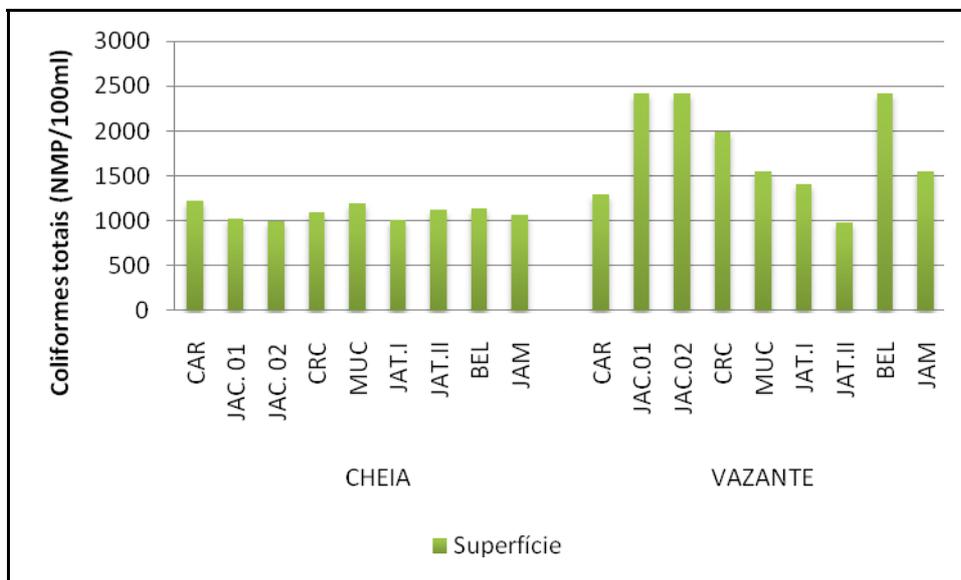


Figura 5-130 - Coliformes totais nos rios tributários na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009)

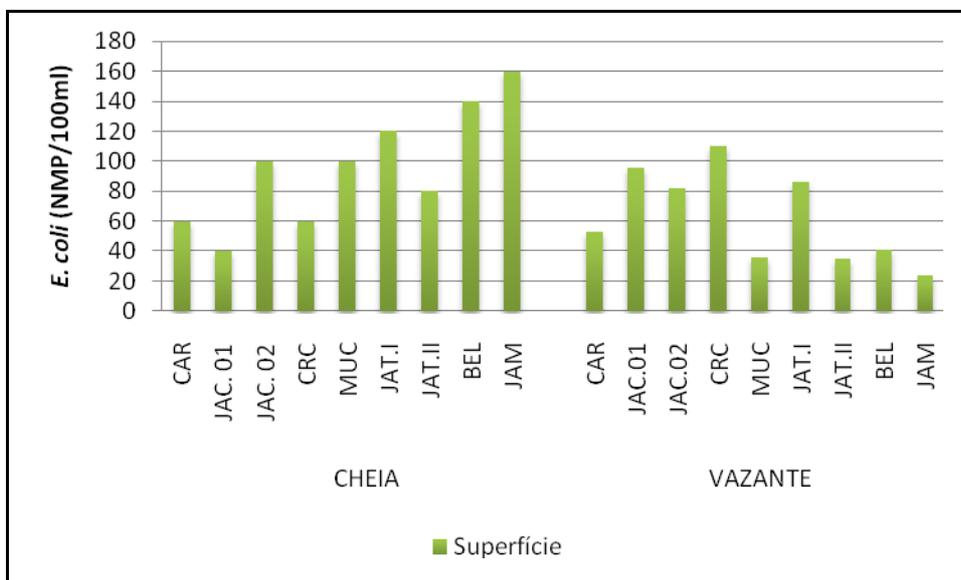


Figura 5-131 - *E. coli* nos rios tributários na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite permitido segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de 1000 NMP/100 ml.

▪ Clorofila *a* e Pigmentos totais

A maior parte dos rios tributários teve concentrações de clorofila *a* e de pigmentos totais abaixo do limite de quantificação (1 µg/L). A concentração média de clorofila *a* foi de 1,8 ± 1,6 µg/L (média ± DP) na cheia e de 1 µg/L para todas as estações na vazante (Figura 5-132). Já em relação aos pigmentos totais, a concentração média foi de 11,8 ± 22,6 µg/L (média ± DP) na cheia e de 1 µg/L para todas as estações na vazante (Figura 5-133).

As concentrações de clorofila *a* atenderam à Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2.

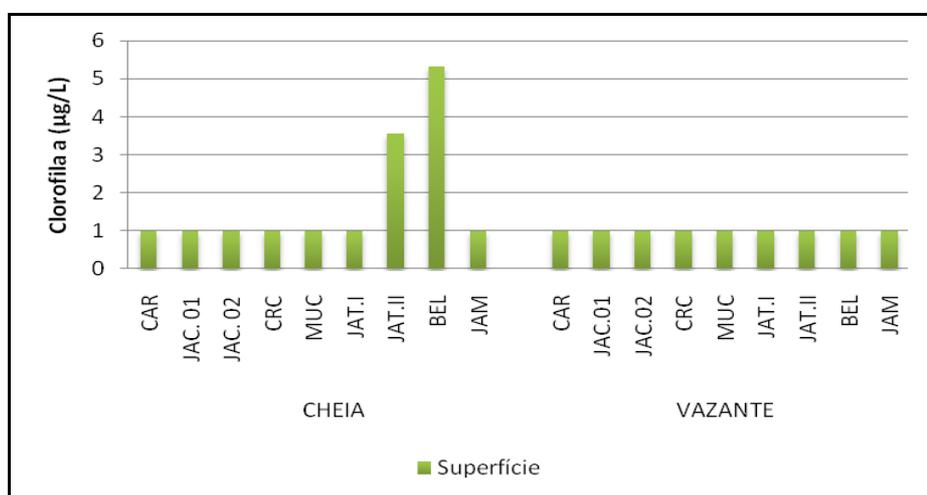


Figura 5-132 - Concentrações de clorofila *a* nos rios tributários na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite de resolução do método é de 1 µg/L.

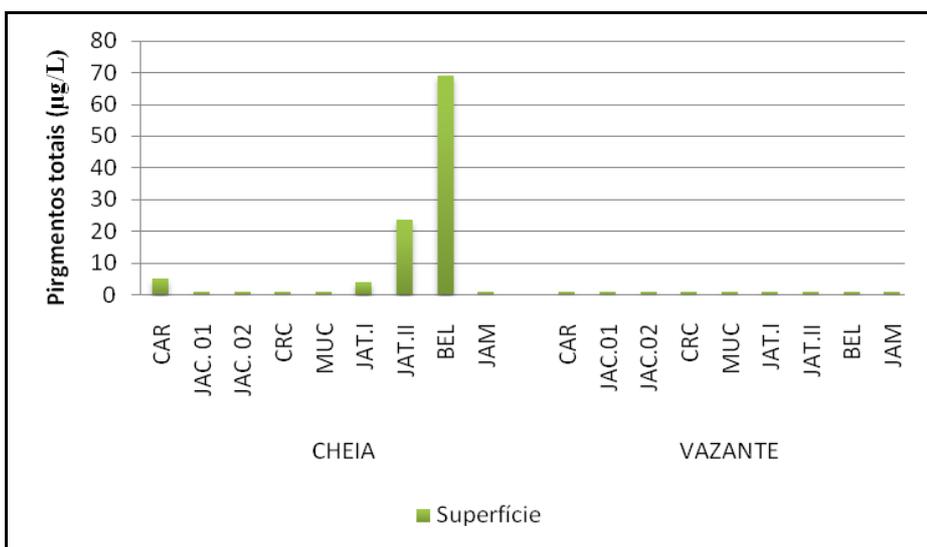


Figura 5-133 - Concentrações de pigmentos totais nos rios tributários na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite de quantificação do método adotado é de 1 µg/L.

- Índice de Estado Trófico (IET)

Os rios e igarapés tributários variaram em relação ao IET. Na cheia, CAR, JAC 01, JAC 02, CRC, MUC, JAT I e JAM foram classificados como ultraoligotróficos, uma vez que, apesar de ter havido disponibilidade de fósforo nesses ambientes, os índices de clorofila foram baixos. JAT II e BEL, que tiveram concentrações de clorofila detectáveis, apresentaram-se como mesotrófico e eutrófico, respectivamente.

Na vazante, todas as estações foram classificadas como ultraoligotróficas, haja vista que a concentração de clorofila *a* esteve sempre abaixo do limite de quantificação do método analítico adotado.

- Índice de Qualidade da Água (IQA)

O IQA dos rios tributários, para fins de abastecimento público, mostrou que a água desses ambientes pôde ser considerada como BOA na cheia, com os valores variando entre 67 e 75. Neste período, as estações JAT II, BEL e JAM não tiveram o IQA calculado, visto que não foi feita medição de saturação de oxigênio nestes locais. Entretanto, a semelhança que foi observada entre os rios e igarapés permite concluir que estes ambientes têm possivelmente qualidade da Na vazante, o IQA variou de ACEITÁVEL nas estações MUC, JAT I e JAT II a BOA nas demais estações. Ressalta-se que a queda no IQA das estações supracitadas se deve ao fato de a saturação de oxigênio ter sido muito baixa em alguns desses ambientes durante a fase de vazante.

5.3 - LAGOS E CANAIS

5.3.1 - Físicas A e C

- Transparência, zona eufótica, coeficiente de atenuação vertical da luz, cor e turbidez

Na cheia, a transparência da água dos lagos e canais foi em média de $1,78 \pm 1,22$ m (média \pm DP), variando de 0,40 m (CC 01) a 3,60 m (LC 01). A transparência diminuiu na vazante, variando de 0,20 m (LJ 02) a 2,90 m (CC 02 e LC 03), com média de $1,63 \pm 1,07$ m (média \pm DP) (Figura 5-134). Por conseguinte, a zona eufótica foi em média de $5,29 \pm 3,75$ m (média \pm DP) na cheia e de $4,57 \pm 2,86$ m na vazante (Figura 5-135). Já o coeficiente de atenuação vertical da luz foi em média de $1,71 \pm 1,62$ m⁻¹ (média \pm DP) na cheia, aumentando para $2,22 \pm 2,83$ m⁻¹ (média \pm DP) na vazante (Figura 5-136). Como pôde ser visto, a transparência e a

zona eufótica dos lagos e canais foi, em geral, maior do que a do rio Madeira e dos rios tributários. A dinâmica lacustre permite maior sedimentação do material suspenso na água e, conseqüentemente, a transparência tende a ser maior.

A cor total manteve-se constante no período de estudo, sendo que a média foi de 79 ± 52 mg Pt/L (média \pm DP) na cheia e de 79 ± 67 mg Pt/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-137). O que pôde ser observado foi que a variação espacial foi ligeiramente superior na vazante. Além disso, a presença de sólidos dissolvidos foi a variável que melhor explicou a cor da água ($r^2=0,65$ e $p<0,05$).

A turbidez foi, em média, maior na vazante, uma vez que a concentração de sólidos em suspensão também foi. Na cheia, a média foi $6 \pm 6,6$ NTU (média \pm DP), aumentando para $16 \pm 8,6$ NTU (média \pm DP) na vazante (Figura 5-138).

Em relação à cor, as estações LJ 02 e CC 01 (cheia) e LJ 01, LJ 02 e CC 01 (vazante) não obedeceram ao limite de 75 mg Pt/L previsto na Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2. Já no que diz respeito à turbidez, todos os valores atenderam à referida resolução.

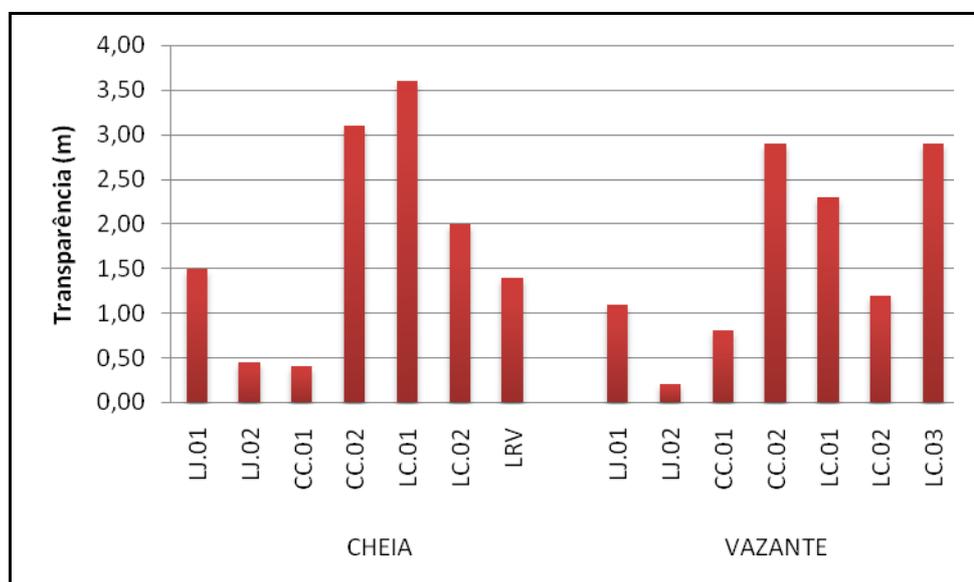


Figura 5-134 - Transparência da água dos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

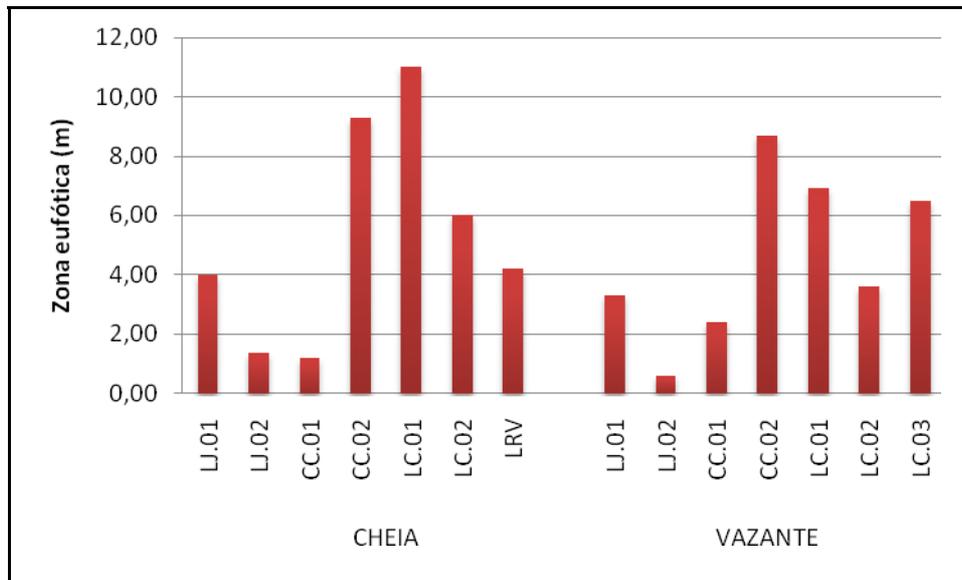


Figura 5-135 - Zona eufótica dos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

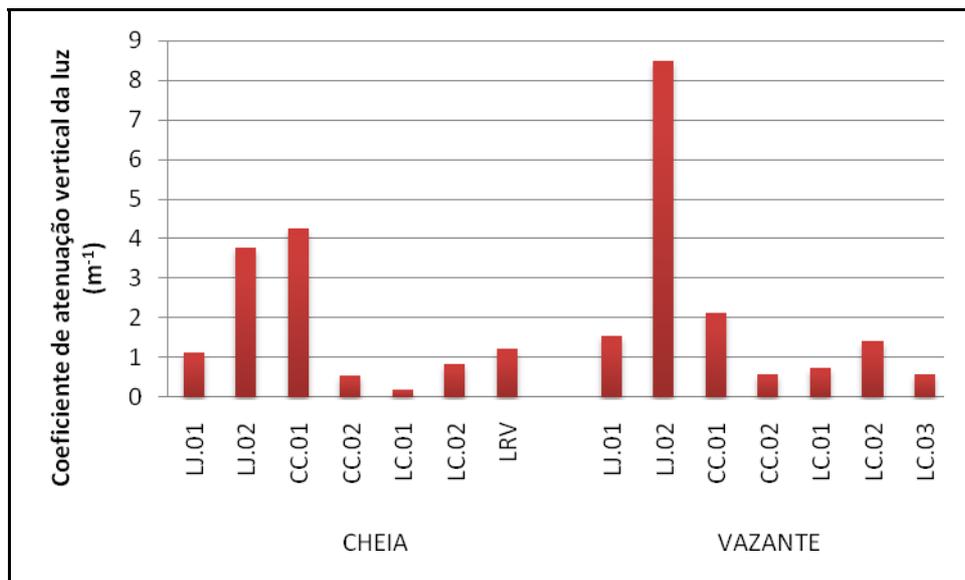


Figura 5-136 - Coeficiente de atenuação vertical da luz nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

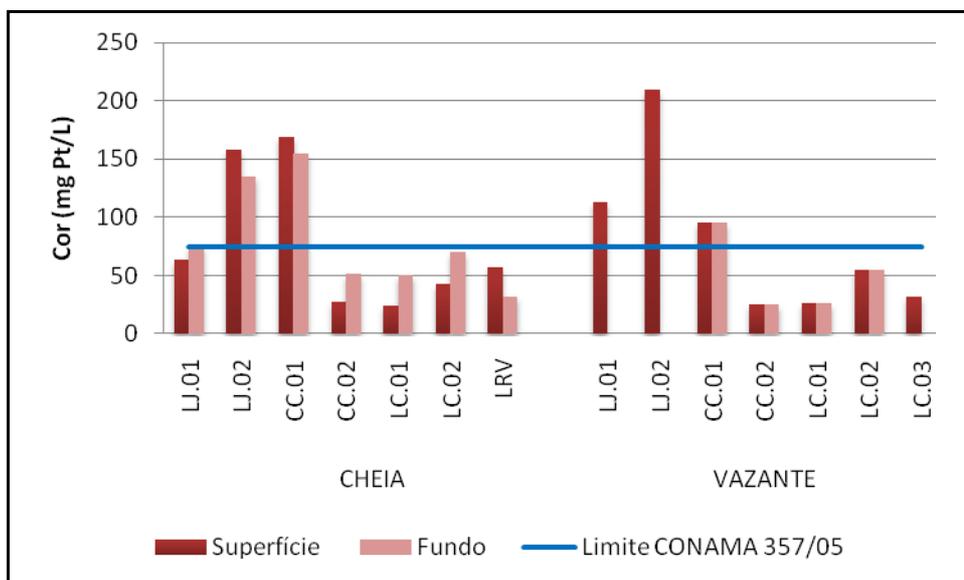


Figura 5-137 - Cor da água nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

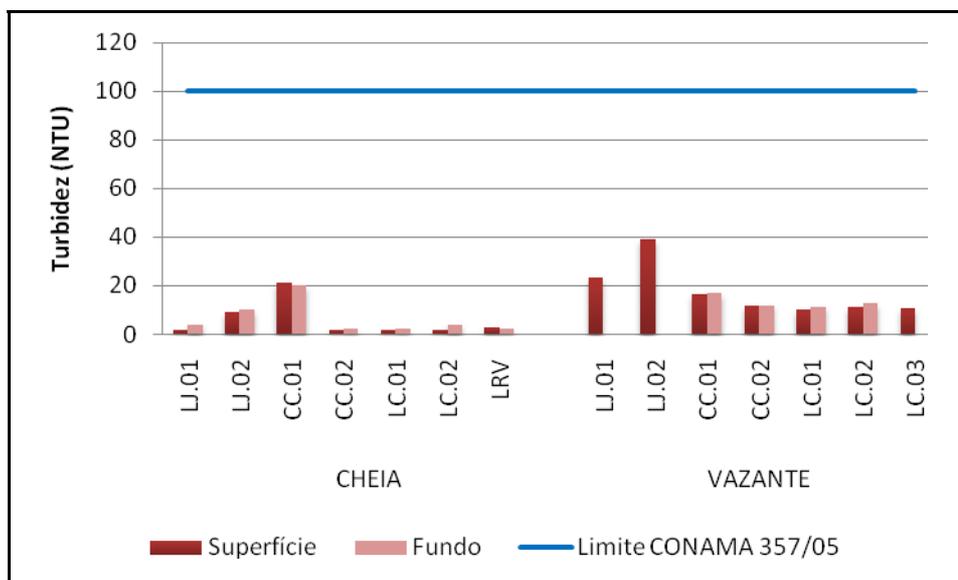


Figura 5-138 - Valores de turbidez nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

▪ Sólidos

Em relação ao tamanho dos sólidos, na cheia a fração dissolvida foi predominante (73%), enquanto que na vazante a relação entre sólidos dissolvidos e suspensos foi equivalente (50%) (Figura 5-139). A concentração média de sólidos totais dissolvidos (STD) foi em média 34 ± 18

mg/L (média ± DP) na cheia, decrescendo para $18,5 \pm 20$ mg/L (média ± DP) na vazante (Figura 5-140).

A concentração de sólidos em suspensão, diferentemente, foi, em média, maior na vazante. Os valores variaram entre 10 mg/L (limite de quantificação do método) na maior parte das estações a 19,2 mg/L (CC 02 fundo), com média de $10,8 \pm 2,5$ mg/L (média ± DP). Na vazante, os valores oscilaram entre 10 mg/L em quatro estações a 175 mg/L (LC 01 fundo), com média de 29 ± 49 mg/L (média ± DP) (Figura 5-141). É possível que a garrafa coletora tenha tocado o sedimento na estação LC 01 fundo, justificando o alto valor observado, que destoou dos demais.

Em relação à volatilidade, a fração volátil foi a mais comum na cheia (73%), sendo que na vazante a relação entre sólidos fixos e sólidos voláteis foi equivalente (50%) (Figura 5-142). A concentração média de sólidos voláteis foi de 40 ± 37 mg/L (média ± DP) na cheia, decrescendo para $19,5 \pm 15,5$ mg/L (média ± DP) na vazante (Figura 5-143). Já os sólidos fixos aumentaram da cheia para a vazante. Enquanto que na cheia a concentração média foi de $11,5 \pm 4$ mg/L (média ± DP), na vazante foi de 27 ± 43 mg/L (média ± DP) (Figura 5-144).

Todos os valores de sólidos totais dissolvidos atenderam à Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2.

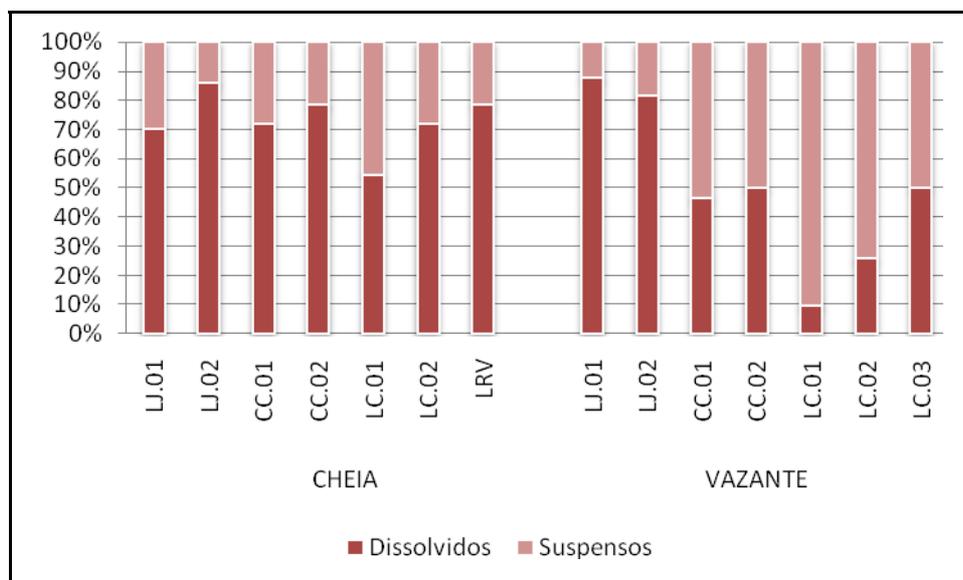


Figura 5-139 - Composição dos sólidos totais em relação ao tamanho das partículas nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

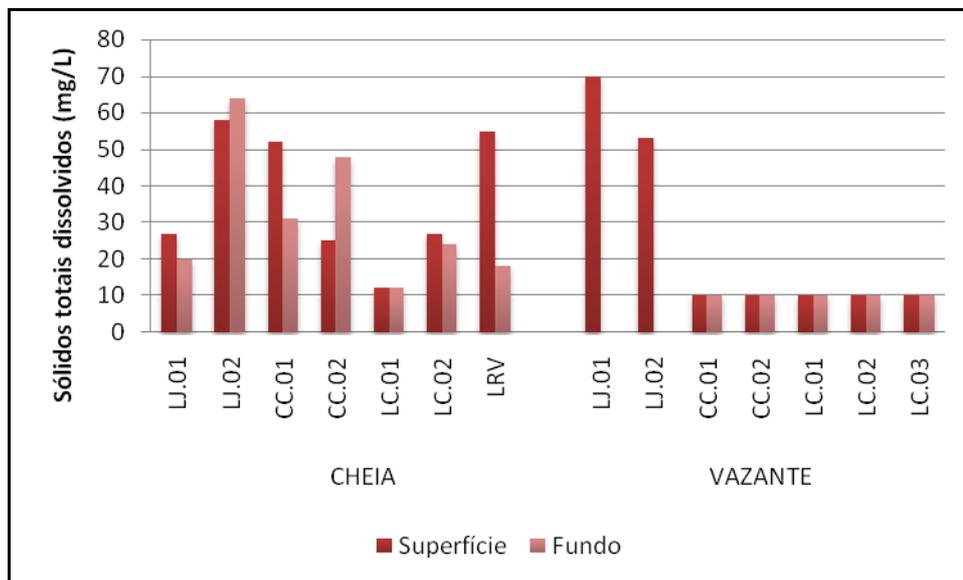


Figura 5-140 - Concentrações de sólidos totais dissolvidos nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite permitido segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de 500 mg/L.

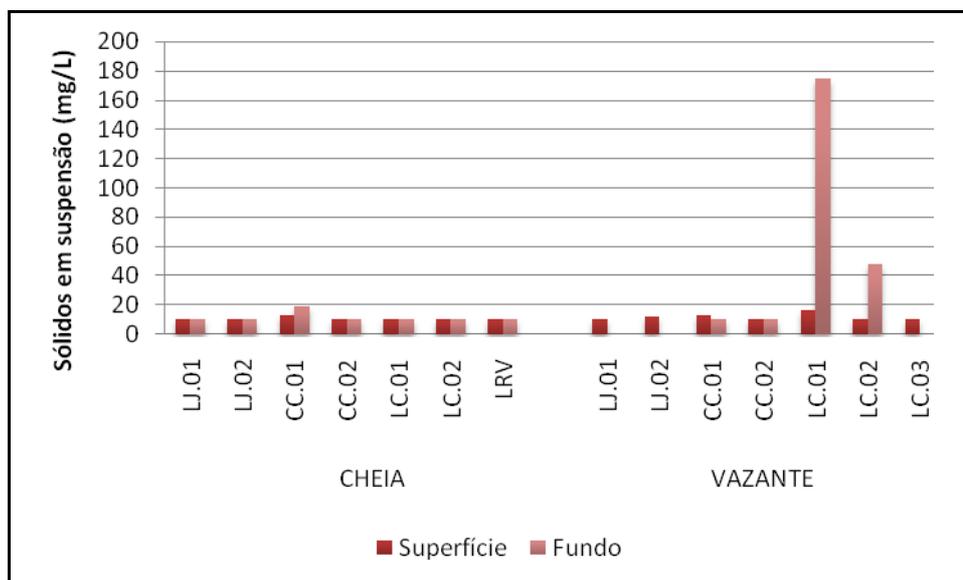


Figura 5-141 - Concentrações de sólidos em suspensão nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

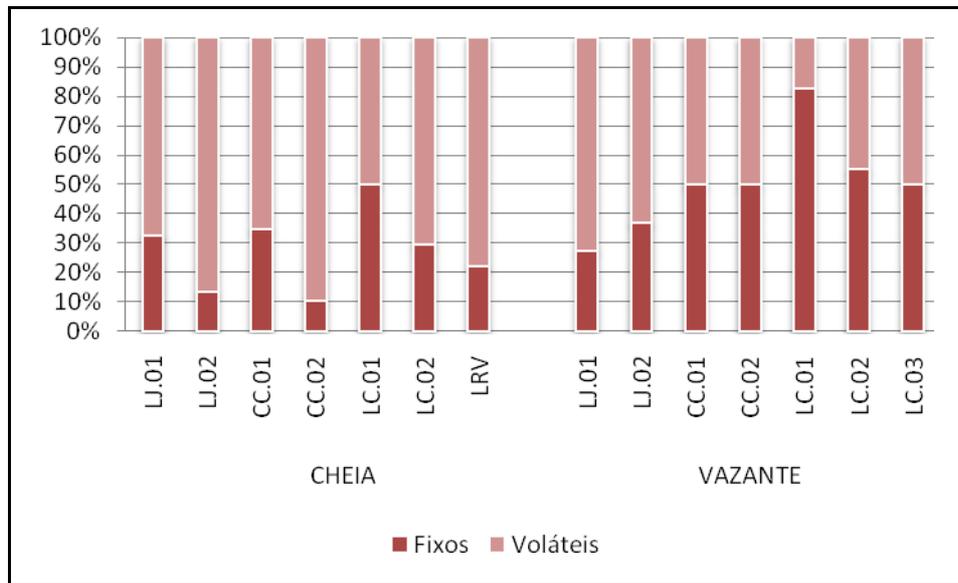


Figura 5-142 - Composição dos sólidos totais em relação à volatilidade nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

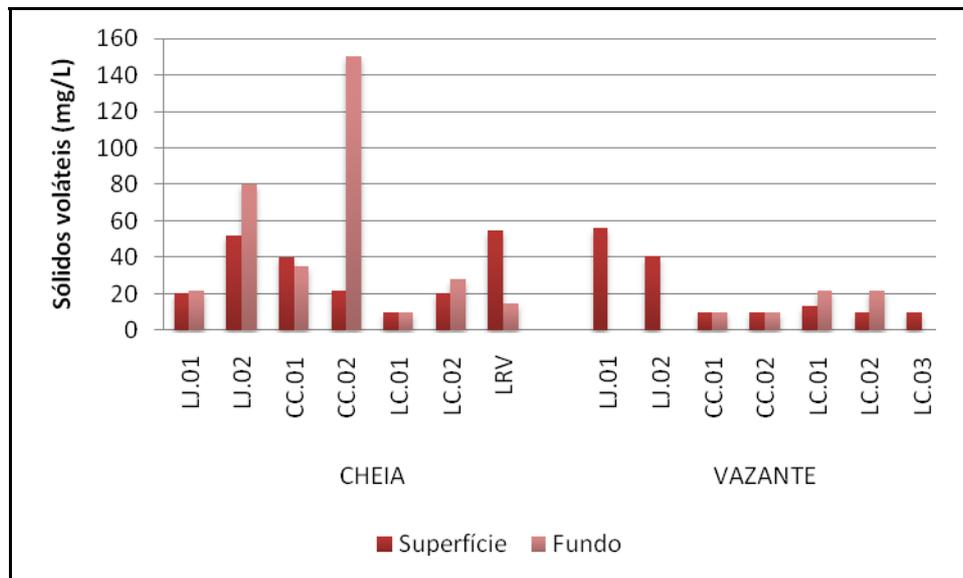


Figura 5-143 - Concentrações de sólidos voláteis nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

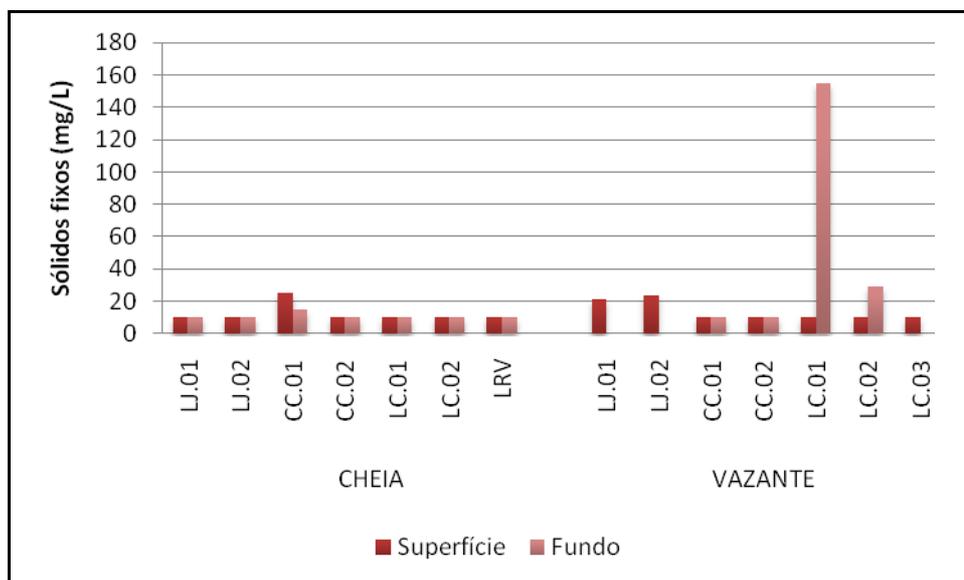


Figura 5-144 - Concentração de sólidos fixos nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

5.3.2 - Física B

▪ Temperatura da água

O comportamento térmico dos lagos e canais foi diferente daquele observado nos rios, uma vez que a dinâmica lacustre, marcada por menor turbulência da água, permite que o calor seja distribuído de maneira desigual nas distintas camadas da coluna d'água. Desta forma, houve variação na temperatura no gradiente vertical em alguns lagos amostrados, como pode ser visto na Figura 5-145, com estratificação térmica considerável, como no lago Rio Verde (LRV) e no lago Pau D'arco (LJ 02) na cheia. A temperatura média da água na cheia foi de $28,4 \pm 2^\circ\text{C}$ (média \pm DP), enquanto que na vazante a média foi de $27,1 \pm 1,1^\circ\text{C}$ (média \pm DP). A estratificação térmica foi mais pronunciada na cheia, sendo que neste período a temperatura média do epilímnio dos lagos e canais foi de $29,7 \pm 1,6^\circ\text{C}$ (média \pm DP), ao passo que a do hipolímnio foi de $27,2 \pm 1,5^\circ\text{C}$ (média \pm DP). Já na vazante, epilímnio e hipolímnio tiveram concentrações mais próximas, com média de $27,6 \pm 1,2^\circ\text{C}$ (média \pm DP) no epilímnio e de $26,3 \pm 0,5^\circ\text{C}$ no hipolímnio. Cabe ressaltar também que a estação CC 01, situada na foz do lago do Cuniã, próxima ao rio Madeira, não se estratificou em nenhum dos dois períodos analisados, mostrando que a dinâmica térmica deste ambiente é bastante semelhante à do rio Madeira.

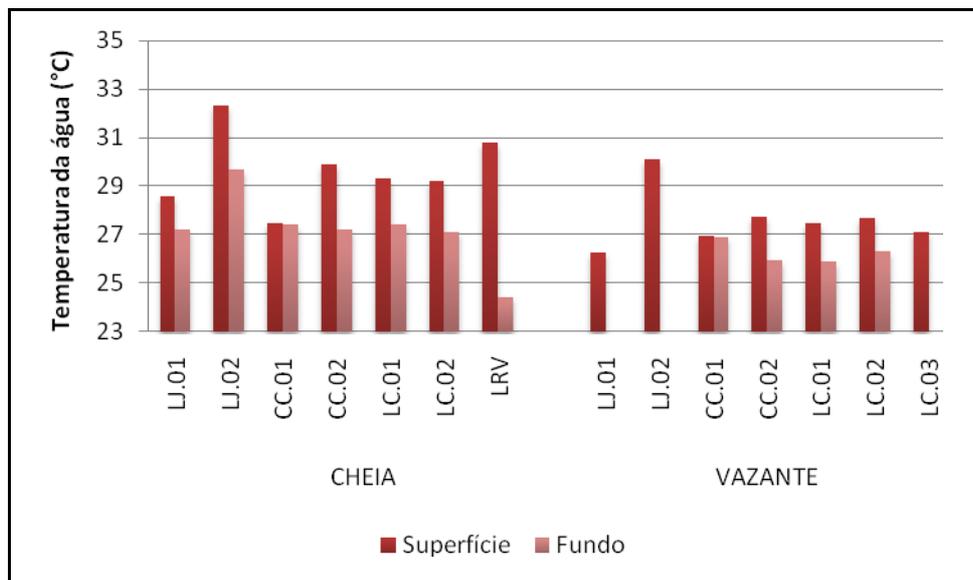


Figura 5-145 - Temperatura da água nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

5.3.3 - Físico-químicas e Químicas II

▪ Condutividade elétrica

Na cheia, a condutividade elétrica oscilou entre 1,06 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (CC 02) e 8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (CC 01), com média de $3,5 \pm 2,7 \mu\text{S}/\text{cm}$ (média \pm DP). O aumento nas concentrações de alguns íons na vazante, como o Ca^{2+} , K^{+} e o Mg^{2+} , fez com que a condutividade aumentasse neste período, sendo que a concentração média foi de $25 \pm 19 \mu\text{S}/\text{cm}$ (média \pm DP), com os valores variando entre 11 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (CC 02 superfície e LC 01 superfície) e 79 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (LJ 02) (Figura 5-146).

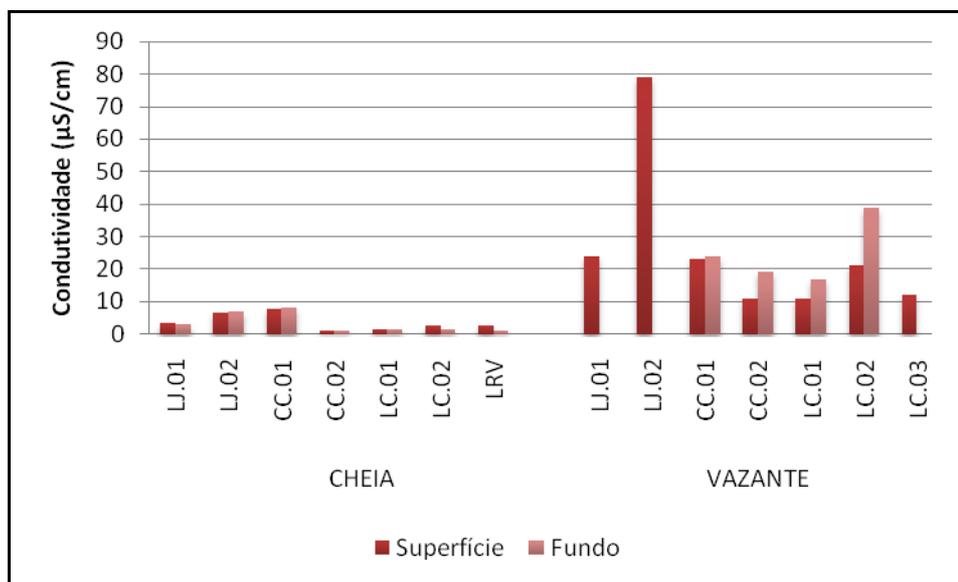


Figura 5-146 - Condutividade elétrica nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

▪ Potencial hidrogeniônico (pH), acidez, alcalinidade e dureza

O pH manteve-se relativamente constante nos dois períodos analisados. Na cheia, o pH médio foi $5,5 \pm 0,3$ (média \pm DP), ao passo que na vazante foi $5,7 \pm 0,2$ (média \pm DP) (Figura 5-147). Como pode ser observado, não houve variação significativa nos valores de pH dos diferentes ambientes amostrados. Contudo, o pH do hipolímnio dos diferentes ambientes tendeu a ser suavemente mais ácido, uma vez que nesta camada as taxas de respiração superam as de produção, com maior liberação de gás carbônico do que no epilímnio, podendo haver formação de ácido carbônico e elevação da acidez do meio.

A alcalinidade foi maior na vazante, quando os teores do íon bicarbonato aumentaram. Na cheia, os valores oscilaram entre 1 meq/L (CC 02, LC 01 e LC 02) e 12 meq/L (CC 01), com média de $4 \pm 4,2$ meq/L (média \pm DP). Já na vazante, o menor valor foi 4 meq/L (LC 03) e o maior foi 11 meq/L (LJ 02 e CC 01), com média de $6,6 \pm 2,6$ meq/L (média \pm DP) (Figura 5-148). A alcalinidade foi sempre maior na estação CC 01, fortemente influenciada pelo pulso de inundação do rio Madeira, ambiente com teores de bicarbonato mais altos.

A dureza esteve sempre abaixo do limite de quantificação do método adotado (2 mg/L) na cheia. Por outro lado, todas as estações tiveram valores detectáveis na vazante, uma vez que as concentrações de cálcio aumentaram consideravelmente neste período. Com isso, a dureza média foi de $6,5 \pm 4,8$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-149). Segundo a classificação proposta

por Richter e Netto (1991), os lagos e canais podem ser considerados de “água mole”. A dureza dos lagos e canais foi determinada mais pelo cálcio (Figura 5-150) do que pelo magnésio (Figura 5-151).

O pH não atendeu ao intervalo previsto na Resolução CONAMA 357/05 para corpos d’água de classe 2 (6 a 8) somente nas estações CC 01 na cheia e LJ 02 na vazante.

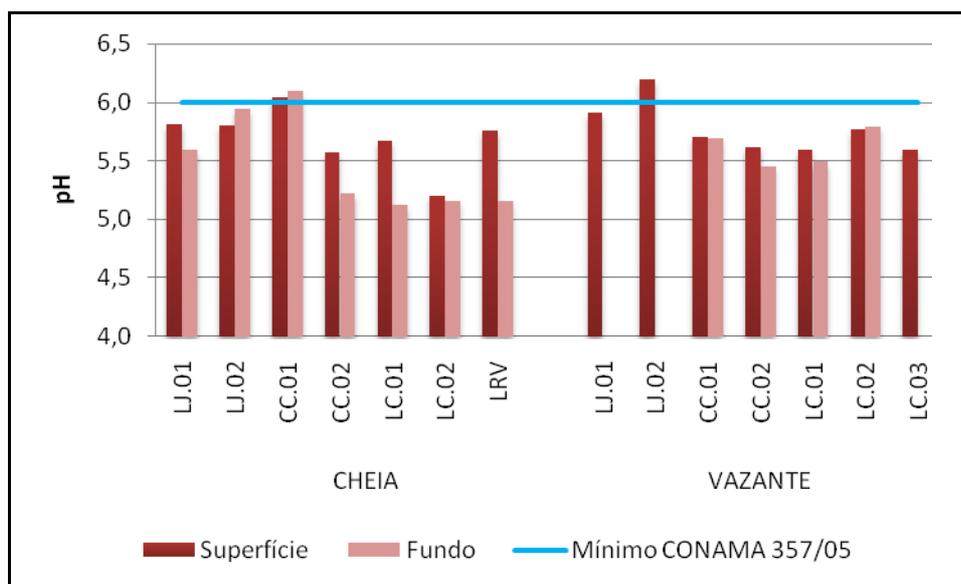


Figura 5-147 - Valores de pH dos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O intervalo permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é entre 6 e 9.

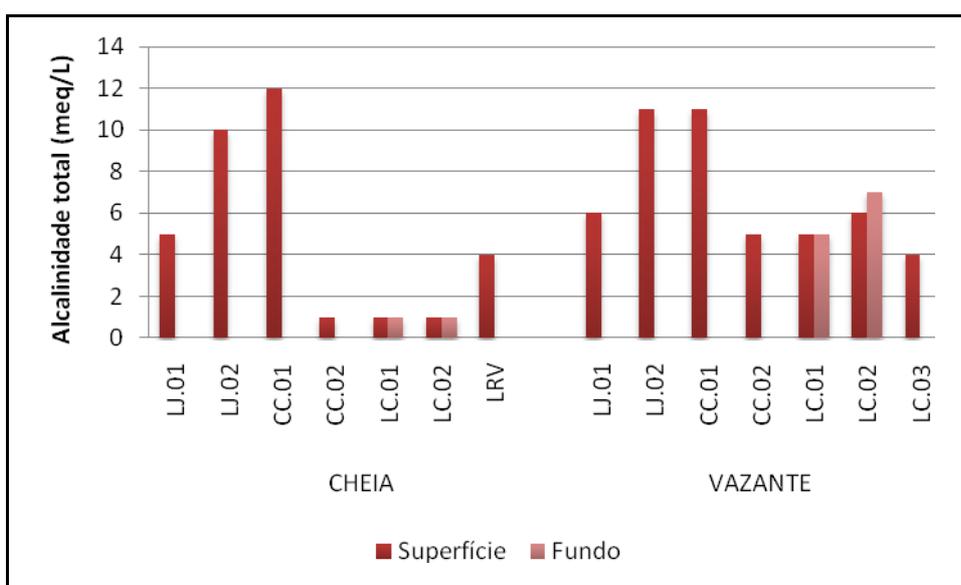


Figura 5-148 - Alcalinidade total dos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

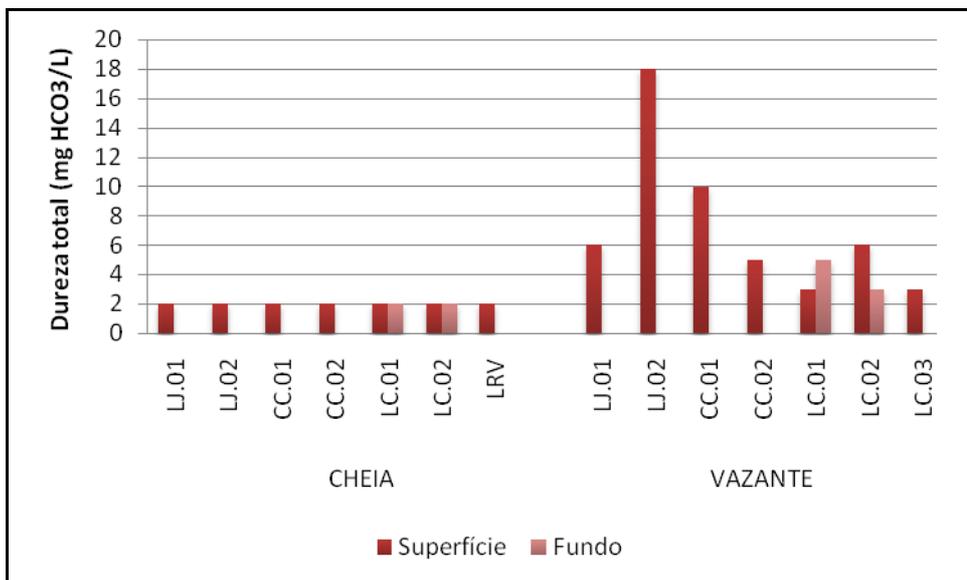


Figura 5-149 - Dureza total nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

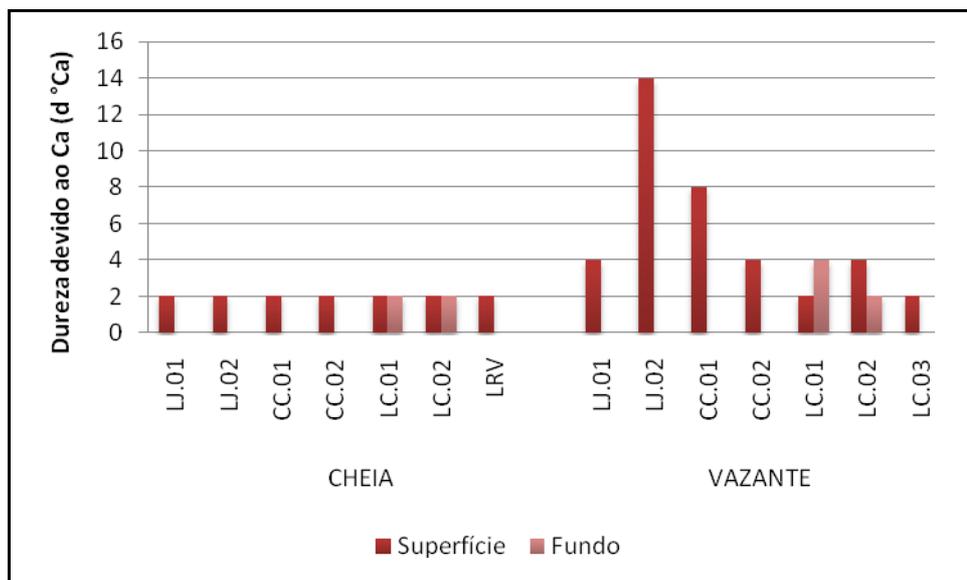


Figura 5-150 - Dureza devido ao cálcio nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

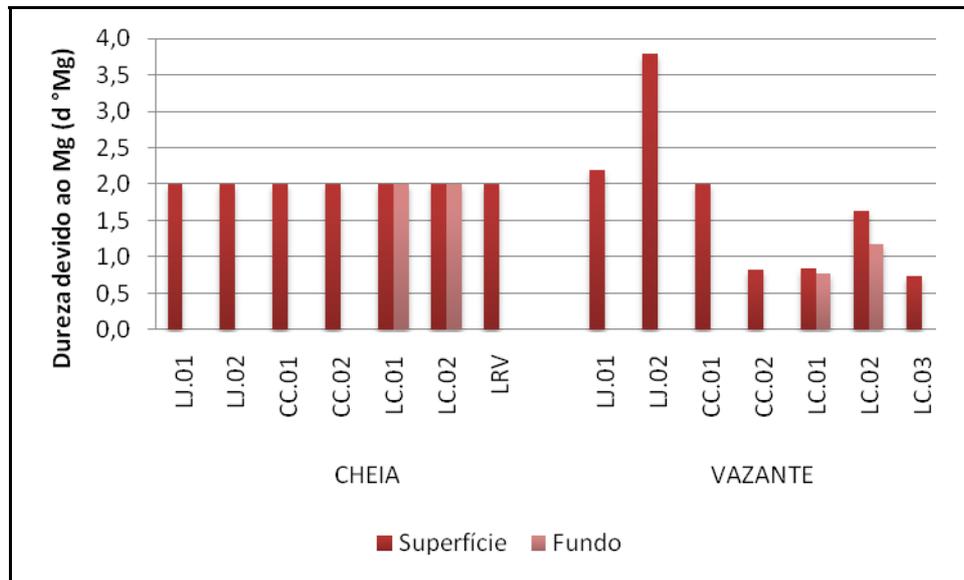


Figura 5-151 - Dureza devido ao magnésio na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

5.3.4 - Químicas III

▪ Íons principais

A presença de cátions nos lagos e canais na cheia foi irrelevante, uma vez que as análises estiveram todas abaixo do limite de quantificação. Já em relação aos ânions, o bicarbonato foi o mais abundante, respondendo por 78% do total na cheia e por 91% na vazante. A contribuição do sulfato foi ínfima nos dois períodos (2%) e a do cloreto foi de 20% e 7%, respectivamente (Figura 5-152).

As análises de sódio (Na^+) estiveram abaixo do limite de quantificação do método adotado (0,100 mg/L) nos dois períodos, sendo que a única exceção foi a estação LJ 02 na vazante (0,200 mg/L) (Figura 5-152).

O potássio (K^+) apresentou-se abaixo do limite de sensibilidade do método analítico (0,100 mg/L) na cheia. Já na vazante, todas as concentrações foram detectáveis, com as concentrações variando entre 0,300 mg/L (LC 03) a 1,000 mg/L (LJ 02), exibindo média de $0,500 \pm 0,210$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-153).

As concentrações de cálcio (Ca^{2+}) também foram inferiores ao limite de detecção do método (0,100 mg/L) na cheia. Em contrapartida, houve considerável aumento na vazante, quando a

concentração média foi de $1,9 \pm 1,5$ mg/L (média \pm DP), com os valores oscilando entre 0,8 mg/L (LC 01 superfície, LC 02 fundo e LC 03) e 5,6 mg/L (LJ 02) (Figura 5-154).

Quanto ao magnésio (Mg^{2+}), as concentrações não foram detectáveis na cheia ($<0,030$ mg/L). Na vazante, os valores oscilaram entre 0,170 mg/L (LC 03) e 0,930 mg/L (LC 02), com média de $0,370 \pm 0,240$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-155). Como pode ser notado, as maiores concentrações de cátions estiveram presentes na estação LC 02, fato que corrobora com a alta condutividade elétrica observada nesta estação.

As concentrações de cloreto (Cl^-) foram maiores na cheia, quando a média foi de $1 \pm 0,430$ mg/L (média \pm DP). Já na vazante, todos os valores estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico adotado (0,500 mg/L) (Figura 5-156). As concentrações de sulfato (SO_4^{2-}) não foram detectáveis em nenhuma estação na cheia ($<0,100$ mg/L), sendo que, na vazante, somente as estações LJ 01 e LC 03 apresentaram valores detectáveis (0,300 mg/L em ambas) (Figura 5-157).

O bicarbonato variou de 1 mg/L (CC 02, LC 01 e LC 02) na cheia a 12 mg/L (CC 01), com média de $4 \pm 4,2$ mg/L (média \pm DP). Na vazante, os valores estiveram entre 4 mg/L (LC 03) e 11 mg/L (LJ 02 e CC 01), exibindo média de $6,6 \pm 2,6$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-158). As concentrações foram mais altas, tanto na cheia como na vazante, nas estações mais próximas ao rio Madeira (LJ 01, LJ 02 e CC 01) e que, por isso, sofrem maior influência da hidroquímica deste ambiente, que possui altas concentrações de bicarbonato.

Todos os valores de sulfato e de cloreto atenderam à Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2, como é o caso dos lagos e canais marginais amostrados.

Quadro 5-2 - Composição iônica média nos lagos e canais, em porcentagem, durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). A presença de outros cátions e ânions foi considerada irrelevante e a ocorrência de cátions na cheia não foi detectada pelo método de análise utilizado.

Íons		%	
		Cheia	Vazante
Cátions	Ca ²⁺	-	-
	K ⁺	-	-
	Na ⁺	-	-
	Mg ²⁺	-	-
	Total	-	-
Ânions	HCO ₃ ⁻	78	91
	Cl ⁻	20	7
	SO ₄ ²⁻	2	2
	Total	100	100

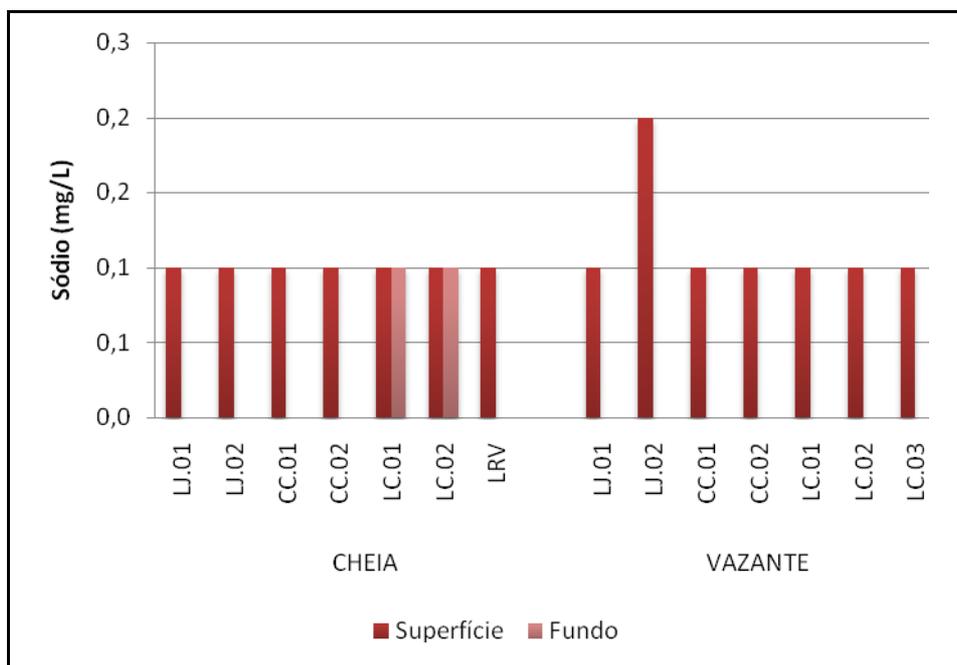


Figura 5-152 - Figura 6-154: Concentrações de sódio (Na⁺) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

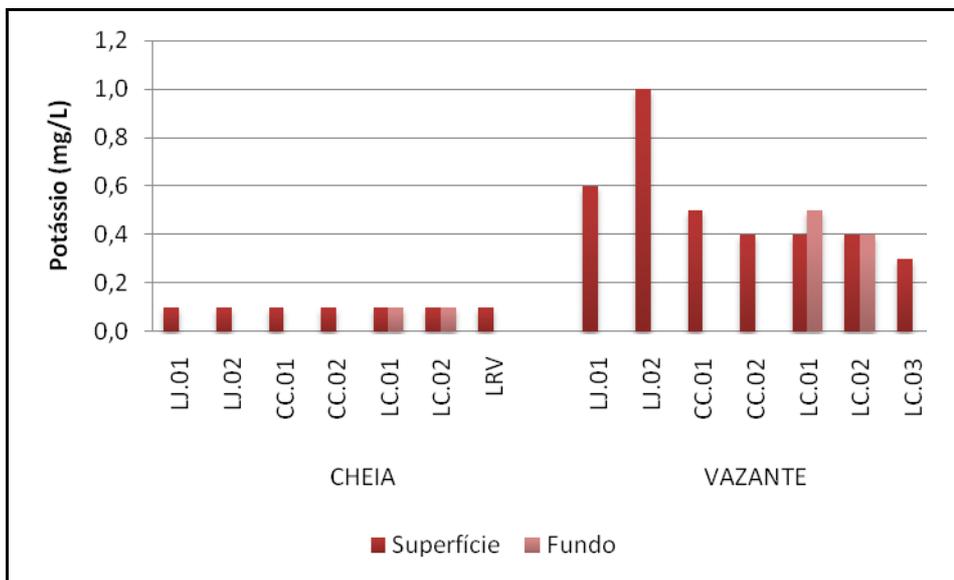


Figura 5-153Figura 6-155: Concentrações de potássio (K⁺) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

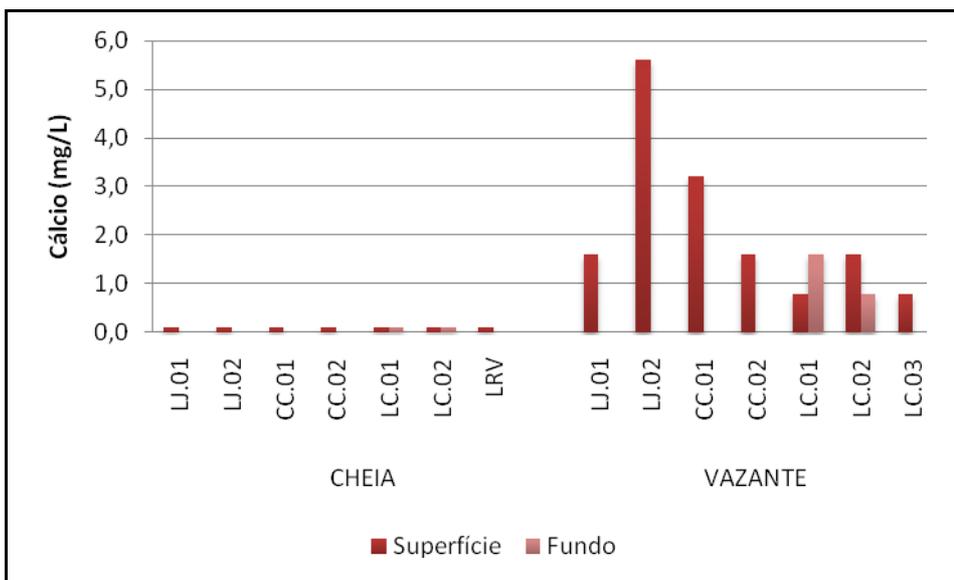


Figura 5-154 - Concentrações de cálcio (Ca²⁺) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009)

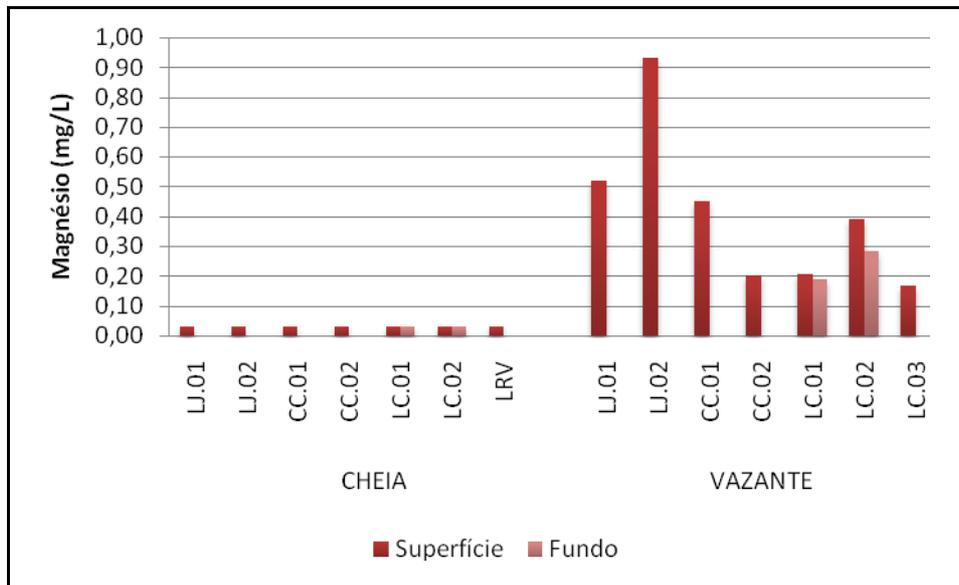


Figura 5-155 - Concentrações de magnésio (Mg^{2+}) nos lagos e canais no período de cheia (março/abril 2009) e no período de vazante (junho 2009).

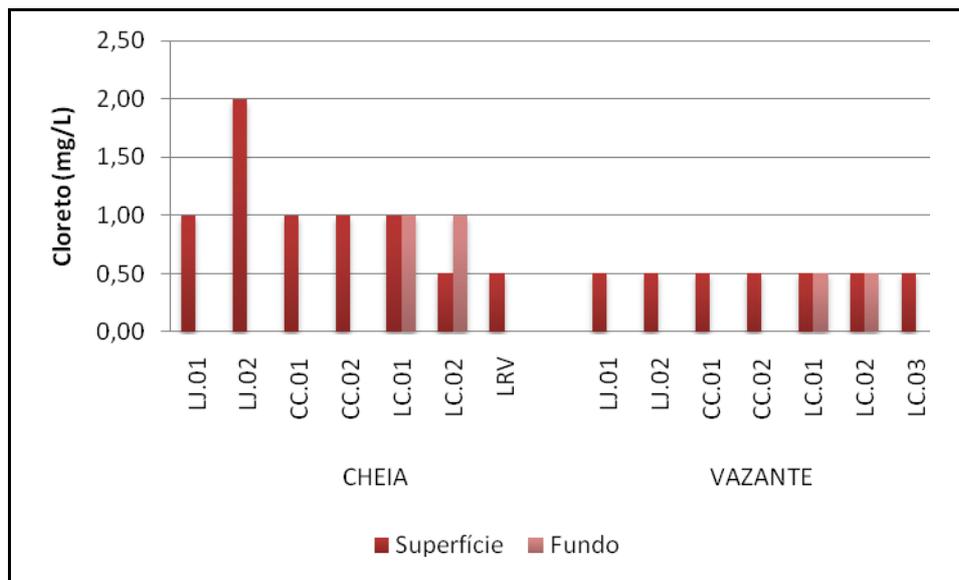


Figura 5-156 - Concentrações de cloreto (Cl^-) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 250 mg/L.

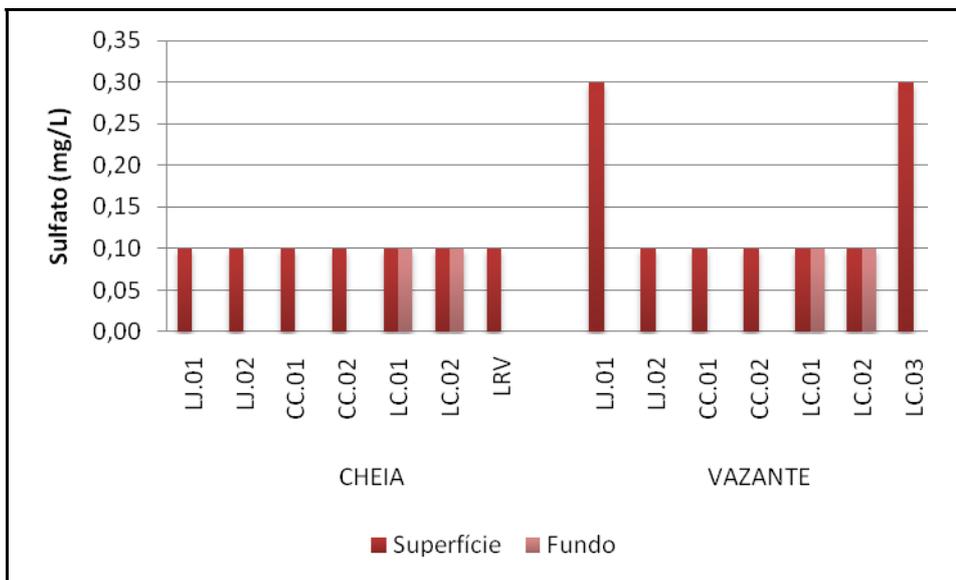


Figura 5-157 - Concentrações de sulfato (SO_4^{2-}) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 250 mg/L.

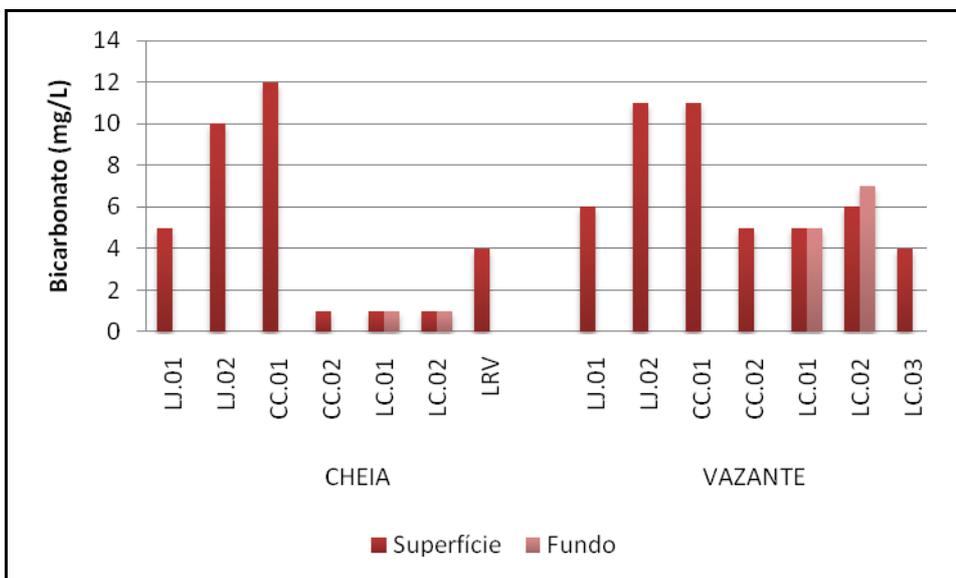


Figura 5-158 - Concentrações de bicarbonato (HCO_3^-) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

5.3.5 - Químias I-A

▪ Oxigênio dissolvido e saturação

A oxigenação da coluna d'água foi, em média, maior na cheia do que na vazante. A concentração média de oxigênio dissolvido (OD) na cheia foi de $6,5 \pm 0,2$ mg/L (média \pm DP). Neste período, não foram feitas medições nas estações LC 01, LC 02 e LRV. O OD decresceu bruscamente na vazante, quando as concentrações variaram entre 0,2 mg/L (CC 01) e 4,8 mg/L (CC 02), com média de 2 ± 2 mg/L (média \pm DP) (Figura 5-159). Todos os lagos e canais tiveram condições anóxicas no hipolímnio na vazante, com a concentração média nesta camada sendo de $0,1 \pm 0,1$ mg/L (média \pm DP). Em relação à saturação de oxigênio, a média na cheia foi de $81 \pm 3\%$ (média \pm DP), decaindo para $25 \pm 25\%$ (média \pm DP) na vazante (Figura 5-160).

Na cheia, todos os valores de OD atenderam ao limite mínimo de 5 mg/L previsto na Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2. Em contrapartida, todas as estações apresentaram concentrações de OD inferiores ao limite supracitado na vazante.

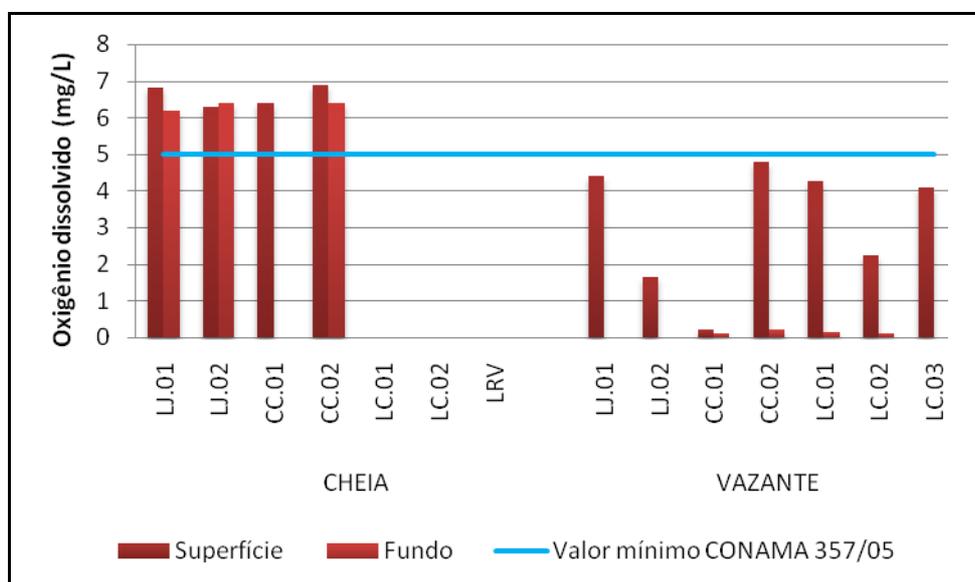


Figura 5-159 - Concentrações de oxigênio dissolvido (OD) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). LC 01, LC 02 e LRV não foram amostrados na cheia.

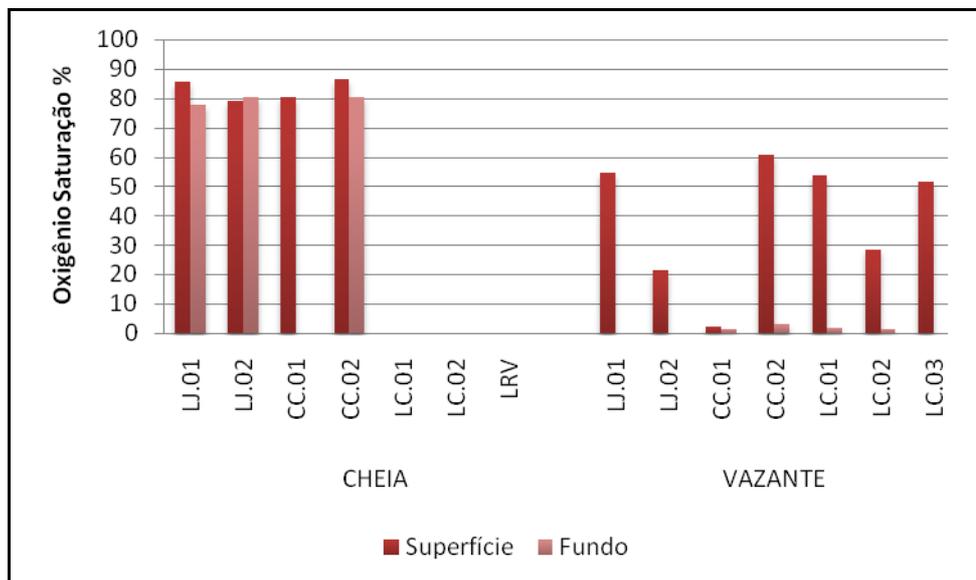


Figura 5-160 - Saturação de oxigênio nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

5.3.6 - Químicas I-B, I-C, I-D

- Demanda química de oxigênio (DQO), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e Carbono bioquimicamente oxidável (C.DBO)

A DQO teve seus mais altos valores na cheia, variando de 6,7 mg/L (LRV) a 33 mg/L (LJ 02), e exibindo uma média de $15 \pm 9,8$ mg/L (média \pm DP). Os valores decresceram na vazante, quando a média foi de $9,1 \pm 12,8$ mg/L (média \pm DP), com as demandas oscilando entre 1 mg/L (LJ 01) e 37 mg/L (LJ 02) (Figura 5-161). A estação LJ 02 foi a que apresentou os valores mais altos de DQO, fato que corrobora com as concentrações de sólidos totais encontradas nesse local.

A DBO foi em média de $3,5 \pm 2,6$ mg/L (média \pm DP) na cheia. Na vazante, somente a estação LJ 02 (3 mg/L) apresentou DBO acima do limite de detecção do método utilizado (1 mg/L) (Figura 5-162). Já o C.DBO foi em média de $0,19 \pm 0,13$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de $1,2 \pm 0,7$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-163).

A DBO requereu em média $19 \pm 9\%$ (média \pm DP) do oxigênio presente na água na cheia e $117 \pm 178\%$ (Figura 5-164) na vazante. Cabe salientar que o alto consumo do oxigênio presente requerido pela DBO na vazante se deveu ao fato de as concentrações deste elemento terem sido baixas em algumas estações neste período. Além disso, o oxigênio presente foi em média $53 \pm 32\%$ (média \pm DP) da DQO na cheia e $142 \pm 156\%$ (média \pm DP) na vazante (Figura 5-165),

o que quer dizer que suas concentrações não foram suficientes para atender à DQO na cheia, apesar de terem sido suficientes na vazante. Portanto, o oxigênio presente não foi suficiente, em média, para atender às demandas, uma vez que foi $47 \pm 27\%$ (média \pm DP) destas na cheia e $88 \pm 82\%$ (média \pm DP) na vazante (Figura 5-166)

A DQO foi, geralmente, maior do que a DBO, mostrando que a maior parte dos compostos demandadores de oxigênio nas águas dos lagos e canais são inorgânicos ou orgânicos refratários, de difícil decomposição. Isso é evidenciado pelo fato de que a DBO foi em média $9 \pm 5\%$ (média \pm DP) da DQO na cheia e $36 \pm 32\%$ (média \pm DP) na vazante (Figura 5-167).

Em relação à Resolução CONAMA 357/05, as estações MUC, JAT I e JAT II não atenderam ao limite para DBO de 5 mg/L para corpos d'água de classe 2 na cheia. Por outro lado, todos os valores estiveram dentro do limite reportado acima na vazante. Entretanto, cabe salientar que os valores de DBO acima do padrão nas estações supracitadas é uma condição natural, uma vez que JAT I e JAT II, por exemplo, são igarapés que recebem considerável aporte de material orgânico da vegetação circundante.

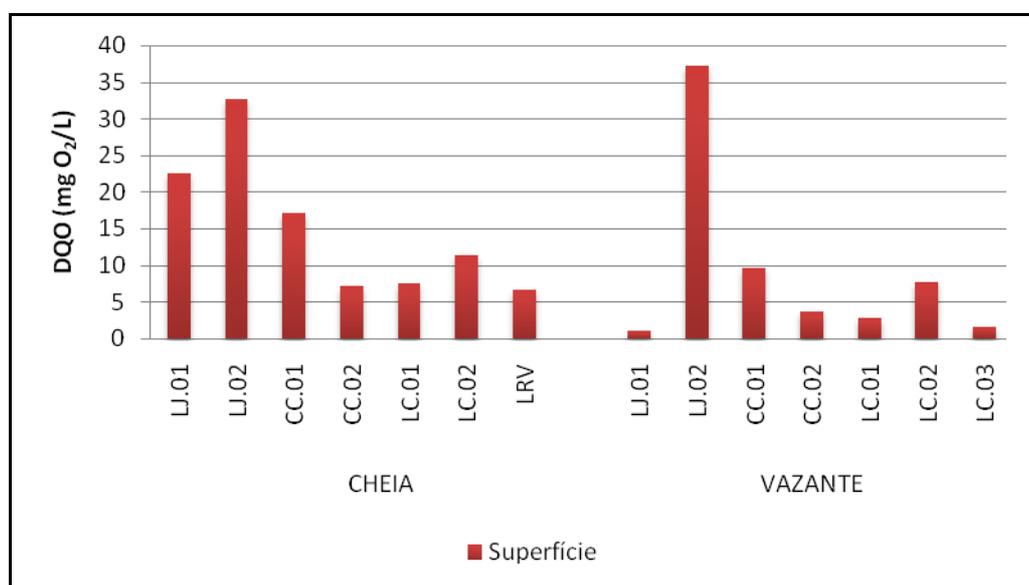


Figura 5-161 - Demanda química de oxigênio (DQO) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

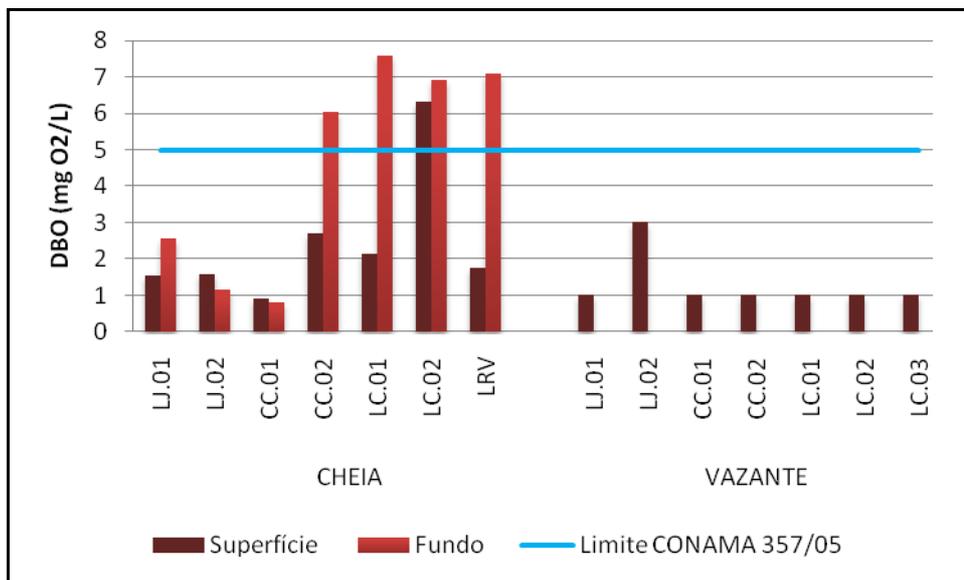


Figura 5-162 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

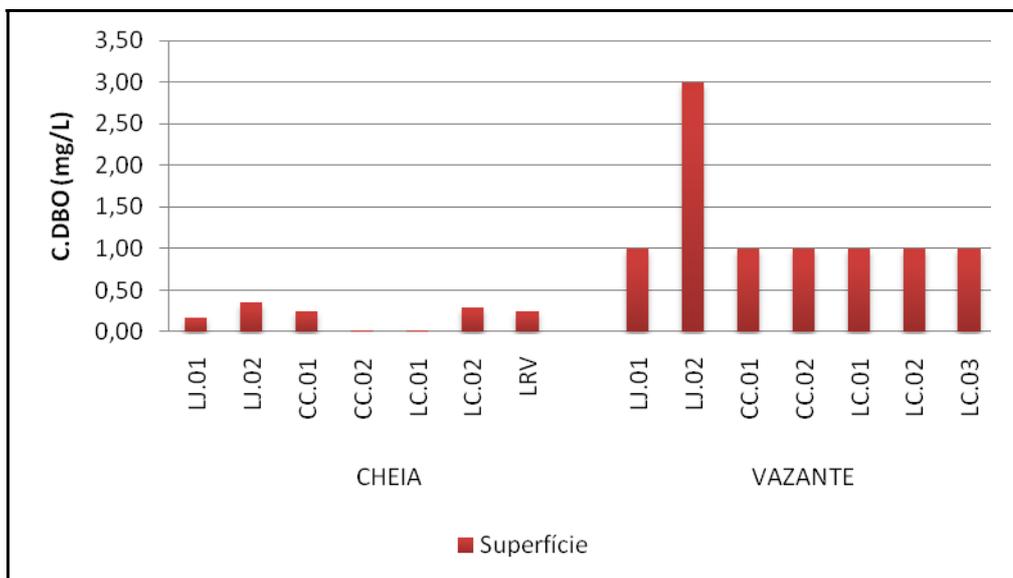


Figura 5-163 - Carbono bioquimicamente oxidável (C.DBO) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

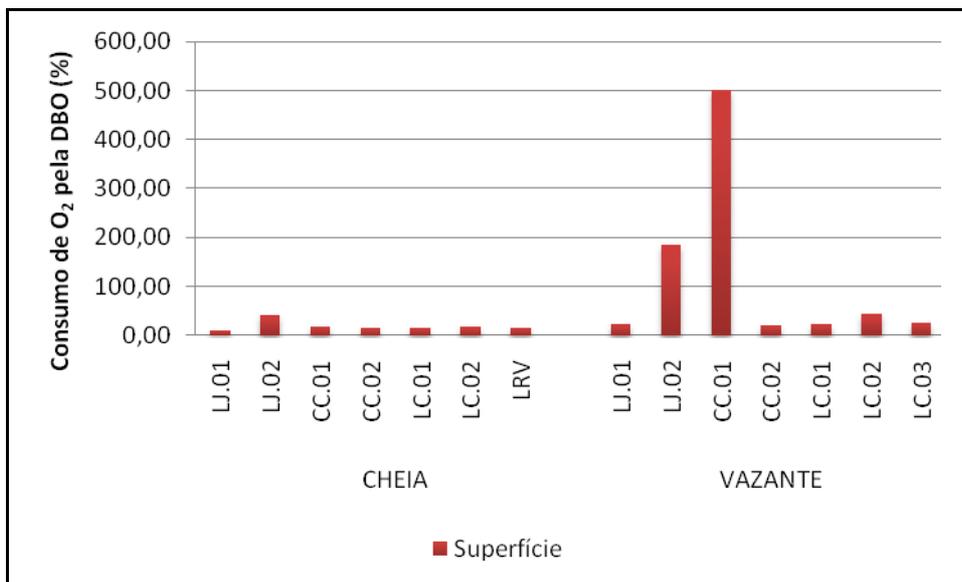


Figura 5-164 - Consumo de oxigênio pela DBO (DBO/O₂), em porcentagem, nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

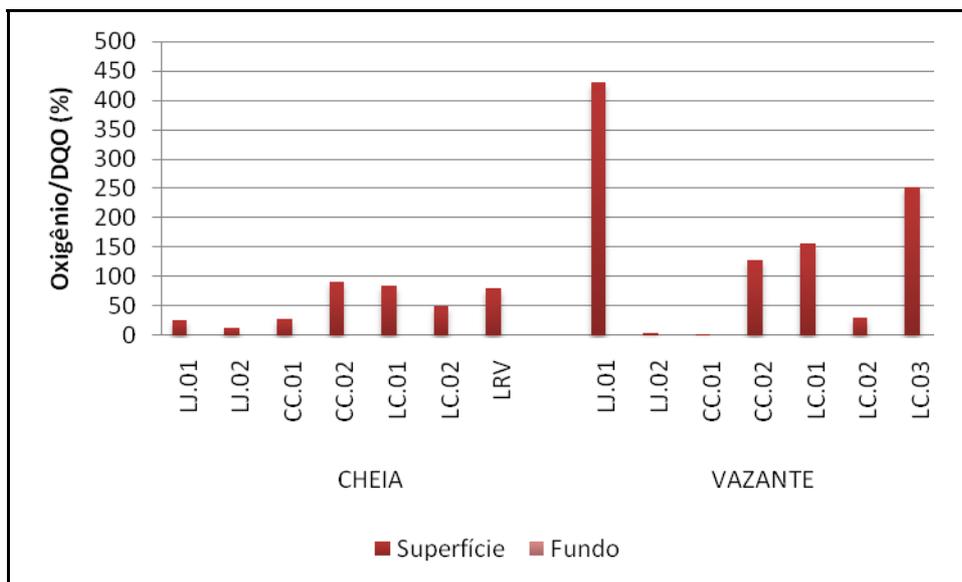


Figura 5-165 - Porcentagem de oxigênio em relação à DQO (O₂/DQO) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

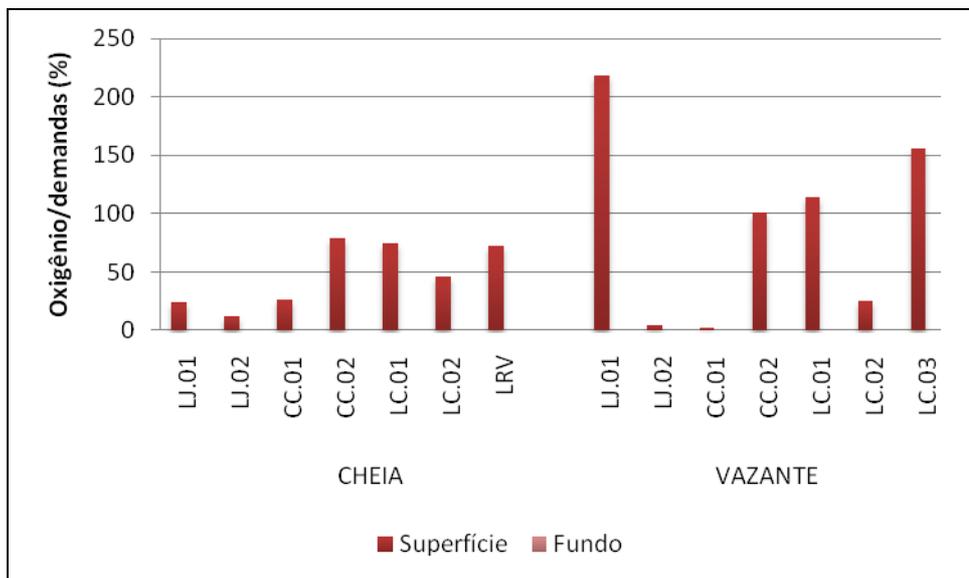


Figura 5-166 - Porcentagem de oxigênio em relação às demandas ($O_2/DQO + DBO$) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

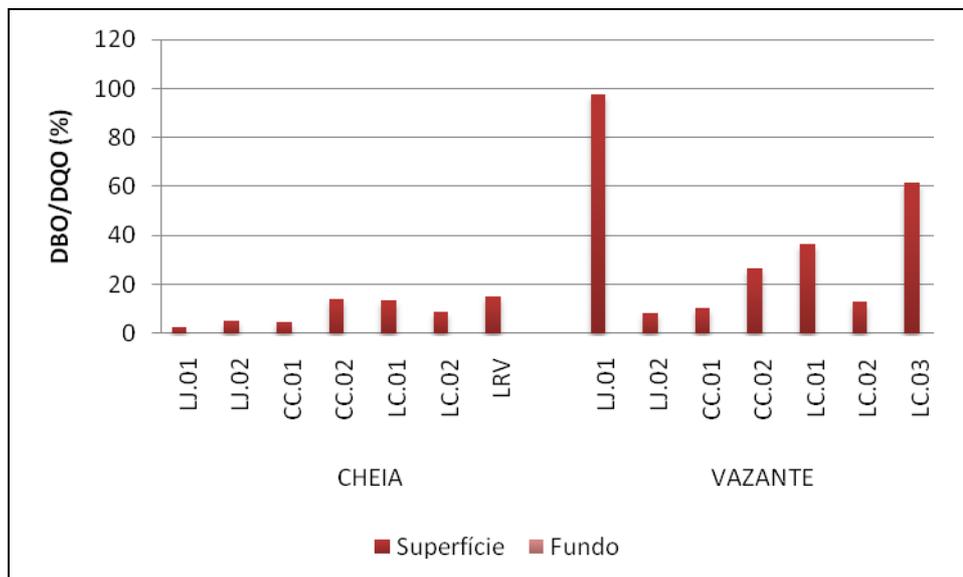


Figura 5-167 - Porcentagem da DBO em relação à DQO nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

▪ Carbono

A concentração de carbono total (CT) nos lagos e canais foi constante nos dois períodos. Na cheia, a média foi de $11,9 \pm 7,2$ mg/L (média \pm DP), ao passo que na vazante foi de $11,9 \pm 6,7$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-168). Houve variação espacial nas concentrações em ambos os

períodos, já que se trata de ambientes que são afetados de maneira diferente pelo pulso de inundação. Contudo, não houve variação sazonal nas concentrações de CT. Na cheia, o carbono orgânico foi a fração predominante (57%), enquanto que na vazante a forma predominante foi a inorgânica (53%) (Figura 5-169).

As concentrações de carbono inorgânico (CI) aumentaram discretamente da cheia para a vazante. Na cheia, os valores variaram de 1 mg/L (CC 02, LC 01 e LC 02) a 12 mg/L (CC 01), com média de $5 \pm 4,9$ mg/L (média \pm DP). Já na vazante, as concentrações oscilaram de 4 mg/L (LC 03) a 11 mg/L (LJ 02 e CC 01), com média de $6,7 \pm 3$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-170). As maiores concentrações de CI ocorreram sempre na estação do canal do lago do Cuniã mais próxima ao rio Madeira (CC 01) que, por esta razão, sofre maior influência do pulso de inundação do rio. Há de se ressaltar também que não houve variação sazonal nas concentrações, embora tenha havido variação espacial.

O carbono orgânico total (COT) variou de 1,2 mg/L (LRV) a 12 mg/L (LJ 02) na cheia, com média de $6,1 \pm 3,8$ mg/L (média \pm DP). Na vazante, a variação espacial foi um pouco maior, com as concentrações oscilando de 3 mg/L (CC 02) a 21 mg/L (LC 03), exibindo uma média de $4,9 \pm 3,9$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-171). Em ambos os períodos amostrados, o carbono orgânico refratário (COR) representou a maior parte do carbono orgânico, respondendo por $69 \pm 25\%$ (média \pm DP) na cheia e por $78 \pm 9\%$ (média \pm DP) na vazante. A concentração média de COR na cheia foi de $4,9 \pm 3,4$ mg/L (média \pm DP), enquanto que na vazante foi de $3,6 \pm 3,2$ (média \pm DP) (Figura 5-172).

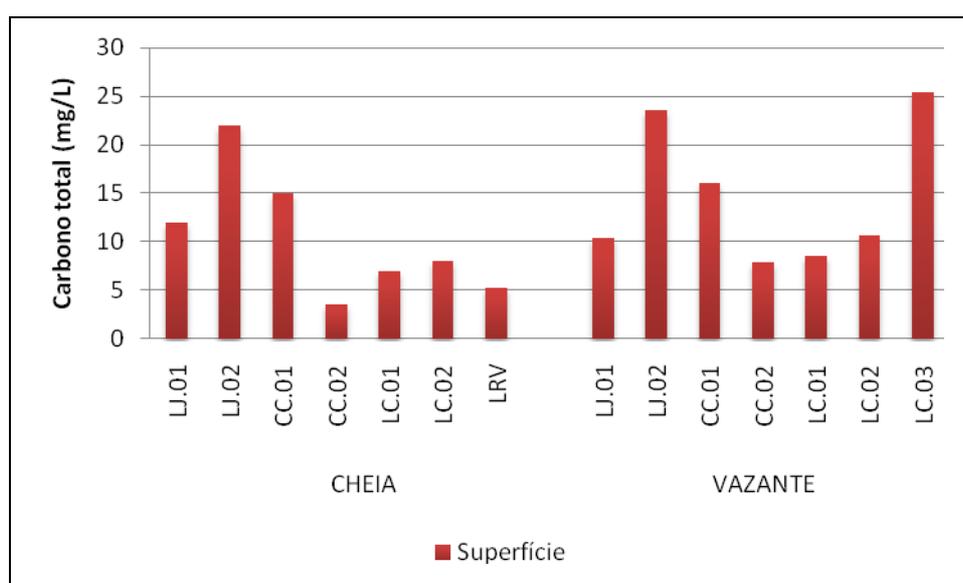


Figura 5-168 - Concentrações de carbono total (CT) nos lagos e canais durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

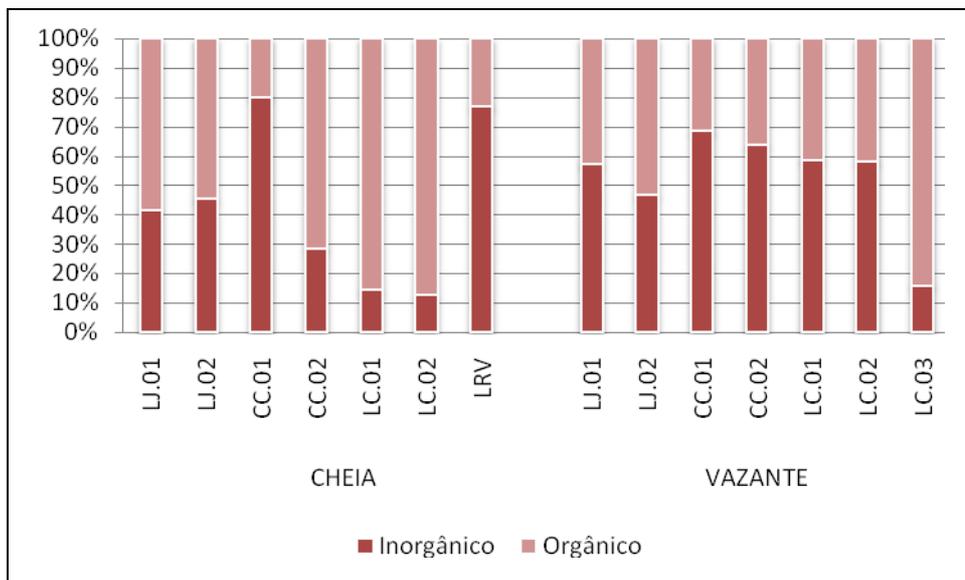


Figura 5-169 - Composição do carbono total (CT) nos lagos e canais no período de cheia (março/abril 2009) e no período de vazante (junho 2009).

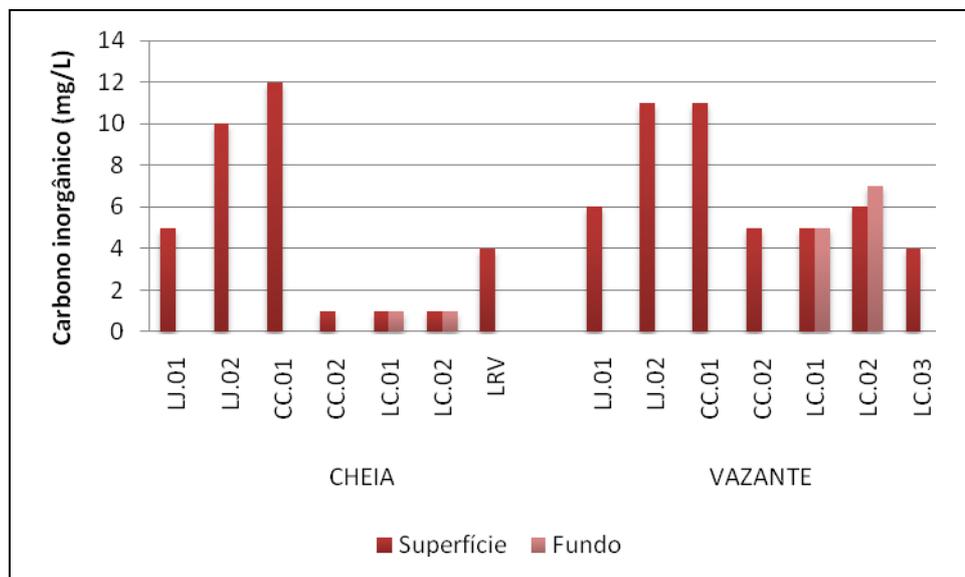


Figura 5-170 - Concentrações de carbono inorgânico nos lagos e canais durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

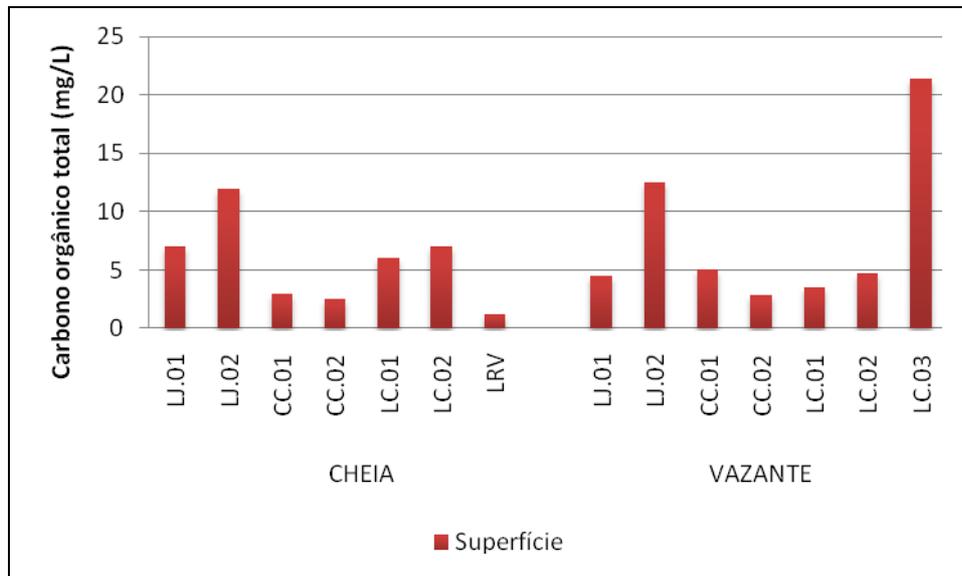


Figura 5-171 - oncentrações de carbono orgânico total (COT) nos lagos e canais durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009).

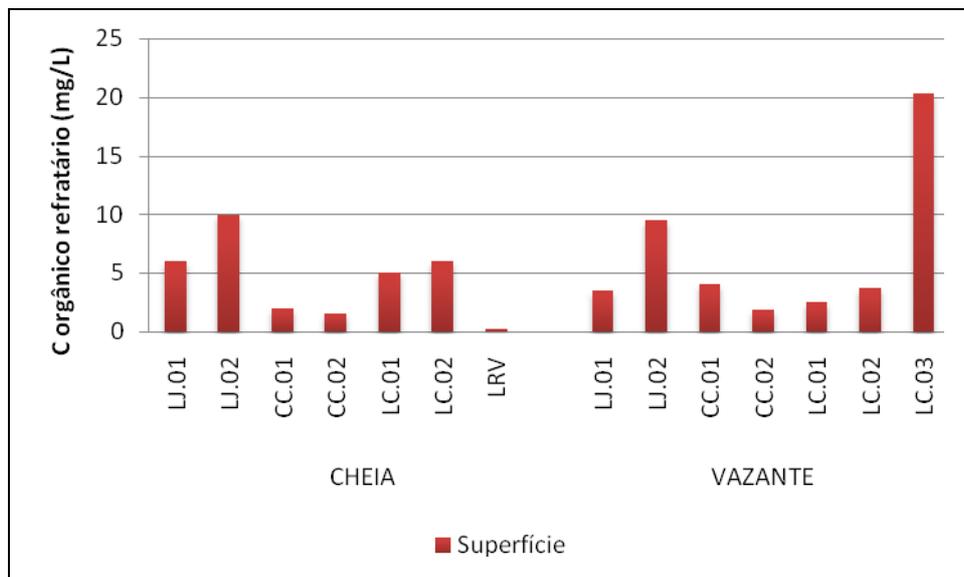


Figura 5-172 - Concentrações de carbono orgânico refratário (COR) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

5.3.7 - Químicas IV

▪ Conteúdo nutricional: Nitrogênio

O nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) teve concentração média de $0,085 \pm 0,043$ mg/L (média \pm DP) na cheia. Houve variabilidade sazonal, com as concentrações diminuindo na vazante, que teve média de $0,051 \pm 0,077$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-173). Pôde ser observado que a variação espacial foi bastante maior na vazante. Em ambos os períodos, o nitrogênio amoniacal (amônia) foi a fração predominante do NID, respondendo por 92% do total na cheia e por 65% na vazante. A participação do nitrato aumentou de 2% na cheia para 28% na vazante, enquanto que a do nitrito manteve-se constante (6% na cheia e 7% na vazante). A diminuição nas concentrações de amônia de um período para o outro foi a principal responsável pela mudança da composição do NID, uma vez que nitrato e nitrito mantiveram-se constantes.

As concentrações de amônia variaram espacialmente e sazonalmente. Na cheia, as concentrações variaram de 0,012 mg/L (LRV) a 0,172 mg/L (CC 01), com média de $0,083 \pm 0,044$ mg/L (média \pm DP). As concentrações foram, com exceção da estação CC 02, menores na vazante, quando as concentrações variaram de 0,001 mg/L (LC 01 meio, LC 02 superfície e LC 02 meio) a 0,240 mg/L (CC 02), com média de $0,036 \pm 0,069$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-174).

Todos os valores de nitrato foram inferiores ao limite de sensibilidade do método de análise adotado (0,001 mg/L) na cheia. Na vazante, a concentração média desta fração foi de $0,019 \pm 0,021$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-175). O nitrito teve concentrações muito baixas em ambos os períodos, com média de $0,002 \pm 0,001$ mg/L (média \pm DP) na cheia e de 0,001 mg/L na vazante (Figura 5-176).

O nitrogênio orgânico total (NOT) teve concentração média de $0,147 \pm 0,202$ mg/L (média \pm DP) na cheia, variando de 0,010 mg/L (CC 02, LC 01 superfície e LC 02 fundo) a 0,647 mg/L (LJ 02). Na vazante, as concentrações aumentaram substancialmente, variando de 0,544 mg/L (CC 02) a 1,648 mg/L (LC 02 fundo), com média de $0,936 \pm 0,282$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-177).

Em virtude do grande aumento do NOT, o nitrogênio total (NT) sofreu aumento da cheia para a vazante. Na cheia, a concentração média foi de $0,241 \pm 0,249$ mg/L (média \pm DP), enquanto que na vazante a média foi de $0,987 \pm 0,261$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-178). O aumento na

concentração de NOT foi tal que, enquanto que na cheia esta fração respondeu por $53 \pm 41\%$ do NT, na vazante passou a representar $92 \pm 12\%$. As concentrações nas estações CC 02, LC 01 superfície e LC 02 fundo durante a vazante estiveram abaixo do limite de detecção do método adotado.

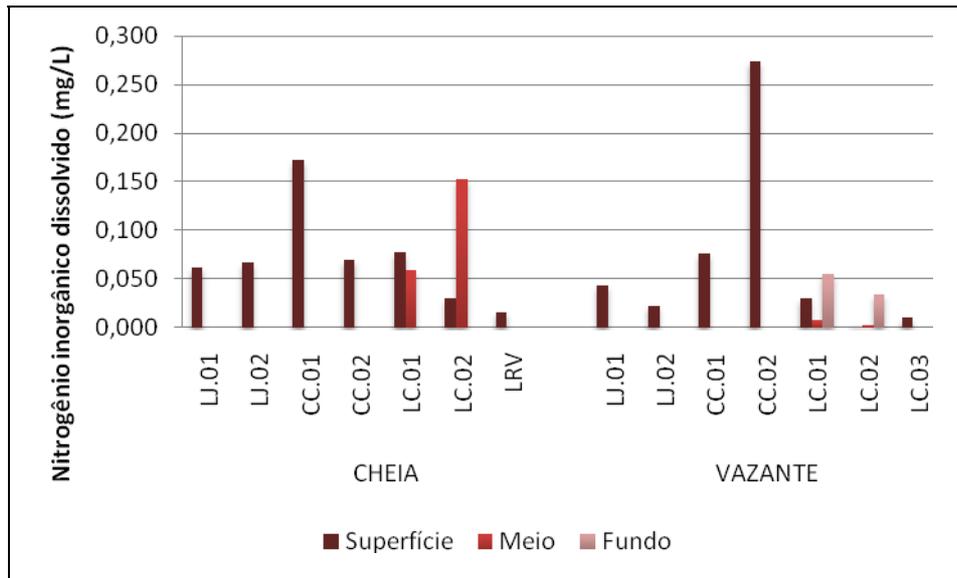


Figura 5-173 - Concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e de vazante (junho 2009).

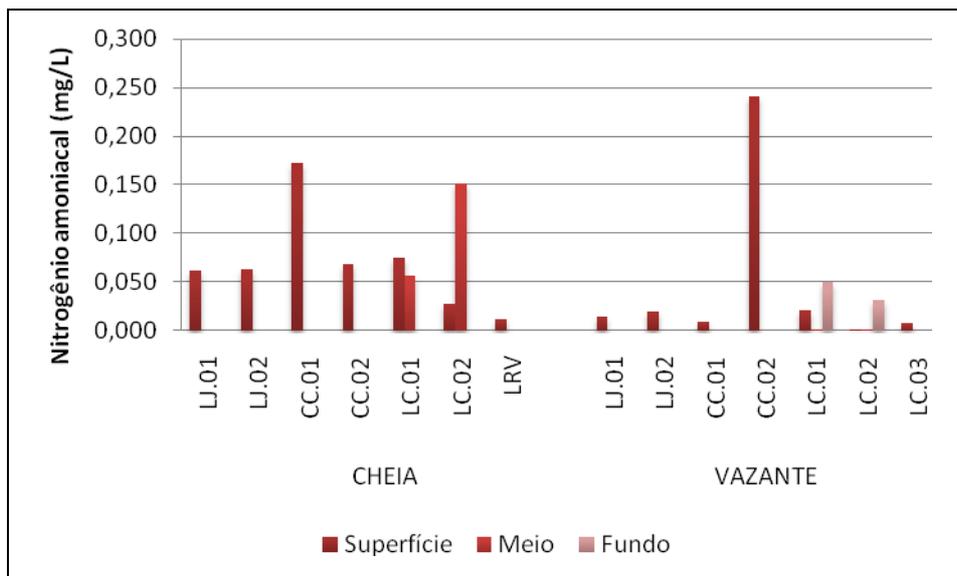


Figura 5-174 - Concentrações de nitrogênio amoniacoal (amônia) nos lagos e canais durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 3,7 mg/L para águas com pH < 7,5, como é o caso.

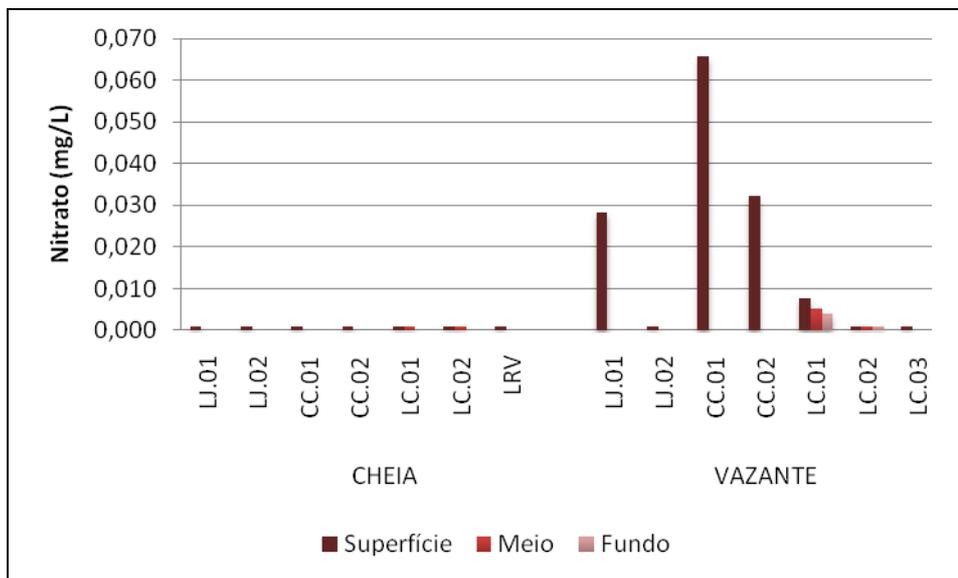


Figura 5-175 - Concentrações de nitrato nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009). O limite de detecção do método é de 0,001 mg/L. O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 10 mg/L.

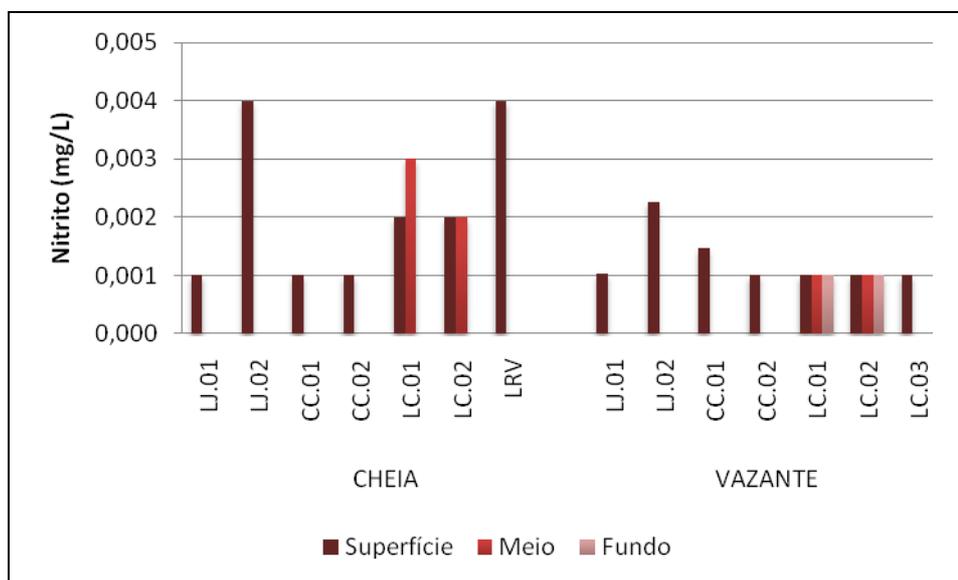


Figura 5-176 Concentrações de nitrito nos lagos e canais durante a cheia (março/abril 2009) e durante a vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 1 mg/L.

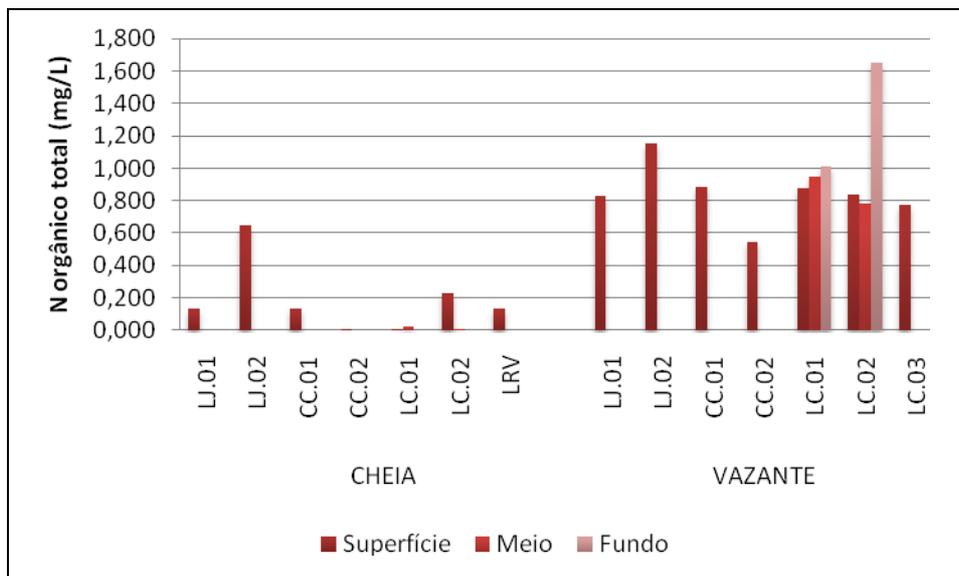


Figura 5-177 Concentrações de nitrogênio orgânico total (NOT) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e vazante (junho 2009).

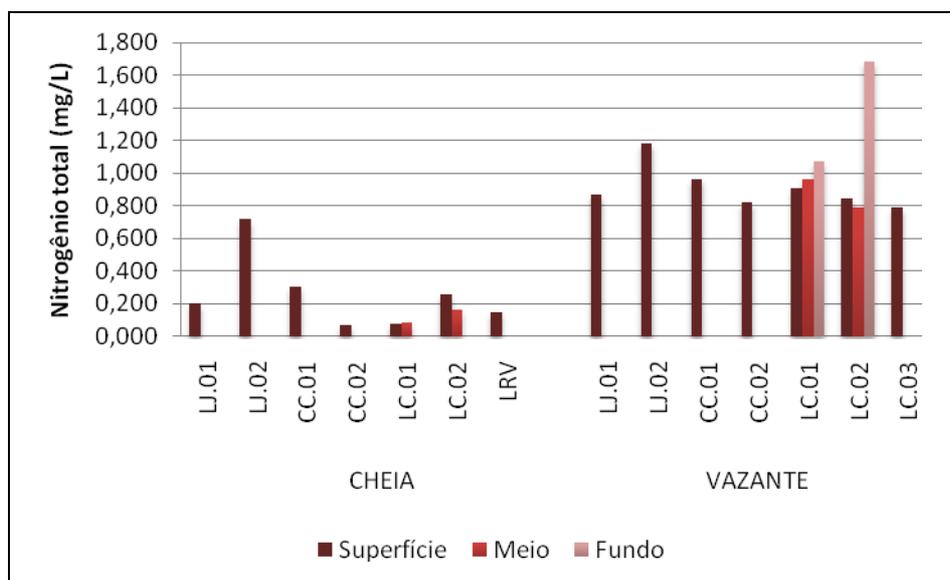


Figura 5-178 - Concentrações de nitrogênio total (NT) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

▪ Conteúdo nutricional: Fósforo

O fósforo total (PT) variou de 0,116 mg/L (LC 01 fundo) a 0,563 mg/L (CC 01) na cheia, com média de $0,271 \pm 0,196$ mg/L (média \pm DP). Houve decréscimo no PT na vazante, quando oscilou de 0,017 mg/L (LC 03) a 0,186 mg/L (LC 02 fundo), com média de $0,070 \pm 0,058$ mg/L

(média \pm DP) (Figura 5-179). Os ambientes que tiveram as maiores concentrações foram, em geral, aqueles situados mais próximos ao rio Madeira (LJ 01, LJ 02 e CC 01) e as amostras de fundo dos lagos (LC 01 e LC 02). O fósforo total dissolvido (PTD) foi a fração mais abundante em ambos os períodos, respondendo por $65 \pm 19\%$ (média \pm DP) na cheia e por $61 \pm 24\%$ (média \pm DP) na vazante. Apesar de ter havido alteração na concentração de PT de um período para o outro, não houve variação na composição deste. As concentrações de fósforo total dissolvido (PTD) tiveram média de $0,159 \pm 0,080$ mg/L (média \pm DP), decrescendo para $0,023 \pm 0,012$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-180).

A concentração média do fósforo particulado (PP) foi de $0,116 \pm 0,123$ mg/L (média \pm DP) na cheia, diminuindo para $0,047 \pm 0,055$ mg/L (média \pm DP) na vazante, com grande variação espacial (Figura 5-181). Já no que diz respeito ao fósforo orgânico dissolvido (POD), a concentração média decresceu de $0,055 \pm 0,039$ mg/L (média \pm DP) na cheia para $0,021 \pm 0,011$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-182). O fósforo orgânico total (POT) também apresentou decréscimo, assim como as demais frações, passando de uma concentração média de $0,189 \pm 0,081$ mg/L (média \pm DP) na cheia para $0,068 \pm 0,057$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-183).

As concentrações de ortofosfato decresceram bruscamente da cheia para a vazante. Na cheia, os valores variaram de $0,010$ mg/L (CC 02, LC 01 superfície e LC 02 superfície) a $0,240$ mg/L (média \pm DP), com média de $0,104 \pm 0,109$ mg/L (média \pm DP). Já na vazante, os valores oscilaram entre $0,001$ mg/L (limite de quantificação do método analítico) em 8 pontos a $0,006$ mg/L na estação LC 02, com média de $0,002 \pm 0,002$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-184). As variações substanciais nas concentrações não só de ortofosfato, mas de todas as outras formas fosfatadas, da cheia para a vazante, acompanharam as altas variações que foram observadas para o rio Madeira, mostrando a grande influência deste rio na hidroquímica dos lagos e canais marginais.

Na cheia, nenhuma das estações atendeu à Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2. Na vazante, em compensação, algumas estações como CC 01, CC 02, LC 01, LC 02 e LC 03 atenderam ao limite de $0,100$ mg/L previsto na resolução.

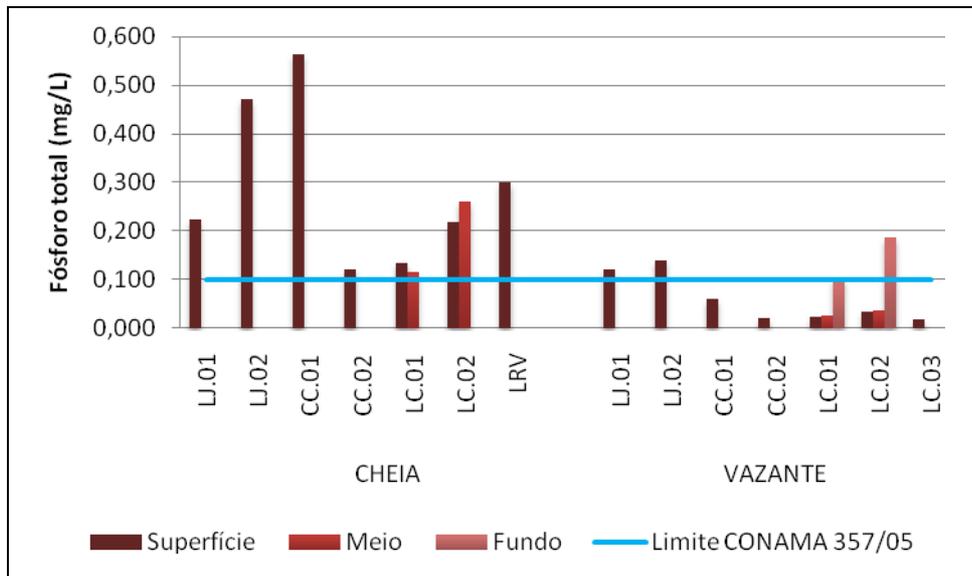


Figura 5-179 - Concentrações de fósforo total (PT) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

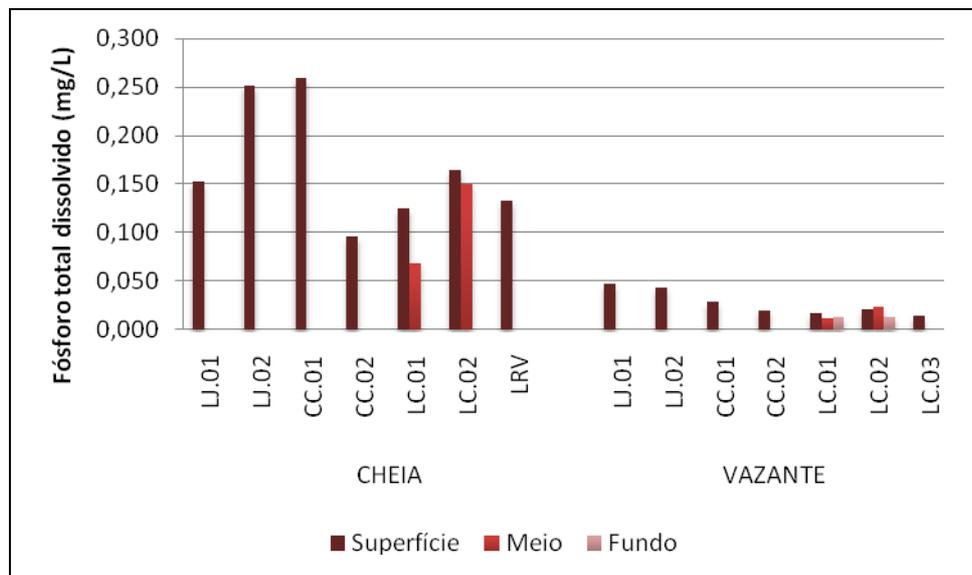


Figura 5-180 - Concentrações de fósforo total dissolvido (PTD) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

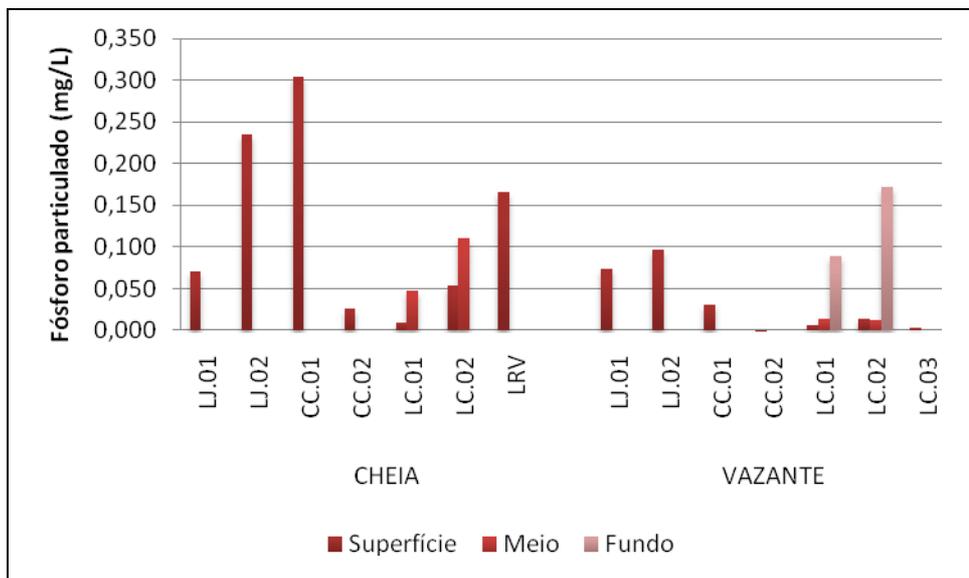


Figura 5-181 - Concentrações de fósforo particulado (PP) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

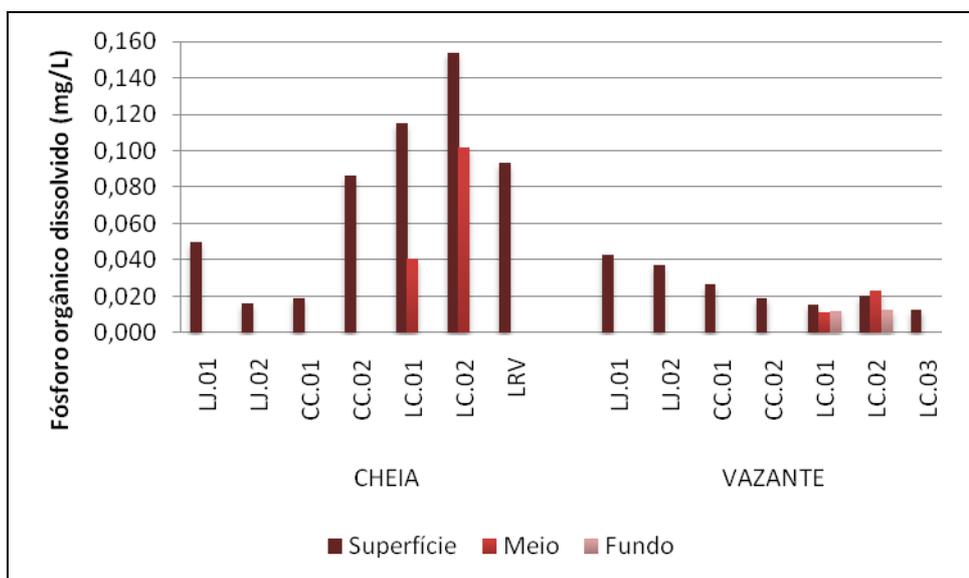


Figura 5-182 - Concentrações de fósforo orgânico dissolvido (POD) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

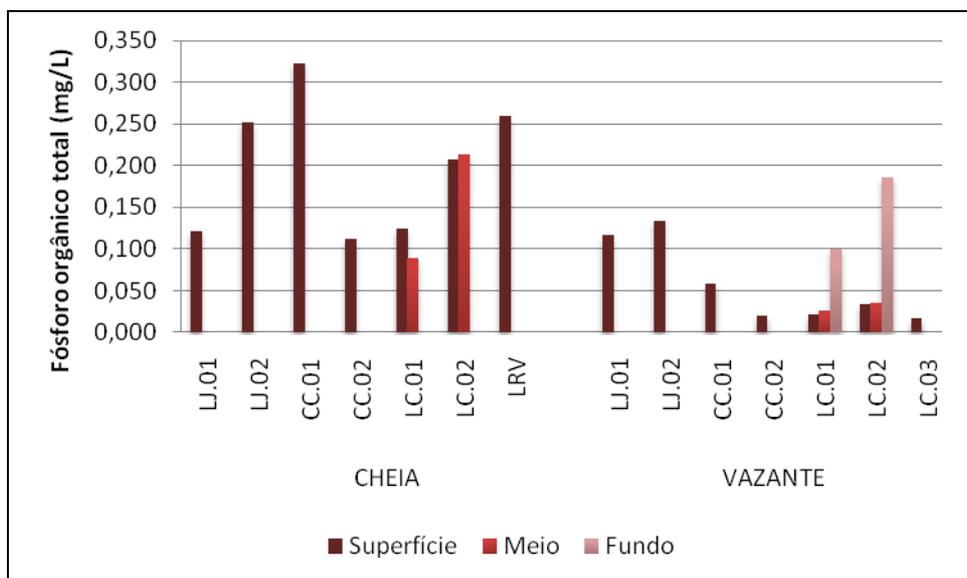


Figura 5-183 - Concentrações de fósforo orgânico total (POT) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

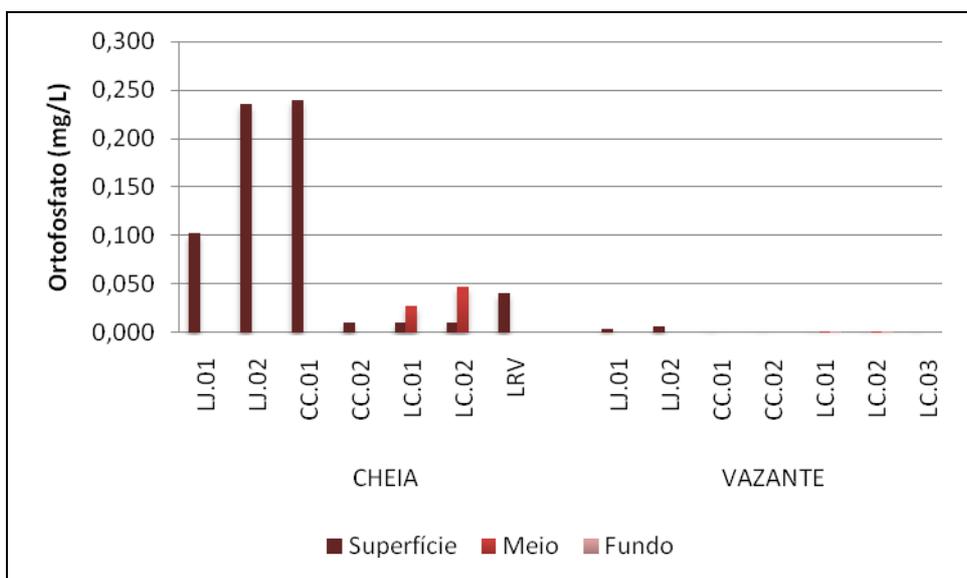


Figura 5-184 - Concentrações de ortofosfato nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). Algumas estações estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico (0,001 mg/L) na vazante e, por isso, suas concentrações não podem ser visualizadas.

▪ Conteúdo nutricional: Silicatos reativos

A concentração média de silicatos reativos nos lagos e canais foi de $1,42 \pm 0,21$ mg/L (média \pm DP) na cheia, variando de 1,18 mg/L na estação CC 02 a 1,72 mg/L na estação CC 01. Houve grande aumento na vazante, quando a média foi de $6,60 \pm 2,79$ mg/L (média \pm DP) (Figura

5-185). Além disso, a variação espacial nas concentrações de silicatos foi maior na vazante, quando oscilaram de 0,96 mg/L (LJ 01) a 10,3 mg/L (LC 01 fundo). Durante a cheia, os nutrientes encontram-se, normalmente, menos concentrados devido à maior descarga de água proveniente da bacia de drenagem, enquanto que a tendência é de que na vazante os nutrientes tornem-se mais concentrados na coluna d'água. Sendo assim, no que diz respeito ao silicato, esse padrão foi observado.

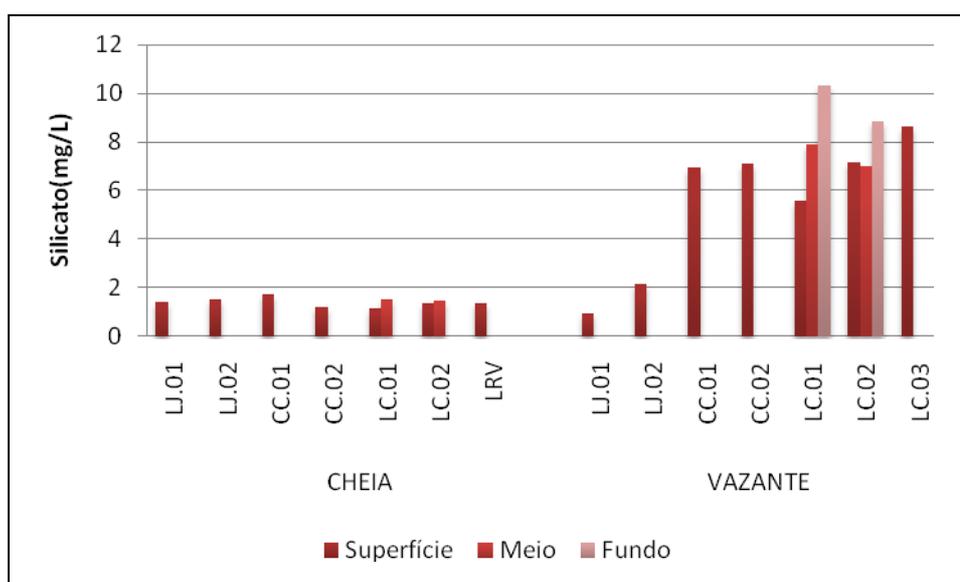


Figura 5-185 - Concentrações de silicatos reativos nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

5.3.8 - Químicas V

▪ Ferro

A concentração média de ferro total (FT) nos lagos e canais foi de $1,06 \pm 0,980$ mg/L (média \pm DP) na cheia, variando de 0,110 mg/L na estação CC 02 a 3,05 mg/L na estação LJ 02. Na vazante, a concentração foi em média $1,54 \pm 1,37$ mg/L (média \pm DP), sendo que o menor valor foi encontrado na estação LC 01 superfície (0,150 mg/L) e o maior na estação LC 01 fundo (3,64 mg/L) (Figura 5-186). As maiores concentrações foram encontradas, normalmente, nas estações localizadas mais próximas ao rio Madeira (LJ 01, LJ 02 e CC 01) e que sofrem, portanto, maior influência deste rio, que tem elevados teores de ferro. Além disso, as amostras de fundo do lago do Cuniã também tiveram altos valores de ferro, o que pode ser em função da ressuspensão desse metal a partir do sedimento.

Em relação ao ferro dissolvido (FD), as concentrações também foram maiores na vazante. Na cheia, a concentração média foi de $0,170 \pm 0,240$ mg/L (média \pm DP), variando de 0,010 mg/L (CC 02 e LC 01) a 0,740 mg/L (LJ 02). Já na vazante, os valores oscilaram entre 0,100 mg/L (média \pm DP) e 1,17 mg/L (LJ 01), com média de $0,440 \pm 0,360$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-187). Para o FD as concentrações também foram maiores nas estações mais próximas ao rio Madeira.

Na cheia, somente as estações LJ 01 e LJ 02 não atenderam ao limite de 0,300 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2, o que, no entanto, é normal, visto que esses lagos sofrem grande influência do pulso de inundação do rio Madeira, que é rico em ferro. Em contrapartida, a maior parte das estações esteve acima do limite supracitado na vazante, com exceção das estações CC 02, LC 01 superfície, LC 02 superfície e LC 03.

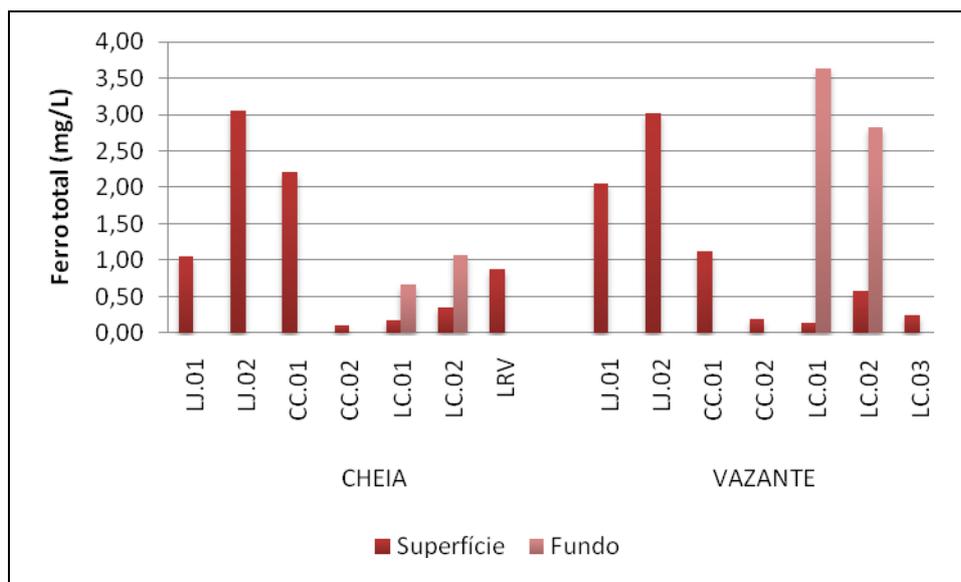


Figura 5-186 - Concentrações de ferro total (FT) nos lagos e canais na fase cheia (março/abril 2009) e na fase de jusante (junho 2009).

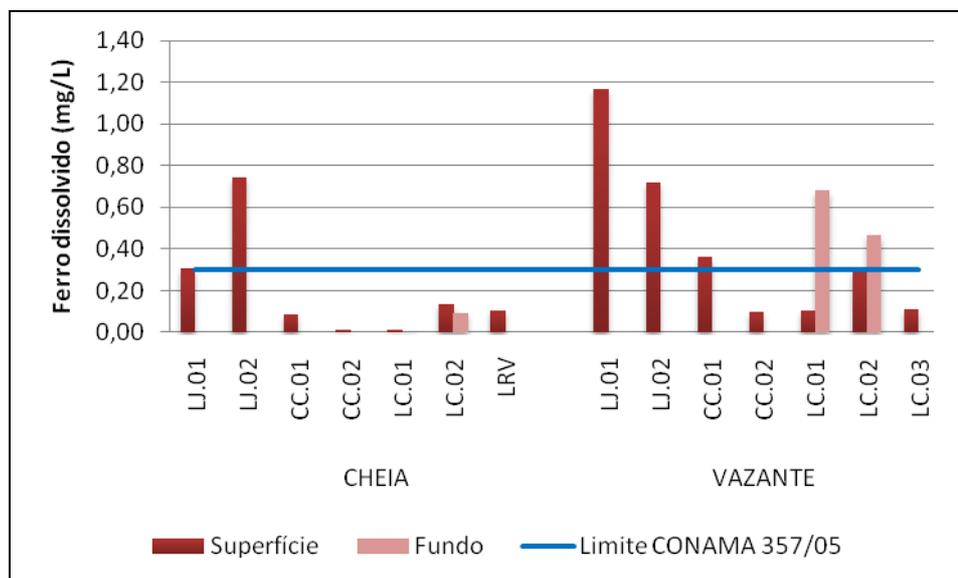


Figura 5-187 - Concentrações de ferro dissolvido (FD) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

▪ Óleos e graxas

Os resultados das análises de óleos e graxas nos lagos e canais estiveram sempre abaixo do limite de quantificação do método analítico adotado. Desta forma, conclui-se que as concentrações foram insignificantes.

5.3.9 - Químicas VI

▪ Elementos-traço

Foram realizadas análises de elementos-traço em 5 lagos e canais marginais na cheia e em 4 na vazante. Na cheia, as estações selecionadas foram o lago São Miguel (LJ 01), lago Pau D'arco (LJ 02), duas no canal do lago do Cuniã (CC 01 e CC 02) e lago Rio Verde (LRV). Na vazante, LJ 01, LJ 02, CC 01 e CC 02 foram analisados, sendo que a estação LRV não foi amostrada. As concentrações de cádmio (<0,0001 mg/L), cromo (<0,0001 mg/L), mercúrio (<0,0001 mg/L), níquel (<0,0001 mg/L), chumbo (<0,0005 mg/L) e estanho (<0,001 mg/L) foram inferiores ao limite de resolução do método analítico.

Na cheia, o alumínio (Al) variou de 0,040 mg/L (LRV) a 0,096 mg/L (LJ 02), com média de 0,070 ± 0,023 mg/L (média ± DP). Houve ligeiro decréscimo nas concentrações na vazante,

sendo a menor concentração encontrada na estação LJ 01 (0,013 mg/L) e a maior na estação CC 02 (0,095 mg/L), com média de $0,061 \pm 0,035$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-188).

O bário (Ba) não teve modificação significativa em suas concentrações de um período para o outro. Na cheia, a concentração média foi de $0,016 \pm 0,008$ mg/L (média \pm DP), ao passo que na vazante foi de $0,012 \pm 0,004$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-189).

O cobalto (Co) só não esteve abaixo do limite de quantificação do método (0,0001 mg/L) na estação LJ 01 na fase de cheia (Figura 5-190). A concentração nesta estação foi de 0,0025 mg/L, valor similar àquele encontrado na estação JUS 02 (0,0020 mg/L), estação do rio Madeira mais próxima a este lago marginal. Isto mostrou que, no que diz respeito ao Co, o rio Madeira exerceu influência significativa.

O cobre (Cu) também teve distribuição semelhante ao Co. Somente as estações LJ 01 e LJ 02 na cheia tiveram concentrações acima do limite de quantificação (0,0001 mg/L) (Figura 5-191). As concentrações nessas estações na fase de cheia foram 0,0020 e 0,0060 mg/L, respectivamente. Outrossim, o rio Madeira parece ter influenciado nas concentrações nesses lagos marginais durante a cheia, haja vista que a estação JUS 02 (0,0080 mg/L), situada no rio Madeira, apresentou concentração semelhante deste metal.

Assim como o que foi observado no rio Madeira e nos rios tributários, o silício (Si) aumento da cheia para a vazante. Na cheia, a concentração média deste elemento foi de $2,58 \pm 0,71$ mg/L (média \pm DP), passando para $7,53 \pm 1,97$ mg/L (média \pm DP) na vazante (Figura 5-192).

O zinco (Zn) teve concentração média de $0,012 \pm 0,008$ mg/L (média \pm DP) na cheia, variando de 0,004 mg/L (LJ 01) a 0,025 mg/L (LJ 02). Na vazante, LJ 01, LJ 02 e CC 01 estiveram abaixo do limite de quantificação (0,0001 mg/L). Em contrapartida, a concentração em CC 02 foi de 0,100 mg/L, o que fez com que a concentração média neste período fosse de $0,025 \pm 0,050$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-193).

As concentrações de manganês (Mn) não sofreram grande variação de um período para o outro. Enquanto que na cheia a concentração média foi de $0,069 \pm 0,066$ mg/L (média \pm DP), na vazante foi de $0,090 \pm 0,089$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-194).

Em geral, nos lagos e canais, as estações mais próximas ao rio Madeira (LJ 01, LJ 02 e CC 01) apresentaram as mais altas concentrações de elementos-traço. Isto mostrou a importante influência do rio Madeira na biogeoquímica desses ambientes marginais. Somente o Mn, nas estações LJ 01 e LJ 02 na cheia e LJ 02 na vazante, não atendeu à Resolução CONAMA 357/05

para corpos d'água de classe 2. Todos os outros resultados estiveram dentro do padrão estabelecido.

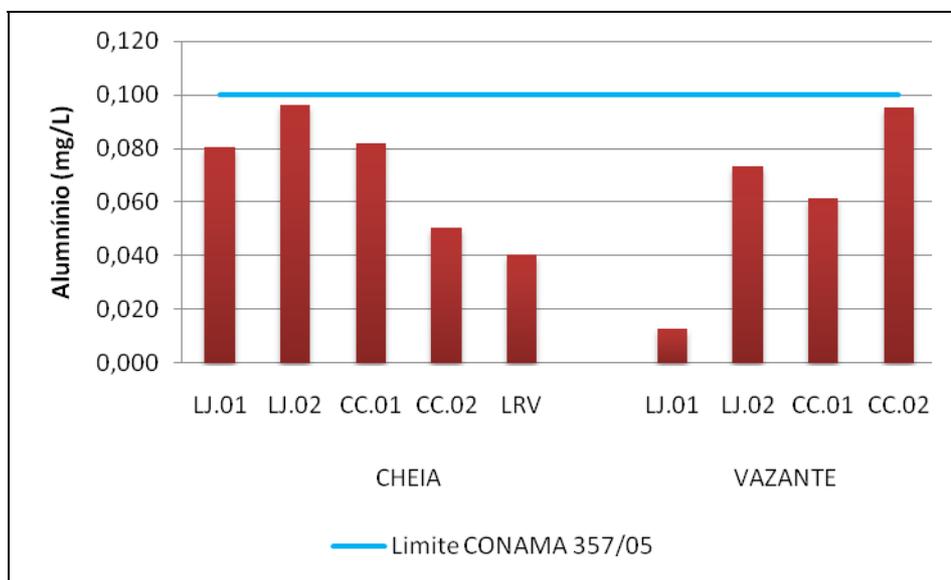


Figura 5-188 - Concentrações de alumínio (Al) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009).

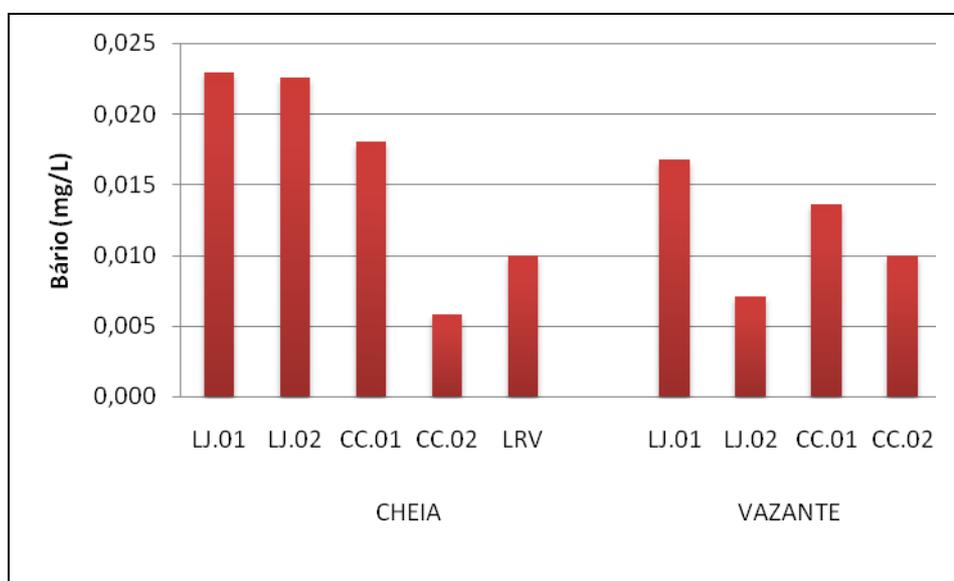


Figura 5-189 - Concentrações de bário (Ba) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e na fase de vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 0,700 mg/L.

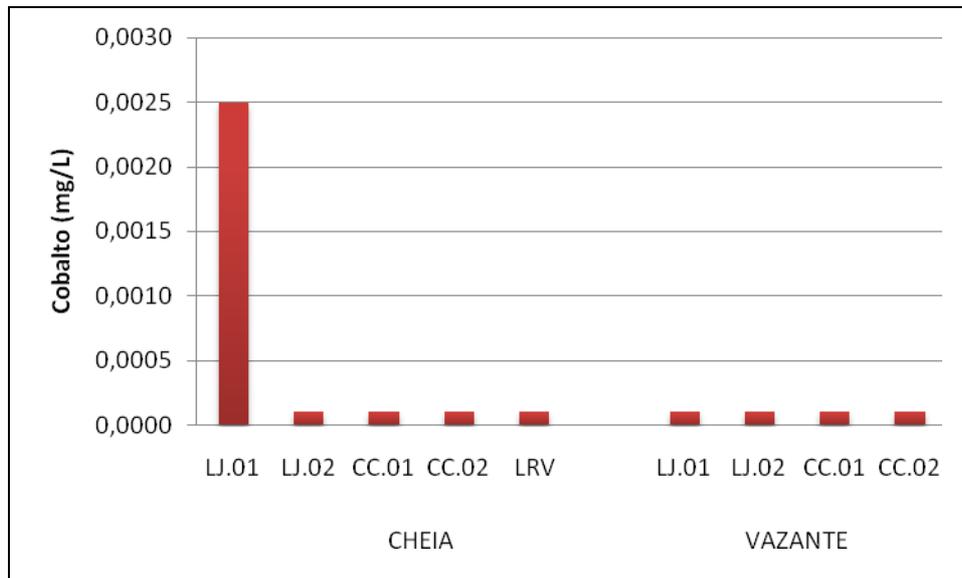


Figura 5-190 - Concentrações de cobalto (Co) nos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e a fase de vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 0,050 mg/L.

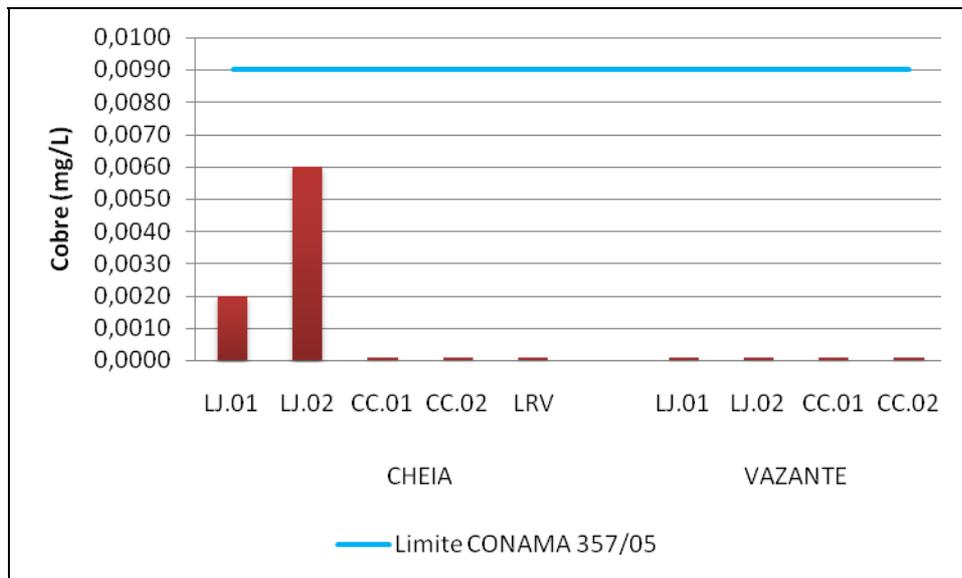


Figura 5-191 - Concentrações de cobre (Cu) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

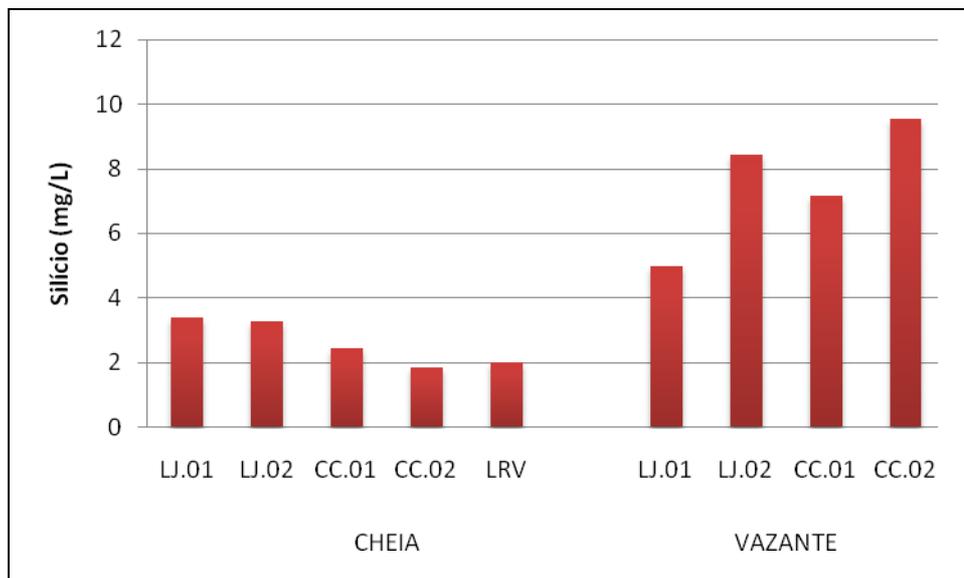


Figura 5-192 - Concentrações de silício (Si) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

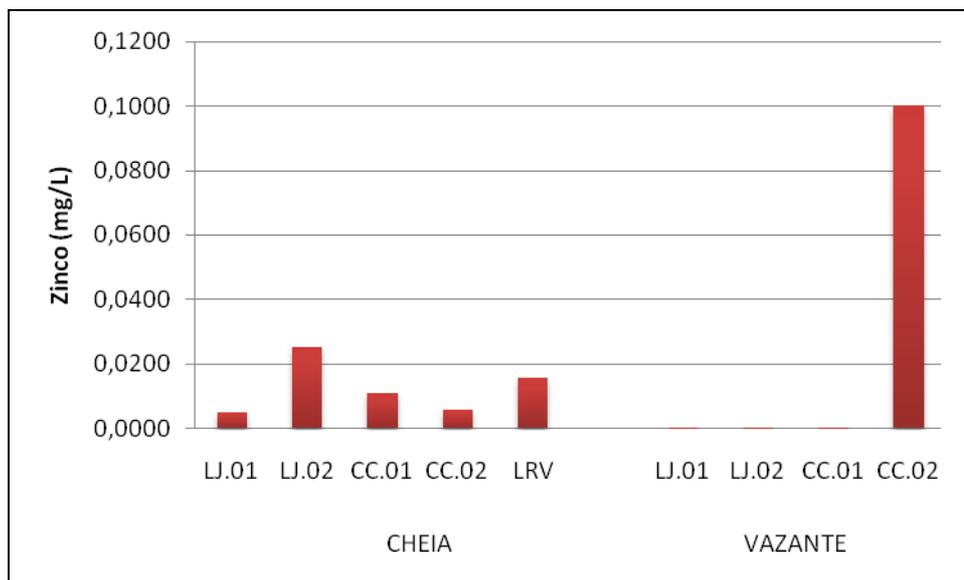


Figura 5-193 - Concentrações de zinco (Zn) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 0,180 mg/L.

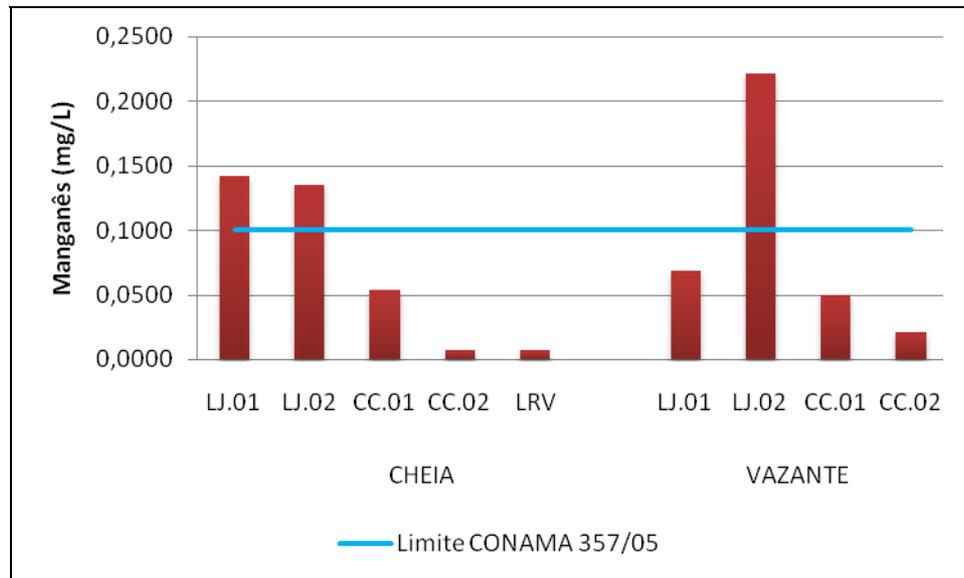


Figura 5-194 - Concentrações de manganês (Mn) nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

▪ Biocidas

Todos os resultados de biocidas na água dos lagos e canais foram inferiores ao limite de detecção do método analítico adotado e, por conseguinte, obedeceram à Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2.

5.3.10 - Biológicas

▪ Coliformes totais e *Escherichia coli*

O valor médio de coliformes totais nos lagos e canais foi de 14769 ± 16546 NMP/100ml (média \pm DP) na cheia. Na vazante, este índice decaiu consideravelmente, exibindo média de 892 ± 1063 NMP/100ml (média \pm DP) (Figura 5-195). Os mais altos valores foram observados nas estações LJ 01 e LJ 02 (<48384 NMP/100 ml) na cheia. Esses resultados corroboraram com o que foi observado em campo, uma vez que esses ambientes apresentam comunidades litorâneas de macrófitas aquáticas e elevada carga de serrapilheira oriunda da vegetação terrestre, fatores que favorecem o crescimento de bactérias de vida livre (coliformes totais).

Já em relação à *E. coli*, a média foi de 96 ± 132 NMP/100ml (média \pm DP) na cheia e de 32 ± 37 NMP/100ml (média \pm DP) na vazante (Figura 5-196). Pôde ser observado, portanto, que a comunidade microbiológica dos lagos e canais é predominantemente de vida livre.

Todos os resultados de *E. coli* estiveram abaixo do limite permitido (1000 NMP/ml) segundo a Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2.

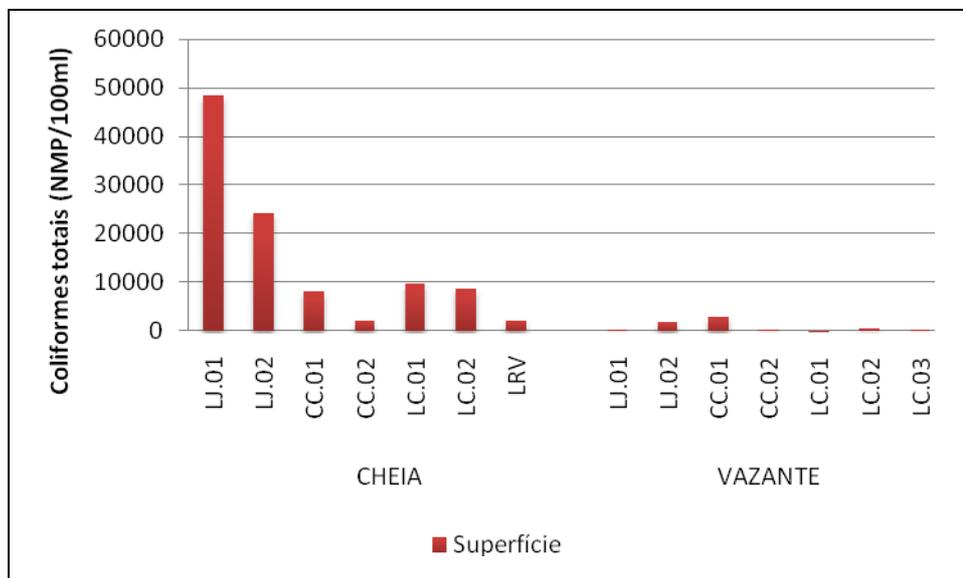


Figura 5-195 - Coliformes totais nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009).

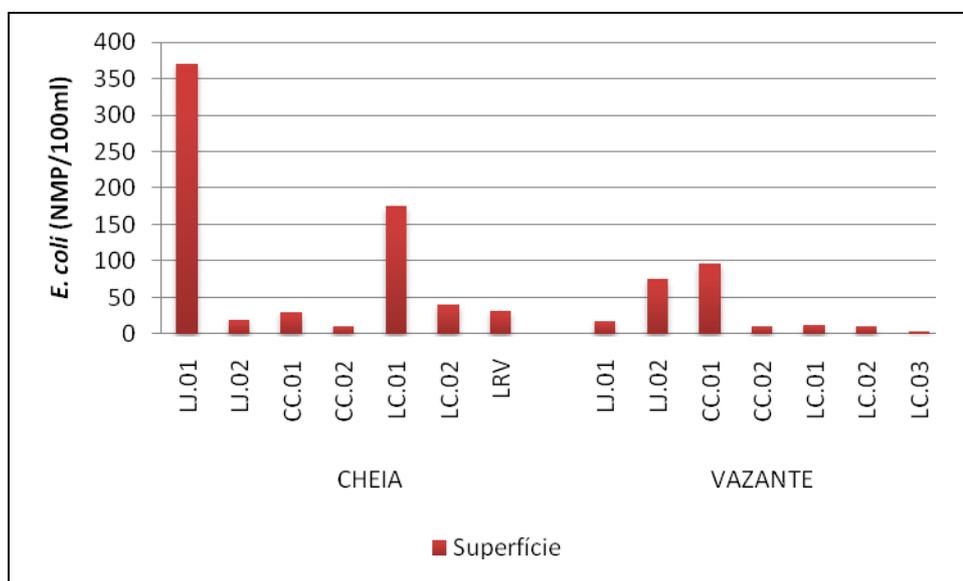


Figura 5-196 - *E. coli* nos lagos e canais na cheia (março/abril 2009) e na vazante (junho 2009). O limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 1000 NMP/100ml.

- Clorofila *a* e Pigmentos totais

Por motivos de contaminação das amostras não foi possível apresentar os dados de clorofila *a* e pigmentos totais para os lagos.

- Índice de Estado Trófico (IET)

Uma vez que não foram obtidos os dados de clorofila *a* e pigmentos totais, não foi possível o cálculo do índice de Estado Trófico (IET) para os lagos.

- Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os resultados do IQA dos lagos e canais permitiram classificar a água de BOA (LJ 01, LJ 02 e CC 01) a ÓTIMA (CC 02) na cheia, com os valores oscilando entre 70 e 79. Apesar de não ter sido calculado o IQA das estações LC 01, LC 02 e LRV neste período devido à ausência de medição de saturação de oxigênio, a semelhança entre os ambientes permite dizer que esses mananciais provavelmente possuem qualidade da água BOA para abastecimento público.

Na vazante, a qualidade da água variou de ACEITÁVEL (LJ 01, LJ 02 e LJ 03) a BOA (CC 02, LC 01, LC 02 e LC 03) na vazante. As estações cujo IQA foi aceitável são as que se localizam mais próximas ao rio Madeira e sofrem, por isso, maior influência deste. A baixa oxigenação da coluna d'água na vazante foi o principal responsável pela queda do IQA de um período para o outro.

5.4 - ORDENAÇÃO ESPACIAL DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

Uma Análise de Componente Principal (ACP) foi utilizada para caracterizar e identificar os pontos de coleta, de acordo com as variáveis abióticas, sendo que os pontos foram analisados separadamente e conjuntamente. A dispersão dos escores é apresentada nas Figura 5-197, Figura 5-198, Figura 5-199, Figura 5-200 e Figura 5-201. Nas estações localizadas no Rio Madeira, a variabilidade temporal foi o fator predominante na ordenação da PCA (Figura 5-197). Amostras coletadas ao longo do perfil vertical foram mais semelhantes entre si do que as coletadas em diferentes períodos do ano. Enquanto as amostras coletadas no período de cheia foram principalmente relacionadas a cor, sólidos totais, ortofosfato, fósforo total, turbidez, *E. coli*, temperatura da água, coliformes fecais, nitrato e carbono inorgânico, as amostras do período de vazante estiveram positivamente relacionadas com oxigênio dissolvido, ferro, condutividade, dureza, sílica e nitrogênio orgânico total (NKD). Embora tenha havido uma

separação clara entre os dois períodos de coletas, as amostras do período de cheia foram mais semelhantes entre si do que as do período de vazante. Principalmente as estações MON 01 e JUS 02, que foram bastante distintas das outras.

Nos tributários a PCA separou as amostras coletadas no período de cheia à esquerda e vazante à direita (Figura 5-198). Entretanto, variáveis como temperatura da água e DQO foram mais relacionadas a estações como BEL, JAM e JAT II, enquanto sólidos totais e zona eufótica estiveram mais relacionados a JAT I, CRC, JAC 01, JAC 02 e CAR, todas no período de cheia. Durante o período da vazante, JAT II apresentou valores mais elevados de dureza, enquanto JAT I e BEL estiveram relacionadas com valores mais elevados de ferro e cor. Outras variáveis importantes no período de vazante foram turbidez, condutividade, NKD, alcalinidade, coliformes totais, pH e nitrato. As amostras JAC 01 e JAC 02 foram bastante distintas das demais, enquanto CAR se distinguiu das demais por valores mais elevados de oxigênio dissolvido. Valores mais elevados de fósforo total e ortofosfato, bem como DBO, coliformes fecais e *E. coli* durante a cheia, indicam uma maior influência antrópica durante este período do ciclo hidrológico.

Para os lagos, ao contrário das análises anteriores, a PCA não separou muito claramente as amostras dos períodos de cheia e vazante, com poucas variáveis diretamente relacionadas com as estações de coleta (Figura 5-199). Com exceção das estações LC 02, LJ 01, todas as outras estações foram semelhantes entre si, nos dois períodos. Durante o período de cheia, turbidez, condutividade, NKD, dureza e coliformes foram variáveis mais relacionadas às estações, enquanto DQO, ortofosfato, PT e temperatura da água estiveram mais relacionadas ao período de cheia. *E. coli* e zona eufótica foram importantes variáveis relacionadas as estações LC 01, LC 03, CC 02 na vazante e LC 01, LC 02, LC 03 e CC 02 na cheia.

Na cheia, as estações do rio Madeira ficaram ordenadas à direita e as dos rios tributários e lagos e canais à esquerda (Figura 5-200). Variáveis como fósforo total, nitrato, turbidez, cor, pH, condutividade, ferro, alcalinidade, sólidos totais, dureza, *E. coli* e carbono inorgânico estiveram positivamente relacionadas com as estações. Em contrapartida, zona eufótica e temperatura da água estiveram positivamente relacionadas com as estações dos rios tributários e lagos e canais. As estações do rio Madeira apresentaram maior grau de similaridade entre si e as estações dos lagos e canais foram as que apresentaram menor similaridade. Além disso, as estações dos rios tributários apresentaram mais características similares às estações dos lagos e canais do que às estações do rio Madeira.

Já na vazante, as estações do rio Madeira ficaram ordenadas à esquerda e as estações dos rios tributários e canais ficaram predominantemente ordenadas à direita (Figura 5-201). Variáveis

como condutividade, ferro, dureza, alcalinidade, pH, fósforo total, ortofosfato, sólidos totais, oxigênio dissolvido, DQO, turbidez e cor estiveram mais relacionadas às estações do rio Madeira, ao passo que nitrato, E. coli e zona eufótica estiveram mais relacionadas às estações dos rios tributários e dos lagos e canais. Ao contrário do que foi observado na cheia, as estações do rio Madeira apresentaram menor grau de similaridade entre si na vazante. As estações dos lagos e canais continuaram apresentando heterogeneidade na distribuição e as estações dos rios tributários estiveram novamente mais próximas das estações dos lagos e canais do que daquelas do rio Madeira. Além disso, pôde ser concluído que a heterogeneidade espacial foi ligeiramente superior na vazante, uma vez que as estações do rio Madeira e dos rios tributários apresentaram distribuição menos similar do que na cheia.

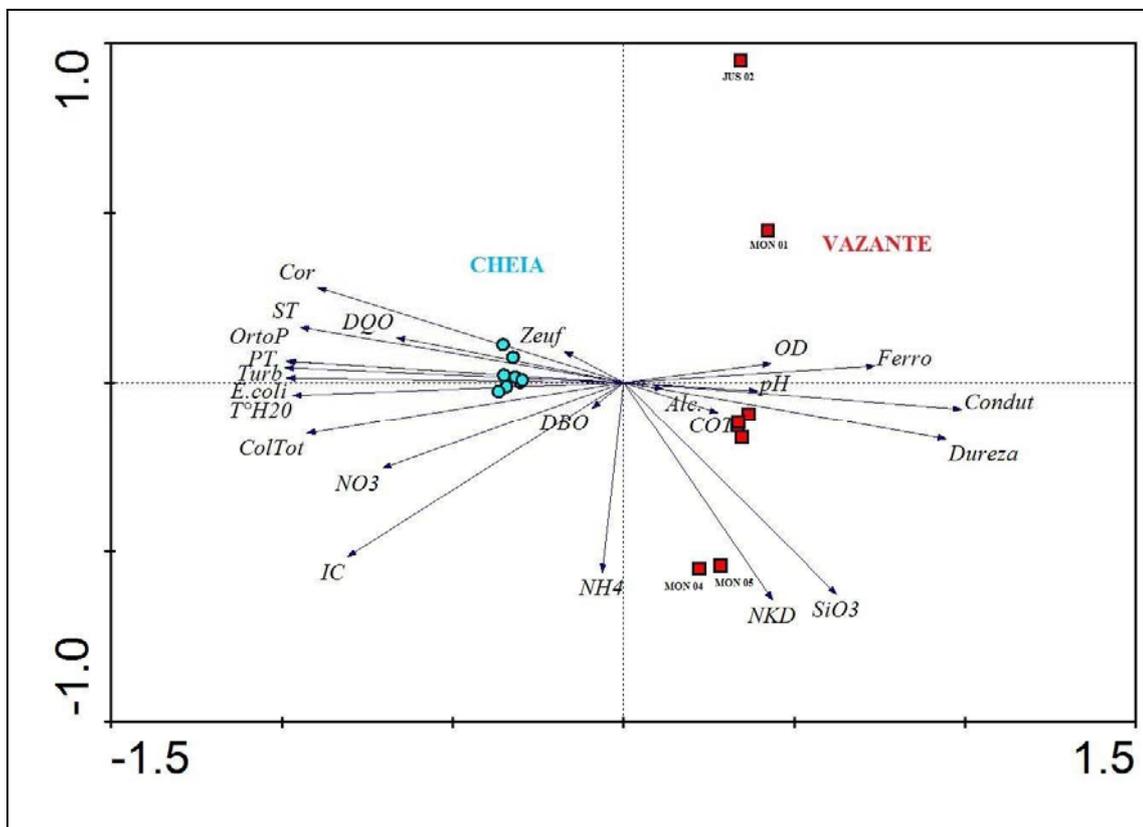


Figura 5-197 - Posição das estações de coleta do rio Madeira ordenadas de acordo com os dois primeiros eixos da PCA, durante a cheia (março/abril 2009 - círculo azul) e a vazante (junho 2009 - quadrado vermelho). As siglas significam: T°H2O: Temperatura da água, OD: oxigênio dissolvido, pH, Condut: condutividade, Turb: turbidez, Cor; Zeuf: Zona Eufótica, ST: sólidos dissolvidos totais, NH4: amônia, NO3: nitrato, NKD: nitrogênio orgânico total, OrtoP: ortofosfato, PT: fósforo total, DBO: demanda bioquímica de oxigênio, DQO: demanda química de oxigênio, Dureza, Ferro, Alc: Alcalinidade, COT: Carbono orgânico Total, E. coli: *Escherichia coli*, ColTot: Coliformes Totais, IC: Carbono inorgânico, SiO3: Silicatos.

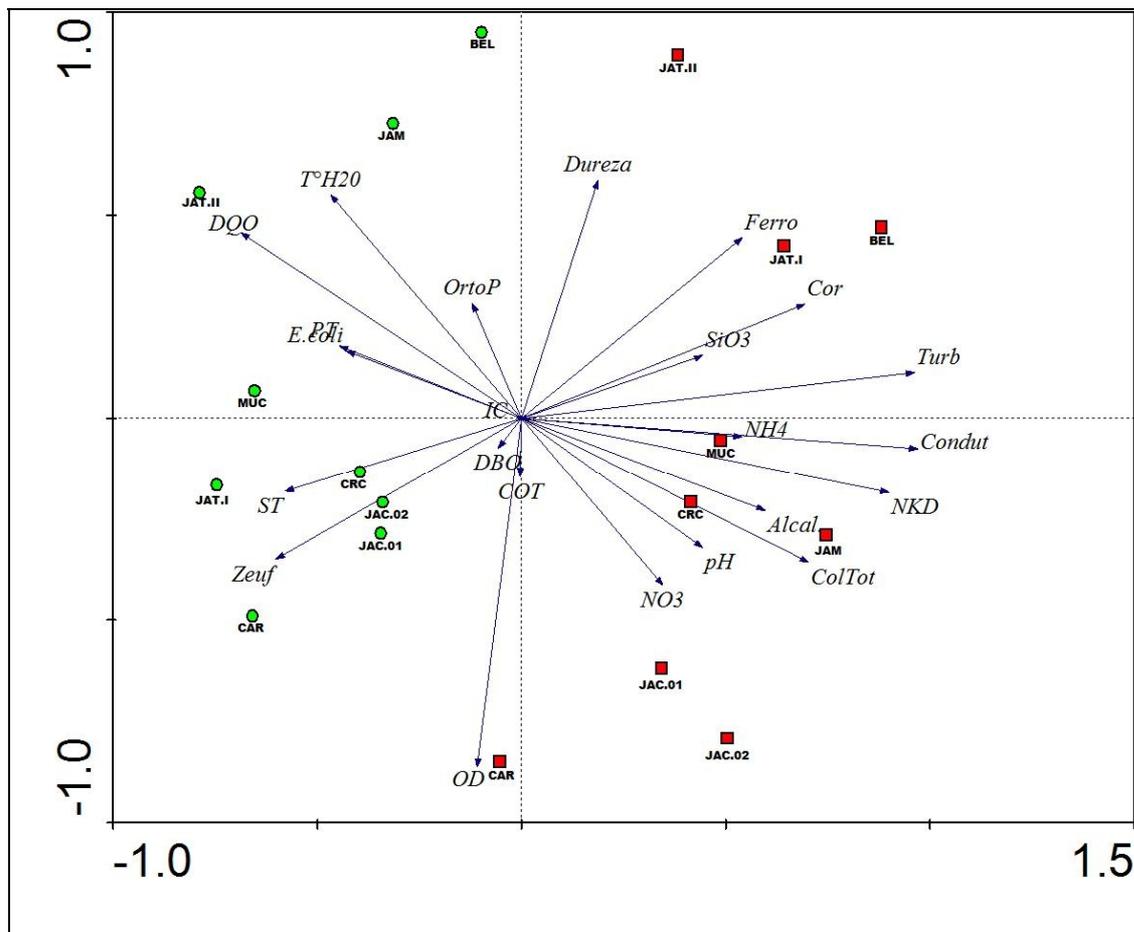


Figura 5-198 - Posição das estações de coleta nos rios Tributários ordenados de acordo com os dois primeiros eixos da PCA, durante a cheia (março/abril 2009 - círculo azul) e a vazante (junho 2009 - quadrado vermelho). As siglas significam: T°H2O: Temperatura da água, OD: oxigênio dissolvido, pH, Condu: condutividade, Turb: turbidez, Cor; Zeuf: Zona Eufótica, ST: sólidos dissolvidos totais, NH4: amônia, NO3: nitrato, NKD: nitrogênio orgânico total, OrtoP: ortofosfato, PT: fósforo total, DBO: demanda bioquímica de oxigênio, DQO: demanda química de oxigênio, Dureza, Ferro, Alc: Alcalinidade, COT: Carbono orgânico Total, *E. coli*: *Escherichia coli*, ColTot: Coliformes Totais, IC: Carbono inorgânico, SiO3: Silicatos.

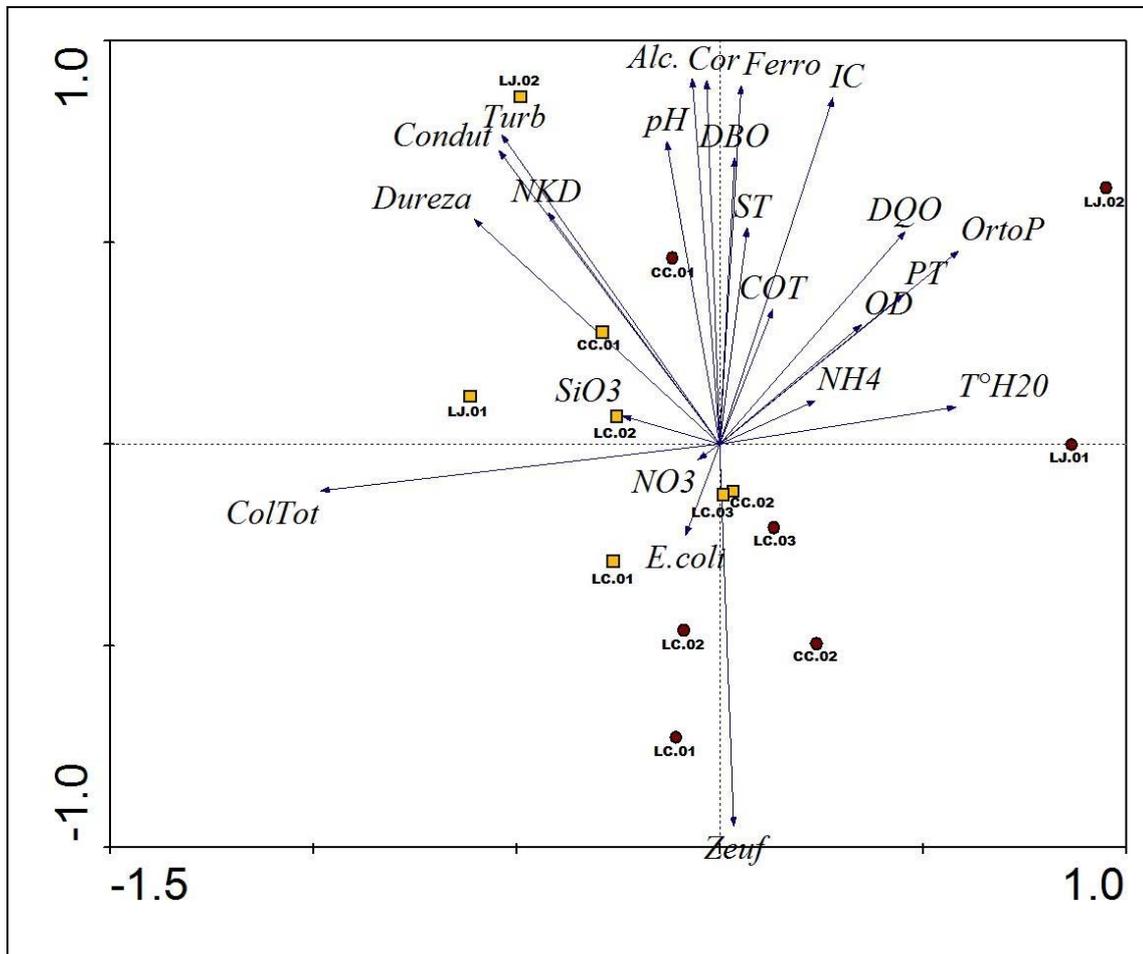


Figura 5-199 - Posição das estações de coleta nos lagos ordenados de acordo com os dois primeiros eixos da PCA, durante a cheia (março/abril 2009 - círculo azul) e a vazante (junho 2009 - quadrado vermelho). As siglas significam: T°H2O: Temperatura da água, OD: oxigênio dissolvido, pH, Condu: condutividade, Turb: turbidez, Cor; Zeuf: Zona Eufótica, ST: sólidos dissolvidos totais, NH4: amônia, NO3: nitrato, NKD: nitrogênio orgânico total, OrtoP: ortofosfato, PT: fósforo total, DBO: demanda bioquímica de oxigênio, DQO: demanda química de oxigênio, Dureza, Ferro, Alc: Alcalinidade, COT: Carbono orgânico Total, *E. coli*: *Escherichia coli*, ColTot: Coliformes Totais, IC: Carbono inorgânico, SiO3: Silicatos.

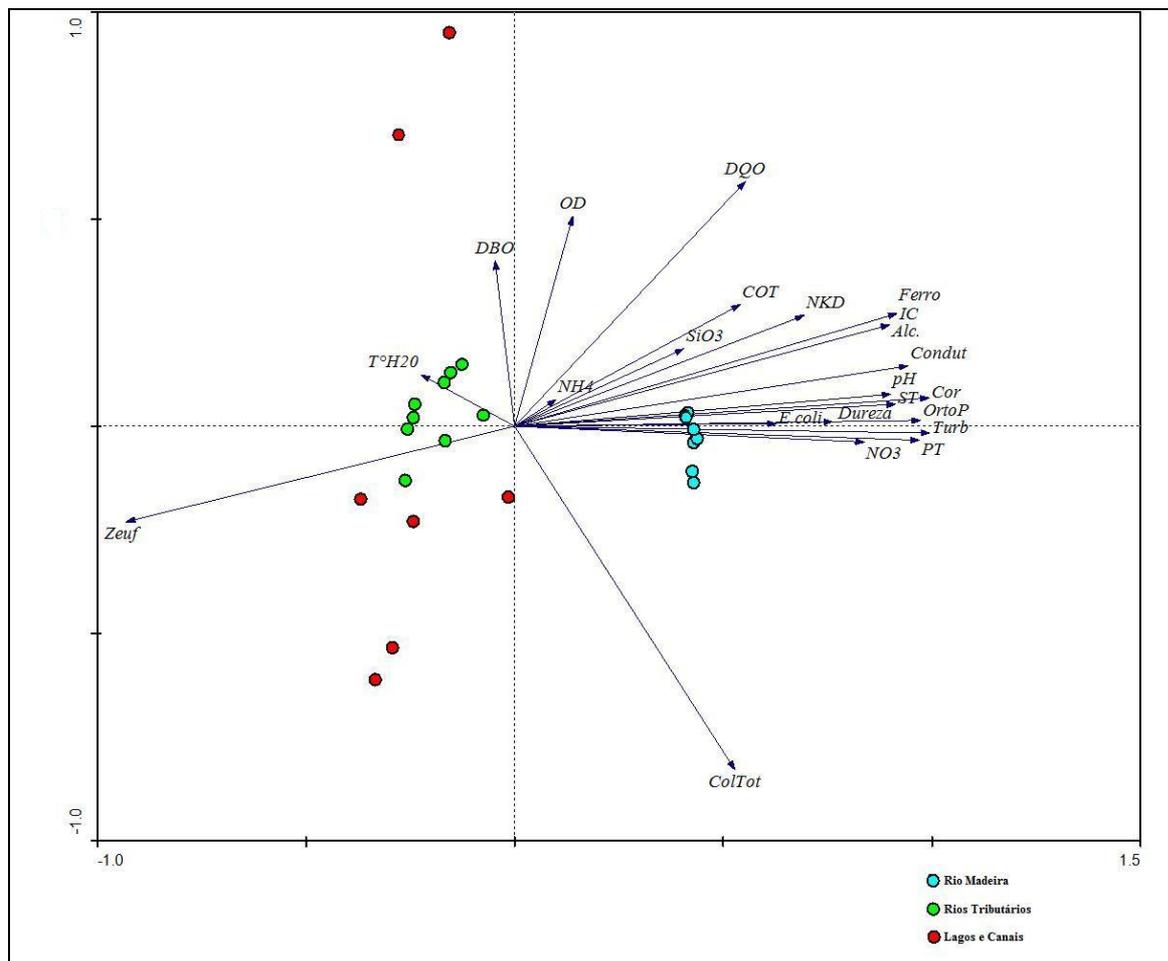


Figura 5-200 - Posição das estações de coleta no rio Madeira (azul), nos rios tributários (verde) e nos lagos e canais (vermelho) ordenadas de acordo com os dois primeiros eixos da PCA durante a cheia (março/abril 2009). As siglas significam: T°H2O: Temperatura da água, OD: oxigênio dissolvido, pH, Conduct: condutividade, Turb: turbidez, Cor; Zeuf: Zona Eufótica, ST: sólidos dissolvidos totais, NH4: amônia, NO3: nitrato, NKD: nitrogênio orgânico total, OrtoP: ortofosfato, PT: fósforo total, DBO: demanda bioquímica de oxigênio, DQO: demanda química de oxigênio, Dureza, Ferro, Alc: Alcalinidade, COT: Carbono orgânico Total, *E. coli*: *Escherichia coli*, ColTot: Coliformes Totais, IC: Carbono inorgânico, SiO3: Silicatos.

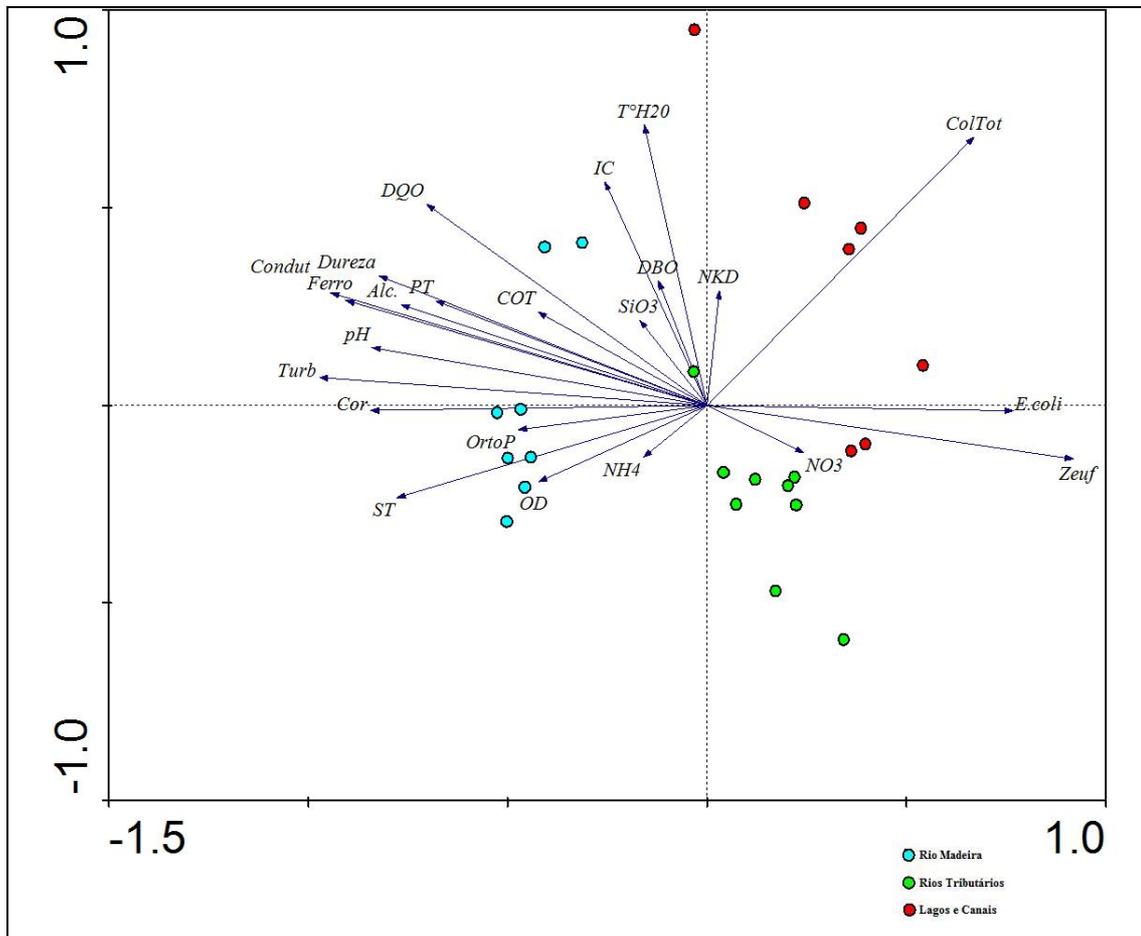


Figura 5-201 - Posição das estações de coleta no rio Madeira (azul), nos rios tributários (verde) e nos lagos e canais (vermelho) ordenadas de acordo com os dois primeiros eixos da PCA durante a vazante (junho 2009). As siglas significam: T°H2O: Temperatura da água, OD: oxigênio dissolvido, pH, Conduit: condutividade, Turb: turbidez, Cor; Zeuf: Zona Eufótica, ST: sólidos dissolvidos totais, NH4: amônia, NO3: nitrato, NKD: nitrogênio orgânico total, OrtoP: ortofosfato, PT: fósforo total, DBO: demanda bioquímica de oxigênio, DQO: demanda química de oxigênio, Dureza, Ferro, Alc: Alcalinidade, COT: Carbono orgânico Total, *E. coli*: *Escherichia coli*, ColTot: Coliformes Totais, IC: Carbono inorgânico, SiO3: Silicatos.

5.5 - FITOPLÂNCTON

O potamoplâncton inclui espécies ocorrentes em rios adaptadas a crescerem e se reproduzirem no canal principal, formando populações dominantes especialmente nos trechos intermediários dos rios (Reynolds and Descy, 1996). A sobrevivência de algas planctônicas nesses sistemas está relacionada ao tempo de residência da água que deve durar o suficiente para manter os inóculos, promovendo o crescimento das populações ao longo dos rios (Reynolds, 1995).

Em rios e lagos temperados as taxas de crescimento das populações fitoplanctônicas são geralmente influenciadas pelos controles ascendente (luz e nutrientes) e descendente

(herbívoros). Entretanto, a estrutura da comunidade de rios é definida também por mecanismos hidrológicos, processos de diluição, além da temperatura, força iônica, dentre outros (Koch et al., 2004; Reynolds, 2006). Em função desses fatores as espécies fitoplanctônicas em rios são selecionadas por seu investimento em crescimento rápido e por sua habilidade para viverem em sistemas turbulentos com grandes flutuações de luz (i.e clorófitas e diatomáceas, Reynolds et al., 1994).

Outras características do potamofitoplâncton são: a) suas baixas biomassas e abundâncias (Reynolds et al., 1994); e b) seu maior desenvolvimento em trechos intermediários dos rios, onde a descarga não é tão intensa como nas cabeceiras e a turbidez é menor do que nos trechos inferiores (Reynolds, 1995; Reynolds & Descy, 1996).

O conhecimento da ecologia do fitoplâncton de rios, se comparada a lagos, é ainda incipiente no Brasil e mesmo no mundo. Uma síntese sobre a ecologia do fitoplâncton de rios elaborada por Rojo et al. (1994) incluiu 67 estudos sazonais, entre os quais apenas 16 foram rios tropicais. Dentre os rios brasileiros, somente os rios Negro e Tapajós ambos localizados na região amazônica foram incluídos. Na América do Sul, a maioria dos estudos está relacionada a sistemas de inundação (Garcia de Emiliani, 1981; 1985; 1988; 1994; García de Emiliani & Manavela, 1983). De acordo com a revisão elaborada por Huszar & Silva (1999) sobre estudos em ecologia do fitoplâncton no Brasil (1950-1998), apesar da extensa rede hidrográfica no Brasil, o número de estudos sobre a comunidade fitoplanctônica lótica (13) é expressivamente menor que os estudos sobre lagos (142). A partir daquela revisão, as pesquisas sobre fitoplâncton de rios ainda continuaram escassas. A maior parte destes estudos relaciona-se à planície de inundação do rio Paraná (Mussara et al., 1998; Train and Rodriguez, 1998), do rio Araguaia (Nabout et al 2007), do rio Paraíba do Sul (Soares et al 2007, Costa et al 2009) e do rio Doce (Petruccio et al. 2005).

O presente relatório é parte do Plano de Trabalho para Monitoramento Limnológico de Macrófitas Aquáticas da AHE SANTO ANTONIO DO RIO MADEIRA, que visa fornecer subsídios para o prognóstico da qualidade das águas na área de influência da AHE. O estudo sobre o fitoplâncton tem como objetivo específico avaliar qualitativa e quantitativamente as populações, através do conhecimento da variabilidade dos atributos da comunidade como abundância, biomassa, frequência de ocorrência das espécies, dominância das populações, diferentes formas de diversidade (diversidade local - alfa diversidade ou riqueza de espécies e diversidade Shannon; diversidade regional - gama diversidade). Além disso, avaliou-se o grau de intercâmbio de espécies entre os sistemas através da beta diversidade.

▪ Abundância e biovolume fitoplanctônicos

A abundância fitoplanctônica média na vazante (junho de 2009) no rio Madeira foi de 3573 ± 1973 ind/mL (média \pm DP), nos rios tributários foi de 2476 ± 1518 ind/mL (média \pm DP) e nos lagos e canais foi de 7124 ± 14304 ind/mL (média \pm DP), variando de no 1015 a 50531 ind/mL (Figura 5-202). Já o biovolume foi em média de $0,085 \pm 0,128$ mm³/L (média \pm DP) no rio Madeira, $0,084 \pm 0,100$ mm³/L (média \pm DP) nos rios tributários e $0,380 \pm 0,257$ mm³/L (média \pm DP) nos lagos e canais, variando de 0,011 a 0,797 mm³/L (Figura 5-203). Os valores de abundância registrados podem ser considerados, em sua maioria, como relativamente elevados, se comparados a outros sistemas de inundação amazônicos em períodos de cheias (Huszar, 2000). No entanto, os valores de biovolume foram marcadamente baixos, o que indica a dominância de organismos de pequeno tamanho tanto no rio Madeira e seus tributários, como nos lagos estudados.

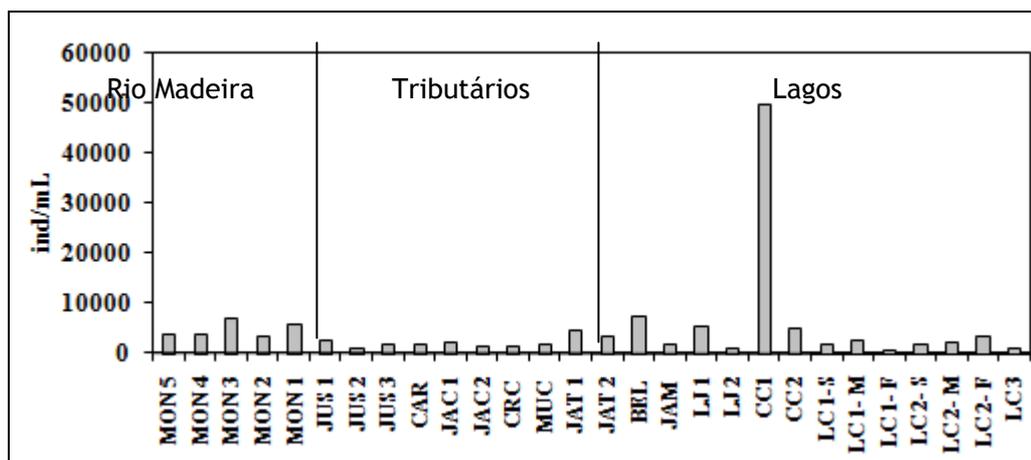


Figura 5-202 - Abundância fitoplanctônica total do rio Madeira, dos rios tributários e dos lagos e canais na vazante (junho 2009).

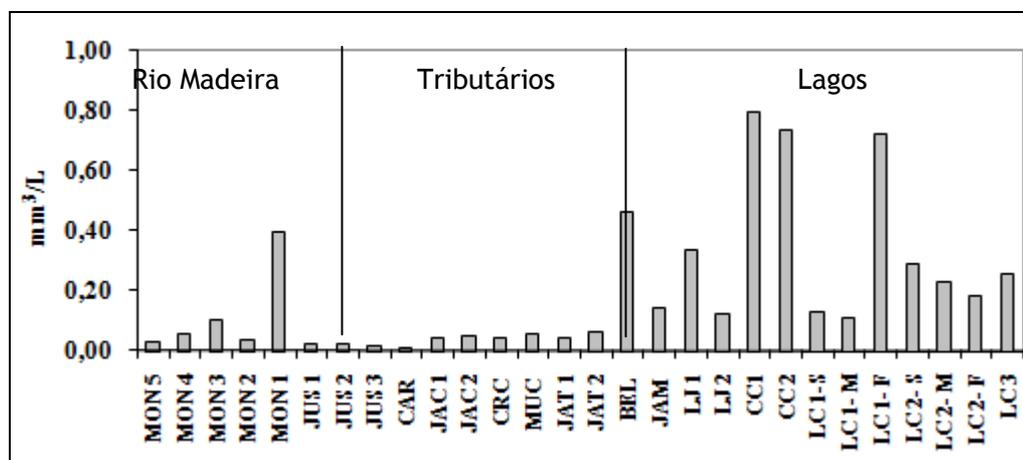


Figura 5-203 Biovolume fitoplanctônico total do rio Madeira, dos rios tributários e dos lagos e canais na vazante (junho 2009).

Embora as abundâncias médias entre o rio Madeira, seus tributários e os lagos não tenham sido significativamente diferentes (Figura 5-204a), o valor médio de biovolume total (Figura 5-204b) foi significativamente maior nos lagos que no rio Madeira ($p=0,0024$) e seus tributários ($p=0,0033$).

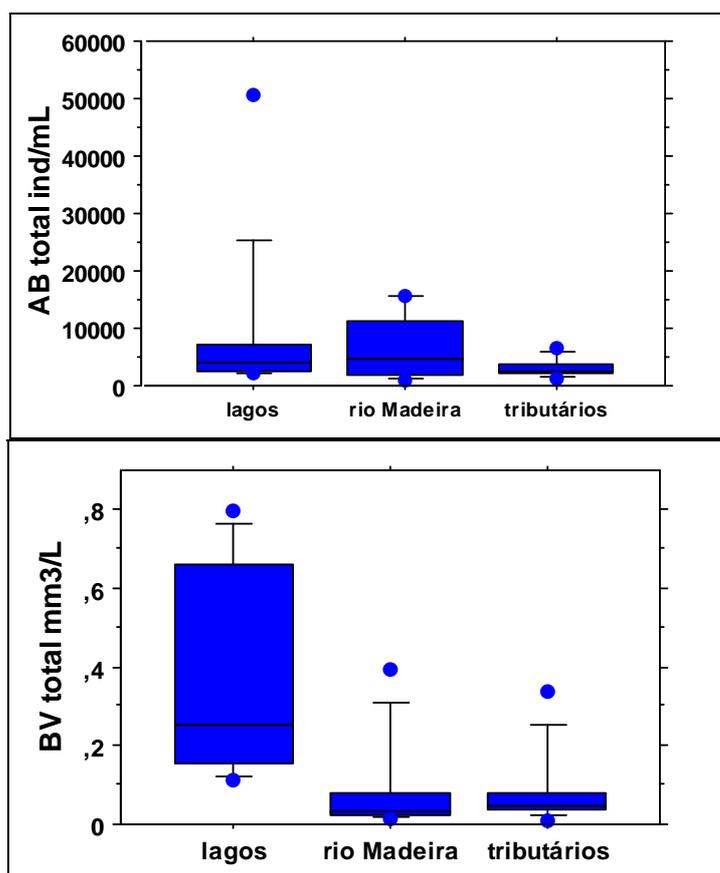


Figura 5-204 - Variação da abundância (a) e do biovolume (b)

totais do fitoplâncton total do rio Madeira, dos rios tributários e dos lagos e canais na vazante (junho 2009). As linhas entre as caixas indicam a mediana, os limites de caixas, traços e pontos abrangem respectivamente, 75, 95 e 100% dos dados obtidos nas diferentes estações de amostragem.

Em nível de grandes grupos, as clorofíceas foram dominantes, em abundância, no rio Madeira e na maioria de seus tributários, mas nos lagos, além das clorofíceas, cianobactérias, criptofíceas e crisofíceas, assumiram relevância (Figura 5-205). No entanto, um padrão de maior variabilidade nas proporções entre os grandes grupos taxonômicos foi observado quando consideradas as proporções em biovolume (Figura 5-206). Em geral clorofíceas foram importantes no rio Madeira, clorofíceas, crisofíceas e criptofíceas nos tributários e rafidofíceas, criptofíceas e diatomáceas nos lagos.

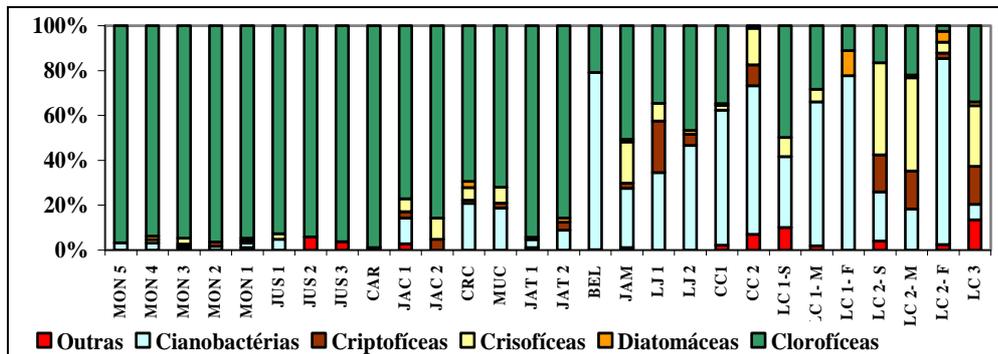


Figura 5-205 - Abundância relativa das principais classes taxonômicas do fitoplâncton do rio Madeira, dos rios tributários e dos lagos e canais na fase de vazante (junho 2009). Outras = dinoflagelados, euglenóides, xantofíceas, rafidofíceas e zignematofíceas).

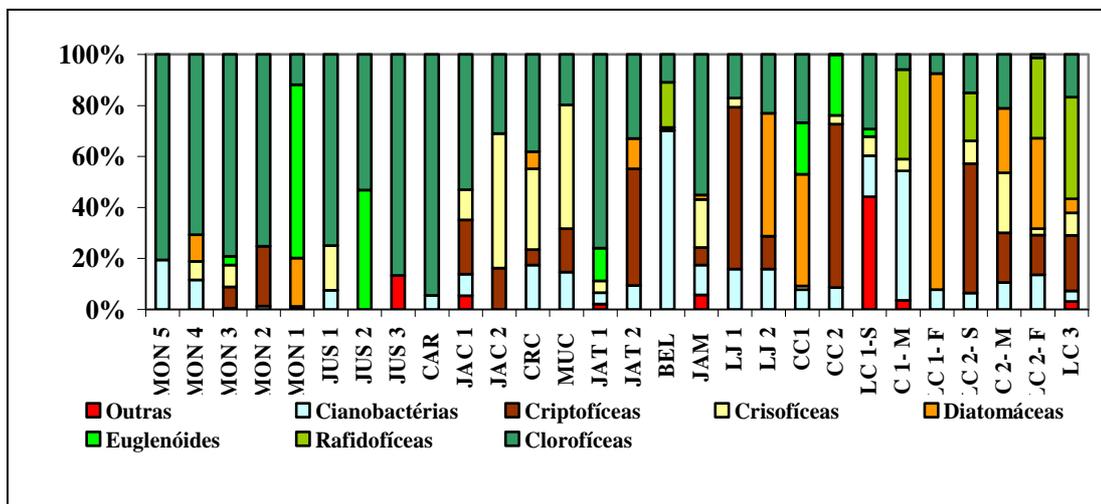


Figura 5-206 - Biovolume relativo das principais classes taxonômicas do fitoplâncton do rio Madeira, dos rios tributários e do lagos e canais na fase de vazante (junho 2009). Outras = dinoflagelados, xantofíceas e zignematofíceas.

De um total de 106 espécies registradas nas amostras quantitativas, 85% foram espécies esporádicas e apenas três muito frequentes (Quadro 5-3): *Chlorella homosphaera*, *Chlorella minutissima* e *Choricystis minor*, todas clorofíceas de pequeno tamanho (2-5µm). Já se considerados os critérios de importância das espécies quanto a sua abundância, 81% foram espécies raras em todas as amostras onde foram registradas (Anexo 1). As demais foram pouco abundantes e abundantes em pelo menos uma amostra. Somente *Choricystis minor* foi dominante, sobretudo no rio Madeira.

Quadro 5-3 - Número de espécies por classe taxonômica de acordo com a frequência de ocorrência na área de abrangência do empreendimento na fase de vazante (junho 2009).

Táxon	Esporádicas	Pouco Frequentes	Frequentes	Muito Frequentes
Cianobactérias	20	3	1	0
Criptofíceas	6	2	0	0
Dinoflagelados	2	0	0	0
Diatomáceas	10	0	0	0
Crisofíceas	15	3	1	0
Xantofíceas	1	0	0	0
Euglenoides	7	0	0	0
Rafidofíceas	2	0	0	0
Clorofíceas	27	2	1	3
Zignematofíceas	2	0	0	0
Total	92	10	3	3

▪ Composição e diversidade de espécies

A biodiversidade fitoplanctônica (composição florística) na região estudada, avaliada com base nas amostras qualitativas e quantitativas, totalizou apenas 184 táxons, sendo 30 cianobactérias, 5 dinoflagelados, 8 criptofíceas, 22 crisofíceas, 2 xantofíceas, 21 diatomáceas, 21 euglenóides, 2 rodofíceas, 46 clorofíceas e 27 zignematofíceas (Figura 5-207, Anexo 2).

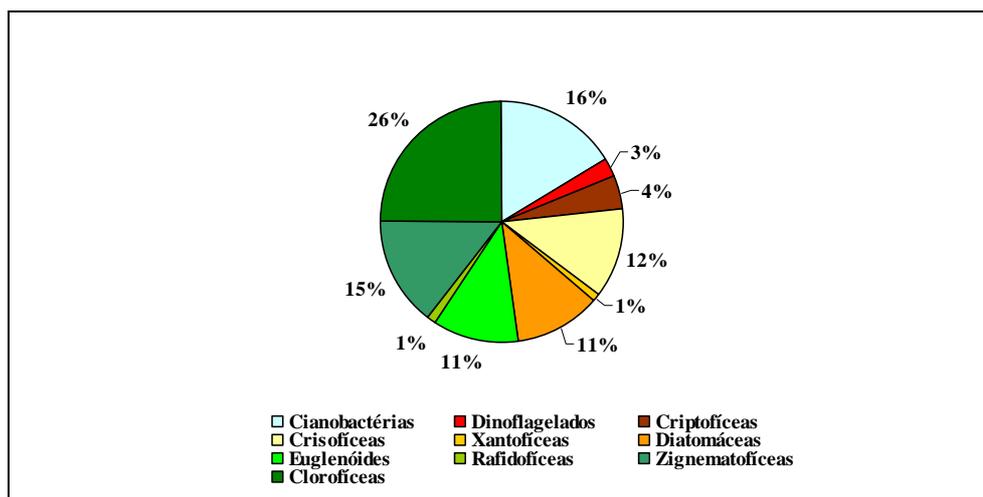


Figura 5-207 - Porcentagem de contribuição, em número de táxons, por classe taxonômica com base nas amostras qualitativas e quantitativas do rio Madeira, os rios tributários e dos lagos e canais na fase de vazante (junho 2009).

A diversidade gama (regional) é uma medida de diversidade total para um conjunto de sistemas estudados (Meffe et al. 2002). Considerando apenas as amostras quantitativas, a diversidade gama totalizou 106 espécies. Cabe lembrar que sistemas com gama diversidade elevada, como o lago Batata, na Amazônia, podem atingir cerca de 250 espécies em estudos intensivos espacial e temporalmente (Huszar 2000).

A diversidade alfa é a diversidade dentro de um sistema particular, geralmente é expressa pela riqueza de espécies, mas também pela diversidade no conceito matemático, como, por exemplo, através do índice de Shannon & Wiener (Shannon & Weaver 1963). A primeira envolve apenas o componente qualitativo da diversidade e a segunda, tanto o aspecto qualitativo (riqueza) quanto o quantitativo (abundância). Diversidade, como conceito matemático é, portanto, uma medida de quanto da biomassa está distribuída entre as espécies. Um outro aspecto da diversidade é a equitabilidade, que é uma medida de quão homogeneamente a biomassa está distribuída entre as espécies. São, portanto, atributos que sintetizam a informação de cada espécie para a comunidade fitoplanctônica como um todo.

A riqueza de espécies apresentou níveis intermediários, variando de 4 a 26 táxons/ amostra (Figura 5-208a). Este atributo foi significativamente maior nos tributários ($p= 0.0002$) e nos lagos ($p= 0.0186$) do que no rio Madeira (Figura 5-209a). Cabe salientar que um dos sistemas brasileiros mais diversos é o rio Araguaia, TO, que pode alcançar 70 táxons/ amostra (Moss & Moss 2006). O Índice de Shannon & Wiener (Shannon & Weaver 1963) varia em geral de 1 a 5 em sistemas naturais (Margalef 1983).

Diversidades $>2,5$ bits ind⁻¹ são consideradas elevadas (Margalef 1972) e entre 4 e 5 bits ind⁻¹, muito elevadas (Moss & Moss 2006). A diversidade nas estações de estudo variou de 0,6 a 4,1 bits ind⁻¹ (Figura 5-215) indicando uma ampla variação desse atributo, o qual foi significativamente maior nos lagos ($p=0.0008$) e tributários ($p=0.0171$) do que no rio Madeira (Figura 5-218 b).

A equitabilidade variou entre 3 a 93% (Figura 5-208 c) e foi significativamente mais elevada apenas entre os lagos e o rio Madeira ($p=0.0331$) (Figura 5-209 c).

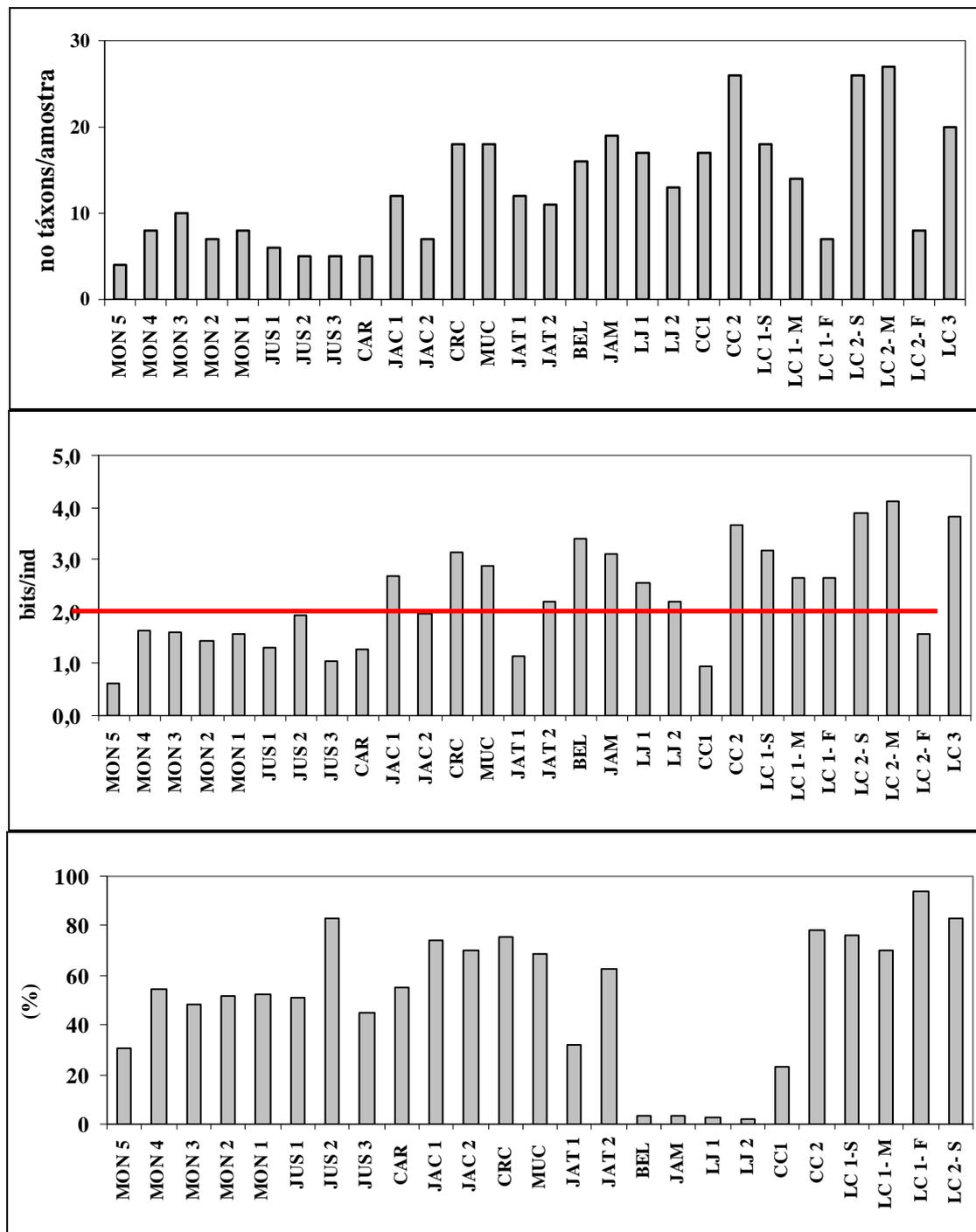


Figura 5-208 - Diversidade fitoplanctônica (a), riqueza de espécies (b) e equitabilidade (c) do rio Madeira, dos rios tributários e dos lagos e canais na fase de vazante (junho 2009). O patamar a partir do qual as diversidades podem ser consideradas elevadas está assinalado em vermelho.

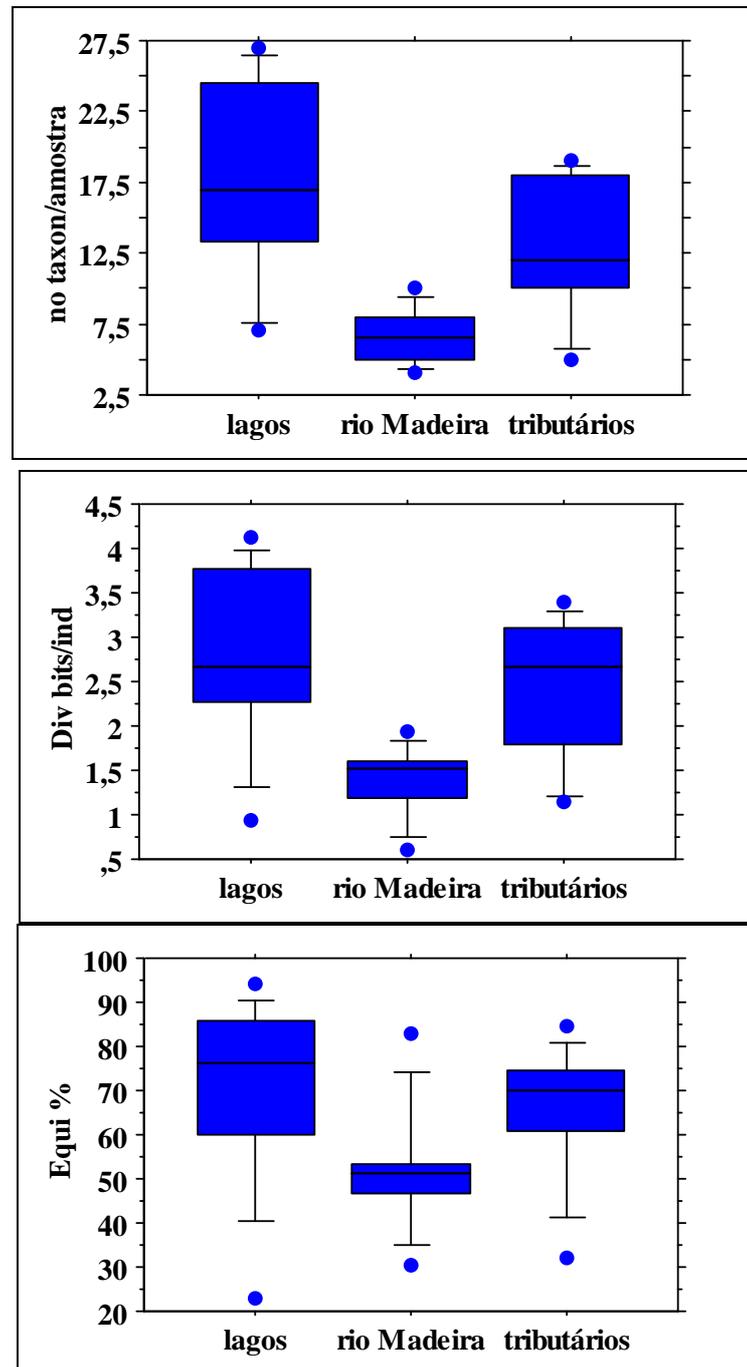


Figura 5-209 - Variação da riqueza de espécies (a), diversidade específica (b) e equitabilidade (c) do fitoplâncton do rio Madeira, dos rios tributários e dos lagoes e canais na fase de vazante (junho 2009). As linhas entre as caixas indicam a mediana, os limites de caixas, traços e pontos abrangem respectivamente, 75, 95 e 100% dos dados obtidos nas diferentes estações de amostragem.

A beta diversidade expressa a taxa de intercâmbio de espécies entre os sistemas. Um valor beta elevado (mais próximo de 100) indica uma menor taxa de intercâmbio de espécies entre os sistemas e aponta para uma maior heterogeneidade entre os sistemas. Já um valor de beta

baixo (mais próximo a zero) indica uma maior taxa de intercâmbio de espécies e, portanto, uma maior homogeneidade entre os sistemas.

Uma vez que se admite a facilidade de dispersão das espécies fitoplanctônicas, espera-se uma alta taxa de intercâmbio com uma maior homogeneidade entre as estações de amostragem, dada sua conectividade. Comparando-se todos os sistemas, no entanto, a beta diversidade foi de 71%, indicando uma forte heterogeneidade no conjunto de estações amostradas. Se comparados os rios e tributários entre si e os lagos entre si, valores mais baixos (46 e 48%, respectivamente) foram observados, apontando para um maior intercâmbio de espécies dentro de cada conjunto de sistemas.

- Classificação das águas quanto à abundância de cianobactérias de acordo com Resolução CONAMA 357/2005.

Para a classificação das águas de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 faz-se necessário expressar a abundância de cianobactérias em células por mililitro. Em todas as estações os valores de cianobactérias variaram entre zero e 11930 céls mL⁻¹ (Figura 5-210, Anexo 2). Apenas em CC 01 uma pequena espécie de cianobactéria de 1.5 µm de diâmetro (*Synechocystis aquatilis* 2) atingiu valores de 39608 céls/mL.

A Resolução CONAMA 357/2005, sobre a classificação das águas de acordo com seus usos, inclui as densidades de cianobactérias (céls. mL⁻¹) como um dos parâmetros a serem analisados para classificar sistemas de águas doces. Classe 1: até 20.000 céls. mL⁻¹; classe 2 até 50.000 céls. mL⁻¹; e classe 3 até 100.000 céls. mL⁻¹.

Desta forma, a maioria das estações amostradas podem ser classificadas como classe 1. São exceção as estações MON 05, MON 04 e CC 01 que seriam classificadas como Classe 2. A maioria das águas analisadas podem portanto ser destinadas aos mais diversos usos, como ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

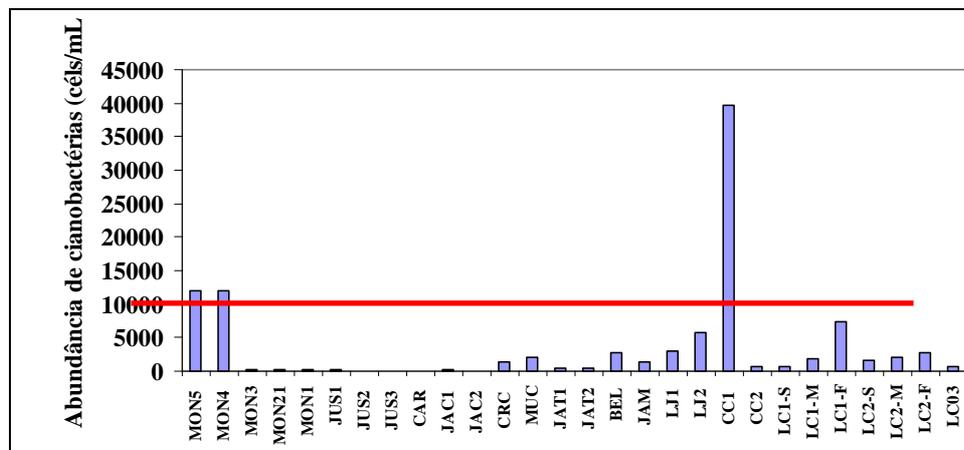


Figura 5-210 - Abundância de cianobactérias (células/mL) no rio Madeira, nos rios tributários e nos lagos e canais na fase de vazante (junho 2009). A linha em vermelho assinala o limite para classificação das águas como classe 1 (Resolução CONAMA 357/05).

5.6 - ZOOPLÂNCTON

A comunidade zooplancônica em águas doces é composta por um conjunto de organismos, sendo a maioria de tamanho microscópico, pertencentes a diversos grupos taxonômicos. Dentre estes, os representantes dos filos Protozoa, Rotifera e de dois grupos de Crustacea, os Cladocera e os Copepoda são os mais importantes, constituindo a maior parte dos invertebrados planctônicos. Representantes de outros grupos taxonômicos como Ostracoda, Turbellaria e larvas de Insecta podem estar presentes, mas usualmente representados por poucos indivíduos.

O zooplâncton constitui o principal elo de transferência matéria produzida e energia armazenada pelos produtores primários para os níveis tróficos superiores nos ecossistemas aquáticos. Desta forma, a sua riqueza de espécies, biomassa e produção secundária tem um papel preponderante no funcionamento do ecossistema como um todo.

Um outro aspecto relevante para o estudo da comunidade zooplancônica é que por serem na maioria organismos pequenos (30 a 3000 μm) e com ciclos de vida (tempos de geração) bastante curtos (1 a 15 dias) respondem rapidamente às alterações ou impactos, atuando como bioindicadores das condições ambientais.

5.6.1 - Rio Madeira

5.6.1.1 - Composição taxonômica

A comunidade zooplancônica do Rio Madeira na área de influência da UHE Santo Antônio foi composta principalmente por representantes dos grupos Rotifera, Cladocera e Copepoda (holoplâncton). Outros grupos menos abundantes também estiveram representados, como os Protozoa, Bryozoa, Hydracarina, Ostracoda, e Oligochaeta, além de larvas e ninfas de insetos aquáticos (Ephemeroptera e Diptera), os quais vivem no plâncton apenas durante uma parte de seu ciclo de vida, sendo por esta razão chamados de meroplâncton.

Dentre os grupos holoplanctônicos, a maior riqueza de espécies no Rio Madeira ocorreu entre os Rotifera, com 22 espécies, seguidos pelos Cladocera com 12 espécies e Copepoda, com 4 espécies (Figura 5-213 e Quadro 5-4).

Os Rotifera formam o grupo mais representativo do plâncton de rios em geral, tanto em riqueza de espécies, como em densidade, embora geralmente tenham menor importância em relação à biomassa (Margalef, 1983). Na comunidade zooplancônica do rio Madeira tiveram destaque as espécies do gênero *Lecane*. A família Lecanidae é rica em espécies nas regiões tropicais.

Os Cladocera estiveram também bem representados quando comparados com sua riqueza em outros rios tropicais. Das 12 espécies registradas, 8 são tipicamente planctônicas (espécies das famílias Bosminidae, Moinidae, Sididae e Daphnidae), enquanto quatro, pertencentes às famílias Chydoridae e Ilyocryptidae, encontram-se geralmente associadas às macrófitas aquáticas ou aos sedimentos de fundo, podendo no entanto ser arrastadas pela correnteza ou ressuspensas, permanecendo no plâncton por períodos de tempo variáveis. Neste trecho do rio Madeira, merecem destaque as espécies de Sididae do gênero *Diaphanosoma*, algumas delas componentes típicos do potamoplâncton (plâncton de rio), como a espécie *Diaphanosoma fluviatile*.

Em relação às estações amostrais, pode-se observar que as associações de espécies nas estações a montante, particularmente MON 03 e MON 05, tiveram maior riqueza do que aquelas situadas no trecho à jusante.

Em relação à frequência de ocorrência das espécies pode-se observar que entre os Cladocera apenas as espécies *Diaphanosoma fluviatile* e *Ilyocryptus verrucosus* foram frequentes, com ocorrência em 63% e 50% das localidades amostradas. Cinco espécies foram pouco frequentes e cinco esporádicas (Quadro 5-13).

Quadro 5-4 - Frequência de ocorrência (%) das espécies zooplanctônicas e sua classificação.

	Frequência	
Cladocera		
<i>Alonella cf. acutirostris</i>	13%	Esporádica
<i>Bosmina freyi</i>	13%	Esporádica
<i>Bosminopsis deitersi</i>	38%	Pouco frequente
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	13%	Esporádica
<i>Chydorus parvireticulatus</i>	25%	Pouco frequente
<i>Chydorus pubescens</i>	13%	Esporádica
<i>Daphnia gessneri</i>	13%	Esporádica
<i>Diaphanosoma brevирreme</i>	63%	Frequente
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	38%	Pouco frequente
<i>Ilyocryptus verrucosus</i>	50%	Frequente
<i>Moina micrura</i>	38%	Pouco frequente
<i>Moina reticulata</i>	38%	Pouco frequente
efípio Cladocera	13%	Esporádica
Copepoda		
Calanoida		
<i>Notodiaptomus amazonicus</i>	13%	Esporádica
nauplius	63%	Frequente
copepodito V	38%	Pouco frequente
copepodito	75%	Muito frequente
Cyclopoida		
<i>Mesocyclops meridianus</i>	13%	Esporádica
<i>Mesocyclops ogunus</i>	13%	Esporádica
<i>Microcyclops anceps</i>	13%	Esporádica
nauplius	75%	Muito frequente
copepodito	88%	Muito frequente
Harpacticoida	13%	Esporádica
Rotifera		
<i>Asplanchna sieboldi</i>	25%	Pouco frequente
<i>Beauchamphiella eudactyolata</i>	13%	Esporádica
<i>Brachionus calyciflorus</i>	13%	Esporádica
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	25%	Pouco frequente
<i>Euchlanis dilatata</i>	13%	Esporádica
<i>Filinia cf. longiseta</i>	25%	Pouco frequente
<i>Lecane bulla</i>	13%	Esporádica
<i>Lecane curvicornis</i>	38%	Pouco frequente
<i>Lecane cornuta</i>	13%	Esporádica
<i>Lecane depressa</i>	13%	Esporádica
<i>Lecane elsa</i>	25%	Pouco frequente
<i>Lecane leontina</i>	38%	Pouco frequente
<i>Lecane lunaris</i>	25%	Pouco frequente
<i>Monommata sp.</i>	13%	Esporádica
<i>Phylodina cf. roseola</i>	13%	Esporádica
<i>Platyias quadricornis</i>	13%	Esporádica
<i>Rotaria cf. nepunia</i>	50%	Frequente

	Frequência	
<i>Sintherina cf. procera</i>	25%	Pouco frequente
<i>Testudinella mucronata f. hauerensis</i>	13%	Esporádica
<i>Testudinella patina</i>	13%	Esporádica
<i>Trichotria tetractis</i>	38%	Pouco frequente
<i>Trochosphaera aequatorialis</i>	13%	Esporádica
Protozoa		
<i>Arcella discoides</i>	75%	Muito frequente
<i>Arcella vulgaris</i>	63%	Frequente
<i>Arcella hemiphaerica</i>	50%	Frequente
<i>Centropix aculeata</i>	63%	Frequente
<i>Difflugia sp.</i>	25%	Pouco frequente
Meroplâncton		
Bryozoa	13%	Esporádica
estatoblasto Bryozoa	13%	Esporádica
Hidracarina	13%	Esporádica
Chironomidae	38%	Pouco frequente
Larva Ephemeroptera	13%	Esporádica
emb. Oligochaeta	13%	Esporádica
Oligochaeta	13%	Esporádica
Ostracoda	13%	Esporádica
<i>Vorticella sp.</i>	38%	Pouco frequente

5.6.1.2 - Abundância relativa

Em relação à abundância relativa não se observou um padrão de maior abundância de um determinado grupo no zooplâncton para os pontos amostrados no rio Madeira à montante da futura UHE de Santo Antonio do Madeira. Os grupos alternaram sua representatividade, sendo que ora Protozoa, ora Rotifera, Cladocera ou Copepoda tiveram uma maior abundância relativa, dependendo da localidade amostrada (Figura 5-211). Assim, nos pontos de amostragem localizados à montante, os Protozoa foram mais abundantes no ponto MON 01, os Copepoda os mais abundantes nos pontos MON 02 e MON 03, outros grupos conjuntamente (meroplâncton) no ponto MON 04 e os Cladocera no ponto MON 05. Já nos pontos a jusante houve um padrão recorrente. Embora os Rotifera tenham sido o grupo mais abundante no ponto Jus 01, os Copepoda estiveram também bem representados neste ponto e foram o grupo de maior abundância relativa nos pontos Jus 02 e Jus 03.

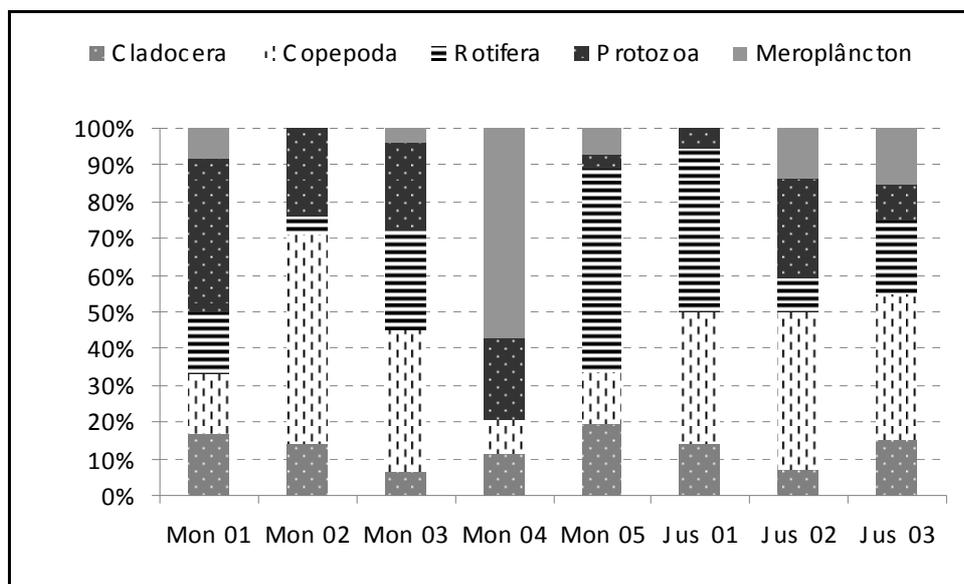


Figura 5-211 - Abundância relativa dos principais grupos da comunidade zooplânctônica no rio Madeira na vazante (junho 2009).

5.6.1.3 - Densidade numérica

As populações zooplânctônicas fluviais ocorrem usualmente em baixas densidades, exceto em áreas de remanso ou sob influência de lagos de várzea.

No período de águas altas, como no mês de realização da 2ª campanha (junho de 2009) as densidades populacionais das espécies zooplânctônicas nas localidades amostradas no próprio rio Madeira foram geralmente baixas, provavelmente em decorrência de ambos, do efeito de diluição com o aumento do nível de água do rio e da perda por deriva ou arraste rio abaixo, devido à turbulência e fluxo unidirecional do mesmo.

Densidades superiores a 100 ind.m^{-3} só foram registradas para a espécie *Lecane lunaris* entre os Rotifera e para *Vorticella* sp entre os Protozoa (Figura 5-212).

As maiores densidades numéricas da comunidade zooplânctônica ocorreram, como um todo, nos pontos MON 05, MON 03 e MON 04, respectivamente, onde as populações de espécies de pequeno porte, pertencentes aos grupos dos Protozoa e dos Rotifera foram abundantes (Figura 5-212). As densidades registradas nos dois primeiros pontos a montante, MON 01 e MON 02, e nos três pontos a jusante, Jus 01, Jus 02 e Jus 03, foram aproximadamente metade da densidade (cerca de 300 ind.m^{-3}) registrada nos pontos MON 03 e MON 05.

Quadro 5-5 - Densidade numérica (ind.m⁻³) das espécies zooplancônicas no rio Madeira, na vazante (junho 2009).

	Mon. 01	Mon. 02	Mon. 03	Mon. 04	Mon. 05	Jus. 01	Jus. 02	Jus. 03
Cladocera								
<i>Alonella cf. acutirostris</i>	10	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina freyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Bosminopsis deitersi</i>	-	-	10	20	50	-	-	-
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Chydorus parvireticulatus</i>	-	-	5	-	-	10	-	-
<i>Chydorus pubescens</i>	-	-	5	-	-	-	-	-
<i>Daphnia gessneri</i>	-	-	5	-	-	-	-	-
<i>Diaphanosoma brevireme</i>	-	10	-	-	10	10	10	5
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	-	10	5	10	-	-	-	-
<i>Ilyocryptus verrucosus</i>	10	-	5	10	-	-	5	-
<i>Moina micrura</i>	10	10	-	-	40	-	-	-
<i>Moina reticulata</i>	-	-	-	10	10	-	-	5
efípio Cladocera	10	-	-	-	-	-	-	-
Copepoda								
Calanoida								
<i>Notodiaptomus amazonicus</i>	-	10	-	-	-	-	-	-
nauplius	10	30	20	-	-	-	40	10
copepodito V	-	20	20	10	-	-	-	-
copepodito	10	-	-	10	10	10	5	10
Cyclopoida								
<i>Mesocyclops meridianus</i>	-	20	-	-	-	-	-	-
<i>Mesocyclops ogunus</i>	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Microcyclops anceps</i>	-	-	-	-	10	-	-	-
nauplius	-	20	130	-	50	20	30	5
copepodito	20	20	40	20	-	30	20	15
Harpacticoida								
<i>Asplanchna sieboldi</i>	-	-	5	-	-	-	-	5
<i>Beauchamphiella eudactyolata</i>	-	-	5	-	-	-	-	-
<i>Brachionus calyciflorus</i>	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	-	-	20	-	10	-	-	-
<i>Euchlanis dilatata</i>	-	-	5	-	-	-	-	-
<i>Filinia cf. longiseta</i>	-	-	10	-	20	-	-	-
<i>Lecane bulla</i>	-	-	5	-	-	-	-	-
<i>Lecane curvicornis</i>	10	-	20	-	90	-	-	-
<i>Lecane cornuta</i>	-	-	-	-	-	10	-	-
<i>Lecane depressa</i>	-	-	-	-	-	30	-	-
<i>Lecane elsa</i>	-	-	-	-	-	10	10	-
<i>Lecane leontina</i>	-	-	5	-	10	10	-	-
<i>Lecane lunaris</i>	10	-	-	-	120	-	-	-
<i>Monommata sp.</i>	-	-	5	-	-	-	-	-
<i>Phylodina cf. roseola</i>	-	-	35	-	-	-	-	-
<i>Platytias quadricornis</i>	-	-	5	-	-	-	-	-

	Mon. 01	Mon. 02	Mon. 03	Mon. 04	Mon. 05	Jus. 01	Jus. 02	Jus. 03
<i>Rotaria cf. nepunia</i>	-	-	-	-	10	10	10	5
<i>Sinantherina cf. procera</i>	10	10	-	-	-	-	-	-
<i>Testudinella mucronata f. hauerensis</i>	-	-	-	-	30	-	-	5
<i>Testudinella patina</i>	-	-	5	-	-	-	-	-
<i>Trichotria tetractis</i>	10	-	25	-	-	10	-	-
<i>Trochosphaera aequatorialis</i>	-	-	-	-	20	-	-	-
Protozoa								
<i>Arcella discoides</i>	20	-	55	80	20	-	20	10
<i>Arcella vulgaris</i>	10	20	10	20	-	-	10	-
<i>Arcella hemiphaerica</i>	20	20	55	-	-	-	10	-
<i>Centropix aculeata</i>	40	10	10	-	-	10	10	-
<i>Difflugia sp.</i>	10	-	-	-	-	-	10	-
Meroplâncton								
Bryozoa								
estatoblasto Bryozoa	10	-	-	-	-	-	-	-
Hidracarina	-	-	-	-	10	-	-	-
Chironomidae	-	-	10	-	30	-	10	-
Larva Ephemeroptera	-	-	5	-	-	-	-	-
emb. Oligochaeta	-	-	-	-	-	-	10	-
Oligochaeta	-	-	-	-	-	-	-	5
Ostracoda	10	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vorticella sp.</i>	-	-	5	250	-	-	-	10

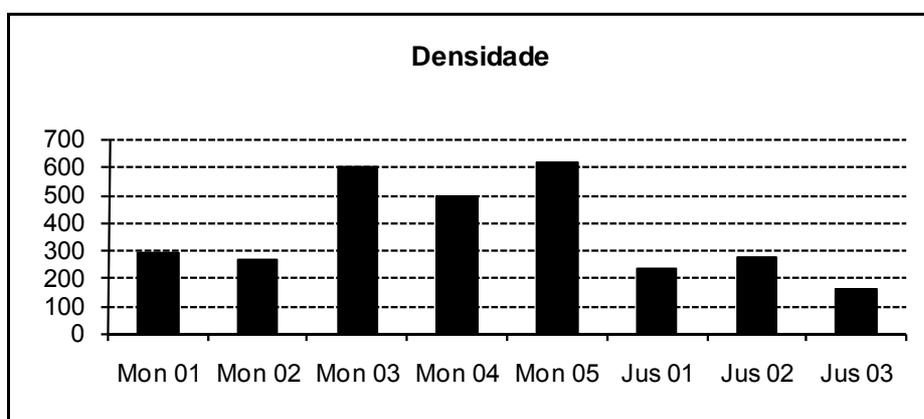


Figura 5-212 - Valores da densidade total do zooplâncton (ind.m⁻³) no rio Madeira na vazante (junho 2009).

5.6.1.4 - Diversidade

Os componentes da diversidade (riqueza, dominância e equidade do zooplâncton) bem como os índices de diversidade nos diferentes pontos amostrados no rio Madeira foram analisados e os resultados são apresentados graficamente nas Figura 5-213 a Figura 5-216.

A maior riqueza de espécies foi obtida no ponto MON 03, com de 30 espécies registradas. Neste ponto houve baixa dominância (0,1) e moderada equidade na repartição dos indivíduos nas populações (0,55). Esta combinação resultou no maior valor obtido para o índice de diversidade de espécies de Shannon-Wiener (2,8). De maneira geral os índices de diversidade foram relativamente elevados, tanto a montante quanto a jusante, atingindo valores de aproximadamente 2,5, com exceção do ponto MON 04, que devido à menor riqueza (10 espécies), maior dominância (0,36) e menor equidade (0,38) apresentou uma comunidade zooplancônica de baixa diversidade, com índice de diversidade de Shannon-Wiener de apenas 1,5.

Até o presente, valores máximos de 4,5 a 5,0 são reportados para as comunidades planctônicas mais diversificadas, incluindo todos os tipos de ecossistemas (Margalef, 1983). Desta forma, os valores obtidos para o rio Madeira evidenciam uma diversidade moderada.

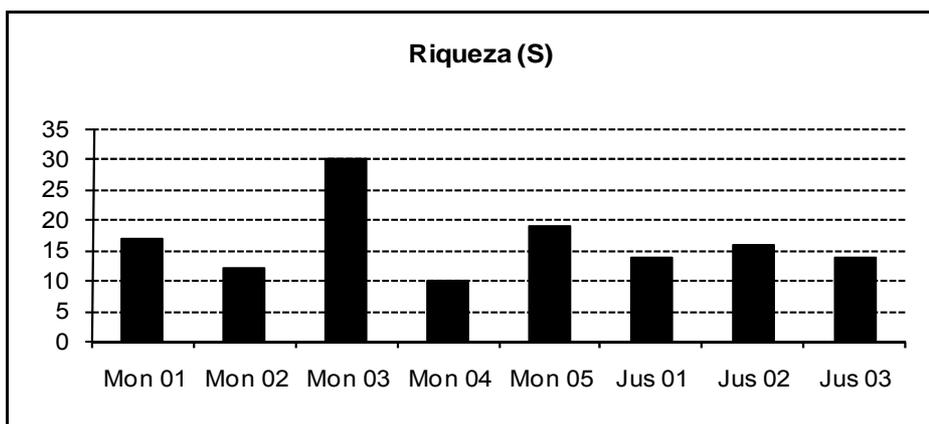


Figura 5-213 - Valores da Riqueza de espécies da comunidade zooplancônica no rio Madeira na vazante (junho 2009).

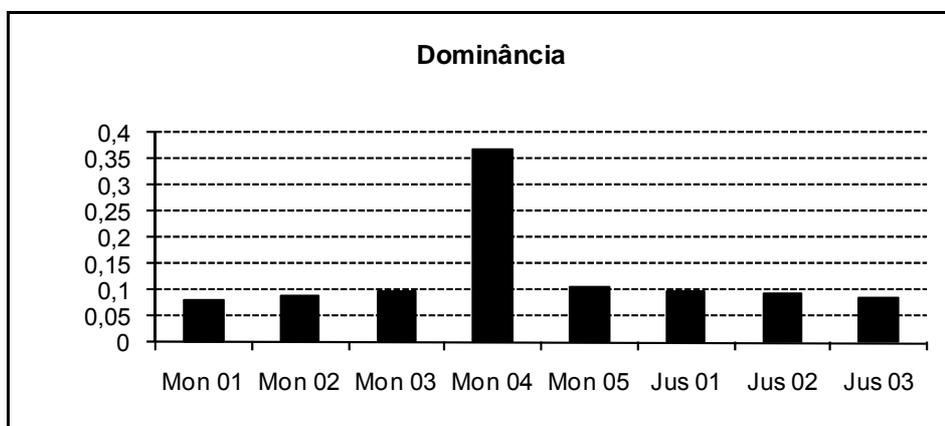


Figura 5-214 - Valores da Dominância de espécies na comunidade zooplancônica no rio Madeira na vazante (junho 2009).

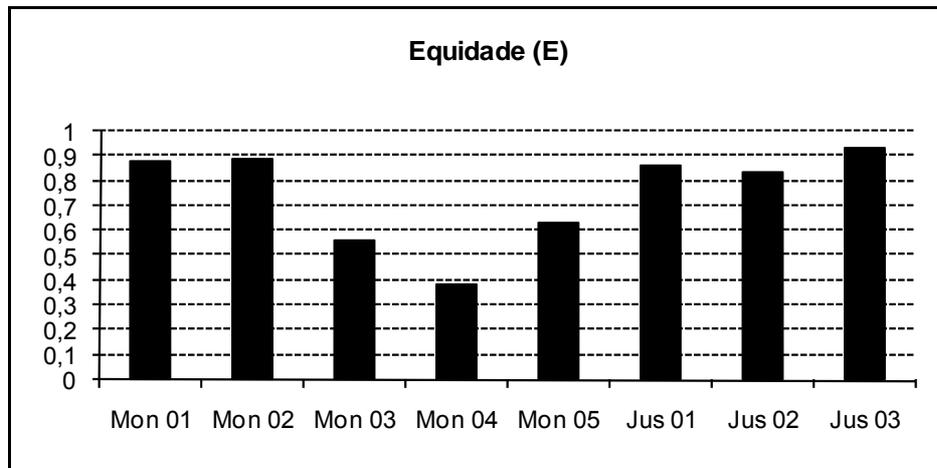


Figura 5-215 - Valores da Equidade de espécies na comunidade zooplancônica no rio Madeira na vazante (junho 2009).

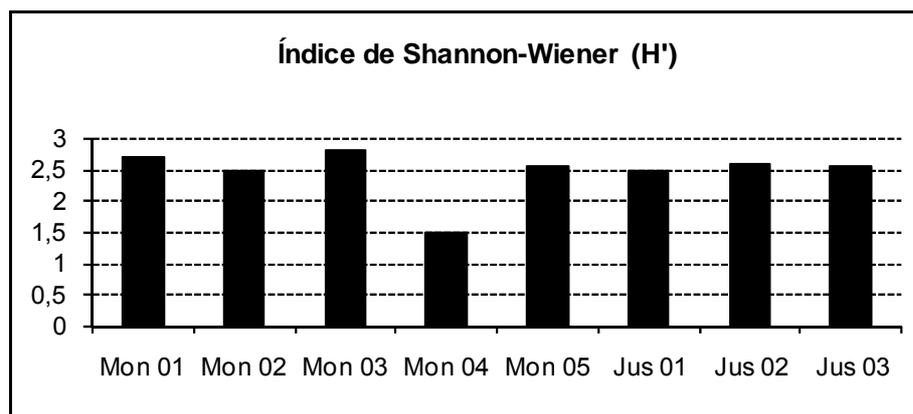


Figura 5-216 - Valores do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener no rio Madeira na vazante (junho 2009).

5.6.1.5 - Biomassa

Dentre as espécies zooplancônicas, as maiores contribuições em biomassa foram representadas pelas espécies *Diaphanosoma brevirreme* e *D. spinulosum* do grupo Cladocera, pelas espécies *Notodiaptomus amazonicus* e *Mesocyclops meridianus* do grupo Copepoda e pelas espécies *Asplanchna sieboldi* e *Dipleuchlanis dilatata* dentre o grupo Rotifera (Quadro 5-6).

Considerando-se a comunidade zooplancônica como um todo, os maiores valores de biomassa foram registrados no ponto MON 02 a montante do futuro empreendimento AHE Santo Antonio do Madeira, com biomassa superior a $500 \mu\text{g PS. m}^{-3}$ (Figura 5-217). Neste ponto, o grupo dos Copepoda foi o mais representativo em termos de biomassa. Valores intermediários de biomassa

zooplancônica total foram registrados nos pontos MON 03 e JUS 01, embora os valores de biomassa nestes pontos tenham correspondido a aproximadamente metade da biomassa registrada no ponto MON 02. Também nestes pontos a maior contribuição para a biomassa foi de espécies do grupo Copepoda.

Os Cladocera foram o segundo grupo mais importante em termos de contribuição de biomassa, com contribuição relevante no trecho a montante do Rio Madeira, compreendido entre os pontos de amostragem MON 02 a MON 05.

Quadro 5-6 - Biomassa ($\mu\text{g PS. m}^{-3}$) das espécies zooplancônicas no rio Madeira na vazante (junho 2009).

	Mon. 01	Mon. 02	Mon. 03	Mon. 04	Mon. 05	Jus. 01	Jus. 02	Jus. 03
Cladocera								
<i>Alonella cf. acutirostris</i>	0,04	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina freyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,01
<i>Bosminopsis deitersi</i>	-	-	1,40	2,79	6,98	-	-	-
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	-	-	-	-	-	5,54	-	-
<i>Chydorus parvireticulatus</i>	-	-	0,04	-	-	0,07	-	-
<i>Chydorus pubescens</i>	-	-	0,73	-	-	-	-	-
<i>Daphnia gessneri</i>	-	-	12,07	-	-	-	-	-
<i>Diaphanosoma brevireme</i>	-	6,90	-	-	6,90	6,90	6,90	3,45
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	-	50,59	25,29	50,59	-	-	-	-
<i>Ilyocryptus verrucosus</i>	12,67	-	6,34	12,67	-	-	6,34	-
<i>Moina micrura</i>	4,73	4,73	-	-	18,92	-	-	-
<i>Moina reticulata</i>	-	-	-	6,74	6,74	-	-	3,37
Copepoda								
Calanoida								
<i>Notodiaptomus amazonicus</i>	-	212,75	-	-	-	-	-	-
nauplius	0,98	2,95	1,96	-	-	-	3,93	0,98
copepodito V	-	20,07	20,07	10,03	-	-	-	-
copepodito	7,09	-	-	7,09	7,09	7,09	3,54	7,09
Cyclopoida								
<i>Mesocyclops meridianus</i>	-	203,72	-	-	-	-	-	-
<i>Mesocyclops ogunus</i>	-	-	-	-	-	80,63	-	-
<i>Microcyclops anceps</i>	-	-	-	-	0,55	-	-	-
nauplius	-	0,45	2,95	-	1,14	0,45	0,68	0,11
copepodito	49,62	49,62	99,23	49,62	-	74,43	49,62	37,21
Harpacticoida								
<i>Harpacticoida</i>	-	-	-	-	14,64	-	-	-
Rotifera								
<i>Asplanchna sieboldi</i>	-	-	8,30	-	-	-	-	8,30
<i>Beauchamphiella eudactyolata</i>	-	-	1,50	-	-	-	-	-
<i>Brachionus calyciflorus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,00
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	-	-	13,00	-	6,50	-	-	-
<i>Euchlanis dilatata</i>	-	-	2,50	-	-	-	-	-
<i>Filinia cf. longiseta</i>	-	-	1,50	-	3,00	-	-	-

	Mon. 01	Mon. 02	Mon. 03	Mon. 04	Mon. 05	Jus. 01	Jus. 02	Jus. 03
<i>Lecane bulla</i>	-	-	1,50	-	-	-	-	-
<i>Lecane curvicornis</i>	2,00	-	4,00	-	18,00	-	-	-
<i>Lecane cornuta</i>	-	-	-	-	-	2,00	-	-
<i>Lecane depressa</i>	-	-	-	-	-	6,00	-	-
<i>Lecane elsa</i>	-	-	-	-	-	2,00	2,00	-
<i>Lecane leontina</i>	-	-	1,00	-	2,00	2,00	-	-
<i>Lecane lunaris</i>	2,00	-	-	-	24,00	-	-	-
<i>Monommata sp.</i>	-	-	1,50	-	-	-	-	-
<i>Phylodina cf. roseola</i>	-	-	42,35	-	-	-	-	-
<i>Platyias quadricornis</i>	-	-	0,50	-	-	-	-	-
<i>Rotaria cf. nepunia</i>	-	-	-	-	12,10	12,10	12,10	6,05
<i>Sinantherina cf. procera</i>	9,00	9,00	-	-	-	-	-	-
<i>Testudinella mucronata f. hauerensis</i>	-	-	-	-	1,50	-	-	0,25
<i>Testudinella patina</i>	-	-	0,25	-	-	-	-	-
<i>Trichotria tetractis</i>	5,00	-	12,50	-	-	5,00	-	-
<i>Trochosphaera aequatorialis</i>	-	-	-	-	17,00	-	-	-

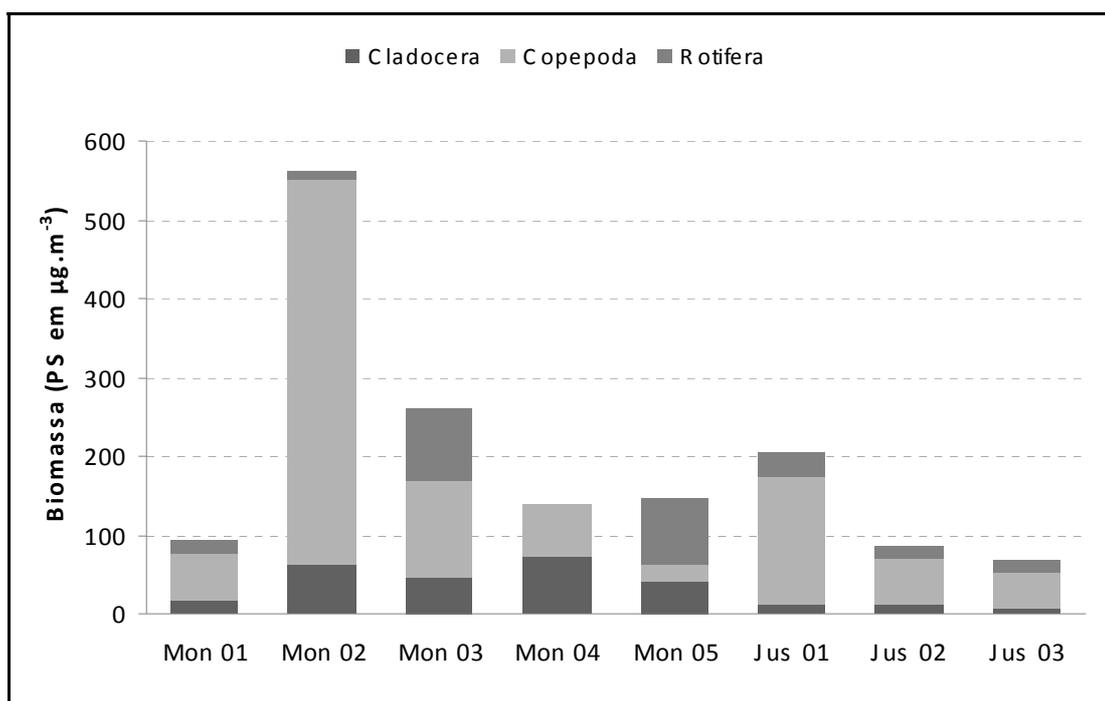


Figura 5-217 - Biomassa (PS em $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) dos principais grupos da comunidade zooplânctônica no rio Madeira na vazante (junho 2009).

5.6.2 - Tributários

5.6.2.1 - Composição taxonômica

A comunidade zooplancônica dos Tributários do rio Madeira na área de influência da UHE Santo Antônio, similarmente ao observado para o rio Madeira, foi composta principalmente por representantes dos grupos Rotifera, Cladocera e Copepoda (holoplâncton). Outros grupos, na maioria pertencentes ao meroplâncton e menos abundantes também ocorreram, como os Protozoa, Bryozoa, Hydracarina, Ostracoda, e Oligochaeta, além de larvas e ninfas de insetos aquáticos (Ephemeroptera e Diptera). Dentre os grupos holoplanctônicos, a maior riqueza de espécies nos tributários do Rio Madeira ocorreu entre os Cladocera, com 27 espécies, seguidos pelos Rotifera com 24 espécies e Copepoda, com 8 espécies (Figura 5-222 e Quadro 5-7).

Os Cladocera estiveram bem representados quando comparados com sua riqueza em outros rios tropicais. Das 27 espécies registradas, 13 são tipicamente planctônicas (espécies das famílias Bosminidae, Moinidae, Sididae e Daphnidae), enquanto quatro são espécies pertencentes às famílias Chydoridae e Ilyocryptidae, organismos geralmente associados as macrófitas aquáticas, ou que em condições específicas, desenvolvem ocasionalmente populações numerosas no plâncton.

Entre os Cladocera com ocorrência nos tributários do Rio Madeira, as espécies consideradas freqüentes foram *Alona intermedia* com ocorrência nos tributários CAR, JAC 01, JAT 01 e MUC; *Bosminopsis deitersi* com ocorrência em todos os tributários exceto no Igarapé BEL e *Ilyocryptus verrucosus*, com ocorrência nos rios CAR, CRC, Igarapé BEL, JAT 01 e MUC (Quadro 5-7).

Entre o grupo dos Copepoda houve dominância das formas jovens de náuplios e copepoditos de ambas sub-ordens Cyclopoida e Calanoida sendo estas formas classificadas como freqüentes no plâncton dos diferentes tributários. Como as espécies de Copepoda só podem ser distinguidas na fase adulta e estes normalmente ocorrem em baixas densidades devido à mortalidade natural ao longo do desenvolvimento, as espécies são, conseqüentemente, classificadas como pouco freqüentes.

Observa-se ainda que as espécies de Copepoda encontram-se mais restritas em sua distribuição geográfica, restringindo sua ocorrência a um ou poucos tributários apenas. Assim, *Notodiptomus amazonicus* teve sua ocorrência restrita ao tributário Igarapé BEL; as espécies *Dactylodiptomus pearsei*, *Notodiptomus linus* e *Notodiptomus transitans* estiveram restritas ao rio MUC;

Rhacodiaptomus insolitus ocorreu em 2 tributários, rios JAM e JAT 02, e *Thermocyclops minutus* ocorreu nos rios JAM, JAC 01 e Igarapé BEL.

Entre os Rotifera *Testudinella patina* foi a única espécie freqüente no plâncton dos tributários neste período de estudo, tendo ocorrido nos tributários JAC 01, CRC, JAT 01 e MUC. As demais espécies foram classificadas como esporádicas ou pouco freqüentes.

Comparando-se a distribuição das espécies zooplancônicas observa-se que os tributários rio MUC e rio CRC tiveram maior riqueza de espécies que os demais tributários. A menor riqueza foi registrada no rio JAC 02.

Quadro 5-7 - Freqüência de ocorrência (%) das espécies zooplancônicas nos tributários do rio Madeira e sua classificação, na vazante (junho 2009).

Cladocera	Frequencia	
<i>Alona cf. affinis</i>	11%	Esporádica
<i>Alona intermedia</i>	44%	Frequente
<i>Alonella cf. acutirostris</i>	33%	Pouco frequente
<i>Alonella cf. daday</i>	33%	Pouco frequente
<i>Alonella cf. hamulata</i>	11%	Esporádica
<i>Alona cf. monacantha</i>	11%	Esporádica
<i>Bosmina freyi</i>	11%	Esporádica
<i>Bosminopsis brandorffi</i>	33%	Pouco frequente
<i>Bosminopsis deitersi</i>	67%	Frequente
<i>Ceriodaphnia cornuta cornuta</i>	33%	Pouco frequente
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>	33%	Pouco frequente
<i>Chydorus cf. dentifer</i>	11%	Esporádica
<i>Chydorus parvireticulatus</i>	11%	Esporádica
<i>Chydorus pubescens</i>	11%	Esporádica
<i>Daphnia gessneri</i>	22%	Pouco frequente
<i>Diaphanosoma birgei</i>	33%	Pouco frequente
<i>Diaphanosoma fuviatile</i>	33%	Pouco frequente
<i>Diaphanosoma polyspina</i>	11%	Esporádica
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	22%	Pouco frequente
<i>Dunhevedia odontoplax</i>	11%	Esporádica
<i>Ephemeropterus barroisi</i>	11%	Esporádica
<i>Eryalona cf. brasiliensis</i>	11%	Esporádica
<i>Ilyocryptus verrucosus</i>	56%	Frequente
<i>Kurzia latissima</i>	11%	Esporádica
<i>Sarcilaton serricauda</i>	22%	Pouco frequente
<i>Moina micrura</i>	11%	Esporádica
<i>Moina minuta</i>	11%	Esporádica
<i>Moina reticulata</i>	22%	Pouco frequente

	Frequencia	
Copepoda		
Calanoida		
<i>Dactylopatomus pearsei</i>	11%	Esporádica
<i>Diaptomus linus</i>	11%	Esporádica
<i>Notodiaptomus transitans</i>	33%	Pouco frequente
<i>Rhacodiaptomus insolitus</i>	33%	Pouco frequente
nauplius	56%	Frequente
copepodito	56%	Frequente
Cyclopoida		
<i>Macrocyclus albidus</i>	22%	Pouco frequente
<i>Mesocyclops ogunus</i>	22%	Pouco frequente
<i>Microcyclops anceps</i>	11%	Esporádica
<i>Termocyclops minutus</i>	33%	Pouco frequente
nauplius	44%	Frequente
copepodito	56%	Frequente
Harpacticoida	56%	Frequente
Rotifera		
<i>Asplanchna sieboldi</i>	33%	Pouco frequente
<i>Brachionus dolabratus</i>	22%	Pouco frequente
<i>Conochilus coenobasis</i>	22%	Pouco frequente
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	11%	Esporádica
<i>Dissotrocha aculeata</i>	22%	Pouco frequente
<i>Euchlanis dilatata</i>	11%	Esporádica
<i>Filinia</i> cf. <i>longiseta</i>	33%	Pouco frequente
<i>Lecane bulla</i>	33%	Pouco frequente
<i>Lecane curvicornis</i>	33%	Pouco frequente
<i>Lecane elsa</i>	22%	Pouco frequente
<i>Lecane quadridentata</i>	11%	Esporádica
<i>Lecane leontina</i>	11%	Esporádica
<i>Lecane lunaris</i>	22%	Pouco frequente
<i>Mytilina macrocera</i>	11%	Esporádica
<i>Monommata</i> sp.	11%	Esporádica
<i>Phylodina</i> cf. <i>roseola</i>	22%	Pouco frequente
<i>Platylabus quadricornis</i>	11%	Esporádica
<i>Rotaria</i> cf. <i>nepunia</i>	11%	Esporádica
<i>Sinanotherina</i> cf. <i>procera</i>	11%	Esporádica
<i>Sinanotherina</i> cf. <i>semibullata</i>	22%	Pouco frequente
<i>Synchaeta jollyi</i>	11%	Esporádica
<i>Testudinella mucronata</i> f. <i>hauerensis</i>	22%	Pouco frequente
<i>Testudinella patina</i>	44%	Frequente
<i>Trochosphaera aequatorialis</i>	22%	Pouco frequente
Protozoa		
<i>Arcella discoides</i>	33%	Pouco frequente
<i>Arcella vulgaris</i>	22%	Pouco frequente
<i>Arcella hemisphaerica</i>	33%	Pouco frequente
<i>Centropix aculeata</i>	22%	Pouco frequente

	Frequencia	
Outros		
Bryozoa	22%	Pouco frequente
estatoblasto Bryozoa	22%	Pouco frequente
Hidracarina	11%	Esporádica
Chironomidae	33%	Pouco frequente
Culicidae	11%	Esporádica
Ephemeroptera	22%	Pouco frequente
Oligochaeta	22%	Pouco frequente
Ostracoda	22%	Pouco frequente
Plecoptera	22%	Pouco frequente
Trichoptera	11%	Esporádica
Colônia <i>Vorticella</i> sp.	22%	Pouco frequente

5.6.2.2 - Abundância relativa

Entre as estações de coleta verificou-se grande heterogeneidade em relação à abundância relativa dos principais grupos que compõem a comunidade zooplanctônica no período amostrado (Figura 5-218). Nos tributários Jamari (JAM), rio Caracol (CRC), Belmont (BEL), Jatuarana (JAT 02) e rio Mucuí (MUC) houve predominância de Copepoda. Nos rios Caripuna (CAR) e Jaciparaná (JAC 01), os Cladocera tiveram maior representatividade, enquanto no rio Jatuarana (JAT 01) houve predominância dos Rotifera. Os Protozoa (Testacea) foram mais abundantes no rio Jaciparaná (JAC 02).

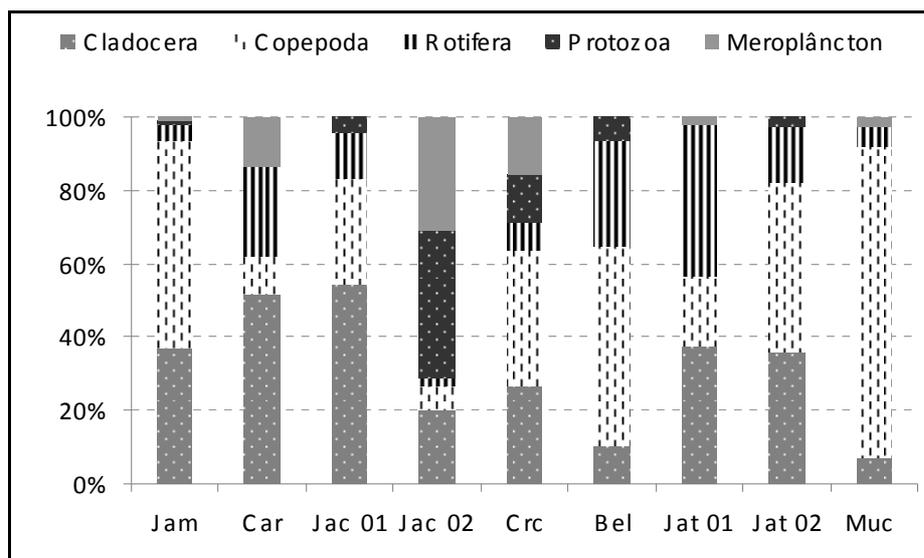


Figura 5-218 - Abundância relativa dos principais grupos da comunidade zooplanctônica nos tributários do rio Madeira, na vazante (junho 2009).

5.6.2.3 - Densidade numérica

As populações zooplanctônicas em rios de pequeno porte e igarapés tendem a ser mais elevadas que aquela dos rios de maior porte, devido à menor correnteza, o que favorece a permanência dos organismos em habitats mais adequados ao seu desenvolvimento.

Densidades superiores a 100 ind.m⁻³ foram registradas para as espécies *Alonella daday*, *Bosminopsis brandorffi* e *Ceriodaphnia cornuta cornuta* entre os Cladocera, e *Philodina cf. roseola* entre os Rotifera. Para as demais espécies, foram registradas baixos valores de densidade no período estudado (Quadro 5-8). Em relação aos Copepoda embora as formas jovens (náuplios e copepoditos) tenham sido muito abundantes, os adultos ocorreram em baixas densidades. O maior valor de densidade de copépodos adultos foi da espécie *Notodiaptomus amazonicus*, registrada no Igarapé Belmont (BEL), com 63,0 ind.m⁻³.

Quadro 5-8 - Densidade numérica (ind.m⁻³) das espécies zooplanctônicas nos tributários do rio Madeira, na vazante (junho 2009).

	Jam	Car	Jac 01	Jac 02	Crc	Bel	Jat 01	Jat 02	Muc
Cladocera									
<i>Alona cf. affinis</i>	-	-	-	-	5	-	-	-	-
<i>Alona intermedia</i>	-	10	20	-	-	-	10	-	10
<i>Alonella cf. acutirostris</i>	-	-	20	-	21	-	-	-	10
<i>Alonella cf. daday</i>	-	120	-	5	16	-	-	-	-
<i>Alonella cf. hamulata</i>	-	-	-	-	42	-	-	-	-
<i>Alona cf. monacantha</i>	-	-	-	5	-	-	-	-	-
<i>Alona sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	20
<i>Bosmina freyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	10	-
<i>Bosminopsis brandorffi</i>	-	-	120	-	-	-	30	-	5
<i>Bosminopsis deitersi</i>	49	10	60	20	21	-	10	-	30
<i>Ceriodaphnia cornuta cornuta</i>	146	-	-	5	-	-	15	-	-
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>	49	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Chydorus cf. dentifer</i>	-	-	-	-	5	-	-	-	-
<i>Chydorus parvireticulatus</i>	-	-	-	-	10	-	-	-	-
<i>Chydorus pubescens</i>	-	-	-	-	5	-	-	-	20
<i>Daphnia gessneri</i>	81	-	-	-	-	-	-	30	-
<i>Diaphanosoma birgei</i>	49	-	20	-	-	-	-	-	-
<i>Diaphanosoma fuviatille</i>	65	-	-	10	-	-	-	5	-
<i>Diaphanosoma polypina</i>	-	-	-	-	-	-	-	10	-
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	16	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Dunhevedia odontoplax</i>	-	-	-	-	16	-	-	-	-
<i>Ephemeropterus barroisi</i>	-	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Eryalona cf. brasiliensis</i>	-	-	-	-	5	-	-	-	-
<i>Ilyocryptus verrucosus</i>	-	10	-	-	10	21	10	-	5
<i>Kurzia latissima</i>	-	-	20	-	-	-	-	-	-

	Jam	Car	Jac 01	Jac 02	Crc	Bel	Jat 01	Jat 02	Muc
<i>Latonopsis australis</i>	16	-	-	-	-	21	-	5	-
<i>Moina minuta</i>	-	-	-	-	-	63	-	-	-
<i>Moina reticulata</i>	98	-	-	-	-	63	-	10	-
Copepoda									
Calanoida									
<i>Dactyloidiaptomus pearsei</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	20
<i>Diaptomus linus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	40
<i>Notodiaptomus amazonicus</i>	-	-	-	-	-	63	-	-	-
<i>Notodiaptomus transitans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	30
<i>Rhacodiaptomus insolitus</i>	49	-	-	-	-	-	-	5	-
nauplius	163	-	60	-	88	651	5	-	81
copepodito	195	-	-	-	25	42	5	55	10
Cyclopoida									
<i>Macrocyclus albidus</i>	-	-	20	-	-	-	-	5	-
<i>Mesocyclops ogunus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Termocyclops minutus</i>	65	-	-	-	-	21	-	-	-
nauplius	114	-	40	-	25	42	10	-	868
copepodito	293	30	-	-	75	42	15	20	91
Harpacticoida	-	-	20	15	-	-	10	5	10
Rotifera									
<i>Asplanchna sieboldi</i>	16	10	-	-	-	-	-	-	5
<i>Brachionus dolabratus</i>	-	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Conochilus coenobasis</i>	-	-	-	-	-	-	-	30	15
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	-	-	-	-	-	21	-	-	5
<i>Dissotrocha aculeata</i>	-	-	-	-	-	-	110	-	55
<i>Filinia</i> cf. <i>longiseta</i>	16	-	-	-	15	-	-	-	-
<i>Lecane bulla</i>	16	-	-	-	-	63	30	-	-
<i>Lecane curvicornis</i>	-	-	-	-	-	21	5	-	25
<i>Lecane elsa</i>	-	10	-	-	-	-	5	-	-
<i>Lecane quadridentata</i>	-	10	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane leontina</i>	-	-	-	-	5	-	-	-	-
<i>Lecane lunaris</i>	-	10	-	-	5	-	-	-	-
<i>Mytilina macrocera</i>	-	-	-	-	-	-	5	-	5
<i>Monommata</i> sp.	-	-	-	-	-	-	10	-	-
<i>Phylodina</i> cf. <i>roseola</i>	-	20	-	-	-	147	-	-	-
<i>Platylabus quadricornis</i>	-	-	-	-	-	84	-	-	5
<i>Rotaria</i> cf. <i>nepunia</i>	-	-	-	-	-	21	-	-	-
<i>Sinantherina</i> cf. <i>procera</i>	-	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Sinantherina</i> cf. <i>semibullata</i>	-	10	-	-	5	21	-	-	-
<i>Synchaeta jollyi</i>	-	-	-	-	5	-	-	-	-
<i>Testudinella mucronata</i> f. <i>hauerensis</i>	-	-	-	-	-	42	-	-	5
<i>Testudinella patina</i>	-	-	60	5	10	-	25	-	10
<i>Trochosphaera aequatorialis</i>	16	-	-	-	-	42	-	-	-

Considerando-se a densidade total da comunidade zooplancônica, os maiores valores ocorreram no Igarapé Belmont (BEL), no rio Jamari (JAM) e no rio Mucuí (MUC), respectivamente. A menor densidade ocorreu no rio Jaciparaná (JAC 02) (Figura 5-219).

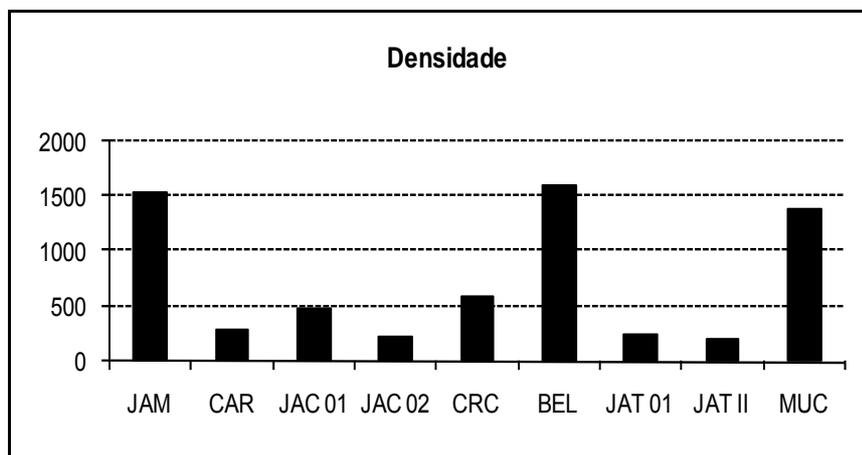


Figura 5-219 - Valores da densidade total (ind.m⁻³) da comunidade zooplancônica nos tributários do rio Madeira, na vazante (junho 2009).

5.6.2.4 - Diversidade

O índice de diversidade de Shannon-Wiener foi elevado para a maioria dos tributários, exceto no rio Mucuí (MUC) onde este índice foi ligeiramente inferior a 2,0. A maior diversidade foi obtida para o rio caracol CRC (3,0) (Figura 5-220).

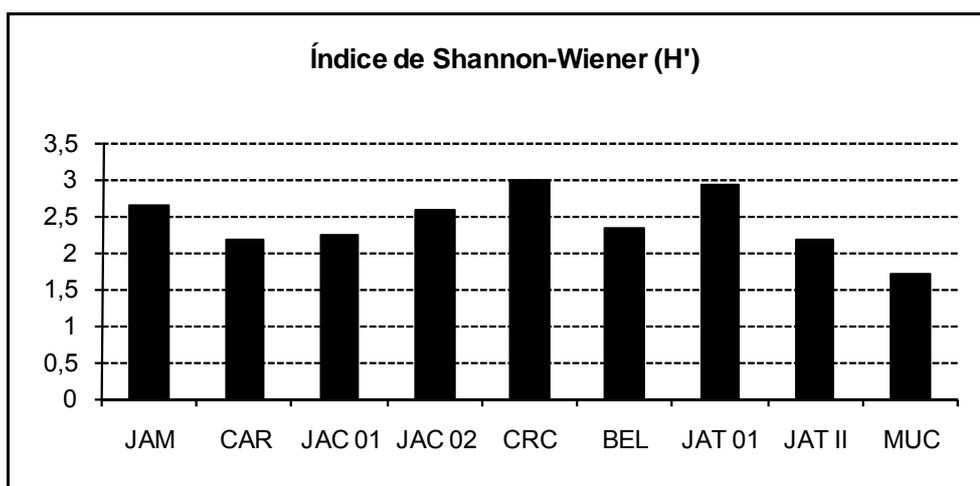


Figura 5-220 - Valores do Índice de Diversidade Shannon-Wiener obtidos para a comunidade zooplancônica nos tributários do rio Madeira, na vazante (junho 2009).

De acordo com os valores do índice de equidade (E), as populações zooplancônicas nos tributários do rio Madeira tiveram distribuição relativamente homogênea entre as espécies, com

valores de equidade igual ou superiores a 0,6 com exceção do Igarapé Belmont (BEL) e do rio Mucuim (MUC). Neste último, o valor de equidade foi muito baixo, próximo a 0,2 (Figura 5-221).

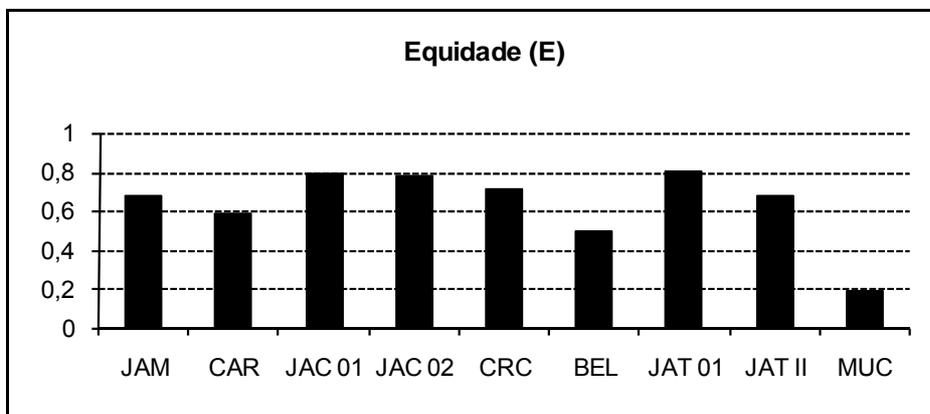


Figura 5-221 - Equidade das populações de espécies da comunidade zooplancônica nos tributários do rio Madeira, na vazante (junho 2009).

O máximo valor de riqueza de espécies nos tributários foi registrado no rio Mucuim (MUC), com um total de 28 espécies (Figura 5-222). Esta riqueza é ligeiramente menor que o máximo registrado para o rio Madeira, no qual foram registradas 30 espécies no ponto MON 02.

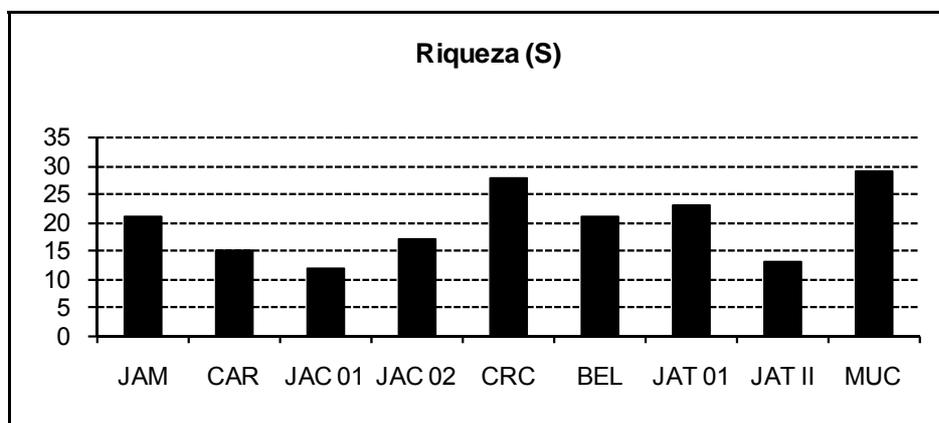


Figura 5-222 - Riqueza de espécies da comunidade zooplancônica nos tributários do rio Madeira, na vazante (junho 2009).

No geral, houve baixa dominância das espécies zooplancônicas como corroborado pelos valores do índice de dominância. Elevadas dominâncias foram, portanto, registradas apenas em JAT 01 cujo valor de dominância foi próximo a 0,7 e no rio Mucuim (MUC) com dominância de 0,4 (Figura 5-223).

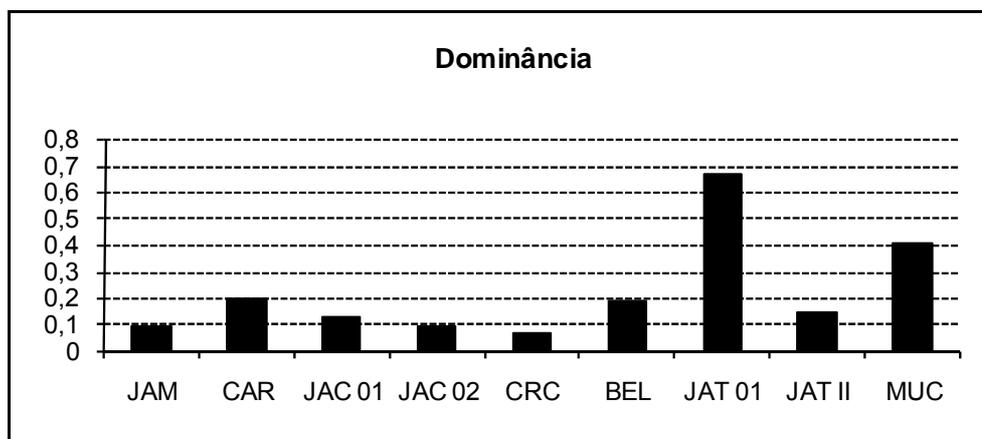


Figura 5-223 - Valores do Índice de Dominância para a comunidade zooplancônica nos tributários do rio Madeira, na vazante (junho 2009).

5.6.2.5 - Biomassa

Dentre os Cladocera, a espécie *Latonopsis australis* contribuiu com a maior fração de biomassa nos tributários estudados, atingindo o valor máximo de 273,85 $\mu\text{g PS. m}^{-3}$ no Igarapé Belmont (BEL) e 211,91 $\mu\text{g PS. m}^{-3}$ no rio Jamari (JAM) (Quadro 5-12). Também apresentaram valores elevados de biomassa os cladóceros *Daphnia gessneri*, 195,81 $\mu\text{g PS. m}^{-3}$, *Diaphanosoma fluviatile* com 163,50 $\mu\text{g PS. m}^{-3}$ e *Ceriodaphnia cornuta cornuta* com 160,88 $\mu\text{g PS. m}^{-3}$ no rio Jamari (JAM). Em relação aos Copepoda podem ser destacadas as contribuições em biomassa das espécies *Notodiaptomus amazonicus* com 1340,64 $\mu\text{g PS. m}^{-3}$ na estação Belmont (BEL) e *Notodiaptomus linus* com 1164,81 $\mu\text{g PS. m}^{-3}$ no rio Mucuí (MUC). Entre os Rotifera, a maior contribuição foi a de *Phylodina cf. roseola* com 177,87 $\mu\text{g PS. m}^{-3}$ na estação Belmont (BEL).

Considerando-se a comunidade zooplancônica total os maiores valores de biomassa foram registrados no rio Mucuí (MUC), rio Jamari (JAM) e Belmont (BEL), cujos valores de biomassa foram uma ordem de magnitude superiores aos registrados nos demais tributários (Figura 5-224). Nestas três localidades, o grupo dos Copepoda representou a maior fração da biomassa, embora no rio Jamari (JAM) os Cladocera tenham também contribuído com uma fração relevante da biomassa.

Quadro 5-9 - Biomassa ($\mu\text{g PS. m}^{-3}$) das espécies zooplanctônicas nos tributários do rio Madeira, na vazante (junho 2009).

	JAM	CAR	JAC 01	JAC 02	CRC	BEL	JAT 01	JAT 02	MUC
Cladocera									
<i>Alona cf. affinis</i>	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-
<i>Alona intermedia</i>	-	5,37	10,74	-	-	-	5,37	-	5,42
<i>Alonella cf. acutirostris</i>	-	-	3,61	-	3,76	-	-	-	1,82
<i>Alonella cf. daday</i>	-	15,73	-	0,66	2,05	-	-	-	-
<i>Alonella cf. hamulata</i>	-	-	-	-	11,47	-	-	-	-
<i>Alona cf. monacantha</i>	-	-	-	0,82	-	-	-	-	-
<i>Alona sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4,77
<i>Bosmina freyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	2,00	-
<i>Bosminopsis brandorffi</i>	-	-	36,00	-	-	-	9,00	-	1,50
<i>Bosminopsis deitersi</i>	6,83	1,40	8,40	2,80	2,92	-	1,40	-	4,24
<i>Ceriodaphnia cornuta cornuta</i>	160,88	-	-	5,50	-	-	16,50	-	-
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>	53,63	-	-	-	-	-	5,50	-	-
<i>Chydorus cf. dentifer</i>	-	-	-	-	1,31	-	-	-	-
<i>Chydorus parvireticulatus</i>	-	-	-	-	0,10	-	-	-	-
<i>Chydorus pubescens</i>	-	-	-	-	5,21	-	-	-	3,03
<i>Daphnia gessneri</i>	195,81	-	-	-	-	-	-	72,30	-
<i>Diaphanosoma birgei</i>	163,50	-	67,08	-	-	-	-	-	-
<i>Diaphanosoma fuvatile</i>	71,93	-	-	11,07	-	-	-	5,53	-
<i>Diaphanosoma polypina</i>	-	-	-	-	-	-	-	5,71	-
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	82,23	-	-	-	-	-	25,30	-	-
<i>Dunhevedia odontoplax</i>	-	-	-	-	2,86	-	-	-	-
<i>Ephemeropterus barroisi</i>	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-
<i>Eryalona cf. brasiliensis</i>	-	-	-	-	0,09	-	-	-	-
<i>Ilyocryptus verrucosus</i>	-	12,70	-	-	13,23	26,67	12,70	-	6,35
<i>Kurzia latissima</i>	-	-	7,18	-	-	-	-	-	-
<i>Latonopsis australis</i>	211,91	-	-	-	-	273,85	-	65,20	-
<i>Moina minuta</i>	-	-	-	-	-	29,61	-	-	-
<i>Moina reticulata</i>	65,33	-	-	-	-	42,21	-	6,70	-
Copepoda									
Calanoida									
<i>Dactylodiaptomus pearsei</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	575,57
<i>Diaptomus linus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1164,8
<i>Notodiaptomus amazonicus</i>	-	-	-	-	-	1340,6	-	-	-
<i>Notodiaptomus transitans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	559,26
<i>Rhacodiaptomus insolitus</i>	372,61	-	-	-	-	-	-	38,22	-
nauplius	16,25	-	6,00	-	8,75	65,10	0,50	-	8,07
copepodito	138,45	-	-	-	17,75	29,82	3,55	39,05	7,16

	JAM	CAR	JAC 01	JAC 02	CRC	BEL	JAT 01	JAT 02	MUC
Cyclopoida									
<i>Macrocyclus albidus</i>	-	-	56,47	-	-	-	-	14,12	-
<i>Mesocyclops ogunus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	55,24
<i>Termocyclops minutus</i>	137,02	-	-	-	-	44,27	-	-	-
nauplius	2,28	-	0,80	-	0,50	0,84	0,20	-	17,35
copepodito	725,40	74,40	-	-	186,00	104,16	37,20	49,60	225,16
Harpacticoida									
<i>Harpacticoida</i>	-	-	29,20	21,90	-	-	14,60	7,30	14,73
Rotifera									
<i>Asplanchna sieboldi</i>	26,98	16,60	-	-	-	-	-	-	8,30
<i>Brachionus dolabratus</i>	-	-	-	-	-	-	0,50	-	-
<i>Conochilus coenobasis</i>	-	-	-	-	-	-	-	9,00	4,50
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	-	-	-	-	-	13,65	-	-	3,25
<i>Dissotrocha aculeata</i>	-	-	-	-	-	-	12,05	-	6,05
<i>Filinia cf. longiseta</i>	2,44	-	-	-	2,25	-	-	-	-
<i>Lecane bulla</i>	4,88	-	-	-	-	18,90	9,00	-	-
<i>Lecane curvicornis</i>	-	-	-	-	-	4,20	1,00	-	5,00
<i>Lecane elsa</i>	-	2,00	-	-	-	-	1,00	-	-
<i>Lecane quadridentata</i>	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane leontina</i>	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-
<i>Lecane lunaris</i>	-	2,00	-	-	1,00	-	-	-	-
<i>Mytilina macrocera</i>	-	-	-	-	-	-	2,50	-	2,50
<i>Monommata sp.</i>	-	-	-	-	-	-	3,00	-	-
<i>Phylodina cf. roseola</i>	-	24,20	-	-	-	177,87	-	-	-
<i>Platyias quadricornis</i>	-	-	-	-	-	8,40	-	-	0,50
<i>Rotaria cf. nepunia</i>	-	-	-	-	-	25,41	-	-	-
<i>Sinantherina cf. procera</i>	-	-	-	-	-	-	4,50	-	-
<i>Sinantherina cf. semibullata</i>	-	9,00	-	-	4,50	18,90	-	-	-
<i>Synchaeta jollyi</i>	-	-	-	-	1,35	-	-	-	-
<i>Testudinella mucronata f. hauerensis</i>	-	-	-	-	-	2,10	-	-	0,25
<i>Testudinella patina</i>	-	-	3,00	0,25	0,50	-	1,25	-	0,50
<i>Trochosphaera aequatorialis</i>	13,81	-	-	-	-	35,70	-	-	-

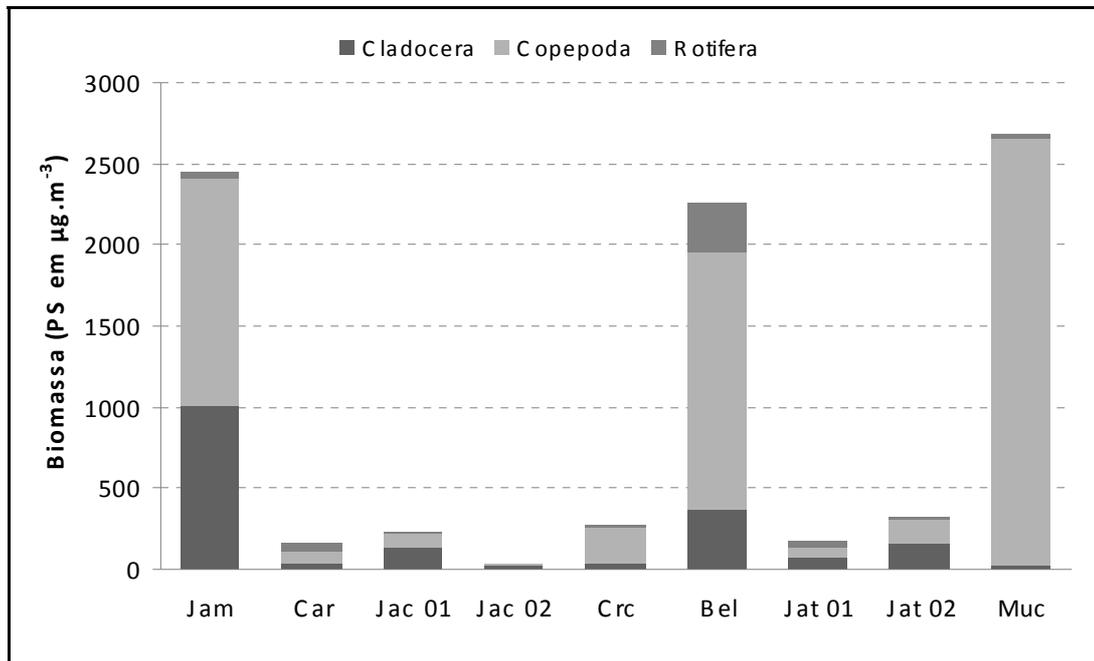


Figura 5-224 - Biomassa ($\mu\text{g PS. m}^{-3}$) dos principais grupos zooplancônicos nos tributários do rio Madeira, na vazante (junho 2009).

5.6.3 - Lagos e Canais

5.6.3.1 - Composição taxonômica

A comunidade zooplancônica de sistemas lacustres apresenta geralmente um maior desenvolvimento do que aquela de ecossistemas lóticos. Dentre os grupos holoplancônicos, a maior riqueza de espécies no Lago Cuniã ocorreu entre os Rotifera com 30 espécies, seguida pelos Cladocera com 14 espécies e Copepoda com 5 espécies (Figura 5-227 e Figura 5-217).

Embora mais representativos nas comunidades zooplancônicas de rios, os Rotifera estiveram bem representados nos ecossistemas lênticos da bacia do rio Madeira. As espécies consideradas muito freqüentes foram: *Asplanchna sieboldi*, *Brachionus zahniseri*, *Conochilus coenobasis* e *Filinia cf. longiseta*. *Phylodina cf. roseola* e *Trochosphaera aequatorialis* foram freqüentes.

Os Cladocera também estiveram bem representados quando comparados com sua riqueza em outros rios tropicais. Das 14 espécies registradas, 12 são tipicamente planctônicas (espécies das famílias Bosminidae, Moinidae, Sididae e Daphnidae), enquanto duas pertencentes às famílias Chydoridae e Ilyocryptidae, são geralmente associadas as macrófitas aquáticas ou aos sedimentos de fundo. Entre os Cladocera, as espécies constantes foram *Bosmina freyi* com 100% de

ocorrência e *Daphnia gessneri* com 90% de frequência de ocorrência. Foram frequentes *Diaphanosoma spinulosum* e *Moina reticulata* (Figura 5-217).

O grupo com menor riqueza de espécies foi o dos Copepoda com 5 espécies. Similarmente ao observado nos sistemas lóticos as formas jovens de náuplios e de copepoditos de Calanoida foram muito frequentes nos sistemas lênticos. Dentre os Copepoda Calanoida as espécies *Argyrodiaptomus azevedoi* e *Rhacodiaptomus insolitus* foram frequentes, com 60% e 40% de frequência de ocorrência, respectivamente.

Em relação às estações amostrais, as riquezas de espécies mais elevadas foram registradas no Lago Cuniã (LC 02 - superfície, meio e fundo) e ponto LC 03 (superfície). A menor riqueza de espécies foi registrada no Canal de Cuniã, na estação CC 02 (superfície).

Quadro 5-10 - Frequência de ocorrência (%) das espécies zooplantônicas e sua classificação nos lagos e canais, na vazante (junho 2009).

	Frequencia	
Cladocera		
<i>Bosmina freyi</i>	100%	Muito frequente
<i>Bosmina longirostris</i>	10%	Esporádica
<i>Bosminopsis deitersi</i>	30%	Pouco frequente
<i>Ceriodaphnia cornuta cornuta</i>	60%	Frequente
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>	10%	Esporádica
<i>Daphnia gessneri</i>	90%	Muito frequente
<i>Diaphanosoma birgei</i>	50%	Frequente
<i>Diaphanosoma polypina</i>	20%	Esporádica
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	40%	Frequente
<i>Ilyocryptus verrucosus</i>	30%	Pouco frequente
<i>Leydigopsis cf. brevisrostris</i>	10%	Esporádica
<i>Moina micrura</i>	20%	Esporádica
<i>Moina minuta</i>	10%	Esporádica
<i>Moina reticulata</i>	50%	Frequente
Copepoda		
Calanoida		
<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i>	40%	Frequente
<i>Notodiaptomus amazonicus</i>	30%	Pouco frequente
<i>Rhacodiaptomus insolitus</i>	60%	Frequente
nauplius	100%	Muito frequente
copepodito	90%	Muito frequente
Cyclopoida		
<i>Metacyclops brauni</i>	20%	Esporádica
<i>Thermocyclops minutus</i>	20%	Esporádica
nauplius	60%	Frequente
copepodito	50%	Frequente

	Frequencia	
Rotifera		
<i>Anuaeropsis sioli</i>	10%	Esporádica
<i>Ascomorpha ecaudis</i>	20%	Esporádica
<i>Asplanchna sieboldi</i>	70%	Muito frequente
<i>Brachionus caudatus</i>	10%	Esporádica
<i>Brachionus quadridentata</i>	10%	Esporádica
<i>Brachionus zahniseri</i>	70%	Muito frequente
<i>Cephalodella gibba</i>	10%	Esporádica
<i>Collotheca</i> sp.	30%	Pouco frequente
<i>Conochilus coenobasis</i>	80%	Muito frequente
<i>Conochilus unicornis</i>	40%	Frequente
<i>Conochilus natans</i>	20%	Esporádica
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	20%	Esporádica
<i>Filinia</i> cf. <i>longiseta</i>	70%	Muito frequente
<i>Keratella cochlearis</i>	10%	Esporádica
<i>Lecane bulla</i>	20%	Esporádica
<i>Lecane cornuta</i>	10%	Esporádica
<i>Lecane curvicornis</i>	30%	Pouco frequente
<i>Lecane quadridentata</i>	10%	Esporádica
<i>Lecane leontina</i>	30%	Pouco frequente
<i>Notommata</i> sp.	10%	Esporádica
<i>Monomatta</i> sp.	20%	Esporádica
<i>Phylodina</i> cf. <i>roseola</i>	50%	Frequente
<i>Plationus patulus</i>	10%	Esporádica
<i>Platylabus quadricornis</i>	10%	Esporádica
<i>Repaulania</i> sp.	10%	Esporádica
<i>Sinantherina</i> cf. <i>procera</i>	20%	Esporádica
<i>Sinantherina</i> cf. <i>semibullata</i>	30%	Pouco frequente
<i>Testudinella mucronata haurensis</i>	30%	Pouco frequente
<i>Testudinella patina</i>	20%	Esporádica
<i>Trochosphaera aequatorialis</i>	50%	Frequente
Protozoa		
<i>Arcella discoides</i>	20%	Esporádica
<i>Arcella vulgaris</i>	30%	Pouco frequente
<i>Arcella hemisphaerica</i>	30%	Pouco frequente
<i>Centropix aculeata</i>	20%	Esporádica
<i>Diffugia</i> sp.	20%	Esporádica
Meroplâncton		
Bryozoa	40%	Frequente
Chaoborus	30%	Pouco frequente
Chironomidae	50%	Frequente
Ephemeroptera	10%	Esporádica
Nematoda	10%	Esporádica
Oligochaeta	30%	Pouco frequente
Ostracoda	50%	Frequente
<i>Vorticella</i> sp.	10%	Esporádica

5.6.3.2 - Abundância Relativa

Na maioria dos pontos amostrados no Lago Cuniã, houve maior abundância dos Cladocera nas estações LC 01 (superfície e meio), LC 02 (superfície, meio e fundo) e CC 02 (superfície), seguidos dos Copepoda nas estações LC 03 (superfície) e LJ 02 (superfície) e Rotifera na estação CC 01 (superfície) (Figura 5-225).

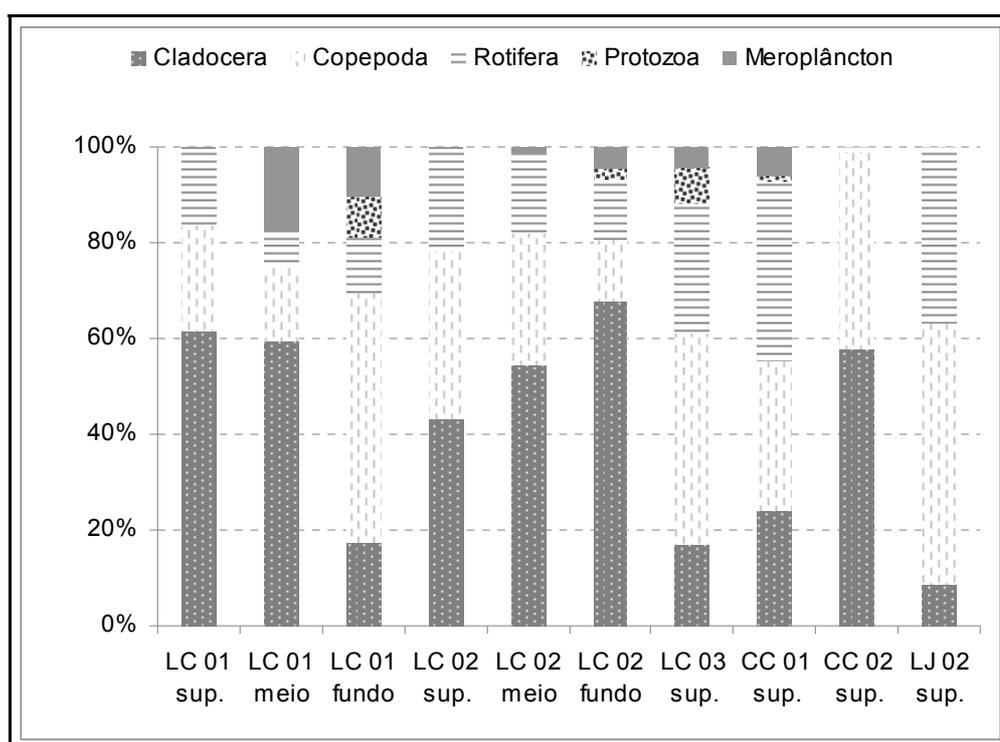


Figura 5-225 - Abundância relativa dos principais grupos da comunidade zooplancônica nos lagos e canais na vazante (junho 2009).

5.6.3.3 - Densidade Numérica

As maiores densidades dentre os Cladocera no Lago Cuniã foram registradas para as espécies *Bosmina freyi*, *Daphnia gessneri* e *Moina reticulata*. Cada uma destas espécies atingiram densidades elevadas, superiores a 1000 ind.m⁻³.

Dentre os Rotifera, apenas a espécie *Conochilus coenobasis* atingiu densidades elevadas. Para os Copepoda apenas as formas jovens de náuplios e copepoditos atingiram densidades elevadas. Entre as formas adultas a maior densidade registrada foi de *Argyrodiaptomus azevedoi*, com 355,0 ind.m⁻³ na superfície do lago Cuniã (LC 03) (Quadro 5-11).

Comparando-se as densidades da comunidade zooplanctônica total entre os ambientes lênticos amostrados, observa-se que a maior densidade numérica foi registrada na superfície do lago Cuniã (LC 02) e a menor na estação LC 01 (fundo) (Figura 5-226).

Densidades elevadas foram também registradas em outros pontos do lago Cuniã. A densidade da comunidade zooplanctônica no lago Jusante (LJ 02) foi baixa, similar à dos ecossistemas fluviais.

Pode-se observar que as densidades do zooplâncton são muito mais elevadas do que aquelas registradas para o rio Madeira e seus tributários.

Quadro 5-11 - Densidade numérica (ind.m⁻³) das espécies zooplanctônicas nos lagos e canais na vazante (junho 2009).

	LC 01 sup.	LC 01 meio	LC 01 fundo	LC 02 sup.	LC 02 meio	LC 02 fundo	LC 03 sup.	CC 01 sup.	CC 02 sup.	LJ 02 sup.
Cladocera										
<i>Bosmina freyi</i>	3260	250	70	2233	1665	140	303	21	1433	13
<i>Bosmina longirostris</i>	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-
<i>Bosminopsis deitersi</i>	-	-	-	67	360	20	-	-	-	-
<i>Ceriodaphnia cornuta cornuta</i>	-	-	-	1133	540	40	-	125	17	13
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-
<i>Daphnia gessneri</i>	1593	110	5	1167	900	120	22	42	2667	-
<i>Diaphanosoma birgei</i>	15	-	-	433	405	100	-	21	-	-
<i>Diaphanosoma polypina</i>	-	-	-	-	-	80	-	-	-	13
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	-	-	-	200	225	-	217	25	-	-
<i>Ilyocryptus verrucosus</i>	-	-	-	100	23	80	-	-	-	-
<i>Leydigopsis cf. brevisrostris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
<i>Moina micrura</i>	-	-	-	-	45	-	-	21	-	-
<i>Moina minuta</i>	-	-	-	167	-	-	-	-	-	-
<i>Moina reticulata</i>	-	-	-	2433	1508	840	-	458	-	13
Copepoda										
Calanoida										
<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i>	-	-	15	33	158	-	325	-	-	-
<i>Notodiaptomus amazonicus</i>	-	-	10	-	-	-	108	21	-	-
<i>Rhacodiaptomus insolitus</i>	40	-	-	33	23	-	65	-	33	50
nauplius	1151	25	85	5267	2228	160	455	146	2433	313
copepodito	546	20	70	600	450	60	303	208	467	-
Cyclopoida										
<i>Metacyclops brauni</i>	-	-	-	-	-	-	22	-	5	-
<i>Thermocyclops minutus</i>	-	-	-	-	-	-	-	21	-	13
nauplius	-	50	20	433	-	-	65	229	-	13
copepodito	-	-	25	33	-	60	65	292	-	-
Rotifera										
<i>Anuaeropsis sioli</i>	-	-	-	-	-	-	87	-	-	-
<i>Ascomorpha ecaudis</i>	40	-	-	200	-	-	-	-	-	-
<i>Asplanchna sieboldi</i>	-	10	-	67	180	38	-	83	17	38
<i>Brachionus caudatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13

	LC 01 sup.	LC 01 meio	LC 01 fundo	LC 02 sup.	LC 02 meio	LC 02 fundo	LC 03 sup.	CC 01 sup.	CC 02 sup.	LJ 02 sup.
<i>Brachionus quadridentata</i>	-	-	-	67	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus zahniseri</i>	335	5	15	200	180	-	303	-	10	-
<i>Cephalodella gibba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
<i>Collotheca</i> sp.	-	-	-	-	45	19	43	-	-	-
<i>Conochilus coenobasis</i>	350	15	15	1533	135	19	130	-	5	-
<i>Conochilus unicornis</i>	490	-	-	400	765	-	87	-	-	-
<i>Conochilus natans</i>	-	-	-	133	90	-	-	-	-	-
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	-	5	-	-	-	-	-	-	-	25
<i>Filinia</i> cf. <i>longiseta</i>	5	-	-	67	45	18	-	105	5	125
<i>Keratella cochlearis</i>	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane bulla</i>	-	-	-	133	-	-	-	-	-	13
<i>Lecane cornuta</i>	-	-	-	-	-	-	43	-	-	-
<i>Lecane curvicornis</i>	25	-	-	-	-	36	43	-	-	-
<i>Lecane quadridentata</i>	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane leontina</i>	-	-	-	67	-	88	43	-	-	-
<i>Notommata</i> sp.	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monomatta</i> sp.	-	-	-	67	-	-	-	15	-	-
<i>Phylodina</i> cf. <i>roseola</i>	-	-	10	400	90	-	87	-	-	25
<i>Plationus patulus</i>	-	-	-	-	45	-	-	-	-	-
<i>Platyias quadricornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Repaulania</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
<i>Sinantherina</i> cf. <i>procera</i>	-	-	-	-	45	17	-	-	-	-
<i>Sinantherina</i> cf. <i>semibullata</i>	-	-	-	400	90	-	-	-	5	-
<i>Testudinela mucronata haurensis</i>	-	5	-	67	-	-	-	5	-	-
<i>Testudinela patina</i>	-	5	-	67	-	-	-	-	-	-
<i>Trochosphaera aequatorialis</i>	-	-	5	-	-	34	-	896	5	13
Protozoa										
<i>Arcella discoides</i>	-	-	5	-	-	20	-	-	-	-
<i>Arcella vulgaris</i>	-	-	5	-	-	20	-	21	-	-
<i>Arcella hemisphaerica</i>	-	-	-	-	23	-	22	21	-	-
<i>Centropix aculeata</i>	-	-	5	-	-	-	130	-	-	-
<i>Diffugia</i> sp.	-	-	20	-	-	-	87	-	-	-
Meroplâncton										
Bryozoa	20	25	-	-	23	-	22	-	-	-
Chaoborus	5	35	-	-	-	-	-	146	-	-
Chironomidae	5	40	20	33	23	-	-	-	-	-
Ephemeroptera	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Nematoda	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta	-	-	20	-	-	60	22	-	-	-
Ostracoda	-	-	-	33	68	40	65	21	-	-
<i>Vorticella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	22	-	-	-

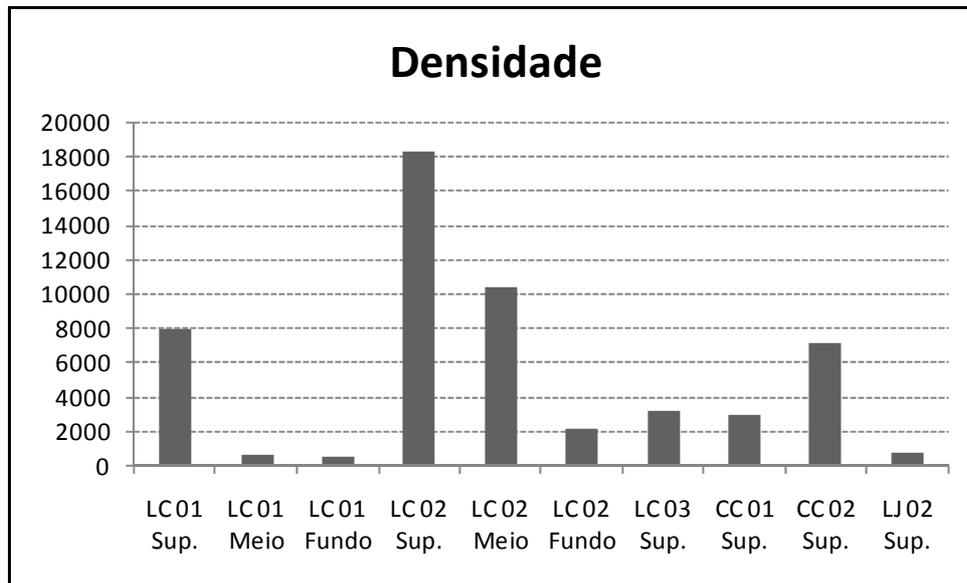


Figura 5-226 - Valores de densidade das populações das espécies zooplancônicas nos lagos e canais na vazante (junho 2009).

5.6.3.4 - Diversidade

O componente riqueza de espécies foi mais elevado para os pontos LC 02 (superfície, meio e fundo) e LC 03 (superfície) do Lago Cuniã e para o ponto CC 01 (superfície) no Canal de Cuniã, com riquezas de espécies superiores a 20. O ponto LC 01 (fundo) teve uma riqueza de 20 espécies e o ponto LC 01 (superfície e meio) e o Lago de jusante (LJ 02) tiveram moderada riqueza com valor ligeiramente superior a 15 espécies (Figura 5-227).

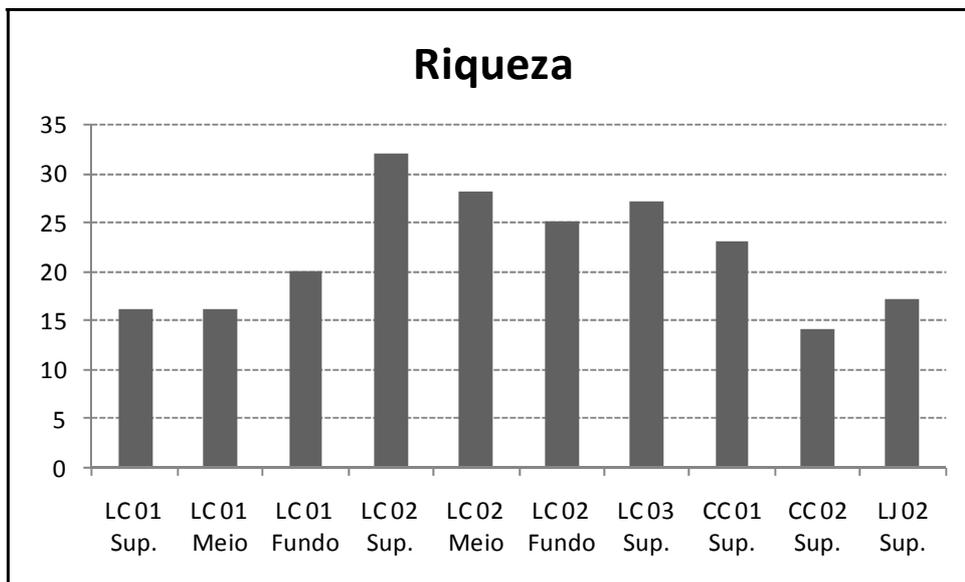


Figura 5-227 - Valores da Riqueza nos lagos e canais na vazante (junho 2009).

Os valores do índice de dominância evidenciaram a tendência oposta à da riqueza de espécies com maior dominância nos pontos CC 02 e LC 01 do Lago Cuniã, em ambas profundidades (superfície) e no lago Jusante (LJ 02) (Figura 5-228). A elevada dominância dos cladóceros *Bosmina freyi* e *Daphnia gessneri* foi o fator determinante para os maiores valores deste índice.

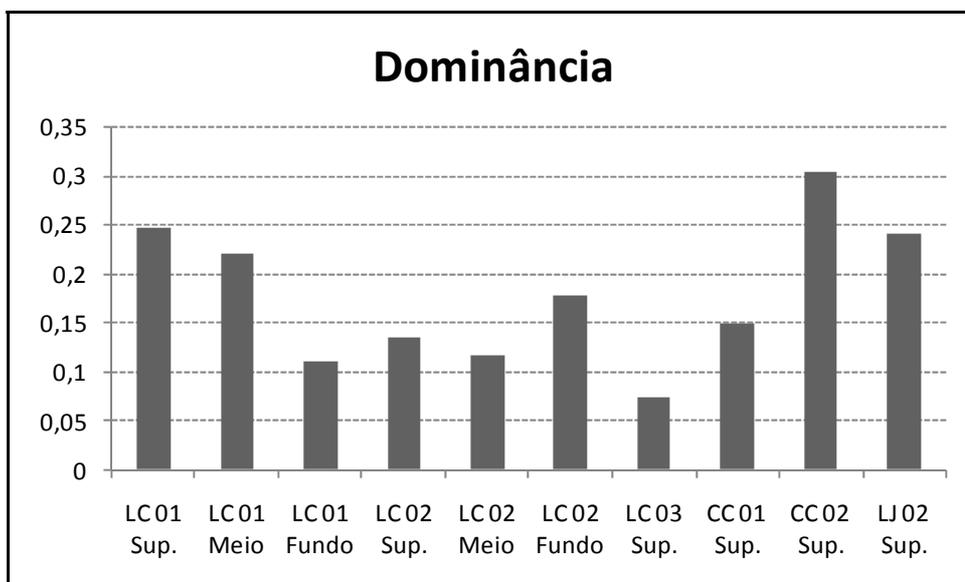


Figura 5-228 - Valores da Dominância nos lagos e canais na vazante (junho 2009).

Os maiores valores de equidade foram registrados no lago Cuniã, no ponto amostral LC 03 superfície (próximos a 0,6), e o menor valor também neste lago, na superfície da estação CC 02 (próximo a 0,3) (Figura 5-229).

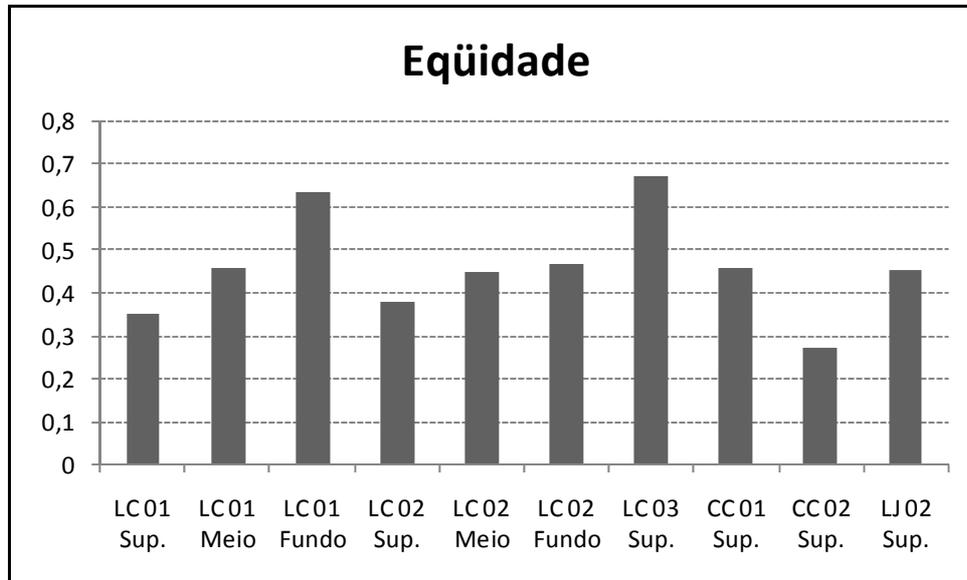


Figura 5-229 - Valores da Eqüidade de espécies nos lagos e canais na vazante (junho 2009).

Os valores do Índice de Shannon-Wiener (Figura 5-230) seguem os mesmos padrões dos valores de Eqüidade, sendo que o maior valor obtido foi para o zooplâncton na superfície Lago Cuniã (LC 03), com valor próximo a 3,0, e o menor na superfície do Canal de Cuniã (CC 02), inferior a 1,5. O valor próximo a 3,0 obtido para o Lago Cuniã corresponde ao maior valor de diversidade obtido nesta campanha, dentre todos os pontos amostrados, revelando ser este um ecossistema de elevada diversidade, ou seja um “hot-spot”.

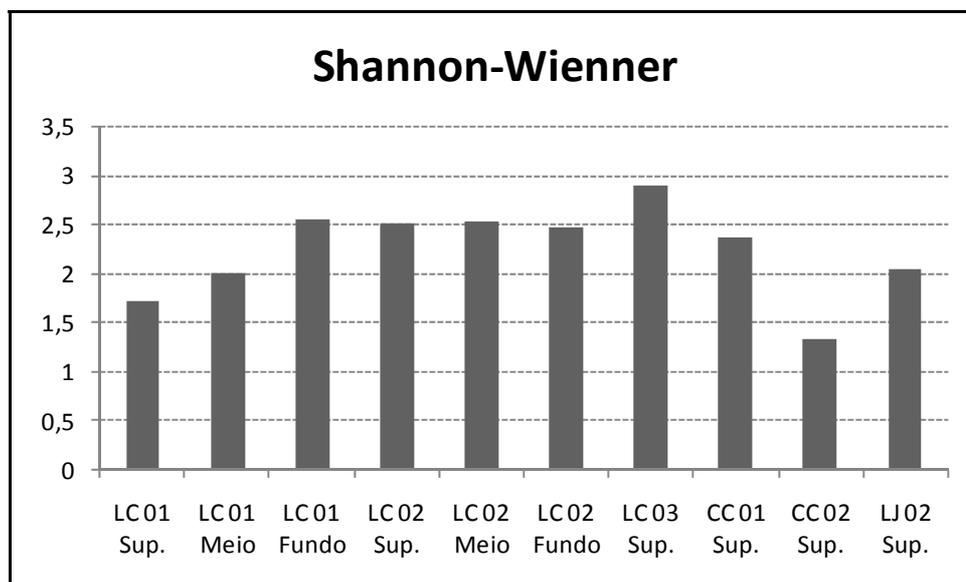


Figura 5-230 - Valores do Índice de Shannon-Wiener para a comunidade zooplanctônica nos lagos e canais na vazante (junho 2009).

5.6.3.5 - Biomassa

A maior contribuição em biomassa (Figura 5-231) do grupo Copepoda ocorreu na superfície da estação LC 03, seguido do grupo Cladocera na superfície e meio da estação LC 02 e na superfície da estação CC 02. O menor valor de biomassa foi registrado no meio da estação LC 01 e foi de $0,02 \text{ mg.m}^{-3}$. O valor máximo registrado no lago Cuniã (ponto LC 03) de cerca de $14,0 \text{ mg.m}^{-3}$ é elevado em comparação com outros sistemas lacustres brasileiros. Assim, para a biomassa total do zooplâncton são obtidos os seguintes valores na literatura: $10,95 \text{ mg.m}^{-3}$ para a represa de Furnas, MG (Pinto-Coelho, 2000); $7,69 \text{ mg.m}^{-3}$ para a represa de Segredo, PR (Bonecker, 2007) e de $14,12 \text{ mg.m}^{-3}$ para a represa de Ponte Nova, SP (Sendacz et al., 2006). Conclui-se, portanto, que além da elevada riqueza e diversidade, o lago Cuniã tem elevada biomassa zooplanctônica, sugerindo que apresente também elevada produção secundária, a qual é de grande importância para a produção secundária de níveis tróficos superiores, como os peixes.

Quadro 5-12 - Biomassa ($\mu\text{g PS. m}^{-3}$) das espécies zooplantônicas nos lagos e canais na vazante (junho 2009).

	LC 01 sup.	LC 01 meio	LC 01 fundo	LC 02 sup.	LC 02 meio	LC 02 fundo	LC 03 sup.	CC 01 sup.	CC 02 sup.	LJ 02 sup.
Cladocera										
<i>Bosmina freyi</i>	652,0	50,0	14,0	446,7	333,0	28,0	60,7	4,2	286,7	2,5
<i>Bosmina longirostris</i>	-	-	-	-	-	4,0	-	-	-	-
<i>Bosminopsis deitersi</i>	-	-	-	9,3	50,4	2,8	-	-	-	-
<i>Ceriodaphnia cornuta cornuta</i>	-	-	-	1246,7	594,0	44,0	-	137,5	18,3	13,8
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>	-	-	-	-	-	22,0	-	-	-	-
<i>Daphnia gessneri</i>	3839,1	265,1	12,1	2811,7	2169,0	289,2	52,2	100,4	6426,7	-
<i>Diaphanosoma birgei</i>	50,3	-	-	1451,7	1356,8	335,0	-	69,8	-	-
<i>Diaphanosoma polypina</i>	-	-	-	-	-	45,6	-	-	-	7,1
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	-	-	-	1012,0	1138,5	-	1096,3	126,5	-	-
<i>Ilyocryptus verrucosus</i>	-	-	-	127,0	28,6	101,6	-	-	-	-
<i>Leydigiopsis cf. brevisrostris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,9
<i>Moina micrura</i>	-	-	-	-	21,2	-	-	9,8	-	-
<i>Moina minuta</i>	-	-	-	78,3	-	-	-	-	-	-
<i>Moina reticulata</i>	-	-	-	1630,3	1010,0	562,8	-	307,1	-	8,4
Copepoda										
<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i>	-	-	432,0	960,0	4536,0	-	9360,0	-	-	-
<i>Notodiaptomus amazonicus</i>	-	-	212,8	-	-	-	2305,3	443,3	-	-
<i>Rhacodiaptomus insolitus</i>	305,6	-	-	254,7	171,9	-	496,6	-	254,7	382,0
nauplius	115,1	2,5	8,5	526,7	222,8	16,0	45,5	14,6	243,3	31,3
copepodito	387,5	14,2	49,7	426,0	319,5	42,6	215,4	147,9	331,3	-
<i>Metacyclops brauni</i>	-	-	-	-	-	-	79,3	-	18,3	-
<i>Thermocyclops minutus</i>	-	-	-	-	-	-	-	43,8	-	26,3
nauplius	-	1,0	0,4	8,7	-	-	1,3	4,6	-	0,3
copepodito	-	12,4	62,0	82,7	-	148,8	161,2	723,3	-	-
Rotifera										
<i>Anuaeropsis sioli</i>	-	-	-	-	-	-	6,1	-	-	-
<i>Ascomorpha ecaudis</i>	14,0	-	-	70,0	-	-	-	-	-	-
<i>Asplanchna sieboldi</i>	-	16,6	-	110,7	298,8	63,8	-	138,3	27,7	62,3
<i>Brachionus caudatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,8
<i>Brachionus quadridentata</i>	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus zahniseri</i>	50,3	0,8	2,3	30,0	27,0	-	45,5	-	1,5	-
<i>Cephalodella gibba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5
<i>Collotheca</i> sp.	-	-	-	-	4,5	1,9	4,3	-	-	-
<i>Conochilus coenobasis</i>	105,0	4,5	4,5	460,0	40,5	5,6	39,0	-	1,5	-
<i>Conochilus unicornis</i>	147,0	-	-	120,0	229,5	-	26,0	-	-	-
<i>Conochilus natans</i>	-	-	-	40,0	27,0	-	-	-	-	-
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-	16,3
<i>Filinia</i> cf. <i>longiseta</i>	0,8	-	-	10,0	6,8	2,7	-	15,8	0,8	18,8
<i>Keratella cochlearis</i>	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane bulla</i>	-	-	-	26,7	-	-	-	-	-	2,5
<i>Lecane cornuta</i>	-	-	-	-	-	-	8,7	-	-	-
<i>Lecane curvicornis</i>	5,0	-	-	-	-	7,1	8,7	-	-	-

	LC 01 sup.	LC 01 meio	LC 01 fundo	LC 02 sup.	LC 02 meio	LC 02 fundo	LC 03 sup.	CC 01 sup.	CC 02 sup.	LJ 02 sup.
<i>Lecane quadridentata</i>	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane leontina</i>	-	-	-	13,3	-	17,5	8,7	-	-	-
<i>Notommata</i> sp.	-	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monomatta</i> sp.	-	-	-	20,0	-	-	-	4,5	-	-
<i>Phylodina</i> cf. <i>roseola</i>	-	-	12,1	484,0	108,9	-	104,9	-	-	30,3
<i>Platonus patulus</i>	-	-	-	-	9,0	-	-	-	-	-
<i>Platyias quadricornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-
<i>Repaulania</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-
<i>Sinantherina</i> cf. <i>procera</i>	-	-	-	-	40,5	15,5	-	-	0,0	-
<i>Sinantherina</i> cf. <i>semibullata</i>	-	-	-	360,0	81,0	-	-	-	4,5	-
<i>Testudinela mucronata haurensis</i>	-	0,3	-	3,3	-	-	-	0,3	-	-
<i>Testudinela patina</i>	-	0,3	-	3,3	-	-	-	-	-	-
<i>Trochosphaera aequatorialis</i>	-	-	4,3	-	-	28,8	-	761,5	4,3	10,6

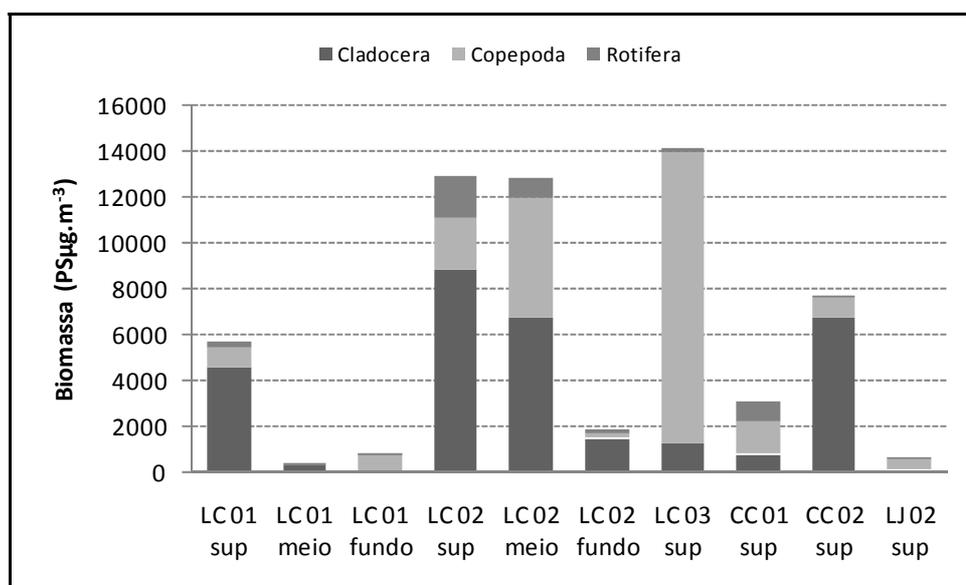


Figura 5-231 - Biomassa ($\mu\text{g PS. m}^{-3}$) dos principais grupos da comunidade zooplanctônica nos lagos e canais na vazante (junho 2009).

Em relação à comunidade zooplanctônica nos sistemas fluviais (Rio Madeira e tributários) foi evidenciado que entre os diferentes pontos do rio Madeira, os pontos a montante contêm uma comunidade mais desenvolvida que as estações a jusante. Dentre os tributários avaliados em cada um ocorreram espécies particulares, com ocorrência localizada. Apenas o rio Jaciparaná teve uma comunidade zooplanctônica empobrecida em alguns aspectos, indicando talvez menor integridade biótica. Dentre os ecossistemas lênticos a comunidade zooplanctônica do lago Cuniã foi a mais rica e diversificada, indicando elevada integridade biótica.

Em termos de riqueza e diversidade de espécies observou-se um gradiente decrescente: Lago Cuniã > tributários > rio Madeira. Em relação à biomassa este mesmo gradiente é observado. É muito evidente, no entanto, que a biomassa zooplanctônica no rio Madeira (valor máximo de $0,6 \text{ mg.m}^{-3}$) é muito menor que o valor obtido nos tributários ($2,5 \text{ mg/m}^3$ e cerca de 20 vezes menor que o máximo registrado no Lago Cuniã ($14,0 \text{ mg/m}^3$)).

Possivelmente a grande quantidade de material suspenso na coluna d'água do rio Madeira (Anexo 1) limite a produtividade primária, fonte de energia para os organismos zooplanctônicos, e seja também o principal fator limitante à produção de biomassa zooplanctônica neste sistema.

5.7 - INVERTEBRADOS BENTÔNICOS

Além das análises das variáveis físicas e químicas, as quais permitem a quantificação das alterações dessas propriedades da água fornecendo um retrato momentâneo de uma situação dinâmica, a inserção de comunidade biológicas em programas de biomonitoramento tem se mostrado uma ferramenta importante na busca de informações sobre a integridade dos ecossistemas e da qualidade ambiental (Karr, 1981; Rosenberg & Resh, 1993).

Segundo Queiroz et al. (2000), o estudo da fauna de invertebrados bentônicos é considerado um dos instrumentos mais eficazes para se avaliar a qualidade das águas. Sua distribuição é influenciada pelas características morfométricas, características físicas e químicas do habitat, disponibilidade de recursos alimentares e hábito das espécies (Merritt & Cummins, 1996).

Os invertebrados bentônicos além de ocorrerem em todos os tipos de sistemas aquáticos, também são bons indicadores da qualidade da água porque são geralmente mais permanentes no ambiente, com ciclos de vida relativamente longos com duração variando de semanas a alguns meses no sedimento. Além disso, os invertebrados bentônicos participam da cadeia alimentar de vários organismos aquáticos, especialmente de peixes (Rosenberg & Resh, 1993).

A composição, densidade e distribuição dos componentes da comunidade bentônica dependem dos fatores abióticos e bióticos, do tipo de substrato, da disponibilidade e da qualidade do alimento. Ainda a estrutura dessa comunidade modifica-se à medida que ocorrem alterações nos rios como por exemplo com a implementação de usinas hidrelétricas, podendo retratar eficientemente as condições dos ecossistemas lóticos antes, durante e depois da construção de barragens, neste último caso retratando a estabilização do ambiente (Armitage & Blackburn, 1990).

Neste relatório são apresentadas informações da composição taxonômica, densidade e distribuição espacial dos macroinvertebrados bentônicos coletados na segunda campanha realizada em junho de 2009, no Rio Madeira e seus afluentes, antes da implementação da usina hidrelétrica.

Composição taxonômica, abundância específica, Frequência de ocorrência (F.O.%) e classificação quanto à frequência e abundância relativa (A.R.%) riqueza de espécies e densidade (ind. m²) de macro-invertebrados bentônicos na área de influência da AHE Santo Antônio do Madeira.

Considerando-se todos os pontos amostrados na vazante (junho de 2009), foram coletados 179 organismos, no total, com representantes de 24 táxons (Quadro 5-18). Oligochaeta foi o único grupo que ocorreu em quase todos os pontos de amostragem (F.O. 78%) com abundância absoluta de 41 indivíduos representando 22,91% da fauna total, podendo ser classificado como muito freqüente mas pouco abundante. Os demais táxons foram classificados como esporádicos ou pouco freqüentes em relação à frequência e raros em relação a abundância.

Entre os Insecta os Diptera representados pela família Chironomidae tiveram maior riqueza de táxons, com representantes de 15 gêneros. Este é um padrão recorrente para a comunidade de macro-invertebrados bentônicos no mundo todo e especialmente em regiões tropicais.

Quadro 5-13 - Composição taxonômica, abundância específica, frequência de ocorrência (F.O.%), classificação da F.O., abundância relativa (A.R %) e classificação (A.R) e densidade (ind. m²) no rio Madeira, tributários, lagos e canais na vazante (junho de 2009).

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AB. ESP.	F. O. %	CLASSIFICAÇÃO (F.O)	A. R. %	CLASSIFICAÇÃO (A.R.)	DENS. IND. M ²
Filo ARTHROPODA						
Classe Insecta						
Ordem Diptera						
<i>Beardius sp</i>	4	11	Esporádico	2,23	Raro	35
<i>Chironomus sp</i>	13	33	Pouco freqüente	7,26	Raro	115
<i>Compl. Harnischia sp</i>	6	33	Pouco freqüente	3,35	Raro	53
<i>Cryptochironomus sp</i>	3	22	Pouco freqüente	1,68	Raro	27
<i>Fissimentum sp</i>	2	11	Esporádico	1,12	Raro	18
<i>Paratendipes sp</i>	1	11	Esporádico	0,56	Raro	9
<i>Phaenopsectra sp</i>	4	11	Esporádico	2,23	Raro	35
<i>Polypedilum sp</i>	5	22	Pouco freqüente	2,79	Raro	44
<i>Stenochironomus sp</i>	9	11	Esporádico	5,03	Raro	80
<i>Ablabesmyia sp</i>	4	22	Pouco freqüente	2,23	Raro	35
<i>Coelotanyus sp</i>	9	22	Pouco freqüente	5,03	Raro	80
<i>Djalma batista sp</i>	4	33	Pouco freqüente	2,23	Raro	35
<i>Procladius sp</i>	1	11	Esporádico	0,56	Raro	9
<i>Caladomyia sp</i>	2	11	Esporádico	1,12	Raro	18
<i>Tanytarsus sp</i>	2	22	Pouco freqüente	1,12	Raro	18
Fam. Ceratopogonidae	27	22	Pouco freqüente	15,08	Pouco abundante	239
Fam. Culicidae	1	11	Esporádico	0,56	Raro	9
Fam. Tipulidae	3	11	Esporádico	1,68	Raro	27
Trichoptera - Leptoceridae	4	11	Esporádico	2,23	Raro	35
Coleoptera - Elmidae	5	11	Esporádico	2,79	Raro	44
Dytiscidae	5	22	Pouco freqüente	2,79	Raro	44
Filo ANELLIDA						
Classe Oligochaeta	41	78	Muito freqüente	22,91	Pouco abundante	363
Classe Hirudinea	7	11	Pouco freqüente	3,91	Raro	62
NEMATODA	17	22	Pouco freqüente	9,50	Raro	150
Riqueza taxonômica				24		
Número total de indivíduos amostrados				175		

5.7.1 - Rio Madeira

▪ Composição, densidade e diversidade

A composição taxonômica e a densidade de macro-invertebrados bentônicos nos sedimentos do Rio Madeira foram extremamente baixas, registrando-se um total de 4 táxons e apenas 8 organismos nas três localidades amostradas (Quadro 5-19). Na estação MON 01 apenas 1

indivíduo foi registrado (Oligochaeta) enquanto no ponto MON 03 ocorreram 2 indivíduos da Ordem Diptera, um da família Chironomidae, gênero *Djalmabatista* e outro da família Culicidae. No ponto Jusante registrou-se a ocorrência de 1 Diptera Chironomidae do gênero *Coelotanyus* e 3 indivíduos do filo Anellida, Classe Oligochaeta.

Quadro 5-14 - Composição taxonômica, Abundância específica, abundância relativa (%) e densidade de indivíduos por m² da fauna bentônica no rio Madeira na vazante (junho de 2009).

	MON 01			MON 03			JUS 02		
	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²
Filo ARTHROPODA									
Classe Insecta									
Ordem Díptera									
Chironomidae									
<i>Coelotanyus</i>	0	0	0,00	0	0	0,00	1	20	8,84
<i>Djalma batista</i>	0	0	0,00	1	50	8,84	0	0	0,00
Fam. Ceratopogonidae	0	0	0,00	0	0	0,00	1	20	8,84
Fam. Culicidae	0	0	0,00	1	50	8,84	0	0	0,00
Filo ANELLIDA									
Classe Oligochaeta	1	100	8,84	0	0	0,00	3	60	26,53

O maior valor de diversidade foi registrado no ponto JUS 02 com 0,95 (Quadro 5-6). Nesse ponto com uma riqueza de 3 táxons, estimou-se uma densidade média 44,0 ind. m⁻². Devido ao número extremamente restrito de táxons e baixa densidade, a análise da diversidade e seus componentes riqueza, equidade ou dominância não são relevantes.

Quadro 5-15 - Diversidade (H'), equidade (E), Riqueza e densidade média (indivíduos por m²) e dominância de macro-invertebrados bentônicos no rio Madeira na vazante (junho de 2009).

Local	N. IND.	H'	E	Riqueza	Densidade ind.m ²	Dominância
MON 01	1	-	1	1	9	1
MON 03	2	0,69	1	2	18	0,5
JUS 02	5	0,95	0,86	3	44	0,44

5.7.2 - Tributários

- Composição, densidade e diversidade

A composição taxonômica, as abundâncias absoluta e relativa e a densidade estimada para os macro-invertebrados bentônicos nos tributários do rio Madeira são apresentados na Quadro 5-7. Pode-se observar que no rio Caracol (CRC), os representantes de Ceratopogonidae constituíram o táxon numericamente mais representativo, contribuindo com 34,67% do total de macroinvertebrados neste ponto. No rio Mucuí (MUC) foram registrados apenas 3 táxons sendo o mais abundante o filo Nematoda representando 75 % do total de macroinvertebrados nesta localidade. No ponto rio Jatuarana I foi registrada a ocorrência de apenas 1 táxon representado por 2 indivíduos de Oligochaeta. Já na estação JAT 02, registraram-se 3 táxons com um total de 14 indivíduos, sendo que *Chironomus decorus* (Díptera Chironomidae) foi o táxon numericamente mais representativo, correspondendo a 78,57% da fauna. No rio Jaciparanã (JAC), os Oligochaeta foram os mais representativos, contudo estiveram representados por apenas 4 indivíduos, constituindo 25% da densidade específica nesta localidade. No rio Caripuna (CAR) registrou-se a ocorrência de Nematoda sendo estes os mais representativos da fauna, correspondendo a 34% do total (Quadro 5-7).

Embora a densidade registrada nos tributários tenha sido mais elevada que aquela nos pontos amostrados no rio Madeira, o valor máximo de 695 ind. m⁻² para o rio Jatuarana (JAT 01) foi relativamente baixo quando comparada à de rios de outras bacias hidrográficas brasileiras. Por exemplo, para o período de 2001 a 2002, Takeda et al. Obtiveram em média 3257 ind. m⁻² para a comunidade bentônica do Rio Paraná, PR, enquanto Jorcin et al. 2008 obtiveram valores de densidade entre 2000 a 5000 ind. m⁻² para o rio Paranapanema.

Quadro 5-16 - Abundância específica, abundância relativa (%) e densidade de indivíduos por m² dos invertebrados bentônicos nos tributários do Rio Madeira realizada na vazante (junho de 2009).

	CRC			MUC			JAT. I			JAT. II			JAC 01			CAR.		
	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²
Filo ARTHROPODA																		
Classe Insecta																		
Ordem Díptera																		
Chironomidae																		
<i>Beardius</i>	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	4	7,1	35,37
<i>Chironomus</i>	1	1,33	8,84	0	0	0,00	0	0	0,00	11	78,57	97,26	1	6,25	8,84	0	0,0	0,00
<i>Compl. Harnischia</i>	3	4,00	26,53	1	12,5	8,84	0	0	0,00	0	0,00	0,00	2	12,5	17,68	0	0,0	0,00
<i>Cryptochironomus</i>	1	1,33	8,84	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	2	12,5	17,68	0	0,0	0,00
<i>Fissimentum</i>	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	2	12,5	17,68	0	0,0	0,00
<i>Paratendipes</i>	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	1	6,25	8,84	0	0,0	0,00
<i>Phaenopsectra</i>	4	5,33	35,37	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0,0	0,00
<i>Polypedilum</i>	4	5,33	35,37	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	1	6,25	8,84	0	0,0	0,00
<i>Stenochironomus</i>	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	9	16,1	79,58
<i>Ablabesmyia</i>	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	2	14,29	17,68	0	0	0,00	2	3,6	17,68
<i>Coelotanypus</i>	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	8	14,3	70,73
<i>Djalma batista</i>	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	2	12,5	17,68	1	1,8	8,84
<i>Procladius</i>	1	1,33	8,84	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0,0	0,00
<i>Caladomyia</i>	2	2,67	17,68	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0,0	0,00
<i>Tanytarsus</i>	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	1	7,14	8,84	1	6,25	8,84	0	0,0	0,00
Fam. Ceratopogonidae	26	34,67	229,89	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0,0	0,00
Fam. Culicidae	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0,0	0,00
Fam. Tipulidae	3	4,00	26,53	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0,0	0,00
Trichoptera - Leptoceridae	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	4	7,1	35,37

	CRC			MUC			JAT. I			JAT. II			JAC 01			CAR.		
	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²
Coleoptera Dytiscidae	5	6,67	44,21	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0		0,00	0	0,0	0,00
Elmidae	2	2,67	17,68	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	3	5,4	26,53
Filo ANELLIDA																		
Classe Oligochaeta	12	16,00	106,10	1	12,5	8,84	2	100	17,68	0	0,00	0,00	4	25	35,37	18	32,1	159,15
Classe Hirudinea	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	7	12,5	61,89
NEMATODA	11	14,67	97,26	6	75	53,05	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0,0	0,00

Considerando-se os cinco tributários amostrados, foram registrados 24 táxons no total. A maior riqueza de táxons foi registrada para a estação Caracol (CRC), com 13 táxons, seguido dos rios Jaciparanã (JAC 01) e Caripuna (CAR) com 9 táxons cada. Por outro lado os menores valores de riqueza, com apenas 3 táxons foram obtidos para a estação JAC 01. Os menores valores de diversidade de espécie (H') foram registrados no rio Jaci (JAC 01) e Jatuarana I (JAT I) com 2,08 e 0, respectivamente (Quadro 5-5). A maior e menor riqueza taxonômica foi registrada no rio Caracol (CRC) e Jatuarana I (JAT I) com 13 e 1, respectivamente. Com relação à densidade de indivíduos (m^2) os maiores valores foram registrados no rio Caripuna (CAR) e Caracol (CRC) com 695 e 495 ind. m^2 , respectivamente e o menor no rio Jatuarana (JAT 01) com 18 ind. m^2 . Já a dominância, o maior valor registrado foi no rio Jatuarana I (JAT 01) com 1 e o menor rio JAC 01 (0,14).

Quadro 5-17 - Diversidade (H'), equidade (E), Riqueza, densidade média indivíduos por m^2 e dominância da fauna bentônica nos rios tributários do rio Madeira na vazante (junho de 2009).

Local	TOTAL IND.	H'	E	Riqueza	Densidade ind. m^2	Dominância
Caracol (CRC)	75	2,06	0,60	13	495	0,18
Mucuim (MUC)	8	0,74	0,70	3	71	0,59
Jatuarana I (JAT I)	2	0	1	1	18	1
Jatuarana II (JAT II)	14	0,66	0,64	3	124	0,64
Jaci paraná (JAC 01)	16	2,08	0,89	9	141	0,14
Caripuna (CAR)	56	1,92	0,76	9	695	0,18

5.7.3 - Sedimentos

A constituição dos sedimentos do Rio Madeira e de seus tributários foi bastante heterogênea como pode ser visualizado nas Figura 5-232 e Figura 5-233 que mostram respectivamente a composição granulométrica e o conteúdo orgânico e inorgânico do sedimento respectivamente.

De maneira geral os sedimentos do Rio madeira foram areno-siltosos, enquanto os sedimentos dos tributários apesar de arenosos apresentaram maior contribuição das frações silte, argila e areias finas.

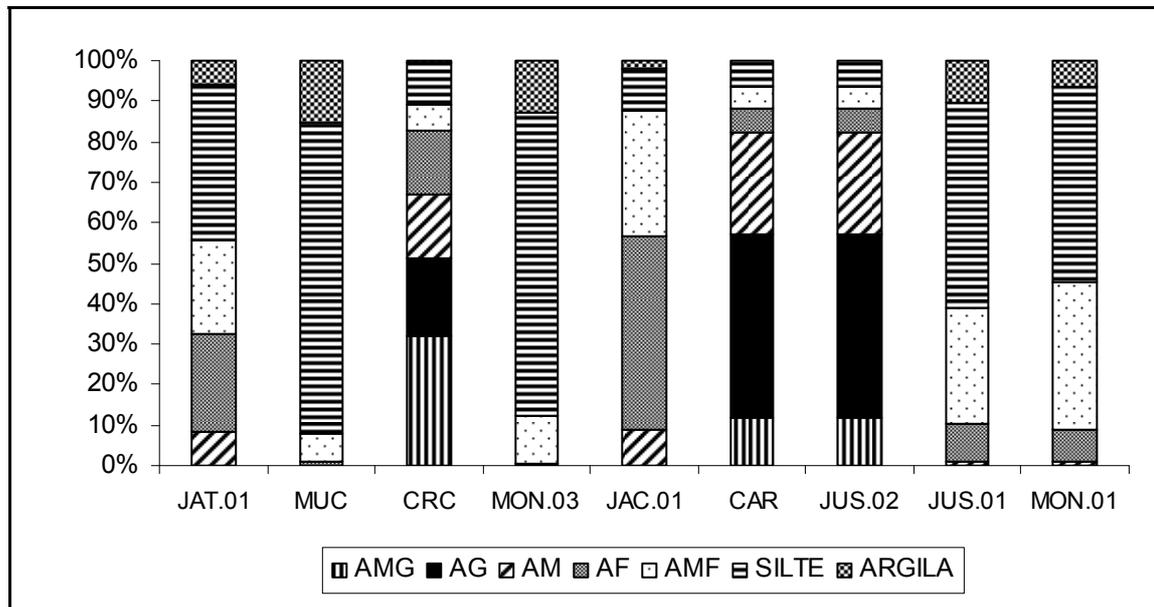


Figura 5-232 - Frações granulométricas dos sedimentos dos tributários do Rio Madeira na vazante (junho de 2009).

Os sedimentos do Rio Madeira e tributários avaliados são predominantemente minerais (com concentrações de matéria orgânica inferiores a 10%). Maiores concentrações de matéria orgânica ocorreram na estação Caracol (CAR).

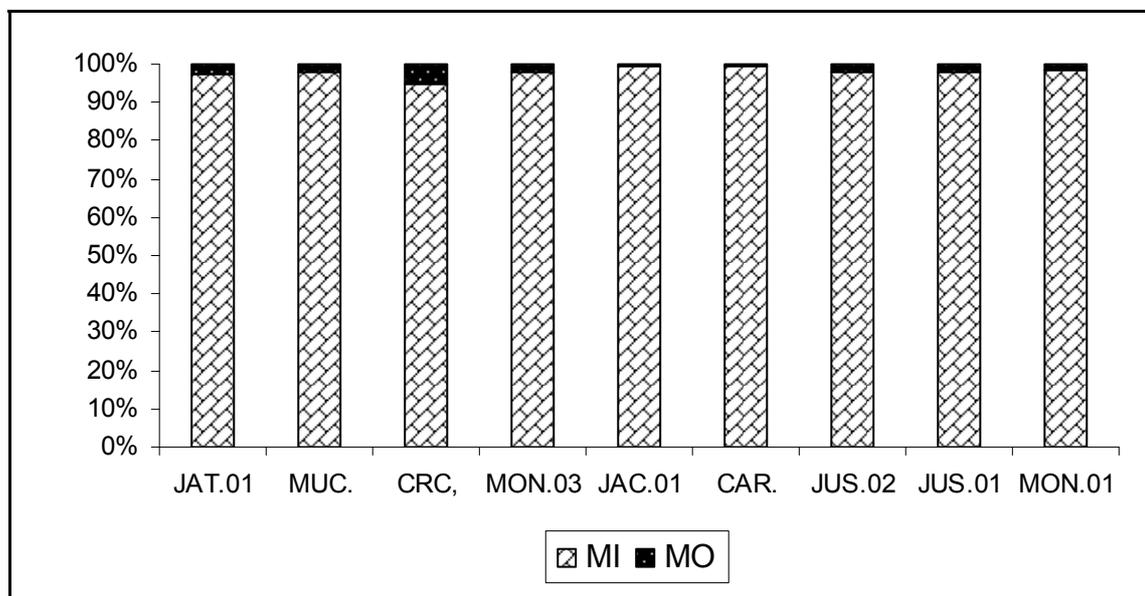


Figura 5-233 - Frações granulométricas dos sedimentos dos tributários do Rio Madeira na vazante (junho de 2009).

Neste estudo, prévio, a análise geral dos resultados de riqueza taxonômica indicou uma baixa diversidade de grupos taxonômicos, sendo que os insetos tiveram maior participação e diversidade de grupos. Consideráveis flutuações nos níveis de água podem ocorrer durante as cheias como uma consequência natural das variações sazonais na vazão, caracterizando os habitats lóticos. Segundo Ward (1992), alguns insetos aquáticos são dependentes dessas flutuações naturais nos níveis da água. No período chuvoso ocorre o aumento da velocidade da água ocasionando o carreamento das partículas e dos organismos, isso implica na redução dos valores de riqueza taxonômica bem como na densidade de espécimes.

Os resultados demonstraram maiores densidades numéricas e riqueza taxonômica dos táxons representados pela subfamília Chironominae. Isso confirma a sua ampla distribuição e importância nas comunidades bentônicas (Armitage et al., 1995). Espécies de *Chironomus* apresentam pigmento respiratório hemoglobina e suas presenças no ambiente são indicativas da perda da qualidade ambiental aquática com baixa concentração de oxigênio dissolvido, observadas em valores maiores de densidade numérica no Ponto Jatuarana II.

Além dos Chironomidae coletados destaca-se a ocorrência em quase todos os pontos de amostragem dos Oligochaeta e no ponto no rio Caripuna de hirudíneas. Representantes da classe Oligochaeta e Hirudinea (Annelida) possuem vários táxons descritos como tolerantes à poluição. Embora não tenham sido identificados em níveis taxonômicos inferiores as análises dos oligoquetos mostraram morfotipos diferentes entre os pontos de coleta. Esses anelídeos são conhecidos por ocuparem sistemas lênticos e algumas espécies pela tolerância a baixa concentração de oxigênio dissolvido (Johnson et al., 1992). A maioria dos oligoquetos vive em águas eutróficas, sobre fundo lodoso, outros vivem em águas tanto correntes como calmas com substrato pedregoso (Pérez, 1988). Os primeiros possuem gêneros que apresentam hemoglobina e conseguem graças à presença desse pigmento, viver no fundo de sistemas aquáticos quase desprovidos de oxigênio (Lindegaard, 1995). A presença desses grupos que podem ser considerados como indicadores de ambientes com qualidade regular ou ruim, os quais embora tenham contribuído para o aumento da diversidade nesses pontos, são indicativos da modificação da qualidade da água. Oligochaeta juntamente com Chironomidae, podem ser indicativos das condições de trófia do sistema.

5.8 - MACRÓFITAS AQUÁTICAS

As macrófitas aquáticas são constituídas, em sua grande maioria, por vegetais superiores que retornaram ao ambiente aquático, exibindo grande capacidade de adaptação a diferentes tipos de ecossistemas, desde pântanos e brejos, até rios e lagos de grande porte. Possuem hábitos variados, podendo ser classificadas em diferentes grupos ecológicos: emersas - enraizadas, porém com folhas fora d'água; flutuantes enraizadas: enraizadas e com folhas flutuando na superfície da água; enraizadas: presas ao substrato e crescendo totalmente submersas na água; submersas livres: permanecem flutuando submergidas na água. Podem ainda prender-se a pecíolos e caules de outras macrófitas; flutuantes: flutuam na superfície da água.

Pesquisas sobre o papel funcional desempenhado pela comunidade de macrófitas aquáticas no metabolismo de ecossistemas de água doce evidenciam a grande importância deste compartimento, capaz de estabelecer um forte intercâmbio entre o ecossistema aquático e o ambiente terrestre adjacente. Diversos estudos sobre macrófitas aquáticas mostram sua elevada produtividade e importância na ciclagem de nutrientes.

O grande número de nichos ecológicos e a vasta diversidade de espécies animais observadas nas regiões litorâneas pode ser atribuída principalmente à alta produtividade das macrófitas aquáticas encontradas nestas regiões que muitas vezes são consideradas as principais responsáveis pela produtividade biológica do sistema como um todo. A importância ecológica das macrófitas e das regiões litorâneas onde são predominantes, está também relacionada à diversidade e abundância de peixes que no rio e nas lagoas marginais dependem destas em diferentes aspectos e fases de seus ciclos de vida.

As macrófitas aquáticas são relevantes na dinâmica de nutrientes a liberação de nutrientes através do chamado efeito de "bombeamento" - que constitui na absorção de nutrientes das partes profundas do sedimento e sua posterior liberação na coluna d'água por excreção ou durante sua decomposição. Desempenham ainda a função de hospedeiras para associações com algas perifíticas e bactérias fixadoras de nitrogênio (ESTEVES, 1998) e o fornecimento de habitats diversificados e abrigo para larvas de peixes além de suas partes submersas servirem de receptáculo para ovos de diversas espécies (NOTARE, 1992), ampliando assim a disponibilidade de nichos a serem utilizados por estes (LUCIANO, 1996). Suas raízes também atuam como local de proliferação de microorganismos importantes na alimentação de diversas espécies (LORENZI e SOUSA, 1999). Fornecem ainda locais sombreados para abrigo de formas sensíveis às altas intensidades de radiação solar.

Desempenham importante papel trófico por servirem como fonte de alimento para algumas espécies de aves e mamíferos aquáticos. GAEVSKAYA (1969) e ESTEVES (1979) citam os altos conteúdos de proteínas e carboidratos solúveis presentes em sua reduzida fração de parede celular (CAMARGO, 1984), sendo que em regiões tropicais, onde as altas temperaturas aceleram o processo da decomposição, as macrófitas aquáticas podem ser os mais importantes fornecedores de matéria orgânica para a cadeia detritívora (LUCIANO, 1996).

Outro aspecto importante é o do papel bioindicador tanto do estado trófico do sistema, como as espécies *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata* e *Pistia stratiotes* que são indicadoras de eutrofização. Por requererem altas concentrações de nutrientes, estas espécies muitas vezes proliferam nos reservatórios recém formados, podendo comprometer em parte a qualidade da água ou ainda servirem de alimento e abrigo para larvas ou adultos de espécies animais hospedeiras de vetores de doenças de veiculação hídrica.

Neste contexto, o conhecimento sobre a diversidade e biomassa das macrófitas é hoje prioritário para a manutenção da “saúde” e do funcionamento dos ecossistemas aquáticos.

5.8.1 - Rio Madeira

- Composição taxonômica, frequência de ocorrência e abundância.

Durante a 2ª campanha realizada em junho de 2009, a macrófita predominante no Rio Madeira foi *Eichhornia crassipes*, o aguapé, constituindo bancos flutuantes, em todos os pontos amostrados MON 01, MON 02 e MON 03. Pela sua ocorrência em todos os pontos de amostragem no rio Madeira (100% de frequência de ocorrência) ela foi classificada como muito frequente. Em relação à abundância, levando em consideração tanto o número de indivíduos como a biomassa seca, esta espécie foi classificada como dominante.

Na estação MON 01 foram amostrados 3 *stands* flutuantes (três quadrados), sendo dois deles monoespecíficos, constituídos apenas por *E. crassipes* e um *stand* misto, formado por duas espécies: *E. crassipes* (aguapé) e *Paspalum repens* (capim fofo), com biomassas similares, mas maior recobrimento de *P. repens*.

No ponto MON02, próximo à margem, registrou-se a maior riqueza de espécies de macrófitas no Rio Madeira durante esta campanha, com a ocorrência de 5 espécies, sendo *E. crassipes* e *P. repens* as espécies dominantes. *Oryza cf plumaepatula*, o arroz do brejo, foi também

abundante. As espécies *Pistia stratiotes*, alface d'água e *Panicum* sp., o capim do brejo, foram raros.

No ponto Mon 03 *Eichhornia crassipes* foi também a única espécie de macrófita presente sendo, portanto, dominante.

Quadro 5-18 - Composição taxonômica, frequência absoluta, frequência de ocorrência (F.O.%), classificação da F.O., abundância relativa (A.R %) valor médio e faixa de variação e classificação em termos de abundância (A.R) no rio Madeira na vazante (junho de 2009).

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	FREQ. ABSOL.	F. O. %	CLASSIFICAÇÃO (F.O)	A.R. %	CLASSIF (A.R.)
<u>Pontederiaceae</u>					
<i>Eichhornia crassipes</i>	6	100	muito Frequente	82,75 (média) 38,56 -- 100,0	dominante
<u>Poaceae (Gramineae)</u>					
<i>Paspalum repens</i>	2	40	pouco frequente	38,79(média) 38,56 - 42,08	abundante
<i>Panicum cf. dichotomiflorum</i>	1	20	esporádico	6,72	raro
<i>Oryza cf glumaepatula</i>	1	20	esporádico	14,63	raro
<u>Araceae</u>					
<i>Pistia stratiotes</i>	1	20	esporádico	4,59	raro
Total de táxons	5				

Em relação á abundância das espécies (Quadro 5-5), computada por meio de sua representatividade como biomassa e como número de indivíduos ou módulos, *c*, em todas as estações amostradas. Sua biomassa expressa em gramas de peso seco por metro quadrado variou de 124,44 g (valor mínimo) em um *stand* misto com *Panicum repens*, a 780,6 g em um *stand* flutuante (camalote) e monoespecífico no ponto MON 01 na callha central do rio Madeira. No ponto MON 02 onde foi amostrado um stand próximo à margem, a contribuição relativa de outras espécies variou de um mínimo de 4,59% para *Pistia stratiotes*, a 38,56% Para *Eichhornia crassipes*, a espécie mais abundante.

Quadro 5-19 - Composição taxonômica, Abundância específica (biomassa em gPS m²), abundância relativa (%) e densidade de indivíduos por m² para as macrófitas amostradas no rio Madeira, na vazante (junho de 2009).. (Q1, Q2 e Q3 denotam o número de quadrados amostrados).

FAMÍLIAS	MON1			MON02			MON03		
	Ab. Esp. Biomass (g m ⁻²)	Ab. Rel. %	Dens. (ind. m ²)	Ab. Esp. Biomass (g m ⁻²)	Ab. Rel. %	Dens. (ind. m ²)	Ab. Esp. Biomass (g m ⁻²)	Ab. Rel. %	Dens. (ind. m ²)
Pontederiaceae									
<i>Eichhornia crassipes</i>	313,04 (Q1)	100	152	295,12 (Q1)	38,56	168	343,56 (Q1)	100	188
	780,6 (Q2)	100	188	0	0	0	0	0	0
	124,44 (Q3)	57,92	156	0	0	0	0	0	0
Poaceae									
<i>Paspalum repens</i>	90,4 (Q3)	42,08	40	271,68	35,50	4	0	0	0
<i>Panicum cf. dichotomiflorum</i>	0	0	0	51,4	6,72		0	0	0
<i>Oryza cf. glumaepatula</i>	0	0	0	112,0	14,63	28	0	0	0
Araceae									
<i>Pistia stratiotes</i>	0	0	0	35,12	4,59	48	0	0	0

5.8.2 - Tributários

- Composição taxonômica, frequência de ocorrência e abundância.

Nos locais de coleta (pontos de monitoramento limnológico) pré-determinados, as macrófitas aquáticas só ocorreram nas estações JAC 01, JAC 02 e MUC. Considerando-se os dois pontos amostrados no rio Jaciparanã (JAC 01 e JAC 02) foram registradas um total de 3 espécies pertencentes a 3 famílias distintas. No Quadro 5-6 são apresentados os resultados relativos à frequência de ocorrência e abundância das espécies (em termos de biomassa expressa em gramas de peso seco) e sua classificação de acordo com estas variáveis. Os dados obtidos evidenciaram que *Eichhornia crassipes*, o aguapé, similarmente ao observado para o rio Madeira, foi a macrófita com maior frequência de ocorrência (75,0%), considerando-se ambos os tributários e os quatro pontos amostrados, sendo assim classificada como muito frequente.

As demais espécies ocorreram apenas uma vez, em diferentes pontos, correspondendo a 25,0% de frequência relativa, sendo desta forma classificados como esporádicas.

Em relação à abundância relativa, *E. crassipes* foi classificada como espécie dominante, *Polygonum acuminatus* e *Hymenachne amplexicaulis* foram classificadas como abundantes (Quadro 5-6).

Quadro 5-20 - Composição taxonômica, frequência absoluta, frequência de ocorrência (F.O.%), classificação da F.O., abundância relativa (A.R %) e classificação em termos de abundância (A.R) nos tributários do rio Madeira na vazante (junho de 2009).

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	FREQ. ABSOL.	F. O. %	CLASSIFICAÇÃO (F.O)	A.R. %	CLASSIF (A.R.)
<u>Pontederiaceae</u>					
<i>Eichhornia crassipes</i>	3	75,0	Muito Frequente	97,14 (média) 91,42 -- 100,0	dominante
Poaceae (Gramineae)					
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	1	25,0	Esporádico	49,87	abundante
Polygonaceae					
<i>Polygonum acuminatus</i>	1	25,0	Esporádico	50,12	abundante
Total de taxons	3				

A espécie dominante foi *Eichhornia crassipes* da família Pontederiaceae, a qual ocorreu em stand monoespecífico em todos os pontos do rio Jaciparanã (JAC 01, JAC 02), sendo, portanto, a espécie dominante e com abundância relativa de 100%.

Na estação MUC ocorreram duas espécies diferentes daquelas presentes nos pontos JAC 01 e JAC 02, caracterizando uma comunidade de macrófitas distinta daquela do rio Jaciparanã, neste período de vazante. Neste ponto foram abundantes as espécies *Hymenachne amplexicaulis* e *Polygonum acuminatus*, com abundâncias relativas de 49,87% e 50,12% respectivamente.

Quadro 5-21 - Abundância específica, abundância relativa (%) e densidade de indivíduos por m² das macrófitas aquáticas nos tributários do Rio Madeira na vazante (junho de 2009).

	JAC 01			JAC 02			JAC 03			MUC 01		
	Ab. Esp. Biomás (g m ⁻²)	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²	Ab. Esp.	Ab. Rel. %	Dens. ind. m ²
<u>Pontederiaceae</u>												
<i>Eichhornia crassipes</i>	418,12	100	152	518,72	100,0	168	169,08	100,0	108	0	0	0
Poaceae (Gramineae)												
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,20	49,87	20
Polygonaceae												
<i>Polygonum acuminatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	16,28	50,12	12
Total de taxons	1									2		

Pelos resultados obtidos pode-se concluir que neste período de águas altas (junho de 2009) os stands de macrófitas caracterizaram-se por elevada dominância da espécie *Eichhornia crassipes* e baixa riqueza de espécies, tanto no rio Madeira como nos tributários.

5.8.3 - Lagos e Canais

- Composição taxonômica, frequência de ocorrência e abundância.

No Quadro 5-8, são apresentados a composição taxonômica, a ocorrência e a abundância das macrófitas aquáticas nos lagos e canais. A espécie *Eichhornia crassipes* foi muito frequente e muito abundante, podendo ser considerada a principal espécie neste tipo sistema aquático. A espécie *E. azurea* foi dominante em termos de abundância relativa, contudo foi de distribuição restrita e por isso classificada como de ocorrência esporádica. As espécies *Paspalum repens* e *Alternanthera aquatica* foram muito abundantes nas localidades onde ocorreram, porém também tiveram ocorrência esporádica, restringindo-se aos pontos LJ 01 e CC 01, respectivamente.

As espécies *E. crassipes* e *Paspalum sp* foram abundantes nos lagos e canais. A *E. crassipes* foi muito frequente, ocorrendo em três dos quatro ambientes amostrados, enquanto *Paspalum sp* teve ocorrência esporádica.

Em relação à riqueza de espécies os lagos e canais tiveram riqueza muito maior do que àquela dos tributários e rio Madeira, com 13 espécies registradas, enquanto que no Rio Madeira ocorreram apenas 5 espécies e nos tributários 6 espécies. Do total de 13 espécies registradas nos lagos e canais, 6 espécies são raras e na grande maioria de ocorrência esporádica.

Quadro 5-22 - Composição taxonômica, frequência absoluta, frequência de ocorrência (F.O.%), classificação da F.O., abundância relativa (A.R %) valor médio e faixa de variação e classificação em termos de abundância (A.R) nos lagos e canais na vazante (junho de 2009).

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	FREQ. ABSOL.	F. O. %	CLASSIFICAÇÃO (F.O)	A.R. %	CLASSIF (A.R.)
<u>Pontederiaceae</u>					
<i>Eichhornia crassipes</i>	3	75	Muito frequente	26,31	Abundante
<i>Eichhornia azurea</i>	1	25	Esporádica	84,48	Dominante
<u>Poaceae (Gramineae)</u>					
<i>Paspalum repens</i>	1	25	Esporádica	63,31	Muito Abundante
<i>Panicum dichotomiflorum</i>					
<i>Paspalum sp</i>	1	25	Esporádica	37,06	Abundante
<i>Luziola cf peruviana</i>	1	25	Esporádica	19,12	Raro

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	FREQ. ABSOL.	F. O. %	CLASSIFICAÇÃO (F.O)	A.R. %	CLASSIF (A.R.)
Ricciaceae					
<i>Ricciocarpus natans</i>	1	25	Esporádica	1,06	Raro
<u>Azollaceae</u>					
<i>Azolla caroliniana</i>	1	25	Esporádica	9,22	Raro
Salviniaceae					
<i>Salvinia auriculata</i>	3	75	Muito freqüente	1,70	Raro
Nymphaeaceae					
<i>Nymphaea amazonum</i>	1	25	Esporádica	6,05	Raro
Amaranthaceae					
<i>Alternanthera aquatica</i>	1	25	Esporádica	55,46	Muito abundante
Areaceae					
<i>Pistia stratiotes</i>	1	25	Esporádica	5,36	Raro

Nos lagos e canais, o número de táxons foi similar nos pontos monitorados com 4 a 5 espécies em cada *stand* com exceção do ponto CC 01 (Canal de Cuniã) onde apenas 2 táxons foram registrados (Quadro 5-23).

Os maiores valores de biomassa de macrófitas foram registrados no ponto LJ 02 e no ponto LC 01. Os dados obtidos evidenciam que as espécies de maior relevância nos sistemas lênticos em relação à biomassa e ocorrência foram *Eichhornia crassipes* e *Paspalum* sp (pastinho d'água) nesta 2ª campanha, realizada no período de vazante.

Quadro 5-23 - Composição taxonômica, abundância específica (biomassa em gPS m⁻²), abundância relativa (%) e densidade de indivíduos por m² para as macrófitas amostradas nos lagos e canais, na vazante (junho de 2009).

FAMÍLIAS	LJ 01			LJ 02			LC 01			CC 01		
	Ab. Esp. Biomass (g m ⁻²)	Ab. Rel. %	Dens. (ind. m ²)	Ab. Esp. Biomass (g m ⁻²)	Ab. Rel. %	Dens. (ind. m ²)	Ab. Esp. Biomass (g m ⁻²)	Ab. Rel. %	Dens. (ind. m ²)	Ab. Esp. Biomass (g m ⁻²)	Ab. Rel. %	Dens. (ind. m ²)
<u>Pontederiaceae</u>												
<i>Eichhornia crassipes</i>	0	0	0	275,12	25,53	556	53,75	9,36	174	81,08	44,04	76
<i>Eichhornia azurea</i>	0	0	0	0	0	0	485,00	84,48	35	0	0	0
<u>Poaceae (Gramineae)</u>												
<i>Paspalum repens</i>	0	0	0	687,72	63,81	392	0	0	0	0	0	0
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	86,0	37,06	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paspalum sp</i>	86,4	37,23	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luziola cf peruviana</i>	44,36	19,12	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<u>Ricciaceae</u>												
<i>Ricciocarpus natans</i>	0	0	0	11,37	1,06	1084	0	0	0	0	0	0
<u>Azollaceae</u>												
<i>Azolla caroliniana</i>	0	0	0	99,4	9,22	19026	0	0	0	0	0	0
<u>Salviniaceae</u>												
<i>Salvinia auriculata</i>	2,84	1,22	64	4,08	0,38	32	0,60	0,10	25	0	0	0
<u>Nymphaeaceae</u>												
<i>Nymphaea amazonum</i>	0	0	0	0	0	0	34,75	6,05	5	0	0	0
<u>Amaranthaceae</u>												
<i>Alternanthera aquatica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,96	55,46	20
<u>Areaceae</u>												
<i>Pistia stratiotes</i>	12,44	5,36	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de táxons				5								

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, as seguintes considerações podem ser feitas acerca das condições limnológicas do rio Madeira, dos rios tributários e dos lagos e canais na fase de cheia (março/abril 2009) e de vazante (junho 2009):

- O rio Madeira apresentou características típicas de rios amazônicos de águas brancas, com elevados valores de sólidos totais, turbidez, fósforo e ferro, além de pequena transparência da água. As condições hidroquímicas do rio Madeira são fortemente influenciadas pela geologia recente da cordilheira dos Andes, onde nascem seus principais rios formadores.
- Os resultados de turbidez, cor, fósforo total, sólidos e ferro dissolvido do rio Madeira não atenderam ao Art. 15 da Resolução CONAMA 357/05 para rios de classe 2. Contudo, trata-se de condições naturais relacionadas às características da bacia de drenagem.
- As atividades do canteiro de obras do AHE Santo Antônio, situado entre as estações MON 01 e JUS 01, não causaram modificações no rio Madeira do ponto de vista limnológico.
- Os rios tributários, lagos e canais apresentaram condições diferentes das observadas no rio Madeira. Dentre elas, podem ser destacados os menores valores de sólidos, turbidez, cor da água, concentração iônica e fósforo, além de terem apresentado transparência da água maior.
- O pH dos rios tributários e dos lagos e canais foi levemente ácido, diferentemente do que foi observado no rio Madeira, que apresentou pH neutro. Além disso, a maior parte dos valores de pH dos primeiros não atendeu à Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2. Porém, baixos valores de pH são condições naturais dos sistemas aquáticos da Amazônia.
- O Índice de Qualidade da Água (IQA) do rio Madeira foi classificado como aceitável em ambos os períodos. Já os rios tributários e os lagos e canais tiveram a qualidade da água variando de boa a ótima.
- O Índice de Estado Trófico (IET) calculado para o rio Madeira permitiu classificar este ambiente como ultraoligotrófico, uma vez que apesar dos altos valores de fósforo, as concentrações de clorofila *a* foram ínfimas devido à limitação por luz.
- Em relação aos elementos-traço, os mais altos teores foram encontrados nas estações mais próximas à área urbana de Porto Velho, indicando possível aporte de material originário de

atividades antrópicas nesse trecho do rio. Todavia, a maior parte dos resultados obedeceu à legislação.

- Os lagos São Miguel e Pau D'arco (LJ 01 e LJ 02), e o canal do lago do Cuniã (CC 01), foram os locais de coleta que apresentaram sofrer maior influência biogeoquímica do rio Madeira.
- Do ponto de vista microbiológico, a maior parte dos microorganismos presentes no rio Madeira, nos rios tributários e nos lagos e canais é de vida livre. A presença de microorganismos habitantes do sistema digestivo de animais de sangue quente foi pequena em relação ao total, indicando que o aporte de dejetos de origem antrópica não foi relevante.
- A composição florística do plâncton dos sistemas aquáticos na área de estudo, considerando o conjunto de amostras qualitativas e quantitativas totalizou 184 táxons com maior contribuição de clorófitas, zignematófitas e cianobactérias. A comunidade apresentou, em abundância, uma maior representatividade de clorófitas e cianobactérias e, em biovolume, de clorófitas, diatomáceas e criptófitas.
- O biovolume fitoplanctônico foi bastante reduzido, indicando a dominância de espécies de pequeno tamanho. A abundância das populações foi, em geral, elevada, se forem consideradas a baixa luminosidade subaquática e natureza lótica da maioria das estações
- Tanto a biodiversidade expressa pela composição florística como a diversidade alfa (riqueza e Shannon) foram bastante variáveis e significativamente mais elevadas nos lagos e tributários do que no rio Madeira. A beta diversidade apontou para uma maior heterogeneidade dos sistemas lóticos em relação aos lênticos, em termos de composição de espécies.
- De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 e levando em conta as densidades totais de cianobactérias, a maioria dos sistemas pôde ser incluída na Classe 1, cujas águas podem ser destinadas aos mais diversos usos.
- Em termos de riqueza e diversidade de espécies zooplanctônicas observou-se um gradiente decrescente: Lago Cuniã > tributários > rio Madeira
- A biomassa zooplanctônica no rio Madeira (valor máximo de 0,6 mg.m⁻³) é muito menor que o valor obtido nos tributários (2,5 mg/m³ e cerca de 20 vezes menor que o máximo registrado no Lago Cuniã (14,0 mg/m³).

- Os macroinvertebrados bentônicos apresentaram baixas densidades e poucos grupos taxonômicos, sendo que os insetos tiveram maior participação e diversidade de grupos.
- Foram identificadas ao todo 12 espécies de macrófitas nos ambientes amostrados, sendo que as de maior relevância em relação à biomassa e ocorrência foram *Eicchornia crassipes* (aguapé) e *Paspalum repens* (capim fofo).

7 - EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação	Função	Registro Geral/Ibama
Gina Luísa Boemer	Bióloga, doutora em Engenharia Ambiental (USP)	Coordenação Geral	CRBio 35253/04-D IBAMA 590812
João Durval Arantes Júnior	Biólogo, mestre em Engenharia Ambiental (USP) e doutorando pela UFSCar	Coordenação do monitoramento limnológico	CRBio 35214/01-D IBAMA 3942539
Nathan Oliveira Barros	Biólogo, mestre e doutorando pela UFRJ	Análise dos dados físicos e químicos	
Raquel Fernandes Mendonça	Bióloga, mestre e Doutoranda, UFRJ	Análise dos dados físicos e químicos	
Vera Lúcia de Moraes Huszar	Doutora e professora do Musel Nacional, UFRJ	Análise do fitoplâncton	
Fabio Roland	Doutor e professor pela UFJF		
Odete Rocha	Doutora e professora pela UFSCar	Análise do zooplâncton, invertebrados bentônicos e macrófitas	
Rúbia Fantin da Cruz	Bióloga, mestre em Mestrado em Ecologia/Limnologia (UFMT)	Realização das coletas em campo e elaboração do relatório na 1ª campanha	CRBio 39915/01-D IBAMA 4105868
Joselene de Souza Cruz	Técnica em Química	Execução das análises químicas e microbiológica	CRQ 16400160 16ª região
Luiz Evaristo	Graduando em Eng. Florestal	Coletas em campo	

8 - REFERÊNCIAS

- Allan, J.D. (1995). *Stream Ecology: structure and function of running waters*. London: Chapman & Hall, 388p.
- Armitage, P.D. & Blackburn, H. (1990). Environmental stability and communities of Chironomidae (Diptera) in a regulated river. *Regulated Rivers: Research & Management*, v.5, p. 319-328.
- Armitage, P.D. (1995). Behaviour and ecology of adults. In: Armitage, P.D.; Cranston, P.S.; Pinder, L.C.V. *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. London: Chapman & Hall, p. 194-224.
- Bonecker, C., Nagae, M., Bletler, M., Velho, L. & Lansac-Tôha, F. 2007. Zooplankton biomass in tropical reservoirs in southern Brazil. *Hydrobiologia*, 579 (1):115-123.
- Bottrell, H.H., Duncan, A., Gliwicz, Z.M., Grygierek, E., Herzig, A., Hillbricht-Ilkowska, A., Kurazawa, H., Larsson, P. & Weglenska, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norw. J. Zool.*, 24: 12-456.
- BRINKHURST, R. O. & MARCHESE, M. R. (1989). Guia de la identificacion de Oligoquetos acuaticos continentales de Sud y Centroamerica. *Asociación Ciencias Naturales del Litoral*. Argentina. Colección Climax (5), 207p.
- Brismar, A. (2002). River systems as providers of goods and services: A basis for comparing desired and undesired effects of large dam projects. *Environmental Management*, v.29, n.5, p.598-609.
- Corgosinho, P.H.C. & Pinto-Coelho, R.M. 2006. Zooplankton biomass, abundance and allometric patterns along an eutrophic gradient at Furnas Reservoir (Minas Gerais- Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*. 18(2): 213-224.
- Costa, L.S., Huszar, V.L.M. & Ovalle, R. 2009. Phytoplankton Functional Groups in a Tropical Estuary: Hydrological Control and Nutrient Limitation. *Estuaries and Coasts*
- Dodds, W, K., 2002. *Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications*. Academic Press, London, UK. 569 pp.

Edmondson, W.T. & Winberg, G.C. 1971. A manual on methods for the assessment of secondary productivity in freshwaters. v.17, Oxford, Blackwell, 358p.

Esteves, F.A. 1998. *Fundamentos de limnologia*. Interciência. 2ª ed., Rio de Janeiro, 602p.

Garcia de Emiliani MO, Manavella MIA. 1983. Fitoplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del rio Paraná: tramo Goya-Diamante, II. Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral 14: 217-237.

Garcia de Emiliani MO. 1981. Fitoplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del Rio Paraná: tramo Goya-Diamante I. Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral 12: 112-125.

Garcia de Emiliani MO. 1985. Fitoplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del rio Paraná: tramo Goya-Diamante, III. Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral 16: 95-111.

Garcia de Emiliani MO. 1988. Fitoplâncton y variables ambientales en cauces del Paraná Medio, Argentina: análisis de correlación canonica. Revista Hidrobiología Tropical 21: 183-196.

Garcia de Emiliani MO. 1994. Fitoplâncton y características ambientales de um arroyo contaminado (Arroyo San Lorenzo, Santa Fé, Argentina). Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral 24-25: 57-64.

Harrinson S., S. J. Ross, J. H. Lawton, 1982. Beta diversity on geographic gradients in Britain. Journal Animal Ecology 62: 151-158.

Hoek , C., D. G. Mann & H. M. Jahns, 1997. An introduction to Phycology. Cambridge University Press, Cambridge, 627pp

Huszar VLM, Silva LHS. 1999. Cinco décadas de estudos sobre a ecologia do fitoplâncton no Brasil. Limnotemas 2: 1-22.

Huszar, V. L. M. 2000. A comunidade fitoplanctônica e sua relação com o pulso de hidrológico e o rejeito de bauxita. In.: Bozelli, R., Esteves, F. A. & Roland, F. (Eds.) Lago Batata: Impacto e Recuperação de um Ecossistema Amazônico, Rio de Janeiro, Inst.Biologia-UFRJ/Soc. Bras. Limnologia, pp: 91-104

Johnson, R.K.; Wiederholm, T. & Rosenberg, D.M. (1993). Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. Freshwater biomonitoring and benthic invertebrates. (Chapman and Hall, New York).

Karr, J.R. (1981). Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6, 21-27.

Koch, RW, Guelda, DL, Bukaveckas PA. 2004. Phytoplankton growth in the Ohio, Cumberland and Tennessee Rivers, USA: inter-site differences in light and nutrient limitation. *Aquatic Ecology* 38: 17-26. DOI:10.1023/B:AECO.0000021082.42784.03

Komárek J, Anagnostidis K. 1999. Cyanoprokaryota. 1. Chroococcales. In Süßwasserflora von Mitteleuropa, Vol. 19, Ettl A, Gaetner G, Heynig, H, Mollenhauer D (eds). Gustav Fischer: Stuttgart, Germany.

Lamparelli, M. C. 2004. *Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento*. São Paulo - Tese (Doutorado). Instituto de Biociências - USP. 238p.

Lindegaard, C. The faunas response on human impacts in running waters with special reference to lowland conditions. In: Toman, M.J. & Steinman, F. Biological assessment of streams water quality. Ljubljana: University of Ljubljana, p. 1-143. 1995.

Lund, J.W.G., Kipling, C. & LeCren, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. *Hydrobiologia*, 11: 143-170.

Magurran, A.E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton: Princeton University Press, 125p.

Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. *Trans. Connect. Acad. Arts. Sci.*, 44, 211-235.

Margalef, R. 1983. *Limnologia*. Ediciones Omega.

Margalef, R. 1983. *Limnologia*. Omega. 1010p.

Mccafferty, W. P. (1981). *Aquatic Entomology; the fishermen's and ecologist's. Illustrated guide to insects and their relatives*. Jones & Bartlett Publ., Inc. Boston, 448p.

McClain, M.E. & Naiman, R.J., 2008. Andean Influences on the Biogeochemistry and Ecology of the Amazon River. *BioScience*, v. 58, nº 4, p. 325-338.

Meffe, G.K., L.A. Nielsen, R.L. Knight, and D.A. Schenborn. 2002. Ecosystem management: adaptive, community-based conservation. Washington, D.C., U.S.A: Island Press.

Merritt, R. W. & Cummins, K. W. (1996). An introduction to aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publ. Co. 826p.

Muller, A. C.(1995). Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo.

Mussara ML, Monteiro Jr AJ, Beyruth Z, Sendacz S, Novelli JL, Viana NC. 1998. Limnological characterization of lentic and lotic habitats of the Upper Paraná River system prior to the inundation of Porto Primavera Reservoir. *Verhandlungen des Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 26: 1072-1079.

Nabout JC, Nogueira IDS, de Oliveira LG, 2007 Phytoplankton diversity (alpha, beta, and gamma) from the Araguaia River tropical floodplain lakes (central Brazil) *Hydrobiologia* 575: 455

Payne, A.L. 1986. The ecology of tropical lakes and rivers. New York, John Wiley & Sons. 301p.

Pérez, G.R. (1988). Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia, Colômbia, Bogotá. Colômbia: Editorial Presencia Ltda., 1988. 217p.

Petrucio MM, Barbosa FAR, Thomaz SM. 2005. Bacteria and phytoplankton production rates in eight river stretches of the Middle Rio Doce Hydrographic Basin (Southeast Brazil) *Brz Arch Biol.Techn.*: 48: 487-496

Petts, G.E. (1984). Inpounded rivers: perspectives for ecological management. New York: John Wiley & Sons, 326p.

Pielou, E. C.1966. Species diversity and pattern- diversity in the study of ecological sucesion. *Journal of Theoretical Biology*, v. 10: 370- 383.

Queiroz, J.F.; Trivinho-Strixino, S. & Nascimento, V.M.C. (2000). Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da bacia do médio São Francisco. Jaguariúna: Embrapa Meio ambiente, 4p.

Reynolds CS, Descy J-P, Padisák J. 1994. Are phytoplankton dynamic in rivers so different from those in shallow lakes? *Hydrobiologie* 285: 1-7.

Reynolds CS, Descy J-P. 1996. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. *Archiv für Hydrobiologie* 113: 161-187.

Reynolds CS. 1995. River plankton: the paradigm regained. In *The Ecology Basis for River Management*; Harper D, Ferguson AJD (eds). Wiley: Chichester; 161-174.

Reynolds, C.S. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge, Cambridge Univ. Press. 535 p.

Richter, C.A. & Netto, J.M.A., 2000. *Tratamento de água: Tecnologia atualizada*. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1991. 332p. In: Macêdo, J.A.B. *Águas & Águas*. Juiz de Fora: Ortofarma. 505 p.

Rojo C, Colbelas MA, Arauzo M. 1994. An elementary structure analysis of the river phytoplankton. *Hydrobiologia*: 285, 43-55.

Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic invertebrates*. (Chapman and Hall, Ney York).

Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. *The diatoms. Biology and morphology of genera*. Cambridge University Press, Cambridge.

Sendacz S, Caleffi S, Santos-Soares J. 2006. Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the state of São Paulo, Brazil. *Braz. J. Biol.*, 66:337-350.

Shannon C.E. & Weaver, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, Chicago, IL, 173p.

Simone, L.R.L. (2006). *Land and freshwater Molluscs of Brazil*. EGB, Fapesp. São Paulo. 390pp.

Soares MCS, Huszar VLM, Roland F 2007. Phytoplankton dynamics in two tropical rivers with different degrees of human impact (southeast Brazil) *Source: River Research and Applications* 23: 698-714

Train and Rodriguez, 1998), Uhelinger, V. 1964. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. *Archives des Sciences*, 17: 121-123.

Trivinho-Strixino, S & G. Strixino (1995). Larvas de Chironomidae do Estado de São Paulo. Guia de identificação e diagnose dos gêneros. São Carlos: PPG-ERN/UFSCar, 229p.

Tundisi, J.G.; Matsumura-Tundisi, T. & Rocha, O., 1999. Ecossistemas de águas interiores. In: Rebouças, A.C.; Braga, B. & Tundisi, J.G. *Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras. 153-194 pp.

Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkomnung der quantitativen phytoplankton metodik. Mitteilung Int. Verein Theoretical Angew. Limnology, 9: 1-38.

WARD, J.V. 1992. Aquatic Insect Ecology. Wiley & Sons. Inc., New York.

Wetzel, R.G., 2001. *Limnology: Lake and river ecosystems*. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2001. 1.006 p

Wetzel, R.G.; Likens, G.E. *Limnological analyses*. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 2001. 391 p.

Zalewski, M.; Puchalski, W.; Frankiewicz, P. & Bis, B. (1994). Riparian ecotones and fish communities in rivers - Intermediate complexity hypothesis. In: COWX, I.G. (Ed.), *Rehabilitation of freshwater fisheries*. Great Britain: Fishing News Books. p.152-160.

ANEXOS

**ANEXO 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO
LIMNOLÓGICO**

ANEXO 2 - LAUDOS DAS ANÁLISES ABIÓTICAS

ANEXO 3 - LAUDOS DAS ANÁLISES BIOLÓGICAS

ANEXO 4 - PRANCHAS DOS ORGANISMOS FITOPLANCTÔNICOS

ANEXO 5 - PRANCHAS DOS ORGANISMOS ZOOPLANCTÔNICOS