

ÍNDICE

5 - Resultados	1/155
5.1 - Abióticos	1/155
5.1.1 - Físicas A e B	2/155
5.1.1.1 - Temperatura do ar e da água.....	2/155
5.1.1.2 - Profundidade, transparência, cor e velocidade de corrente	9/155
5.1.2 - Físicas C.....	17/155
5.1.2.1 - Turbidez	17/155
5.1.2.2 - Sólidos em suspensão, Sólidos totais dissolvidos, Sólidos totais, Sólidos fixos, Sólidos voláteis	24/155
5.1.3 - Físico-químicas.....	33/155
5.1.3.1 - Condutividade elétrica	33/155
5.1.3.2 - Potencial hidrogeniônico (pH)	41/155
5.1.4 - Químicas I-A	47/155
5.1.4.1 - Oxigênio - concentração.....	47/155
5.1.4.2 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅)	55/155
5.1.4.3 - Demanda química de oxigênio (DQO).....	57/155
5.1.4.4 - Carbono inorgânico, Carbono orgânico total, Carbono total, Carbono orgânico refratário e Carbono orgânico dissolvido	59/155
5.1.5 - Química II	67/155
5.1.5.1 - Sistema tampão (alcalinidade, dureza e dureza devido ao cálcio e magnésio).....	67/155
5.1.6 - Químicas III	75/155
5.1.6.1 - Íons principais (Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻)	75/155

5.1.7 -	Químicas IV	87/155
5.1.7.1 -	Conteúdo nutricional: Nitrogênio (Nitrogênio amoniacal, Nitrito, Nitrato, Nitrogênio inorgânico dissolvido, Nitrogênio orgânico dissolvido, Nitrogênio total dissolvido, Nitrogênio orgânico total e Nitrogênio particulado, Nitrogênio total)	87/155
5.1.7.2 -	Conteúdo nutricional: Fósforo (Ortofosfato, Fósforo total dissolvido, Fósforo total, Fósforo orgânico dissolvido, Fósforo orgânico total e Fósforo particulado).....	106/155
5.1.7.3 -	Conteúdo nutricional: Silicatos reativos	117/155
5.1.8 -	Químicas V.....	119/155
5.1.8.1 -	Óleos e graxas	119/155
5.1.8.2 -	Ferro	119/155
5.1.9 -	Químicas VI	123/155
5.1.9.1 -	Elementos-traço	123/155
5.1.9.2 -	Biocidas	134/155
5.1.10 -	Biológicas	134/155
5.1.10.1 -	Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	134/155
5.1.10.2 -	Clorofila <i>a</i> e pigmentos totais	138/155
5.1.10.3 -	Fracionamento isotópico ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$)	143/155
5.1.10.4 -	Pontos de captação de água para abastecimento público: PCM e PCT	143/155
5.1.11 -	Índices.....	149/155
5.1.11.1 -	Índice de estado trófico (IET).....	149/155
5.1.11.2 -	Índice de qualidade da água (IQA)	151/155
5.1.11.3 -	Ordenação espacial das variáveis limnológicas.....	153/155

ANEXOS

Anexo 5.a - Laudos Abióticos da Coluna d'água (Digital)

5 - RESULTADOS

Os resultados das variáveis abióticas podem ser observados no **Anexo 5.a - Laudos Abióticos da Coluna d'água (Digital)**.

5.1 - ABIÓTICOS

O rio Madeira apresenta períodos hidrológicos muito bem definidos durante o ano, uma vez que são determinados por processos originados na região dos Andes (degelo) mais do que pela pluviosidade nas bacias de drenagem. A sazonalidade bem definida do regime hídrico monomodal possibilita o estabelecimento criterioso das datas dos trabalhos de campo, em função das variações no nível do rio, em quatro períodos hidrológicos distintos: vazante, águas baixas, enchente e águas altas. A campanha atual foi realizada no período de enchente (janeiro de 2013). A variação do nível da água ao longo do tempo e o período em que foi realizada a campanha de campo do Monitoramento Limnológico é mostrado na **Figura 5-1**.

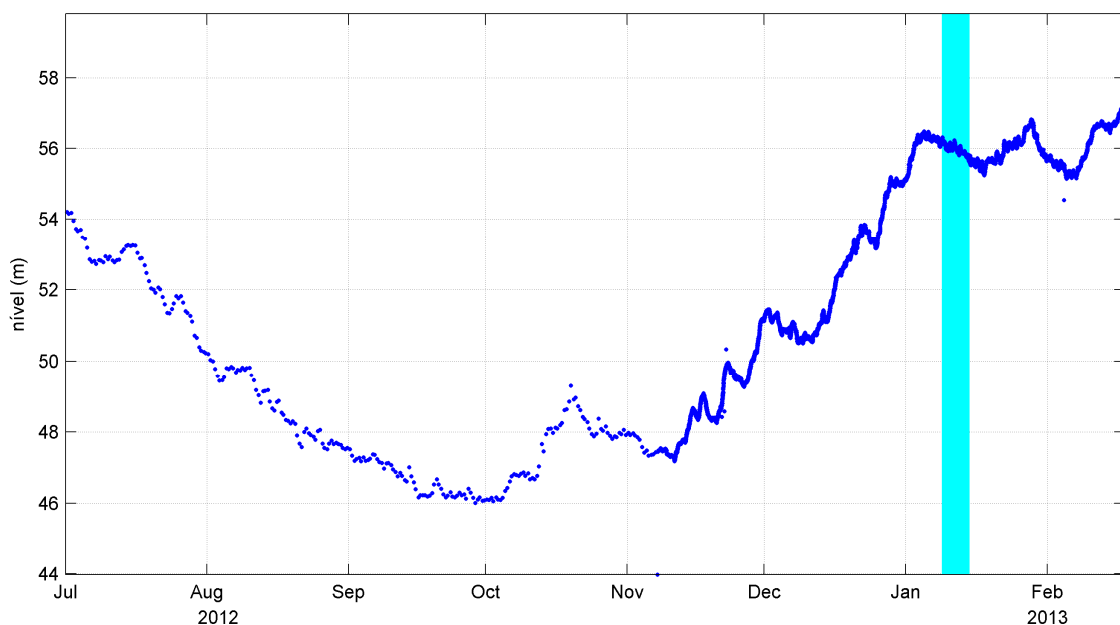


Figura 5-1 - Variação da cota no rio Madeira, medida na estação de Porto Velho-RO. A barra azul indica a campanha realizada em janeiro de 2013 (enchente).

5.1.1 - Físicas A e B

5.1.1.1 - Temperatura do ar e da água

No rio Madeira a temperatura média do ar foi de $27 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ (média \pm DP). A temperatura média da água foi de $27 \pm 0,07^{\circ}\text{C}$ (média \pm DP) (Figura 5-2). O rio Madeira apresentou considerável uniformidade térmica na coluna d' água na maioria das estações. Apenas as temperaturas nas estações MON.03 e MON.01 foram levemente mais frias (menos de meio grau de diferença) em em regiões mais profundas (Figura 5-3).

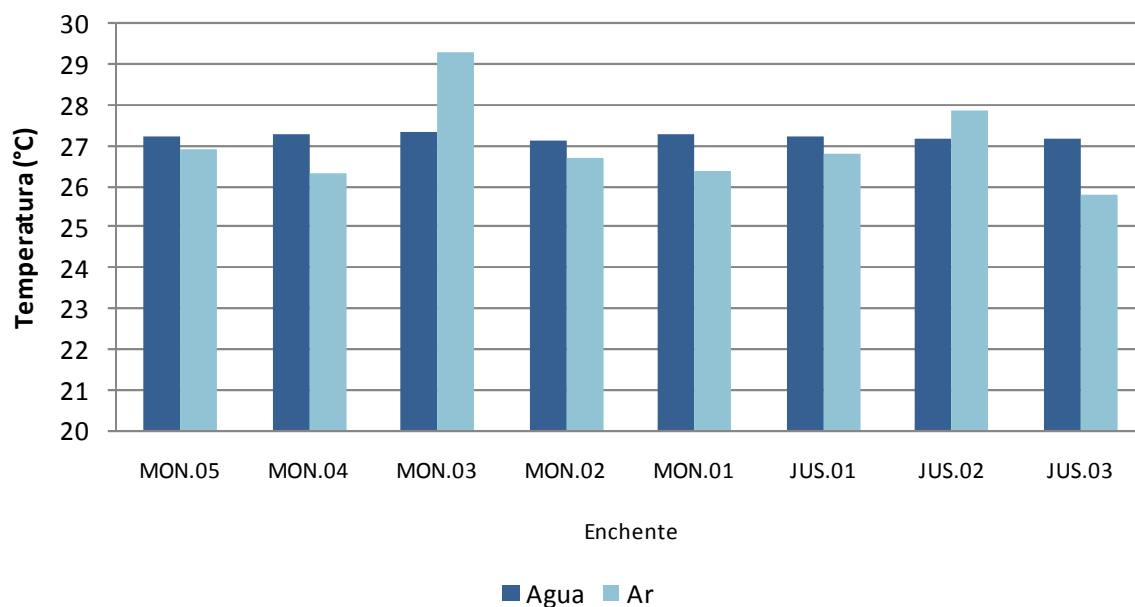


Figura 5-2 - Temperatura da água e do ar no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

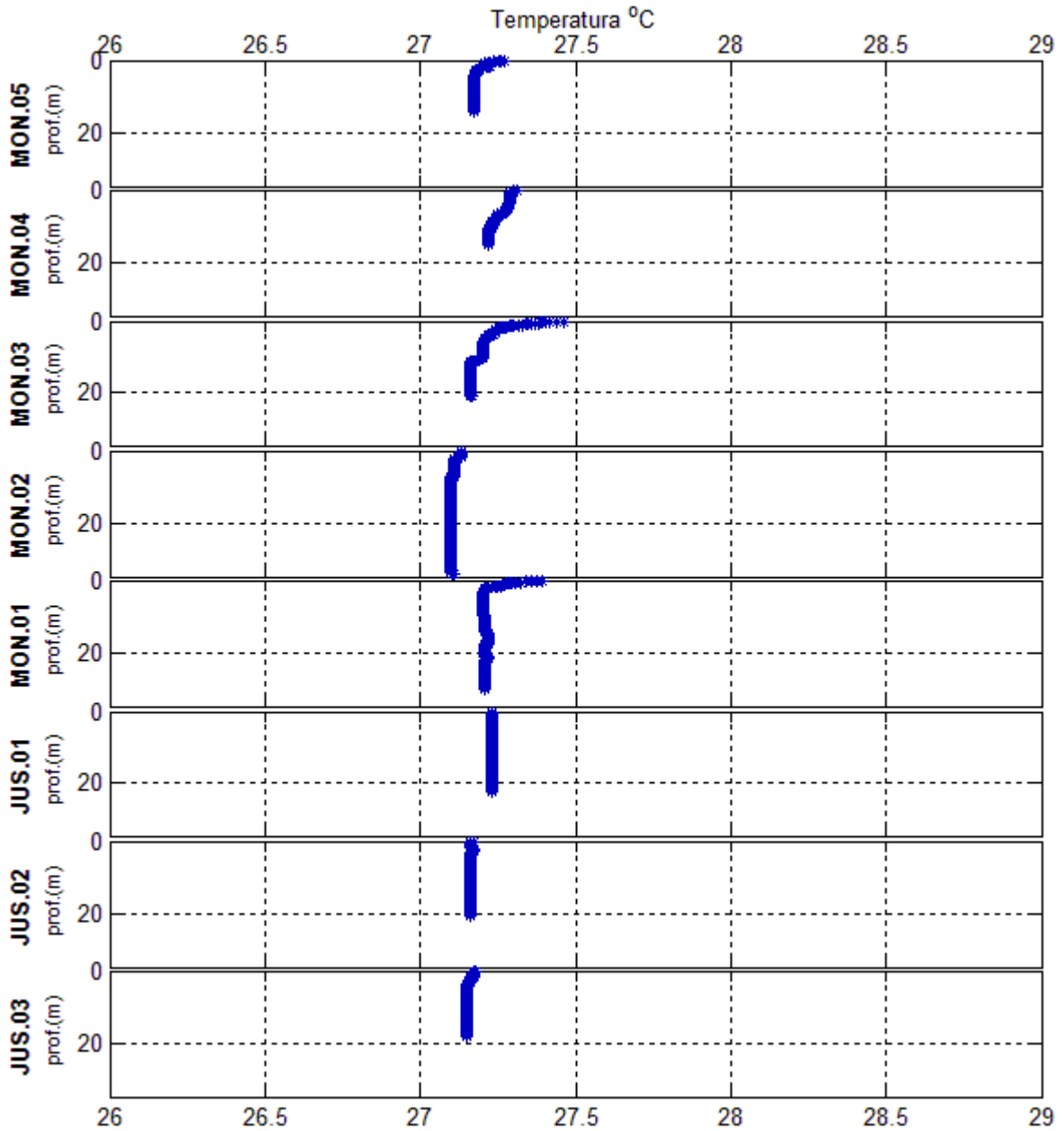


Figura 5-3 - Perfil de Temperatura da água no rio Madeira.

A temperatura média do ar nos tributários foi de $27 \pm 1,15^\circ\text{C}$ (média \pm DP). A temperatura da água variou entre $25,5^\circ\text{C}$ (CAR) a 30°C (CEA.01), com média de $27,7 \pm 1,2^\circ\text{C}$ (média \pm DP) (Figura 5-4) Os perfis térmicos indicaram que as estações JAC.01, TEO, TEO.01, JAT I, CEA e CEA.01, situadas a montante da barragem, apresentaram coluna d'água estratificada. Por outro lado, as demais estações apresentaram coluna d'água homogênea. As estações CAR e CRC apresentaram um decréscimo de temperatura em direção ao fundo. O rio Jaci-Paraná (JAC.02 e JAC.03), em geral, foram os únicos tributários a montante que mantiveram uniformidade térmica da coluna d'água após o represamento (Figura 5-5).

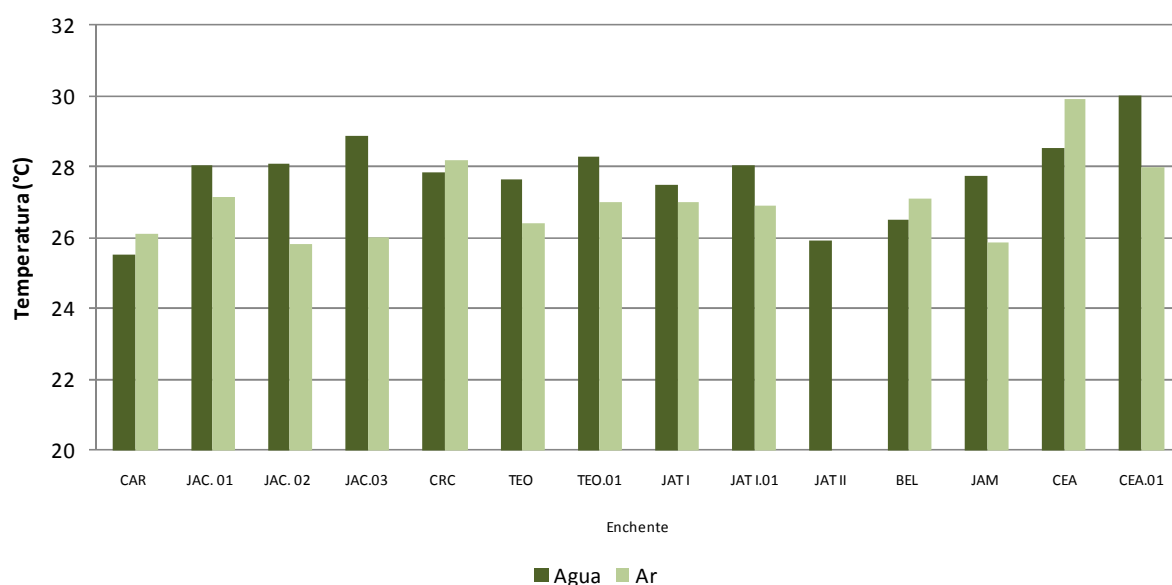
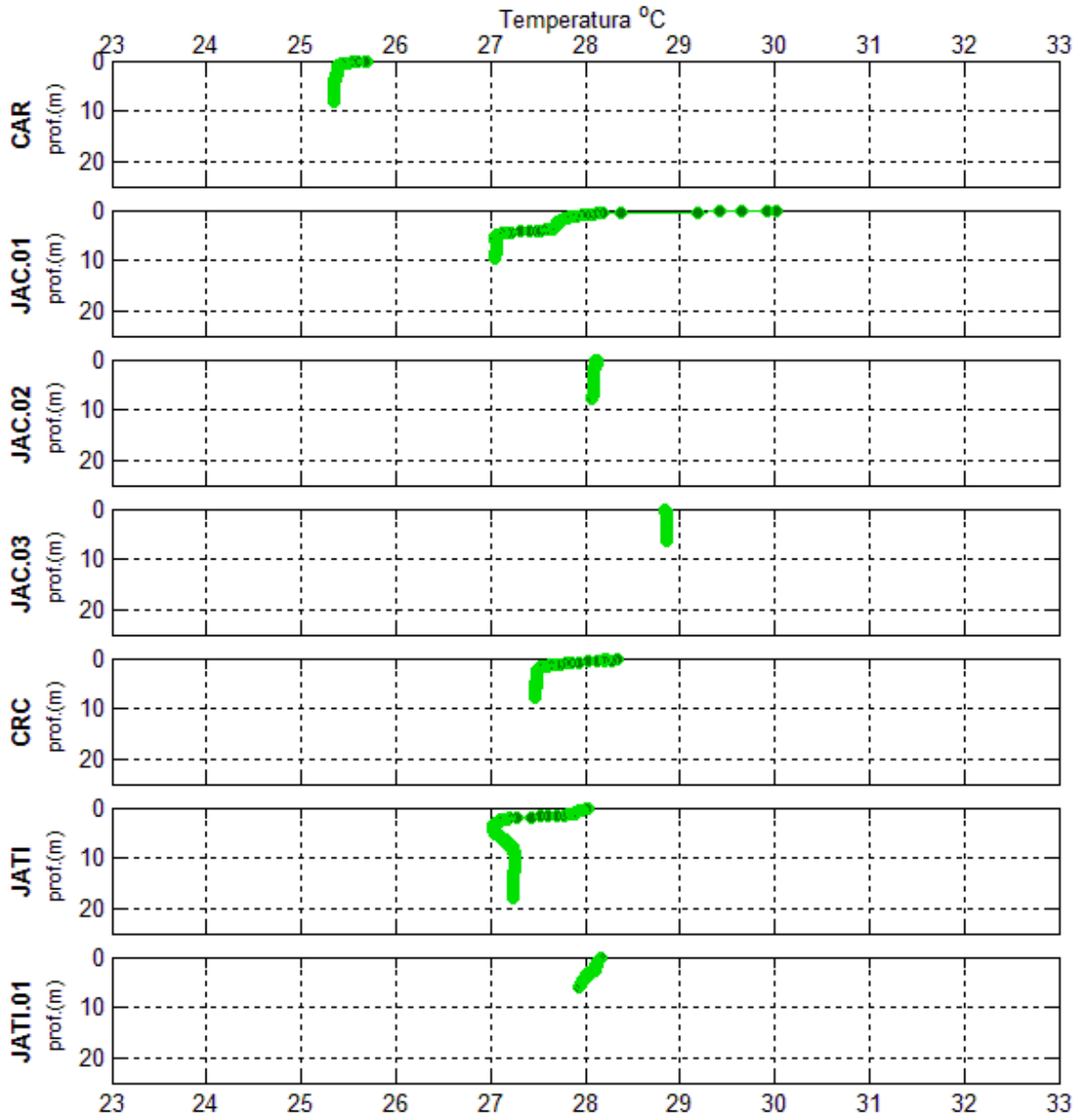


Figura 5-4 - Temperatura da água e do ar nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).



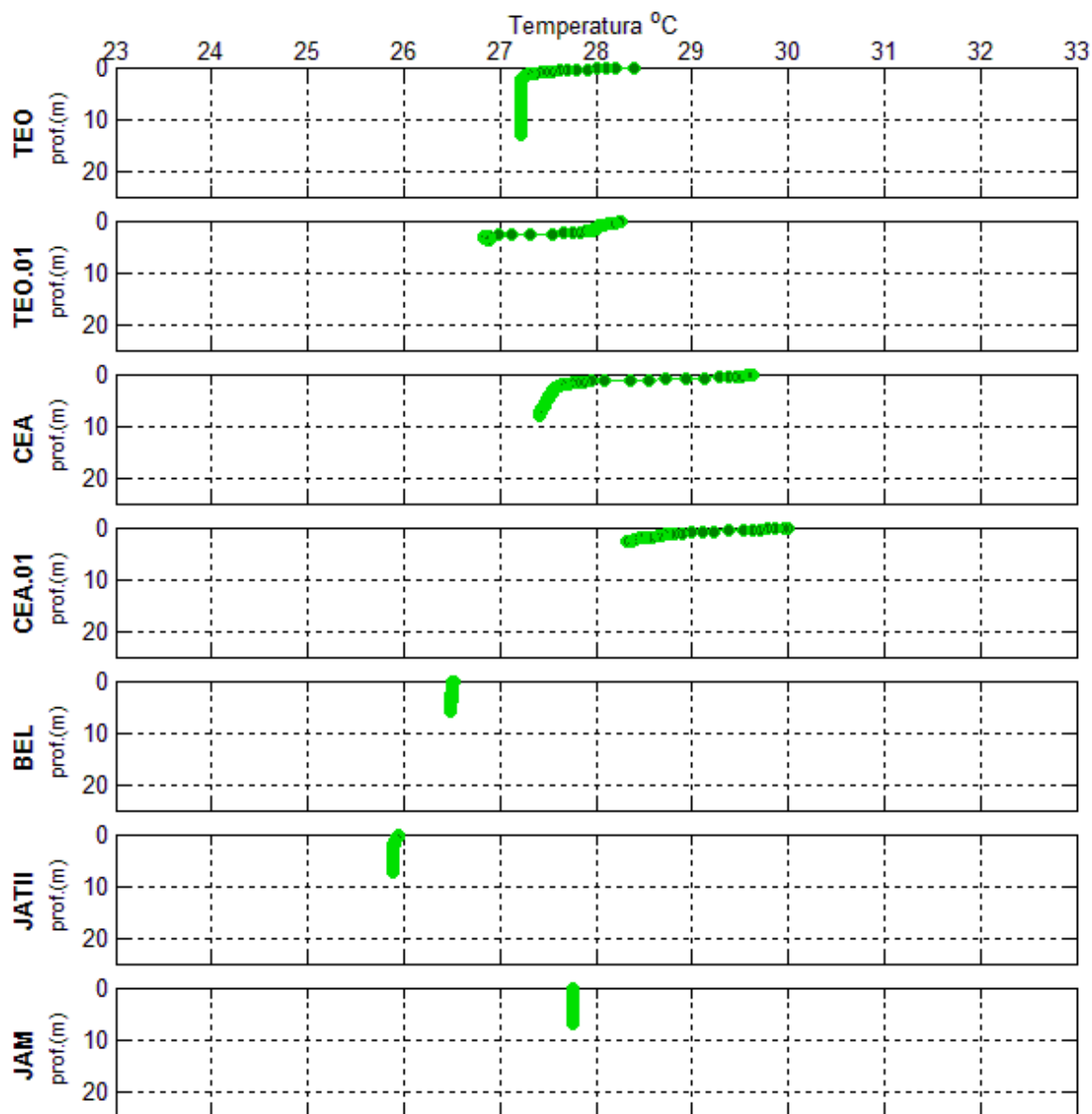


Figura 5-5 - Perfil de Temperatura da água nos tributários.

Nos lagos e canais, a temperatura média do ar foi de $25,5 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$ (média \pm DP). A temperatura da água variou entre $26,4^{\circ}\text{C}$ (LC.01) a $28,9^{\circ}\text{C}$ (CUJ), tendo uma média de $27,3 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$ (média \pm DP) (Figura 5-6). Os perfis térmicos evidenciaram fortes estratificações na maior parte dos ambientes, com exceção de CC.01 e LC.03, que estão localizadas na entrada do canal do Cuniã e na margem desse lago, respectivamente (Figura 5-7).

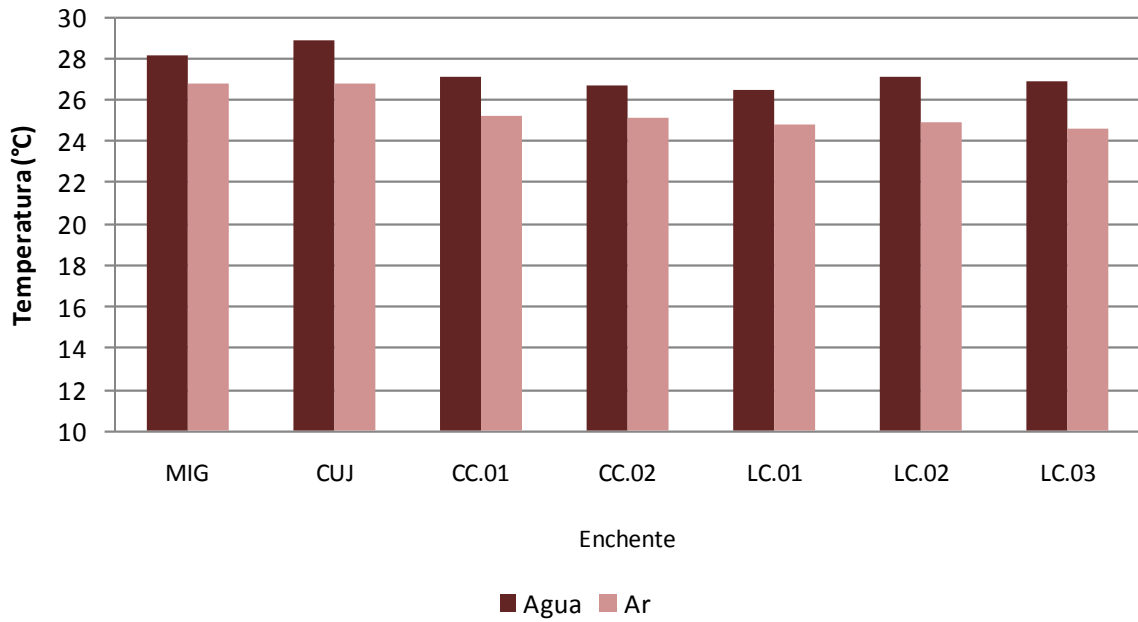


Figura 5-6 - Temperatura da água e do ar nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

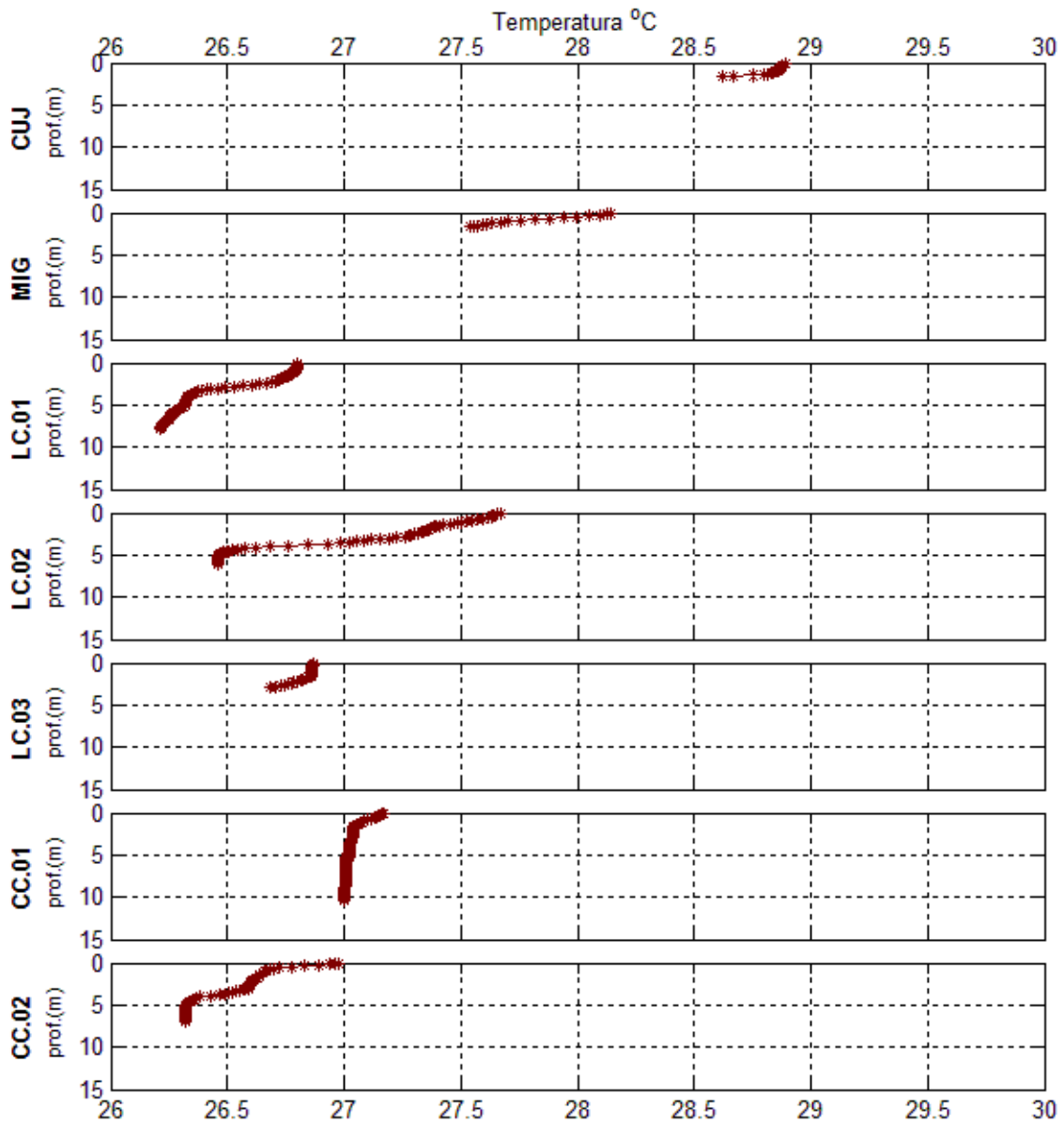


Figura 5-7 - Perfil de Temperatura da água nos lagos e canais.

5.1.1.2 - Profundidade, transparência, cor e velocidade de corrente

No rio Madeira a profundidade média foi de $25,1 \pm 6,2$ m (média \pm DP), variando entre 18 m (JUS.03) e 35 m (MON.02). Os valores encontrados no presente estudo são superiores aos registrados nos mesmos períodos (enchente) do Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas da UHE Santo Antônio no rio Madeira entre janeiro de 2009 e agosto de 2011 ($19 \pm 5,1$ m, média \pm DP) (Figura 5-8). O aumento da profundidade a montante, observado principalmente na estação MON.01 e MON.02, que se encontram imediatamente a montante da barragem, era esperado, uma vez que o nível da água do rio Madeira aumentou com a formação do reservatório.

Ao penetrar na coluna d'água, a radiação solar sofre profundas alterações na intensidade, na qualidade e na direção, que são influenciadas principalmente pela concentração de materiais dissolvidos e em suspensão na água (Esteves 2011). 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 de luz (Muntz, 1978).

A transparência média foi de $0,05 \pm 0,0$ m (média \pm DP), valor bem semelhante ao encontrado no EIA ($0,10 \pm 0,03$ m, média \pm DP) e ao valor médio das campanhas realizadas nos mesmos períodos (enchente) apresentadas no Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas da UHE Santo Antônio no rio Madeira (janeiro de 2009 a agosto de 2011) que relata média global de $0,05 \pm 0,02$ m (média \pm DP). O rio Madeira é turbido ao longo de todo o ano e, por isso, a transparência da água é sempre muito baixa (Figura 5-9).

A cor da água é determinada principalmente pelas substâncias que nela estão dissolvidas. O valor médio da cor no rio Madeira foi de 51 ± 15 mg Pt/L (média \pm DP), variando entre 33 mg Pt/L (MON.04 fundo) a 89 mg Pt/L (MON.03 superfície) (Figura 5-10). Foram registrados, em algumas estações, valores de cor superiores ao limite de 75 mg Pt/L preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água doce de Classe 2. Tal fato já fora observado em outras ocasiões, conforme resultados anteriores do Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas.

A velocidade de corrente média no corpo central do rio Madeira variou entre 5,4 km/h (MON.01) e 7,8 km/h (JUS.01) (Figura 5-11). A média global foi de $6,3 \pm 0,8$ km/h (média \pm DP). As estações MON.01 e MON.02 registraram os menores valores, uma vez que essas estações estão imediatamente a montante da barragem do reservatório.

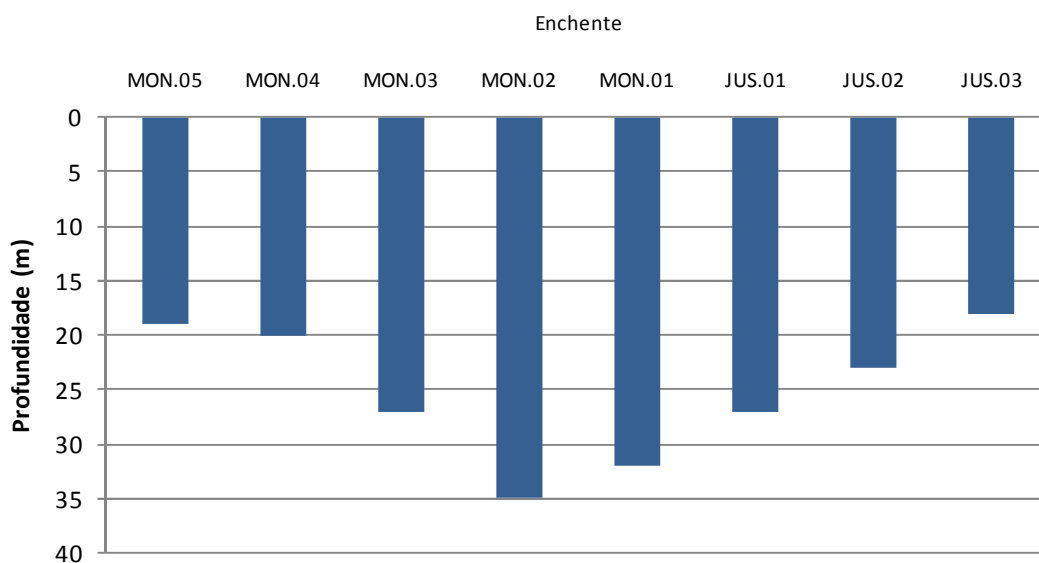


Figura 5-8 - Profundidade da coluna d'água no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

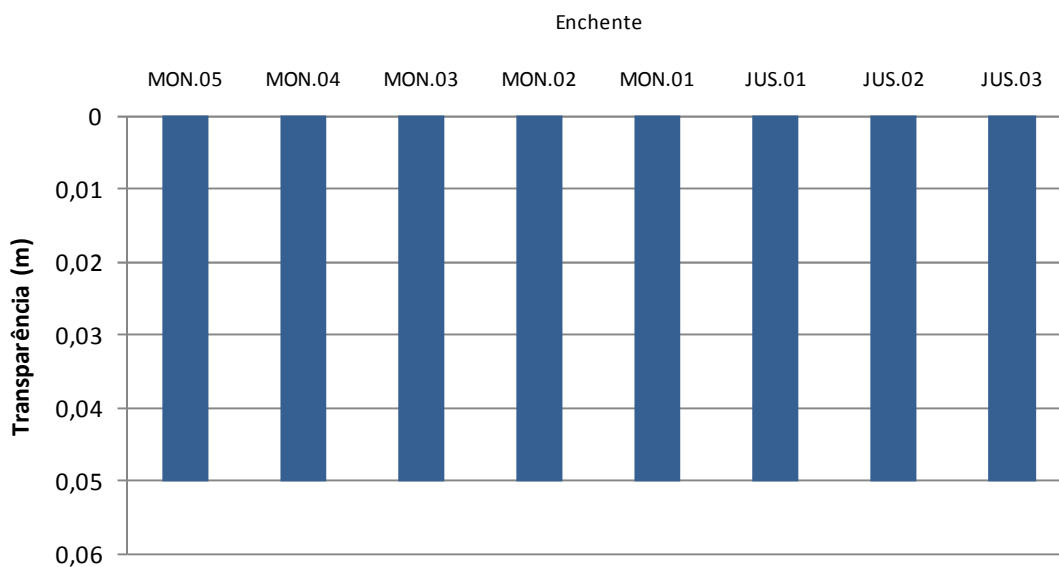


Figura 5-9 - Valores de transparência da água no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

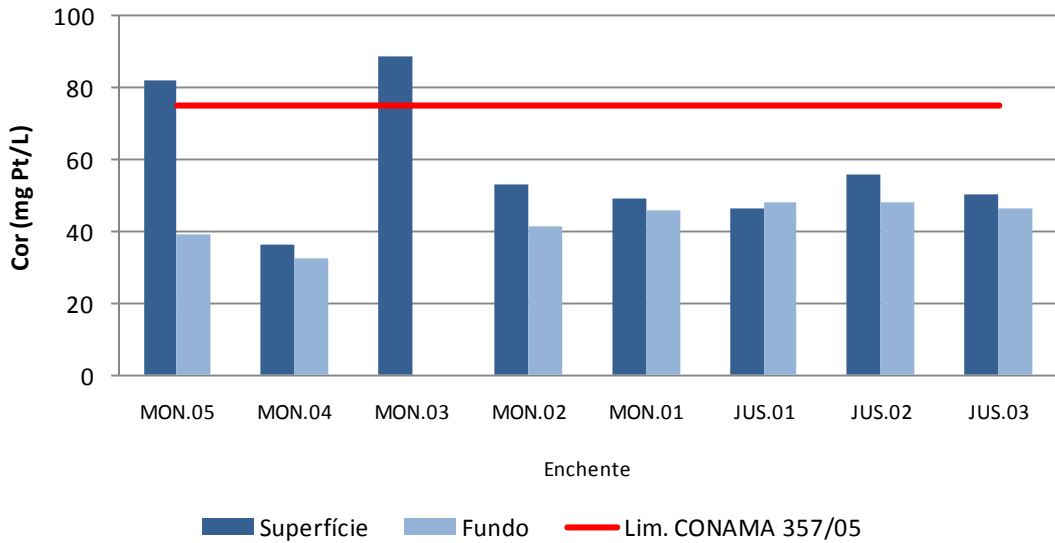


Figura 5-10 - Cor da água no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

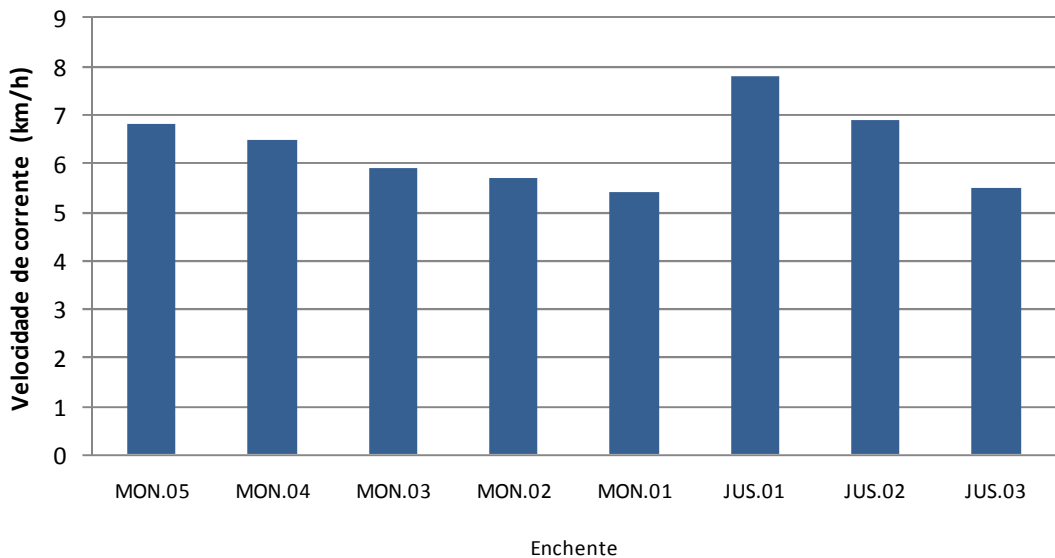


Figura 5-11 - Velocidade de corrente no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

A profundidade nos tributários variou entre 3,5 m (BEL) e 18 m (JAT I), com média de $7,9 \pm 3,6$ m (média \pm DP) (Figura 5-12). O enchimento do reservatório contribuiu para as maiores profundidades registradas, com as estações TEO e JAT I apresentando os maiores valores. Isso era esperado, uma vez que essas estações estão situadas em braços do reservatório.

Nos tributários, por se tratarem de ambientes diferentes e desconectados, a transparência da água variou bastante entre as estações, com transparência média de $0,45 \pm 0,36$ m (média \pm DP). O menor valor foi registrado nas estações CRC, CEA, CEA.01 e TEO (0,05 m) e o maior valor encontrado foi na estação CAR (1,4 m) (Figura 5-13).

O valor médio da cor da água foi 78 ± 92 mg Pt/L (média \pm DP), que variou entre 18,7 mg Pt/L (CAR) e 388 mg Pt/L (CEA.01). O alto valor encontrado na estação CEA.01 elevou o desvio padrão global do período de coleta. Apenas as estações BEL, CEA e CEA.01 não atenderam ao limite de 75 mg Pt/L preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2 (Figura 5-14).

A velocidade de corrente média nos tributários variou entre 0,5 km/h (CAR) e 2,3 km/h (JAC.02) (Figura 5-15). A média global foi de $1,4 \pm 0,8$ km/h (média \pm DP). As estações TEO, TEO.01, JAT I, JAT I.01 e BEL situadas nos igarapés Teotônio, Jatuarana I e Belmont, respectivamente, que atualmente são braços do reservatório, não registraram velocidade de corrente.

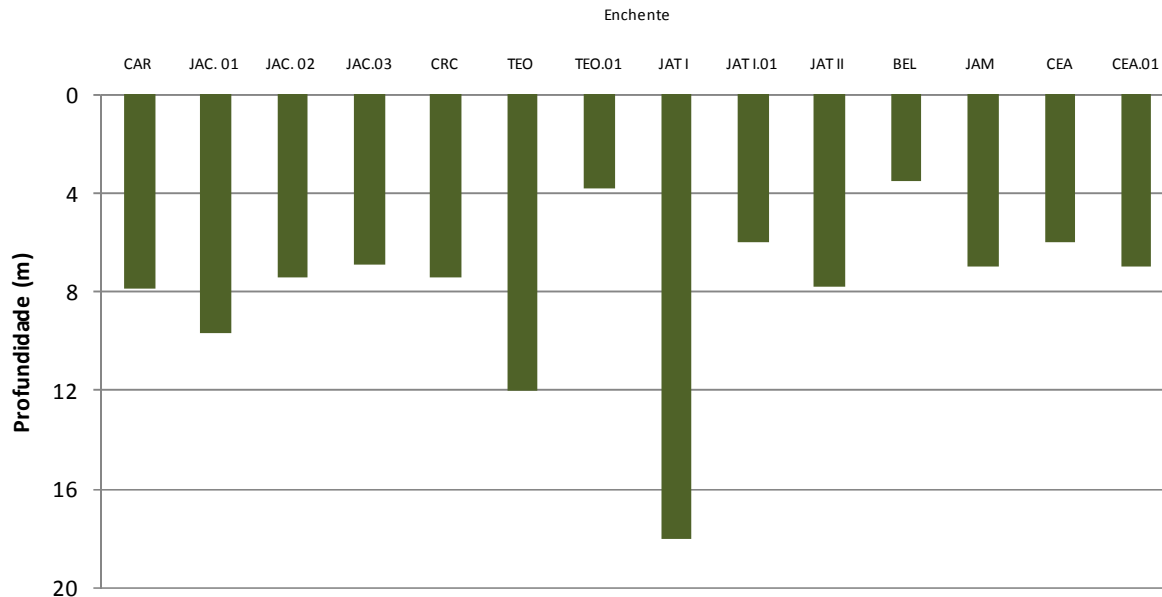


Figura 5-12 - Profundidade da coluna d'água nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

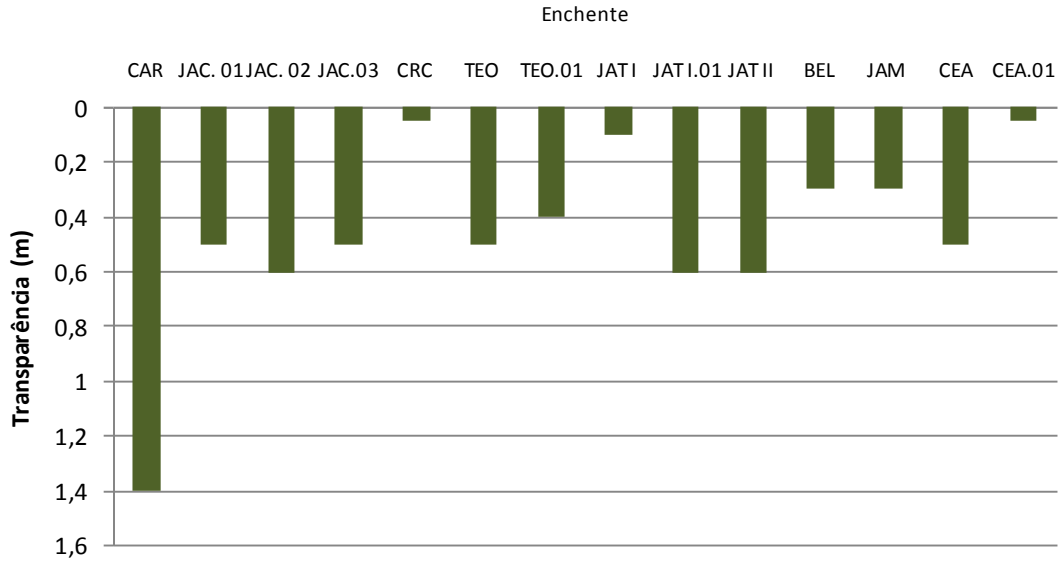


Figura 5-13 - Valores de transparência da água nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

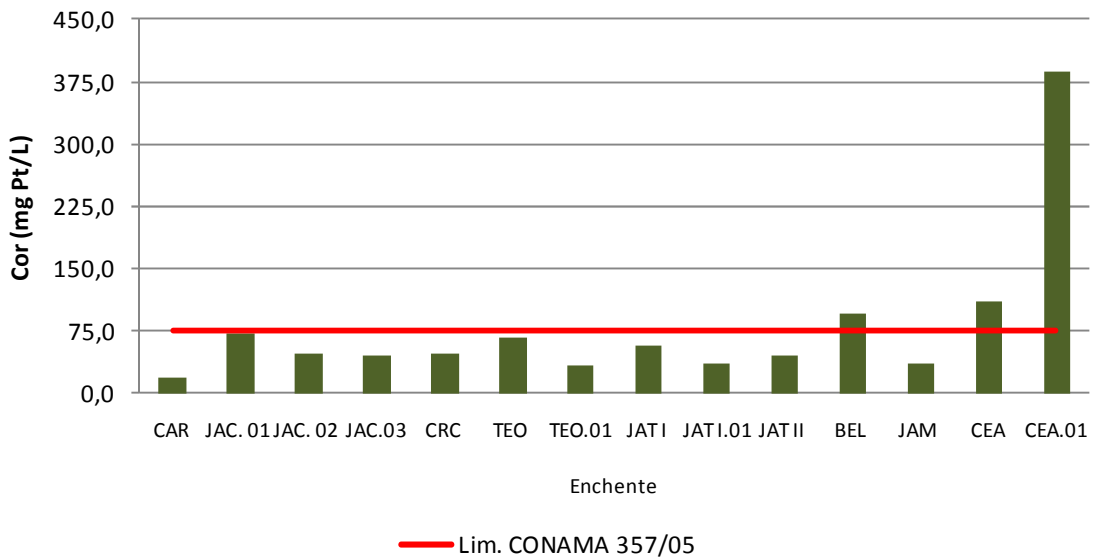


Figura 5-14 - Cor da água nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

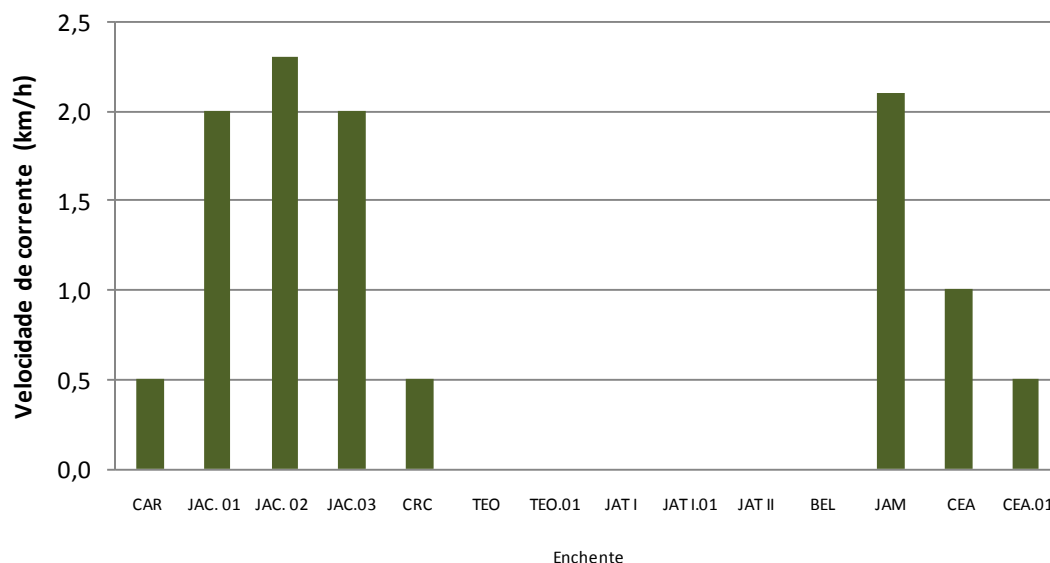


Figura 5-15 - Velocidade de corrente nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais a profundidade observada variou entre 1,9 m (MIG) e 10,2 m (CC.02), de forma que o valor médio foi $6,1 \pm 3,2$ m (média \pm DP) (Figura 5-16). Todos os lagos e canais estão situados cerca de 30 a 130 km a jusante do reservatório da UHE Santo Antônio e, como o fluxo de água não foi alterado a jusante, não há grande efeito da usina nesses ambientes.

O valor médio da transparência dos lagos e canais foi $0,5 \pm 0,4$ m (média \pm DP), variando entre 0,05 m (CC.01) e 1,4 m (LC.01) (Figura 5-17).

A cor da água dos lagos e canais teve uma média de 65 ± 21 mg Pt/L (média \pm DP), variando entre 4,3 mg Pt/L (CUJ) a 87 mg Pt/L (CC.01) (Figura 5-18). Todas as estações amostradas atenderam ao limite estabelecido de 75 mg Pt/L previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2, exceto a estação CC.01, que está situada no canal de acesso ao lago Cuniã, portanto sofre maior influência do pulso de inundação do rio Madeira, apresentando características semelhantes às do rio.

A velocidade de corrente nos lagos e canais apresentou concentrações abaixo do limite de detecção, pois tratam-se de ambientes lênticos, com exceção das estações CC.01 e CC.02 (Figura 5-19). As estações CC.01 e CC.02 estão situadas no canal de acesso ao lago Cuniã, e portanto sofrem maior influência do rio Madeira..

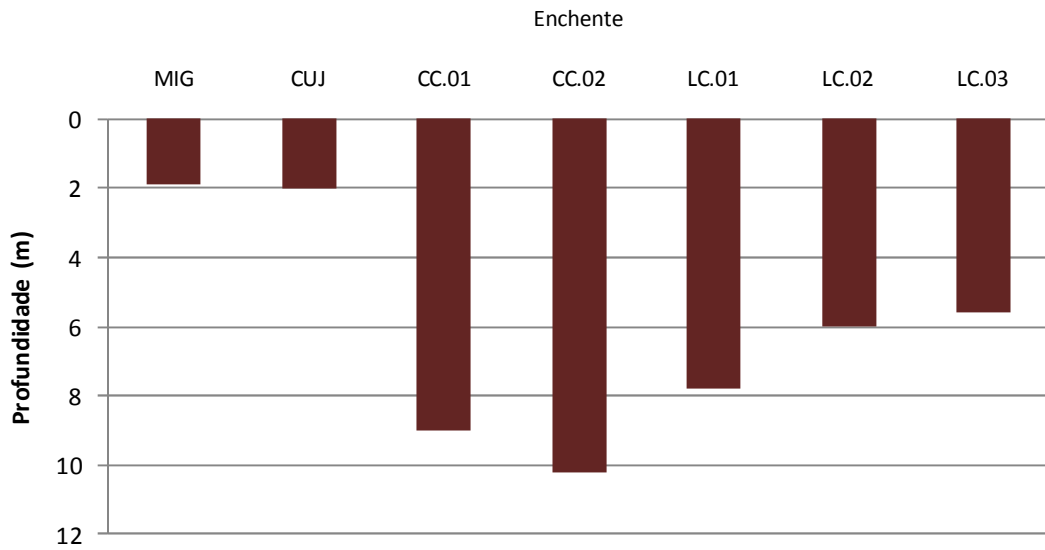


Figura 5-16 - Profundidade da coluna d'água nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

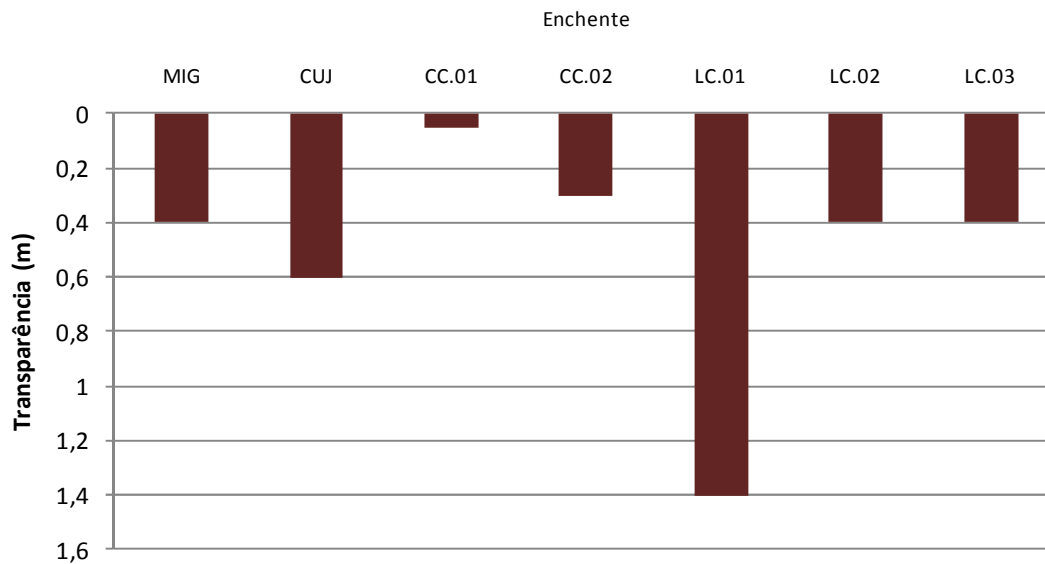


Figura 5-17 - Valores de transparência nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

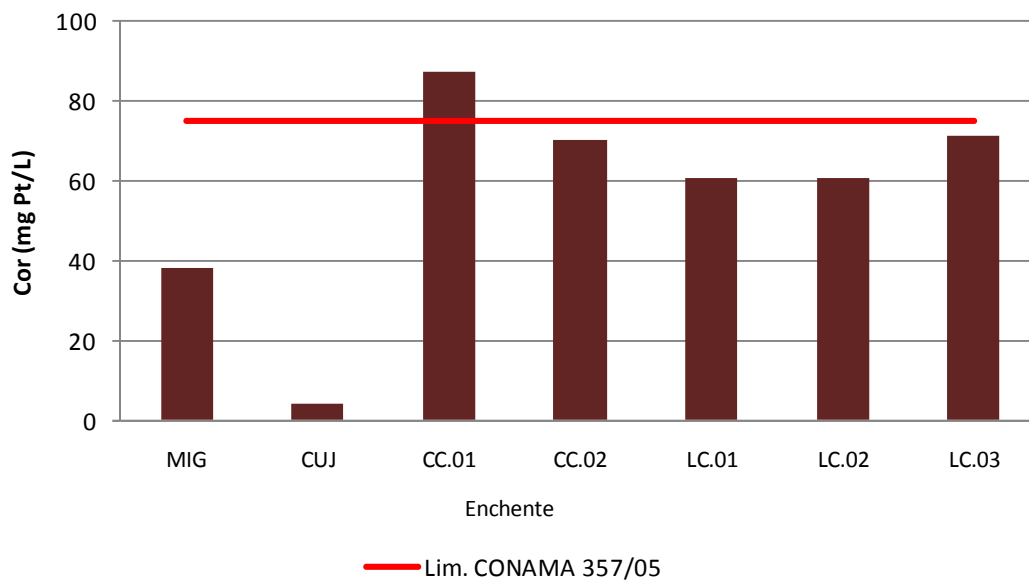


Figura 5-18 - Cor da água nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

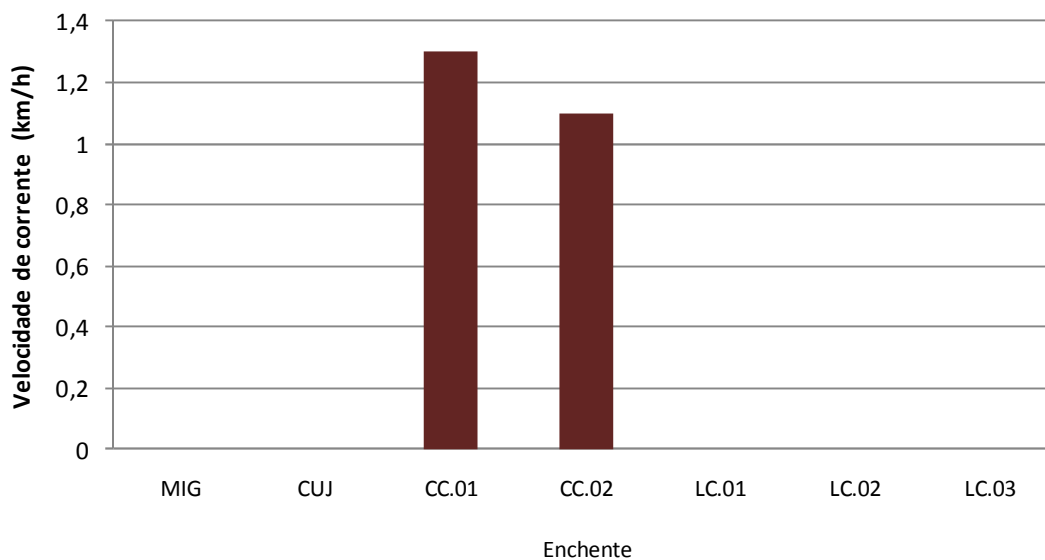


Figura 5-19 - Velocidade de corrente nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

5.1.2 - Físicas C

5.1.2.1 - Turbidez

No rio Madeira, a turbidez média foi de 686 ± 108 NTU (média \pm DP), variando entre 548 NTU (MON.01 superfície) e 890,6 NTU (MON.05 fundo) (Figura 5-19). A turbidez no rio Madeira é geralmente alta, atingindo seus maiores valores nos períodos de enchente e águas altas e os menores valores nos períodos de vazante e águas baixas. Os perfis de turbidez indicaram ausência de padrão definido e tendência de aumento dos valores em direção ao fundo em quase todas as estações (Figura 5-20). Os valores de turbidez no rio Madeira, levemente superiores no fundo, podem estar relacionados à características do período hidrológico mais que à formação do reservatório.

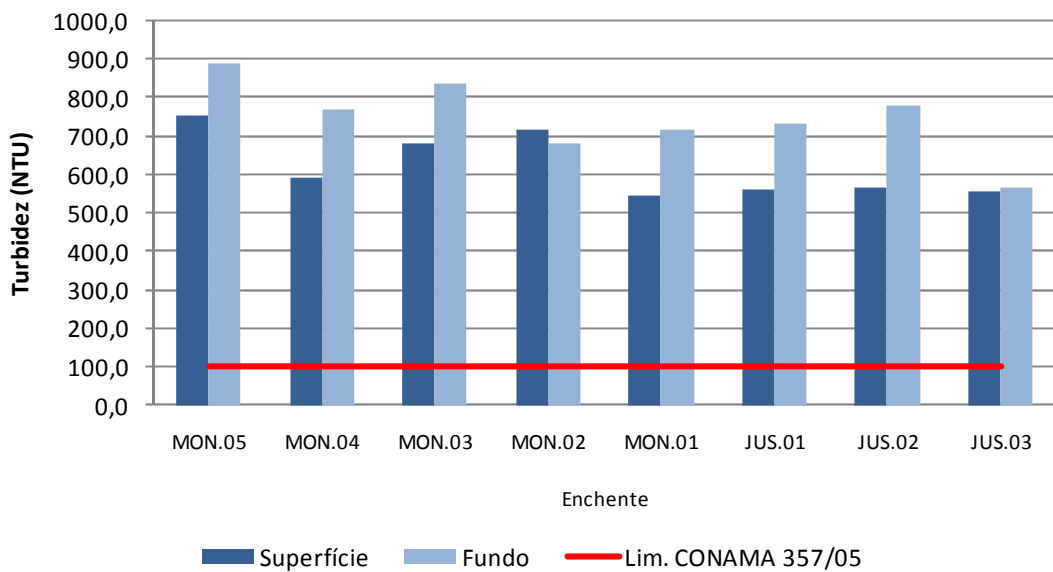


Figura 5-20 - Valores de turbidez no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

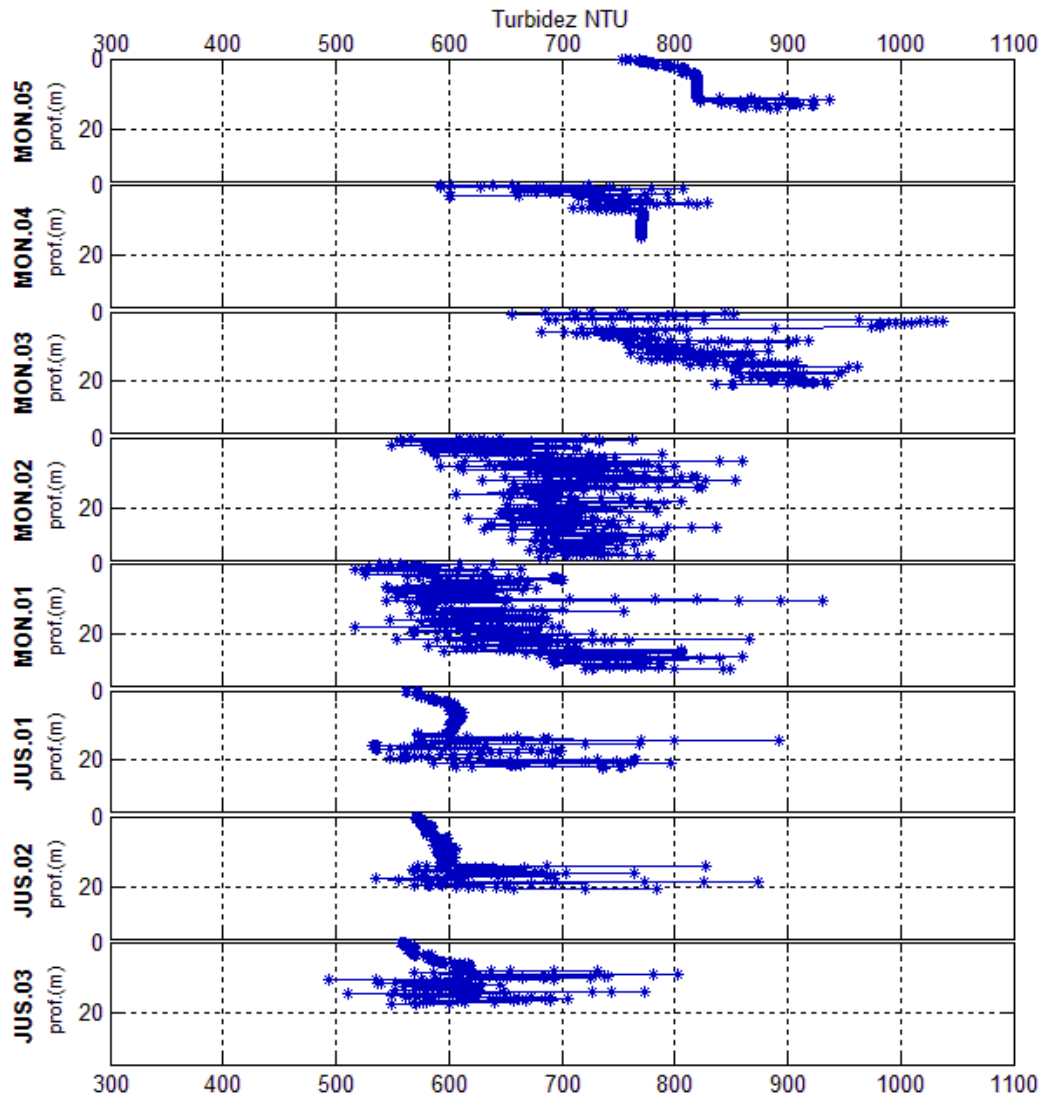


Figura 5-21 - Perfis de turbidez no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

A turbidez média nos tributários foi de 94 ± 114 NTU (média \pm DP). Houve grande variação espacial, com os valores oscilando entre 4,2 NTU (CAR fundo) e 567 NTU (TEO) (Figura 5-21). Os altos valores encontrados nas estações CRC, JAT.I, TEO e CEA, foram responsáveis por elevar a média dos tributários. A maior parte das estações apresentou baixos valores, visto que a mediana foi de 42 NTU. Essas estações que apresentam características da água semelhantes às do rio Madeira, estão situadas em braços do reservatório e boa parte da água que banha esses ambientes é oriunda do rio Madeira.

Os perfis de turbidez indicaram diferença entre superfície e fundo nas estações JAC.01, JAT I, JAT I.01, TEO, TEO.01 e CEA, que seguiram o mesmo padrão das estações do rio Madeira, com os valores de turbidez crescendo com a profundidade (Figura 5-22).

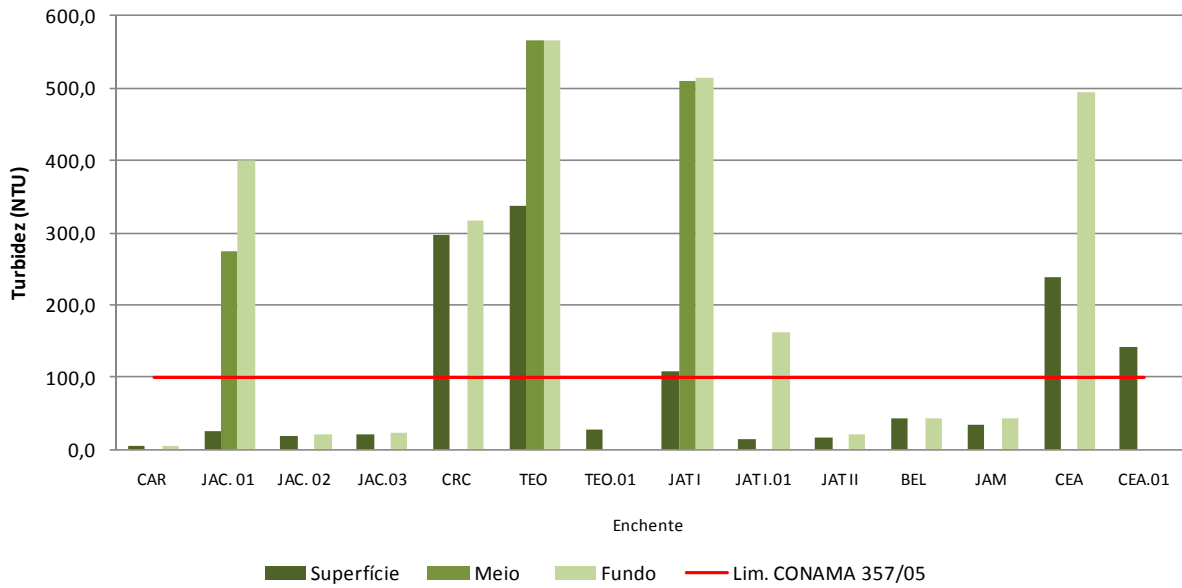
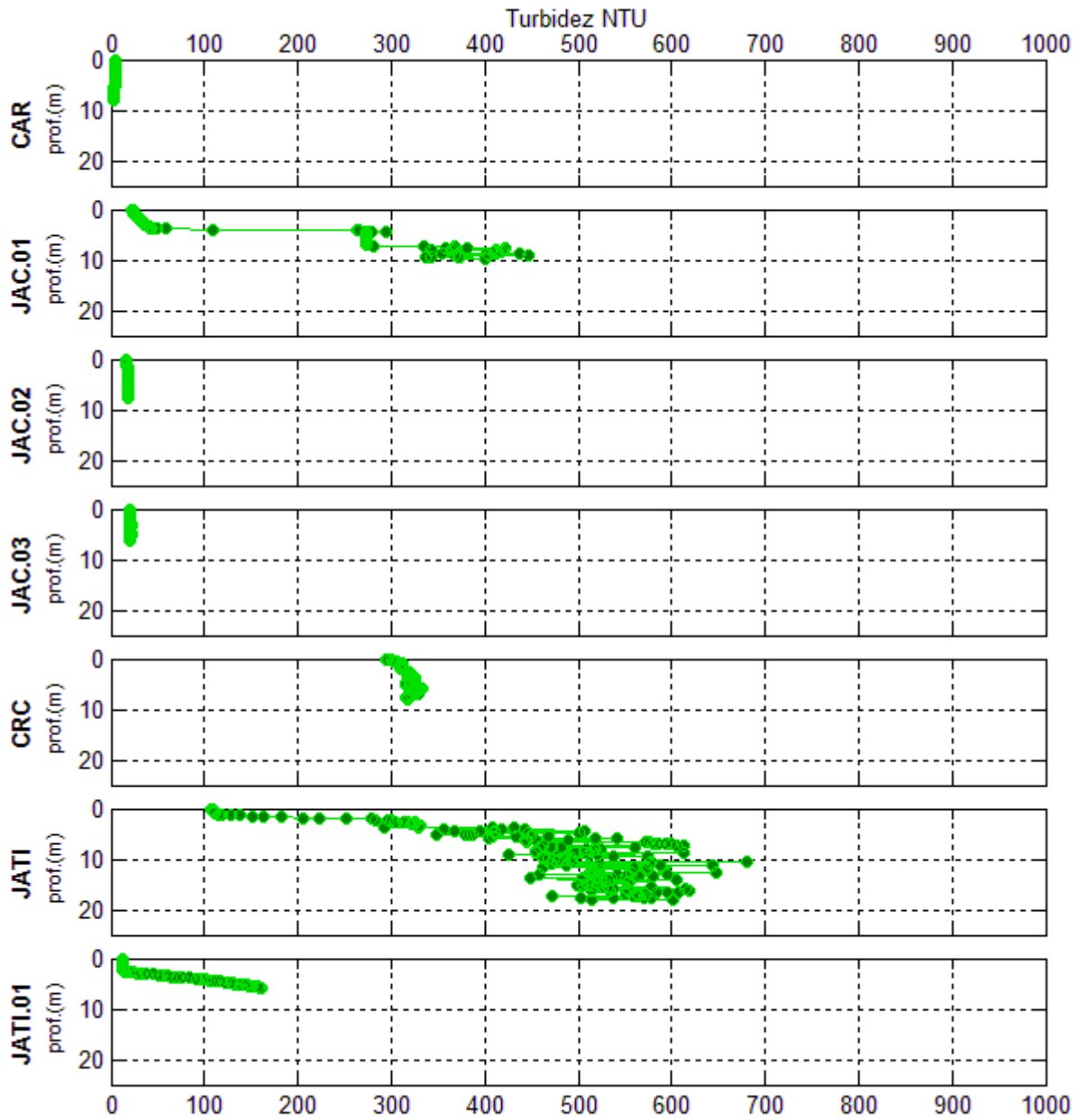


Figura 5-22 - Valores de turbidez nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).



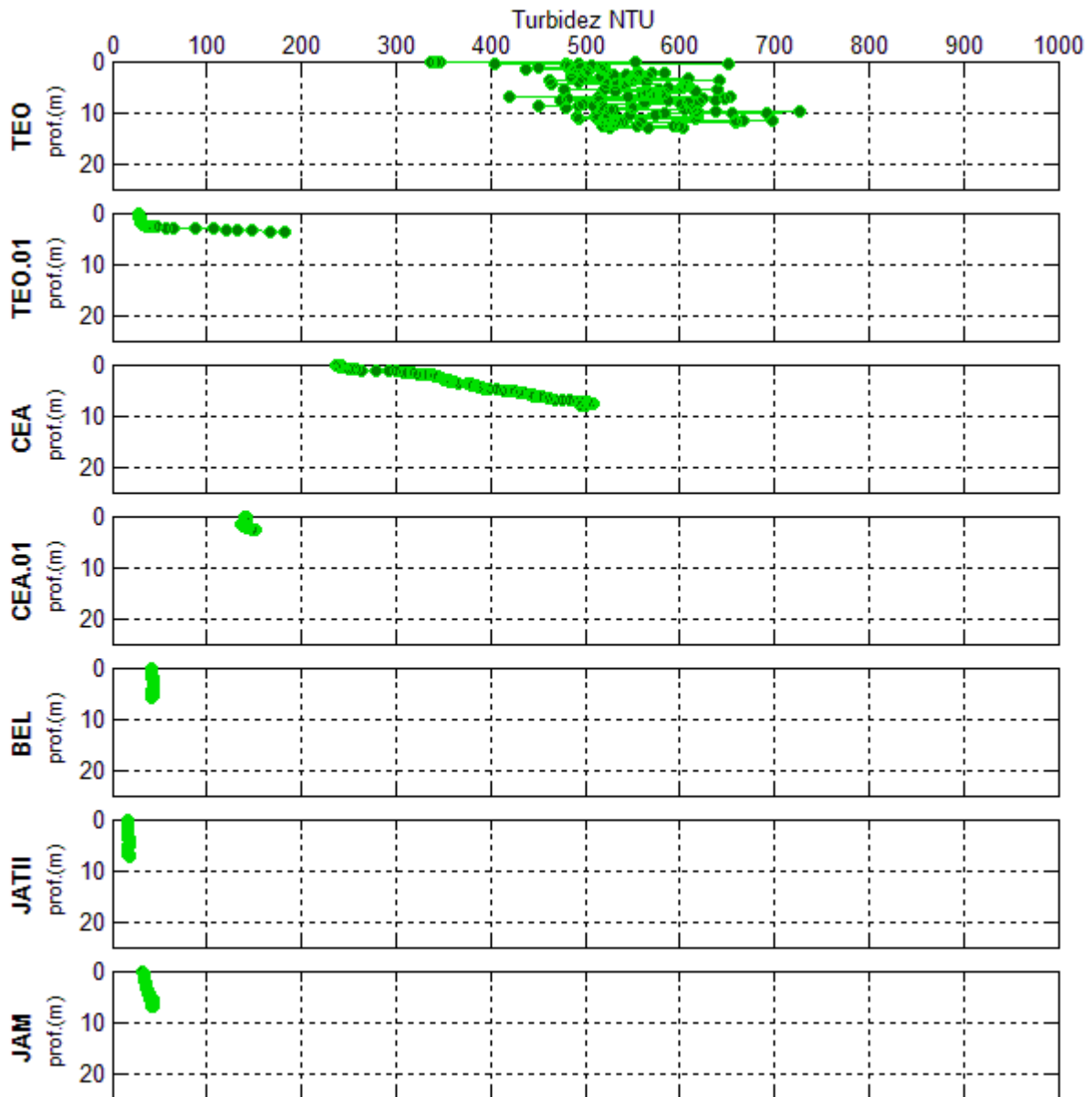


Figura 5-23 - Perfis de turbidez nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais, a turbidez variou entre 2,3 NTU (LC.01 fundo) e 282,8 NTU (CC.01 fundo), com média de 43 ± 80 NTU (média \pm DP) (Figura 5-23). O alto valor encontrado na estação CC.01 foi responsável por elevar a média da turbidez nos lagos e canais. A estação CC.01 está situada no canal de acesso ao lago Cuniã, portanto sofre maior influência do pulso de inundação do rio Madeira, apresentando características semelhantes às do rio.

Os perfis de turbidez indicaram que não houve grande diferença entre superfície e fundo na maioria das estações amostradas, com exceção da estação CC.01 que apresentou uma leve tendência de aumento dos valores de turbidez com o aumento da profundidade (Figura 5-24).

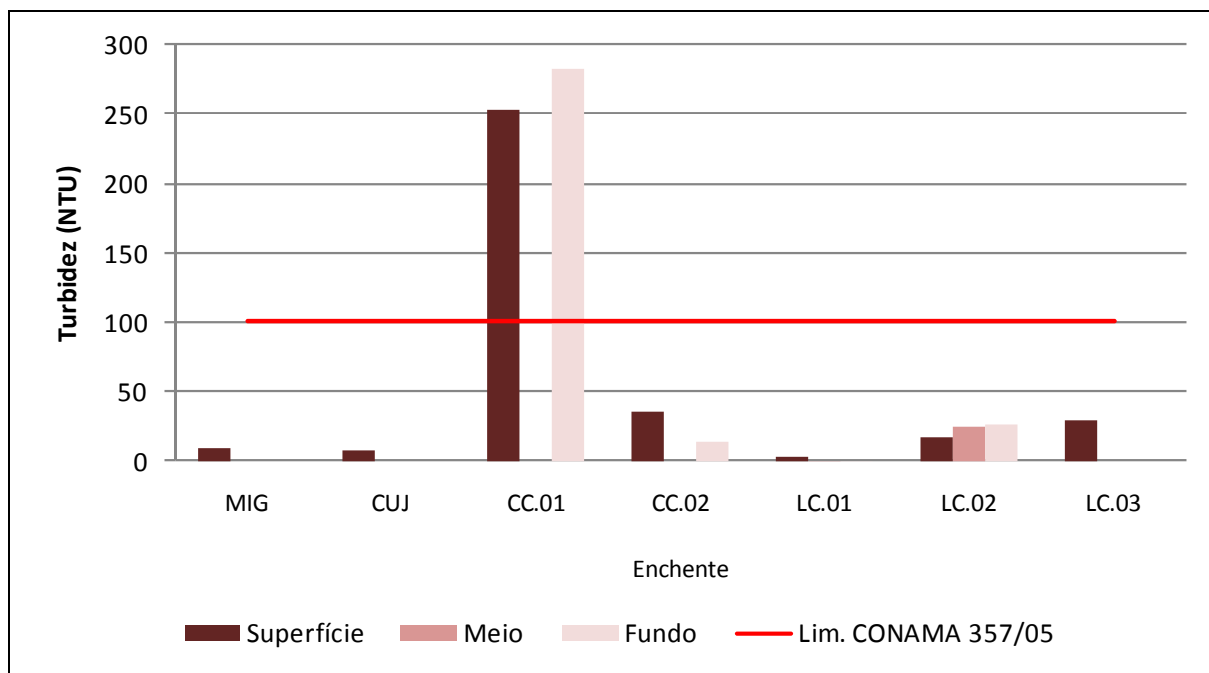


Figura 5-24 - Valores de turbidez nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

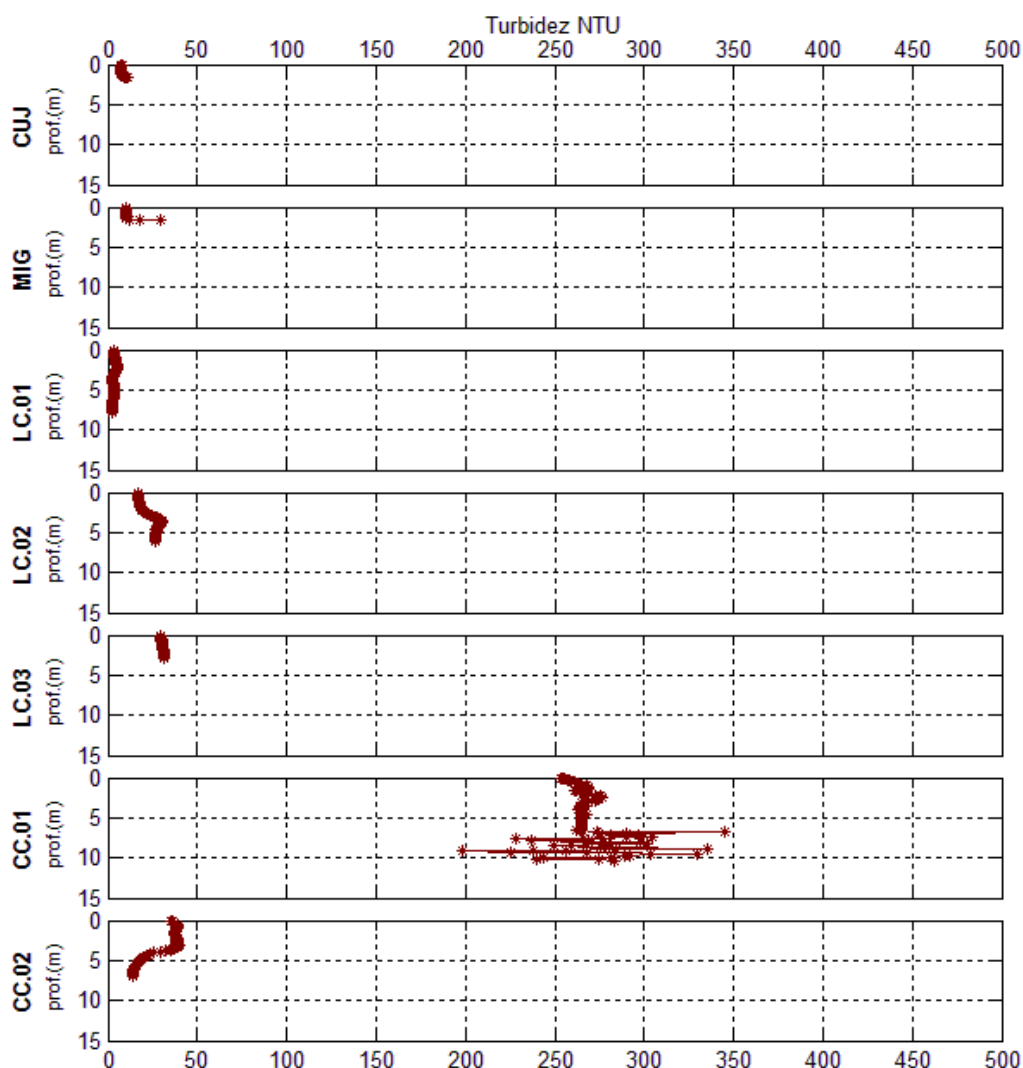


Figura 5-25 - Perfis de turbidez nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

O limite de 100 NTU previsto na Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de classe 2 não foi atendido em nenhuma estação do rio Madeira. O rio Madeira é um rio de águas brancas, com origem nos flancos erosíveis da cordilheira dos Andes, que transporta elevada carga de sólidos em suspensão. Os sólidos em suspensão são os principais responsáveis por conferir turbidez à água. Desta maneira, a elevada turbidez do rio Madeira é natural. Dentre os tributários, apenas as estações JAC.01, CRC, TEO, JAT I, JAT I.01 (fundo), CEA e CEA.01 não atenderam à referida legislação. Já nos lagos e canais, todas as estações estiveram abaixo do limite supracitado, com exceção da estação CC.01.

5.1.2.2 - Sólidos em suspensão, Sólidos totais dissolvidos, Sólidos totais, Sólidos fixos, Sólidos voláteis

Os rios de água branca, como o rio Madeira, apresentam elevado teor de sólidos em suspensão (McClain & Naiman, 2008). As elevadas concentrações de sólidos são provenientes do material alóctone que é carregado na parte andina da bacia de captação. Os sólidos são geralmente classificados quanto ao tamanho das partículas (dissolvidos e suspensos) e quanto à volatilidade (fixos e voláteis).

No rio Madeira, o valor médio dos sólidos totais foi de 920 ± 312 mg/L (média \pm DP) para a superfície e 1061 ± 413 mg/L (média \pm DP) para o fundo, variando entre 558 mg/L (MON.01 superfície) e 1623 mg/L (MON.05 fundo) (Figura 5-26). O teor de sólidos totais no rio Madeira é geralmente alto, atingindo seus maiores valores nos períodos de águas altas e, principalmente, na enchente e os menores valores nos períodos de vazante e águas baixas.

A fração suspensa representou em média 89% dos sólidos totais. A concentração média de sólidos em suspensão foi de 807 ± 203 mg/L (média \pm DP) para a superfície e 963 ± 350 mg/L (média \pm DP) para o fundo, com os valores oscilando entre 523 mg/L (MON.01 superfície) e 1390 mg/L (MON.03 fundo) (Figura 5-27). Os sólidos totais dissolvidos apresentaram concentração média de 105 ± 104 mg/L (média \pm DP). Os valores variaram entre 19 mg/L (MON.02 superfície) e 362 mg/L (MON.05 fundo) (Figura 5-28).

As concentrações de sólidos fixos variaram entre 472 mg/L (MON.01 superfície) e 1403 mg/L (MON.05 fundo). O valor médio foi de 793 ± 278 mg/L (média \pm DP) para a superfície e 899 ± 374 mg/L (média \pm DP) para o fundo (Figura 5-29). Os resultados mostram que não houve equivalência em relação à volatilidade, sendo que a fração fixa foi em média 89% do sólidos totais. Os sólidos voláteis apresentaram média de 144 ± 47 mg/L (média \pm DP), com os valores oscilando entre 75 mg/L (JUS.02 superfície) e 220 mg/L (MON.05 fundo) (Figura 5-30).

Em geral, os resultados observados indicam um gradiente de diminuição de sólidos em direção à barragem, o que sugere que está havendo sedimentação ao longo do reservatório. A redução das velocidades da corrente a montante após a criação da UHE Santo Antônio pode ter favorecido o aumento da deposição gradual dos materiais em suspensão carregados pelo curso d'água.

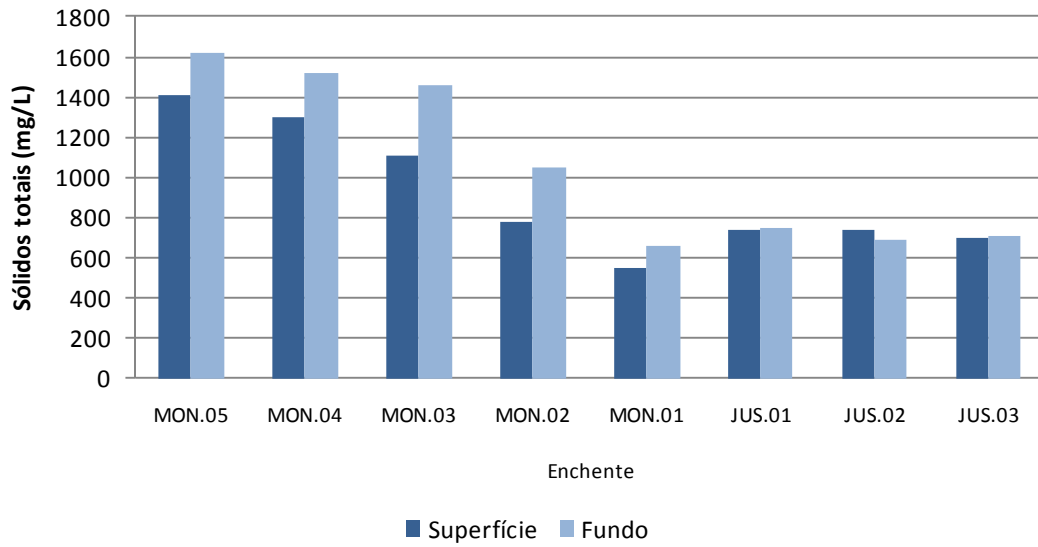


Figura 5-26 - Concentrações de Sólidos totais no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

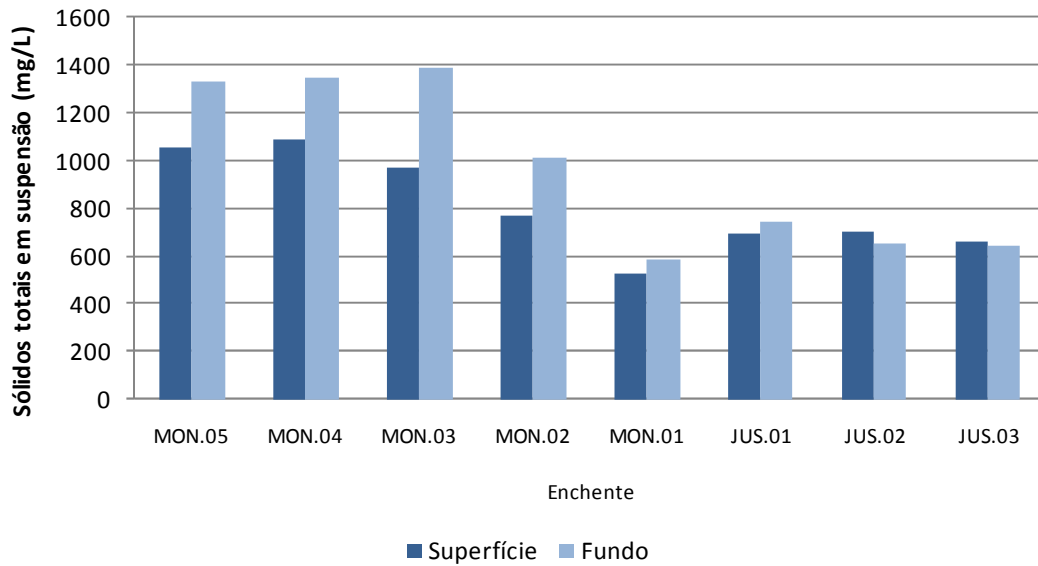


Figura 5-27 - Concentrações de Sólidos em suspensão no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

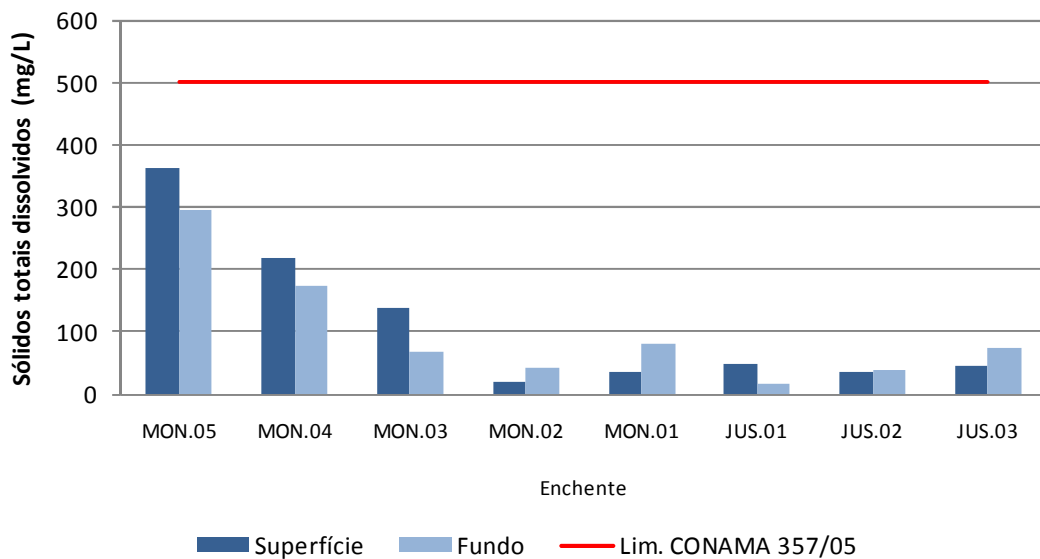


Figura 5-28 - Concentrações de Sólidos totais dissolvidos no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

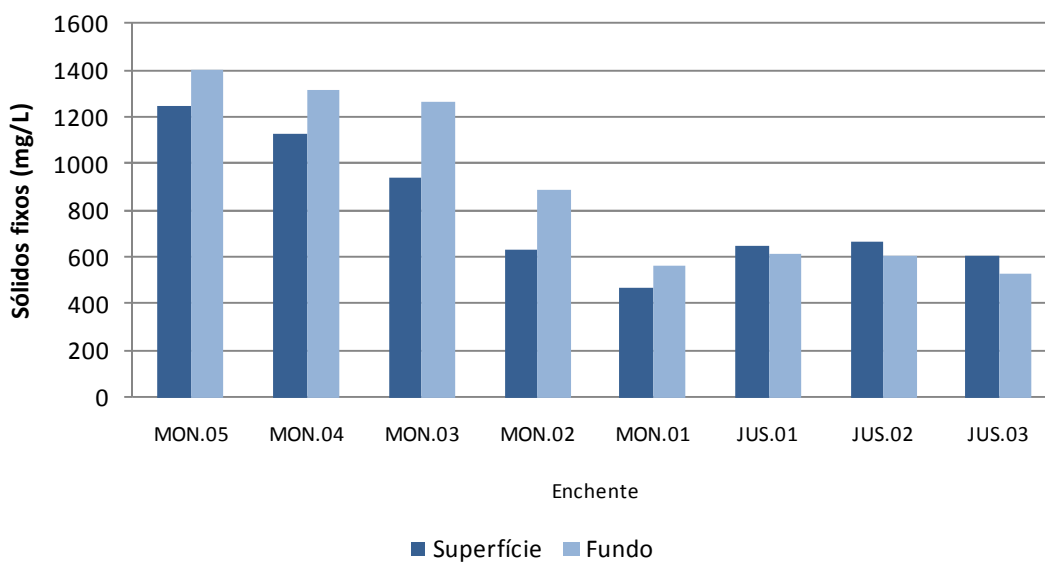


Figura 5-29 - Concentrações de Sólidos fixos no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

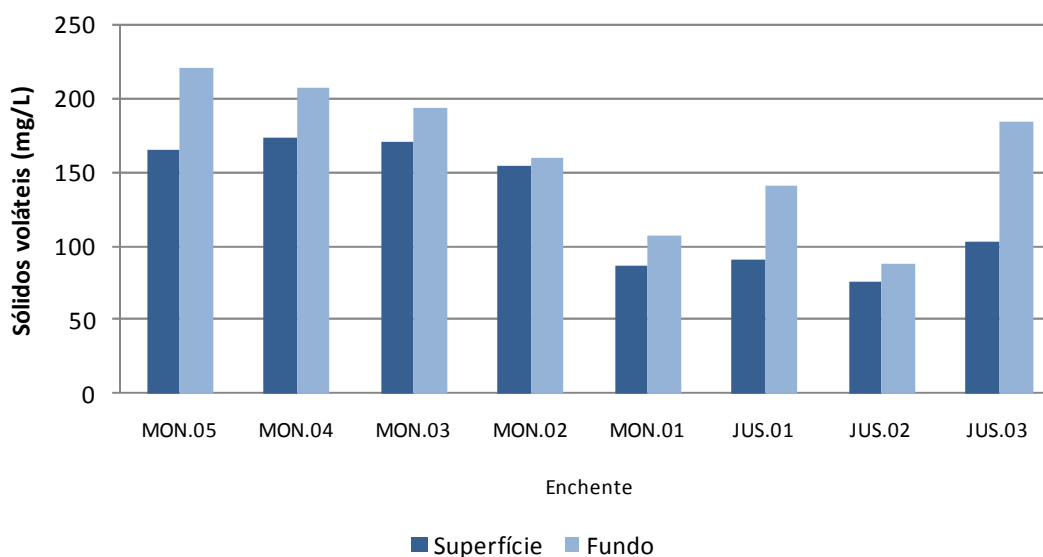


Figura 5-30 - Concentrações de Sólidos voláteis no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

As concentrações de sólidos totais nos tributários foram inferiores às encontradas no rio Madeira. Os sólidos totais apresentaram média de 178 ± 93 mg/L (média \pm DP). As concentrações oscilaram entre 52 mg/L (JAM) e 343 mg/L (TEO) (Figura 5-31). As frações suspensa e dissolvida não apresentaram composição equivalente, com média de 61% para a fração dissolvida. Os valores de sólidos em suspensão oscilaram entre 2,4 mg/L (CAR) e 298 mg/L (CRC), sendo a média igual a 69 ± 99 mg/L (média \pm DP) (Figura 5-32). Já os sólidos totais dissolvidos apresentaram média global de 109 ± 57 mg/L (média \pm DP). Os valores dessa fração oscilaram entre 24 mg/L (JAM) e 248 mg/L (CEA.01) (Figura 5-33).

Em relação à volatilidade, a fração fixa foi a predominante, representando 76% dos sólidos totais. As concentrações de sólidos fixos oscilaram entre 12 mg/L (CAR) e 336 mg/L (TEO), com valor médio de 136 ± 87 mg/L (média \pm DP) (Figura 5-34). Já a fração volátil apresentou média global de 41 ± 34 mg/L (média \pm DP). Os valores variaram entre 4 mg/L (CEA) e 119 mg/L (CEA.01) (Figura 5-35). As concentrações das diferentes frações de sólidos variaram bastante espacialmente, por se tratarem de ambientes diferentes e desconectados. Os maiores valores encontrados, em geral, foram registradas nas estações CRC, JAT I, TEO, CEA e CEA.01, que atualmente estão em braços do reservatório e boa parte da água que banha esses ambientes é oriunda do rio Madeira, o qual apresenta alto teores de sólidos.

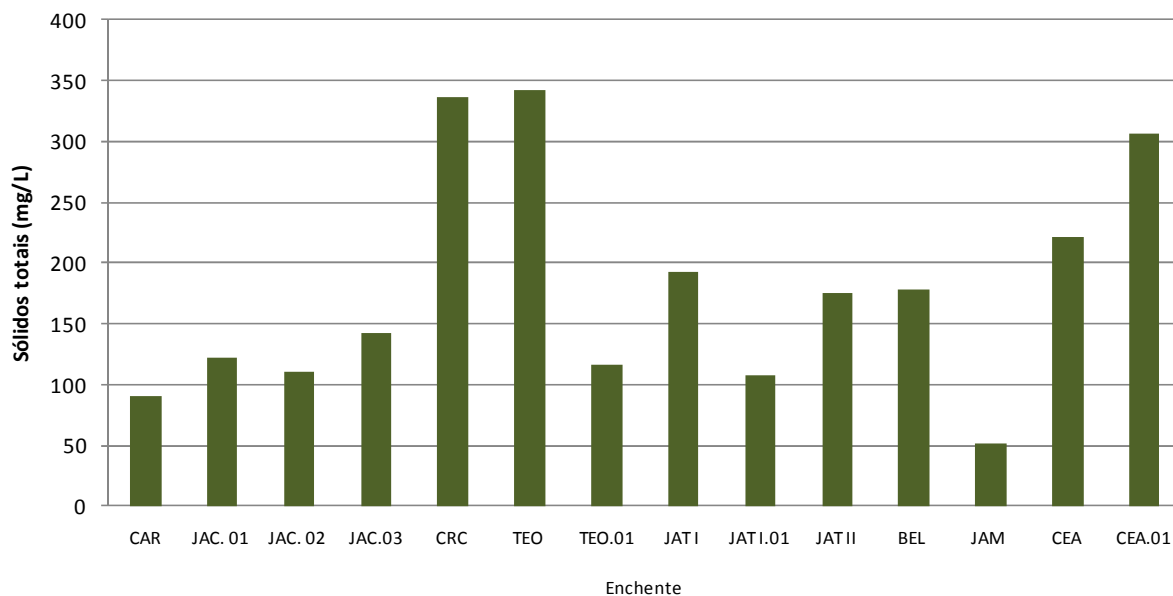


Figura 5-31 - Concentrações de sólidos totais nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

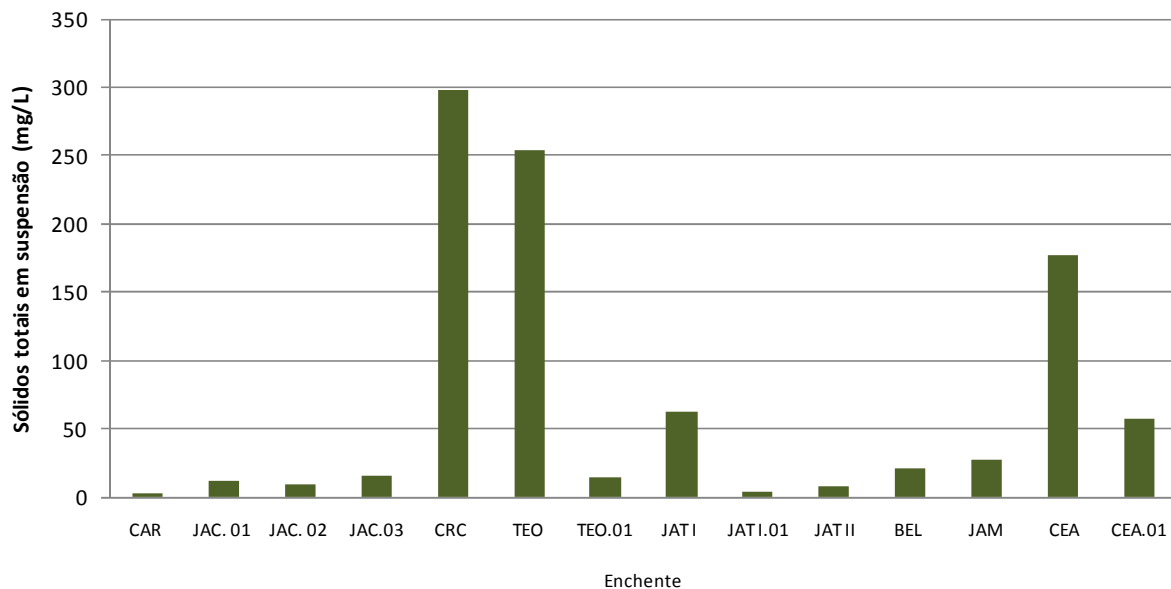


Figura 5-32 - Concentrações de sólidos em suspensão nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

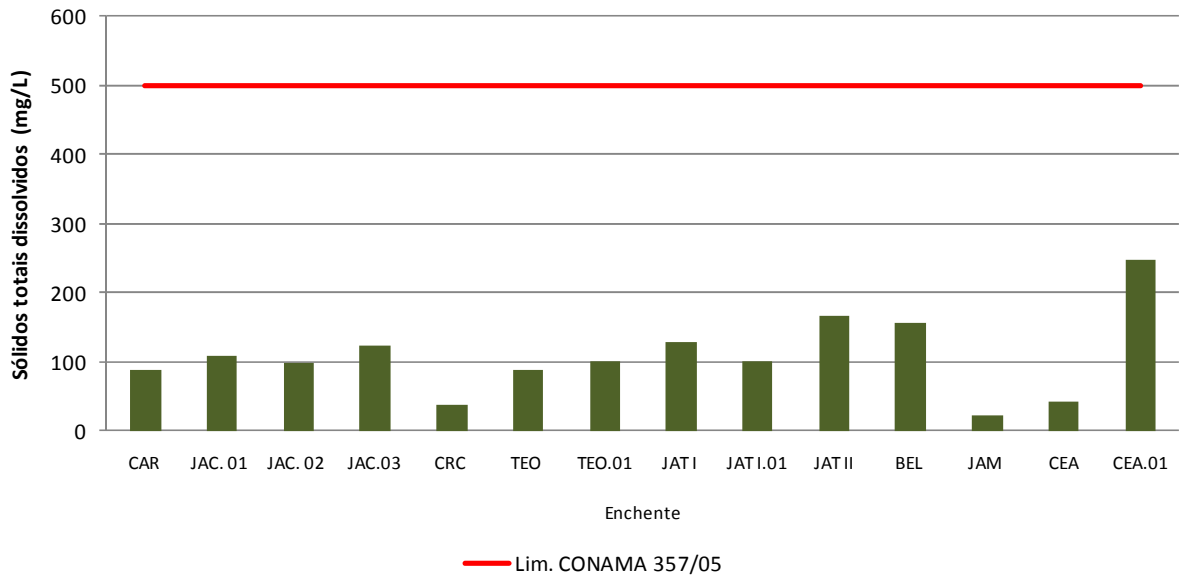


Figura 5-33 - Concentrações de sólidos totais dissolvidos nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

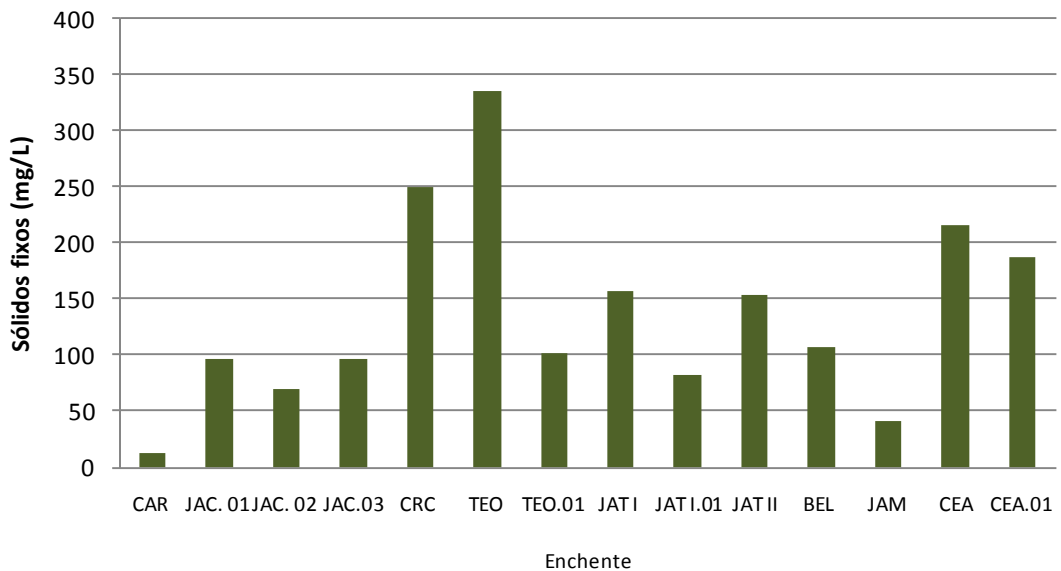


Figura 5-34 - Concentrações de sólidos fixos nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

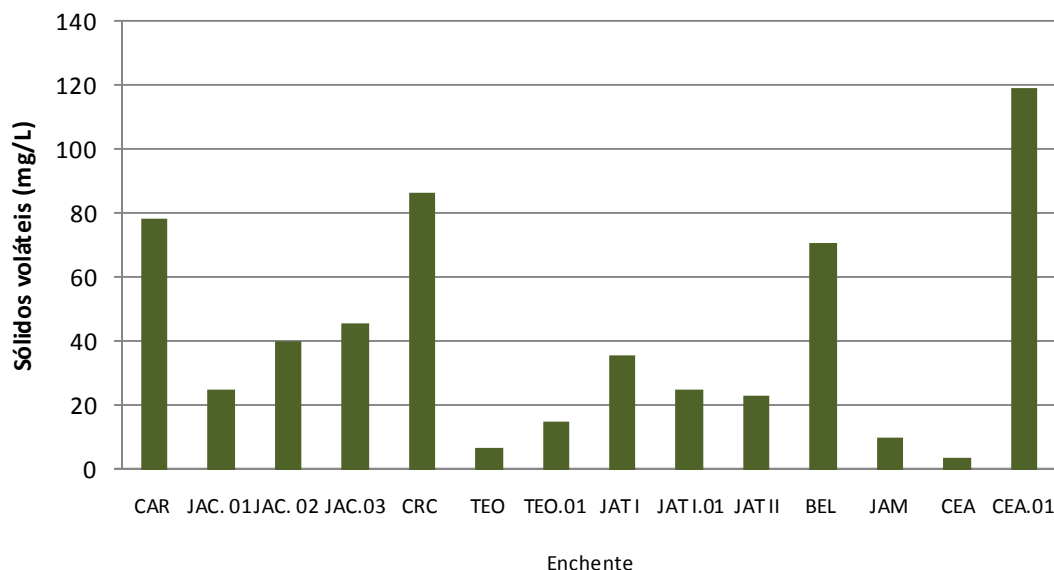


Figura 5-35 - Concentrações de sólidos voláteis nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Os lagos e canais apresentaram concentrações menores de sólidos em relação ao rio Madeira. A dinâmica lacustre favorece a sedimentação desse tipo de material, o que faz com que as concentrações de sólidos sejam geralmente mais baixas nesses ambientes, quando comparados com os rios. Os sólidos totais apresentaram concentração média global de 128 ± 128 mg/L (média \pm DP). Os valores oscilaram entre 12 mg/L (LC.01 superfície) e 343 mg/L (CC.01 superfície) (Figura 5-36).

Os sólidos em suspensão apresentaram média de 57 ± 78 mg/L (média \pm DP). Os valores oscilaram entre 8 mg/L (MIG) e 208 mg/L (CC.01 fundo) (Figura 5-37). Já os sólidos totais dissolvidos variaram de 2 mg/L (LC.01 fundo) a 211 mg/L (CUJ), com valor médio de 74 ± 81 mg/L (média \pm DP) (Figura 5-38). A fração dissolvida foi em média superior, tendo respondido por 66% do total.

Em relação à volatilidade, a fração fixa foi a predominante, representando 62% dos sólidos totais. As concentrações de sólidos fixos oscilaram entre 4 mg/L (LC.01 superfície) e 254 mg/L (CC.01 fundo), com valor médio de 80 ± 94 mg/L (média \pm DP) (Figura 5-39). Os sólidos voláteis apresentaram média de 51 ± 43 mg/L (média \pm DP), com oscilação dos valores entre 8 mg/L (LC.01 superfície) e 120 mg/L (CUJ) (Figura 5-40).

Os maiores valores de sólidos foram encontrados na estação CC.01. Essa estação está situada no canal de acesso ao lago Cuniã, portanto sofre maior influência do pulso de inundação do rio Madeira.

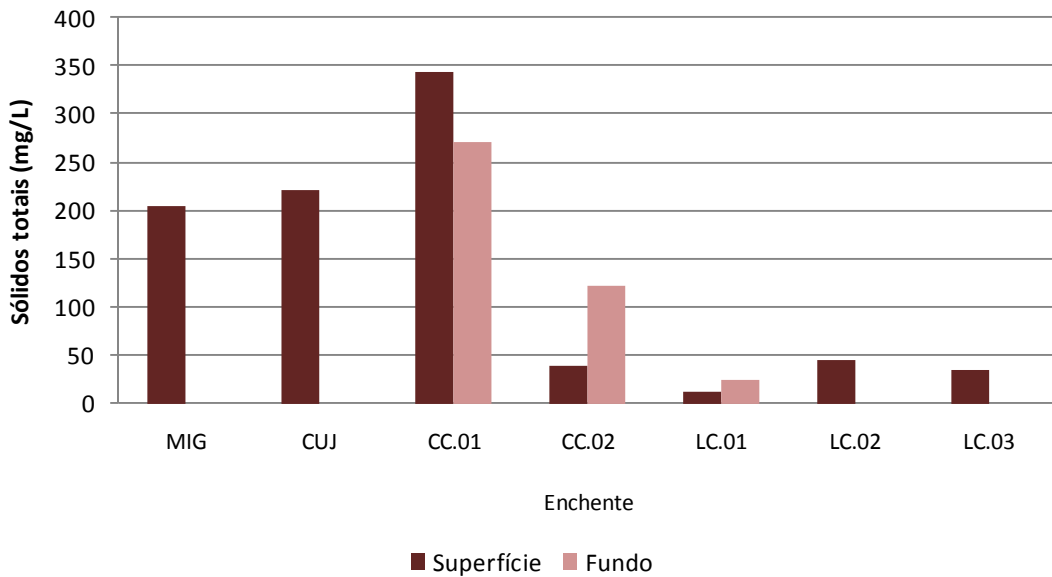


Figura 5-36 - Concentrações de sólidos totais nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

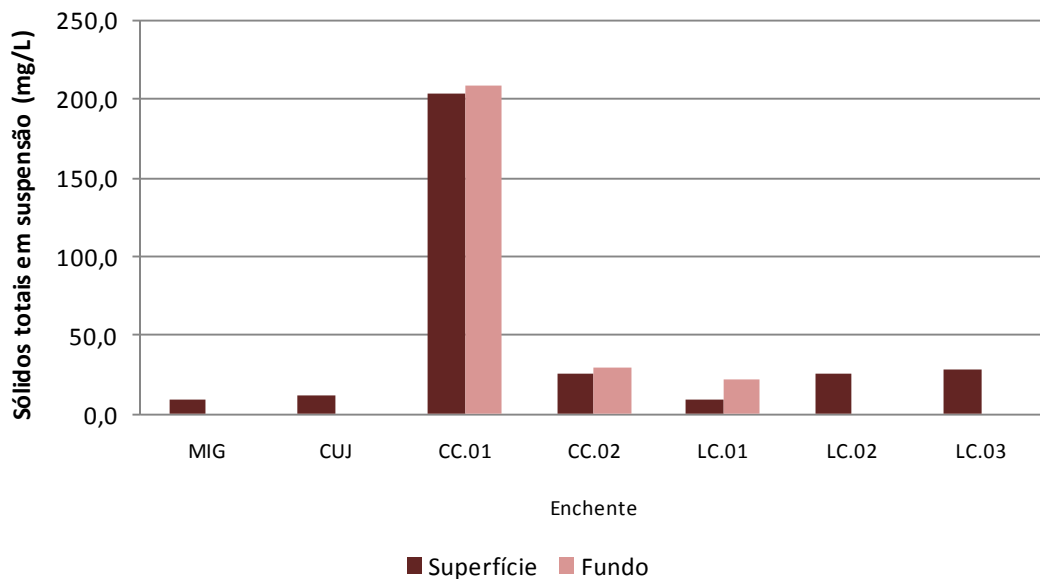


Figura 5-37 - Concentrações de sólidos em suspensão nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

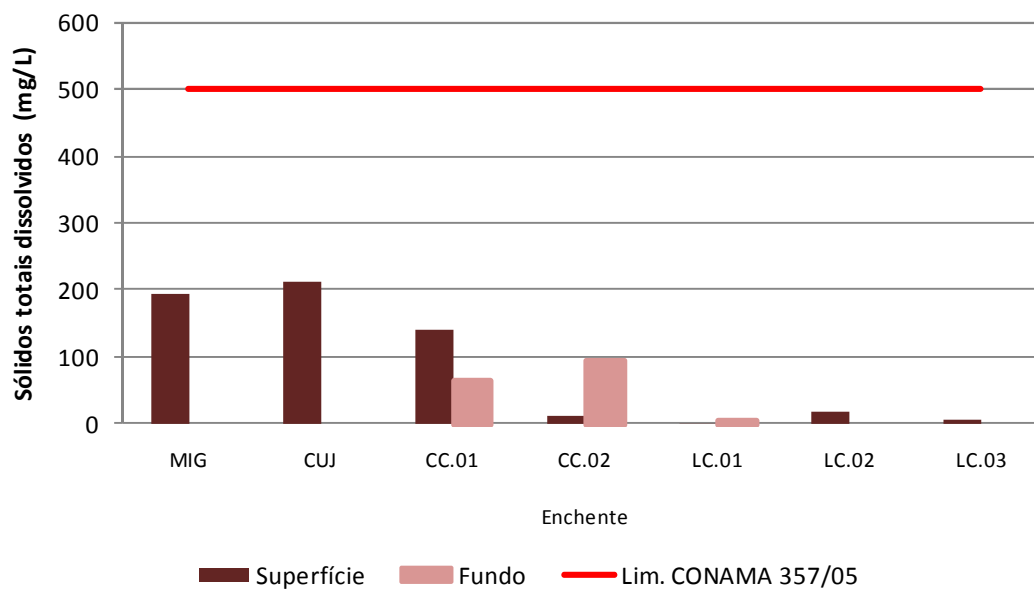


Figura 5-38 - Concentrações de sólidos totais dissolvidos nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

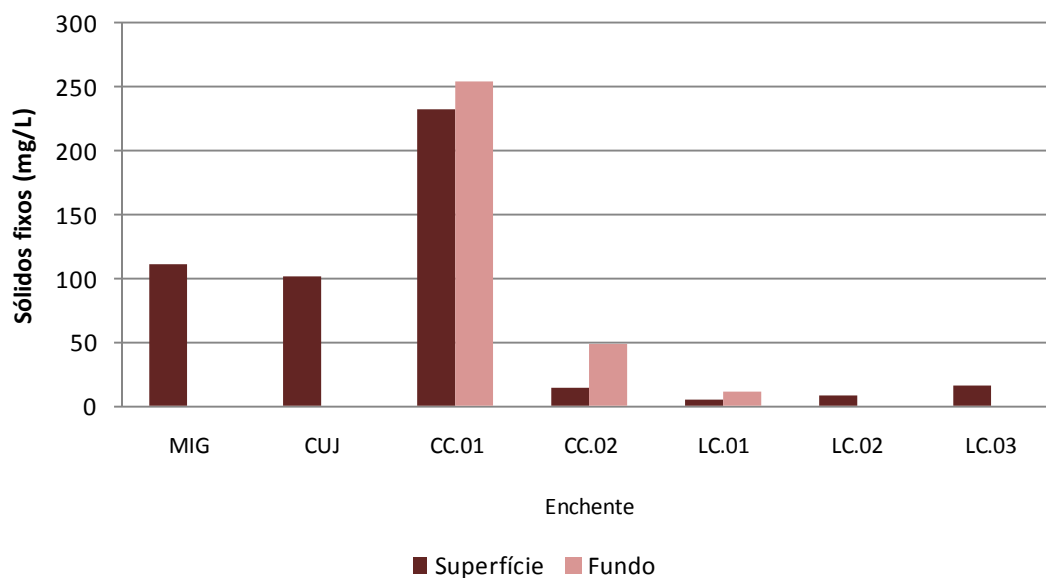


Figura 5-39 - Concentrações de sólidos fixos nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

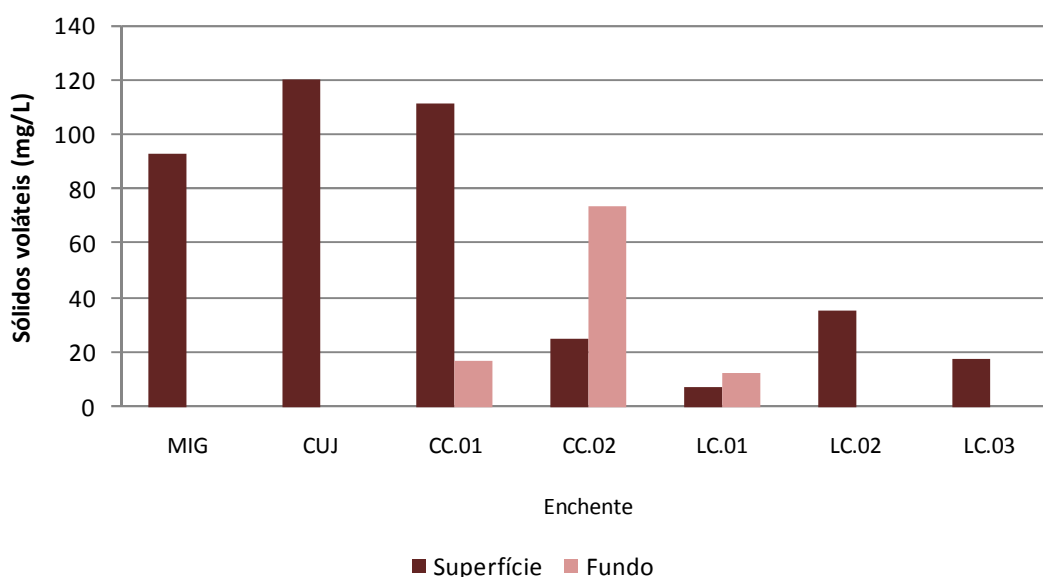


Figura 5-40 - Concentrações de sólidos voláteis nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

Todos os valores de sólidos totais dissolvidos atenderam ao limite de 500 mg/L previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de classe 2, tanto nas amostras coletadas no rio Madeira, quanto nos tributários e nos lagos e canais.

5.1.3 - Físico-químicas

5.1.3.1 - Condutividade elétrica

A condutividade elétrica de um corpo d'água corresponde à capacidade deste em conduzir corrente elétrica, sendo que a condução da corrente elétrica está diretamente relacionada à concentração de íons dissolvidos no corpo aquático.

A média da condutividade no rio Madeira foi de $84 \pm 1,3 \mu\text{S}/\text{cm}$ (média \pm DP) (Figura 5-41), variando entre $82 \mu\text{S}/\text{cm}$ (JUS.01) e $86 \mu\text{S}/\text{cm}$ (MON.03 fundo). Os altos valores de condutividade, quando comparados com outros sistemas aquáticos amazônicos, são característicos de sistemas amazônicos de águas brancas, como é o caso do rio Madeira (Junk et al, 2011). Os perfis de condutividade ao longo da coluna d'água indicaram que não há diferença entre superfície e fundo (Figura 5-42).

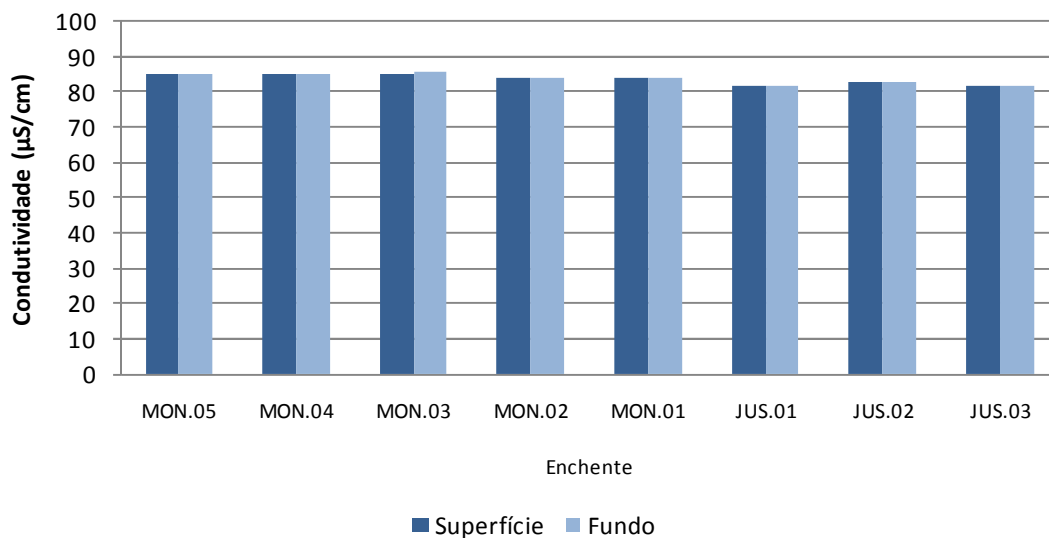


Figura 5-41 - Condutividade elétrica no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

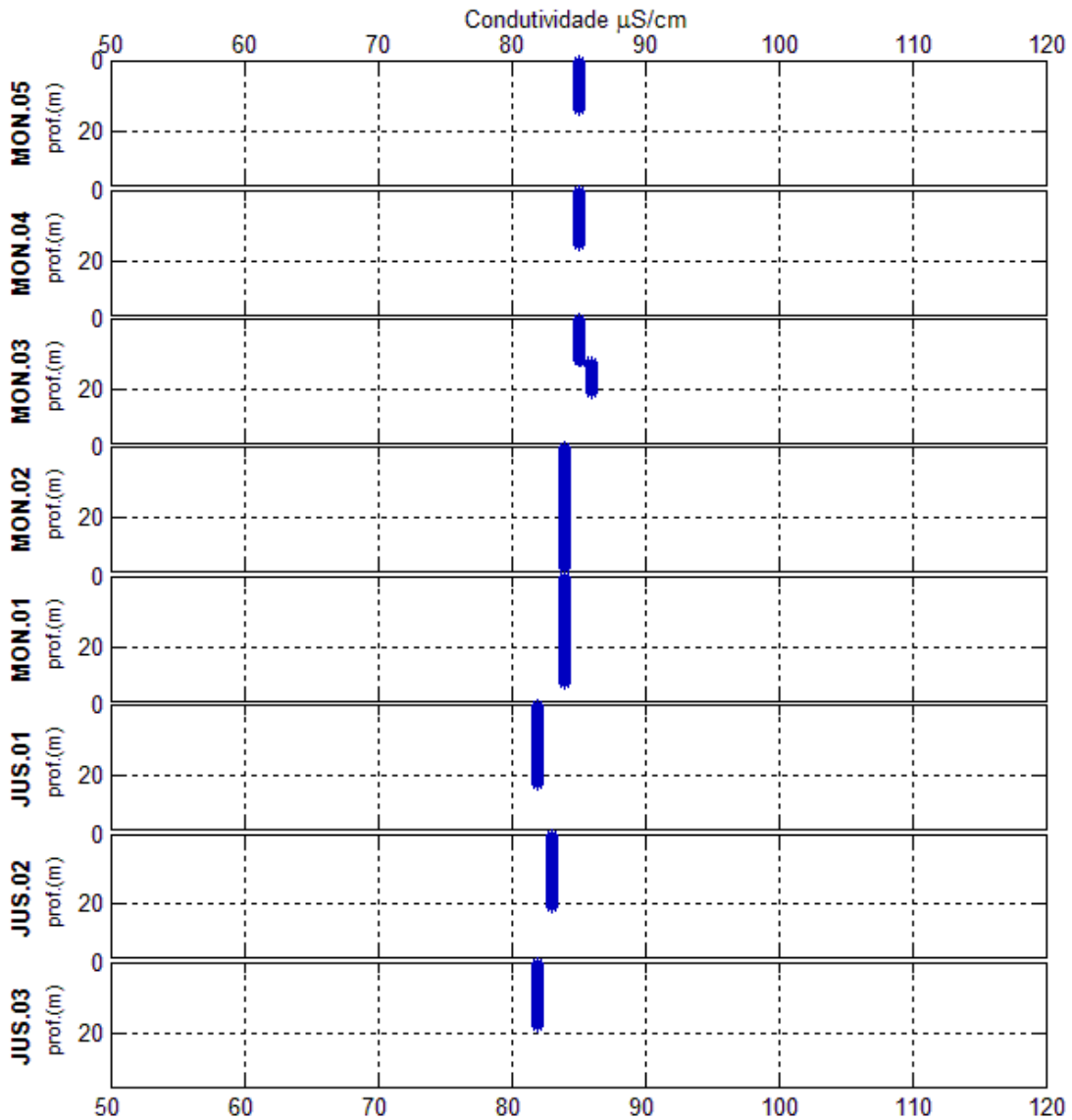


Figura 5-42 - Perfis de condutividade elétrica no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos tributários, a condutividade elétrica apresentou valores menores do que os encontrados no rio Madeira. A condutividade média global foi de $46 \pm 30 \mu\text{S/cm}$ (média \pm DP), com valores variando de $10 \mu\text{S/cm}$ (CAR superfície) a $87 \mu\text{S/cm}$ (JAT I.01 fundo) (Figura 5-43). Os valores de condutividade mais elevados foram registrados, em geral, nas estações JAC.01, TEO, JAT I, JAT I.01 e CEA. Essas estações estão situadas em braços do reservatório e boa parte da água que banha esses ambientes é oriunda do rio Madeira. Os perfis de condutividade indicaram pouca

variação vertical, com exceção das estações JAC.01, TEO.01, JAT I e JAT I.01, que apresentaram acentuada diferença entre superfície e fundo (Figura 5-44). Com a formação do reservatório, essas estações, situadas a montante da barragem, tiveram o tempo de residência aumentado. O aumento no tempo de residência favorece processos de estratificação térmica e química.

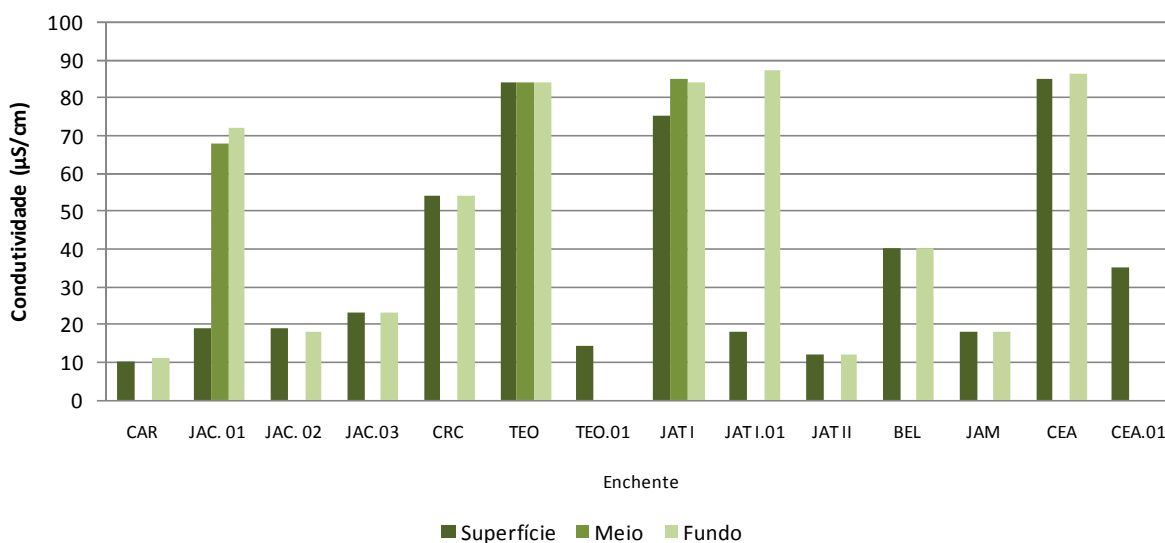
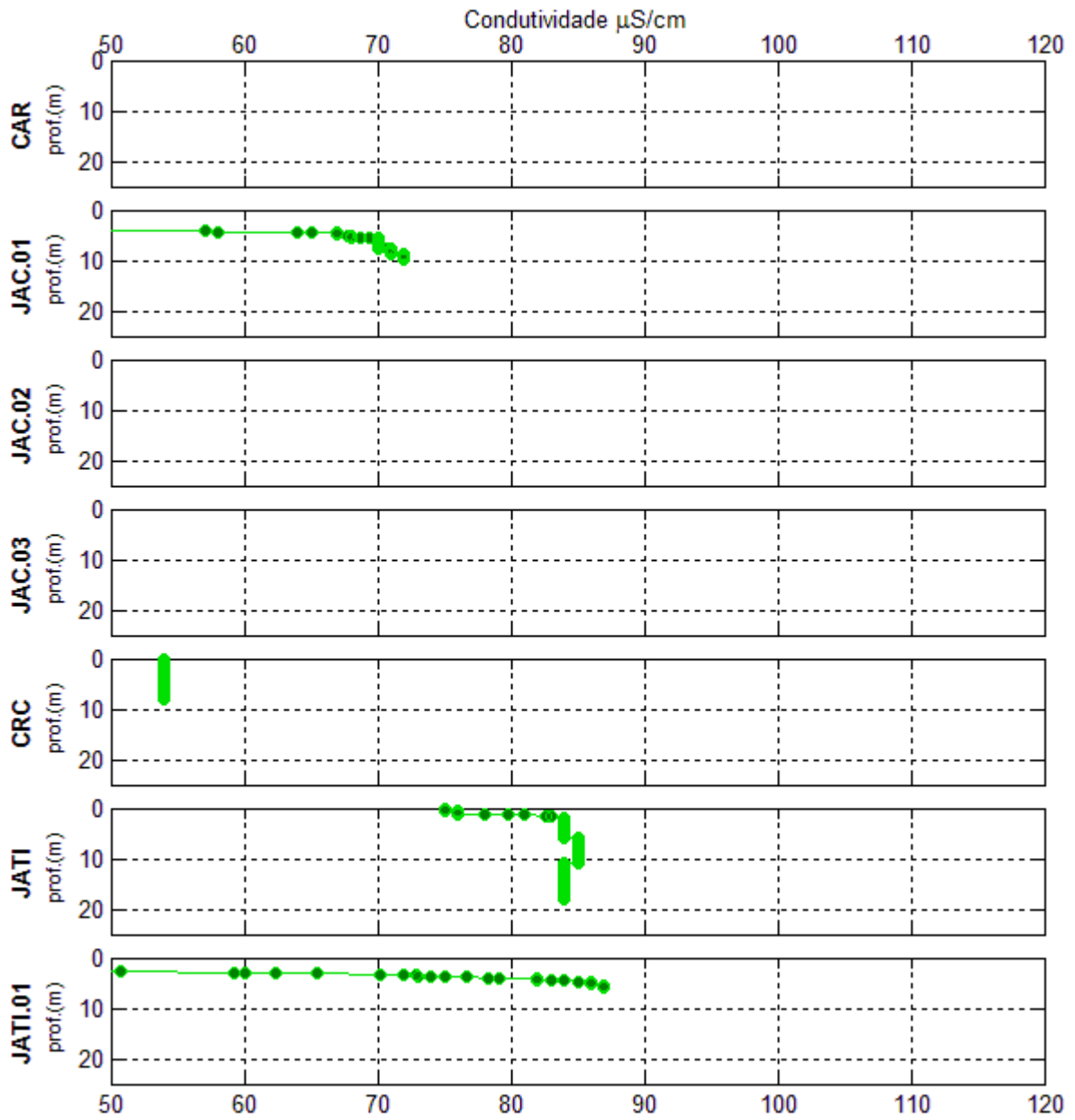


Figura 5-43 - Condutividade elétrica nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).



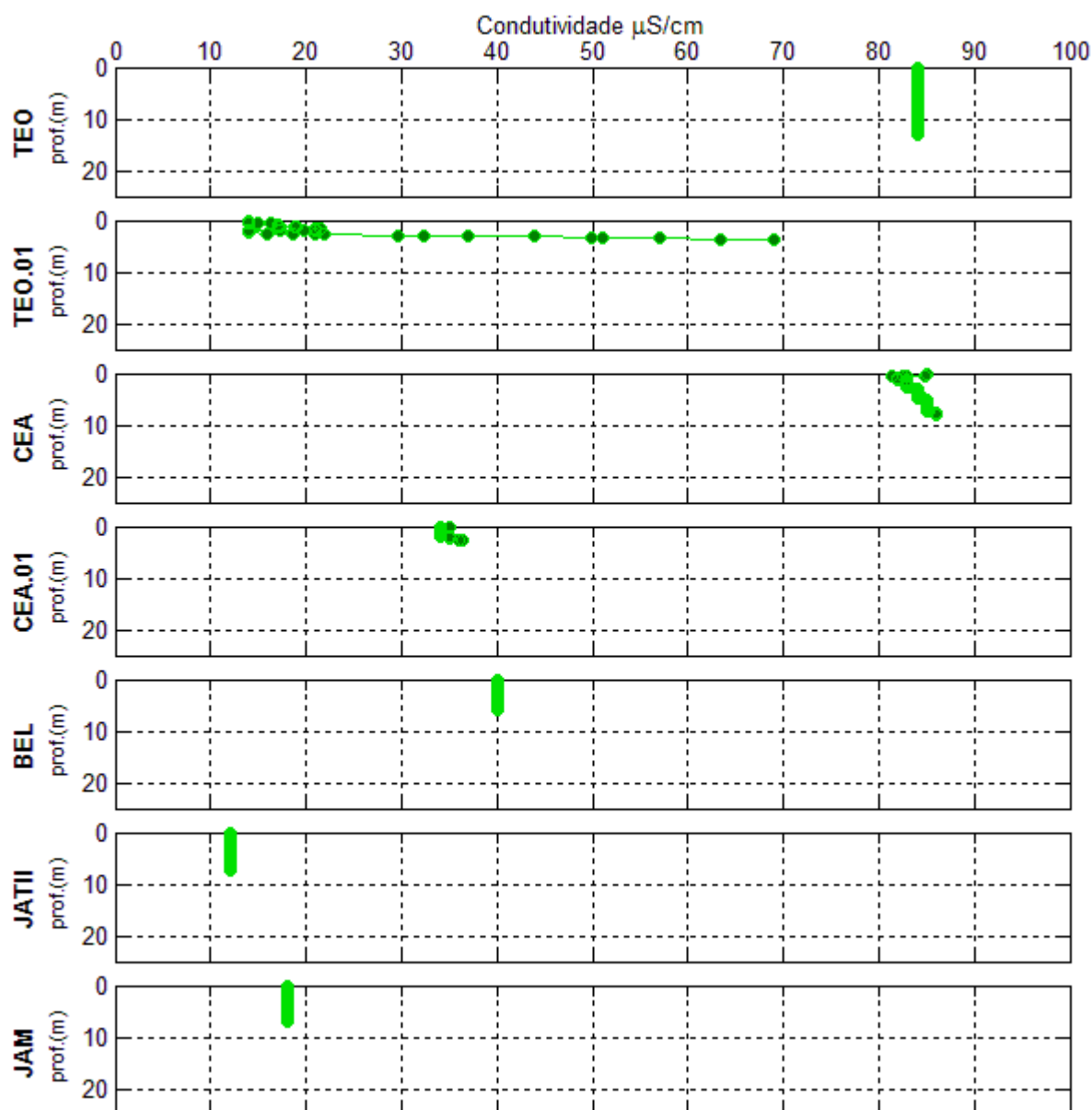


Figura 5-44 - Perfis de condutividade elétrica nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

A condutividade média dos lagos e canais foi menor que a dos tributários, apresentando valor médio de $28 \pm 20 \mu\text{S}/\text{cm}$ (média \pm DP). O menor valor foi registrado na estação LC.01 e o maior na estação CC.01, com respectivamente $10 \mu\text{S}/\text{cm}$ e $75 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 5-45). Os perfis de condutividade indicaram variação vertical, nas estações LC.02 e CC.02, situadas na região central

do lago Cuniã e próximo a ele, no canal de acesso, respectivamente (**Figura 5-46**). Lagos são considerados sistemas lânticos e apresentam tendência à estratificação da coluna d'água, ao contrário de rios. A estação CC.01, que também está situada no canal de acesso ao lago Cuniã, mas está próximo ao rio Madeira, apresentou características semelhantes ao rio, com altos valores e pouca variação vertical.

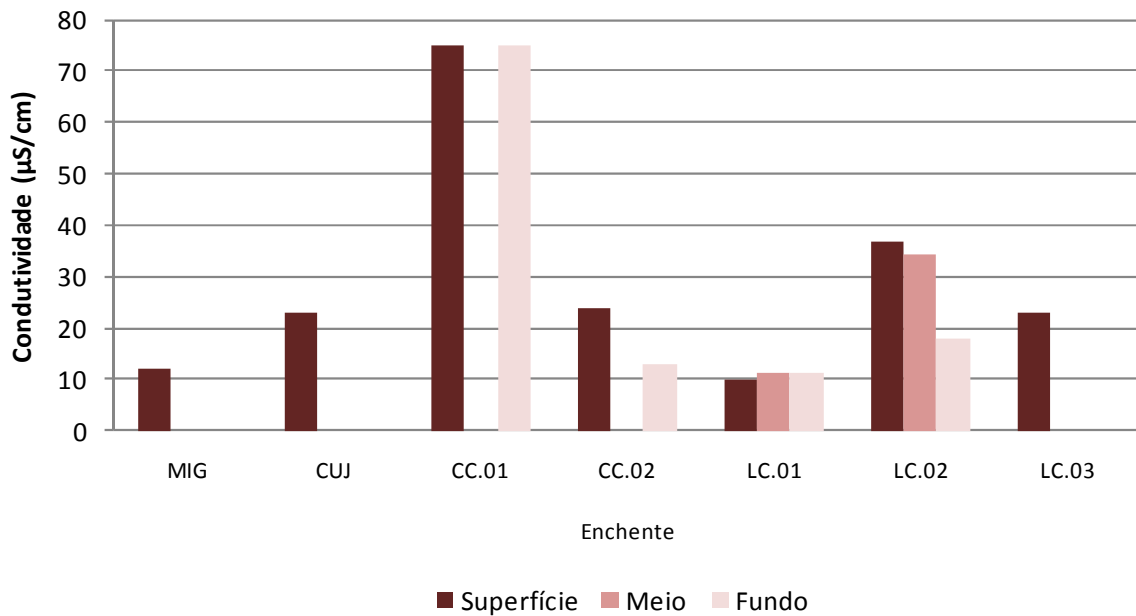


Figura 5-45 - Condutividade elétrica nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

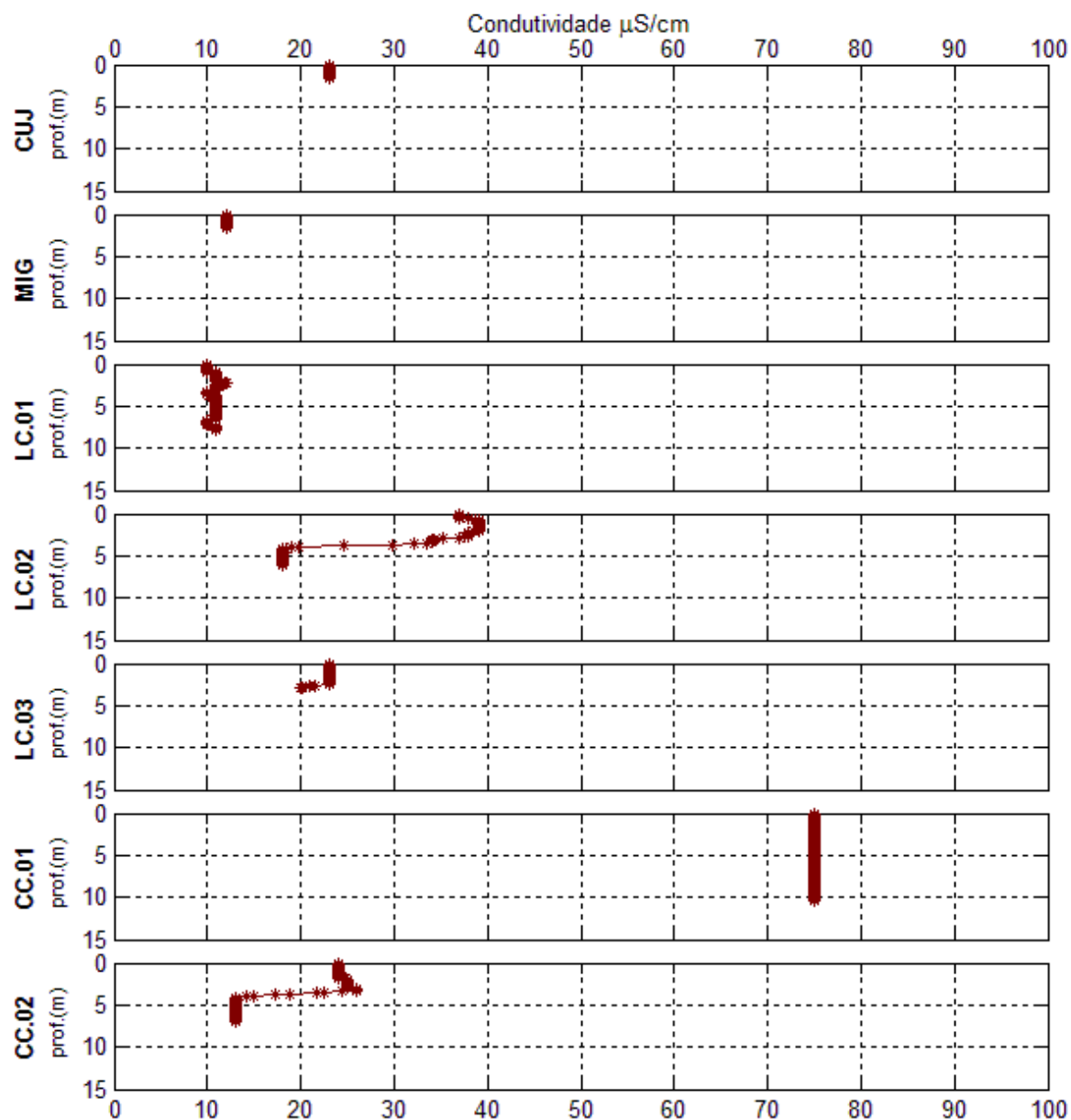


Figura 5-46 - Perfis de condutividade elétrica nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

5.1.3.2 - Potencial hidrogeniônico (pH)

No rio Madeira o pH esteve próximo da neutralidade, com valores variando entre 6,7 e 7,1 (Figura 5-47). A média do período estudado foi de $6,9 \pm 0,1$ (média \pm DP), semelhante ao valor médio relatado no EIA ($6,8 \pm 0,3$, média \pm DP), na fase de enchimento do reservatório ($7,4 \pm 0,2$, média \pm DP), e nas campanhas realizadas nos mesmos períodos (enchente) apresentadas no Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas da UHE Santo Antônio no rio Madeira entre janeiro de 2009 e agosto de 2011 ($7,0 \pm 0,1$ média \pm DP). Os perfis de pH evidenciaram a pequena variação vertical desta variável nas estações amostradas (Figura 5-48).

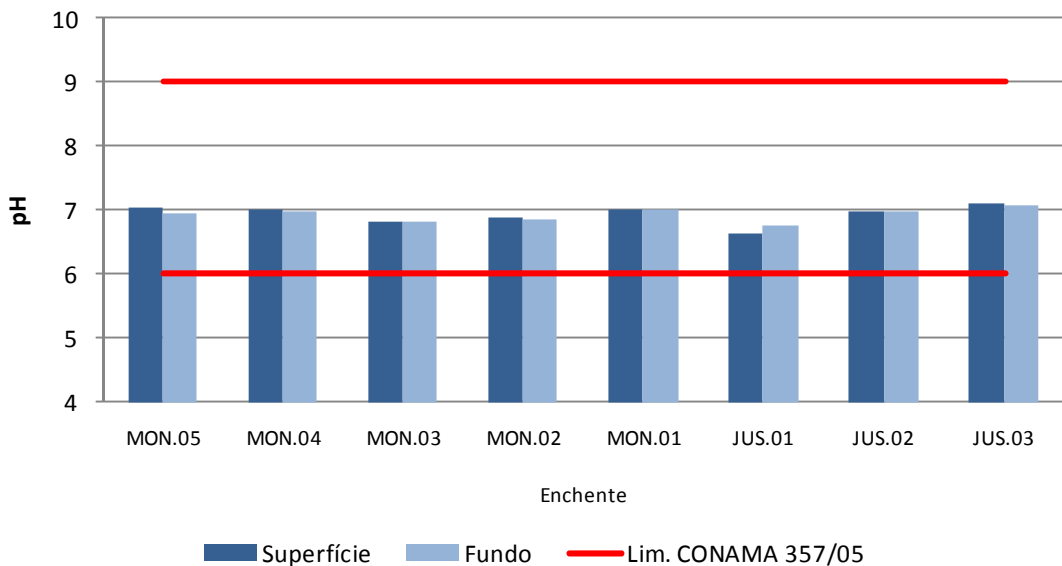


Figura 5-47 - Valores de pH no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

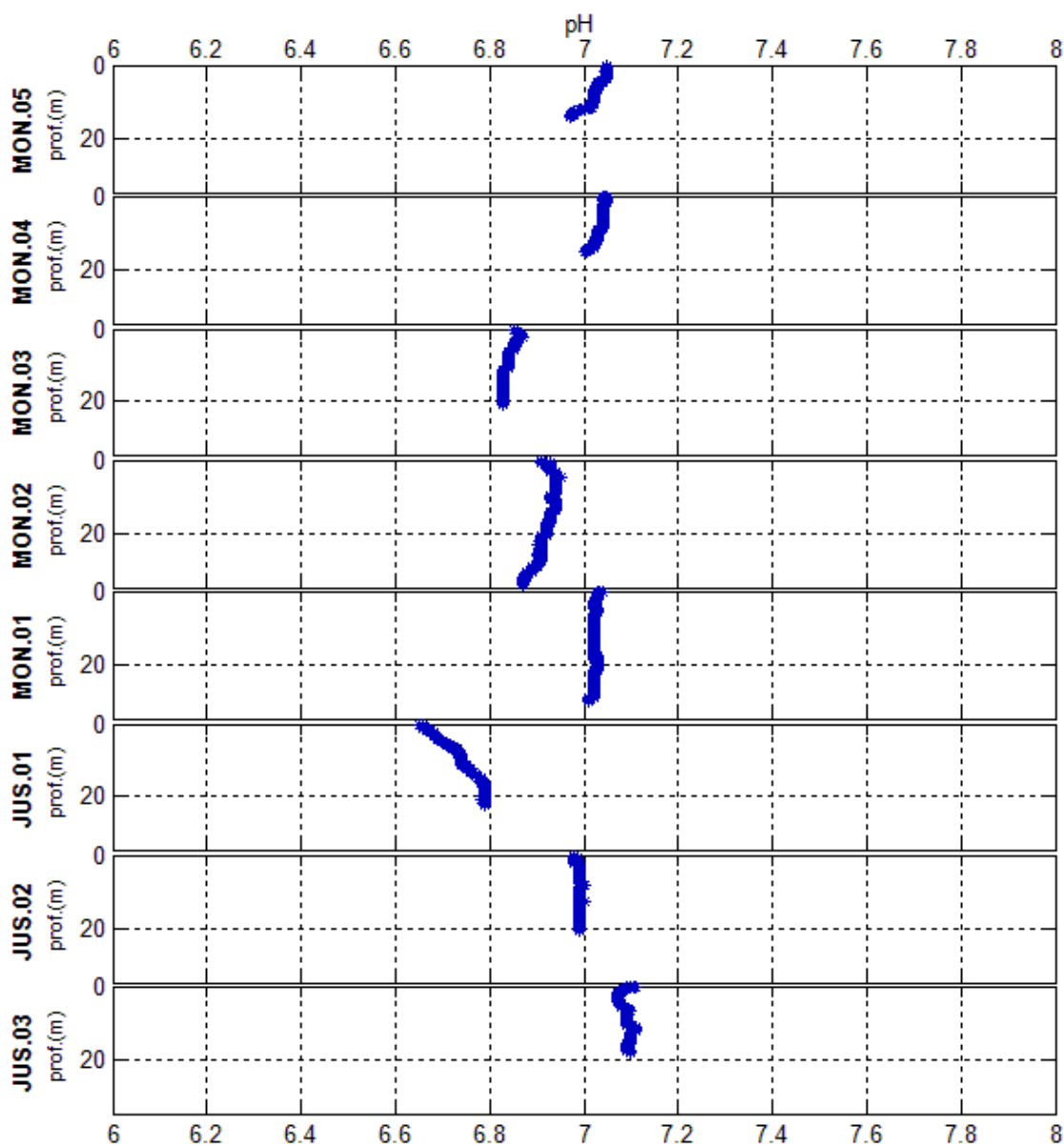


Figura 5-48 - Perfis de pH no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos tributários, o pH foi geralmente mais ácido do que no rio Madeira. Os valores nos tributários variaram de 4,9 (CAR fundo) a 7,1 (JAT I fundo), com valor médio de $6,3 \pm 0,6$ (média \pm DP) (Figura 5-49). Houve baixa variação vertical nas estações amostradas, exceto nas estações TEO.01 e JAT I.01, onde houve alguma variação vertical no pH, ocorrendo aumento do pH com o aumento da profundidade (Figura 5-50).

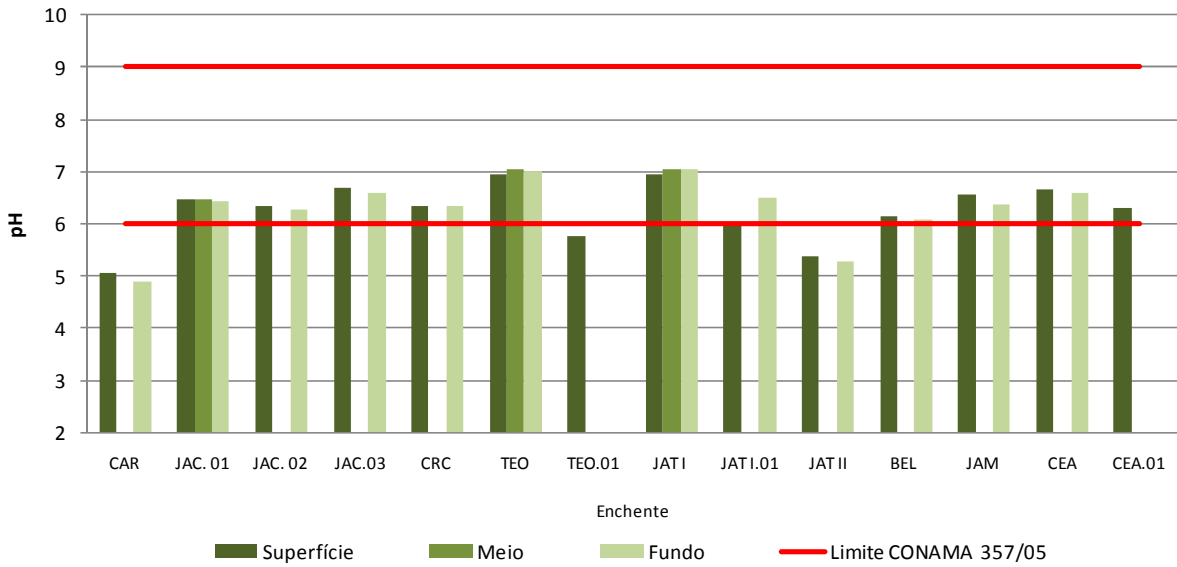
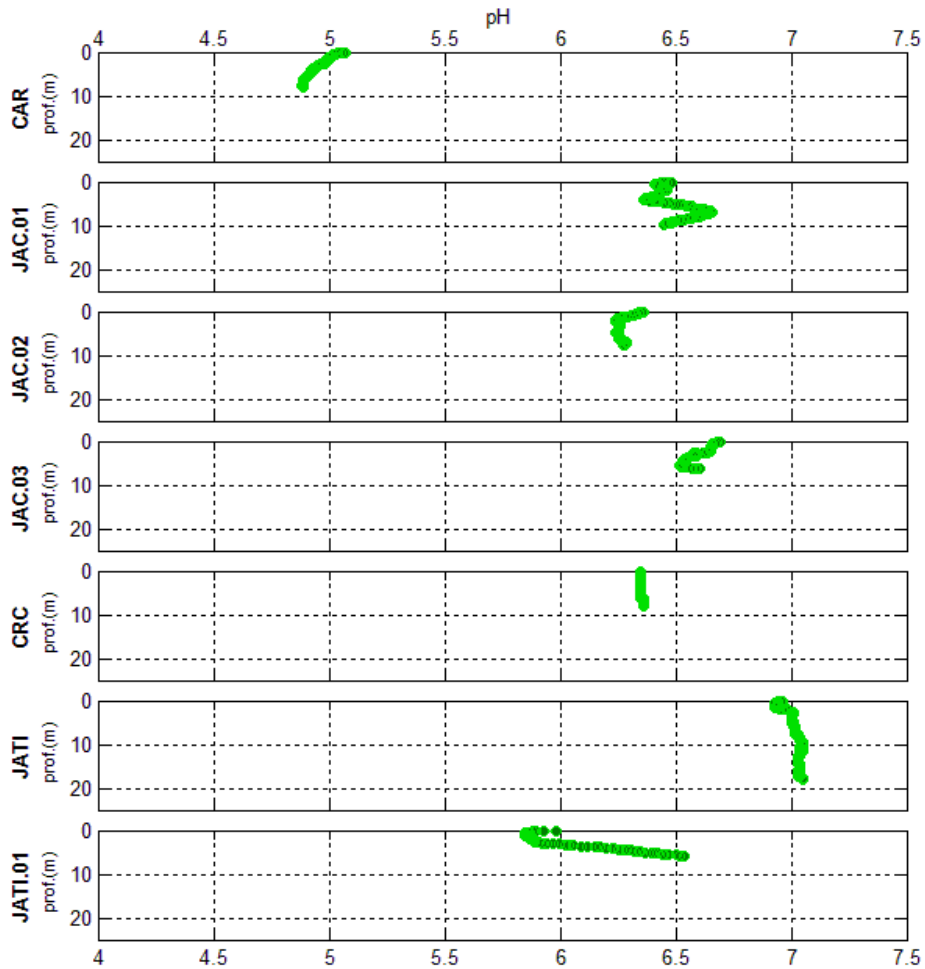


Figura 5-49 - Valores de pH nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).



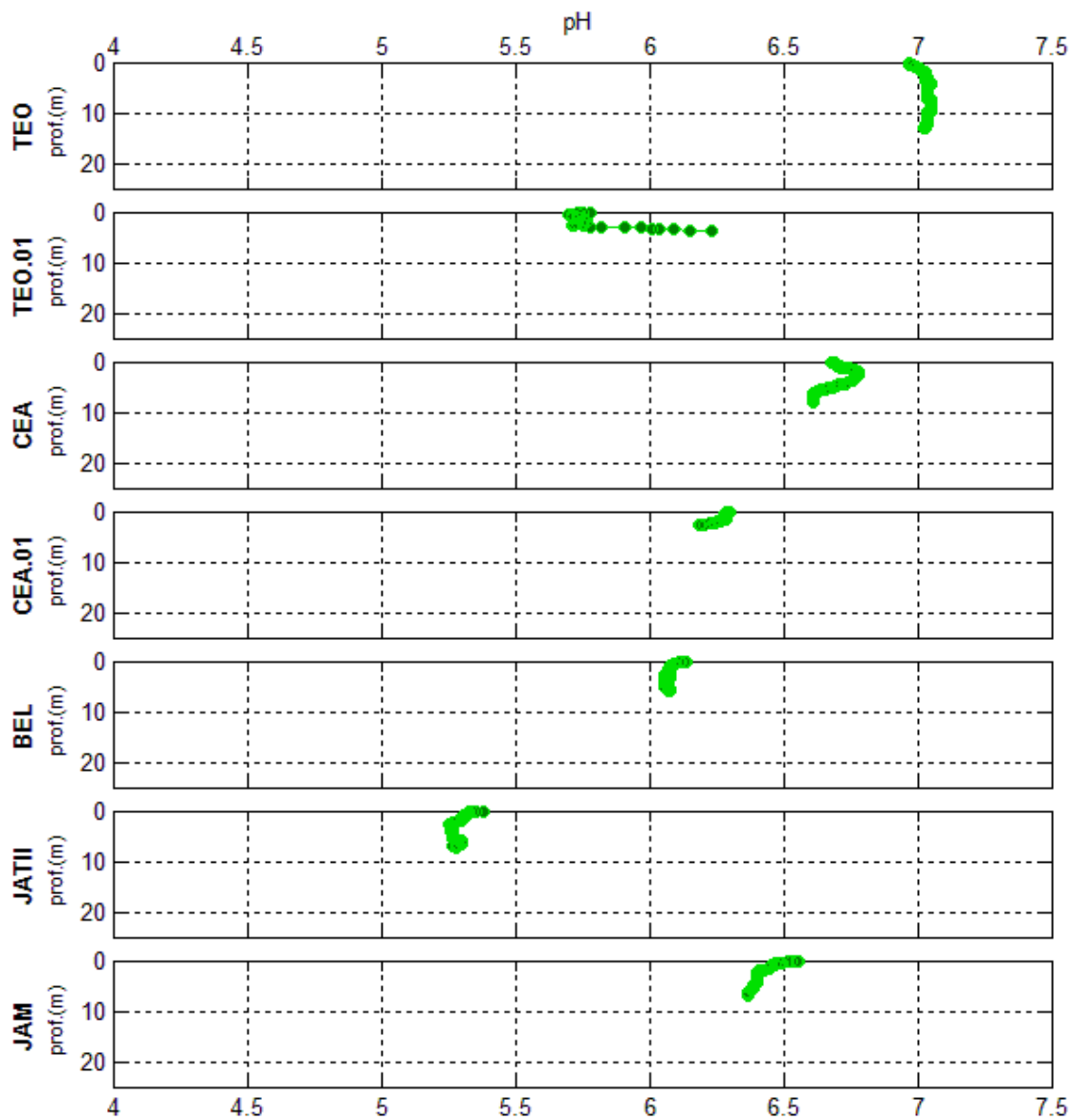


Figura 5-50 - Perfis de pH nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais o menor valor de pH foi de 5,3 (LC.01 fundo), ao passo que o maior valor foi de 6,8 (CC.01 superfície) (Figura 5-51). O valor médio foi de $6,1 \pm 0,5$ (média \pm DP). Os perfis de pH evidenciaram uma pequena variação vertical desta variável nas estações amostradas (Figura 5-52). Houve alguma variação vertical no pH nos lagos e canais, ocorrendo aumento da acidez com o aumento da profundidade. No fundo de sistemas lênticos, o pH tende a ser menor devido ao fato de a respiração sobrepujar a produção primária, uma vez que a luz atua como fator limitante à produção. Com aumento da respiração, há aumento da liberação de gás carbônico, que reage com a água, formando o ácido carbônico, que por sua vez se dissocia no íon bicarbonato e íons H^+ , levando à diminuição do pH.

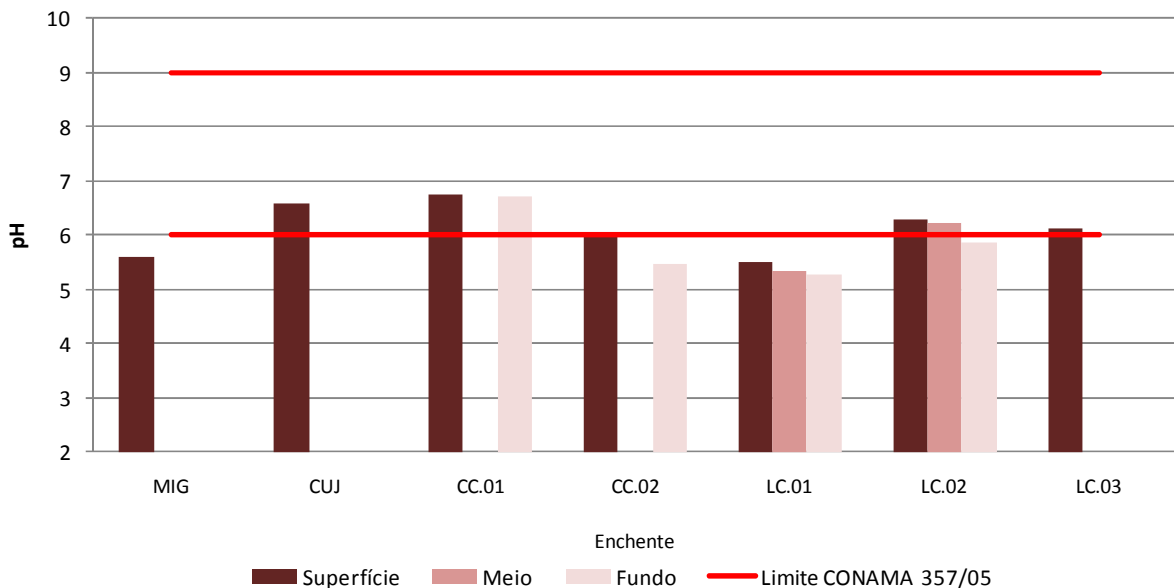


Figura 5-51 - Valores de pH nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

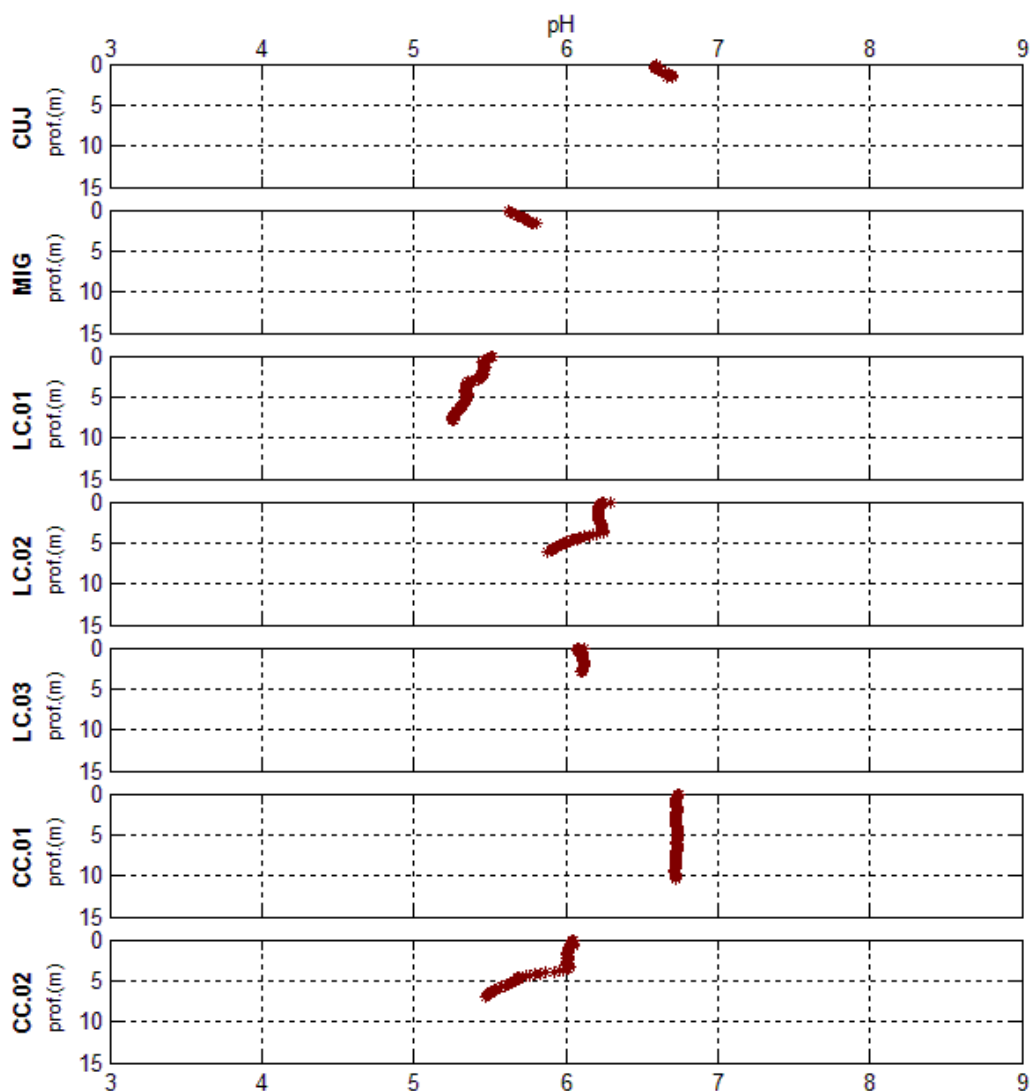


Figura 5-52 - Perfis de pH nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

No rio Madeira, todas as estações respeitaram o intervalo de pH de 6 a 9 previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2. Por outro lado, o intervalo supracitado não foi respeitado nas estações CAR, TEO.01 e JAT II nos tributários e as estações MIG, LC.01 e CC.02 (fundo) nos lagos e canais. Trata-se, porém, de uma situação natural dos ambientes amostrados, que tendem a apresentar pH ácido. Essa situação ocorre devido ao aporte de material orgânico terrestre, que provoca o aumento da taxa de respiração. A liberação de CO₂ na água tende a diminuir o pH. Além disso, já foi mostrado na literatura científica que o caráter ácido é uma condição natural de alguns ambientes aquáticos amazônicos (Melack & Fisher, 1983).

5.1.4 - Químicas I-A

5.1.4.1 - Oxigênio - concentração

As principais fontes de oxigênio para ecossistemas aquáticos são a atmosfera e a fotossíntese realizada por algas e macrófitas. No caso de rios, a atmosfera recebe maior destaque, uma vez que a dinâmica fluvial é caracterizada por elevada turbulência e constante troca de gases na interface água-atmosfera (Wetzel, 2001).

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) oscilaram entre 6,4 mg/L (MON.02 fundo) e 9,5 mg/L (JUS.01 fundo), com média de $7,6 \pm 1,3$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-53). Os perfis de OD evidenciaram leve diminuição das concentrações em direção ao fundo nas estações a montante, embora essas concentrações tenham sido quase sempre superiores a 5 mg/L. Houve maior oxigenação nas estações a jusante, o que está ligada ao efeito do fluxo turbulento da água após a passagem pelos vertedouros (Figura 5-54). Mesmo após o represamento, em geral, não houve depleção do oxigênio nas estações do rio Madeira.

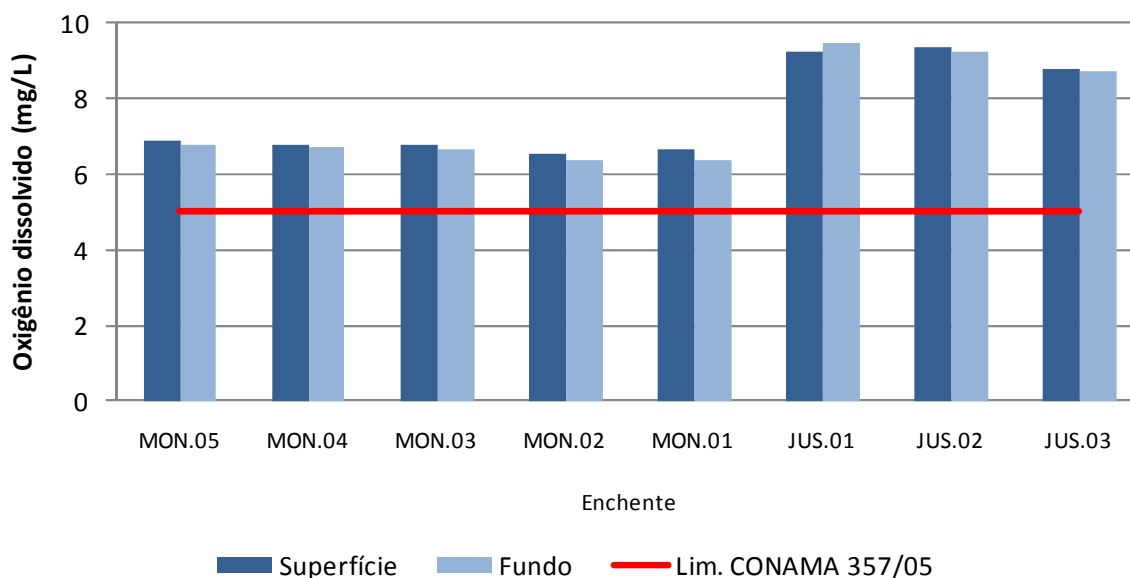


Figura 5-53 - Concentrações de oxigênio dissolvido no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

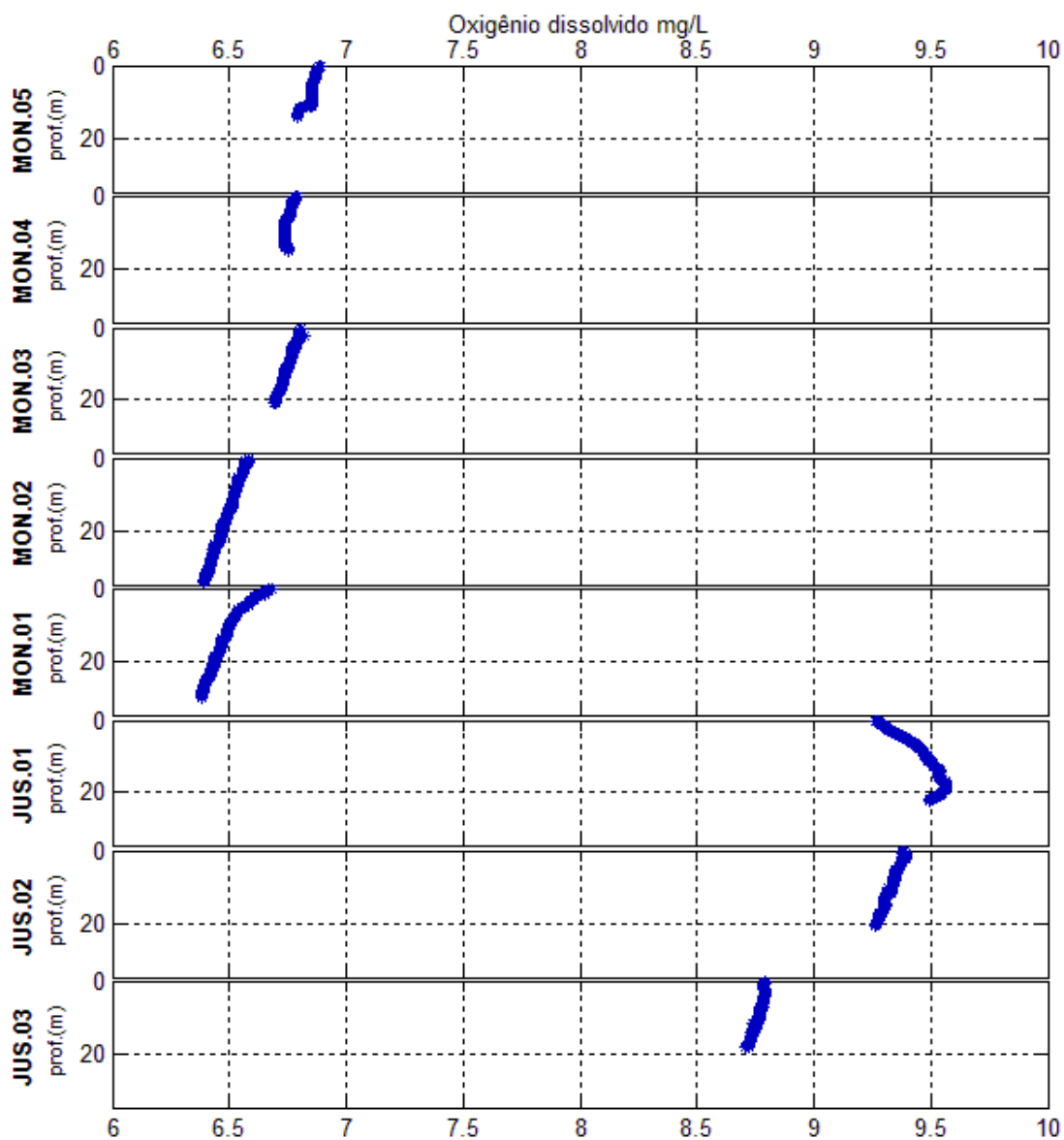


Figura 5-54 - Perfis de concentração de oxigênio dissolvido no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos tributários, o oxigênio dissolvido (OD) variou entre 0,50 mg/L (JAT I.01 fundo) e 6,39 mg/L (TEO meio e fundo), com média de $4,36 \pm 1,82$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-55). Os perfis de oxigênio dissolvido (Figura 5-56) mostraram que as estações CAR, TEO.01, JAT I.01 e CEA.01 apresentaram acentuado decréscimo de oxigênio dissolvido em direção ao fundo, padrão que se espera para ambientes lênticos (Esteves 2011). As estações TEO, JAT I e CEA apresentaram padrão inverso, com aumento das concentrações em direção ao fundo. Isso se deu, provavelmente, devido à entrada de água do rio Madeira, rico em OD. Por outro lado, as demais estações apresentaram coluna d'água homogênea.

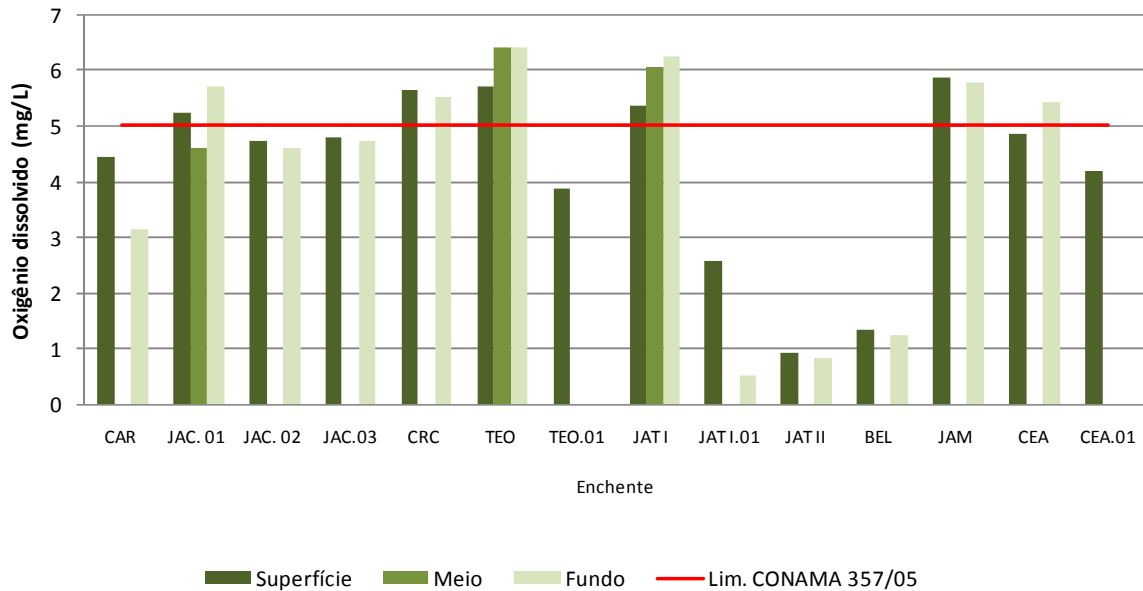
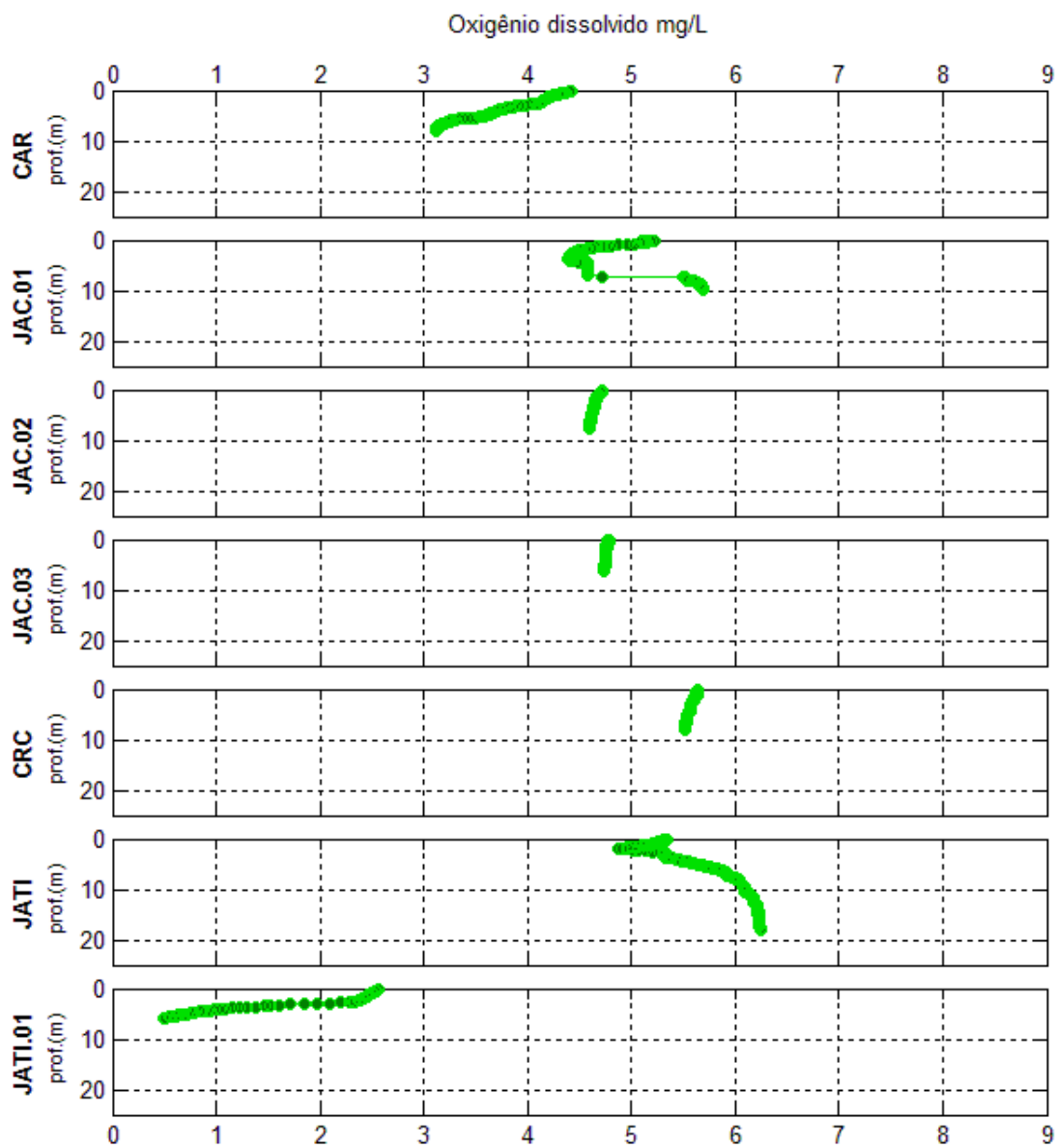


Figura 5-55 - Concentrações de oxigênio dissolvido nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).



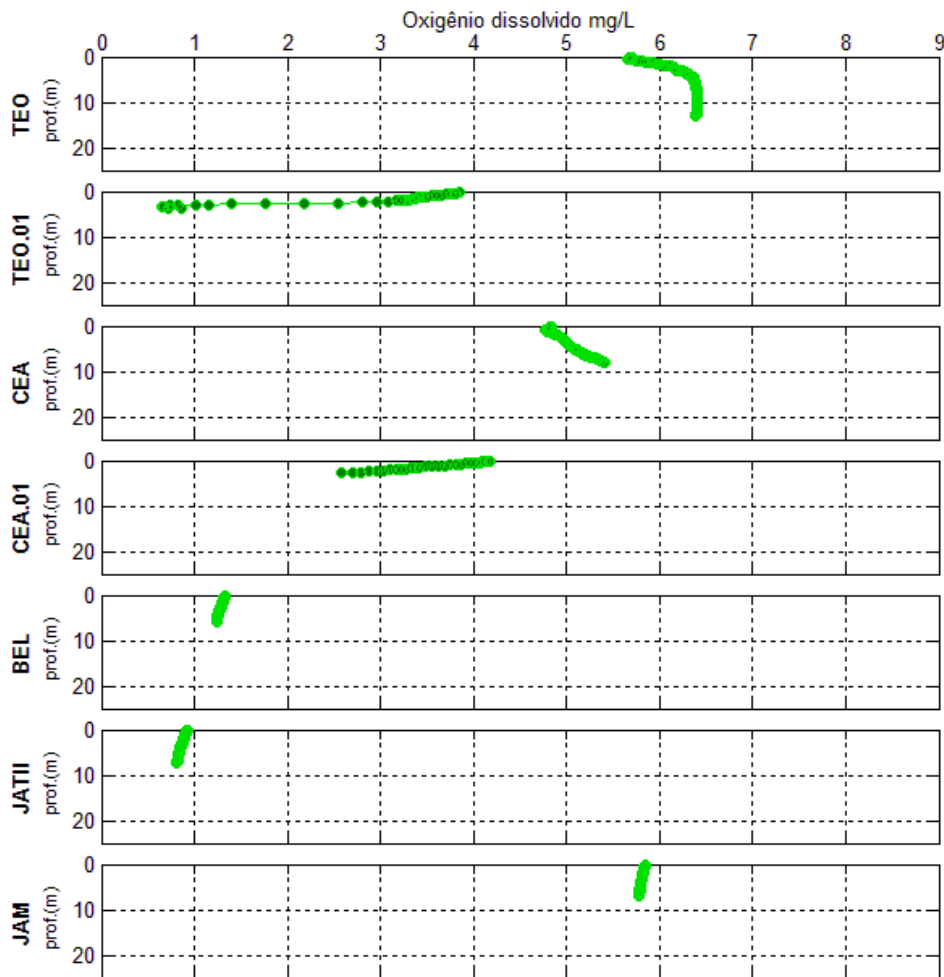


Figura 5-56 - Perfis de oxigênio dissolvido nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais, a média do oxigênio dissolvido (OD) foi de 2,7, \pm 2 mg/L (média \pm DP), com as concentrações oscilando entre 0,4 mg/L (LC.02) e 5,6 mg/L (CUJ) (Figura 5-57). Na estação LC.02, o baixo valor pode estar relacionado à intensa atividade de degradação da matéria orgânica. Os perfis de OD evidenciaram que os lagos e canais apresentaram declínio da concentração de oxigênio com o aumento da profundidade, com oxiclina bem definida. A única exceção foi a estação CC.01, situada no canal de acesso ao lago Cuniã, que não apresentou estratificação da coluna d'água e que pareceu comportar-se mais como um ambiente lótico do que como um lago, sofrendo grande influência do rio Madeira (Figura 5-58). Condições de anoxia são naturais em alguns ecossistemas aquáticos amazônicos (Melack & Fisher, 1983).

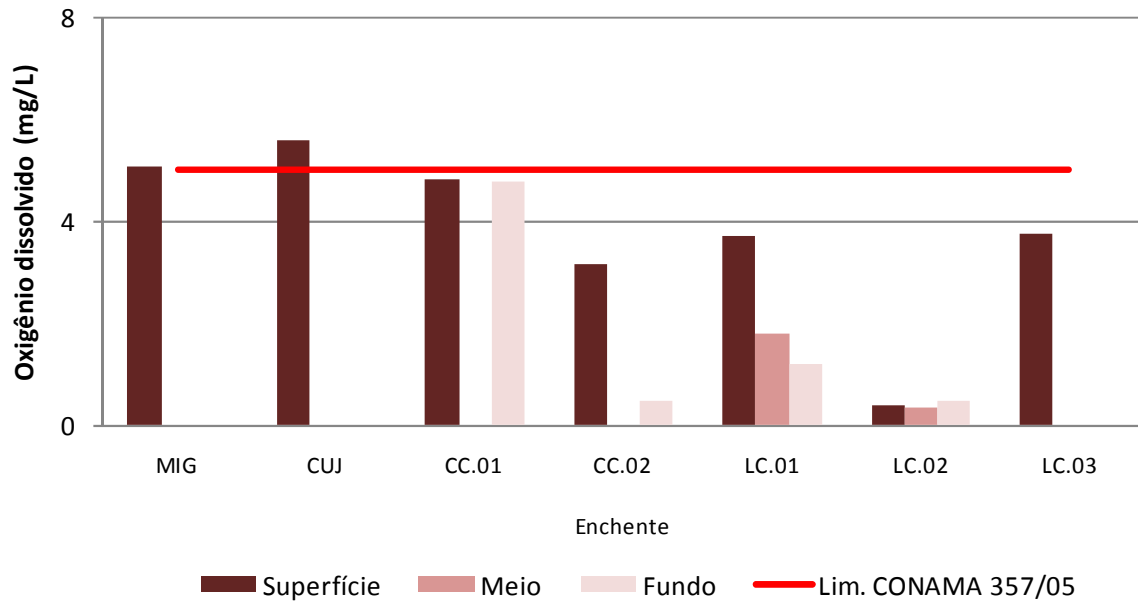


Figura 5-57 - Concentrações de oxigênio dissolvido nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

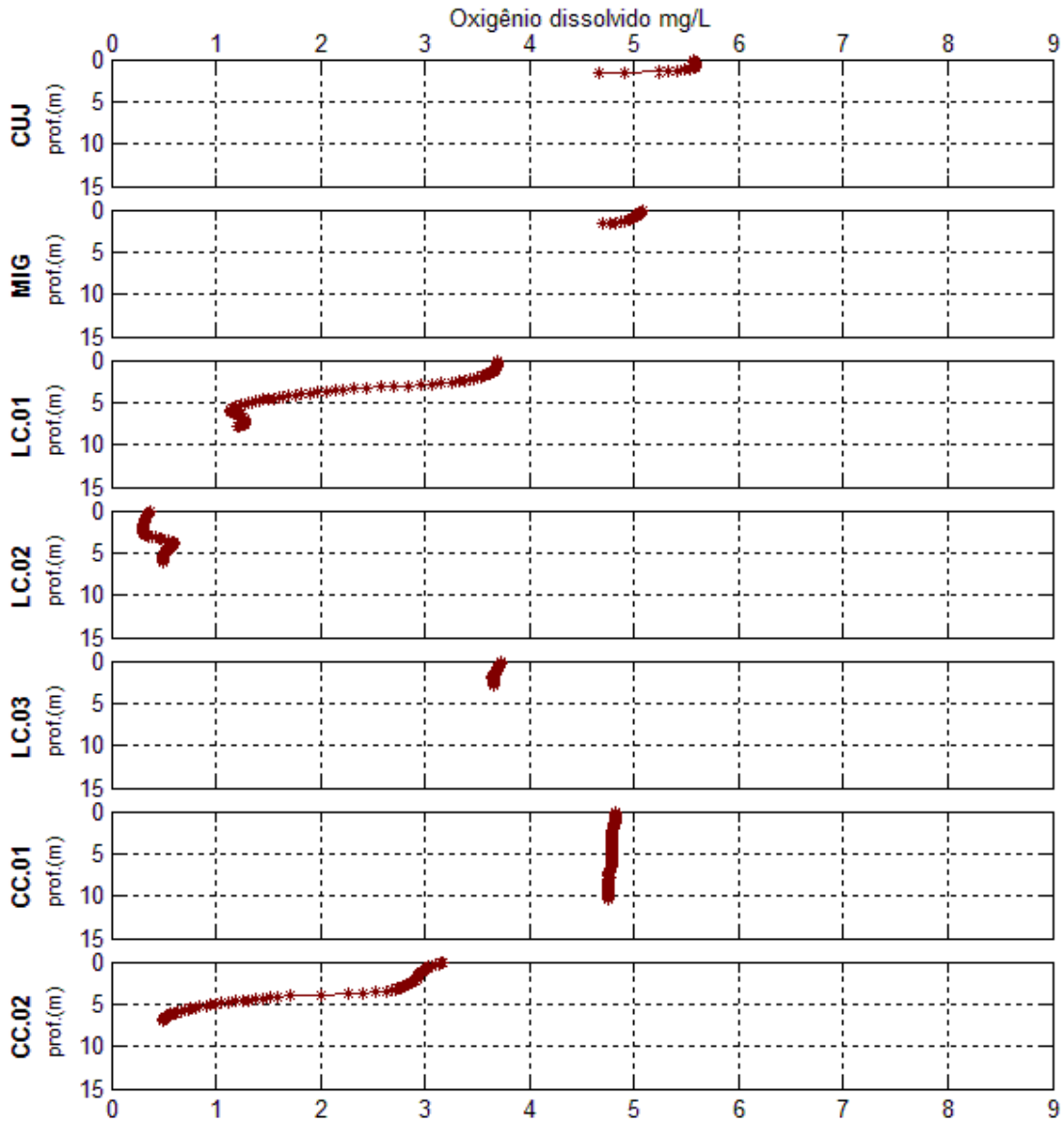


Figura 5-58 - Perfis de oxigênio dissolvido nos lagos e canais, no período de enchente (enchente de 2013).

Na Figura 5-59 pode ser observado que as estações JUS.01 e JUS.02 apresentaram índice de oxigenação maior do que as demais estações. Essas estações situam-se a jusante do barramento e o efeito da passagem da água pelos vertedouros favorece a entrada de oxigênio por difusão. Como JUS.03 está mais de 70 km a jusante da região de corredeiras do rio, os valores decrescem novamente, pois a produção primária no rio Madeira é baixa, devido à baixa transparência da água, o que sugere, uma maior respiração comparada a produção primária.

O padrão sugerido de maiores taxas de respiração comparada as taxas de produção é comum em ambientes aquáticos onde a conectividade entre sistemas, especialmente terra-água, assume uma maior importância em subsidiar processos no ecossistema aquático (Guariento et al. 2009). Por mais que o carbono de origem externa ao sistema aquático (alóctone) tenha, em geral, avançado estado diagenético, e portanto seja de difícil decomposição (Amon & Benner 1996), o carbono de origem alóctone tem sido considerado o principal agente do metabolismo aquático, favorecendo taxas de respiração maiores que taxas de produção em sistemas aquáticos (Biddanda & Cotner 2002).

O valor médio de concentração de oxigênio registrado neste estudo é semelhante ao valor médio das campanhas realizadas nos mesmos períodos (enchente) apresentadas no Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas da UHE Santo Antônio no rio Madeira entre janeiro de 2009 e agosto de 2011 ($7,2 \pm 0,4$ mg/L média \pm DP). Todas as estações do rio Madeira atenderam à concentração mínima de OD (5 mg/L) para corpos d'água de Classe 2 segundo o Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005.

Nos tributários, a maioria das estações não atenderam a concentração mínima de OD para corpos d'água de Classe 2 segundo o Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 (5 mg/L). Estas estações são bem oxigenadas ao longo de todo ano e nos períodos de enchente e águas altas as concentrações ficam abaixo de 5 mg/L, o mesmo padrão registrado pelo Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas da UHE Santo Antônio no rio Madeira entre janeiro de 2009 e agosto de 2011. Esse baixo teor de oxigênio pode ser explicado pela intensa entrada de material de origem terrestre nesse período, o que favorece a decomposição e o consequente consumo do oxigênio.

Já nos lagos e canais as estações CC.01, CC.02, LC.01, LC.02 e LC.03, não atenderam a este limite. A entrada de material de origem terrestre, favorecendo a decomposição e o consequente consumo do oxigênio pode explicar esses valores. Contudo, trata-se de uma condição natural desses ambientes (Melack & Fisher, 1983). Considerando que os lagos e canais se situam cerca de 33 a 130 km a jusante do reservatório da UHE Santo Antônio e, como o fluxo de água não foi alterado nessa região, não há nenhum efeito da usina nesses ambientes.

5.1.4.2 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) informa a quantidade de matéria orgânica e inorgânica em um corpo d'água susceptível à oxidação por via biológica (APHA, 1998). O cálculo da DBO₅ é feito com base nas concentrações de oxigênio no momento da incubação e cinco dias após a incubação da amostra.

Houve pouca variação espacial, com os valores oscilando entre 0,18 mg/L (MON.02 fundo) e 0,6 mg/L (JUS.01), com média de $0,5 \pm 0,3$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-59). Os resultados obtidos neste monitoramento foram semelhantes aos descritos no EIA, que registrou média global de $1,1 \pm 0,6$ mg/L (média \pm DP). Os resultados obtidos não apontam variação espacial e nem efeito do barramento. Os valores obtidos estão bem abaixo do limite estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos de água doce da Classe 2 (5 mg/L).

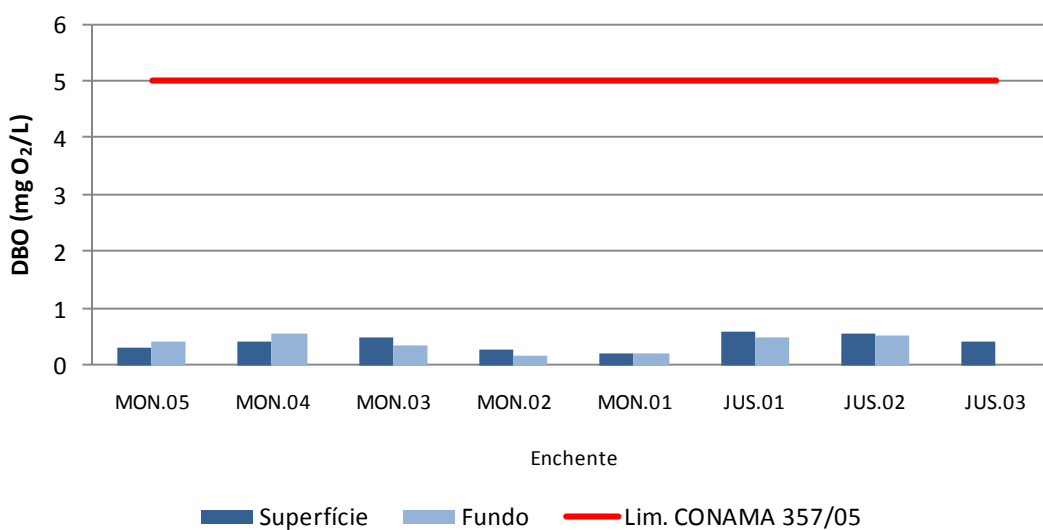


Figura 5-59 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

Os tributários apresentaram baixos valores de DBO₅, com uma média de $1,16 \pm 0,43$ mg/L (média \pm DP). A DBO₅ variou de 0,39 mg/L (CRC) a 1,64 mg/L (JAC.02) (Figura 5-60).

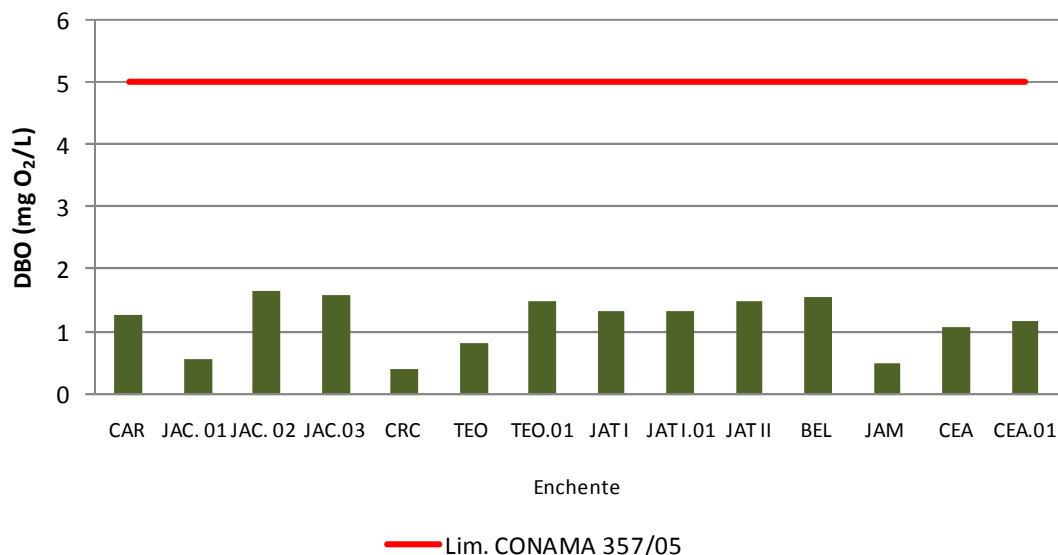


Figura 5-60 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais, a DBO foi geralmente baixa, assim como observado para o rio Madeira e os tributários. Os valores variaram entre 0,7 mg/L (CC.01) e 4,7 mg/L (LC.02), com valor médio de $1,8 \pm 1,2$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-61).

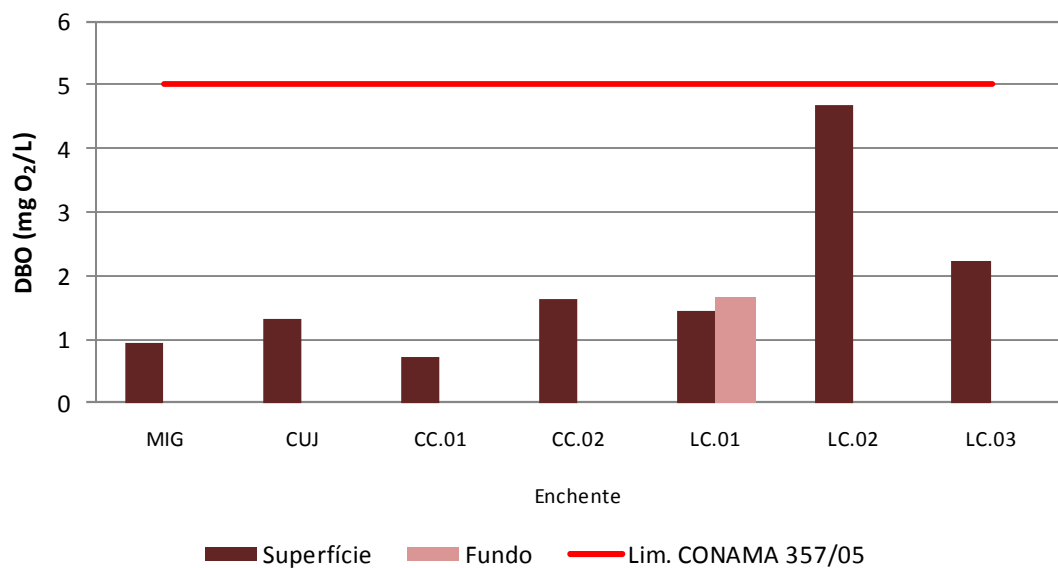


Figura 5-61 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

Todas as estações de monitoramento do rio Madeira, dos tributários e dos lagos e canais atenderam à DBO₅ máxima de 5 mg/L prevista no Art.15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2. Mesmo com a criação do reservatório, os resultados obtidos não apontam para modificações na DBO₅ nos ambientes estudados.

5.1.4.3 - Demanda química de oxigênio (DQO)

A demanda química de oxigênio (DQO) corresponde à medida da quantidade de matéria orgânica e inorgânica susceptível à oxidação química em um corpo d'água. A DQO é geralmente superior à DBO, uma vez que compostos biodegradáveis também são oxidados nesta análise (APHA, 1998).

No rio Madeira, a DQO variou de 32 mg/L (MON.03 superfície) a 62 mg/L (JUS.02 fundo), com um valor médio de 46 ± 10 mg/L (média \pm DP) (Figura 5-62). Os valores encontrados estiveram próximos aos apresentados no EIA, que relata valor médio de 40 ± 16 mg/L (média \pm DP).

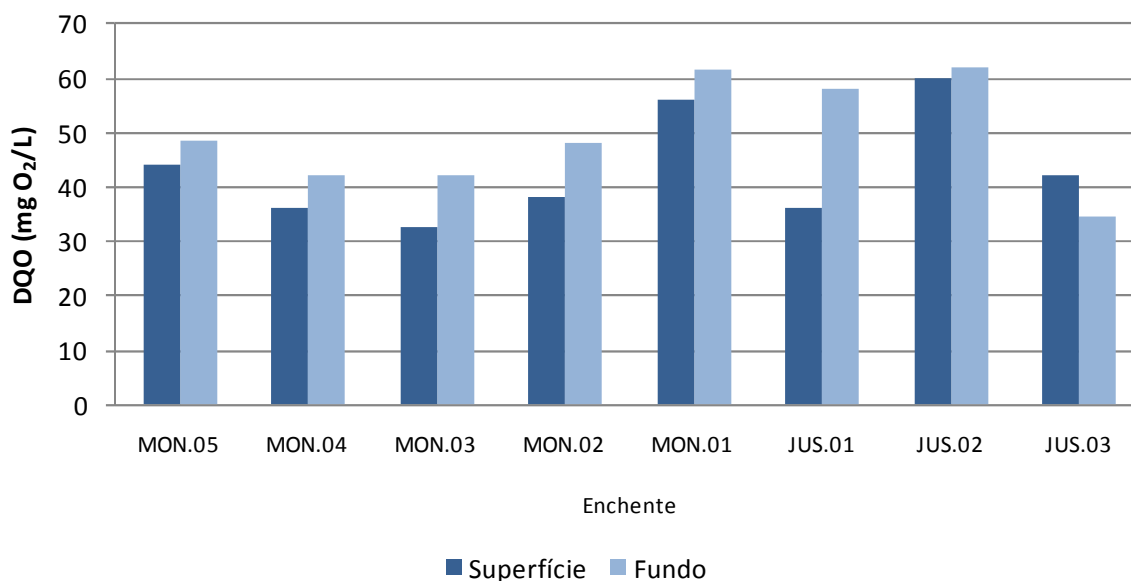


Figura 5-62 - Demanda química de oxigênio (DQO) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

Os valores de DQO nos tributários oscilaram entre 7 mg/L (JAM) e 62 mg/L (TEO), com valor médio de 34 ± 18 mg/L (média \pm DP) (Figura 5-63). Por se tratarem de ambientes diferentes e desconectados, a DQO variou bastante entre as estações.

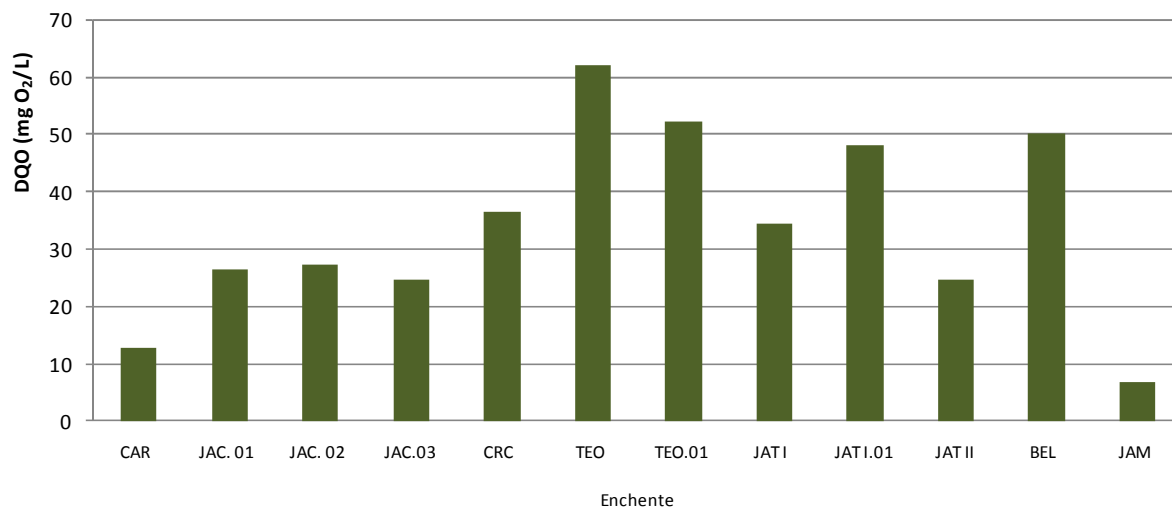


Figura 5-63 - Demanda química de oxigênio (DQO) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais, a DQO foi geralmente mais baixa do que no rio Madeira e nos tributários. Os valores oscilaram entre 13 mg/L (LC.03) e 41 mg/L (CC.01), com valor médio de 24 ± 10 mg/L (média \pm DP) (Figura 5-64).

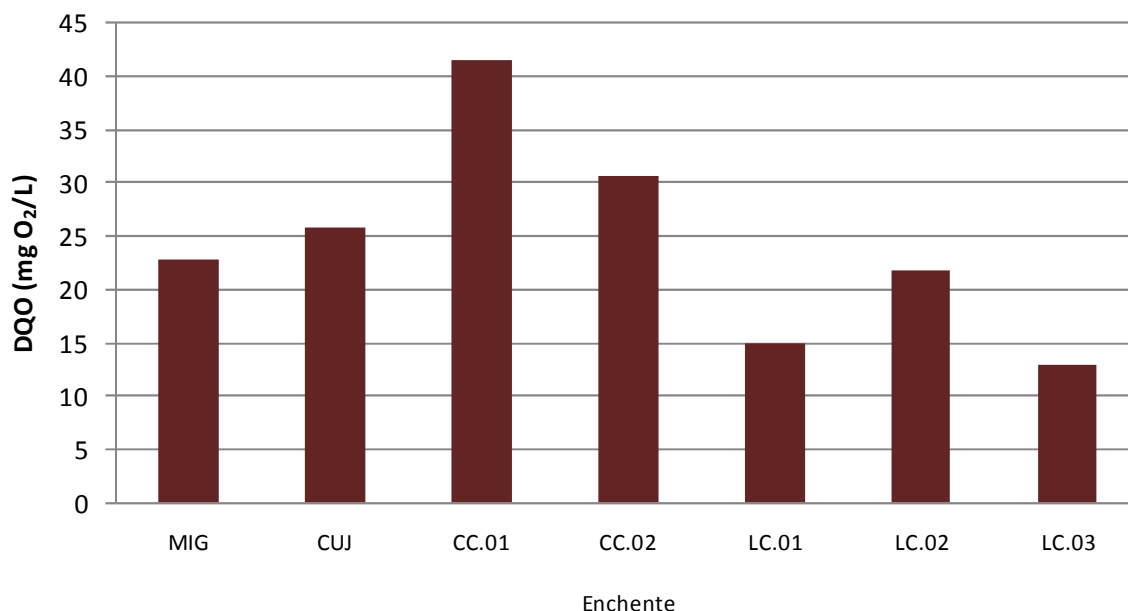


Figura 5-64 - Demanda química de oxigênio (DQO) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

Mesmo com a criação do reservatório, os resultados obtidos não apontam para modificações nos valores de DQO nos ambientes amostrados.

5.1.4.4 - Carbono inorgânico, Carbono orgânico total, Carbono total, Carbono orgânico refratário e Carbono orgânico dissolvido

O carbono inorgânico (CI) apresentou valores mínimo e máximo de 5,4 mg/L (MON.01 superfície) e 6,6 mg/L (MON.03 superfície), respectivamente. O valor médio foi de $5,9 \pm 0,3$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-65). Houve pouca variabilidade espacial nas concentrações de CI e a variação entre superfície e fundo foi praticamente inexistente, com valores muito próximos. Esses resultados indicam que a formação do reservatório não influenciou, até o presente momento, a dinâmica do CI nas estações do rio Madeira.

A média do carbono orgânico total (COT) foi de $6,0 \pm 0,8$ mg/L (média \pm DP), variando entre 5,1 mg/L (MON.02 superfície) e 7,9 mg/L (JUS.01 superfície) (Figura 5-66). As concentrações de COT no rio Madeira geralmente atingem seus maiores valores nos períodos de enchente e águas altas e os menores valores nos períodos de vazante e águas baixas. O mesmo acontece com o carbono orgânico dissolvido (COD) que registrou valores que oscilaram entre 4,1 mg/L (JUS.02 superfície) e 5,7 mg/L (JUS.03 fundo). O valor médio foi de $4,9 \pm 0,5$ mg/L (média \pm DP), inferior ao valor médio das campanhas realizadas nos mesmos períodos (enchente) apresentadas no Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas da UHE Santo Antônio no rio Madeira entre janeiro de 2009 e agosto de 2011 ($8,3 \pm 2,1$ mg/L média \pm DP) (Figura 5-67).

Houve equivalência na composição do carbono total (CT) no rio Madeira, A parcela inorgânica contribuiu em média com 49,7% e a orgânica com 50,3% do total. O CT não apresentou grande variação espacial, de forma que a concentração média foi $11,9 \pm 0,8$ mg/L (média \pm DP), variando entre 10,9 mg/L (JUS.02 fundo) e 13,1 mg/L (JUS.03 superfície) (Figura 5-68).

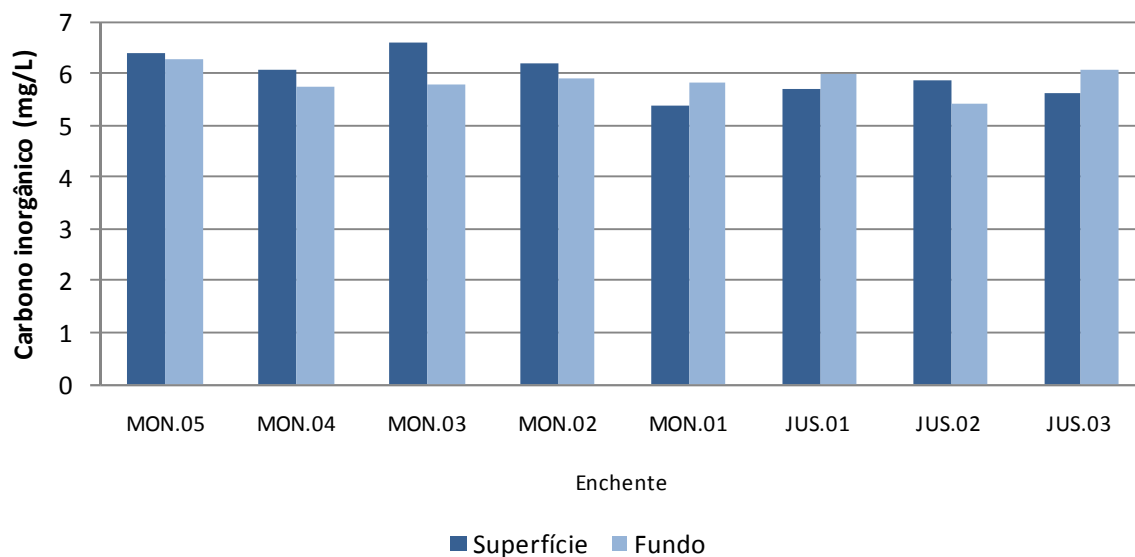


Figura 5-65 - Concentrações de carbono inorgânico no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

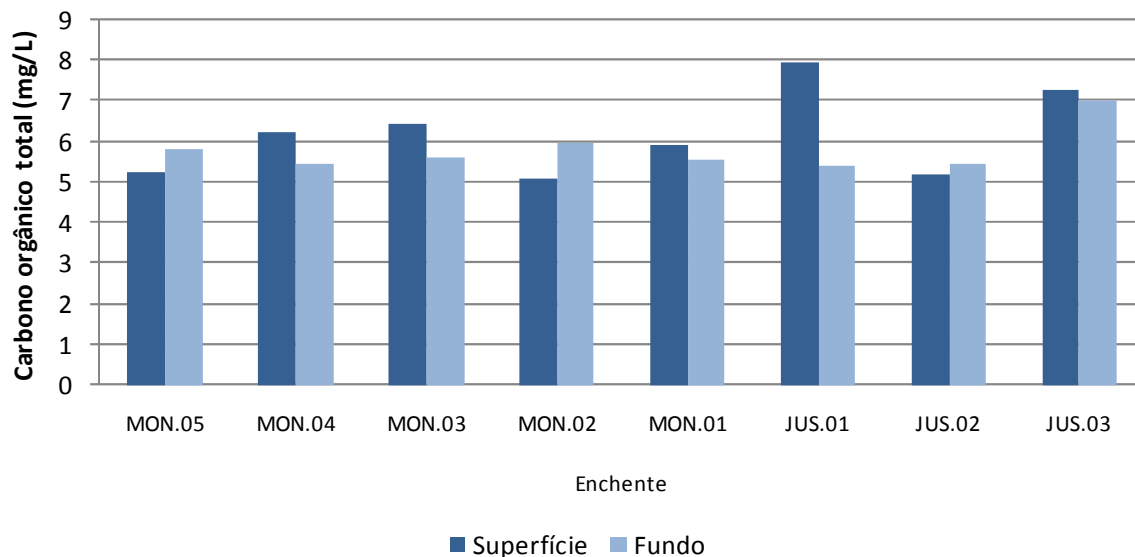


Figura 5-66 - Concentrações de carbono orgânico total (COT) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

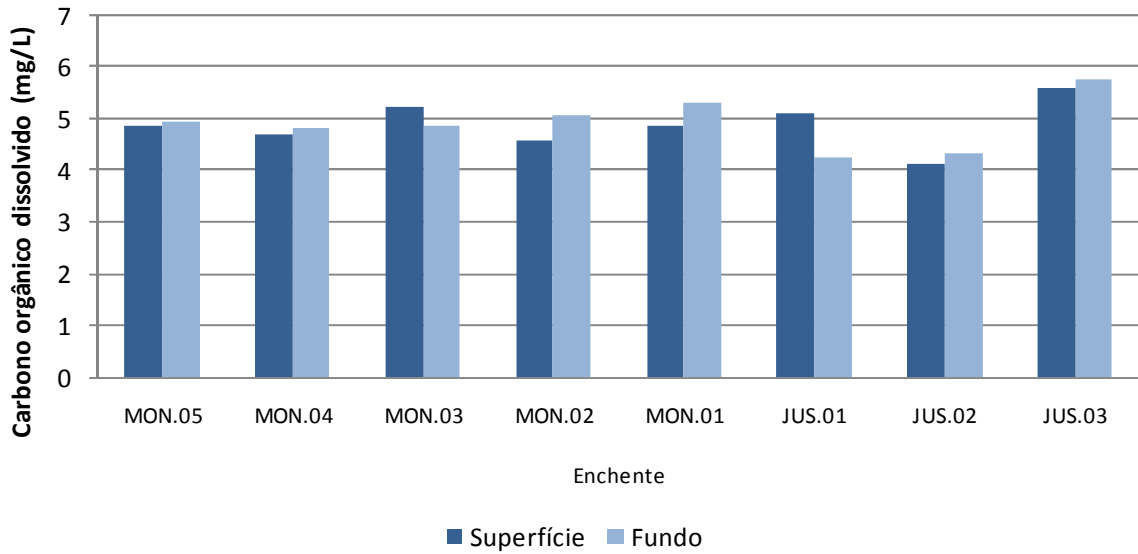


Figura 5-67 - Concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

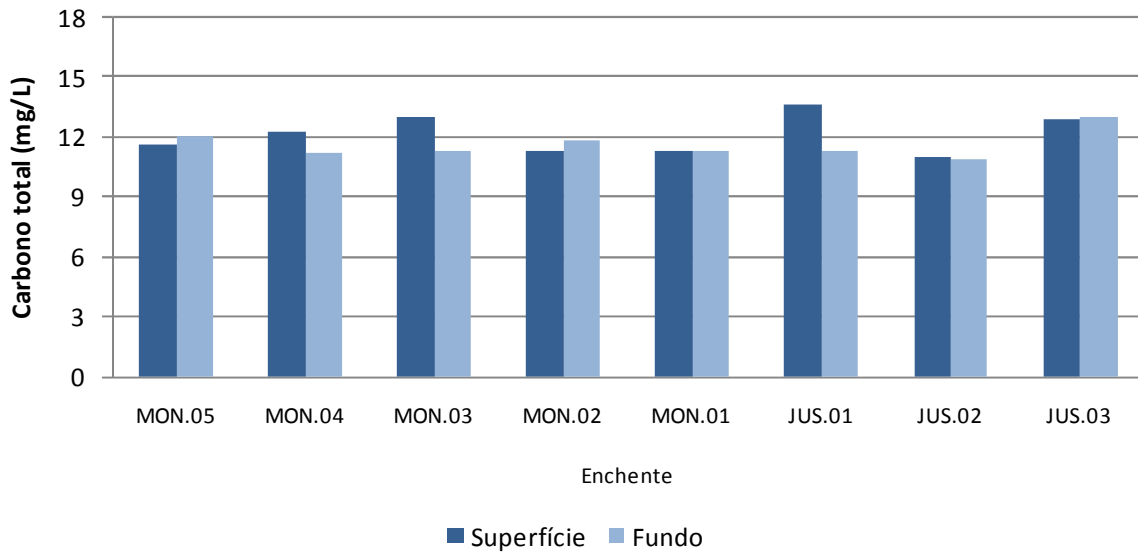


Figura 5-68 - Concentrações de carbono total (CT) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos tributários, os valores de carbono inorgânico foram menores que no rio Madeira. A concentração média dessa parcela foi de $3,5 \pm 1,5$ mg/L (média \pm DP), de modo que as concentrações oscilaram entre 2,1 mg/L (JAM) e 6,4 mg/L (CEA) (Figura 5-69). Os valores de CI mais elevados foram encontrados nas estações CRC, TEO.01, JAT.I e CEA, estações que apresentaram características da água semelhantes às do rio Madeira, que tem maiores concentrações de CI. Essas estações estão situadas em braços reservatório e boa parte da água que banha esses ambientes é oriunda do rio Madeira.

As concentrações de carbono orgânico total (COT) oscilaram entre 5,1 mg/L (JAM) e 10,7 mg/L (CEA.01), com uma média de $6,7 \pm 1,7$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-70). O carbono orgânico dissolvido (COD) apresentou média de $5,1 \pm 0,7$ mg/L (média \pm DP). Os valores oscilaram entre 3,8 mg/L (JAT II) e 6,8 mg/L (CEA) (Figura 5-71).

Não houve equivalência na composição do carbono total (CT) nos tributários, sendo que a parcela orgânica respondeu, em média, por 65% do carbono total. A concentração média de CT foi de $10,2 \pm 2,7$ mg/L (média \pm DP), sendo que os valores oscilaram entre 7,3 mg/L (JAM) e 15,2 mg/L (TEO.01) (Figura 5-72).

Em geral, os maiores valores foram observados nas estações TEO.01 e CEA.01, esses valores estão provavelmente ligados ao aporte de matéria alóctone, que é maior quando o nível da água está mais elevado.

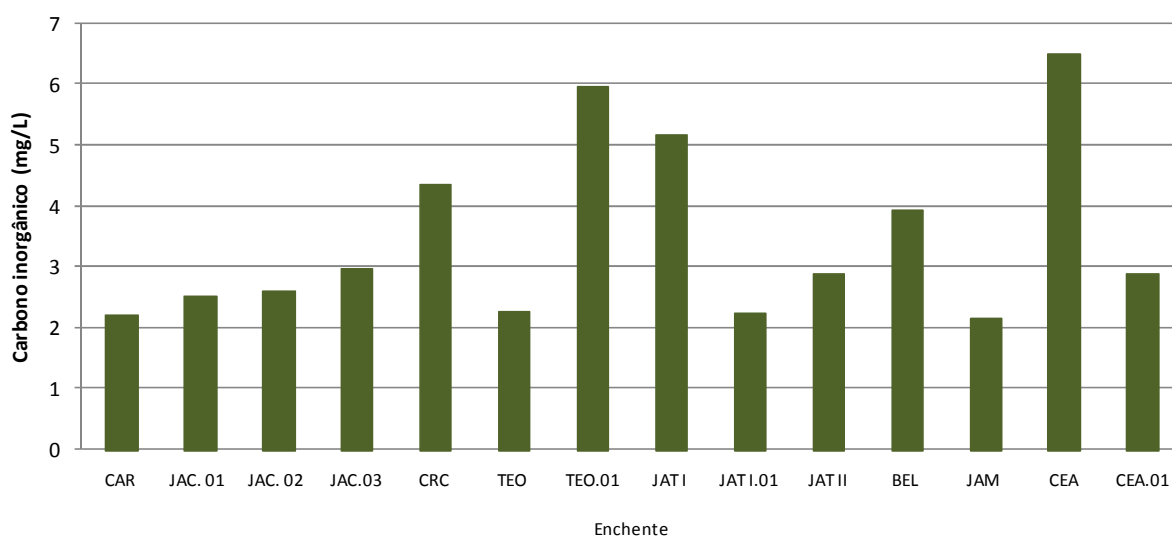


Figura 5-69 - Concentrações de carbono inorgânico nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

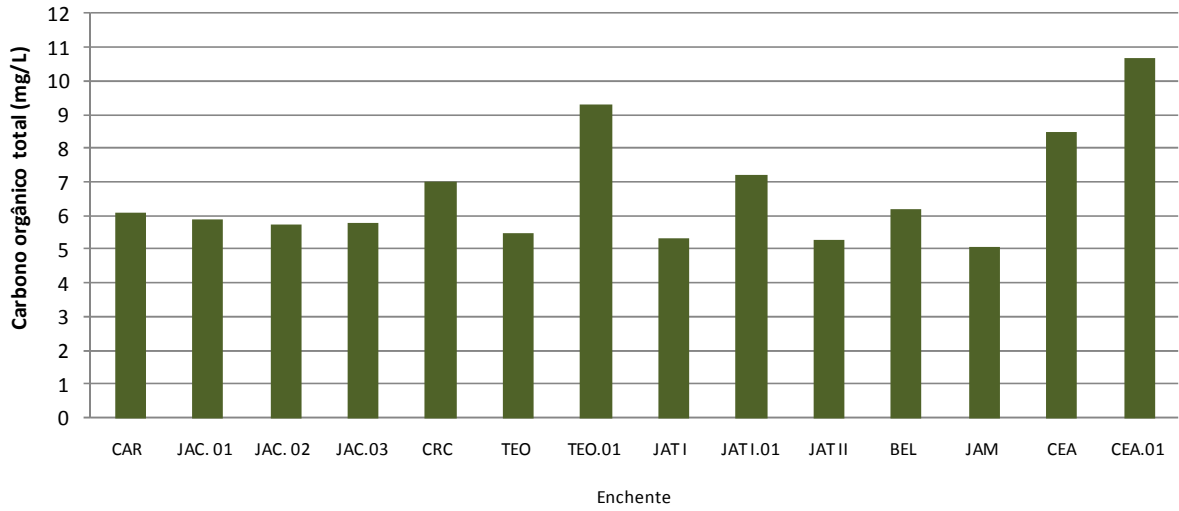


Figura 5-70 - Concentrações de carbono orgânico total (COT) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

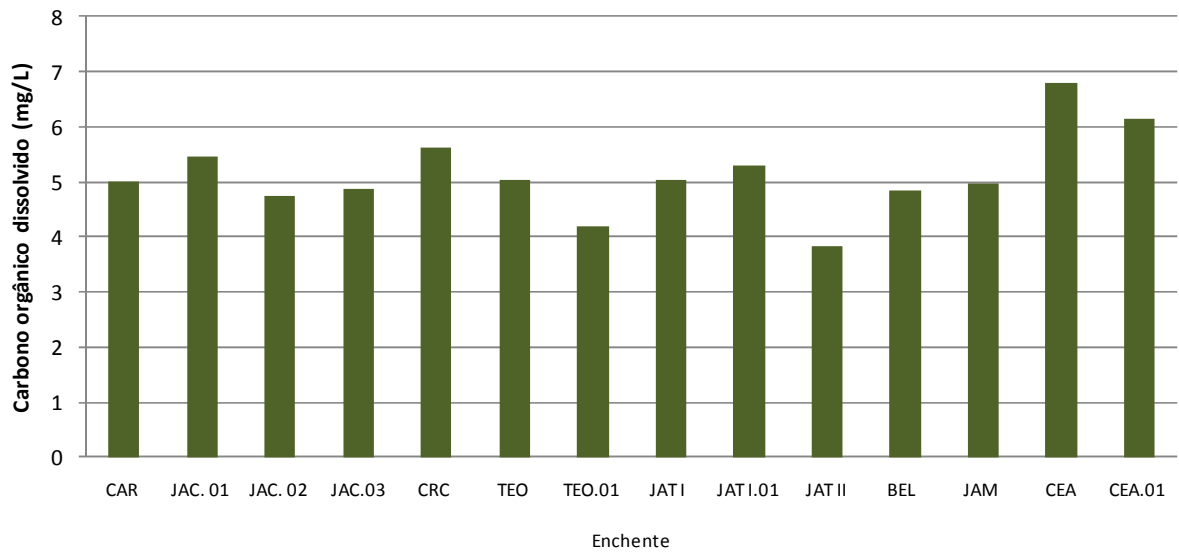


Figura 5-71 - Concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

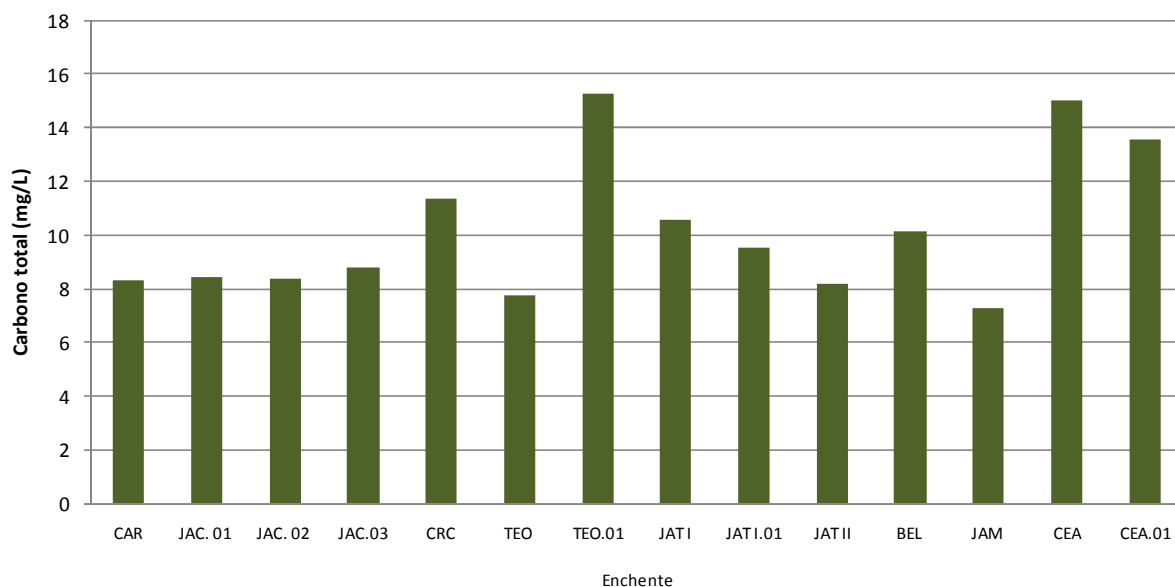


Figura 5-72 - Concentrações de carbono total (CT) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais, o carbono inorgânico (CI) apresentou concentração média de $3,3 \pm 1,5$ mg/L (média \pm DP). Os valores de CI oscilaram entre 1,6 mg/L (LC.01) e 5,5 mg/L (CC.01) (Figura 5-73).

As concentrações de carbono orgânico total (COT) oscilaram entre 6,6 mg/L (LC.02) e 9,5 mg/L (MIG), com uma média de $7,7 \pm 1,0$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-74). O carbono orgânico dissolvido (COD) apresentou média de $6,6 \pm 0,4$ mg/L (média \pm DP). Os valores oscilaram entre 6,0 mg/L (MIG) e 7,3 mg/L (LC.01) (Figura 5-75).

O carbono total (CT) dos lagos e canais foi composto predominantemente pela parcela orgânica, que respondeu por 69% do total. As concentrações de CT oscilaram entre 9,0 mg/L (LC.01) e 14,1 mg/L (MIG), com média de $11,0 \pm 1,8$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-76).

Mesmo com a criação do reservatório, os resultados obtidos não apontam para modificações nos lagos e canais amostrados. Todos os lagos e canais estão situados a jusante do reservatório da UHE Santo Antônio, em uma distância superior a 33 km e, como o fluxo de água não foi alterado, não há grande efeito da usina sobre esses ambientes.

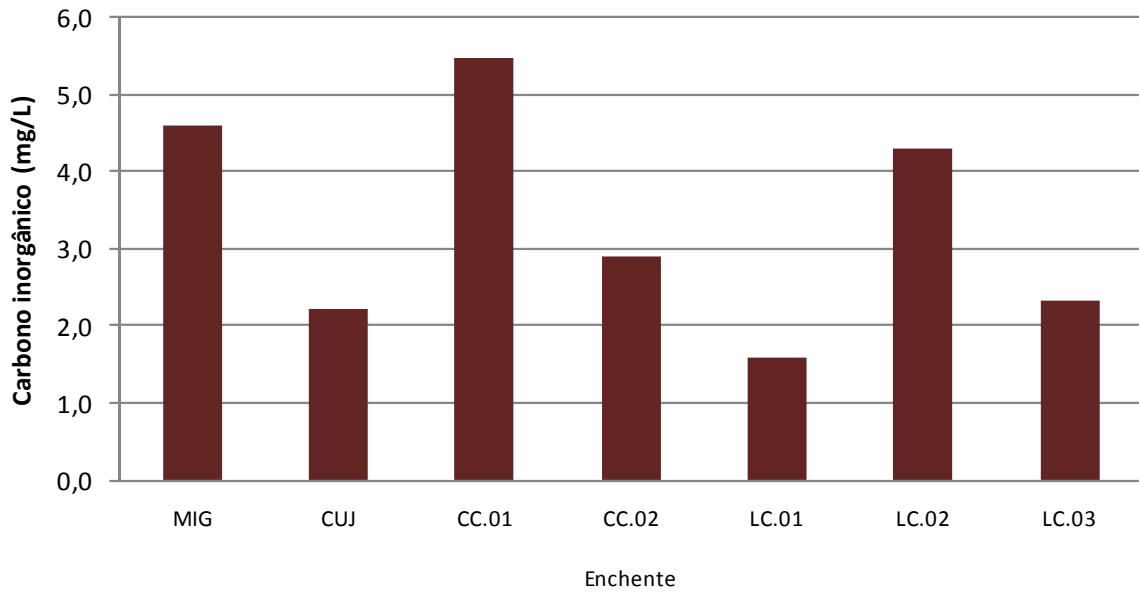


Figura 5-73 - Concentrações de carbono inorgânico (CI) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

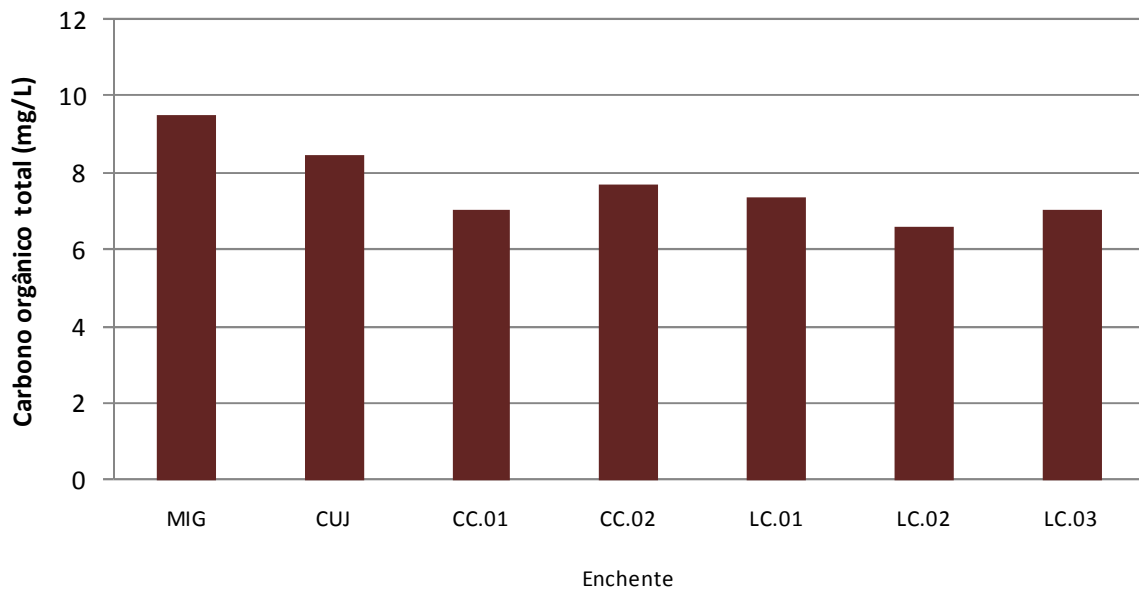


Figura 5-74 - Concentrações de carbono orgânico total (COT) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

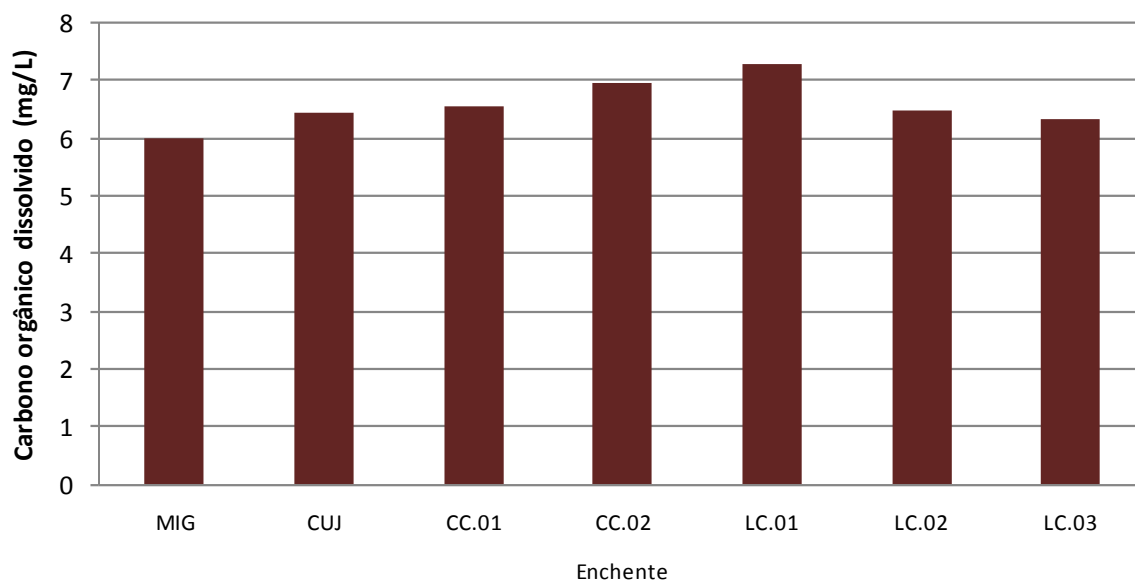


Figura 5-75 - Concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

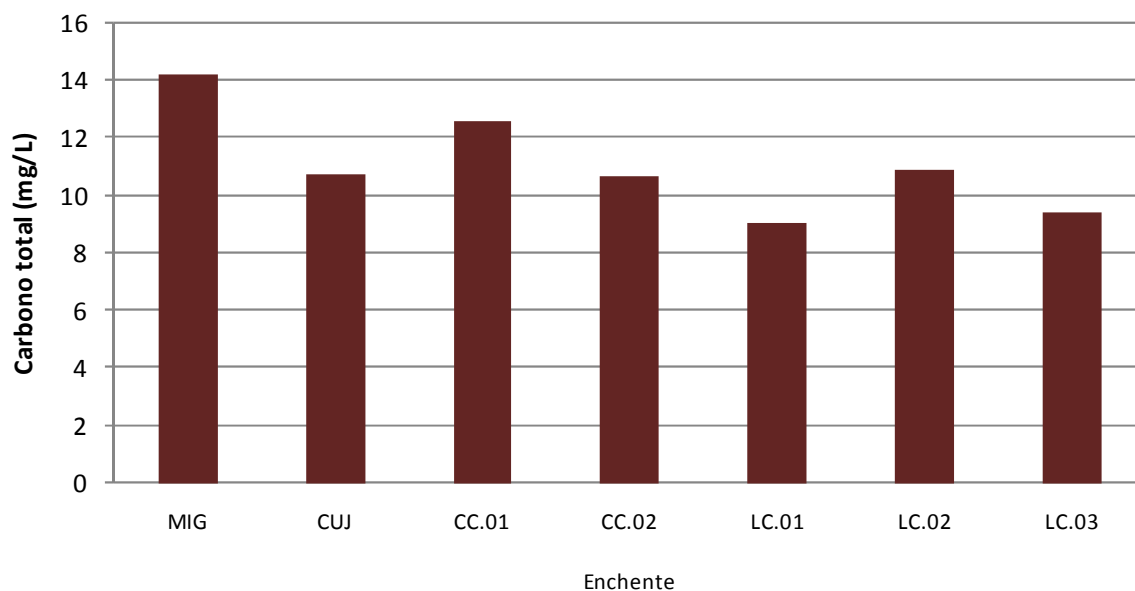


Figura 5-76 - Concentrações de carbono total (CT) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

5.1.5 - Química II

5.1.5.1 - Sistema tampão (alcalinidade, dureza e dureza devido ao cálcio e magnésio)

A alcalinidade mede a capacidade tamponante do sistema. Os valores médios de alcalinidade oscilaram entre 20 mg/L (MON.02 superfície) e 27 mg/L (MON.03 superfície), com média de $22 \pm 1,7$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-77). Os valores encontrados corroboram o que foi relatado no EIA, onde a alcalinidade média descrita é de $26,4 \pm 2,5$ mg/L (média \pm DP). As principais substâncias responsáveis por conferir alcalinidade aos ecossistemas aquáticos são os bicarbonatos, os carbonatos e os hidróxidos. A distribuição entre as três formas ocorre em função do pH: $4,4 < \text{pH} < 8,3$ (bicarbonatos); $8,3 < \text{pH} < 9,4$ (carbonatos); $\text{pH} > 9,4$ (hidróxidos e carbonatos). Como o pH do rio Madeira esteve sempre entre 4,4 e 8,3, toda a alcalinidade deveu-se aos bicarbonatos.

A dureza da água é consequência de cátions como o cálcio e o magnésio. Os valores da dureza do rio Madeira na superfície oscilaram entre 19,5 mg/L (MON.02) e 29 mg/L (MON.05), com média de 24 ± 7 mg/L (média \pm DP) (Figura 5-78). Os valores de dureza permitem classificar as águas do rio Madeira como “mole”. A maior parte da dureza foi conferida pelo magnésio ($14 \pm 5,2$ mg/L, média \pm DP). Os valores oscilaram entre 11,1 mg/L (MON.02 superfície) e 32,2 mg/L (MON.03 fundo) (Figura 5-79). Já a dureza devido ao cálcio apresentou média de $10 \pm 2,1$ mg/L (média \pm DP), com os valores oscilando entre 8,3 mg/L (MON.02 superfície) e 17 mg/L (MON.03 fundo) (Figura 5-80). No rio Madeira, a variação vertical foi mínima ou ausente para todas as variáveis do sistema tampão.

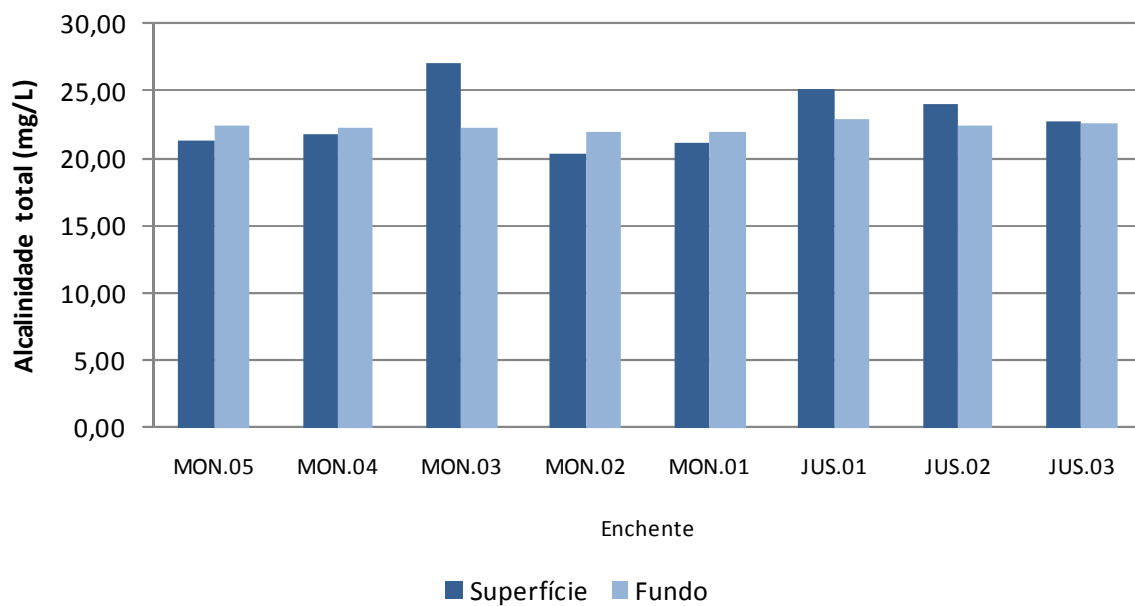


Figura 5-77 - Alcalinidade total no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

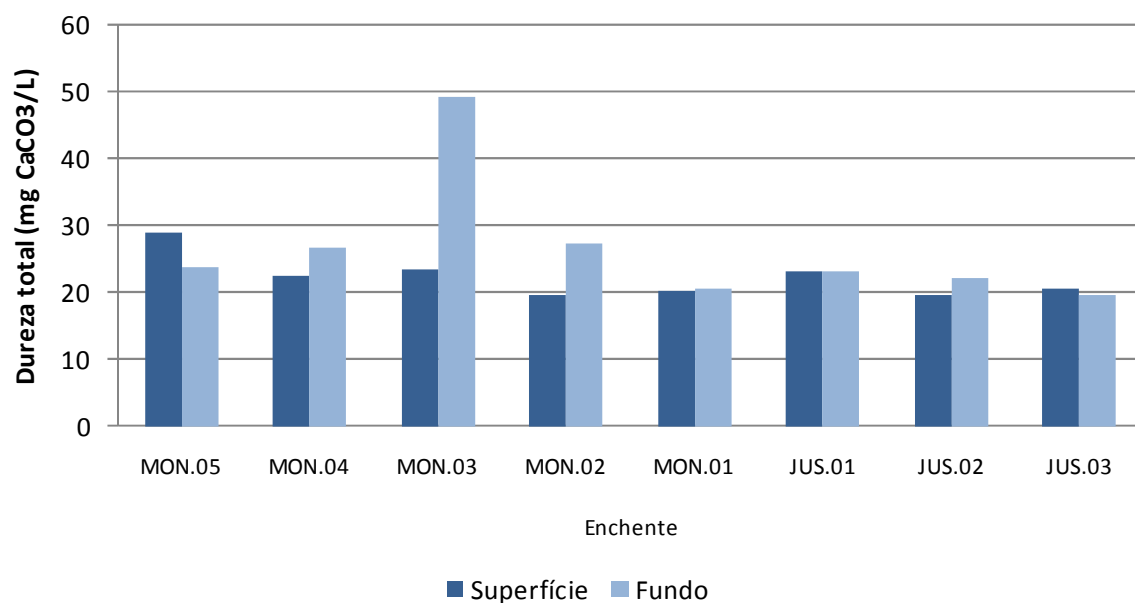


Figura 5-78 - Dureza total da água no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

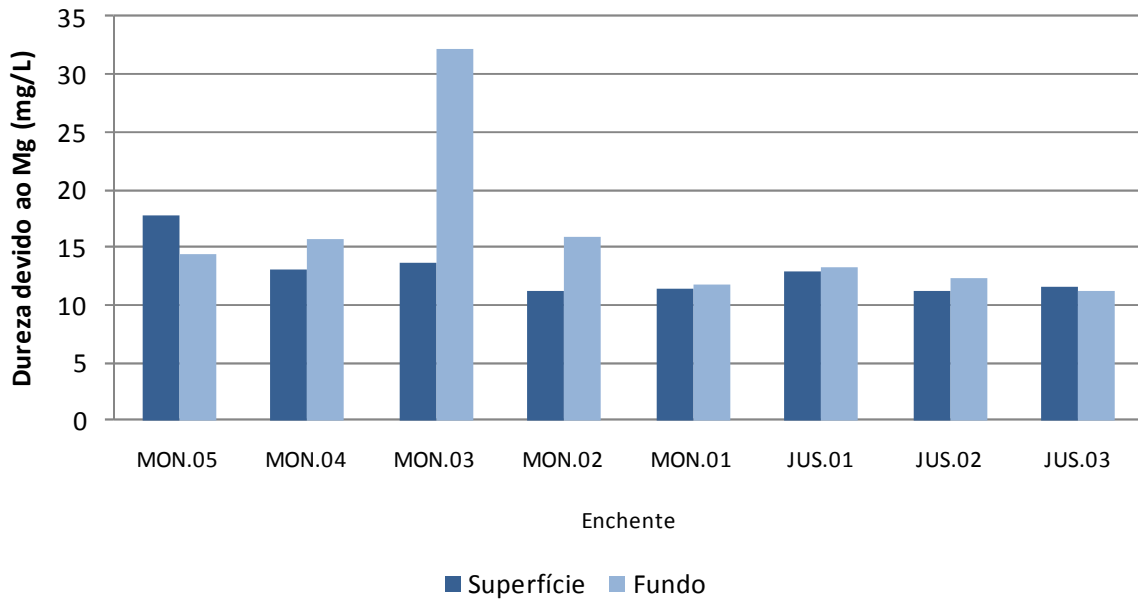


Figura 5-79 - Dureza devido ao magnésio no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

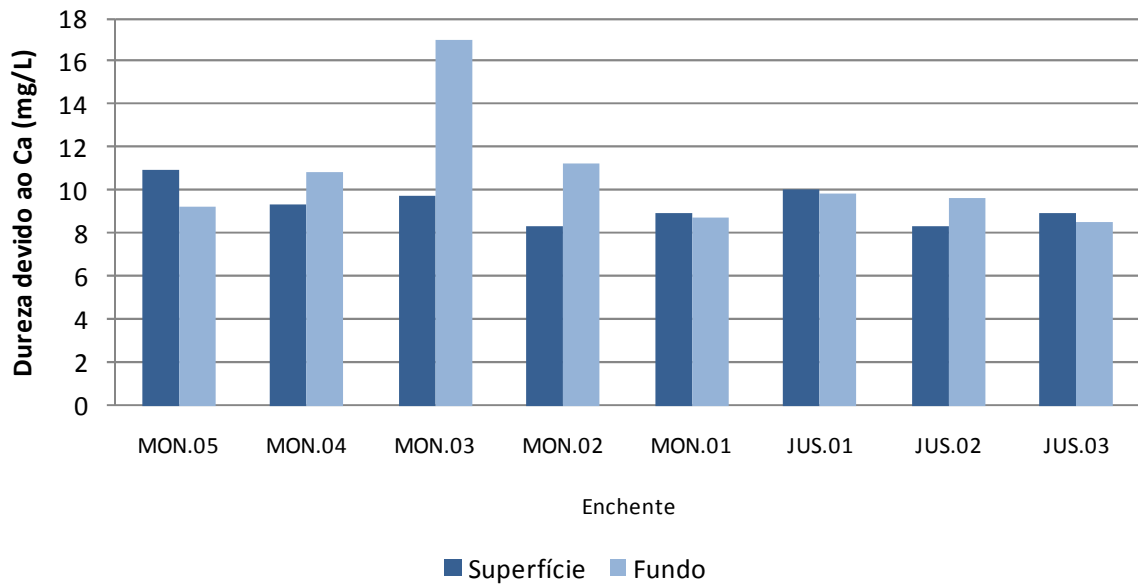


Figura 5-80 - Dureza devido ao cálcio no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

A alcalinidade média dos tributários oscilou entre 0,4 mg/L (JAT II) e 22,5 mg/L (CEA), com média de $9 \pm 7,2$ mg/L (média \pm DP). (Figura 5-81). Os maiores valores encontrados nas estações CRC, TEO, JAT I e CEA foram responsáveis por elevar o desvio padrão da alcalinidade nos tributários. Como o pH situou-se sempre entre 4,4 e 8,3, toda a alcalinidade dos tributários foi devida ao bicarbonato.

A dureza da água apresentou média de $4,9 \pm 5,6$ mg/L (média \pm DP), com os valores oscilando entre 0,68 mg/L (CAR) e 14,74 mg/L (TEO) (Figura 5-82). A dureza dos tributários deveu-se principalmente ao magnésio, que teve média de $2,9 \pm 2,6$ mg/L (média \pm DP), variando entre 0,68 mg/L (CAR) e 7,49 mg/L (TEO) (Figura 5-83). Já a dureza devido ao cálcio oscilou entre 0,22 mg/L (CEA.01) e 7,62 mg/L (JAT I), com média global de $2,0 \pm 3,1$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-84). As estações CAR, JAC.01, JAC.02, TEO.01, JAT I.01, JAT II e JAM apresentaram valores abaixo do limite de quantificação. As águas dos tributários podem ser classificadas como “mole”.

Os maiores valores de dureza foram registrados nas estações CRC, TEO, JAT I e CEA. Essas estações apresentam grande influência do rio Madeira, já que estão situadas em braços do reservatório e boa parte da água que banha esses ambientes é oriunda do rio Madeira.

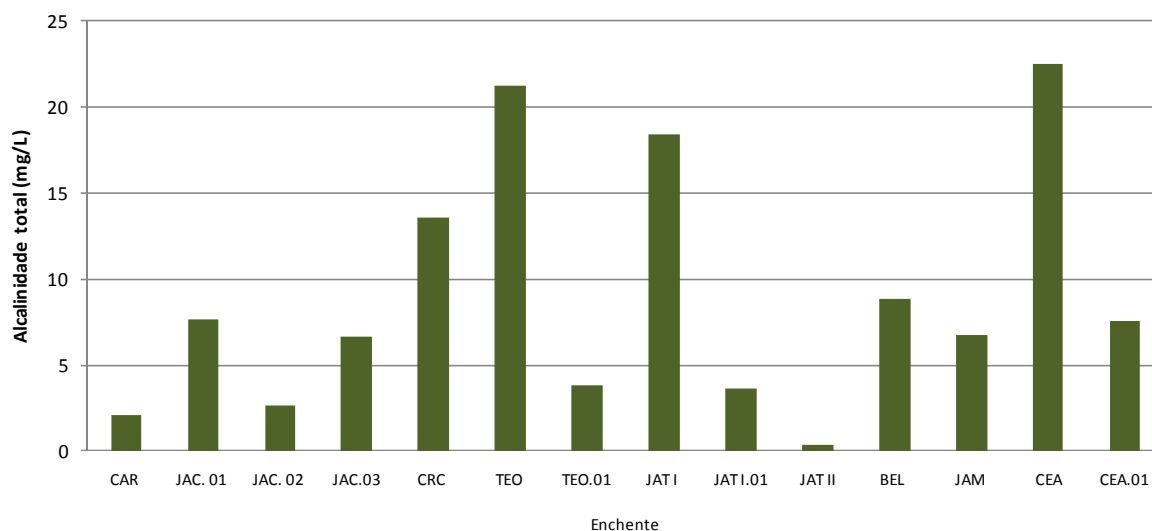


Figura 5-81 - Alcalinidade total nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

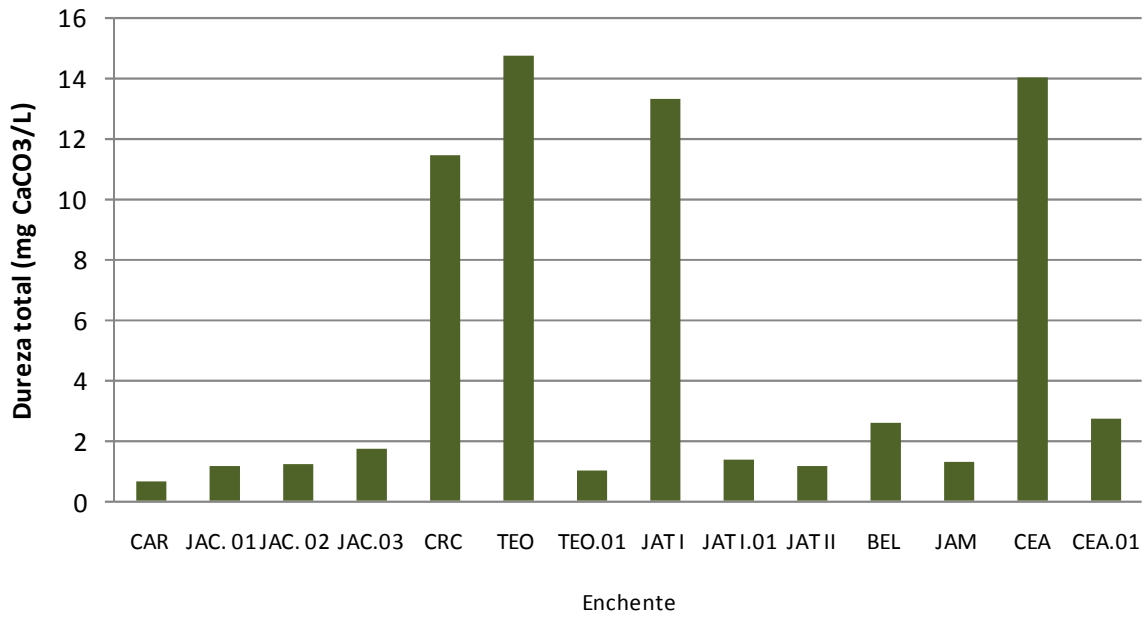


Figura 5-82 - Dureza total da água nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

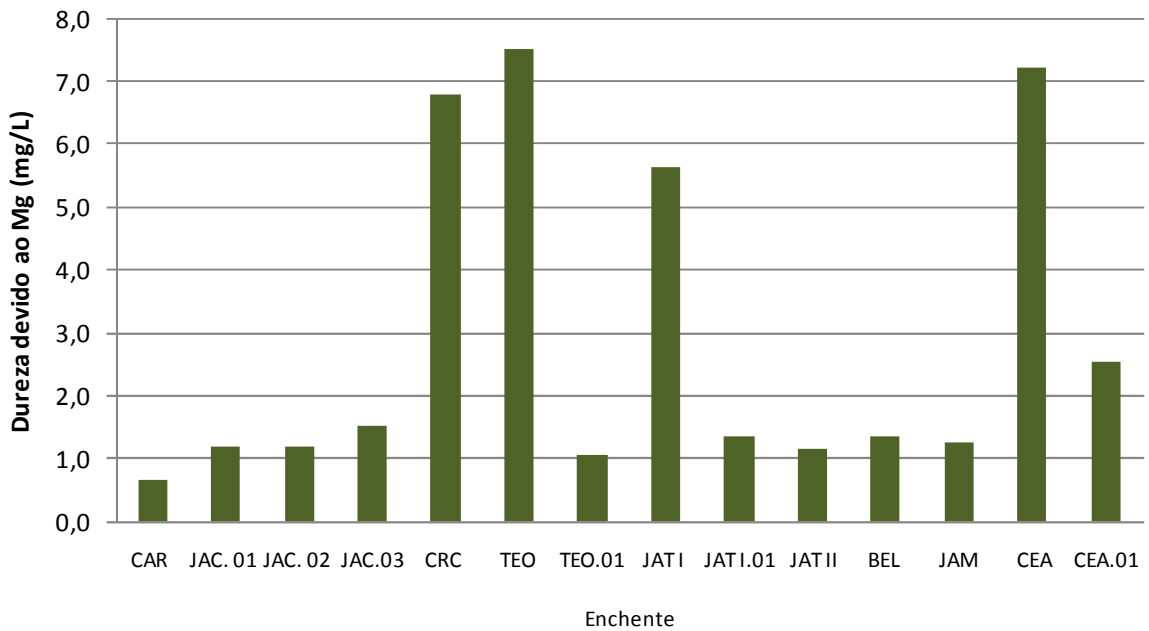


Figura 5-83 - Dureza devido ao magnésio nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

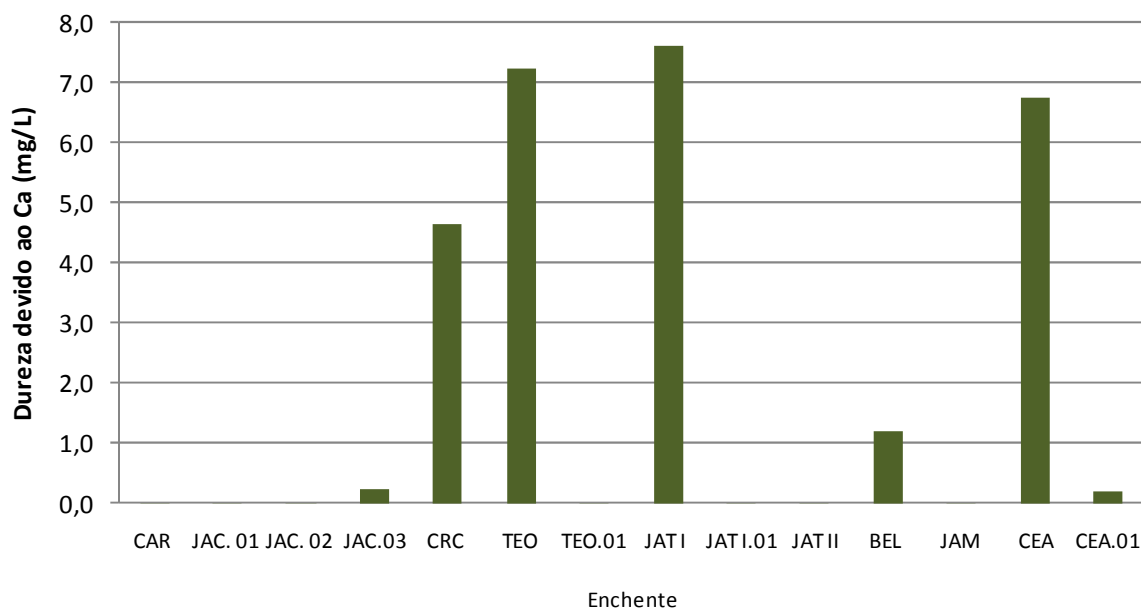


Figura 5-84 - Dureza devido ao cálcio nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Dentre os três tipos de ambientes amostrados, os lagos e canais foram os que apresentaram os menores valores de alcalinidade. Os valores da alcalinidade oscilaram entre 0,41 mg/L (MIG) e 21,2 mg/L (CC.01), com valor médio de $6,9 \pm 6,9$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-85). Como o pH dos lagos e canais situou-se sempre entre 4,4 e 8,3, toda a alcalinidade foi devida ao bicarbonato. Na estação LC.01 superfície a alcalinidade foi abaixo do limite de quantificação do método.

A dureza da água dos lagos e canais oscilou entre 0,9 mg/L (LC.01 superfície) e 14,4 mg/L (CC.01), com média de $3,6 \pm 4,2$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-86). O alto valor encontrado na estação CC.01 foi responsável por elevar tanto a média global, quanto o desvio padrão da dureza nos lagos e canais. A dureza devido ao cálcio oscilou entre 0,01 mg/L (CUJ) e 7,12 mg/L (CC.01), com média de $1,2 \pm 2,3$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-87). As estações MIG e LC.01 (superfície) apresentaram valores abaixo do limite de quantificação. Já a dureza devido ao magnésio apresentou valor médio de $2,4 \pm 1,9$ mg/L (média \pm DP), com os valores oscilando entre 0,9 mg/L (LC.01 superfície) e 7,3 mg/L (CC.01) (Figura 5-88). As águas dos lagos e canais podem ser classificadas como “moles”.

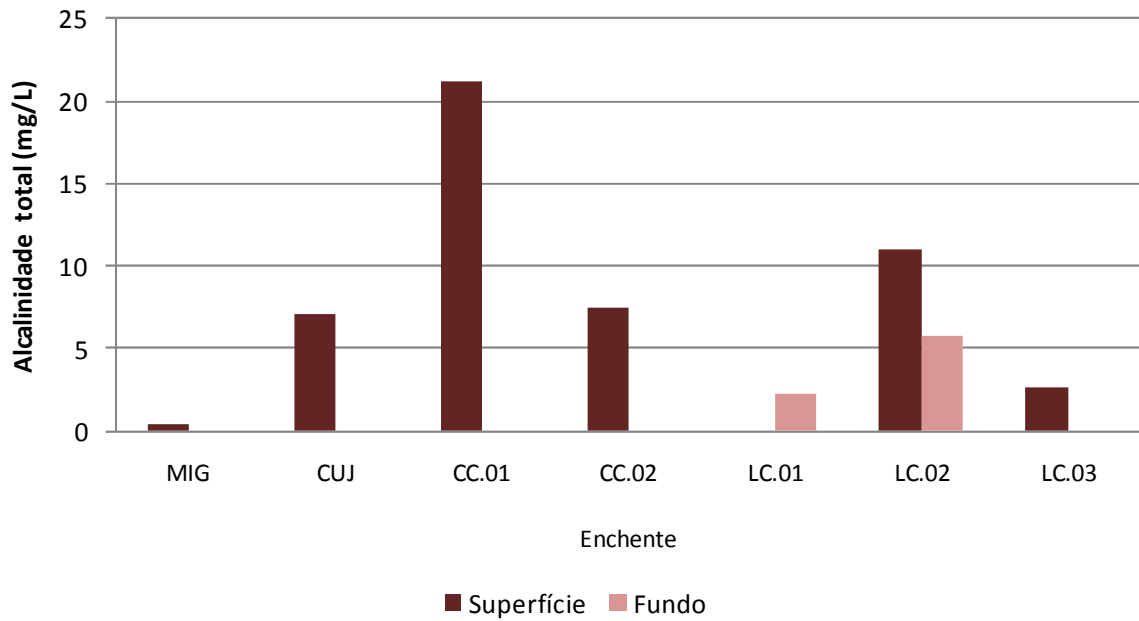


Figura 5-85 - Alcalinidade total nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

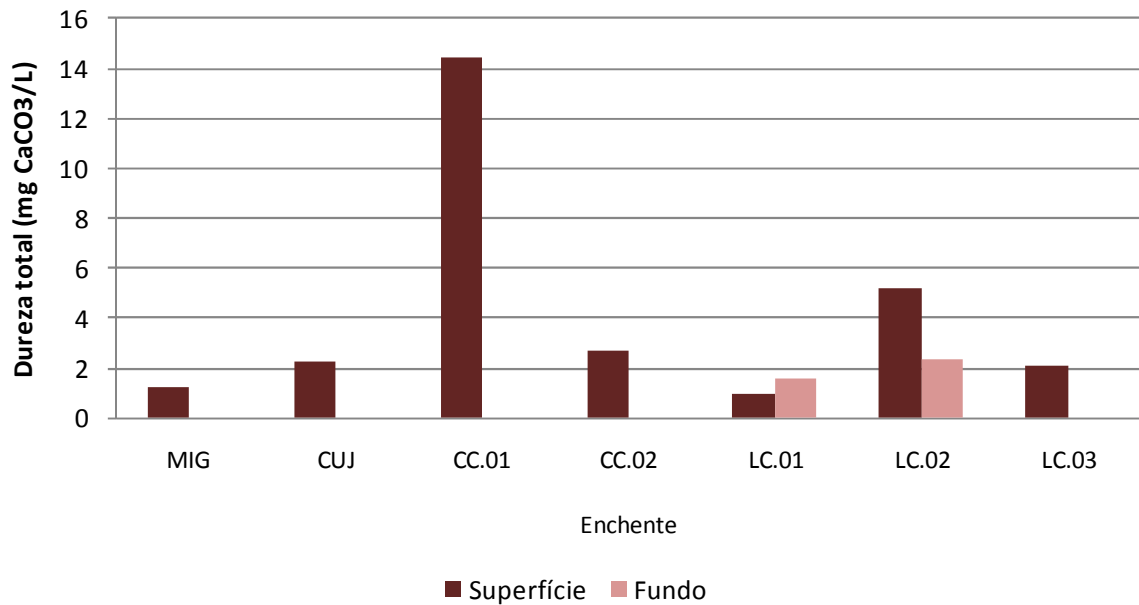


Figura 5-86 - Dureza total da água nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

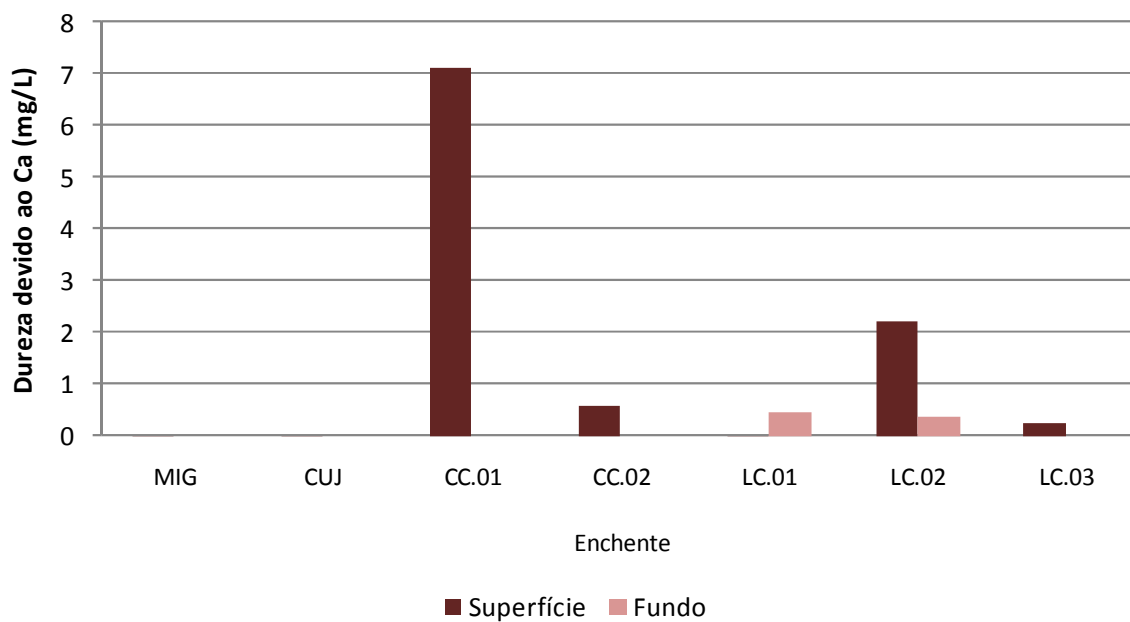


Figura 5-87 - Dureza devido ao cálcio nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

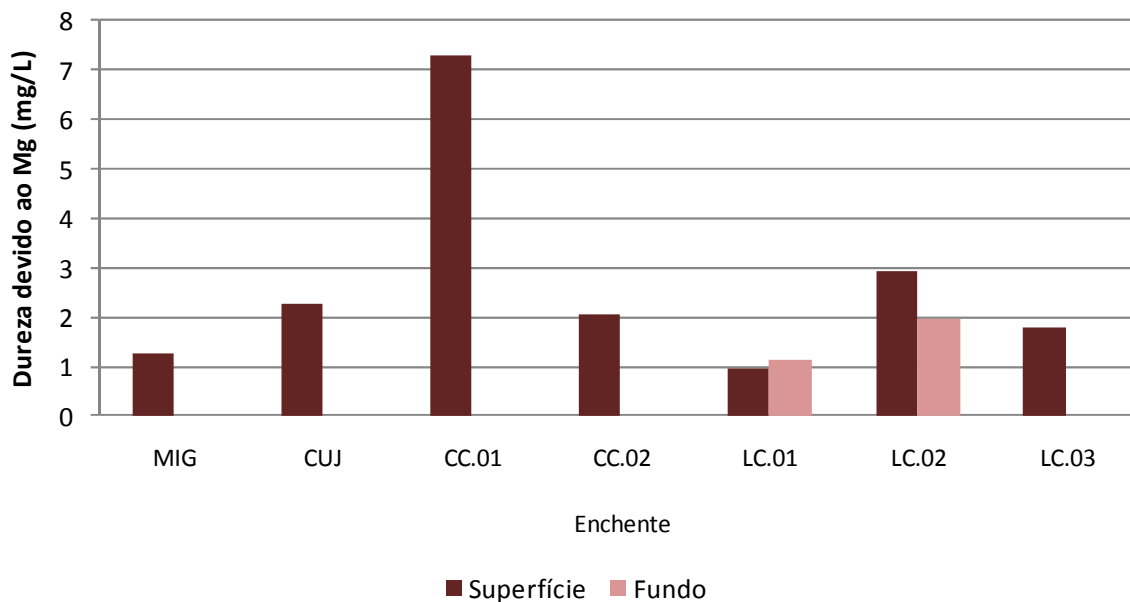


Figura 5-88 - Dureza devido ao magnésio nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

5.1.6 - Químicas III

5.1.6.1 - Íons principais (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-)

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). 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 aquático (Esteves, 1998). 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, o cátion e o ânion mais abundante foram o potássio e o bicarbonato, respectivamente (**Quadro 5.1-1**). Em média, os cátions mais abundantes foram o potássio (29%), o cálcio (28%), o magnésio (24%) e o sódio (19%), ao passo que os ânions foram o bicarbonato (66%), o sulfato (33%), seguido pelo cloreto (1%).

A concentração média de sódio (Na^+) foi de $2,7 \pm 0,2$ mg/L (média \pm DP) (**Figura 5-89**), variando entre 2,3 mg/L (MON.05 fundo) e 3,1 mg/L (MON.02 fundo). Assim como o sódio, o potássio (K^+) quase não variou espacialmente, oscilando entre 3,6 mg/L (JUS.02 superfície) e 4,9 mg/L (MON.05 superfície). Esse cátion apresentou média de $4,1 \pm 0,4$ mg/L (média \pm DP) (**Figura 5-90**).

As concentrações de cálcio oscilaram entre 3,3 mg/L (MON.02 superfície) e 6,8 mg/L (MON.03 fundo), com média de $4,0 \pm 0,8$ mg/L (média \pm DP) (**Figura 5-91**). O magnésio (Mg^{2+}) apresentou concentração média de $3,5 \pm 1,3$ mg/L (média \pm DP) sendo que os valores oscilaram entre 2,7 mg/L (MON.02 superfície) e 7,8 mg/L (MON.03 fundo) (**Figura 5-92**).

O cloreto (Cl^-) apresentou na maioria das estações concentrações abaixo do limite de detecção ($<0,5$ mg/L). Apenas as estações MON.04 (0,6 mg/L), MON.03 (0,5 mg/L) e JUS.02 (0,5 mg/L) estiveram acima do limite supracitado. A concentração média de sulfato (SO_4^{2-}) foi de $13,8 \pm 6,2$ mg/L (média \pm DP). Os valores oscilaram entre 11,2 mg/L (JUS.01 fundo) e 37 mg/L (MON.02 superfície) (**Figura 5-93**). Já o ânion mais abundante, o bicarbonato (HCO_3^-) apresentou concentração média de $27,7 \pm 2,0$ mg/L (média \pm DP), sendo que os valores oscilaram entre 25 mg/L (MON.02 superfície) e 33 mg/L (MON.03 superfície) (**Figura 5-94**).

Quadro 5.1-1 - Composição iônica, em porcentagem, no rio Madeira, tributários e lagos e canais no período de enchente (janeiro de 2013).

Íons %								
Enchente								
Rio Madeira			Tributários			Lagos		
Cátions	Ca ²⁺	28	Cátions	Ca ²⁺	16	Cátions	Ca ²⁺	15
	K ⁺	29		K ⁺	43		K ⁺	42
	Na ⁺	19		Na ⁺	27		Na ⁺	26
	Mg ²⁺	24		Mg ²⁺	14		Mg ²⁺	17
	Total	100		Total	100		Total	100
Ânions	HCO ₃ ⁻	66	Ânions	HCO ₃ ⁻	62	Ânions	HCO ₃ ⁻	73
	Cl ⁻	1		Cl ⁻	7		Cl ⁻	1
	SO ₄ ²⁻	33		SO ₄ ²⁻	31		SO ₄ ²⁻	26
	Total	100		Total	100		Total	100

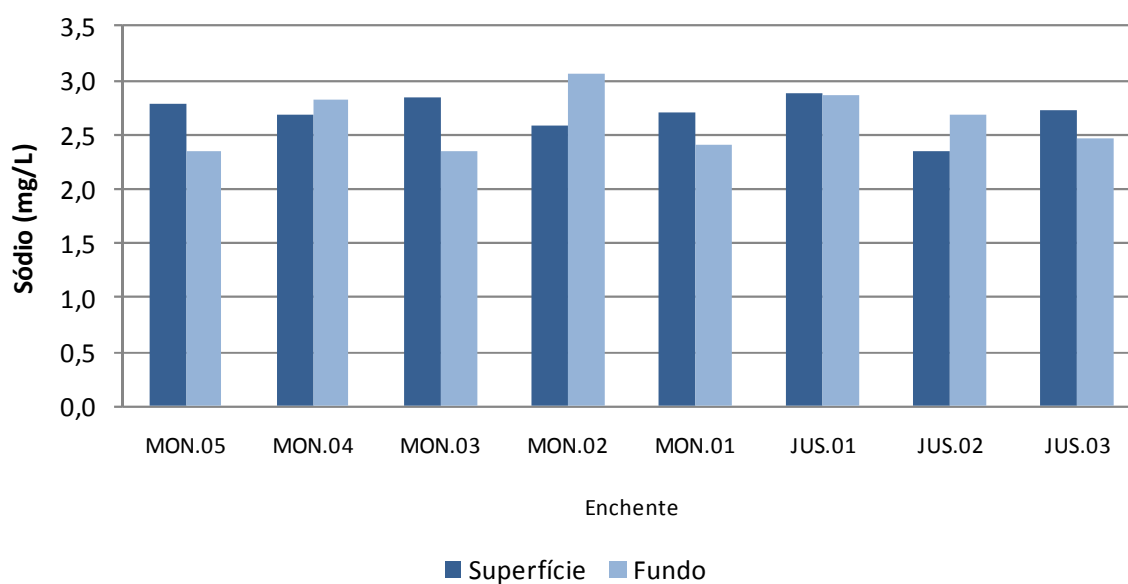


Figura 5-89 - Concentrações de sódio (Na⁺) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

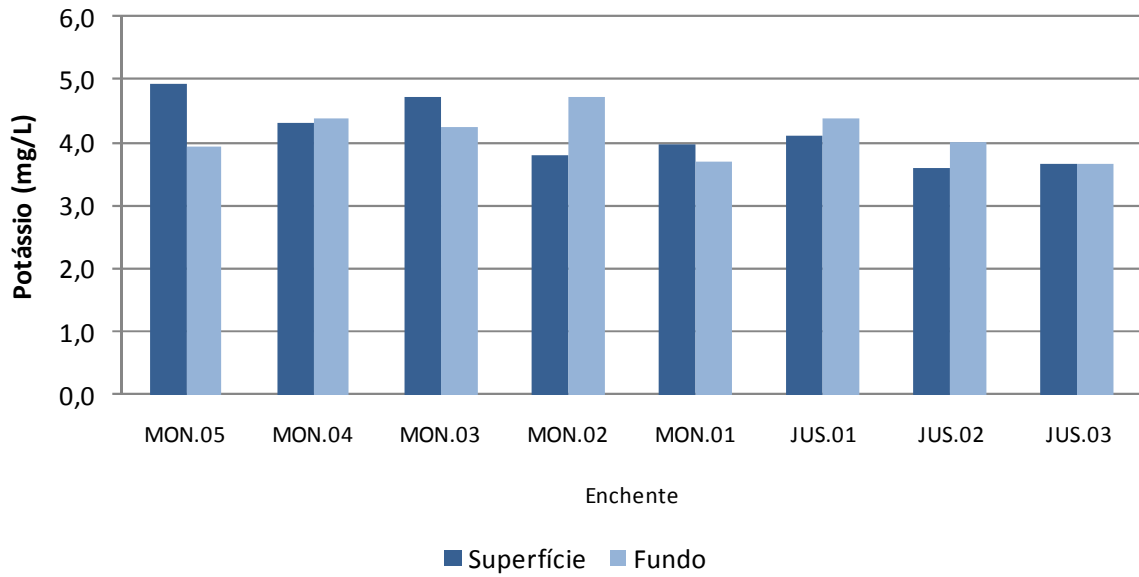


Figura 5-90 - Concentrações de potássio (K^+) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

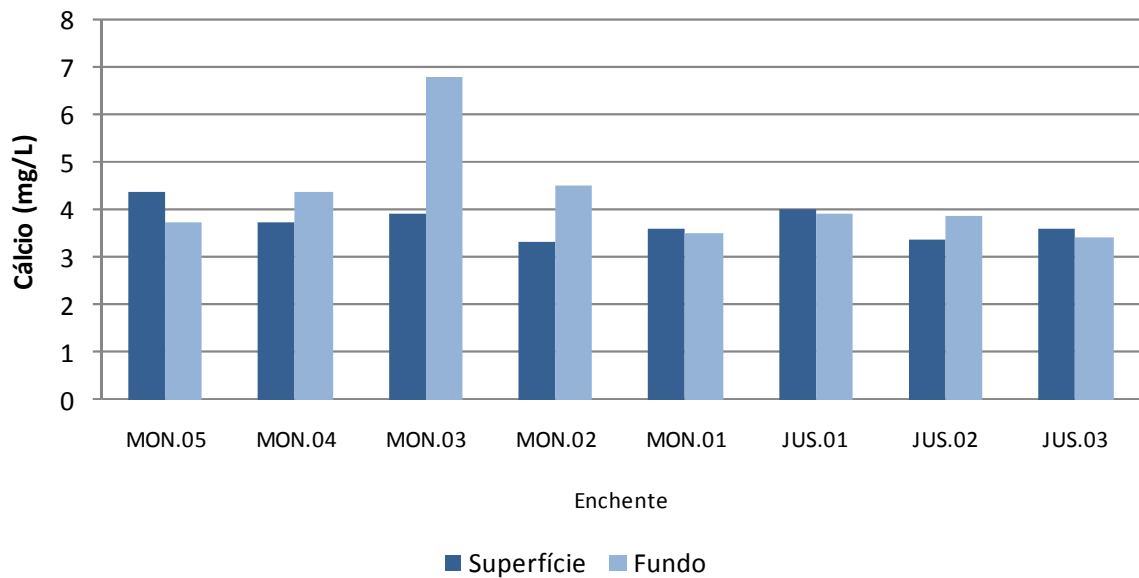


Figura 5-91 - Concentrações de cálcio (Ca^{2+}) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

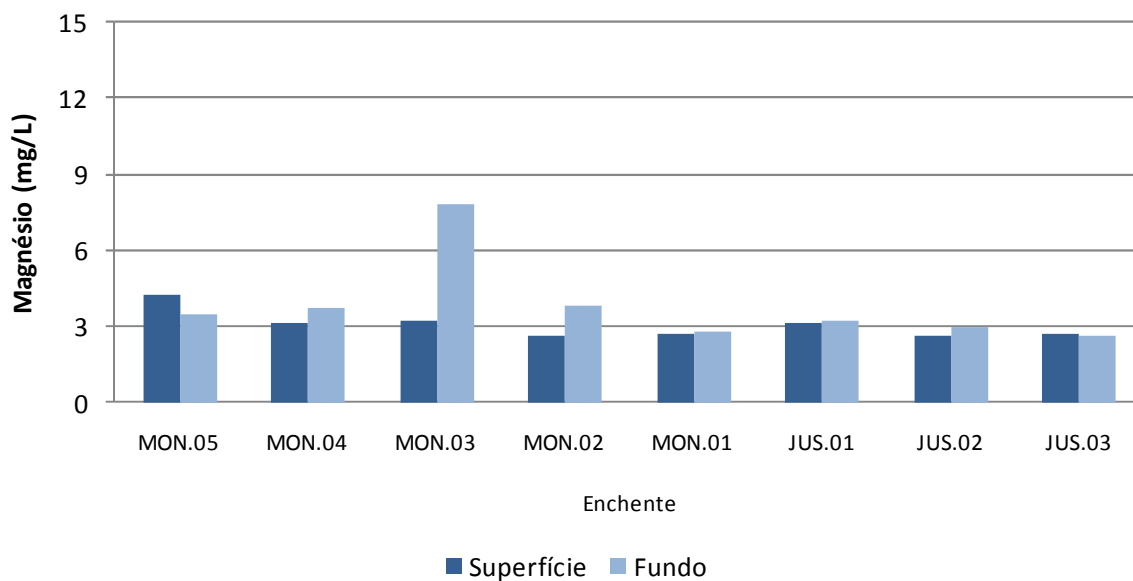


Figura 5-92 - Concentrações de magnésio (Mg^{2+}) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

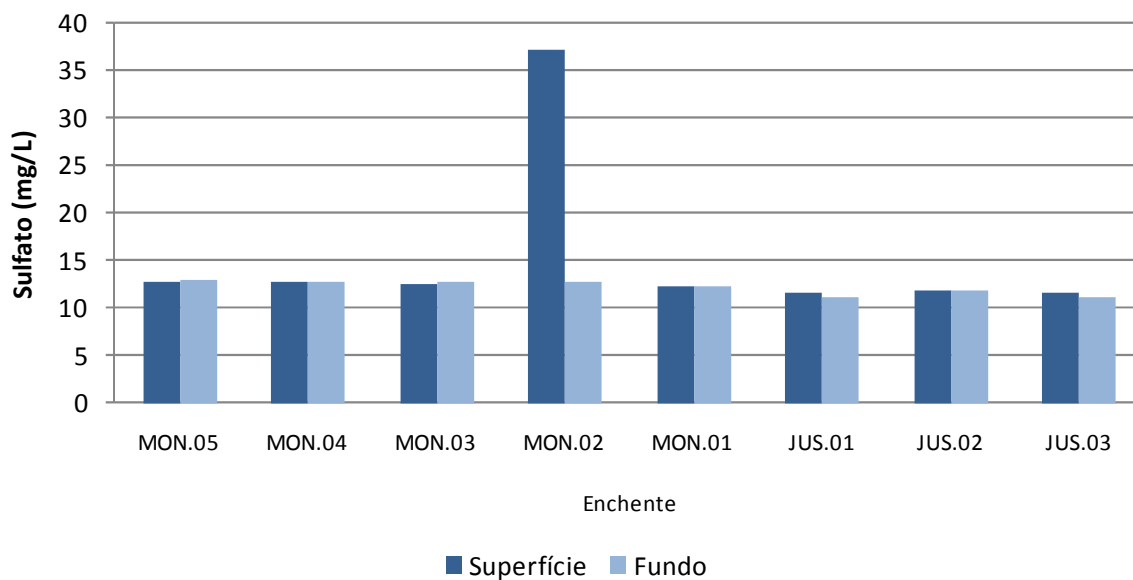


Figura 5-93 - Concentrações de sulfato (SO_4^{2-}) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

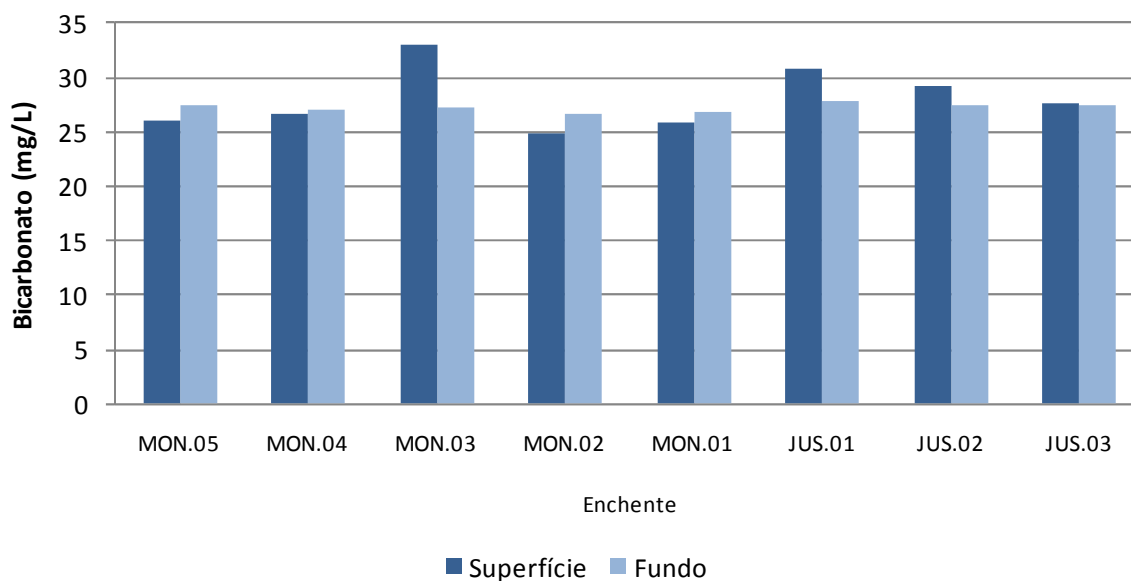


Figura 5-94 - Concentrações de bicarbonato (HCO_3^-) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos tributários, o potássio foi o cátion com maior abundância média (43%), seguido do sódio (27%), do cálcio (16%) e do magnésio (14%). Em relação aos ânions, o mais abundante foi o bicarbonato (62%), seguido pelo sulfato (31%) e do cloreto (7%). A contribuição de cada um dos cátions e ânions está apresentada no **Quadro 5.1-1**.

Os tributários apresentaram, em geral, baixas concentrações de sódio (Na^+). As concentrações variaram de 0,2 mg/L (TEO.01) a 3,8 mg/L (BEL), com média de $1,3 \pm 1,1$ mg/L (média \pm DP) (**Figura 5-95**). O alto valor encontrado na estação BEL foi responsável por elevar a média da concentração de sódio nos tributários. O potássio (K^+), apresentou concentrações que oscilaram entre 1,1 mg/L (TEO.01 e CAR) e 3,4 mg/L (CEA). Esses valores produziram uma média de $2,1 \pm 0,8$ mg/L (média \pm DP) (**Figura 5-96**).

O cálcio foi detectado apenas nas estações JAC.03, CRC, TEO, JAT I, BEL e CEA, a concentração média de cálcio dessas estações foi de $1,9 \pm 1,3$ mg/L (média \pm DP), sendo que os valores oscilaram entre 0,1 mg/L (JAC.03) e 3,1 mg/L (JAT I) (**Figura 5-97**). As concentrações de magnésio (Mg^{2+}) oscilaram entre 0,2 mg/L (CAR) e 1,8 mg/L (CEA), com média de $0,7 \pm 0,6$ mg/L (média \pm DP) (**Figura 5-98**).

O íon Cl^- foi detectado apenas nas estações BEL (2,3 mg/L) e JAM (0,5 mg/L). Já o sulfato (SO_4^{2-}) apresentou valor médio global de $5,5 \pm 4,7$ mg/L (média \pm DP). As concentrações oscilaram entre 0,6 mg/L (JAT I.01) e 12,1 mg/L (TEO) (Figura 5-99). O íon SO_4^{2-} esteve abaixo do limite de detecção ($<0,5$ mg/L) nas estações CAR, JAC.01, JAC.02, TEO.01, JAC.03 e JAT II.

O bicarbonato (HCO_3^-) apresentou concentração média de $11,0 \pm 8,8$ mg/L (média \pm DP) sendo que os valores oscilaram entre 0,5 mg/L (JAT II) e 27,4 mg/L (CEA) (Figura 5-100).

Durante o período amostrado, foi observado maiores concentrações dos íons (exceto o cloreto) nas estações CRC, TEO, JAT I e CEA, que estão situadas em braços do reservatório. Boa parte da água que banha esses ambientes é oriunda do rio Madeira.

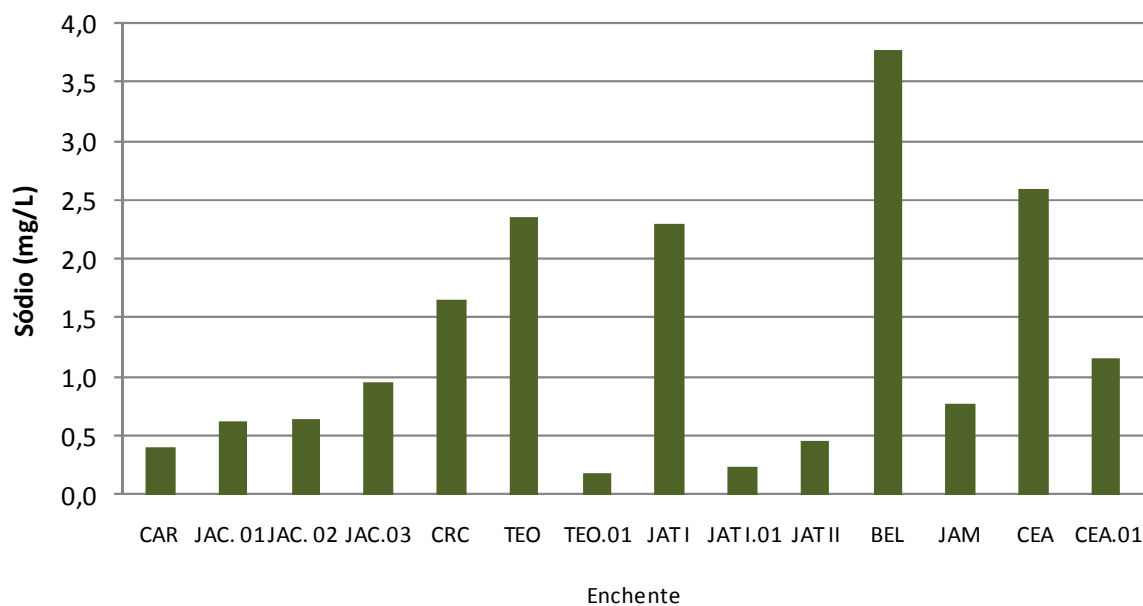


Figura 5-95 - Concentrações de sódio (Na^+) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

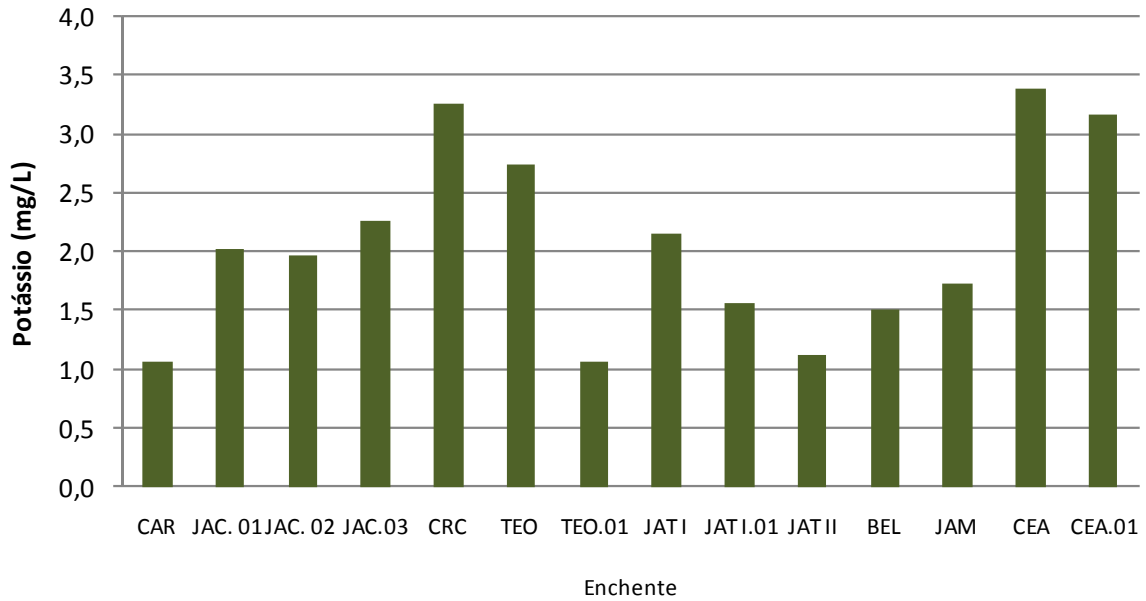


Figura 5-96 - Concentrações de potássio (K^+) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

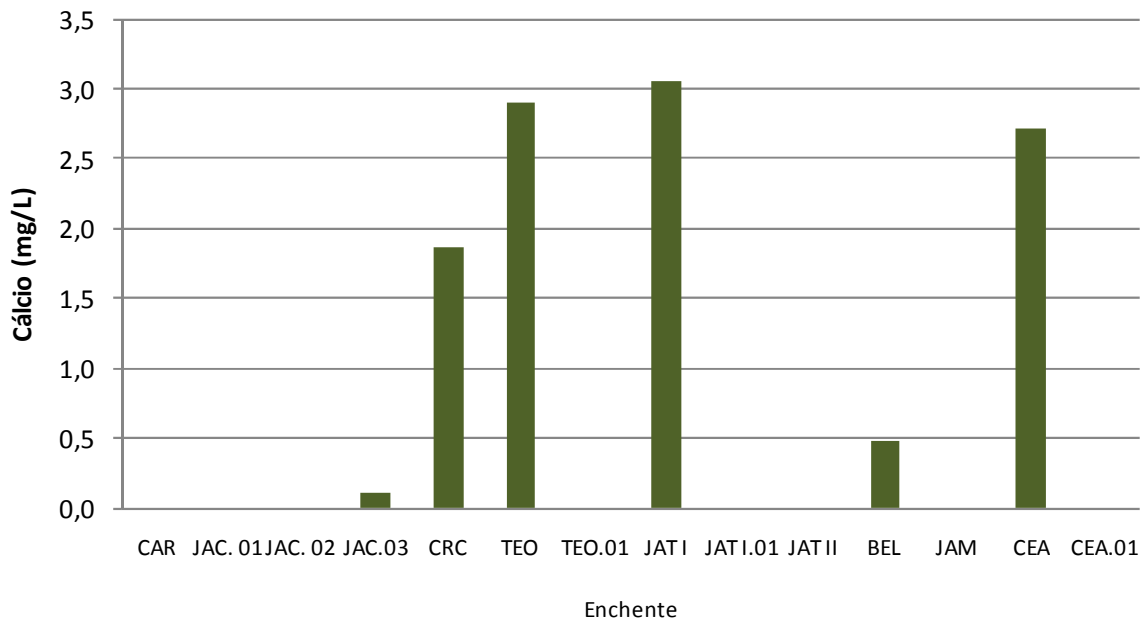


Figura 5-97 - Concentrações de cálcio (Ca^{2+}) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

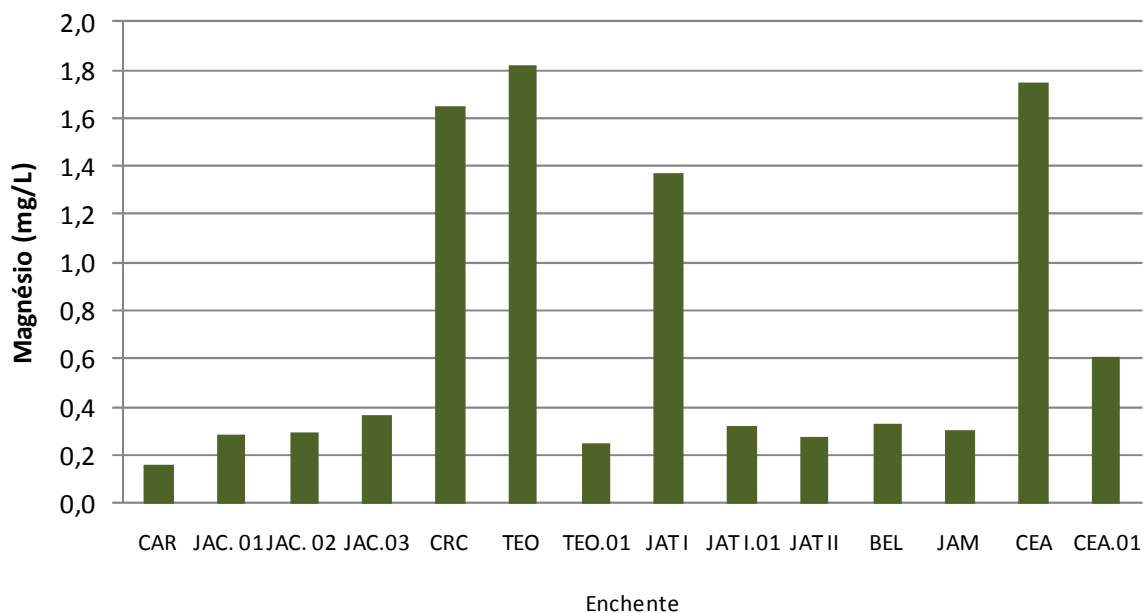


Figura 5-98 - Concentrações de magnésio (Mg^{2+}) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

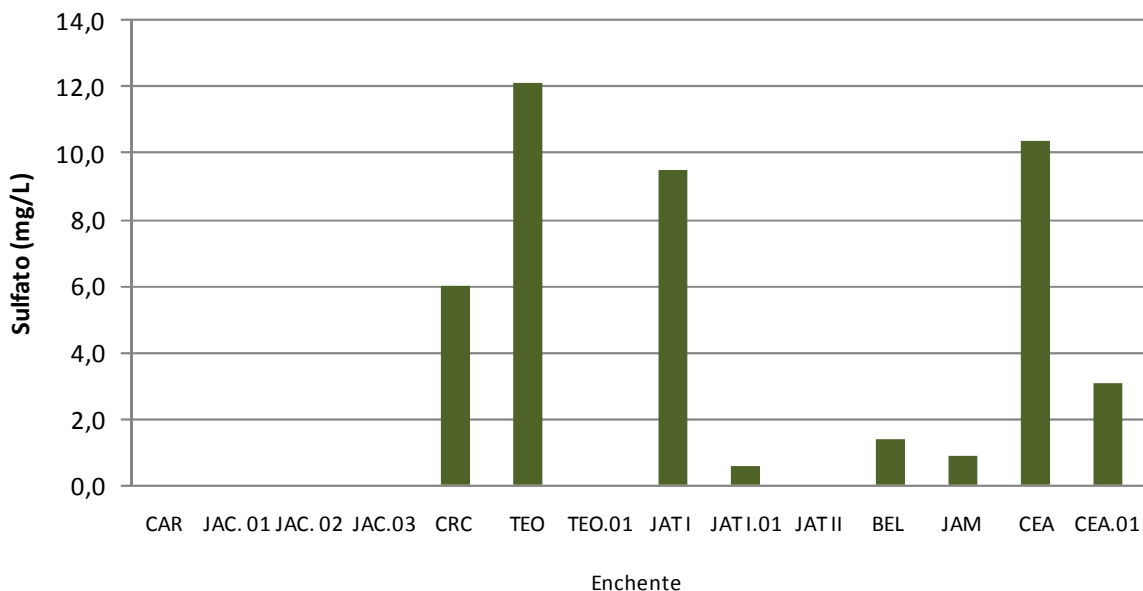


Figura 5-99 - Concentrações de sulfato (SO_4^{2-}) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

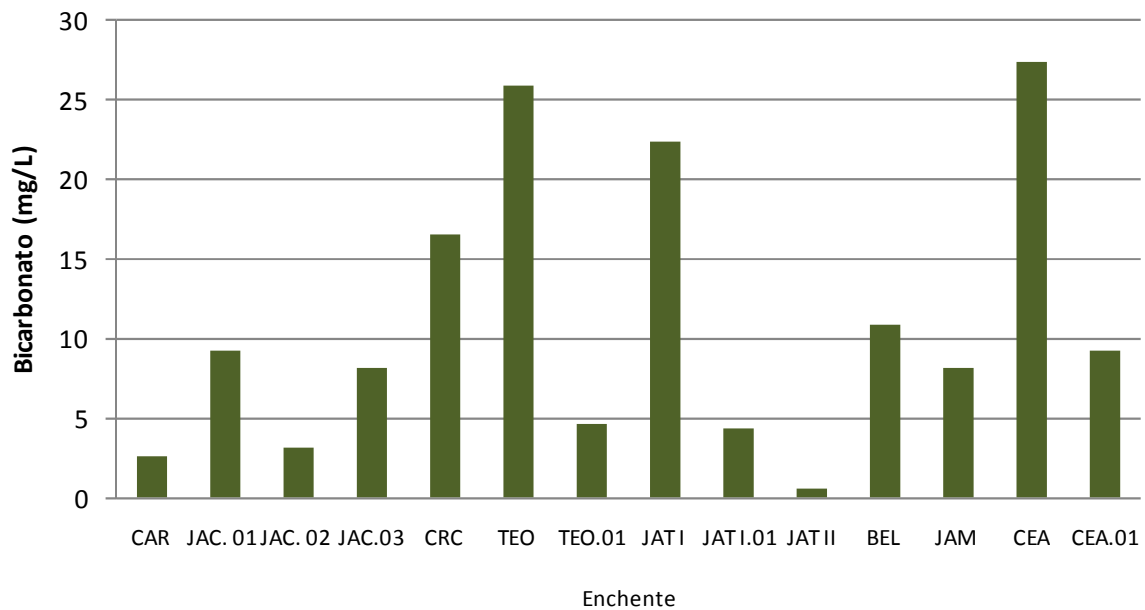


Figura 5-100 - Concentrações de bicarbonato (HCO_3^-) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais, assim como nos tributários, o potássio foi o cátion com mais abundância (42%), seguido do sódio (26%), do magnésio (17%) e do cálcio (15%). Em relação aos ânions, o bicarbonato foi o mais abundante (73%), seguido pelo sulfato (26%) e do cloreto (1%). A contribuição de cada um dos cátions e ânions é demonstrada no **Quadro 5.1-1**.

O sódio (Na^+) apresentou concentrações bastante modestas nos lagos e canais, tendo apresentado uma média de $0,9 \pm 0,7$ mg/L (média \pm DP). As concentrações oscilaram entre 0,3 mg/L (LC.01 superfície e fundo) e 2,4 mg/L (CC.01) (**Figura 5-101**). O potássio (K^+) também apresentou baixas concentrações, com valores variando entre 0,9 mg/L (LC.01 fundo) e 2,8 mg/L (CC.01) e uma média de $1,5 \pm 0,6$ mg/L (média \pm DP) (**Figura 5-102**).

O cálcio (Ca^{2+}) apresentou concentrações que oscilaram entre 0,0052 mg/L (CUJ) e 2,85 mg/L (CC.01), exibindo uma média de $0,5 \pm 0,9$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-103). Nas estações MIG e LC.01 o cálcio não foi quantificado. Em relação ao magnésio (Mg^{2+}), as concentrações variaram entre 0,2 mg/L (LC.01 superfície) e 1,8 mg/L (CC.01), com média de $0,6 \pm 0,5$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-104).

O ânion cloreto (Cl^-) foi detectado apenas na superfície da estação LC.01 (0,8 mg/L). Em relação ao sulfato (SO_4^{2-}), as concentrações variaram entre 0,8 mg/L (LC.01 fundo) e 10,3 mg/L (CC.01), com média de $3,2 \pm 3,6$ mg/L (média \pm DP) (Figura 5-105). O íon SO_4^{2-} esteve abaixo do limite de detecção ($<0,5$ mg/L) nas estações MIG, CUJ e LC.01 (superfície).

O bicarbonato, o ânion mais abundante, apresentou concentração média de $8,8 \pm 8,0$ mg/L (média \pm DP), sendo que os valores oscilaram entre 0,5 mg/L (MIG) e 25,8 mg/L (CC.01) (Figura 5-107). Na estação LC.01 superfície o bicarbonato não foi quantificado.

Os resultados obtidos não apontam para modificações nas concentrações de cátions e ânions nos lagos e canais com a criação do reservatório. Os lagos e canais se situam cerca de 33 a 130 km a jusante do reservatório da UHE Santo Antônio e, como o fluxo de água não foi alterado nessa região, não há grande efeito da usina sobre esses ambientes.

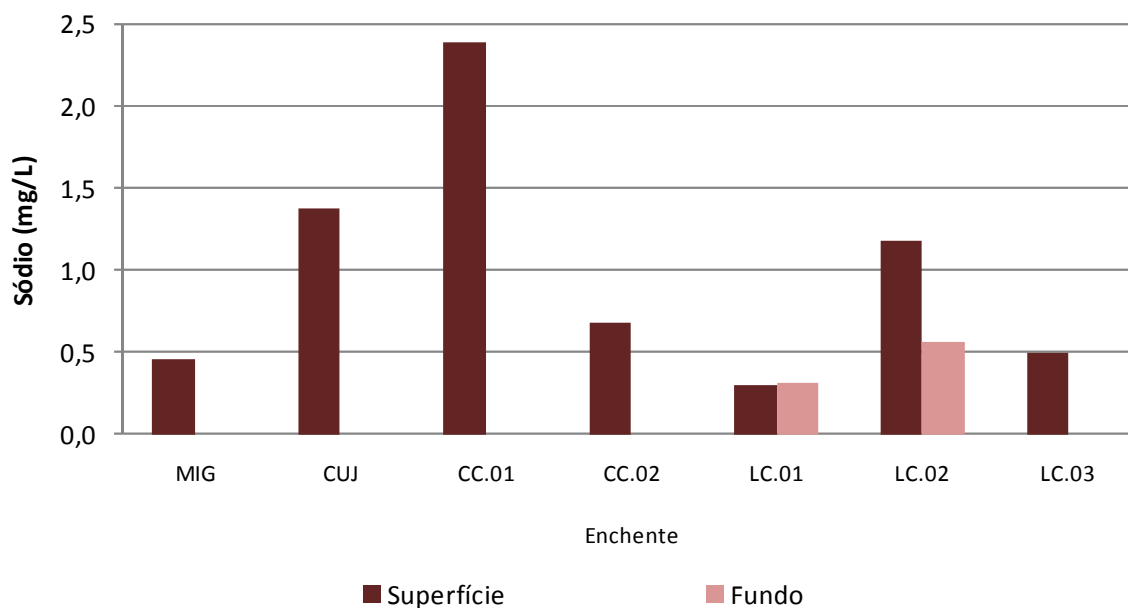


Figura 5-101 - Concentrações de sódio (Na^+) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

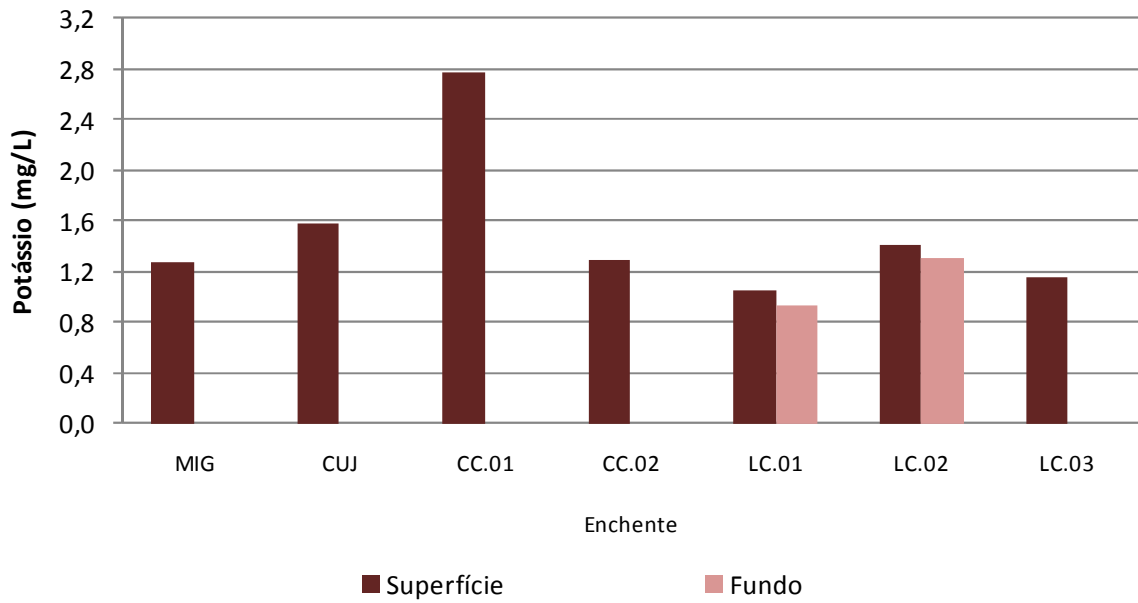


Figura 5-102 - Concentrações de potássio (K^+) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

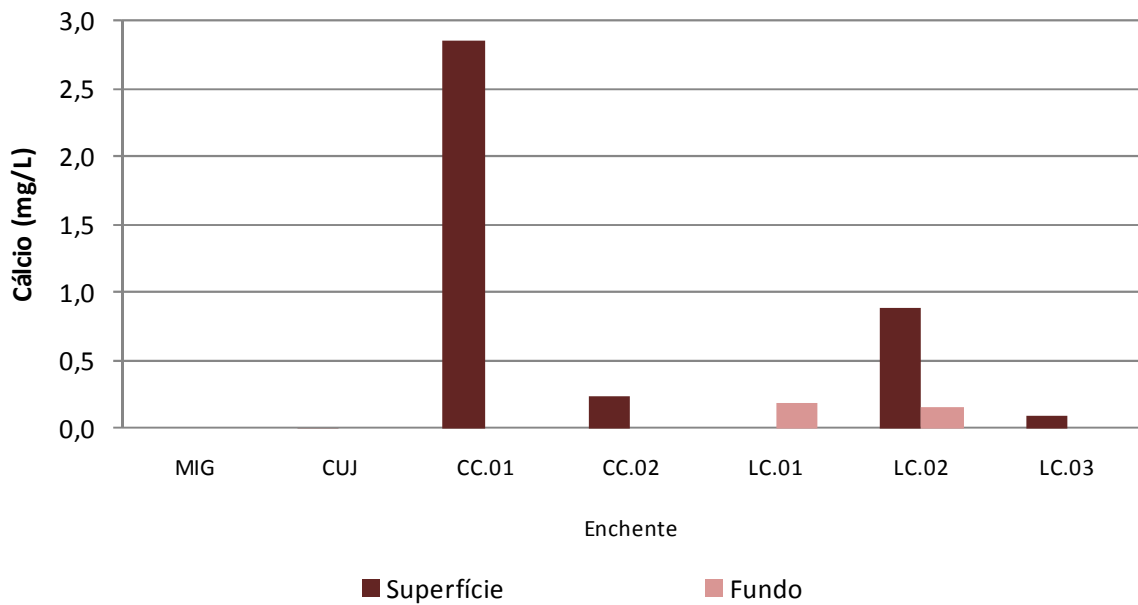


Figura 5-103 - Concentrações de cálcio (Ca^{2+}) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

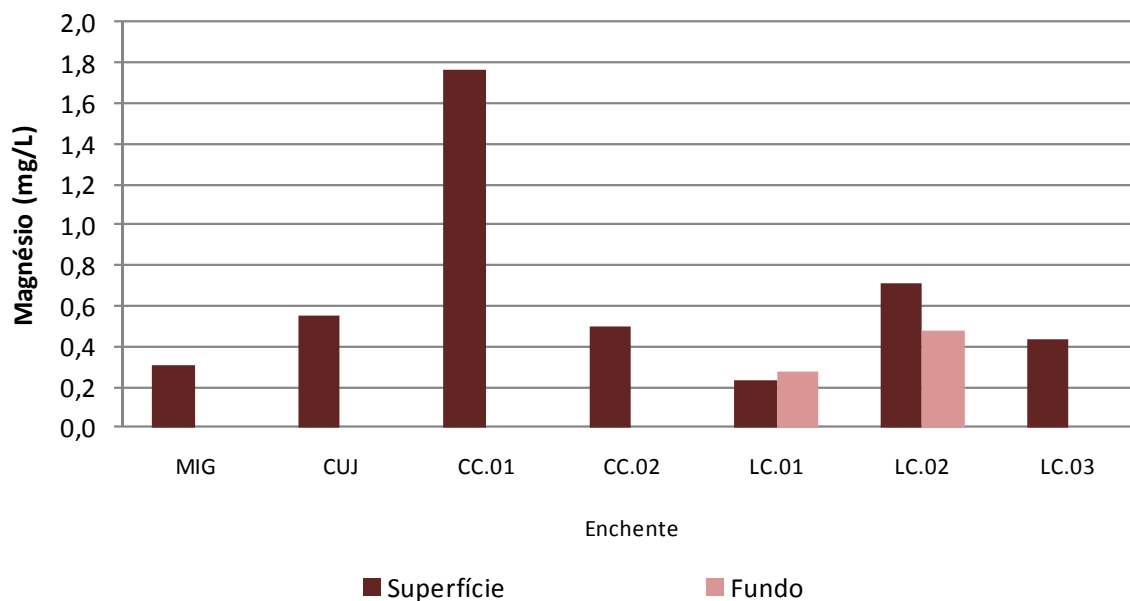


Figura 5-104 - Concentrações de magnésio (Mg^{2+}) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

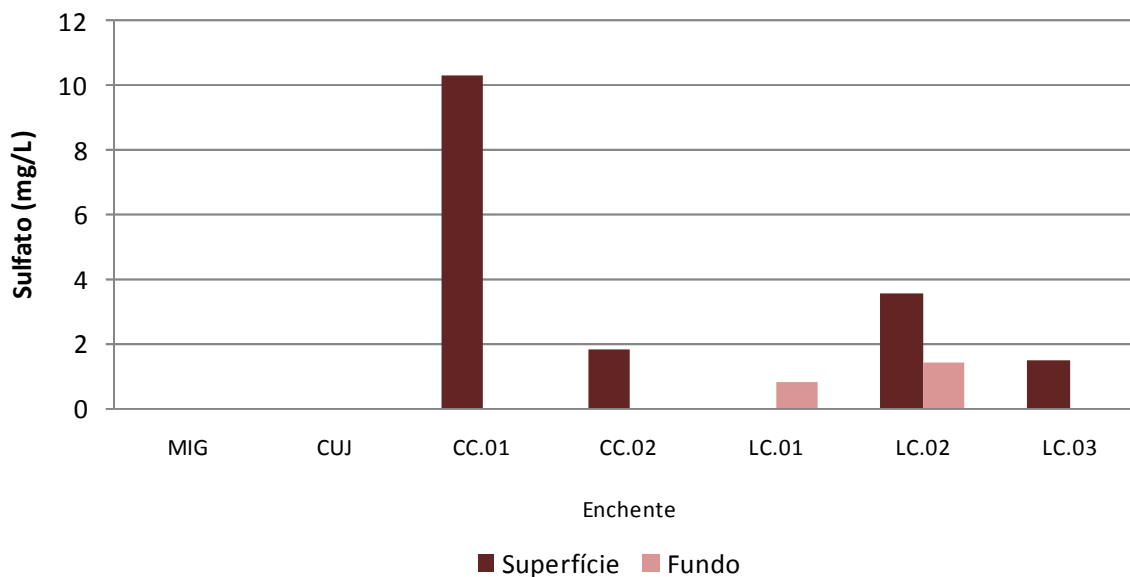


Figura 5-105 - Concentrações de sulfato (SO_4^{2-}) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

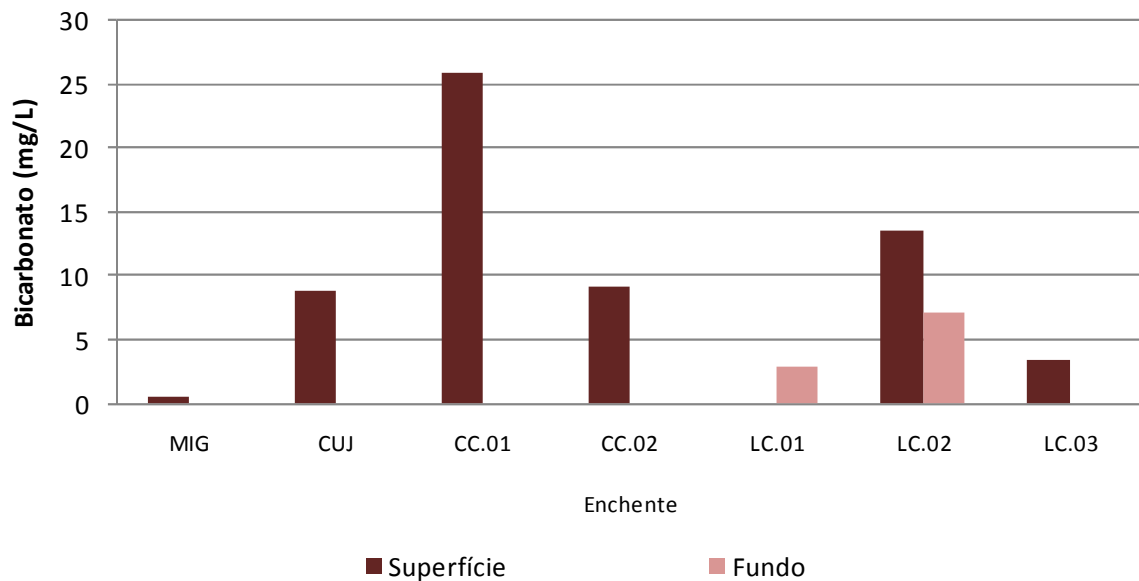


Figura 5-106 - Concentrações de bicarbonato (HCO_3^-) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

5.1.7 - Químicas IV

5.1.7.1 - Conteúdo nutricional: Nitrogênio (Nitrogênio amoniacal, Nitrito, Nitrato, Nitrogênio inorgânico dissolvido, Nitrogênio orgânico dissolvido, Nitrogênio total dissolvido, Nitrogênio orgânico total e Nitrogênio particulado, Nitrogênio total)

A produtividade e dinâmica de muitos ecossistemas, sejam eles terrestres ou aquáticos, são limitadas pela disponibilidade de nitrogênio biologicamente utilizável (Vitousek et al. 1997). O aumento da disponibilidade de nitrogênio eleva a produtividade e o acúmulo de biomassa de forma substancial em muitos sistemas, no entanto pode ter efeitos negativos na diversidade de espécies (Tilamn 1987). Desta forma, o nitrogênio pode ter consequências importantes em diversos outros ciclos biogeoquímicos e no funcionamento global do sistema (Vitoussel et al. 1997). O nitrogênio amoniacal (amônia), o nitrato e o nitrito constituem as principais formas inorgânicas de nitrogênio presentes na água.

No rio Madeira, o nitrato foi a fração que mais contribuiu para o nitrogênio inorgânico dissolvido, tendo sido em média 97% dessa fração. As concentrações de nitrato variaram entre 422 ug/L (JUS.03 superfície) e 616 ug/L (JUS.01 superfície), com média de 478 ± 32 ug/L (média \pm DP) (**Figura 5-107**). O rio Madeira, mesmo com a criação do reservatório, não apresentou variação vertical nos valores de nitrato. Os valores apresentados neste estudo foram bastante semelhantes àqueles registrados no EIA (470 ± 210 ug/L, média \pm DP).

O nitrogênio amoniacal registrou valores baixos e foi a segunda fração que mais contribuiu para o nitrogênio inorgânico. As concentrações de nitrogênio amoniacal oscilaram entre 2,2 ug/L (MON.03 superfície) e 18,3 ug/L (JUS.02 superfície), com média de $8,0 \pm 5,4$ ug/L (média \pm DP) (**Figura 5-108**). A absorção de nitrogênio amoniacal por microorganismos é de grande importância para o metabolismo planctônico. Isso se dá em função do nitrogênio amoniacal ser a forma energeticamente mais viável de nitrogênio para estes organismos, uma vez que a incorporação de outras formas inorgânicas de nitrogênio (ex. nitrato) precisa sofrer transformações químicas, através da ação de enzimas, no interior destes organismos, o que envolve gasto energético, para que possa ser biologicamente aproveitado (Esteves 2011). No entanto, quando presente em grandes concentrações, o nitrogênio amoniacal passa a ser tóxico aos organismos (Esteves 2011).

O nitrito apresentou concentração média de $3,9 \pm 3,6$ ug/L (média \pm DP), variando entre 1,2 ug/L (JUS.01 fundo) e 11,7 ug/L (MON.05 superfície) (**Figura 5-109**). O nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), que é a soma das concentrações de nitrato, nitrogênio amoniacal e nitrito, apresentou concentração média de 503 ± 51 ug/L (média \pm DP) (**Figura 5-110**). O NID foi em média 15% do nitrogênio total, sendo o restante composto pela fração orgânica.

A concentração média de nitrogênio orgânico total foi de 2873 ± 992 ug/L (média \pm DP), variando entre 1592 ug/L (JUS.03 fundo) e 5228 ug/L (MON.05 fundo) (Figura 5-111). O nitrogênio orgânico dissolvido variou entre 317 ug/L (MON.03 fundo) e 2396 ug/L (MON.04 superfície), com média de 1083 ± 625 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-112).

O nitrogênio particulado apresentou concentração média de 1790 ± 1227 ug/L (média \pm DP), oscilando entre 72 ug/L (JUS.01 fundo) e 4305 ug/L (MON.05 superfície) (Figura 5-113). A fração particulada foi em média 53% do nitrogênio total, estando o restante na fração dissolvida. O nitrogênio total dissolvido variou entre 757 ug/L (MON.03 fundo) e 2954 ug/L (MON.04 superfície), com média de 1586 ± 638 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-114). O nitrogênio total apresentou concentração média de 3376 ± 986 ug/L (média \pm DP), variando entre 2085 ug/L (JUS.03 fundo) e 5751 ug/L (MON.05 fundo) (Figura 5-115).

As diferentes formas de nitrogênio como, nitrato, amônia, nitrito e nitrogênio total dissolvido, tiveram pouca variação espacial e vertical nas diferentes estações amostradas no reservatório, no corpo central do rio Madeira. Os altos valores observados para o nitrogênio total, estão provavelmente ligados ao aporte de matéria orgânica alóctone, que é maior quando o nível da água está mais elevado, em função do pulso de inundação que atinge a bacia do rio Madeira. Esses resultados indicam que a formação do reservatório não influenciou, até o presente momento, a dinâmica do nitrogênio nas estações do rio Madeira.

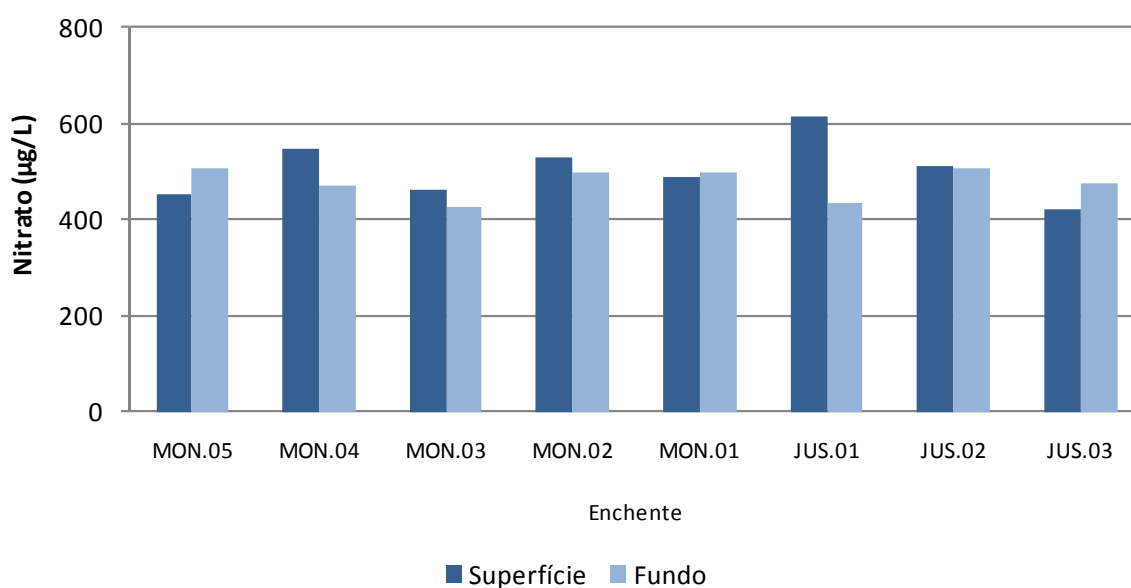


Figura 5-107 - Concentrações de nitrato no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

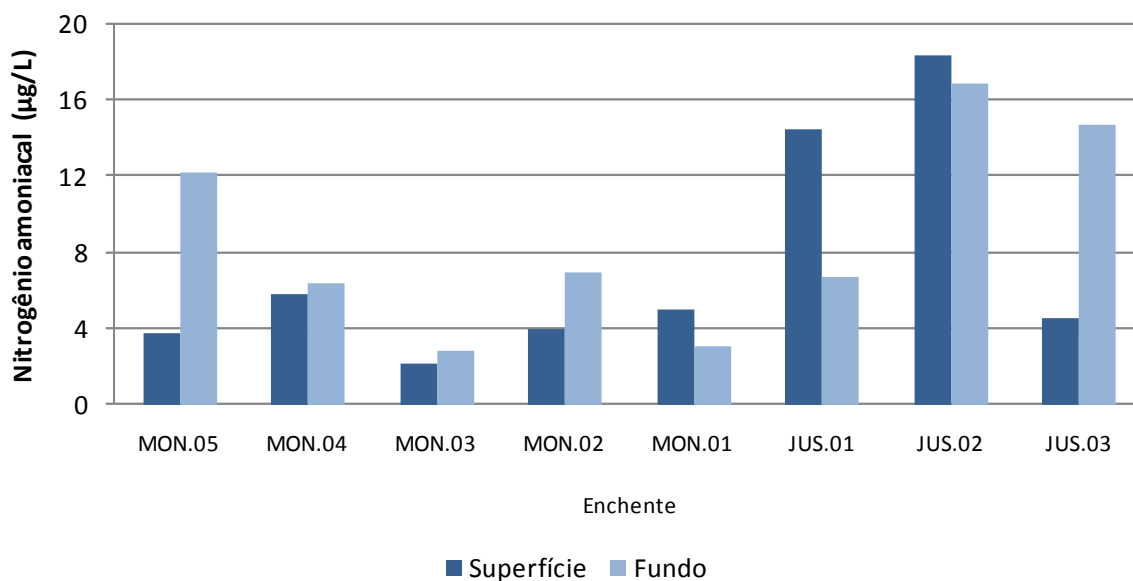


Figura 5-108 - Concentrações de nitrogênio amoniacoal no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

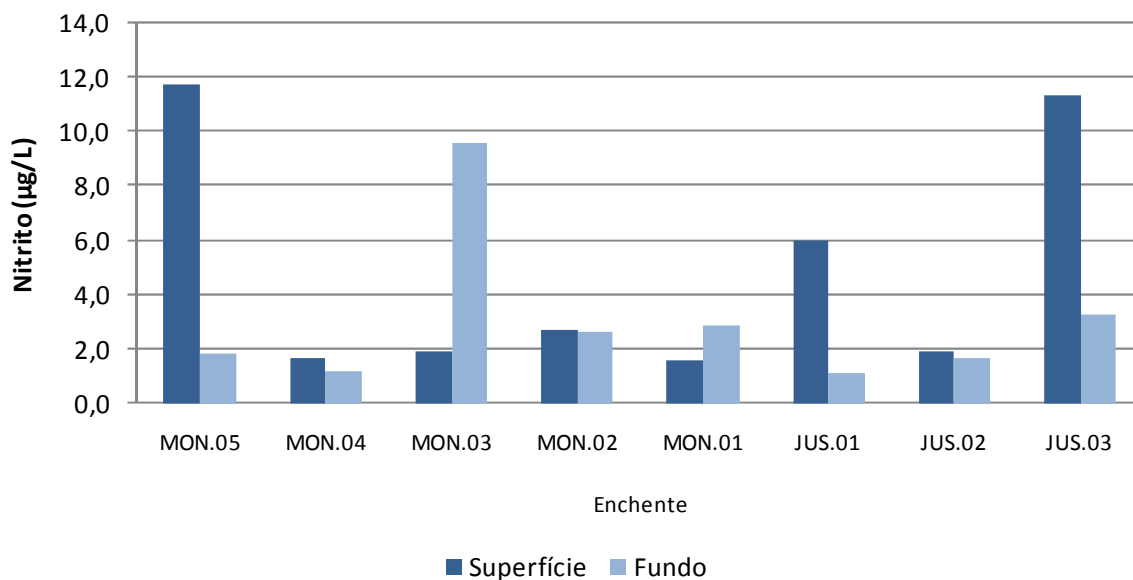


Figura 5-109 - Concentrações de nitrito no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

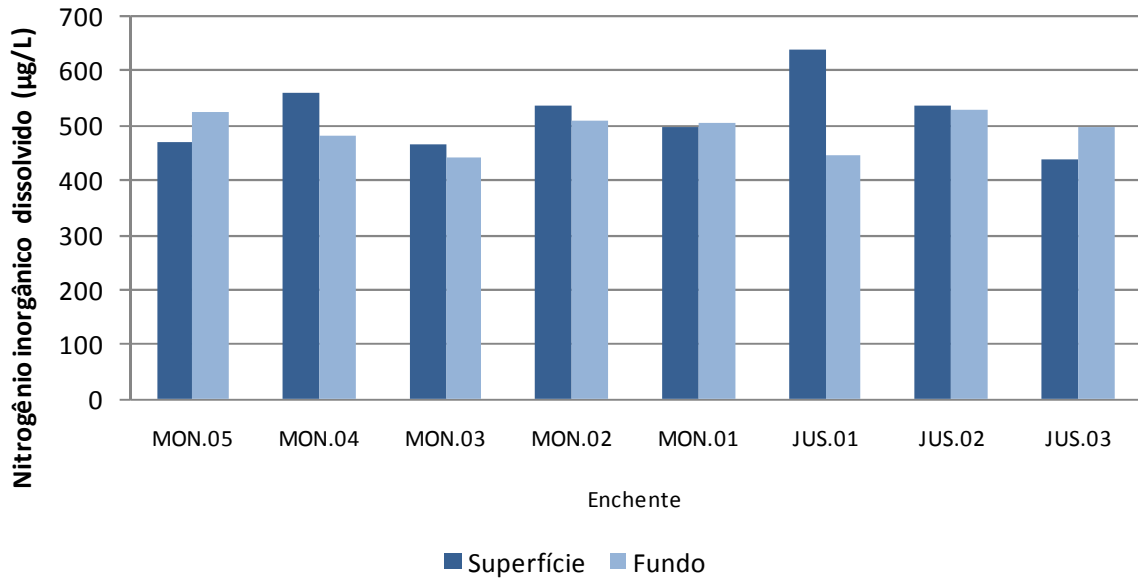


Figura 5-110 - Concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

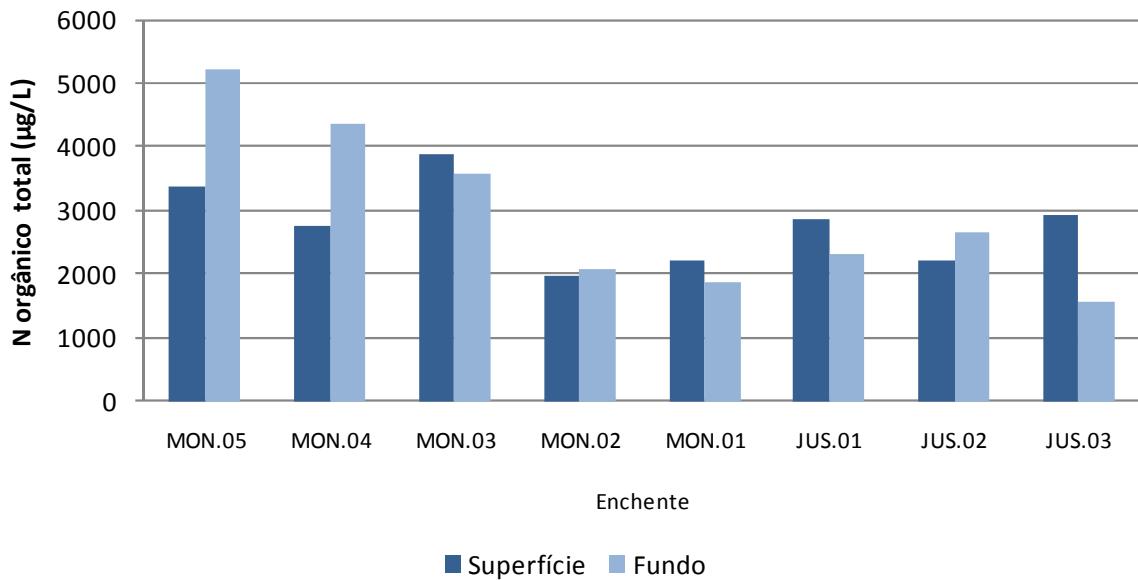


Figura 5-111 - Concentrações de nitrogênio orgânico total (NOT) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

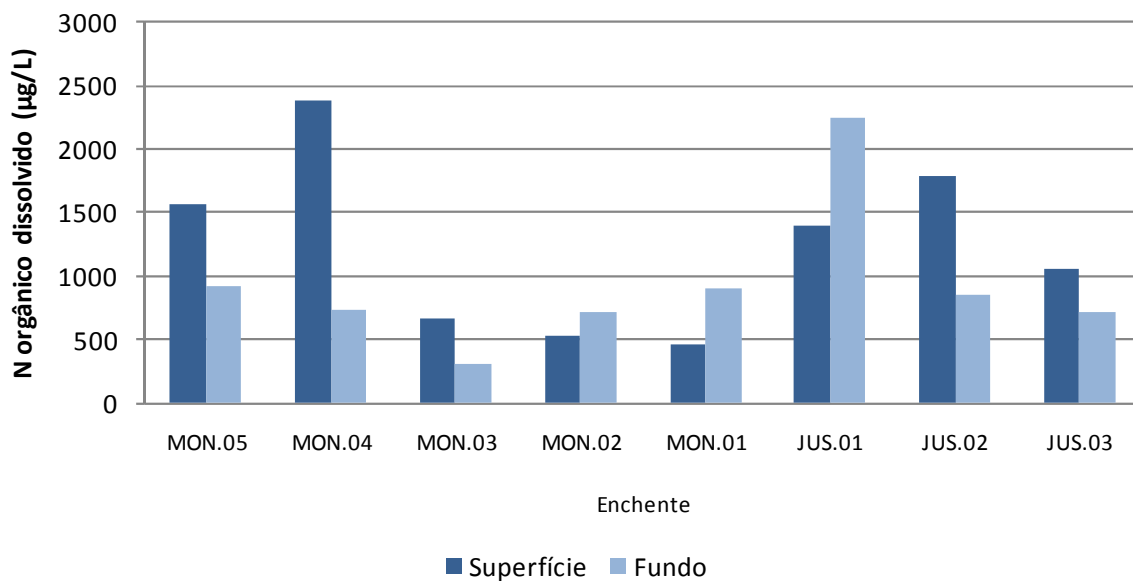


Figura 5-112 - Concentrações de nitrogênio orgânico dissolvido (NOD) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

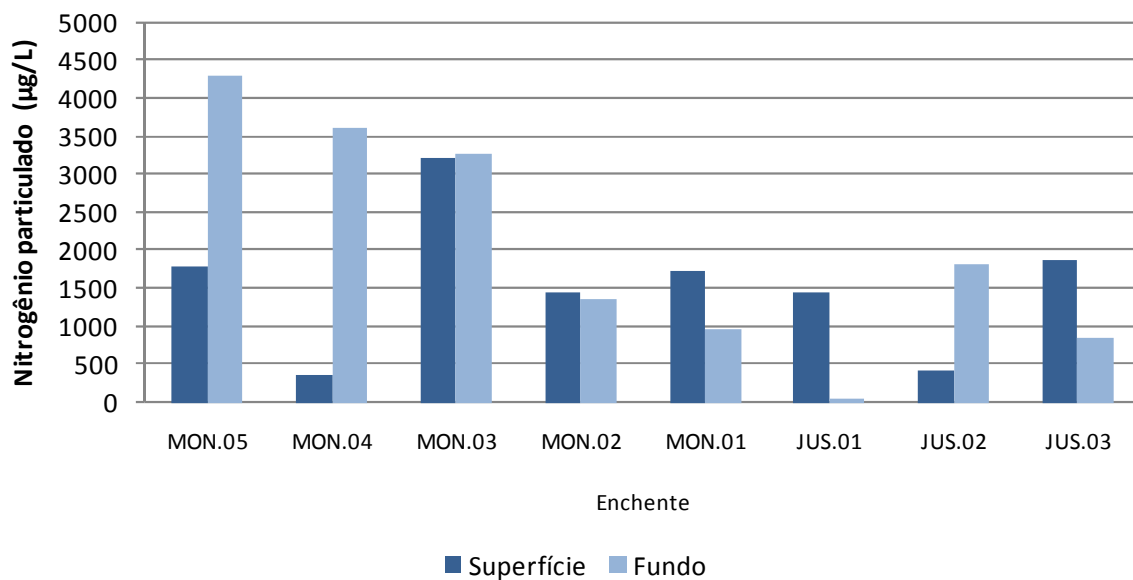


Figura 5-113 - Concentrações de nitrogênio particulado (NP) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

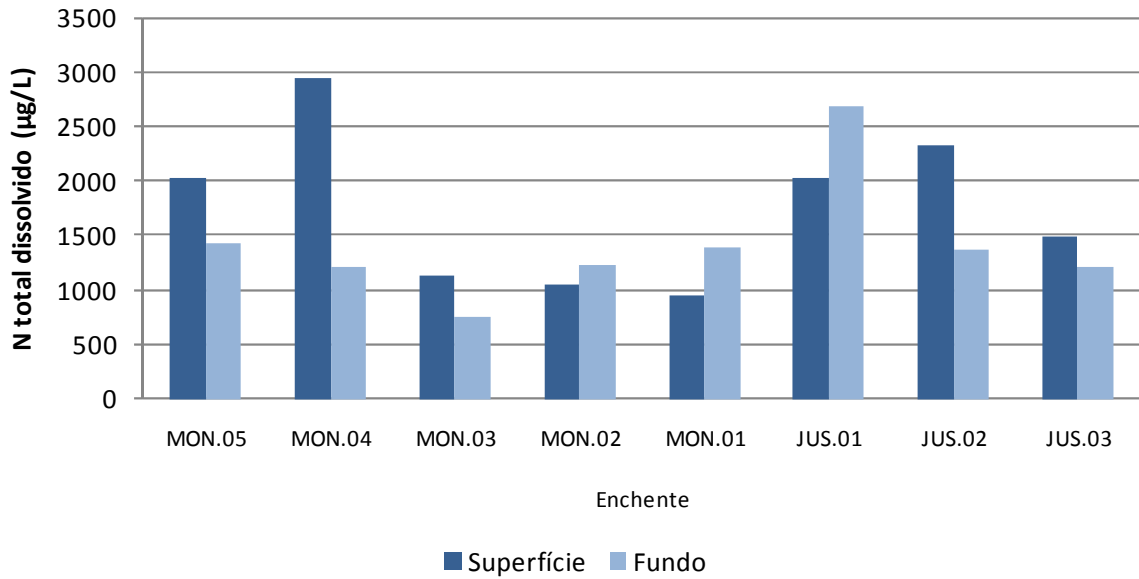


Figura 5-114 - Concentrações de nitrogênio total dissolvido (NTD) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

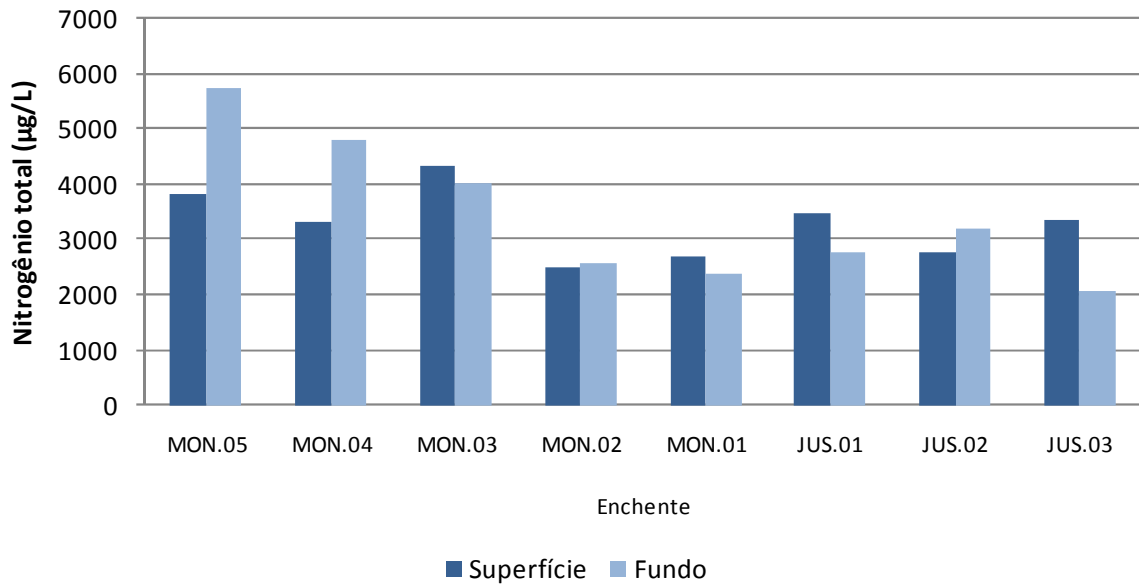


Figura 5-115 - Concentrações de nitrogênio total (NT) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos tributários, o nitrato foi a fração que mais contribuiu para o nitrogênio inorgânico dissolvido, tendo sido em média 96% dessa fração, porcentagem semelhante à encontrada para o rio Madeira. As concentrações de nitrato variaram entre 95 ug/L (CAR) e 1839 ug/L (CEA.01), com média de 679 ± 326 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-116).

As concentrações de nitrogênio amoniacal foram baixas, oscilaram entre 0,7 ug/L (CRC superfície) e 92 ug/L (JAT I.01 superfície), com média de 18 ± 23 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-117). Os maiores valores encontrados JAT I.01 e TEO.01, foram responsáveis por elevar a média dos tributários, a maior parte das estações apresentou baixos valores, visto que a mediana foi de 8,1 ug/L. Não há indicativos de que o enchimento do reservatório tenha aumentado as concentrações de nitrogênio amoniacal (NH₄), já que essa fração apresentou concentração inferior ao valor médio das campanhas realizadas nos mesmos períodos (enchente) apresentadas no Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas da UHE Santo Antônio no rio Madeira entre janeiro de 2009 e agosto de 2011 (104 ± 65 ug/L média \pm DP).

O nitrito apresentou concentração média de $2,8 \pm 1,5$ ug/L (média \pm DP), variando entre 1,2 ug/L (JAT I fundo) e 7,7 ug/L (BEL fundo) (Figura 5-118). O nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) apresentou concentração média de 600 ± 337 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-119). O NID foi em média 33% do nitrogênio total, sendo o restante composto pela fração orgânica.

A concentração média de nitrogênio orgânico total foi de 1194 ± 672 ug/L (média \pm DP), variando entre 151 ug/L (CEA.01) e 2839 ug/L (JAT I fundo) (Figura 5-120). Já o nitrogênio orgânico dissolvido variou entre 28 ug/L (JAT I.01 superfície) e 1419 ug/L (JAC.02 fundo), com média de 448 ± 350 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-121).

O nitrogênio particulado apresentou concentração média de 746 ± 637 ug/L (média \pm DP), oscilando entre 4 ug/L (JAC.02 fundo) e 2382 ug/L (JAT I fundo) (Figura 5-122). A fração particulada foi em média 41% do nitrogênio total, estando o restante na fração dissolvida. O nitrogênio total dissolvido variou entre 582 ug/L (JAC.01 superfície) e 2018 ug/L (CEA.01), com média de 1048 ± 395 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-123). O nitrogênio total apresentou concentração média de 1794 ± 638 ug/L (média \pm DP), variando entre 912 ug/L (JAC.01 superfície) e 3261 ug/L (JAT I fundo) (Figura 5-124). As estações TEO e JAT I apresentaram uma certa variação vertical, que está possivelmente ligada a fatores naturais.

Esses resultados indicam que a formação do reservatório não influenciou, até o presente momento, a dinâmica do nitrogênio nos tributários. Com exceção das estações JAT I, TEO e CEA. Essas estações apresentam grande influência do rio Madeira, já que estão situadas em braços do reservatório e boa parte da água que banha esses ambientes é oriunda do rio Madeira. Os altos valores observados na estação CEA.01 estão provavelmente ligados ao aporte de matéria orgânica alóctone, que é maior quando o nível da água está mais elevado.

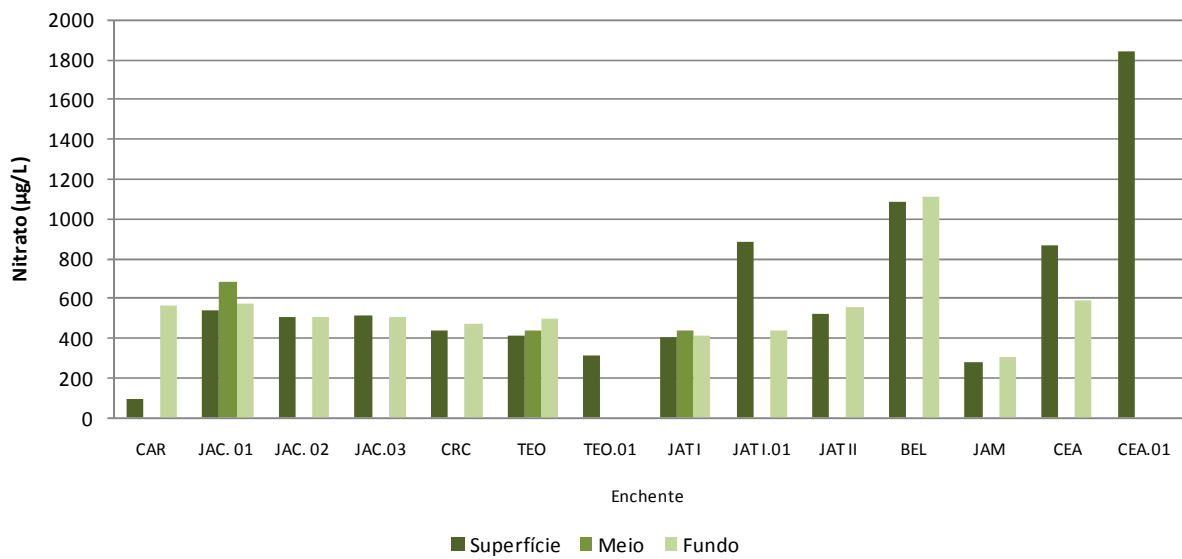


Figura 5-116 - Concentrações de nitrato nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

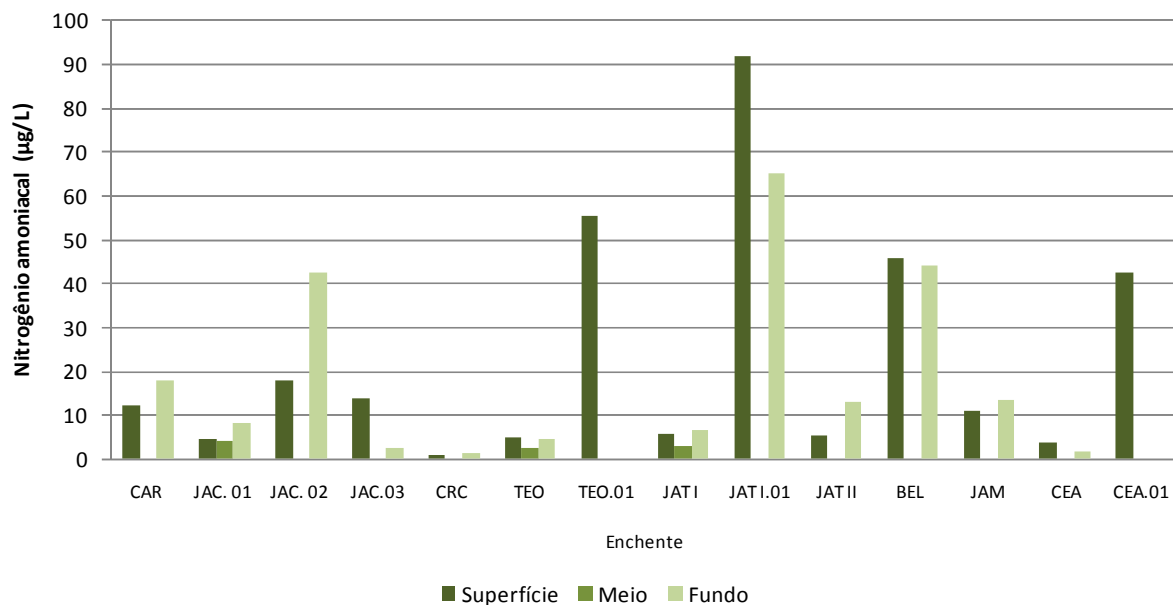


Figura 5-117 - Concentrações de nitrogênio amoniaco nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

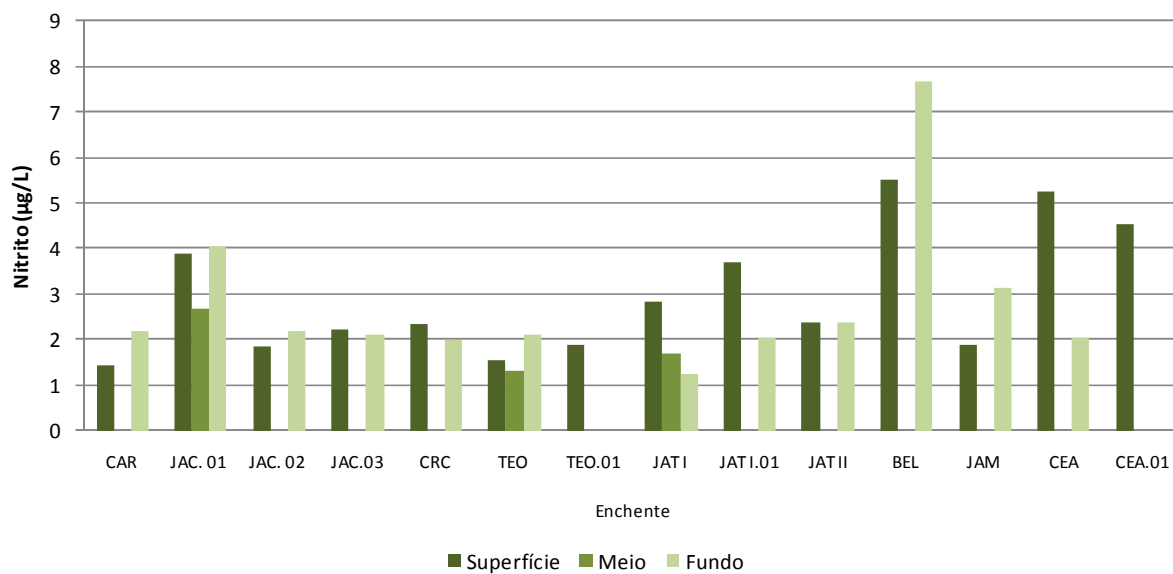


Figura 5-118 - Concentrações de nitrito nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

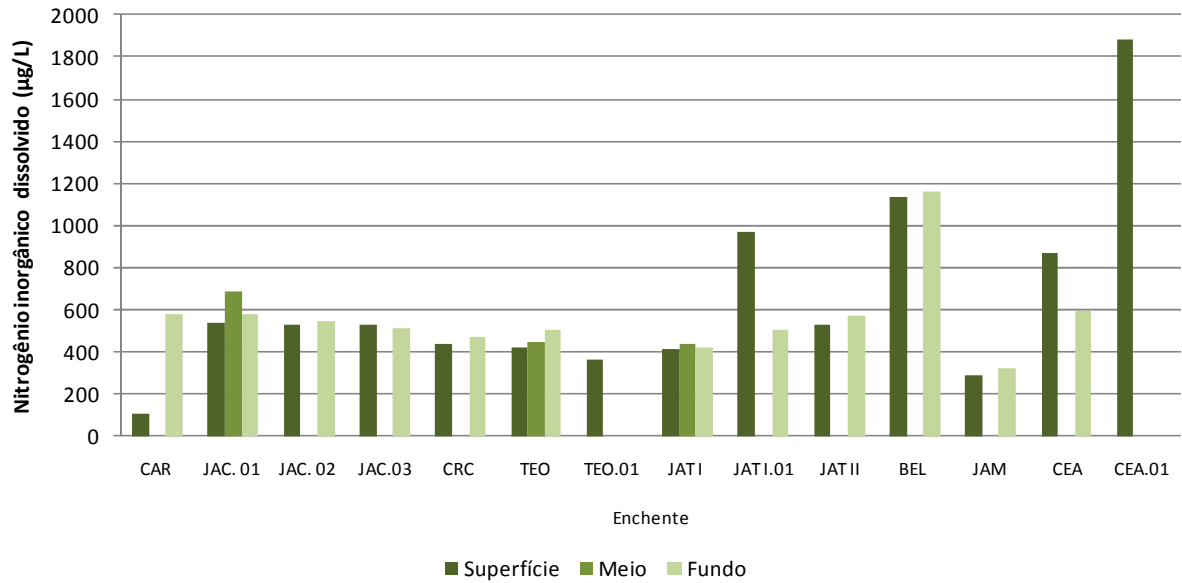


Figura 5-119 - Concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

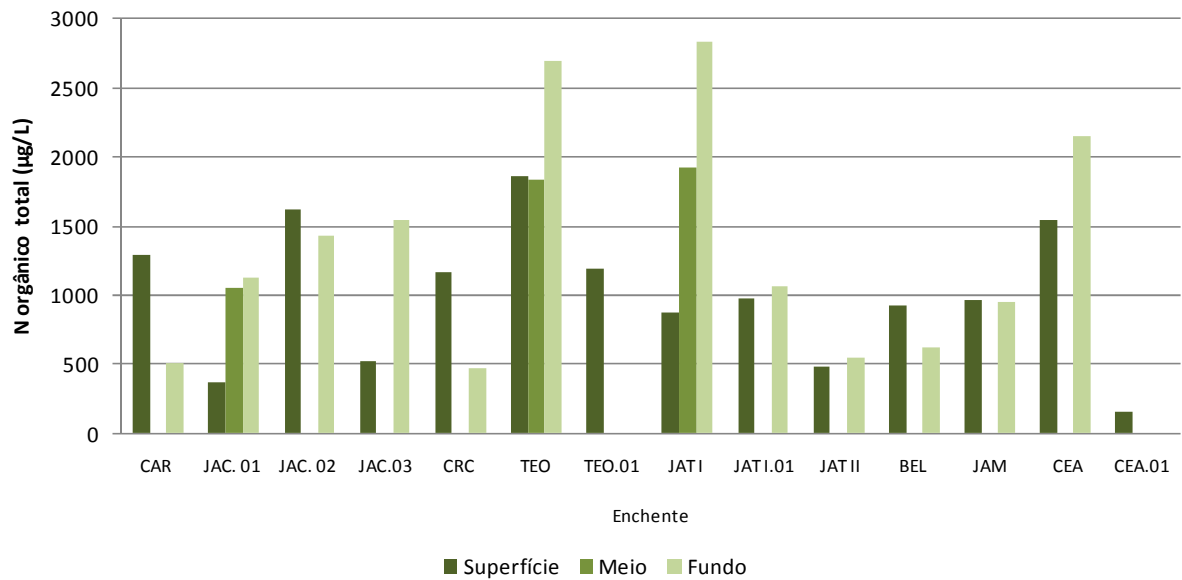


Figura 5-120 - Concentrações de nitrogênio orgânico total (NOT) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

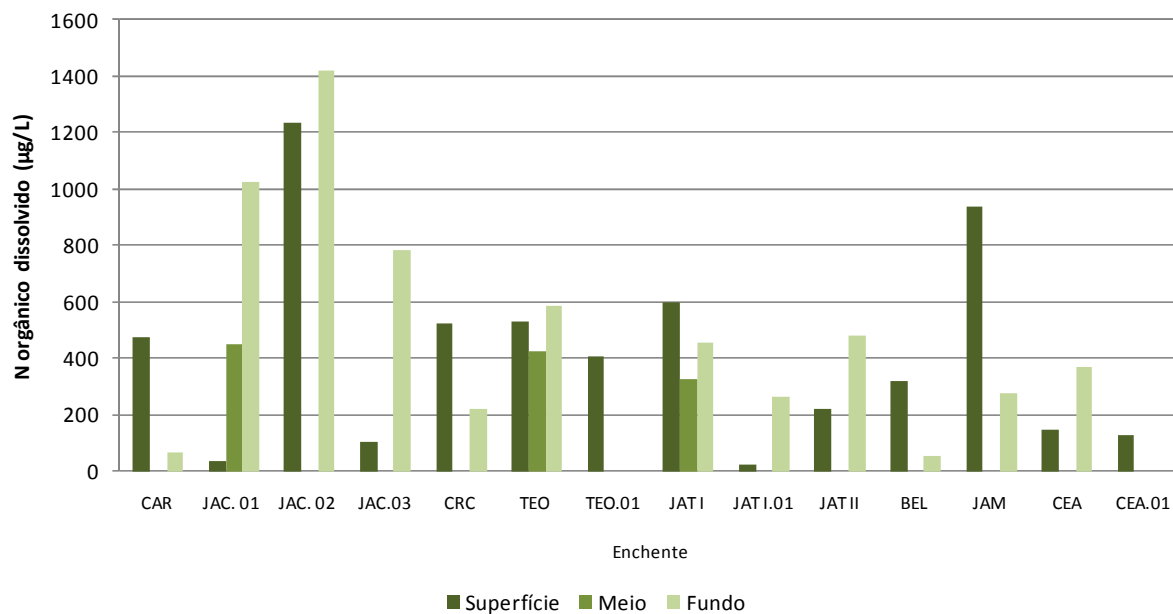


Figura 5-121 - Concentrações de nitrogênio orgânico dissolvido (NOD) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

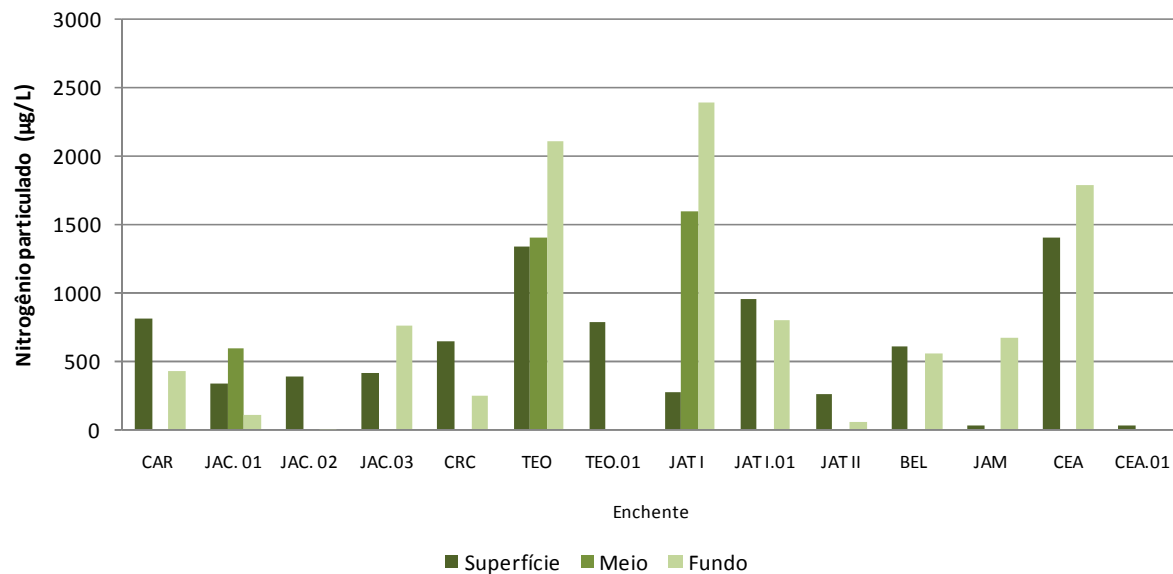


Figura 5-122 - Concentrações de nitrogênio particulado (NP) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

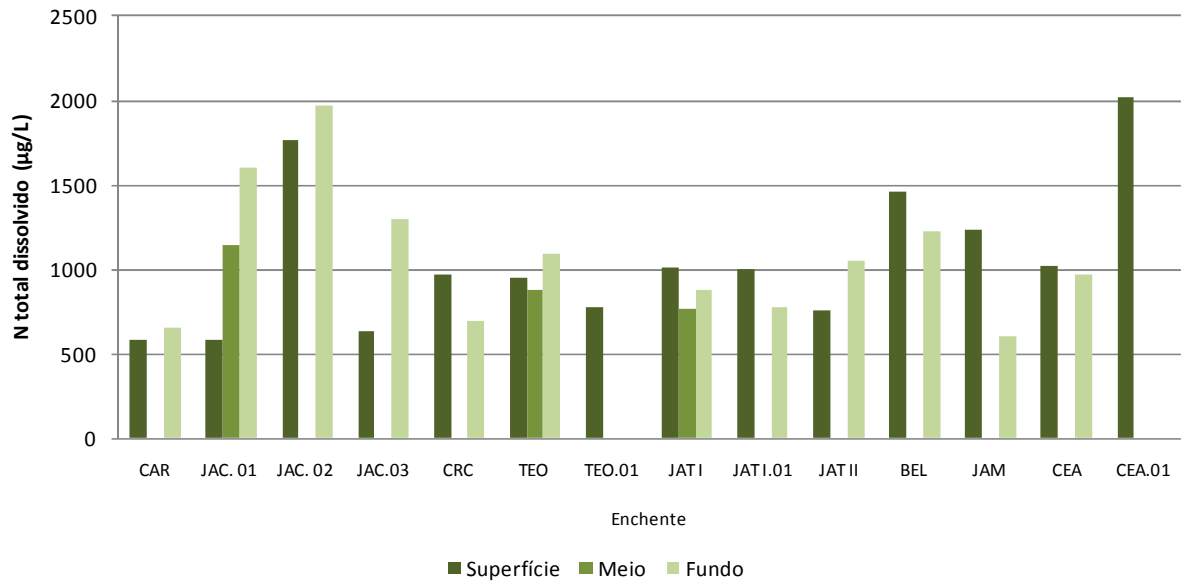


Figura 5-123 - Concentrações de nitrogênio total dissolvido (NTD) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

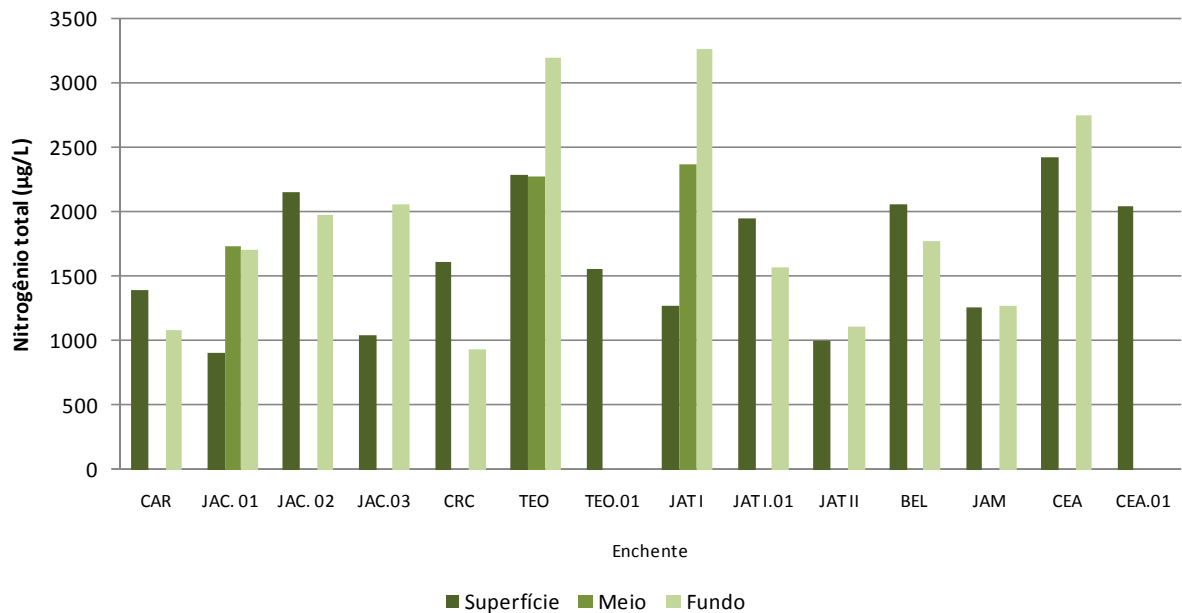


Figura 5-124 - Concentrações de nitrogênio total (NT) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais, o nitrato foi a fração que mais contribuiu para o nitrogênio inorgânico dissolvido, tendo sido em média 95% dessa fração, porcentagem semelhante à encontrada para o rio Madeira e para os tributários. As concentrações de nitrato variaram entre 474 ug/L (CUJ) e 935 ug/L (LC.01 meio), com média de 738 ± 171 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-125).

As concentrações de nitrogênio amoniacal oscilaram entre 1,1 ug/L (CUJ) e 18,3 ug/L (LC.01 superfície), com média de $7,1 \pm 5,1$ ug/L (média \pm DP) (Figura 5-126). Valor inferior ao valor médio das campanhas realizadas nos mesmos períodos (enchente) apresentadas no Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas da UHE Santo Antônio no rio Madeira entre janeiro de 2009 e agosto de 2011 (54 ± 39 ug/L média \pm DP).

O nitrito apresentou concentração média de $3,0 \pm 1,5$ ug/L (média \pm DP), variando entre 1,3 ug/L (CUJ) e 6,8 ug/L (CC.01) (Figura 5-127). O nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) apresentou concentração média de 773 ± 160 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-128). O NID foi em média 52% do nitrogênio total, sendo o restante composto pela fração orgânica.

A concentração média de nitrogênio orgânico total foi de 693 ± 325 ug/L (média \pm DP), variando entre 130 ug/L (CC.02) e 1176 ug/L (CC.01) (Figura 5-129). O nitrogênio orgânico dissolvido variou entre 32 ug/L (CC.02) e 549 ug/L (CC.01), com média de 209 ± 179 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-130).

O nitrogênio particulado apresentou concentração média de 484 ± 267 ug/L (média \pm DP), oscilando entre 97 ug/L (CC.02) e 899 ug/L (LC.01 meio) (Figura 5-131). A fração particulada foi em média 33% do nitrogênio total, estando o restante na fração dissolvida. O nitrogênio total dissolvido variou entre 798 ug/L (CUJ) e 1489 ug/L (CC.01), com média de 982 ± 190 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-132). O nitrogênio total apresentou concentração média de 1467 ± 364 ug/L (média \pm DP), variando entre 910 ug/L (CC.02) e 2117 ug/L (CC.01) (Figura 5-133).

Em geral, os altos valores das frações de nitrogênio (N) observados para os lagos e canais, provavelmente estão ligados ao aporte de matéria orgânica alóctone, que é maior quando o nível da água está mais elevado. Portanto, mesmo com a criação do reservatório, os resultados obtidos não apontam para modificações nos lagos e canais amostrados. Todos os lagos e canais estão situados a jusante do reservatório da UHE Santo Antônio e, dessa forma, não há grande efeito da usina sobre esses ambientes.

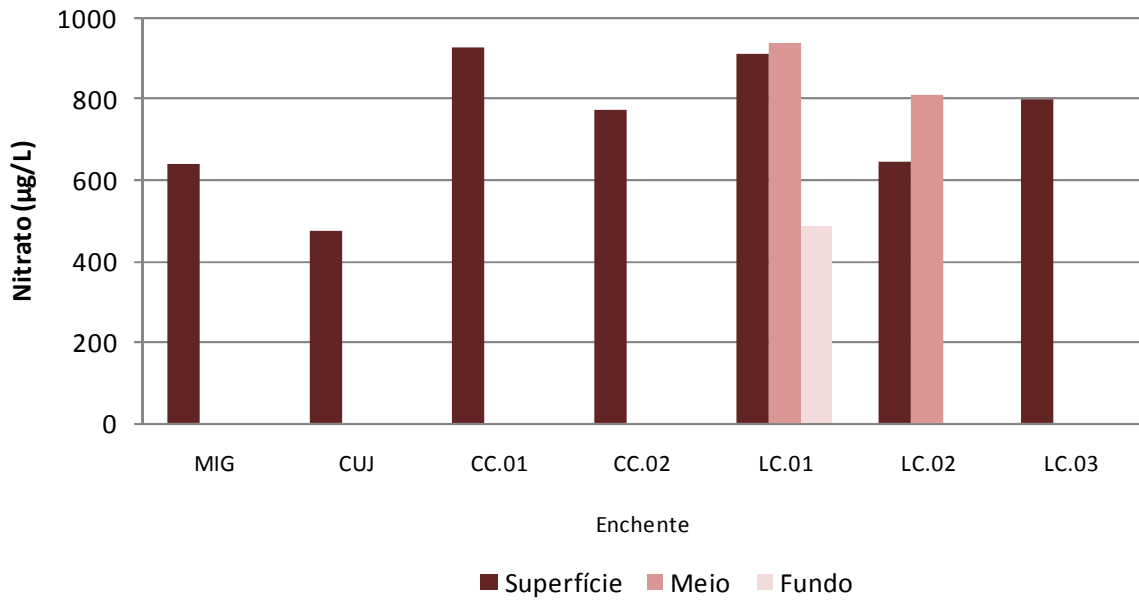


Figura 5-125 - Concentrações de nitrato nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

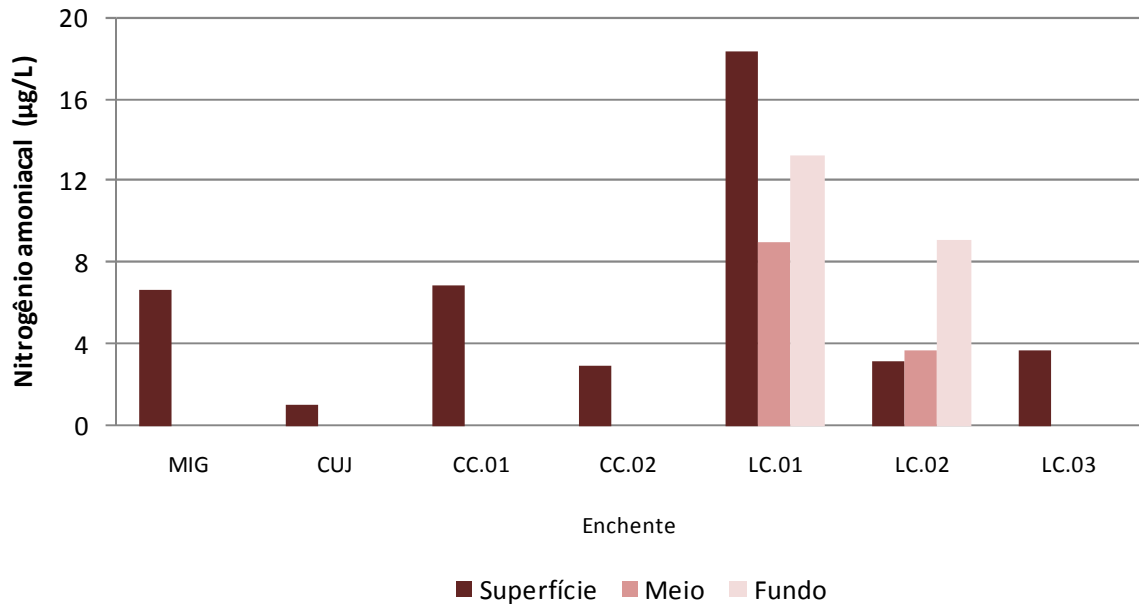


Figura 5-126 - Concentrações de nitrogênio amoniacal nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

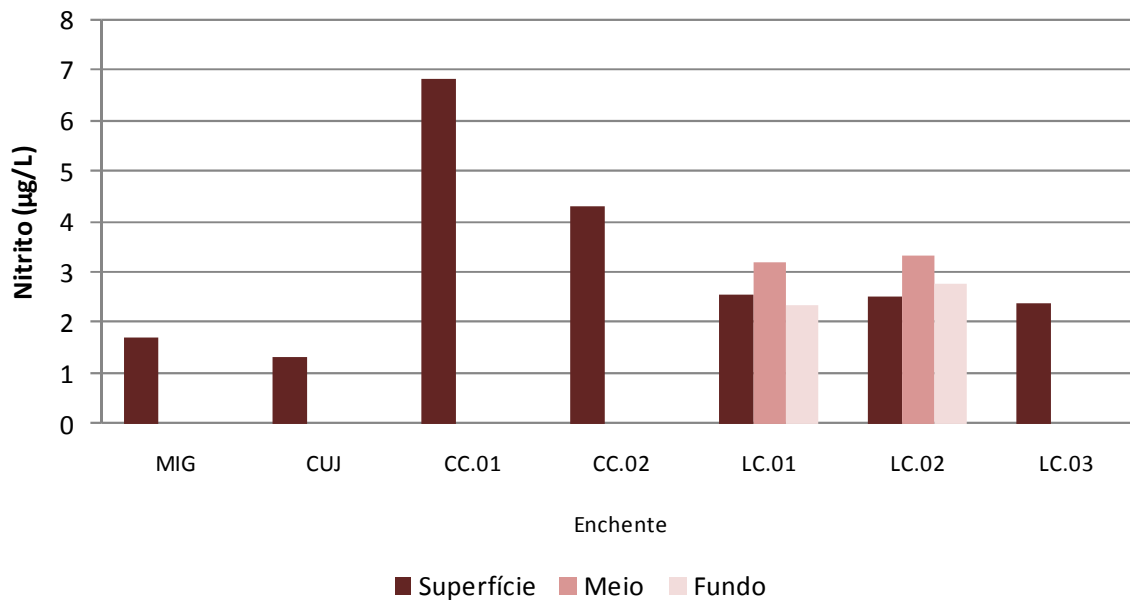


Figura 5-127 - Concentrações de nitrito nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

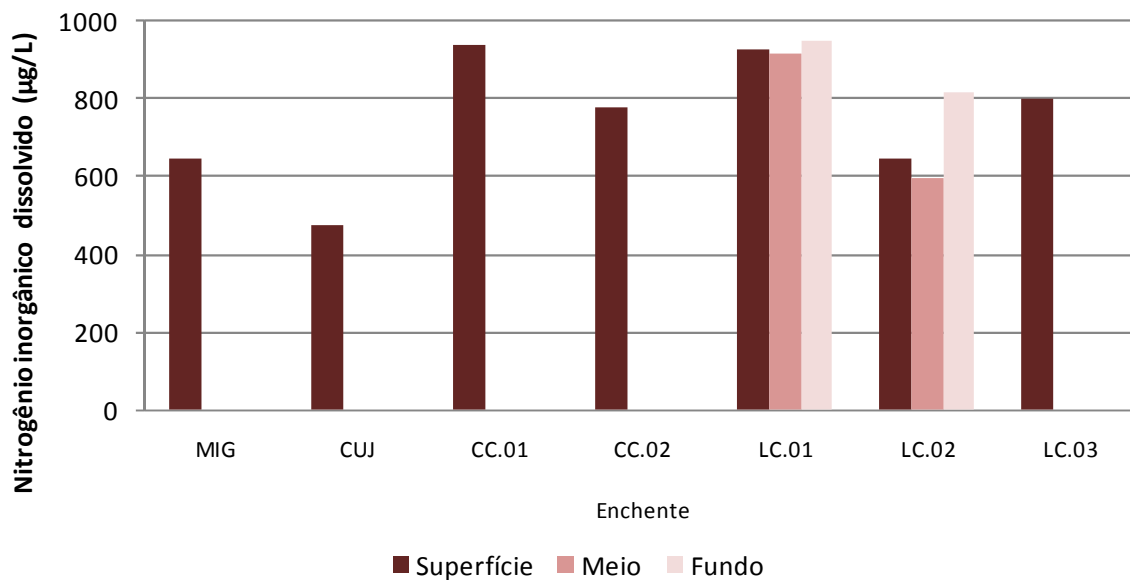


Figura 5-128 - Concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

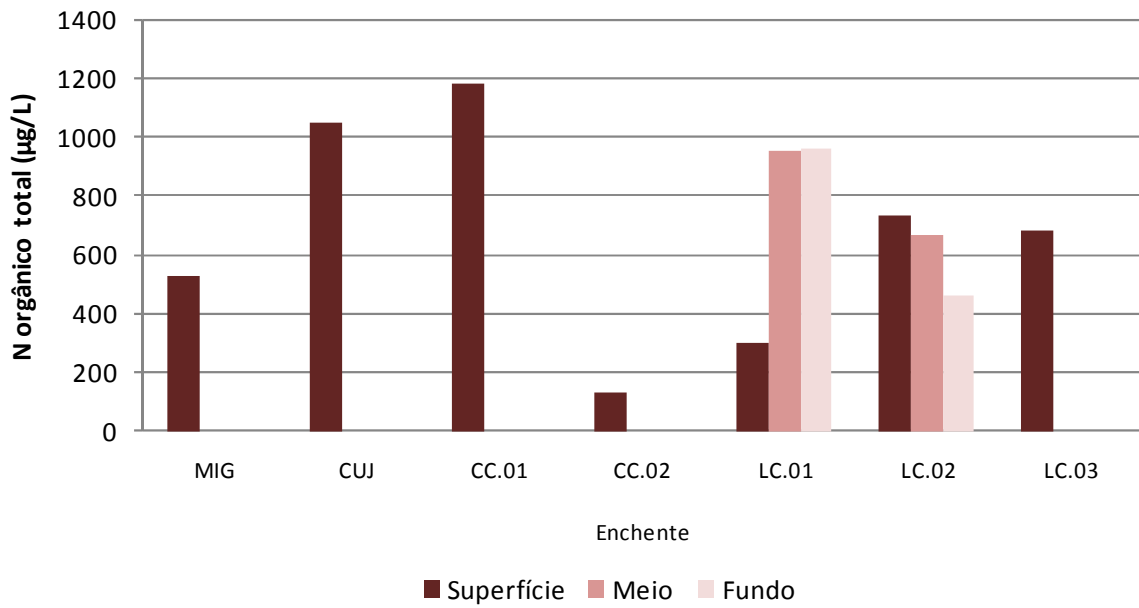


Figura 5-129 - Concentrações de nitrogênio orgânico total (NOT) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

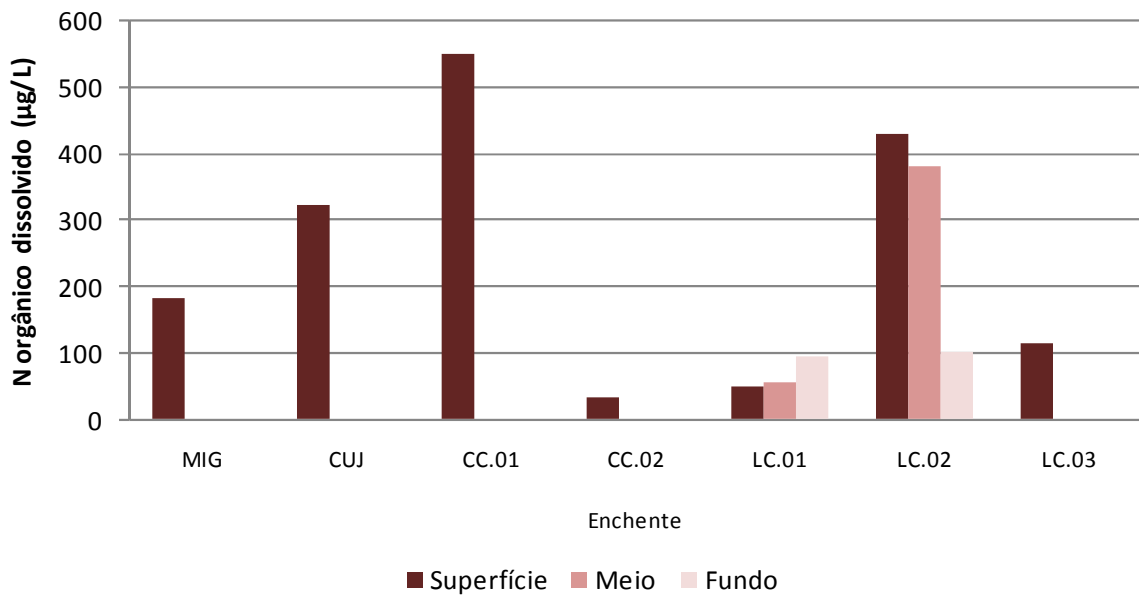


Figura 5-130 - Concentrações de nitrogênio orgânico dissolvido (NOD) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

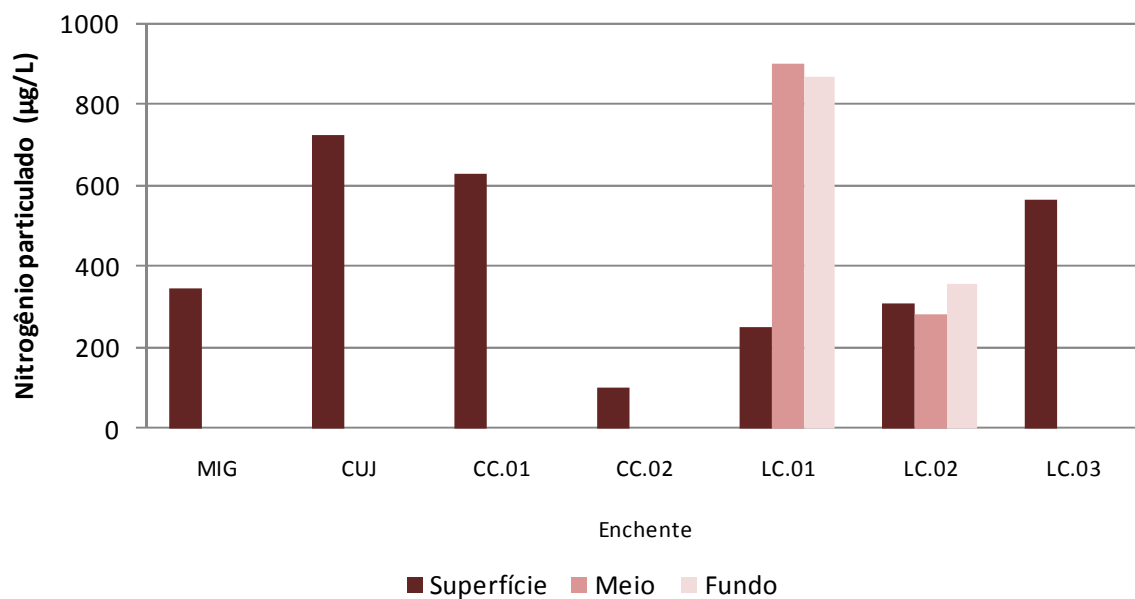


Figura 5-131 - Concentrações de nitrogênio particulado (NP) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

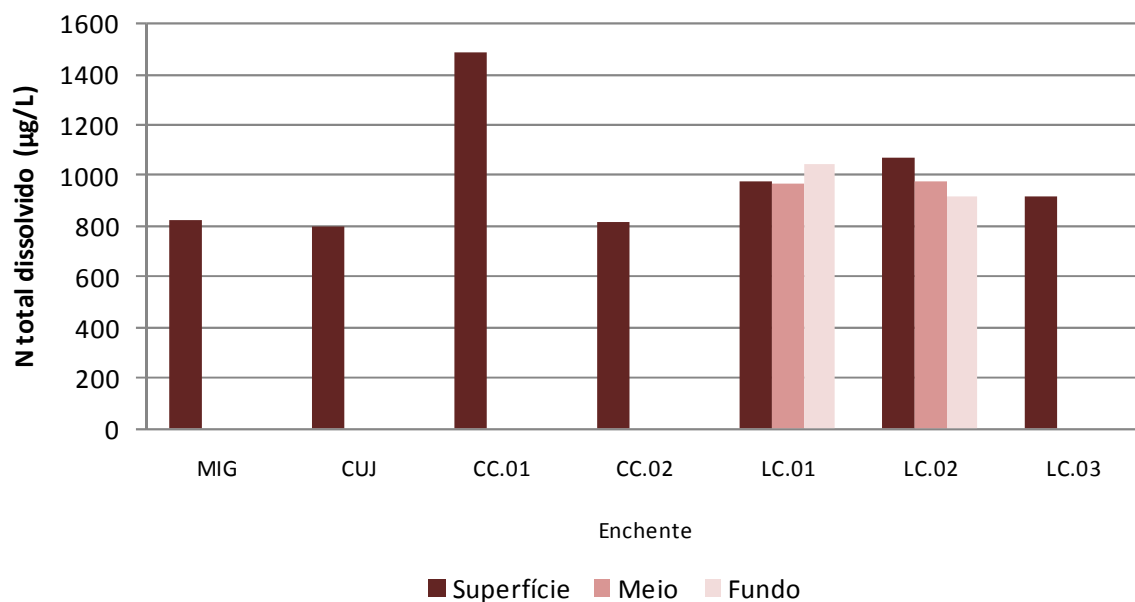


Figura 5-132 - Concentrações de nitrogênio total dissolvido (NTD) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

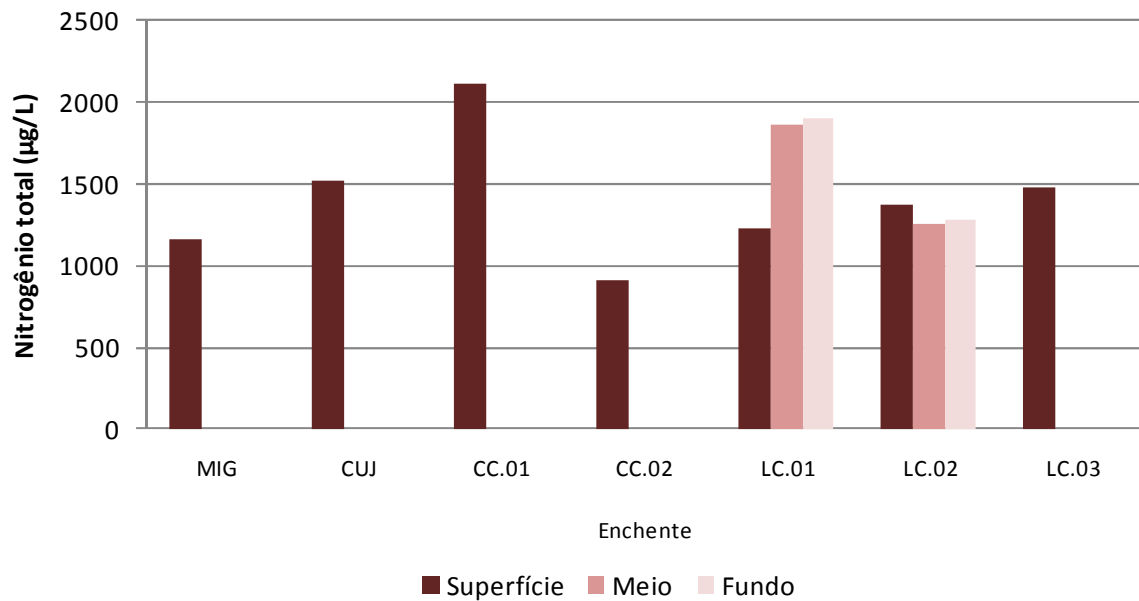


Figura 5-133 - Concentrações de nitrogênio total (NT) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

As concentrações das diferentes formas de nitrogênio registraram, em geral, pouca variação espacial e vertical nos ambientes amostrados. Isso indica que a criação do reservatório não causou modificações nas concentrações dessas formas de nitrogênio. Além disso, cabe salientar que as concentrações de nitrato, nitrogênio amoniacal e nitrito atenderam ao Art. 15 da Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de Classe 2, tanto no rio Madeira quanto nos tributários e nos lagos e canais.

5.1.7.2 - Conteúdo nutricional: Fósforo (Ortofosfato, Fósforo total dissolvido, Fósforo total, Fósforo orgânico dissolvido, Fósforo orgânico total e Fósforo particulado)

O fósforo é indispensável para a produção primária em ambientes aquáticos e, devido às baixas concentrações em que geralmente é encontrado, pode tornar-se um fator limitante para a produtividade primária (Esteves, 2011) e em alguns casos para produtividade bacteriana (Farjalla et al. 2002) e secundária de ecossistemas aquáticos (Guariento et al. 2011b).

O ortofosfato, fração mais importante do ponto de vista biológico, apresentou concentração média de $16,4 \pm 7,8$ ug/L (média \pm DP), variando entre 8,8 ug/L (MON.03 superfície) e 39 ug/L (JUS.01 superfície) (Figura 5-134). Em um estudo sobre os fatores que controlam as concentrações de nutrientes em alguns ambientes amazônicos, Forsberg et al. (1988) registraram concentrações de ortofosfato de 18,6 μ g/L, valor semelhante ao encontrado no presente estudo.

O fósforo total dissolvido variou entre 26 ug/L (JUS.03 superfície) e 57 ug/L (JUS.01 superfície), com média de $33 \pm 7,9$ ug/L (média \pm DP) (Figura 5-135). A fração dissolvida foi em média 6% do fósforo total, estando o restante na fração particulada. O fósforo particulado apresentou concentração média de 491 ± 234 ug/L (média \pm DP), oscilando entre 236 ug/L (MON.01 superfície) e 954 ug/L (MON.04 fundo) (Figura 5-136).

As concentrações de fósforo total (PT) no rio Madeira foram elevadas. Entretanto, foram semelhantes ao valor médio das campanhas realizadas nos mesmos períodos (enchente) apresentadas no Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas da UHE Santo Antônio no rio Madeira entre janeiro de 2009 e agosto de 2011 (432 ± 146 ug/L média \pm DP). Os valores de PT variaram entre 272 ug/L (JUS.03 fundo) e 983 ug/L (MON.04 fundo), com média de 524 ± 232 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-137). Do mesmo modo que o registrado com os valores de sólidos, nesse período (enchente) foi possível observar um gradiente de diminuição do fósforo em direção à barragem, o que é um indicativo de uma potencial sedimentação desse elemento. As estações situadas a montante da barragem tiveram o seu tempo de residência aumentado e, uma vez que o fósforo é majoritariamente particulado, o aumento no tempo de residência pode favorecer a deposição do fósforo.

Em relação à parcela orgânica, o fósforo orgânico total apresentou concentração média de 508 ± 232 $\mu\text{g/L}$ (média \pm DP), oscilando entre 267 $\mu\text{g/L}$ (MON.01 superfície) e 968 $\mu\text{g/L}$ (MON.04 fundo) (Figura 5-138). O fósforo orgânico dissolvido variou entre 3,1 $\mu\text{g/L}$ (MON.05 fundo) e 31,1 $\mu\text{g/L}$ (MON.01 superfície), com média de $17,1 \pm 6,3$ $\mu\text{g/L}$ (média \pm DP) (Figura 5-139).

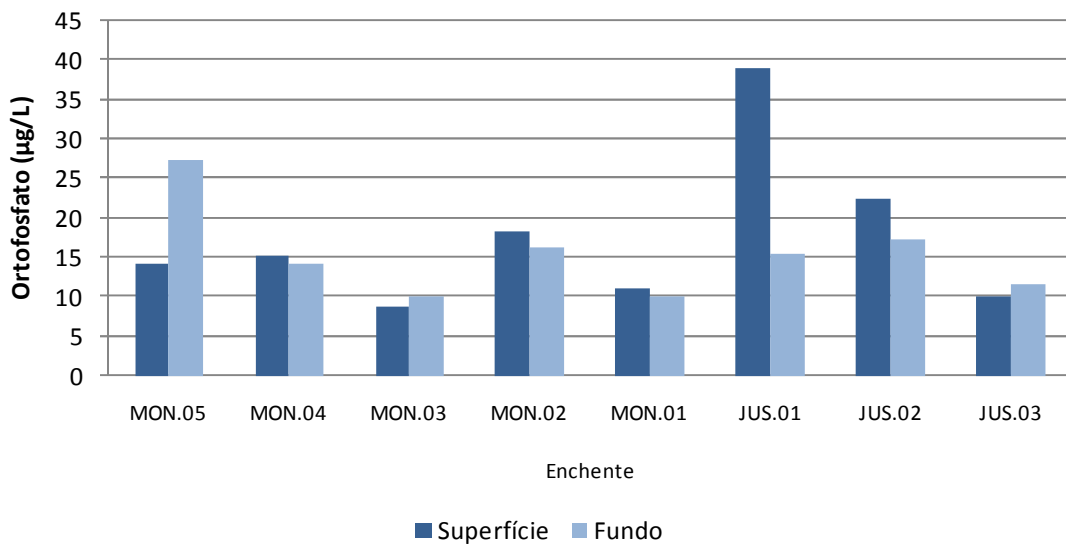


Figura 5-134 - Concentrações de ortofosfato no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

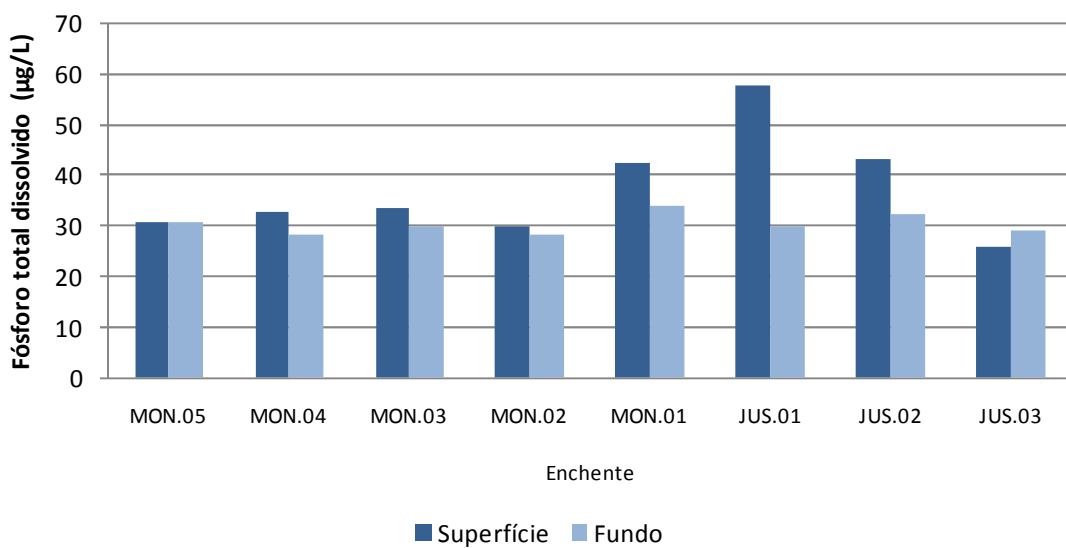


Figura 5-135 - Concentrações de fósforo total dissolvido (PTD) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

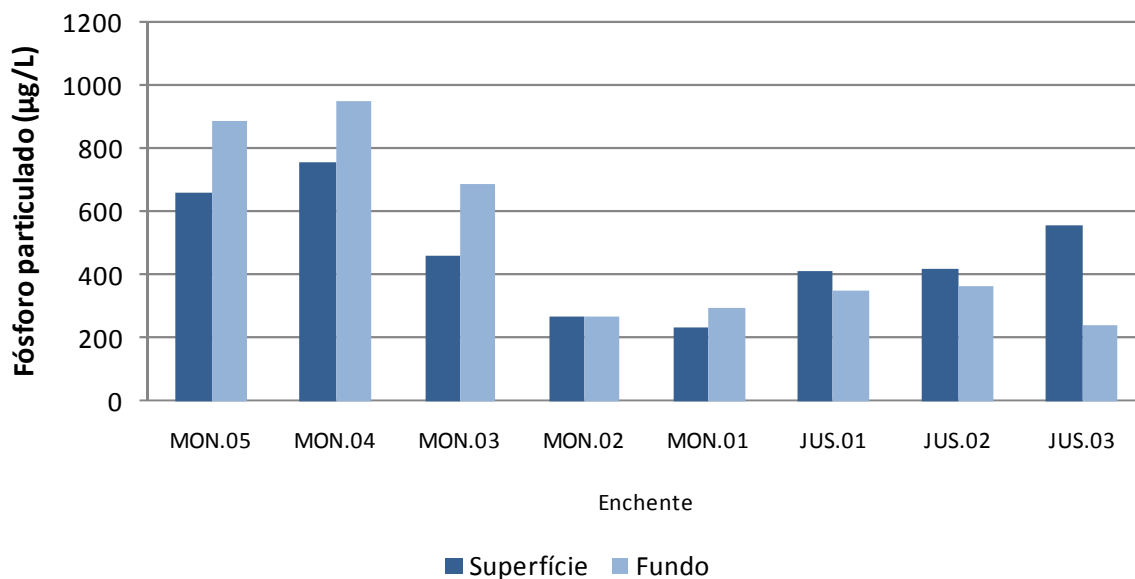


Figura 5-136 - Concentrações de fósforo particulado (PP) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

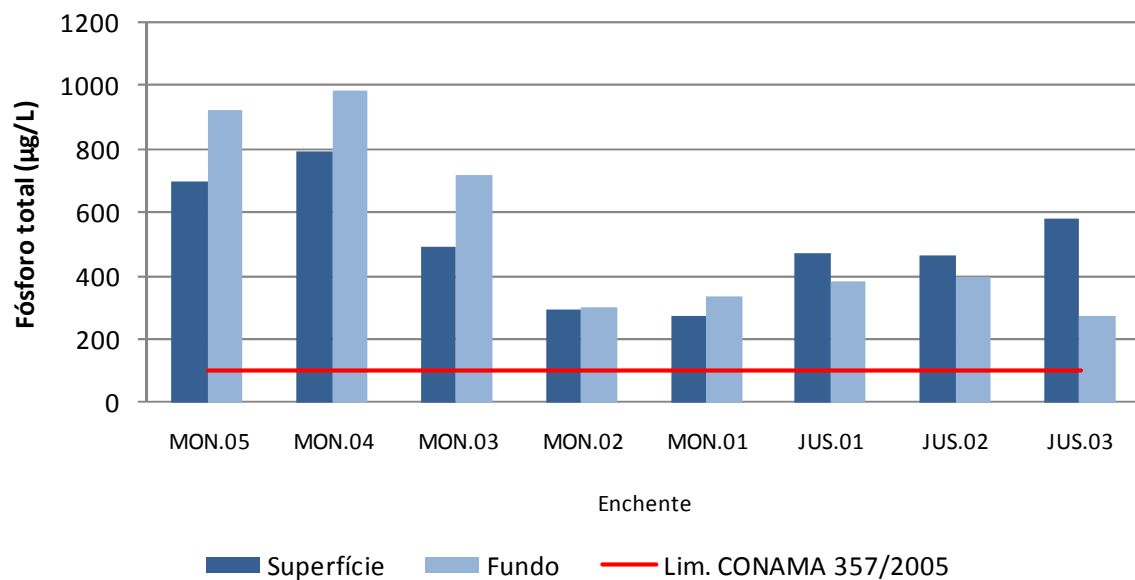


Figura 5-137 - Concentrações de fósforo total (PT) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

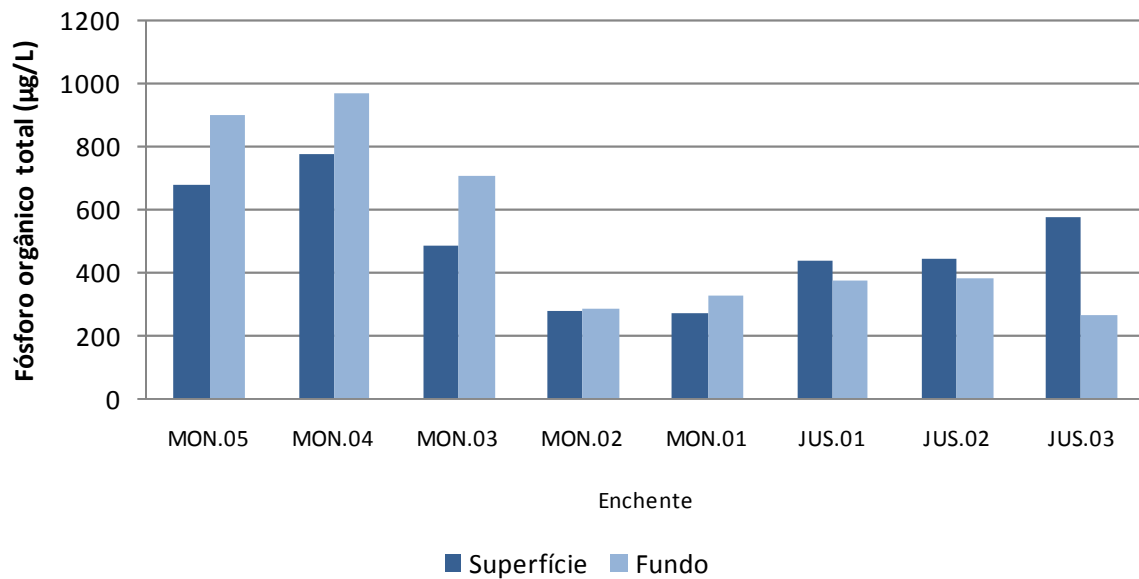


Figura 5-138 - Concentrações de fósforo orgânico total (POT) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

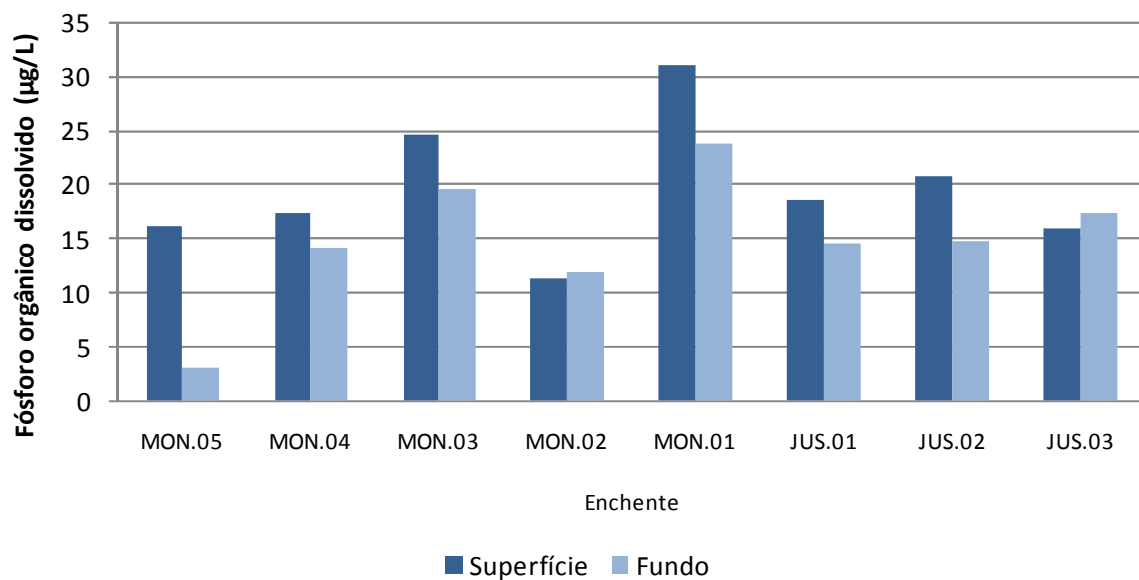


Figura 5-139 - Concentrações de fósforo orgânico dissolvido (POD) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos tributários, o ortofosfato variou entre 5,4 ug/L (JAM superfície) e 67 ug/L (TEO superfície), com média de $14,7 \pm 12,2$ ug/L (média \pm DP) (Figura 5-140). O ortofosfato representou em média 9% do fósforo total.

O fósforo total dissolvido apresentou concentração média de 34 ± 14 ug/L (média \pm DP), variando entre 15,6 ug/L (CAR fundo) e 67 ug/L (TEO superfície) (Figura 5-141). A fração dissolvida foi em média 21% do fósforo total, estando o restante na fração particulada. O fósforo particulado variou entre 5,6 ug/L (JAT II fundo) e 750 ug/L (TEO superfície), com média de 126 ± 196 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-142).

As concentrações de fósforo total nos tributários, em geral, foram inferiores às observadas para o rio Madeira. A concentração média foi de 160 ± 201 ug/L (média \pm DP), com os valores oscilando entre 28 ug/L (CAR fundo) e 816 ug/L (TEO superfície) (Figura 5-143).

Em relação à parcela orgânica, o fósforo orgânico total apresentou concentração média de 146 ± 193 ug/L (média \pm DP), oscilando entre 18 ug/L (JAT II fundo) e 759 ug/L (TEO superfície) (Figura 5-144). O fósforo orgânico dissolvido variou entre 3,2 ug/L (JAT I fundo) e 52,2 ug/L (JAT I superfície), com média de 20 ± 12 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-145).

Em geral, os maiores valores foram registrados nas estações TEO e JAT I. Essas estações apresentam grande influência do rio Madeira, já que estão situadas em braços do reservatório e boa parte da água que banha esses ambientes é oriunda do rio Madeira.

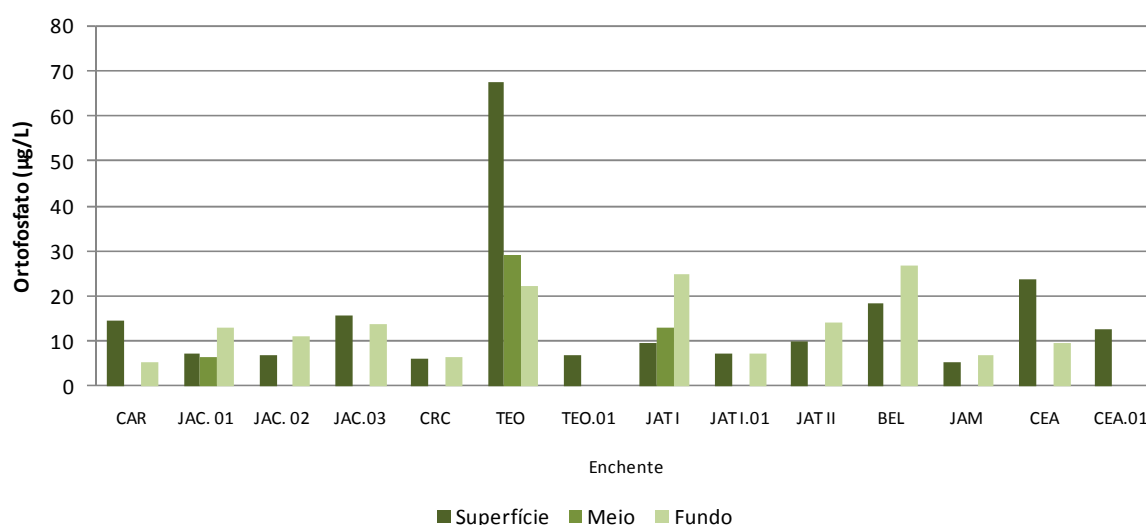


Figura 5-140 - Concentrações de ortofosfato nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

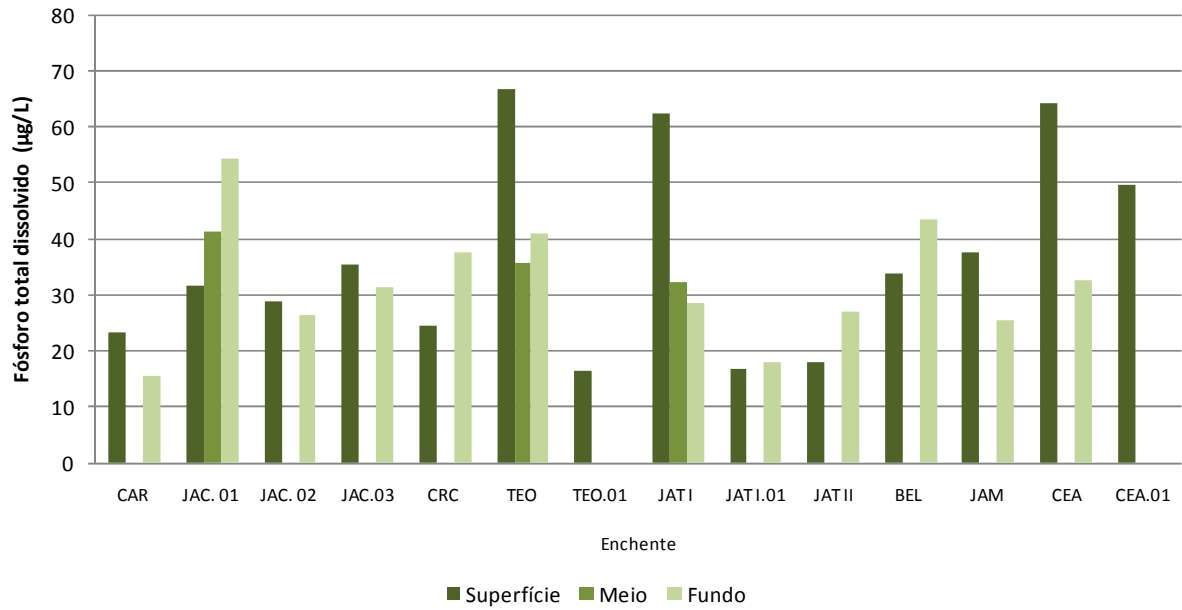


Figura 5-141 - Concentrações de fósforo total dissolvido (PTD) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

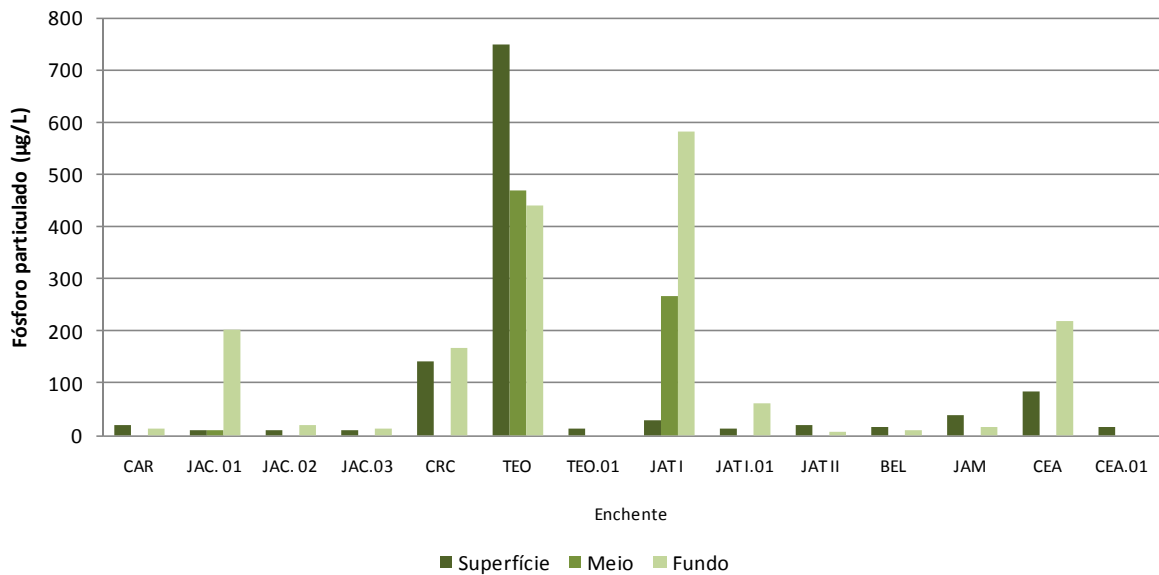


Figura 5-142 - Concentrações de fósforo particulado (PP) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

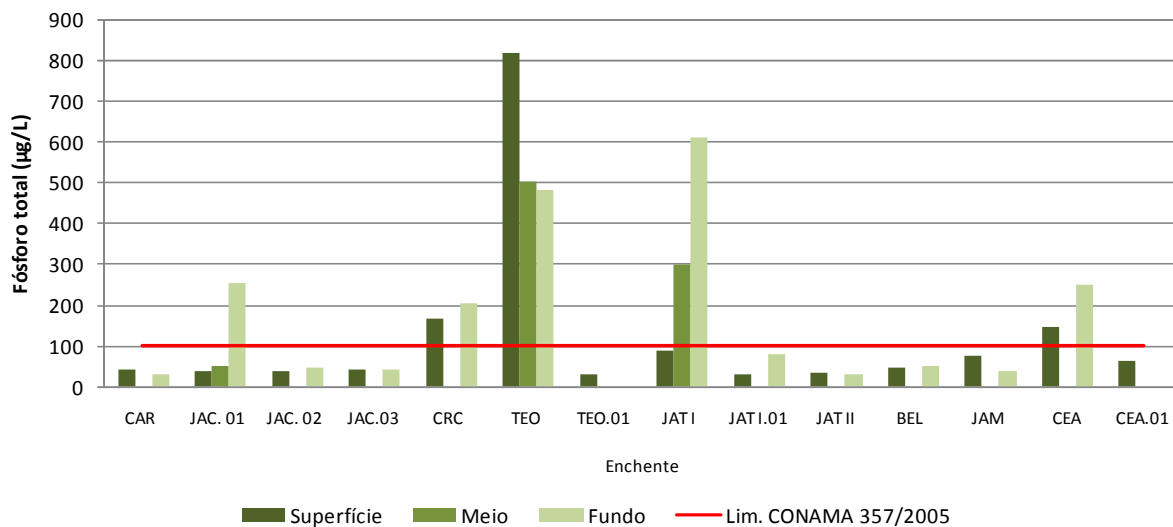


Figura 5-143 - Concentrações de fósforo total (PT) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

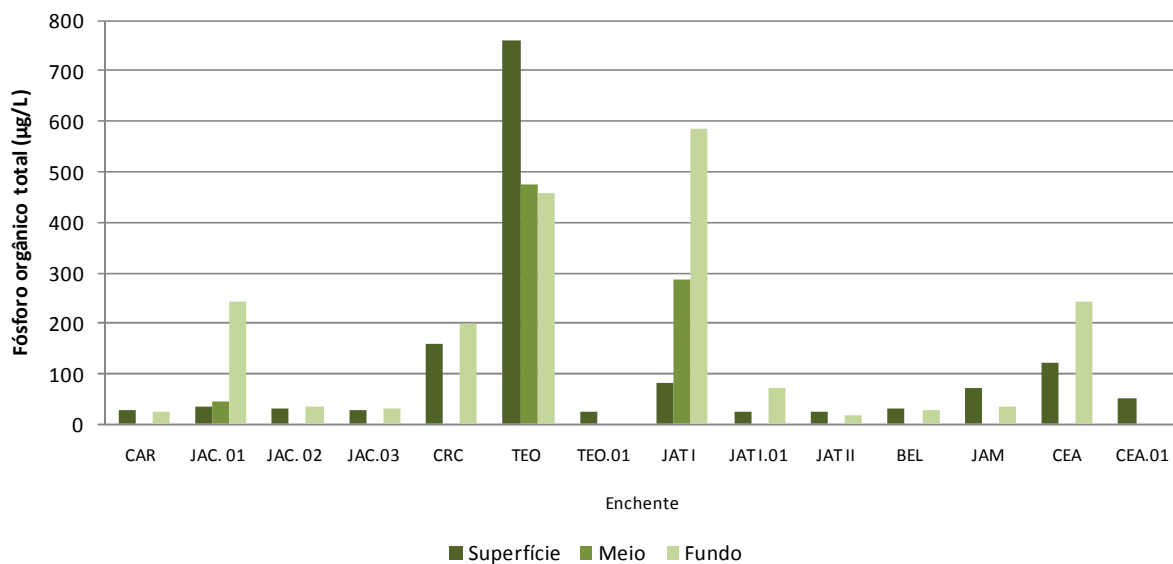


Figura 5-144 - Concentrações de fósforo orgânico total (POT) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

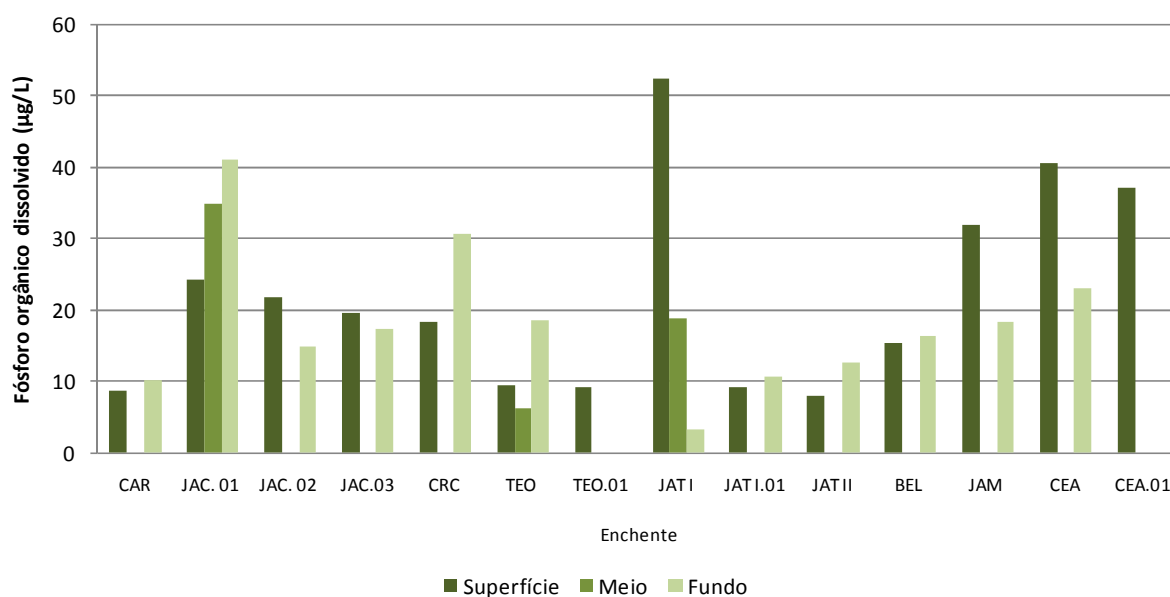


Figura 5-145 - Concentrações de fósforo orgânico dissolvido (POD) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais, o ortofosfato variou entre 6,8 ug/L (CUJ) e 20,4 ug/L (LC.01 meio), com média de $10,6 \pm 4,9$ ug/L (média \pm DP) (Figura 5-146). O ortofosfato representou em média 18% do fósforo total, proporção maior que a encontrada para o rio Madeira e para os tributários.

O fósforo total dissolvido apresentou concentração média de $25 \pm 9,4$ ug/L (média \pm DP), variando entre 13,7 ug/L (LC.01 fundo) e 41 ug/L (CC.01) (Figura 5-147). A fração dissolvida foi em média 43% do fósforo total, estando o restante na fração particulada. O fósforo particulado variou entre 8,4 ug/L (LC.01 superfície) e 105 ug/L (CC.01), com média de 33 ± 28 ug/L (média \pm DP) (Figura 5-148).

As concentrações de fósforo total nos lagos e canais foram inferiores às observadas para o rio Madeira e para os tributários. A concentração média foi de 58 ± 34 ug/L (média \pm DP), com os valores oscilando entre 24 ug/L (LC.01 superfície) e 146 ug/L (CC.01) (Figura 5-149).

Em relação à parcela orgânica, o fósforo orgânico total apresentou concentração média de 47 ± 32 ug/L (média \pm DP), oscilando entre 15 ug/L (LC.01 superfície) e 128 ug/L (CC.01) (Figura 5-150). O fósforo orgânico dissolvido variou entre 0,8 ug/L (CUJ) e 22,3 ug/L (CC.12), com média de $14,5 \pm 7,1$ ug/L (média \pm DP) (Figura 5-151).

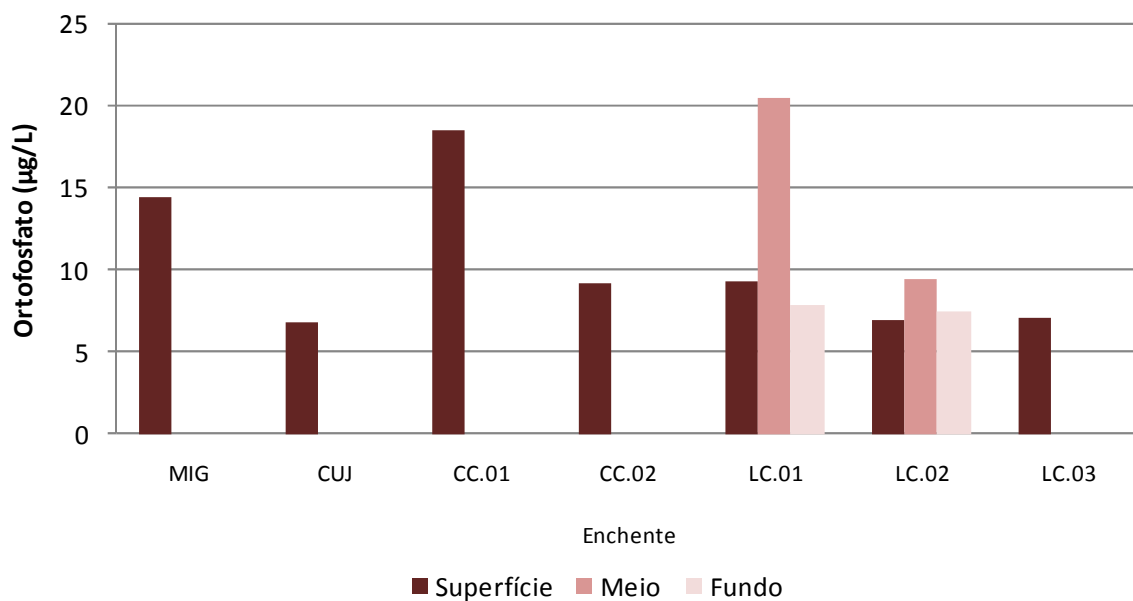


Figura 5-146 - Concentrações de ortofosfato nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

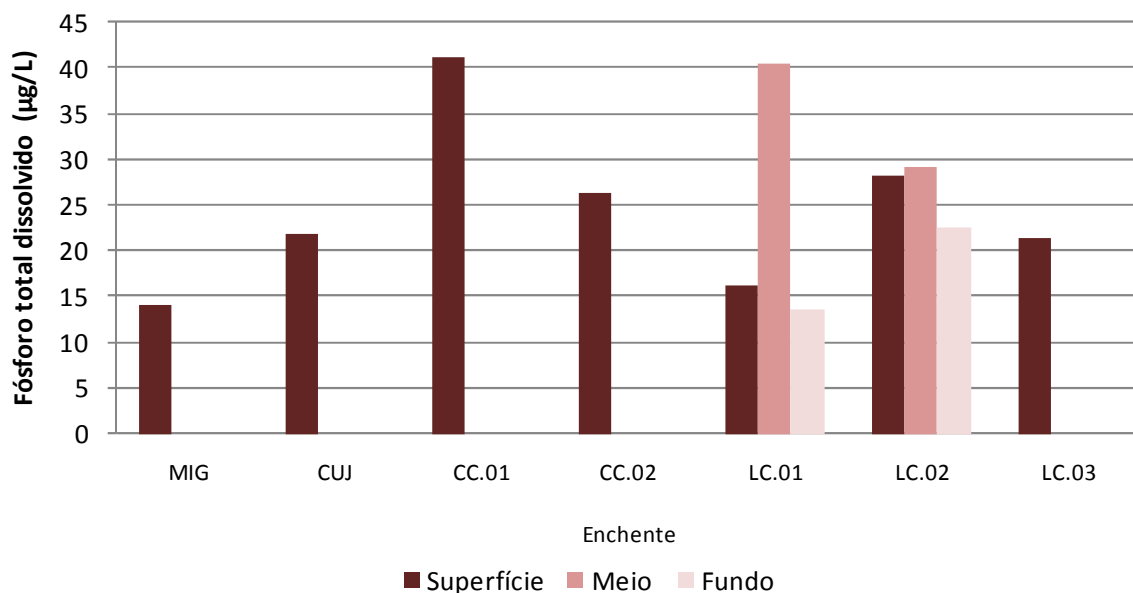


Figura 5-147 - Concentrações de fósforo total dissolvido (PTD) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

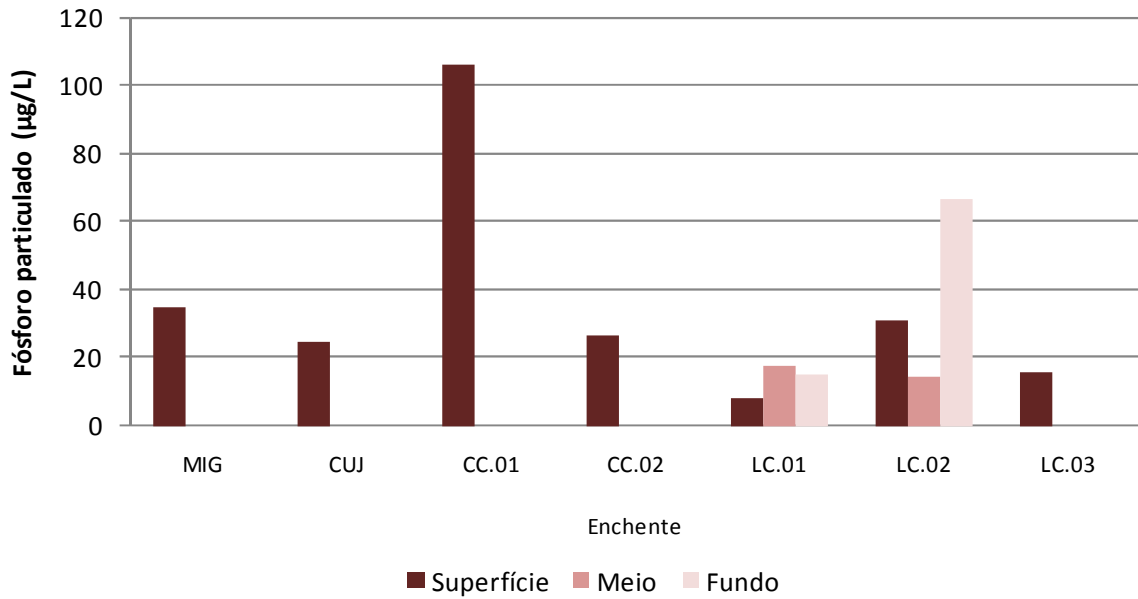


Figura 5-148 - Concentrações de fósforo particulado (PP) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

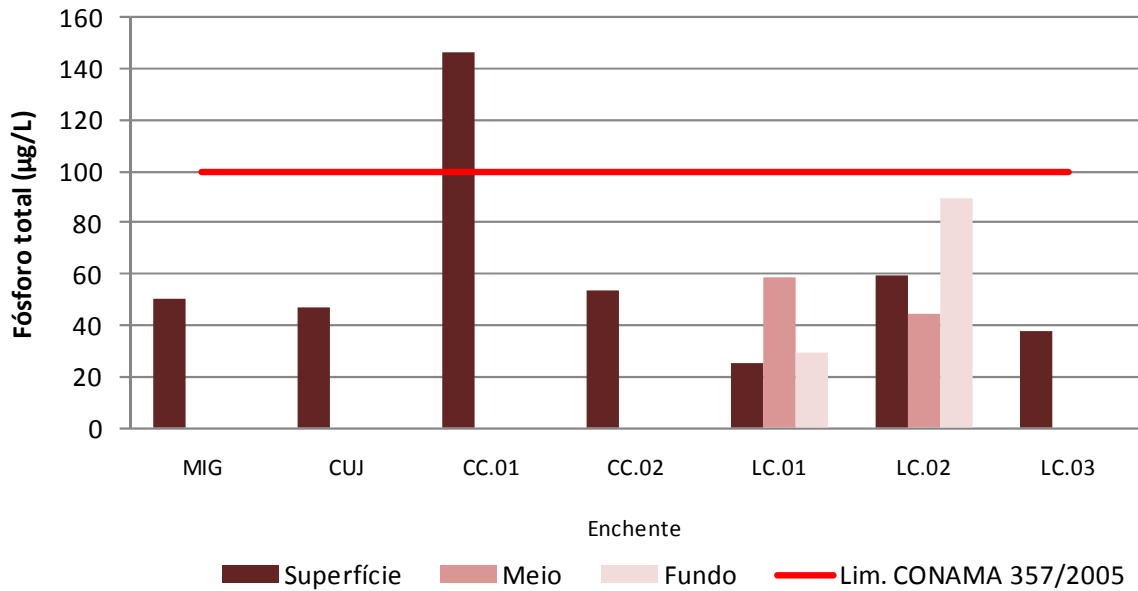


Figura 5-149 - Concentrações de fósforo total (PT) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

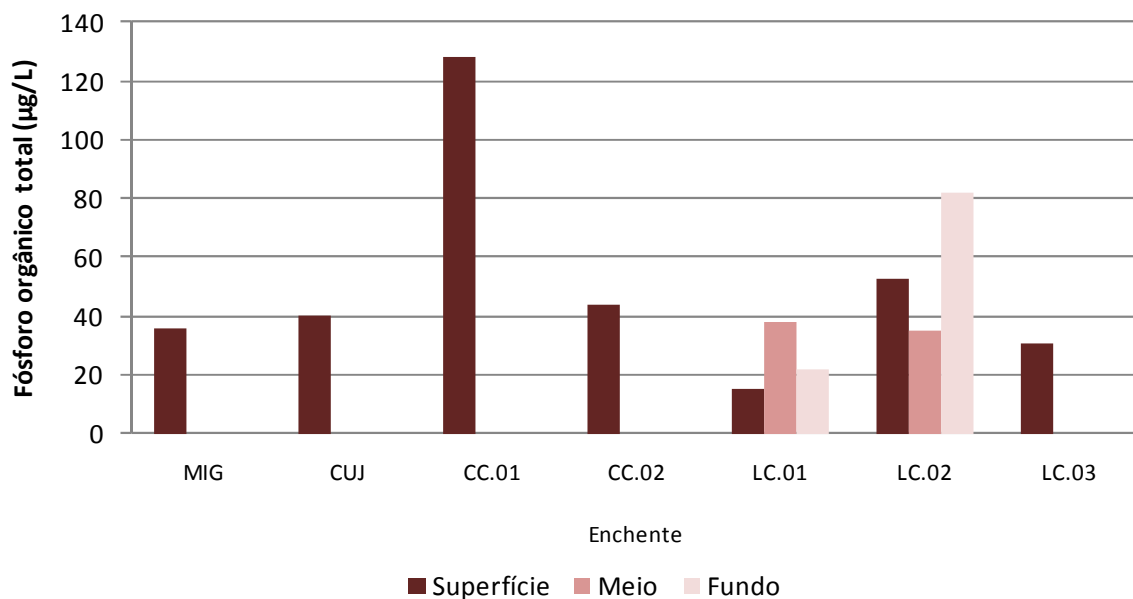


Figura 5-150 - Concentrações de fósforo orgânico total (POT) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

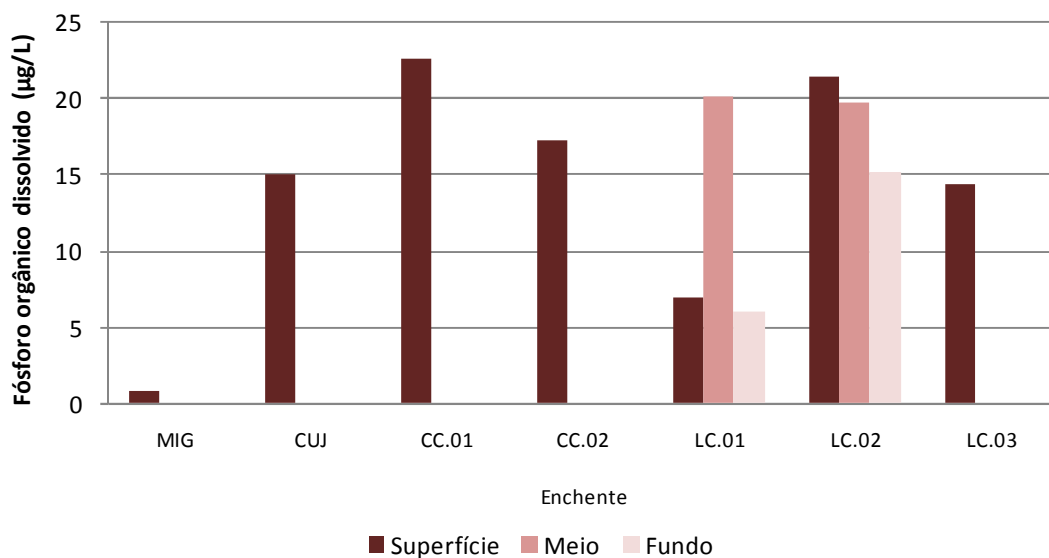


Figura 5-151 - Concentrações de fósforo orgânico dissolvido (POD) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

No rio Madeira, a maioria das estações amostradas apresentaram concentrações de fósforo total superiores ao limite de 100 µg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2. Esta é uma característica natural do rio Madeira, que é um rio de águas brancas e, por esta razão, possui altas concentrações de fósforo (McClain and Naiman, 2008). Alguns tributários (TEO, JAT I e CEA) e apenas CC.01 nos lagos e canais também não respeitaram o limite supracitado.

5.1.7.3 - Conteúdo nutricional: Silicatos reativos

A sílica é um nutriente importante para alguns organismos aquáticos, mais notadamente para as algas diatomáceas (Wetzel, 2001). A porção reativa da sílica se refere, em limnologia, à porção assimilável pelos organismos.

No rio Madeira, a concentração de silicatos teve baixa variação espacial (**Figura 5-152**). Essas concentrações variaram entre 7,3 mg/L (MON.02 superfície) e 8,9 mg/L (JUS.02 superfície), com valor médio de $8,1 \pm 0,4$ mg/L (média \pm DP). Os resultados de silicatos encontrados no presente estudo foram semelhantes aos apresentados no EIA, que relata variação entre 3,6 e 7,4 mg/L.

As concentrações das diferentes formas de silicatos reativos registraram, em geral, pouca variação espacial e vertical, o que corrobora o fato de que mesmo com a criação do reservatório não houveram modificações nas concentrações de sílica no rio Madeira.

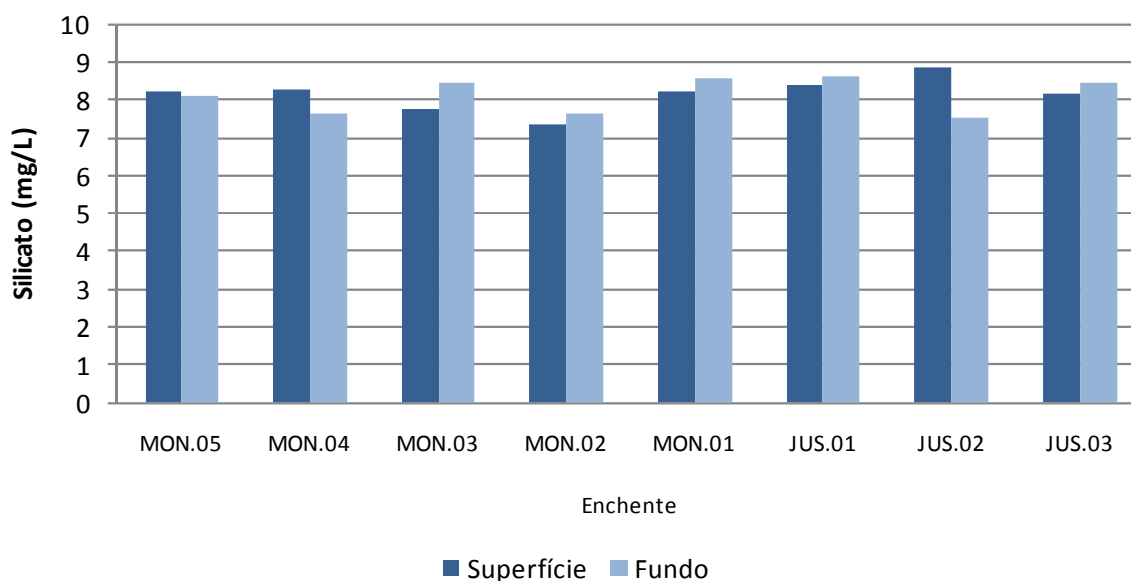


Figura 5-152 - Concentrações de silicatos reativos no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos rios tributários, as concentrações oscilaram de 0,04 (CAR) a 8,9 mg/L (CEA fundo) (Figura 5-153), com média de $4,1 \pm 3,3$ mg/L (média \pm DP).

Em geral, as maiores concentrações foram observadas nas estações JAC.01 (fundo), CRC, TEO, JAT I e CEA, que apresentam grande influência do rio Madeira. Essas estações estão situadas em braços do reservatório e boa parte da água que banha esses ambientes é oriunda do rio Madeira.

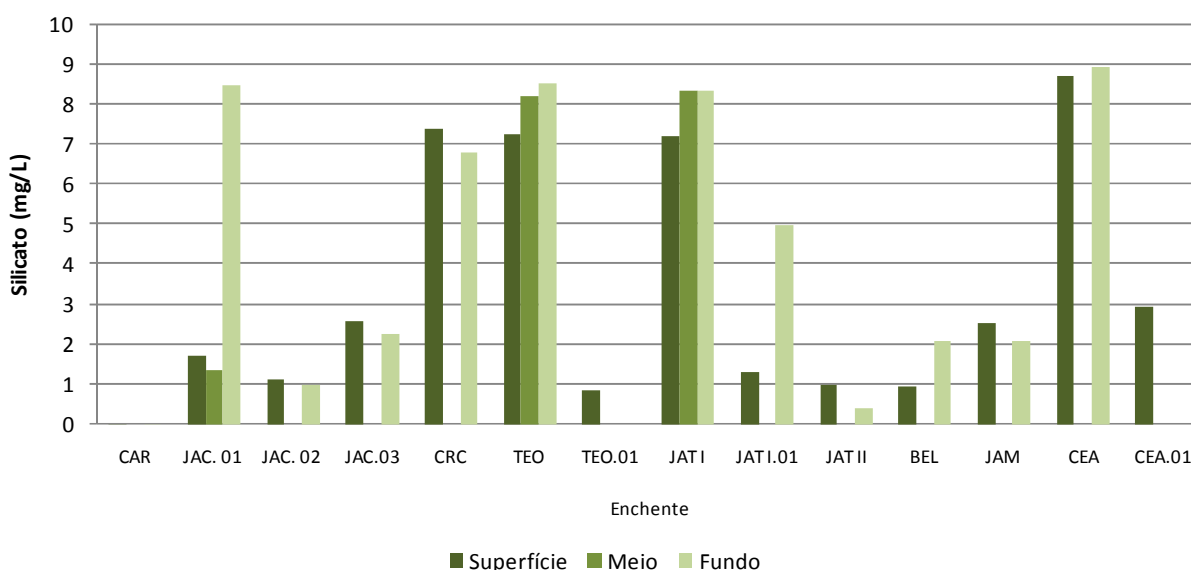


Figura 5-153 - Concentrações de silicatos reativos nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais, a concentração média de sílica foi de $2,3 \pm 2,3$ mg/L (média \pm DP), variando entre 0,4 mg/L (LC.01 meio) e 8,4 mg/L (CC.01) (Figura 5-154).

Como todos os lagos e canais estão situados a jusante do reservatório da UHE Santo Antônio, no trecho de 33 a 130 km, e como o fluxo de água não foi alterado nessa região, não há grande efeito da usina nesses ambientes. Consequentemente, os valores de silicatos reativos mantiveram-se dentro do padrão observado para estes ambientes.

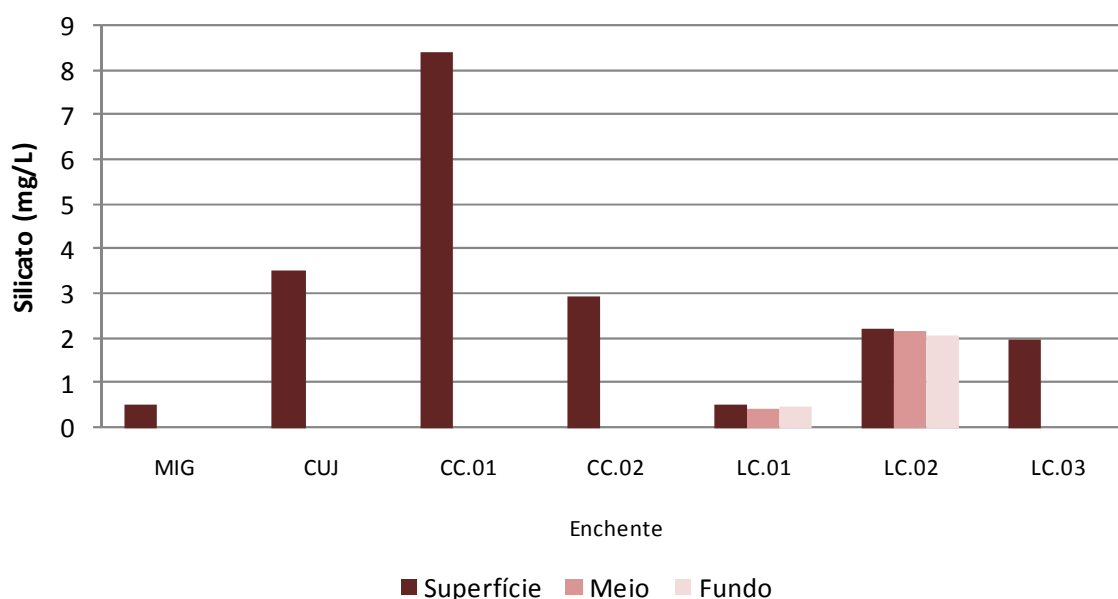


Figura 5-154 - Concentrações de silicatos reativos nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

5.1.8 - Químicas V

5.1.8.1 - Óleos e graxas

Os resultados de óleos e graxas no rio Madeira, nos tributários e nos lagos e canais foram inferiores ao limite de detecção do método analítico (1,0 mg/L) em todas as estações amostradas.

5.1.8.2 - Ferro

No rio Madeira o ferro total apresentou média de $14468 \pm 5895 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP), com as concentrações oscilando entre $10200 \mu\text{g/L}$ (MON.01 superfície) e $33500 \mu\text{g/L}$ (MON.03 fundo) (Figura 5-156). Em relação à fração dissolvida, os valores variaram entre $125 \mu\text{g/L}$ (JUS.03 fundo) e $205 \mu\text{g/L}$ (MON.05 fundo), com média de $158 \pm 22,1 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP) (Figura 5-157). Os elevados teores de ferro dissolvido no rio Madeira são de origem natural, uma vez que a principal fonte de ferro para ambientes aquáticos continentais é o intemperismo e a erosão de rochas da bacia de drenagem (Esteves, 1998).

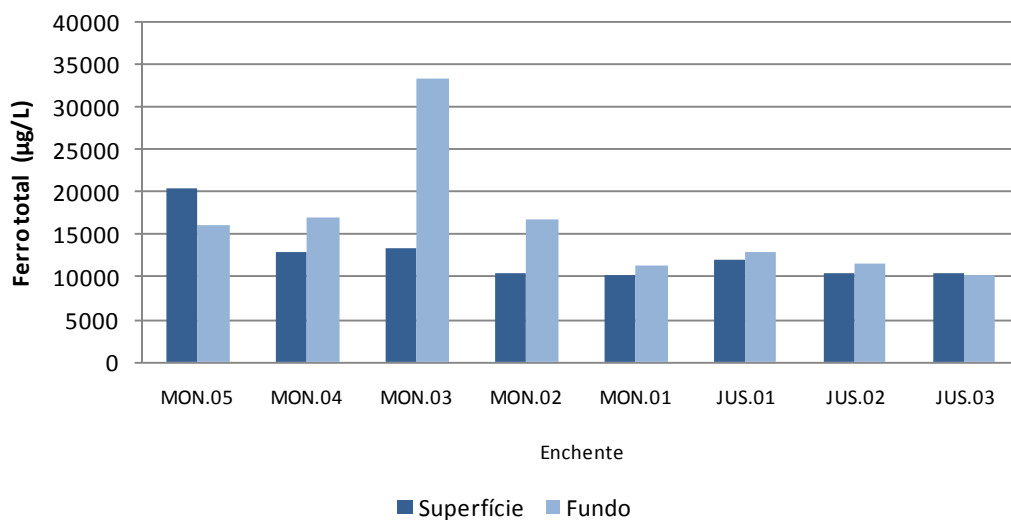


Figura 5-155 - Concentrações de ferro total no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

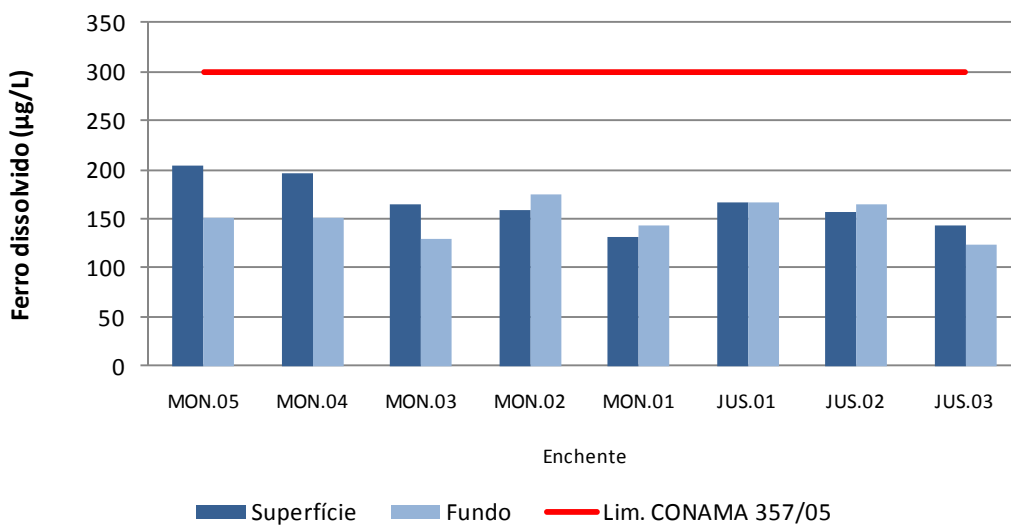


Figura 5-156 - Concentrações de ferro dissolvido no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

O ferro total foi mais baixo nos tributários, que tiveram média de $1972 \pm 1700 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP). As concentrações variaram de $295 \mu\text{g/L}$ (CAR) a $6000 \mu\text{g/L}$ (CRC) (Figura 5-157). A variação espacial foi elevada, pois são ambientes diferentes e desconectados. As concentrações de ferro dissolvido oscilaram entre $138 \mu\text{g/L}$ (CAR) e $784 \mu\text{g/L}$ (CEA.01), com valor médio de $299 \pm 108 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP) (Figura 5-158).

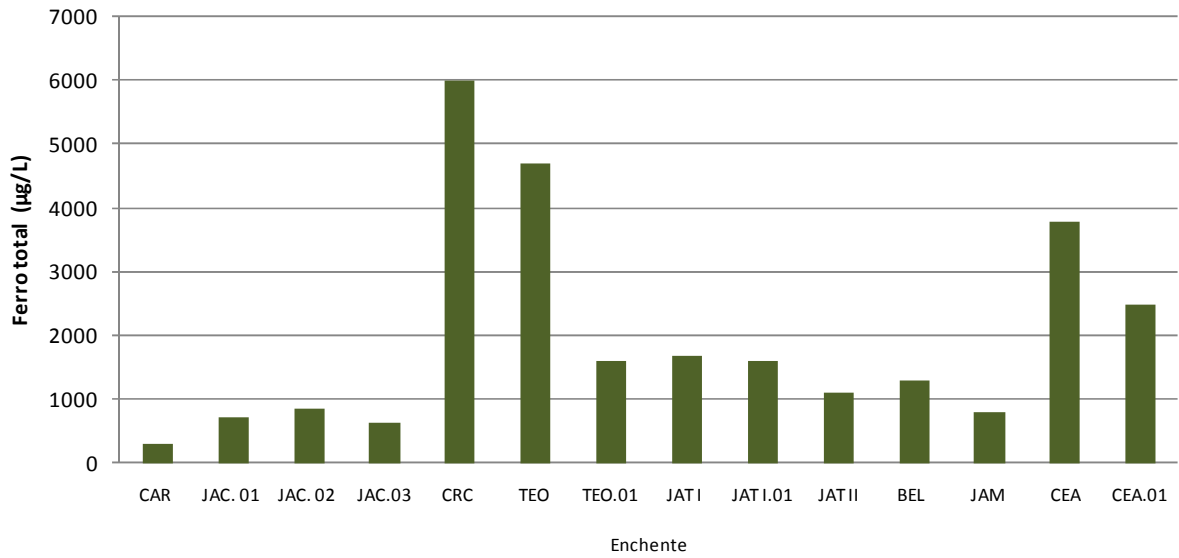


Figura 5-157 - Concentrações de ferro total nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

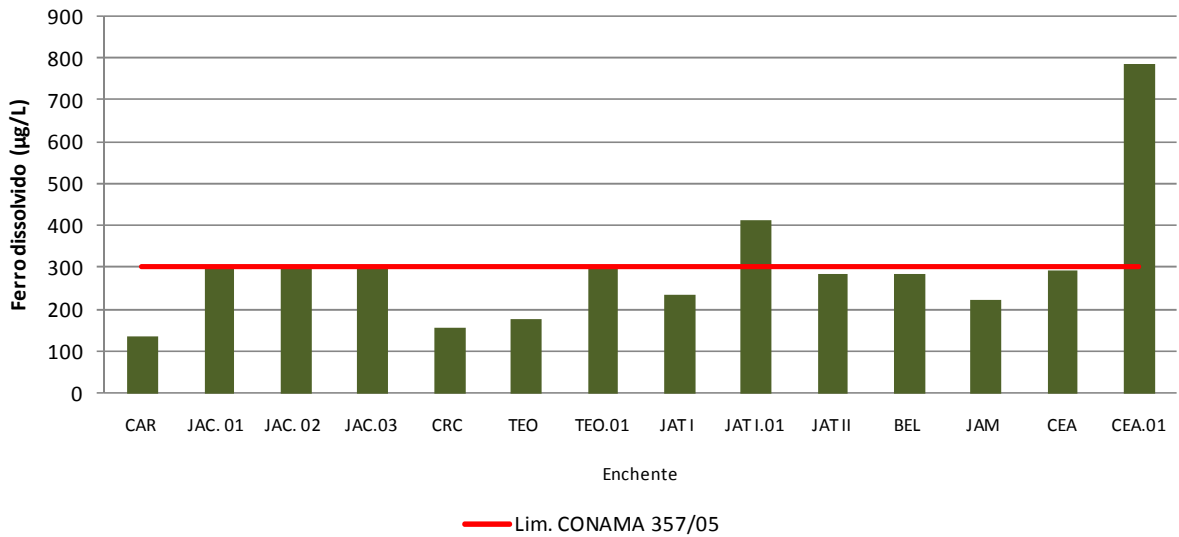


Figura 5-158 - Concentrações de ferro dissolvido nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais, as concentrações médias de ferro total variaram entre 337 µg/L (LC.01 superfície) e 4200 µg/L (CC.01), com média de 1189 ± 1189 µg/L (média ± DP) (Figura 5-159). O ferro dissolvido teve uma média de 176 ± 86 µg/L (média ± DP), as concentrações oscilaram entre 22 µg/L (CUJ) e 296 µg/L (LC.01) (Figura 5-160).

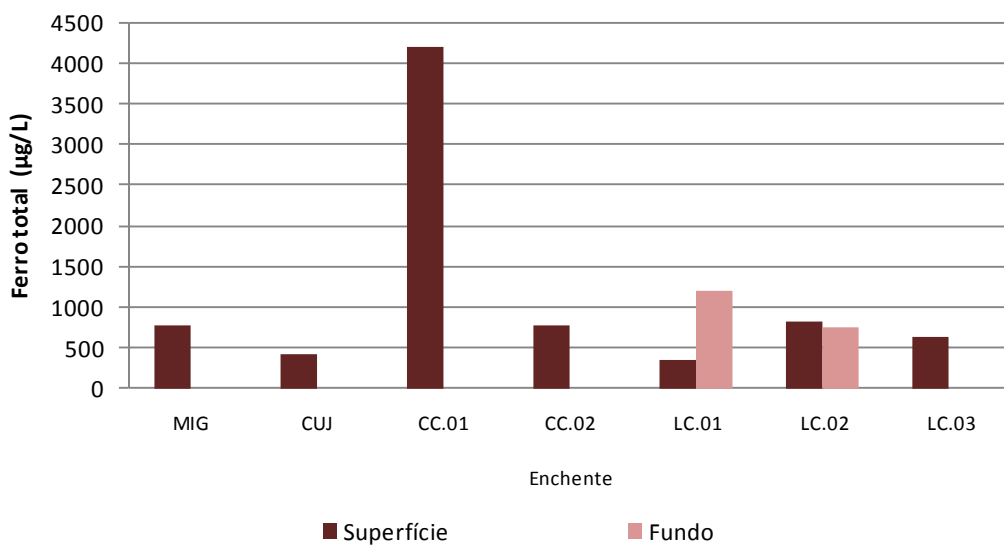


Figura 5-159 - Concentrações de ferro total nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

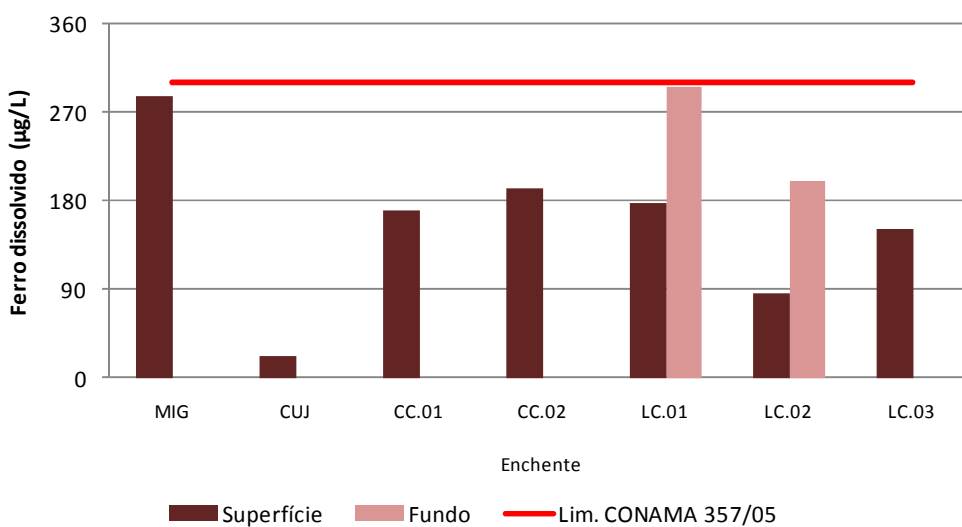


Figura 5-160 - Concentrações de ferro dissolvido nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

No rio Madeira e nos lagos e canais todas as estações atenderam ao limite de 300 µg/L de ferro dissolvido previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005. Nos tributários as estações JAT I.01 e CEA.01 registraram valores acima do limite supracitado. O rio Madeira drena terrenos com formação geológica muito recente, onde o intemperismo é intenso. Desta forma, o intemperismo das rochas da bacia de drenagem é o fator responsável pelas altas concentrações de ferro na bacia de contribuição do rio Madeira.

5.1.9 - Químicas VI

5.1.9.1 - 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. Em contrapartida, outros elementos, como mercúrio, chumbo, níquel, cádmio, cromo e estanho, não têm função biológica conhecida, embora sejam tóxicos a uma vasta gama de organismos (Esteves 2011). Apesar disso, mesmo os elementos-traço importantes para processos metabólicos podem ser tóxicos se encontrados em altas concentrações. As concentrações de elementos-traços são influenciadas pelo intemperismo de rochas e erosão do solo da bacia de drenagem. Rios amazônicos que drenam regiões andinas, geologicamente jovens, são responsáveis por altas concentrações de elementos-traço. Além disso, as atividades humanas, a destacar as atividades industriais, são responsáveis pelo aporte de elementos-traço em ecossistemas aquáticos (Esteves 2011).

No rio Madeira, o alumínio (Al) apresentou média de 97 ± 25 µg/L (média \pm DP), com as concentrações oscilando entre 82 µg/L (MON.01 fundo) e 191 µg/L (JUS.02 fundo) (Figura 5-161). Somente a estação JUS.02 (fundo) não atendeu ao Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2, que estabelece um limite de 100 µg/L de Al. As concentrações de bário (Ba) variaram de 68 µg/L (MON.02 superfície) a 213 µg/L (MON.03 fundo), com média de 92 ± 35 µg/L (média \pm DP) (Figura 5-162). Todas as estações amostradas, atenderam ao Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2, que estabelece um limite de 700 µg/L de Ba.

Já as concentrações de cobalto (Co) apresentaram média de $3,85 \pm 3,18 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP) (**Figura 5-163**). Com valores oscilando entre $1,4 \mu\text{g/L}$ (MON.01 superfície) e $14,1 \mu\text{g/L}$ (MON.03 fundo). Já as concentrações de cromo (Cr) apresentaram média de $3,9 \pm 4,0 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP) (**Figura 5-164**). Com valores oscilando entre $4,0 \mu\text{g/L}$ (MON.02 superfície) e $20 \mu\text{g/L}$ (MON.03 fundo). Todos os valores foram compatíveis com o Art. 15 da Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de Classe 2, que estabelece um limite de $50 \mu\text{g/L}$ tanto para o Co, como para o Cr.

As concentrações de níquel (Ni) tiveram média de $9,3 \pm 5,3 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP), variando entre $5,4 \mu\text{g/L}$ (MON.01 superfície) e $26,4 \mu\text{g/L}$ (MON.03 fundo) (**Figura 5-165**). Todos os valores de Ni atenderam ao Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2.

A média dos valores de chumbo (Pb) foi de $5,5 \pm 5,1 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP), valores que oscilaram de $1,5 \mu\text{g/L}$ (JUS.03 superfície) a $22 \mu\text{g/L}$ (MON.03 fundo) (**Figura 5-166**). A estação JUS.01 (fundo) esteve abaixo do limite de detecção. Em todas as estações em que o chumbo foi detectado, as concentrações foram inferiores ao limite de $10 \mu\text{g/L}$ previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de Classe 2, exceto no fundo da estação MON.03 ($22 \mu\text{g/L}$).

As concentrações de silício (Si) oscilaram entre $9520 \mu\text{g/L}$ (JUS.02 superfície) e $20500 \mu\text{g/L}$ (MON.03 fundo), com média de $12250 \pm 2901 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP) (**Figura 5-167**). O zinco (Zn) apresentou média de $26,8 \pm 20 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP), com os valores oscilando entre $10,6 \mu\text{g/L}$ (MON.01 superfície) e $94,6 \mu\text{g/L}$ (MON.03 fundo) (**Figura 5-168**). Todos os valores atenderam ao limite de $180 \mu\text{g/L}$ previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2, exceto as estações MON.02 (superfície) e JUS.02 (superfície).

As concentrações de manganês (Mn) oscilaram entre $144 \mu\text{g/L}$ (MON.01 superfície) e $621 \mu\text{g/L}$ (MON.03 fundo), com média de $250 \pm 127 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP) (**Figura 5-169**). A maior parte dos valores de Mn não atenderam ao limite de $100 \mu\text{g/L}$ previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2. As concentrações de cobre, estanho, cádmio e mercúrio estiveram abaixo do limite de detecção do método analítico durante o período estudado.

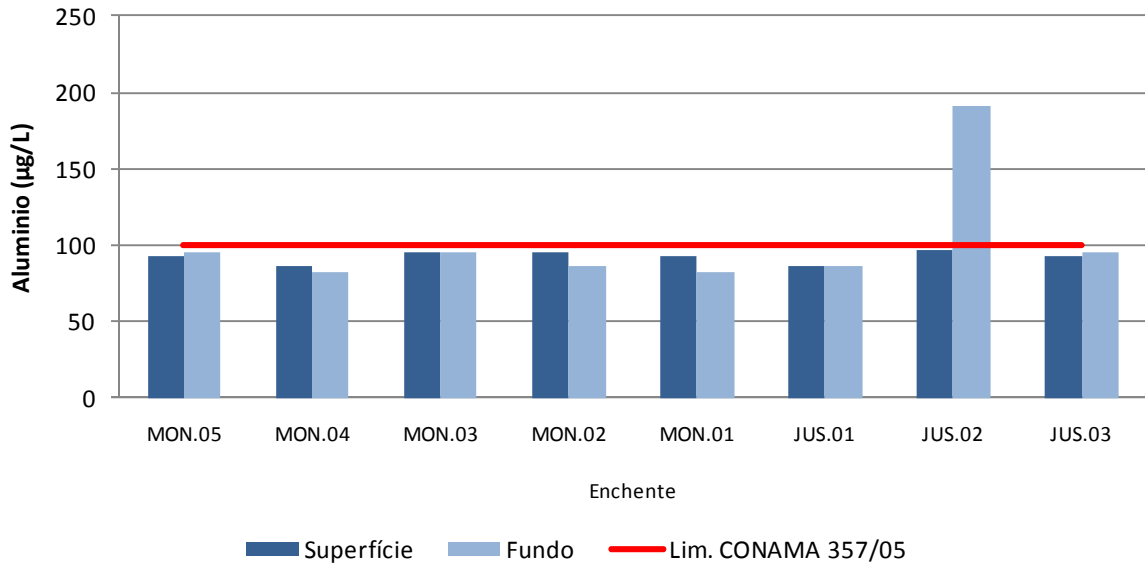


Figura 5-161 - Concentrações de alumínio (Al) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

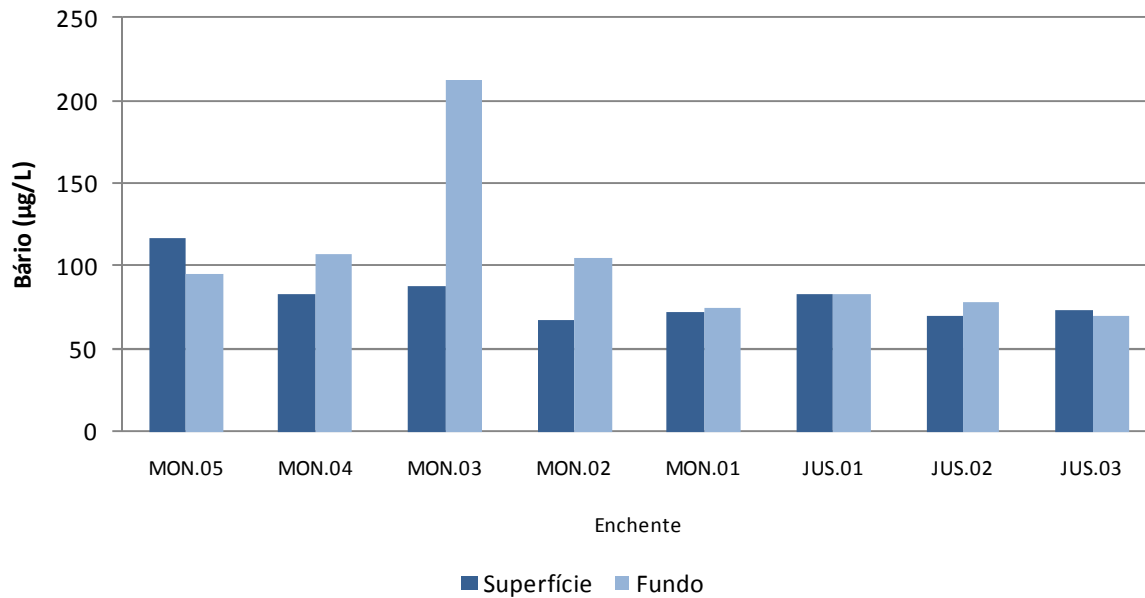


Figura 5-162 - Concentrações de bários (Ba) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

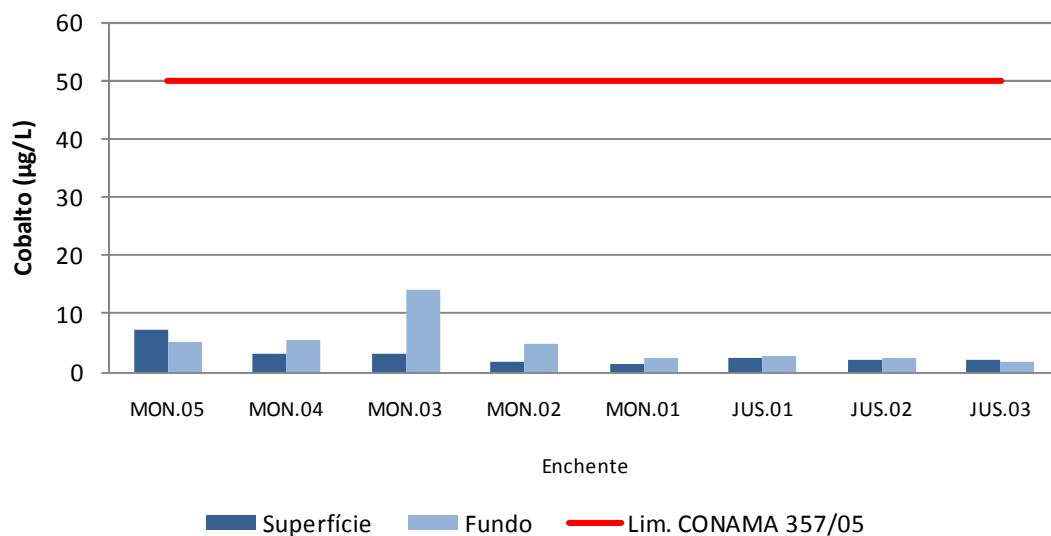


Figura 5-163 - Concentrações de cobalto (Co) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

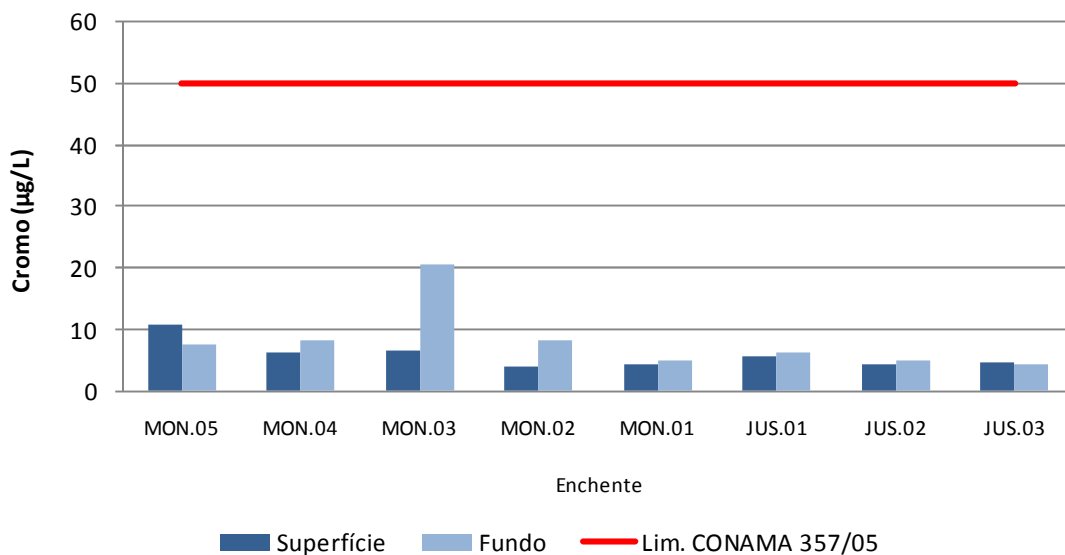


Figura 5-164 - Concentrações de cromo (Cr) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

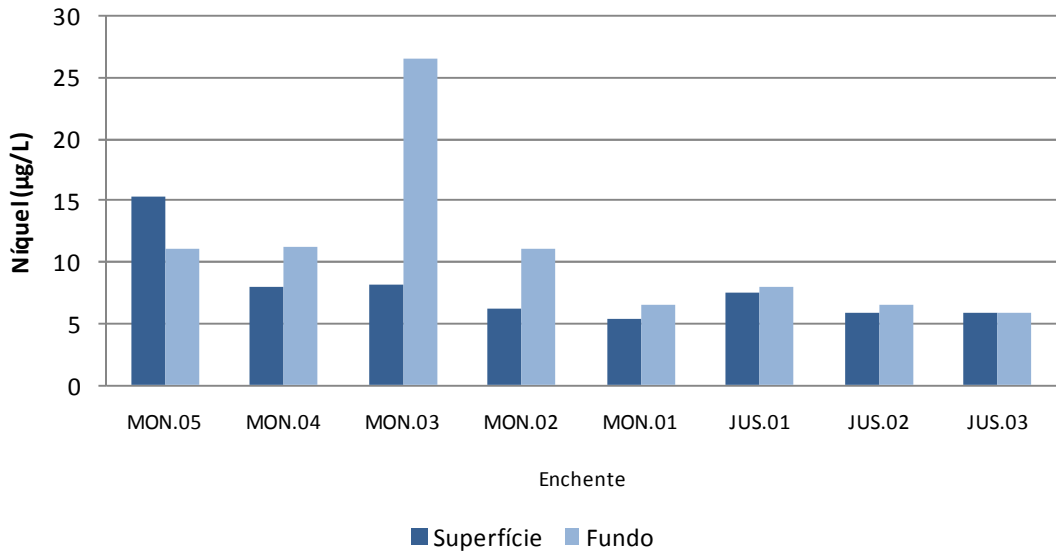


Figura 5-165 - Concentrações de níquel (Ni) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

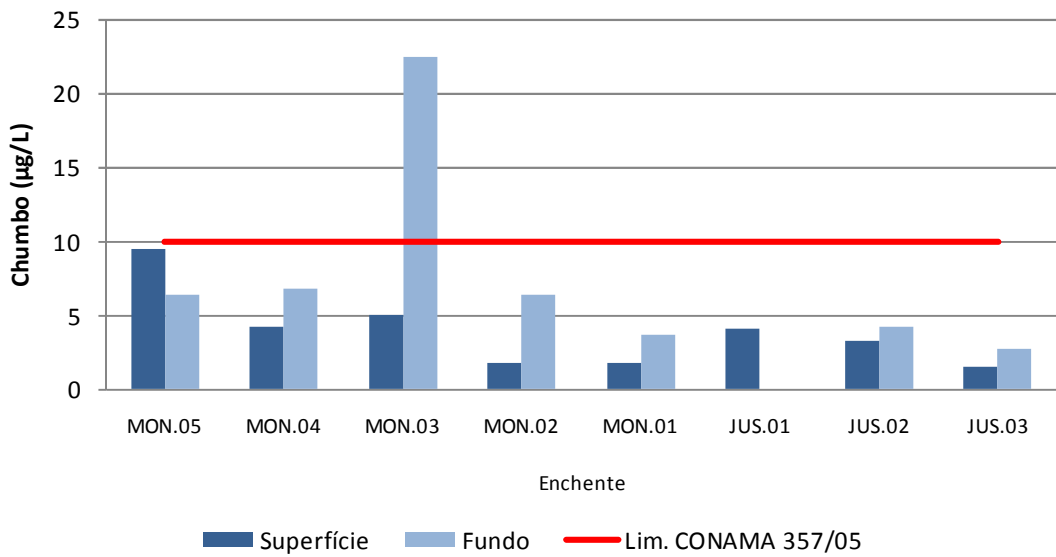


Figura 5-166 - Concentrações de chumbo (Pb) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

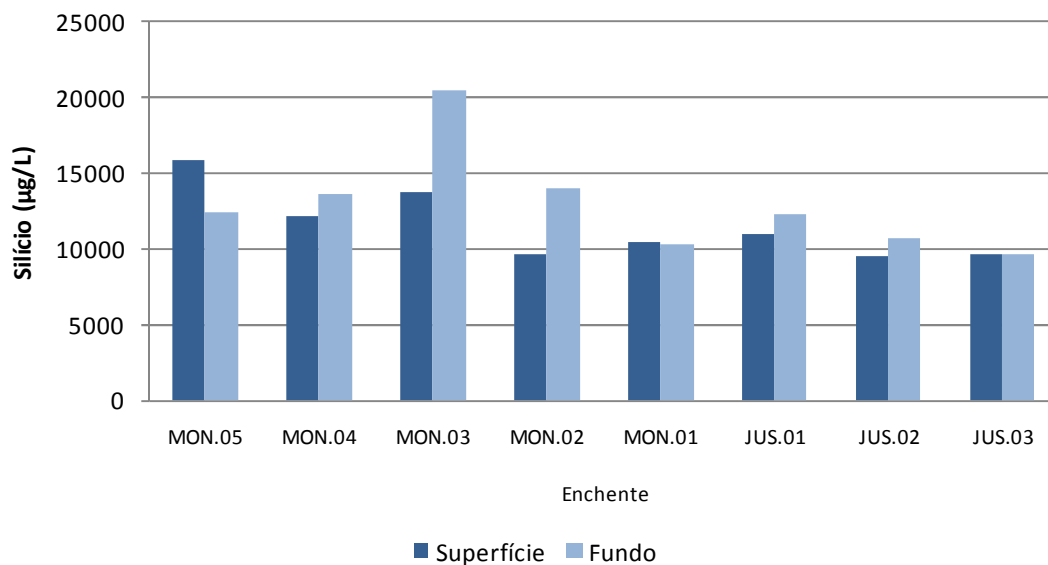


Figura 5-167 - Concentrações de silício (Si) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

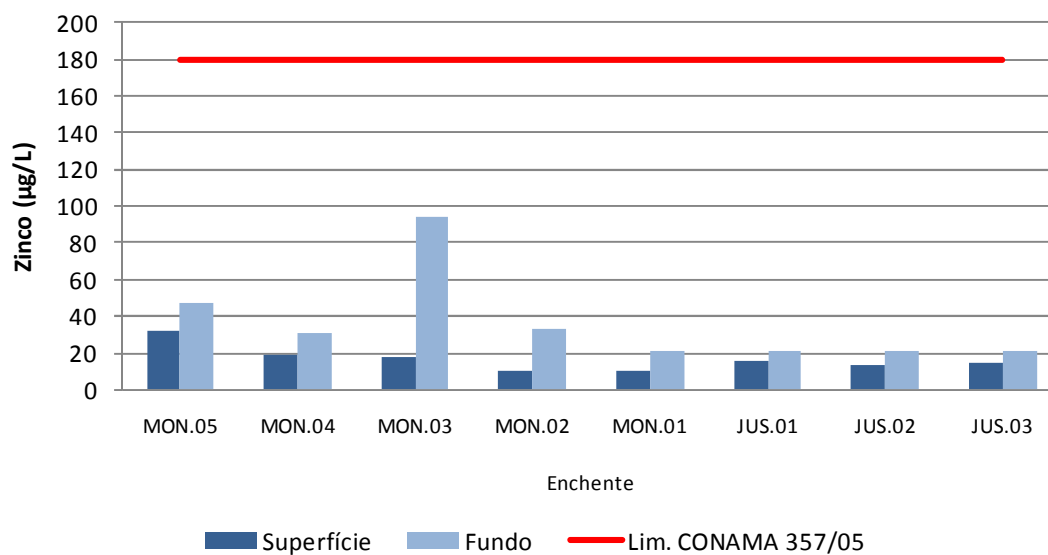


Figura 5-168 - Concentrações de zinco (Zn) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

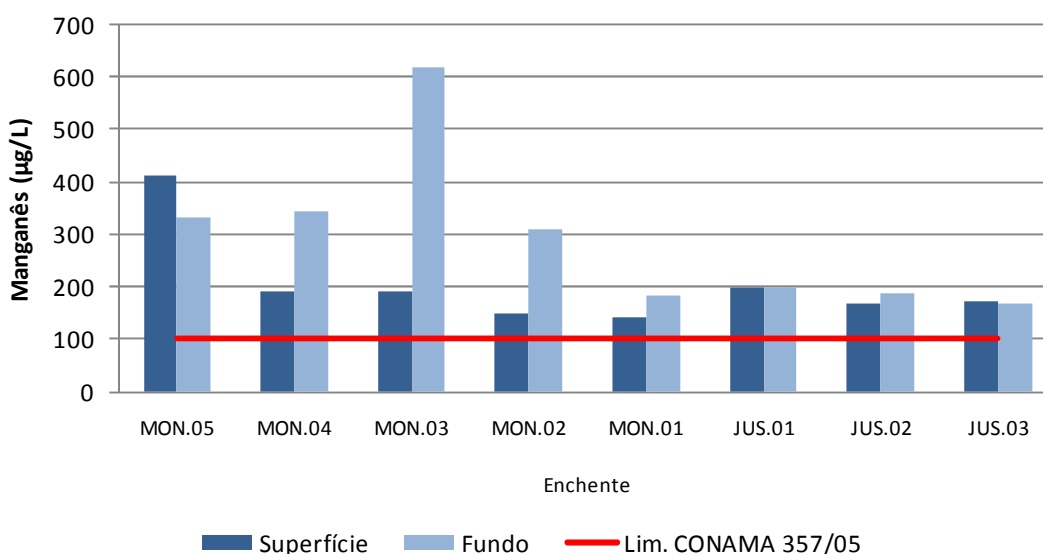


Figura 5-169 - Concentrações de manganês (Mn) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

As concentrações de alumínio (Al) nos rios tributários oscilaram entre 79 µg/L (TEO.01) e 227 µg/L (CEA), com média de 110 ± 41 µg/L (média \pm DP) (Figura 5-170). Somente as estações CRC e CEA não atenderam ao limite de 100 µg/L previsto pelo Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2. Já o bário (Ba) variou entre 2,0 µg/L (TEO.01) e 44 µg/L (CRC), com média de 17 ± 14 µg/L (média \pm DP) (Figura 5-171).

As concentrações de silício (Si) oscilaram entre 1850 µg/L (TEO.01) e 6820 µg/L (CRC), com média global de 3397 ± 1632 µg/L (média \pm DP) (Figura 5-172). O zinco (Zn) apresentou a maior parte das concentrações abaixo do limite de detecção, com exceção das estações TEO (2,9 µg/L) e JATI (7 µg/L). Todos os valores atenderam ao limite de 180 µg/L previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2.

O manganês apresentou uma média de 37 ± 34 µg/L (média \pm DP), com os valores oscilando entre 7,1 µg/L (CAR) e 106 µg/L (CEA.01) (Figura 5-173). Todos os valores de manganês atenderam ao limite de 100 µg/L previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2, à exceção da estação CEA.01.

As concentrações de cromo, chumbo, níquel, cobre, cobalto, mercúrio, cádmio e estanho foram inferiores ao limite de detecção do método analítico.

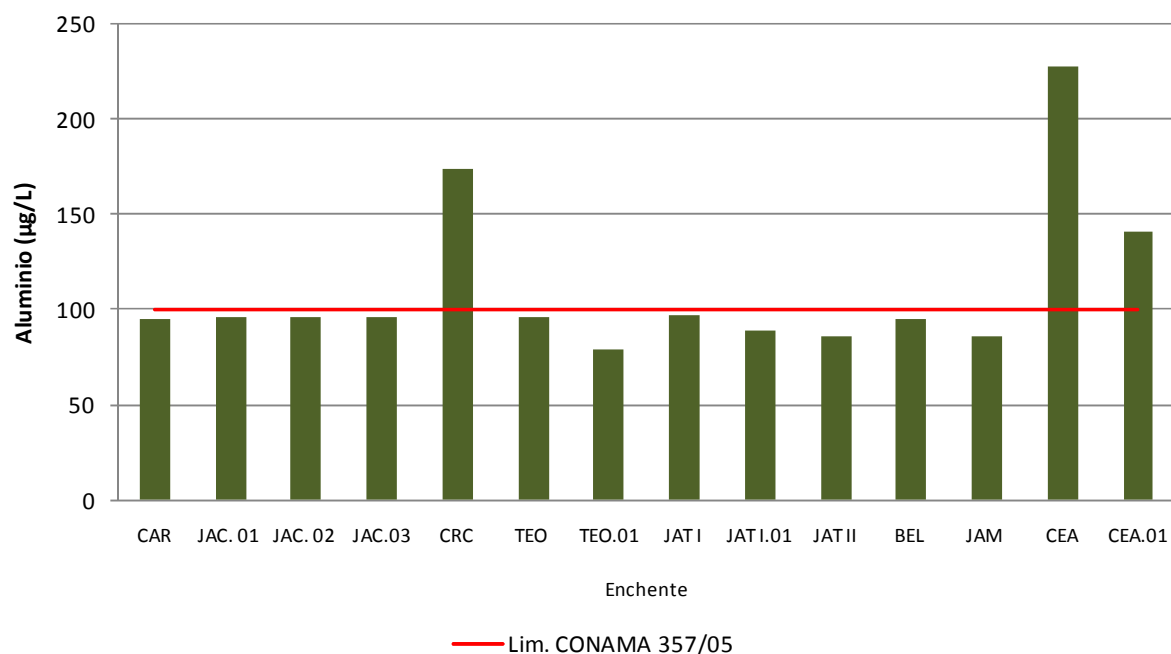


Figura 5-170 - Concentrações de alumínio (Al) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

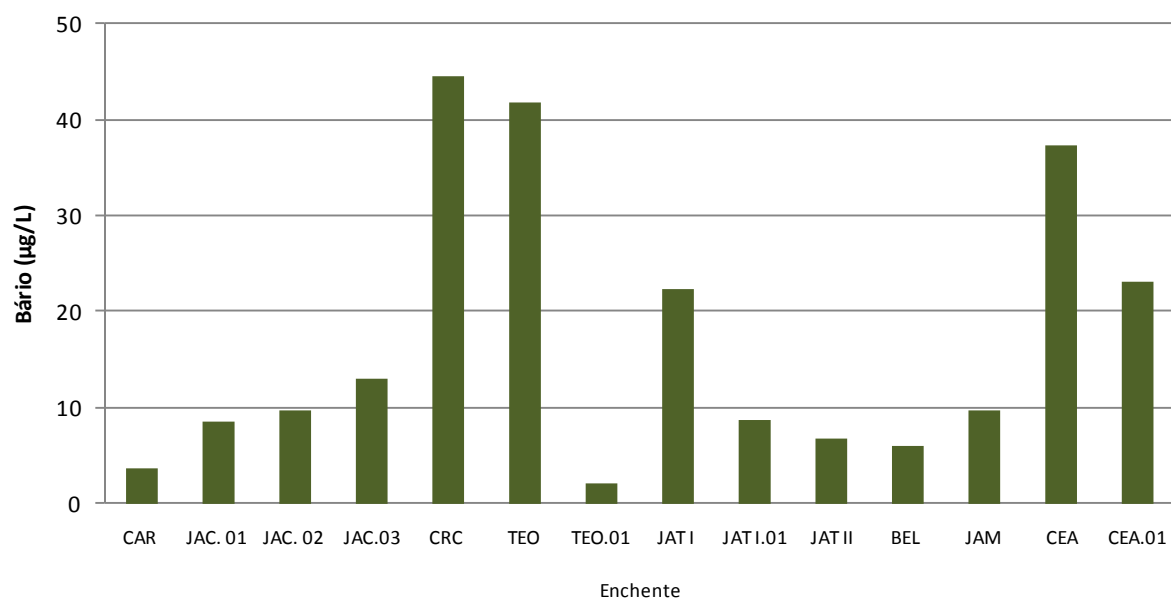


Figura 5-171 - Concentrações de bários (Ba) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

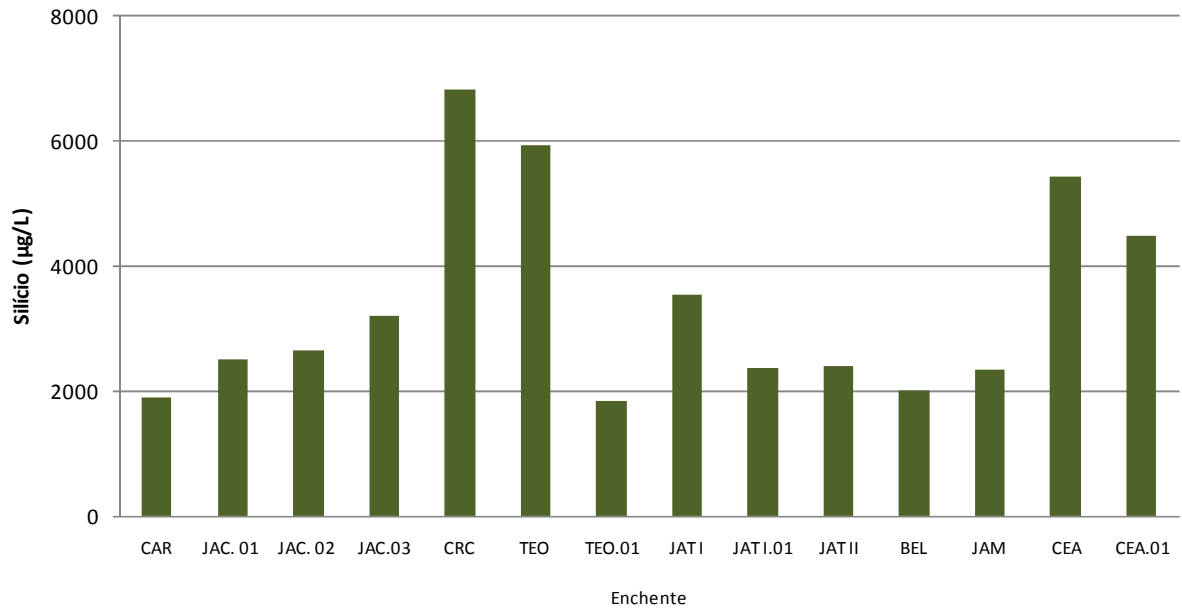


Figura 5-172 - Concentrações de silício (Si) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

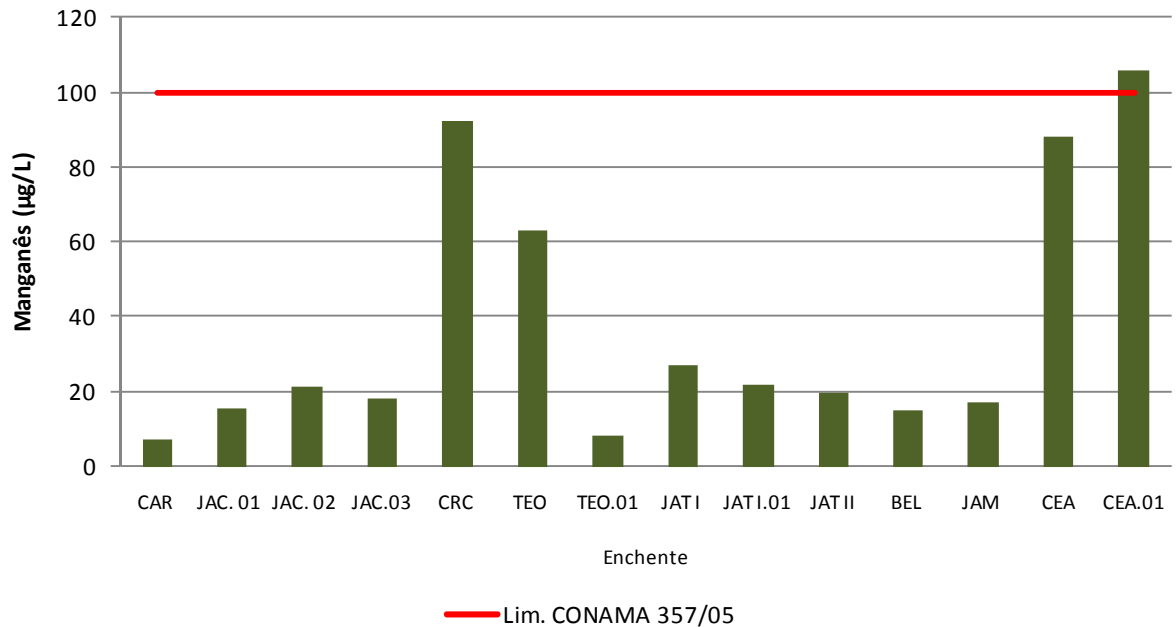


Figura 5-173 - Concentrações de manganês (Mn) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

As concentrações de alumínio (Al) nos lagos e canais oscilaram entre 73 µg/L (CUJ) e 179 µg/L (LC.02 superfície), com média de 101 ± 30 µg/L (média \pm DP) (Figura 5-174). Somente a estação LC.02 não atendeu ao limite de 100 µg/ previsto pelo Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2. O bário (Ba) apresentou concentrações que variaram entre 6,7 µg/L (LC.01 superfície) e 42 µg/L (CC.01), com média de 16 ± 10 µg/L (média \pm DP) (Figura 5-175).

O silício (Si) apresentou média global de 2994 ± 1310 µg/L (média \pm DP), com os valores oscilando entre 1780 µg/L (LC.02) e 6070 µg/L (CC.01) (Figura 5-176). O Zinco (Zn) apresentou as concentrações detectáveis somente nas estações LC.01 fundo (25 µg/L) e LC.02 superfície e fundo (1,8 µg/L e 3,4 µg/L, respectivamente). Esses valores atenderam ao limite de 180 µg/L previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2.

O manganês (Mn) apresentou as concentrações que oscilaram entre 9,8 µg/L (LC.01 superfície) e 66,5 µg/L (CC.01), com média de $30 \pm 20,5$ µg/L (média \pm DP) (Figura 5-177). Todas as estações atenderam ao limite de 100 µg/L previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2.

As concentrações de cádmio, cromo, cobre, níquel, cobalto, estanho e mercúrio foram inferiores ao limite de detecção do método no período estudado.

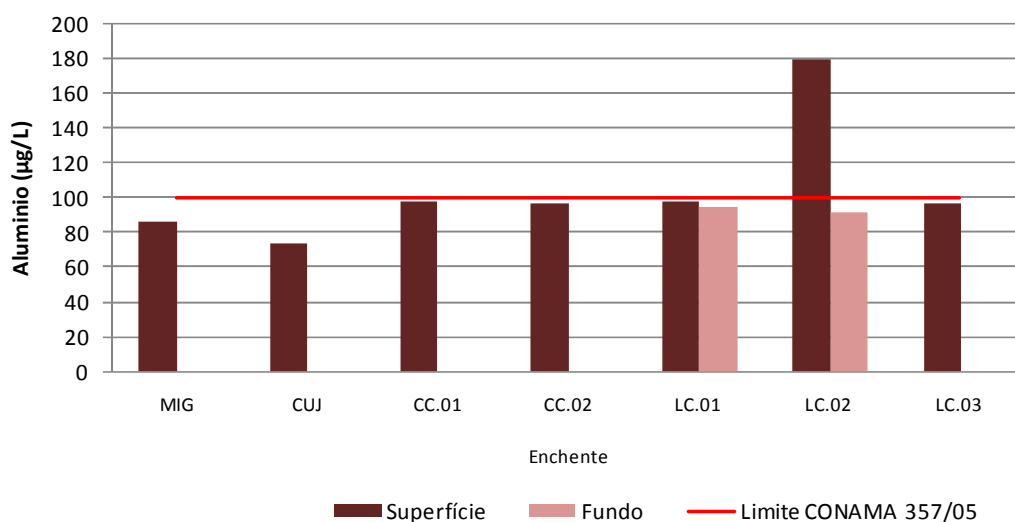


Figura 5-174 - Concentrações de alumínio (Al) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

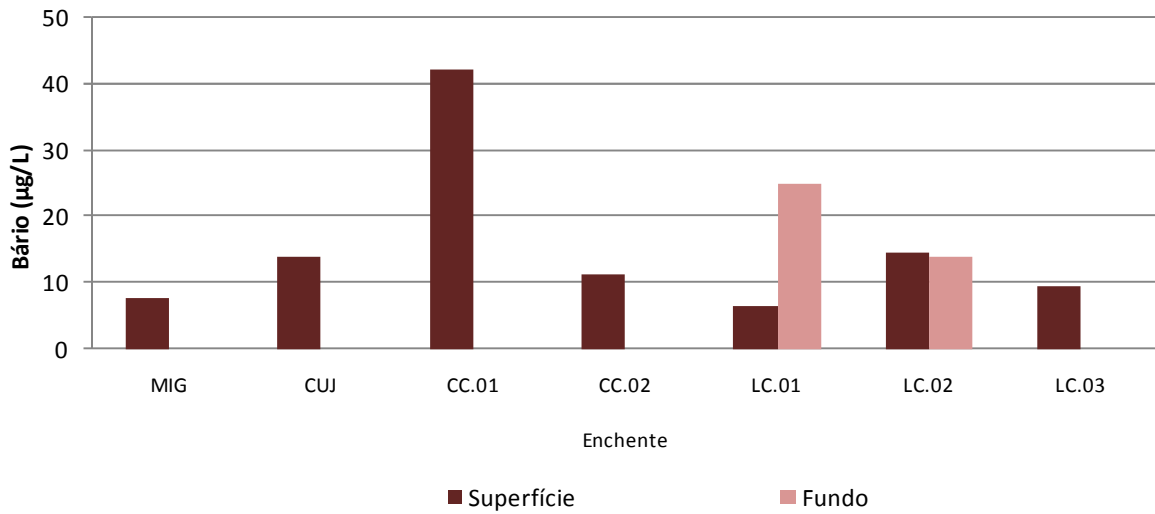


Figura 5-175 - Concentrações de bário (Ba) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

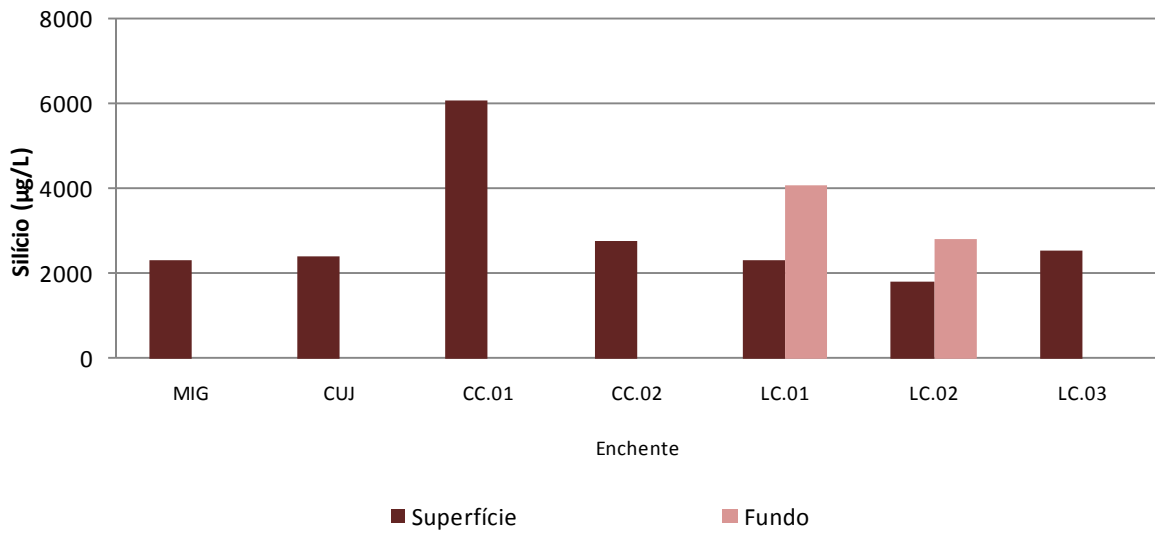


Figura 5-176 - Concentrações de silício (Si) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

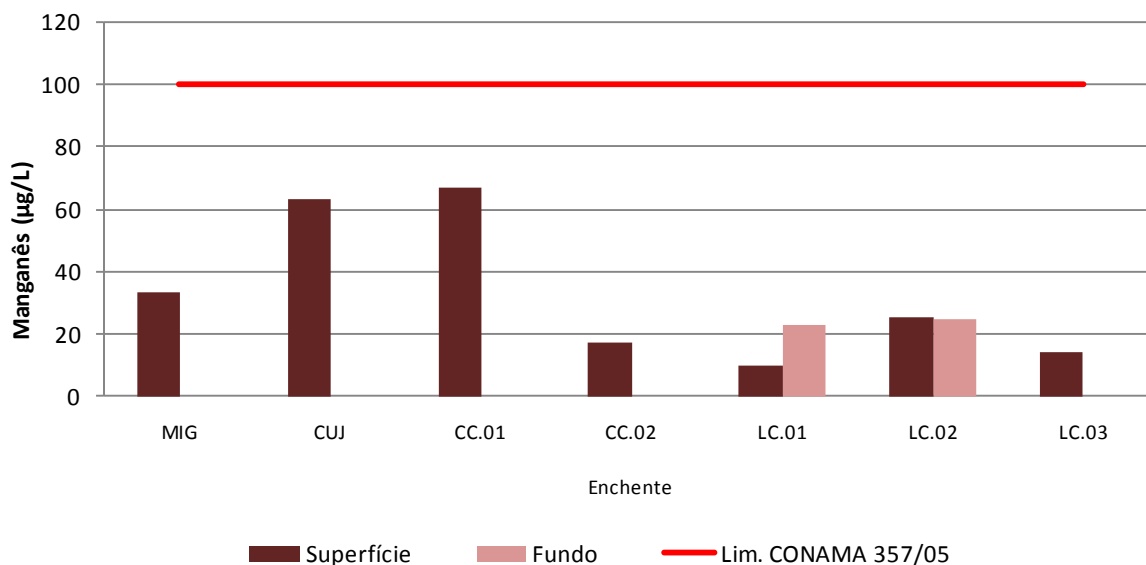


Figura 5-177 - Concentrações de manganês (Mn) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

5.1.9.2 - Biocidas

Os resultados de biocidas na água de todas as estações amostradas no rio Madeira, tributários e lagos e canais estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico e, por conseguinte, atenderam aos limites impostos pela legislação.

5.1.10 - Biológicas

5.1.10.1 - Coliformes totais e *Escherichia coli*

Todas as estações no rio Madeira registram índices de coliformes totais superiores ao máximo quantificável pelo método analítico (2419 NMP/100 ml), com exceção da estação MON.04 (1732 NMP/100 ml). Em relação à *E. coli*, a média foi de $44,6 \pm 9,4$ NMP/100 ml (média \pm DP), variando de 29 NMP/100 ml (JUS.02) a 55 NMP/100 ml (MON.02) (Figura 5-178). Foi realizada amostragem na estação MON.05, porém a amostra foi perdida no percurso do campo para o laboratório de análises.

Os índices de *E. coli* foram sempre muito baixos e atenderam ao Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 em todos os casos. Além disso, cabe ser salientado que a grande maioria da microbiota do rio Madeira foi composta por microorganismos de vida livre, em detrimento aos microorganismos que habitam o intestino de animais de sangue quente.

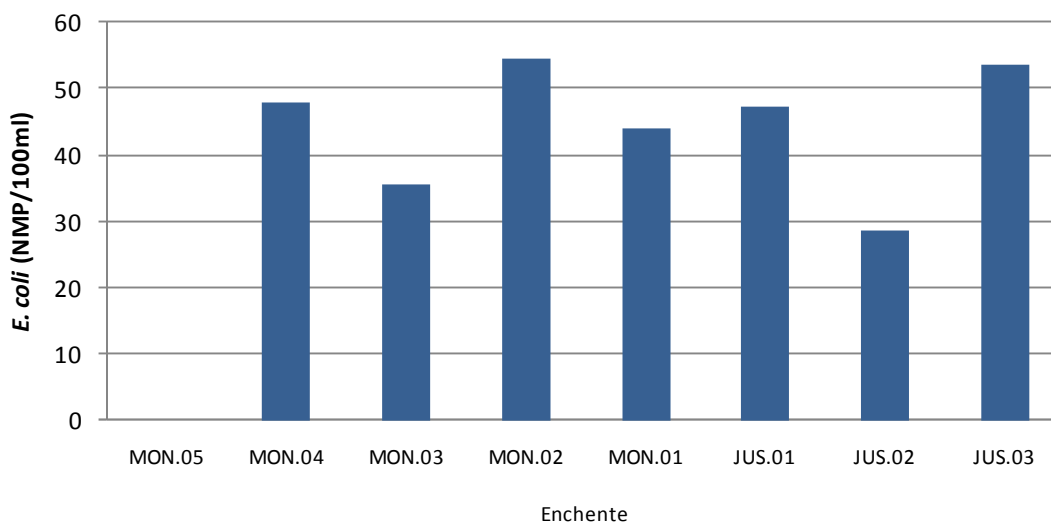


Figura 5-178 - *Escherichia coli* no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos rios tributários, os coliformes totais apresentaram média de 1001 ± 818 NMP/100 ml (média \pm DP). Os valores oscilaram entre 411 NMP/100 ml (JAT I.01) e 2419 NMP/100 ml (JAT II) (Figura 5-179). As estações CAR, JAC.03, CRC, TEO, TEO.01, BEL, JAM e CEA apresentaram índices superiores ao máximo quantificável pelo método analítico (2419 NMP/100 ml). O índice médio de *E. coli* nos rios tributários foi de $47,9 \pm 47,9$ NMP/100 ml (média \pm DP), variando entre 2,0 NMP/100 ml (CEA.01) e 178 NMP/100 ml (BEL) (Figura 5-180). Em relação à legislação ambiental, os índices de *E. coli* nos rios tributários atenderam ao limite de 1000 NMP/100 ml ao Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2.

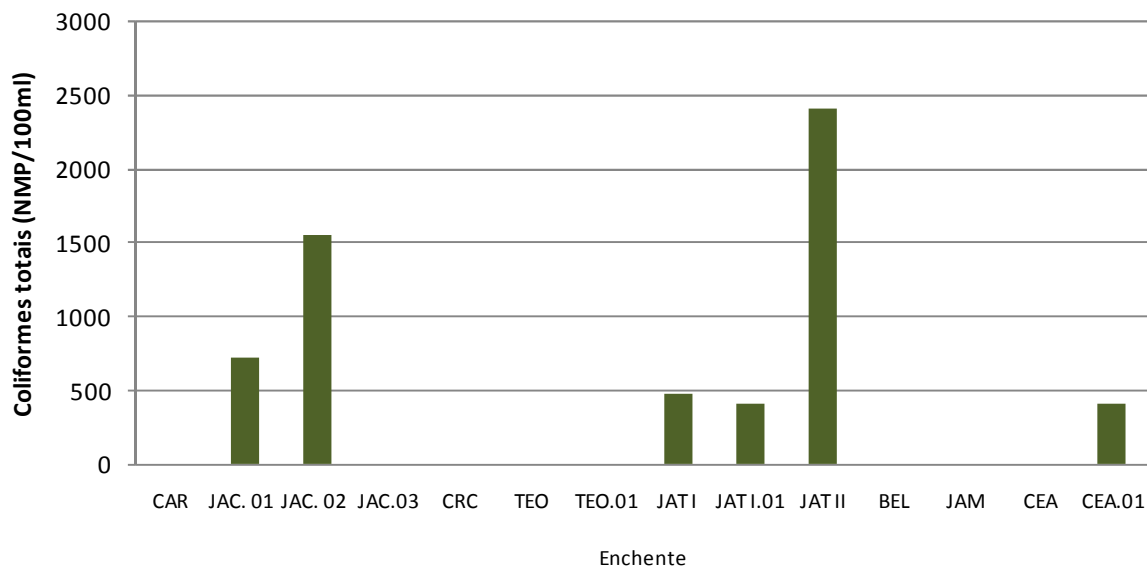


Figura 5-179 - Coliformes totais nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

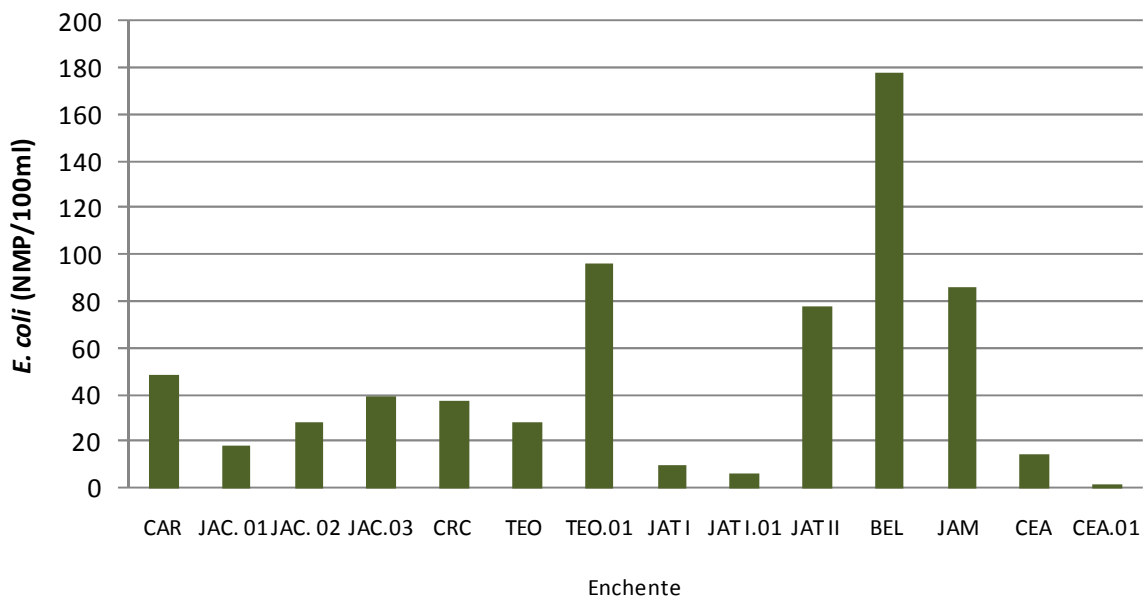


Figura 5-180 - *Escherichia coli* nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais, o índice médio de coliformes totais foi de 807 ± 657 NMP/100 ml (média \pm DP). Os valores mínimos e máximos foram de 189 NMP/100 ml (MIG) e 1732 NMP/100 ml (CC.02), respectivamente (**Figura 5-181**). As estações CUJ, CC.01 e LC.02 apresentaram índices superiores ao máximo quantificável pelo método analítico (2419 NMP/100 ml). Em relação ao índice de *E. coli*, os valores oscilaram entre 12 NMP/100 ml (LC.01) e 86 NMP/100 ml (CC.01) (**Figura 5-182**). A média desse grupo de coliformes foi de 37 ± 30 NMP/100 ml (média \pm DP). Todas as estações dos lagos e canais apresentaram valores inferiores ao limite de 1000 NMP/100 ml ao Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2.

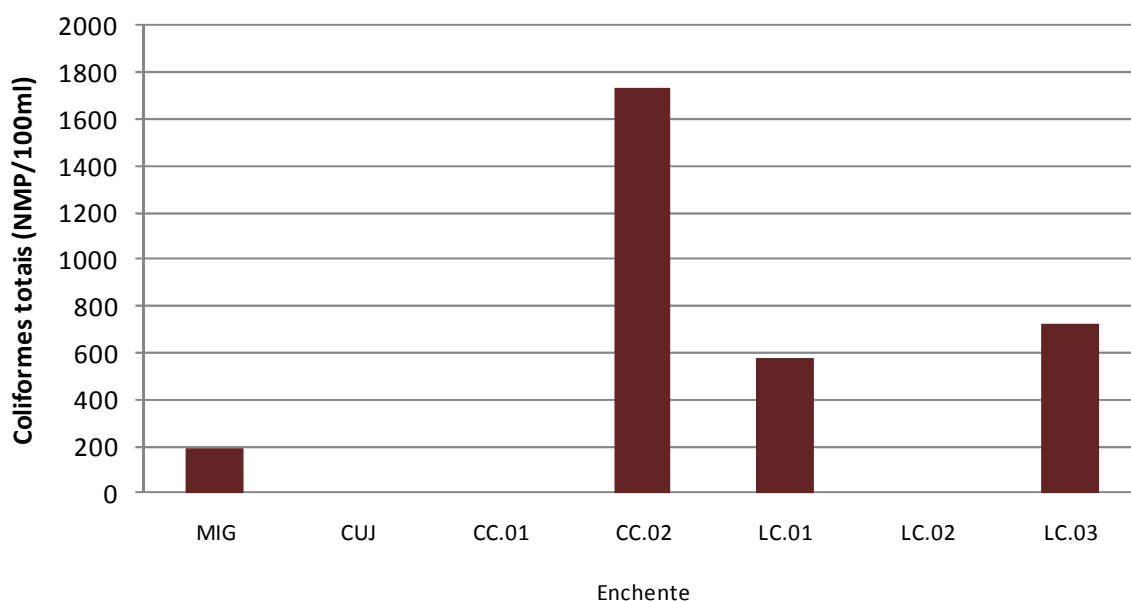


Figura 5-181 - Coliformes totais nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

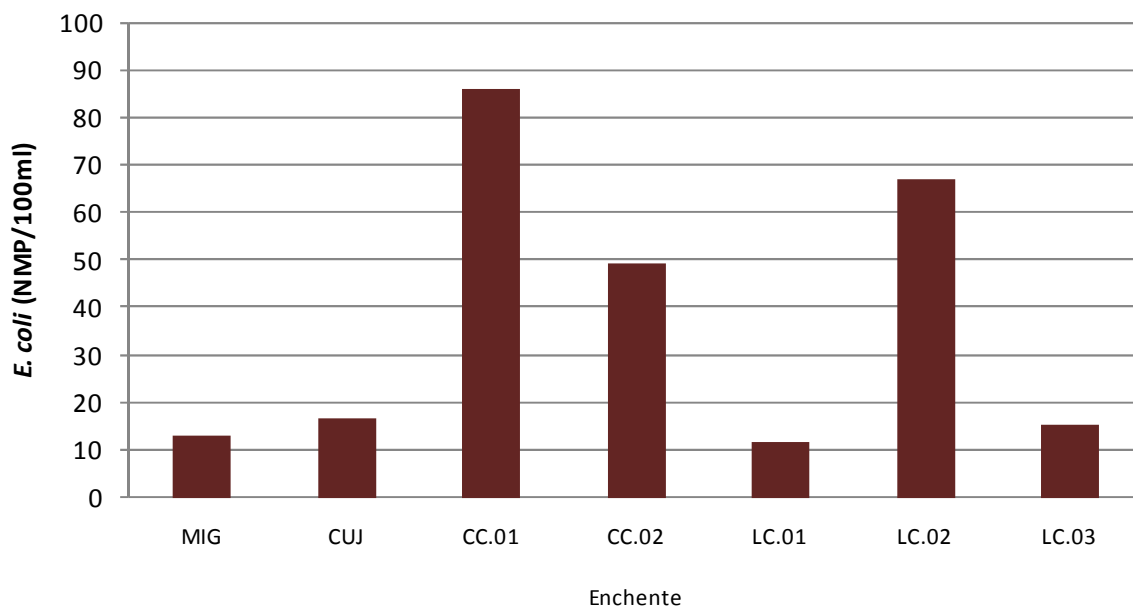


Figura 5-182 - *Escherichia coli* nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

Foram coletadas amostras de coliformes totais e de *E. coli* para as praias de Jaci e Teotônio. Na estação praia de Jaci, o índice médio de coliformes termotolerantes foi de 17,5 NMP/100 ml e para a praia de Teotônio foi de 19,9 NMP/100 ml. Esses valores obtidos estão bem abaixo do limite estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos de água doce da Classe 2. Em relação aos coliformes totais, ambas estações apresentaram índices superiores ao máximo quantificável pelo método analítico (2419 NMP/100 ml).

5.1.10.2 - Clorofila *a* e pigmentos totais

A clorofila *a*, um indicativo de biomassa fitoplanctônica, apresentou baixas concentrações no rio Madeira. A concentração média do período foi de $1,9 \pm 0,6 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP), variando entre $1,0 \mu\text{g/L}$ (JUS.03 fundo) e $3,2 \mu\text{g/L}$ (JUS.01 superfície) (Figura 5-183). Os pigmentos totais apresentaram concentrações que oscilaram entre $1,6 \mu\text{g/L}$ (JUS.02 fundo) e $5,7 \mu\text{g/L}$ (MON.01 fundo), com média de $3,5 \pm 1,3 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP) (Figura 5-184). Todas as estações amostradas no rio Madeira atenderam ao limite de $30 \mu\text{g/L}$ de clorofila *a* previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2.

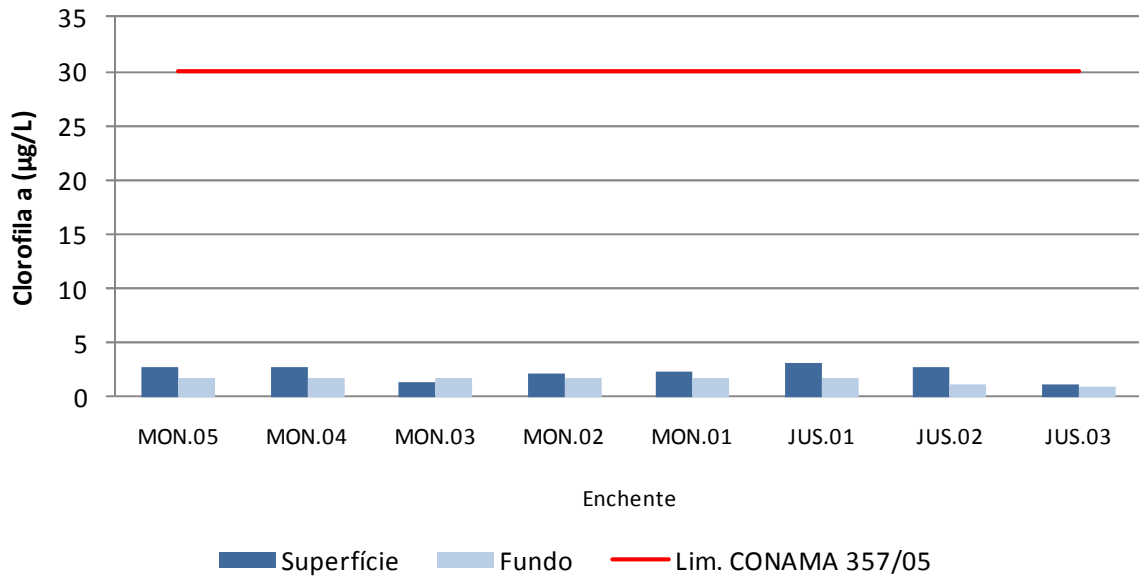


Figura 5-183 - Concentrações de clorofila *a* no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

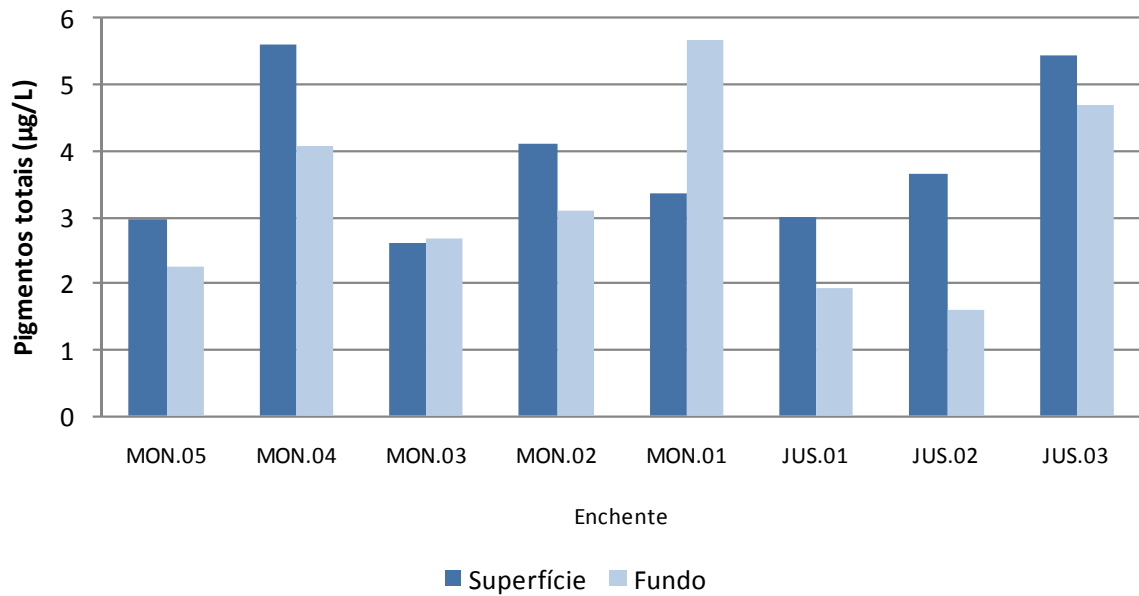


Figura 5-184 - Concentrações de pigmentos totais no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos rios tributários, a clorofila *a* apresentou concentrações que oscilaram entre 0,9 µg/L (CRC fundo) e 13,6 µg/L (JAC.03 superfície) (Figura 5-185), com média de $3,1 \pm 3,0$ µg/L (média \pm DP). Em relação aos pigmentos totais as concentrações variaram entre 1,9 µg/L (JAT II fundo) e 17,3 µg/L (JAC.03 superfície), com média de $5,3 \pm 3,4$ µg/L (média \pm DP) (Figura 5-186). Todas as estações amostradas nos tributários atenderam ao limite de 30 µg/L de clorofila *a* previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de Classe 2.

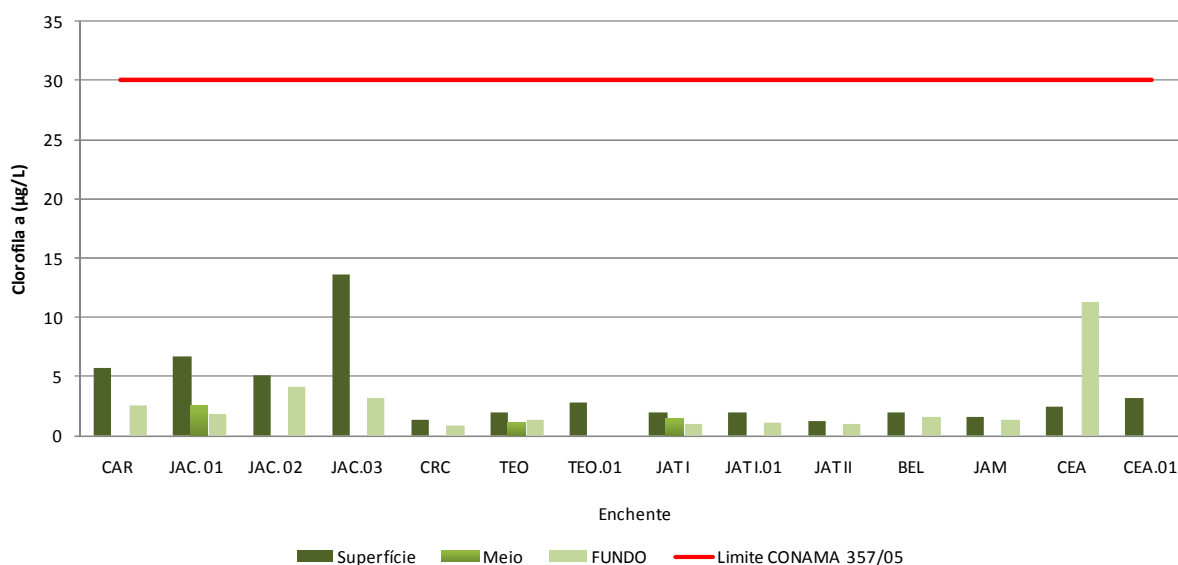


Figura 5-185 - Concentrações de clorofila *a* nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

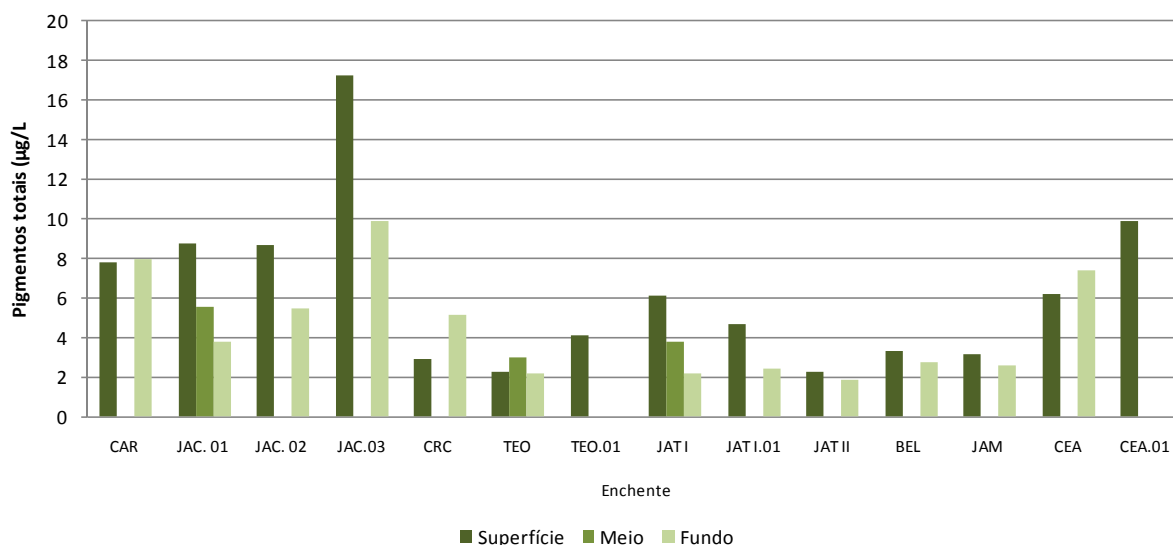


Figura 5-186 - Concentrações de pigmentos totais nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

Nos lagos e canais, a clorofila *a* apresentou uma média de $7,6 \pm 7,0 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP), com as concentrações oscilando entre $1,9 \mu\text{g/L}$ (LC.01 fundo) e $27 \mu\text{g/L}$ (LC.02 superfície) (Figura 5-187). Já os pigmentos totais apresentaram valores que variaram de $4,5 \mu\text{g/L}$ (LC.01 fundo) a $43 \mu\text{g/L}$ (LC.02 superfície), com média de $13,7 \pm 10,4 \mu\text{g/L}$ (média \pm DP) (Figura 5-188).

Todas as estações foram compatíveis com o limite de $30 \mu\text{g/L}$ de clorofila *a* previsto no Art. 15 da Resolução CONAMA 357/05. Os lagos e canais foram os ambientes que apresentaram as maiores concentrações no período de estudo, seguidos dos rios tributários e do rio Madeira, respectivamente. Este padrão era esperado, uma vez que ambientes lânticos oferecem condições mais favoráveis ao desenvolvimento de espécies fitoplanctônicas.

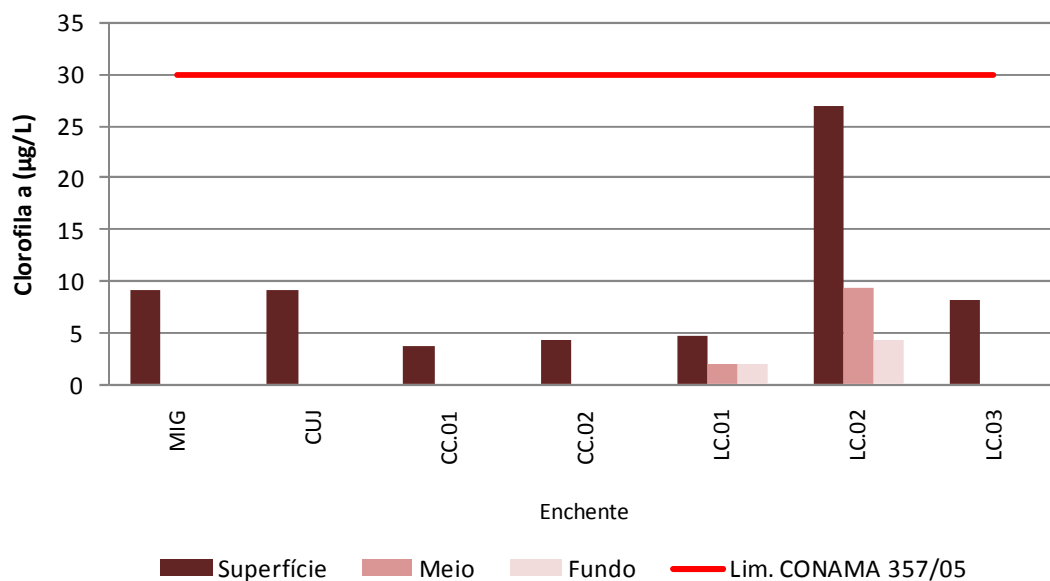


Figura 5-187 - Concentrações de clorofila *a* nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

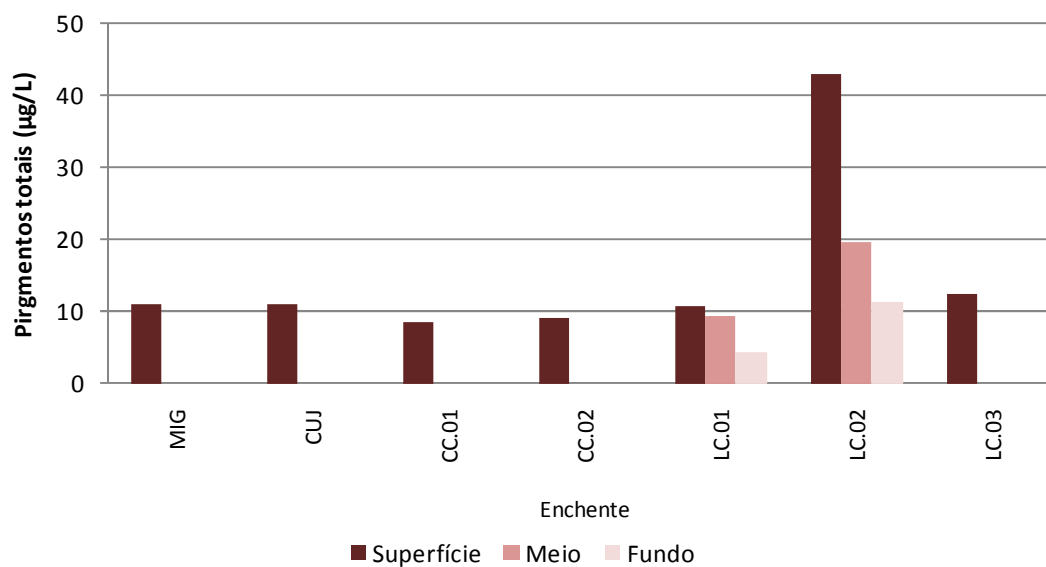


Figura 5-188 - Concentrações de pigmentos totais nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

5.1.10.3 - Fracionamento isotópico ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$)

Os resultados de enchente estão em processo de análises e por isso serão apresentados no próximo relatório. A análise de fracionamento isotópico é trabalhosa e depende de equipamentos onerosos e de alta complexidade operacional, de maneira que poucas instituições no Brasil possuem este tipo de equipamento. Por esta razão, as análises dessa variável entram em longas filas de espera para serem analisadas.

5.1.10.4 - Pontos de captação de água para abastecimento público: PCM e PCT

Foi realizada a avaliação da densidade de cianobactérias nas estações PCM (ponto de captação de água no rio Madeira) e PCT (ponto de captação de água no ribeirão Bate Estacas) em dezembro de 2012 e janeiro de 2013. A densidade de cianobactérias só foi quantificada na estação PCM (42 cel/mL) em janeiro de 2013, valor muito baixo para constituir uma floração e inferior ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

Nos meses agosto de 2012, setembro de 2012 e março de 2013 foi realizada a amostragem do artigo 15 da Resolução CONAMA 357/05. Os resultados obtidos estão apresentados no **Quadro 5.1-2**, que mostra que os resultados de biocidas foram inferiores a limite de quantificação do método analítico adotado em todas as estações e ocasiões amostradas, de forma que não houve violação aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05. Valores superiores ao estabelecido pela legislação foram encontrados na estação PCM para as variáveis turbidez, manganês total e alumínio dissolvido em março de 2013, período de águas altas no rio Madeira. Em setembro de 2012 foram encontrados valores de ferro dissolvido superiores ao limite de 0,3 mg/L nas estações PCM e PCT.

Valores em desacordo com a legislação supracitada ocorrem naturalmente na região, sendo assim, não consistem em impactos do empreendimento.

Os resultados de cloro residual acima do limite de 0,01 mg/L nas estações PCM e PCT em março de 2013 não foram encontrados durante as campanhas realizadas em agosto e setembro de 2012, de forma que a análise desta variável deve ser continuada.

Quadro 5.1-2 - Variáveis amostradas nos pontos de captação do igarapé Bate-Estacas (PCT) e do rio Madeira (PCM) nos meses de agosto de 2012 e fevereiro de 2013. Os valores marcados em vermelho indicam resultados em não conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 para corpos de água doce de Classe 2.

Variáveis	Unidade	PCT	PCM	PCT	PCM	PCT	PCM	Resolução CONAMA 357/05-Classe 2
		ago/12	ago/12	set/12	set/12	mar/13	mar/13	
Físicas								
Cor Verdadeira	Pt/L	11	50	40	50	7	56	75
Corantes Artificiais		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	-
Materiais Flutuantes		Presentes	Ausentes	Ausentes	Presentes	Ausentes	Ausentes	-
Resíduos Sólidos Objetáveis		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Presentes	Ausentes	Ausentes	-
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	117	118	118	91	125	139	500
Substâncias que Comunicam Odor		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	-
Turbidez	NTU	8.5	67	16	4.9	25	317	100
Químicas								
Cloreto	mg/L	6.5	1.1	1.1	6.6	2.5	2.7	250
Cloro Residual	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.03	0.05	0.01
DBO	mg/L	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	3.5	5
DQO	mg/L	6.0	9.0	10	15	6.2	17	-
Fluoreto	mg/L	< 0.05	< 0.05	0.6	0.3	< 0.05	< 0.05	1.4
Lítio	mg/L	< 0.001	0.0034	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.0088	2.5
Óleos e Graxas		< 5	< 5	< 5	< 5	Ausentes	Ausentes	virtualmente ausentes

Variáveis	Unidade	PCT	PCM	PCT	PCM	PCT	PCM	Resolução CONAMA 357/05-Classe 2
		ago/12	ago/12	set/12	set/12	mar/13	mar/13	
Urânio	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.02
Vanádio	mg/L	< 0.001	0.0018	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.0065	0.1
Metais								
Alumínio Dissolvido	mg/L	0.0235	0.0448	< 0.001	0.0078	0.0930	1.1	0.1
Arsênio	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Bário	mg/L	0.0055	0.0486	0.0419	0.0084	0.0117	0.0906	0.7
Berílio	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.04
Boro	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.5
Cádmio	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001
Chumbo	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Cianeto Livre	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.001	0.005
Cobalto	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.05
Cobre Dissolvido	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.009
Cromo	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.0024	0.05
Ferro Dissolvido	mg/L	0.2960	0.2309	0.1160	0.3352	0.4557	0.2343	0.3
Manganês	mg/L	0.0295	0.0506	0.0507	0.0406	0.0618	0.1803	0.1
Merúrio	mg/L	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0002
Níquel	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.0035	0.025
Zinco	mg/L	0.0171	0.0266	0.0295	0.0225	0.0212	0.0415	0.18

Variáveis	Unidade	PCT	PCM	PCT	PCM	PCT	PCM	Resolução CONAMA 357/05-Classe 2
		ago/12	ago/12	set/12	set/12	mar/13	mar/13	
Nutrientes								
Fósforo Total	mg/L	0.04	0.12	0.05	0.10	0.05	0.59	0.1
Nitrato (como N)	mg/L	0.3	0.2	< 0.2	0.1	0.3	0.1	10
Nitrito (como N)	mg/L	0.07	< 0.02	< 0.04	0.03	< 0.02	< 0.02	1
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1.0	< 0.1	< 0.1	1.8	0.2	< 0.1	
Biocidas e compostos orgânicos								
1,1-Dicloroetano	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.03
1,2-Dicloroetano	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
2,4,5-T	µg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	2
2,4,5-TP	µg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	10
2,4,6-Triclorofenol	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
2,4-D	µg/L	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	4
2,4-Diclorofenol	µg/L	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.3
2-Clorofenol	µg/L	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1
Acrilamida	µg/L	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.5
Alaclor	µg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	20
Aldrin + Dieldrin	µg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.005
Antimônio		< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	-
Atrazina	µg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2
Benzeno	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.005
Benzo(a)antraceno	µg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.05
Benzo(a)pireno	µg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.05
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.05

Variáveis	Unidade	PCT	PCM	PCT	PCM	PCT	PCM	Resolução CONAMA 357/05-Classe 2
		ago/12	ago/12	set/12	set/12	mar/13	mar/13	
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.05
Carbaril	µg/L	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02
Clordano (cis e trans)	µg/L	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.04
Criseno	µg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.05
Demeton (Demeton-O e Demeton-S)	µg/L	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	0.1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.05
Dibromofluorometano		101	124	117	112	107	121	-
Diclorometano	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.02
Dodecacloropentaciclodecano	µg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001
Endossulfan (a, b e sulfato)	µg/L	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	0.056
Endrin	µg/L	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0.004
Estireno	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.02
Etilbenzeno	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	90
Glifosato	µg/L	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 5	65
Gution	µg/L	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	0.005
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	µg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01
Hexaclorobenzeno	µg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.0065
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.05
Índice de Fenóis	mg/L	0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	< 0.001	< 0.001	0.003
Lindano (g-HCH)	µg/L	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0.02
Malation	µg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.1
Metolacloro	µg/L	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	10
Metoxicloro	µg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.03
p,p'-DDT + p,p'-DDD + p,p'-DDE	µg/L	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	0.002

Variáveis	Unidade	PCT	PCM	PCT	PCM	PCT	PCM	Resolução CONAMA 357/05-Classe 2
		ago/12	ago/12	set/12	set/12	mar/13	mar/13	
p-Bromofluorbenzeno		108	85	92	87	93	76	-
Paration	µg/L	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	0.04
PCB's - Bifenilas Policloradas	µg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001
Pentaclorofenol	mg/L	< 1X10 ⁵	< 1X10 ⁵	< 1X10 ⁵	< 1X10 ⁵	< 1X10 ⁵	< 1X10 ⁵	0.009
Simazina	µg/L	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	2
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002
Tetracloroeteno	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Tolueno	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2
Toxafeno	µg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01
Triclorobenzenos	mg/L	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0.02
Tricloroeteno	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.03
Trifluralina	µg/L	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.2
Xilenos	µg/L	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	300
Biológicos								
Contagem de Cianobactérias	cel/mL	24	< 3	< 3	26	< 3	< 3	50000
Clorófila a	µg/L	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	30

5.1.11 - Índices

5.1.11.1 - Índice de estado trófico (IET)

O estado trófico predominante no rio Madeira foi o eutrófico. Somente a estação MON.04 apresentou estado trófico diferente (supereutrófico), em função, da alta concentração de fósforo total. Vale lembrar que o índice de estado trófico aqui descrito não é um bom definidor das características tróficas deste ambiente. Apesar do rio Madeira ser rico em fósforo, este nutriente tem origem natural, e sua maior parte, está em uma forma não disponível para o fitoplâncton. Além disto, a alta concentração de sólidos na água do rio e a elevada vazão impedem o estabelecimento e desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica. Por fim, rotular o rio Madeira como eutrófico, em alguns períodos, não condiz com a definição do termo eutrofia, comumente utilizado para ambiente com elevada carga de compostos orgânicos e alta biomassa fitoplanctônica. O IET das diferentes estações pode ser visualizado no **Quadro 5.1-3**

Quadro 5.1-3 - Índice de Estado Trófico (IET) no rio Madeira

IET		Estação
62	EUTRÓFICO	MON.05
63	SUPEREUTRÓFICO	MON.04
60	EUTRÓFICO	MON.03
60	EUTRÓFICO	MON.02
60	EUTRÓFICO	MON.01
62	EUTRÓFICO	JUS.01
62	EUTRÓFICO	JUS.02
60	EUTRÓFICO	JUS.03

O estado trófico predominante nos tributários foi o mesotrófico, que prevaleceu em 10 das 14 estações (**Quadro 5.1-4**). As estações CAR, JAC.01 e TEO apresentaram IET eutrófico, ao passo que a estação JAC.03 apresentou IET supereutrófico. Isso aconteceu mais em função das concentrações mais elevadas de clorofila *a* do que de fósforo.

Quadro 5.1-4 - Índice de Estado Trófico (IET) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

IET		Estação
59	EUTRÓFICO	CAR
60	EUTRÓFICO	JAC.01
59	MESOTRÓFICO	JAC.02
63	SUPEREUTRÓFICO	JAC.03
57	MESOTRÓFICO	CRC
62	EUTRÓFICO	TEO
55	MESOTRÓFICO	TEO.01
57	MESOTRÓFICO	JAT I
54	MESOTRÓFICO	JAT I.01
59	MESOTRÓFICO	CEA
58	MESOTRÓFICO	CEA.01
52	MESOTRÓFICO	JAT II
55	MESOTRÓFICO	BEL
55	MESOTRÓFICO	JAM

O estado trófico predominante nos lagos e canais foi o mesotrófico, com concentrações moderadas de fósforo e clorofila *a*. Somente a estações LC.02 apresentou IET diferente (eutrófico), o que ocorreu em função das altas concentrações de clorofila *a* (Quadro 5.1-5).

Quadro 5.1-5 - Índice de Estado Trófico (IET) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

IET		Estação
58	MESOTRÓFICO	MIG
58	MESOTRÓFICO	CUJ
59	MESOTRÓFICO	CC.01
56	MESOTRÓFICO	CC.02
54	MESOTRÓFICO	LC.01
61	EUTRÓFICO	LC.02
57	MESOTRÓFICO	LC.03

5.1.11.2 - Índice de qualidade da água (IQA)

A qualidade da água das do rio Madeira foi classificada como BOA em todas as estações (**Quadro 5.1-6**). Apesar dos elevados valores de turbidez, sólidos totais e fósforo total, os baixos teores de coliformes fecais e DBO, o bom nível de oxigenação da água e um intervalo de pH adequado contribuíram para o prevaecimento de uma boa qualidade da água. Em virtude da ausência de medição de coliformes fecais, não foi possível calcular o IQA para a estação MON.05. Entretanto, como os coliformes fecais apresentam-se em baixas concentrações no rio Madeira, é possível presumir que a qualidade da água dessa estação também é boa.

Quadro 5.1-6 - Índice de Qualidade da Água (IQA) no rio Madeira, no período de enchente (janeiro de 2013).

IQA		Estação
		MON.05
58	BOA	MON.04
59	BOA	MON.03
59	BOA	MON.02
60	BOA	MON.01
58	BOA	JUS.01
60	BOA	JUS.02
58	BOA	JUS.03

Nos rios tributários, a qualidade da água foi BOA na maior parte das estações (**Quadro 5.1-7**). Nas estações JAT II e BEL, situadas nos igarapés Jatuarana II e Belmonte, a jusante da barragem, a qualidade da água foi classificada como ACEITÁVEL, o que aconteceu em função das baixas concentrações de oxigênio. Essa é uma característica comum em ambientes aquáticos amazônicos, especialmente em períodos de enchente e águas altas.

Quadro 5.1-7 - Índice de Qualidade de Água (IQA) nos tributários, no período de enchente (janeiro de 2013).

IQA		Estação
67	BOA	CAR
78	BOA	JAC.01
75	BOA	JAC.02
76	BOA	JAC.03
61	BOA	CRC
60	BOA	TEO
64	BOA	TEO.01
67	BOA	JAT I
67	BOA	JAT I.01
64	BOA	CEA
63	BOA	CEA.01
46	ACEITÁVEL	JAT II
48	ACEITÁVEL	BEL
74	BOA	JAM

A qualidade da água dos lagos e canais situou-se entre ACEITÁVEL (LC.02) e ÓTIMA (CUJ) (Quadro 5.1-8), com o restante das estações apresentado qualidade da água BOA. As baixas concentrações de oxigênio dissolvido contribuíram para uma pior qualidade da água em LC.02. Ressalta-se, porém, que essa é uma condição natural deste ambiente.

Quadro 5.1-8 - Índice de Qualidade da Água (IQA) nos lagos e canais, no período de enchente (janeiro de 2013).

IQA		Estação
74	BOA	MIG
81	ÓTIMA	CUJ
59	BOA	CC.01
63	BOA	CC.02
70	BOA	LC.01
44	ACEITÁVEL	LC.02
68	BOA	LC.03

5.1.11.3 - Ordenação espacial das variáveis limnológicas

A fim de caracterizar e identificar as estações de coleta de acordo com as variáveis limnológicas, foi utilizada uma análise de componentes principais (ACP). As estações dos três compartimentos (rio Madeira, tributários e lagos e canais) foram analisadas conjuntamente (Figura 5-189).

Os dois primeiros eixos da ACP explicaram 78,2% da variabilidade dos dados. As estações do rio Madeira foram as que mais se assemelharam entre si, uma vez que trata-se de um único ambiente. Variáveis como fósforo total, sólidos totais, oxigênio dissolvido, ortofosfato e carbono total estiveram positivamente relacionadas com as estações do rio Madeira, que ficaram agrupadas no primeiro quadrante da ACP. Em relação aos tributários e lagos e canais, como tratou-se de ambientes diferentes, houve grande espacialidade na distribuição dos dados, com as estações dos lagos e canais situando-se principalmente no terceiro quadrante e dos tributários principalmente no quarto quadrante. A ACP mostrou, por fim, que há uma clara distinção nas características limnológicas das estações situadas no rio Madeira, nos tributários e nos lagos e canais.

A partir da análise da ACP também é possível estabelecer algumas relações entre o componente biótico e abiótico dos sistemas estudados. No eixo 1 observa-se que a clorofila-a e DBO estão positivamente correlacionadas, enquanto que variáveis chaves como nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio total, estão inversamente correlacionados com estas variáveis (i.e., clorofila-a e DBO).

A relação inversa entre clorofila-a (i.e., fitoplâncton) e nutrientes, portanto, pode representar um desacoplamento da produtividade primária e da disponibilidade de nutrientes em função da existência de outros fatores limitantes, como a pouca disponibilidade de luz e alta turbulência. A relação positiva entre a DBO e a clorofila-a e a relação negativa entre DBO e nutrientes, também fornece uma outra informação relevante em relação ao compartimento heterotrófico dos sistemas estudados. A DBO é um indicativo da atividade heterotrófica e portanto dá uma medida potencial da comunidade heterotrófica nestes sistemas. Embora organismos heterotróficos possam se beneficiar da disponibilidade de luz mesmo em baixas condições de luminosidade (Grover 2000), diferentemente do fitoplâncton, este padrão não foi encontrado. Este fato, associado a relação positiva entre DBO e clorofila-a, é um indicativo de que a comunidade heterotrófica pode ser limitada pela disponibilidade de carbono lábil nestes sistemas. Como já salientado anteriormente, os sistemas estudados sofrem grande influência de fontes alóctones de carbono, que por sua vez são de difícil utilização por organismos heterotróficos (Amon & Benner 1996). Desta forma, onde a produtividade algal é elevada, isto é, onde as concentrações de clorofila-a são altas, é possível que parte desta produção seja exportada da célula fitoplânctônica na forma de exudatos, que por sua vez são extremamente lábeis para a utilização por organismos heterotróficos (Guariento et al. 2011a), evidenciando um acoplamento da produtividade auto-heterotrófica nestes sistemas. Na literatura evidências do acoplamento auto-heterotrófico em ecossistemas aquáticos têm sido mistas. Embora alguns estudos confirmem esta relação (Ries & Severson 2001, Niyogi et al. 2003), outros apontam que este acoplamento não acontece (Findlay & Howe 1993, Sobczak 1996). No entanto, todos os trabalhos que não observam tal acoplamento são trabalhos realizados em condições de baixa disponibilidade de nutrientes, o que não é observado nos sistemas estudados no presente relatório. A baixa disponibilidade de nutrientes pode favorecer a competição entre estes organismos autotróficos e heterotróficos, diminuindo as interações positivas entre estes organismos. Os resultados observados, portanto, evidenciaram que é provável que a dinâmica da comunidade heterotrófica dos sistemas estudados esteja acoplada a dinâmica da comunidade autotrófica, boa parte em função da baixa disponibilidade de carbono lábil disponível nestes sistemas.

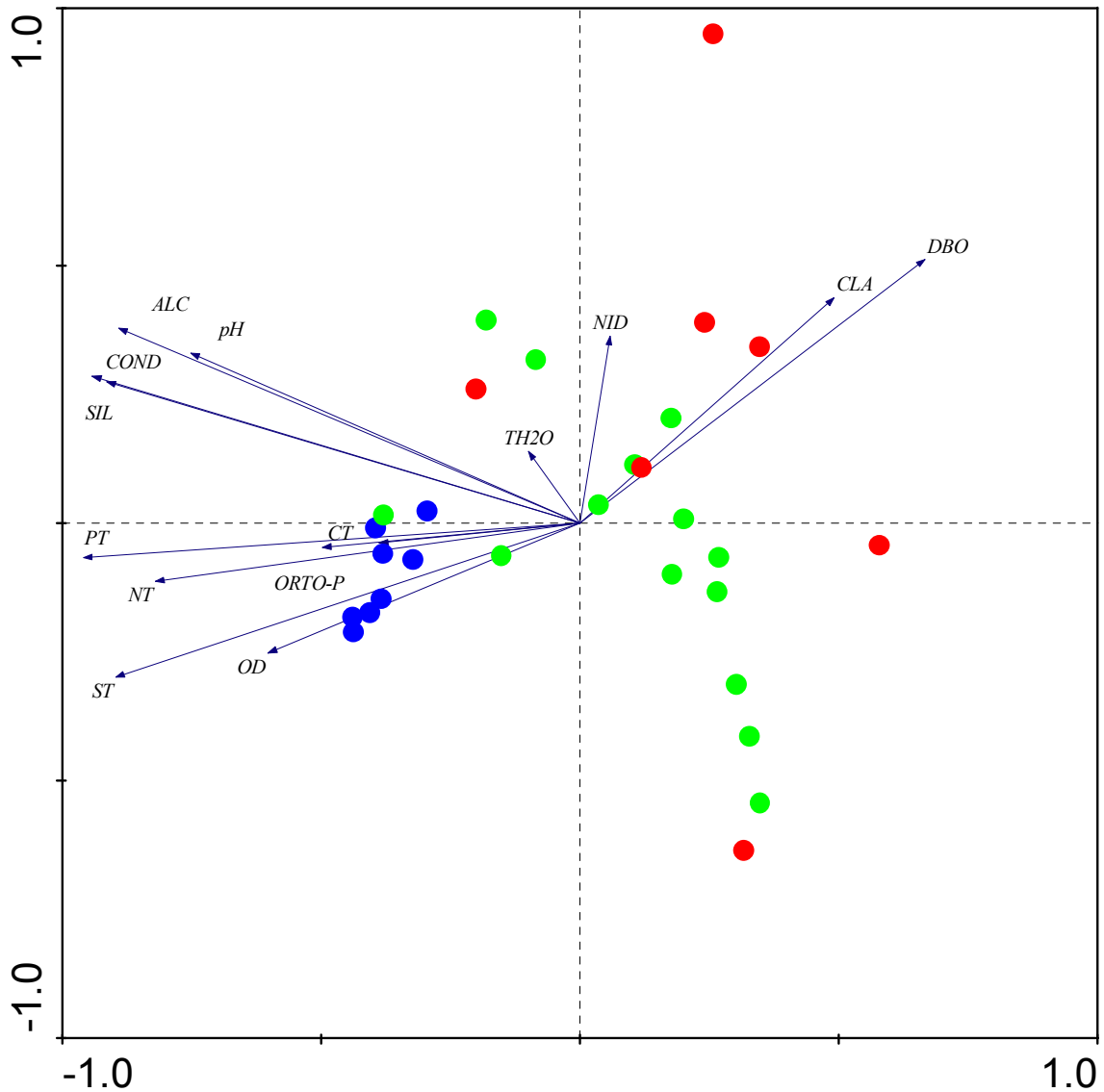


Figura 5-189 - Posição das estações de coleta do rio Madeira (pontos azuis), dos tributários (pontos verdes) e dos lagos e canais (pontos vermelhos) ordenadas de acordo com os dois primeiros eixos da ACP durante a enchente de 2013. A explicabilidade dos dois primeiros eixos foi de 78,2% (Eixo 1: 70%; Eixo 2: 8,2%). As siglas significam: TH20: temperatura da água; COND: condutividade; ST: sólidos totais; pH: potencial hidrogeniônico; OD: oxigênio dissolvido; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; CT: carbono total; ALC: alcalinidade total; NID: nitrogênio inorgânico dissolvido; NT: nitrogênio total; ORTO-P: ortofosfato; PT: fósforo total; SIL: silicatos reativos; E.coli: *E. coli*; CLA: clorofila *a*.

