

**ÍNDICE**

5.2.4 -	Sedimentos .....	1/34
5.2.4.1 -	Granulometria .....	1/34
5.2.4.2 -	Matéria orgânica, carbono orgânico total e teores de cinzas .....	4/34
5.2.4.3 -	Nutrientes: nitrogênio e fósforo .....	9/34
5.2.4.4 -	Macronutrientes: sódio, potássio, cálcio e magnésio .....	12/34
5.2.4.5 -	Elementos-traço .....	18/34
5.2.4.6 -	Discussão .....	34/34



## 5.2.4 - Sedimentos

São apresentados, para cada variável, gráficos de barra com os resultados obtidos das cinco últimas campanhas da fase de operação (outubro de 2013, janeiro, abril, julho e outubro de 2014). Foi realizada uma comparação entre as fases do empreendimento, que são pré-enchimento (julho de 2009 a julho de 2011) e pós - enchimento (outubro de 2011 a outubro de 2014). Foram aplicados testes não paramétricos de Kruskal-Wallis, seguidos de pós-teste de Dunn, para o ambiente rio Madeira (montante e jusante) e teste de Mann-Whitney / Teste bilateral para os tributários, quando foi observada diferença significativa. A hipótese nula foi de que os valores eram iguais entre as diferentes fases. Um nível de significância (p) de 0,05 foi adotado para rejeição das hipóteses. Isso significa que sempre que o p foi inferior a 0,05 a hipótese foi rejeitada. A rejeição da hipótese indica haver diferença entre os períodos.

### 5.2.4.1 - Granulometria

O sedimento de fundo dos corpos d'água é fruto da interação, ao longo do tempo, do intemperismo das rochas, de deposições de origem orgânica e precipitação química. Esta deposição pode ter origem alóctone e/ou autóctone e sua proporção pode variar de acordo com as características ambientais (Mozeto, 2004). Segundo Singh *et al.* (2004), sedimentos finos possuem uma maior capacidade de retenção de poluentes, como metais pesados e hidrocarbonetos.

Em relação aos resultados de granulometria obtidos nas avaliações realizadas nas águas baixas de 2013 e enchente, águas altas, vazante e águas baixas de 2014 no presente programa, observou-se uma predominância de frações mais finas como silte, em todas as estações localizadas no rio Madeira e tributários, a exceção de CAR em todos os períodos, onde predominaram frações de areia (Figura 5.2.4-1 e Figura 5.2.4-2).

Na fase hidrológica avaliada (outubro de 2013, janeiro, abril, julho e outubro de 2014) por estação de monitoramento, a fração areia muito grossa (2 a 1 mm) oscilou entre 0 g/kg na maioria das estações e 626 g/kg na enchente de 2014 na estação CAR. Considerando todos os períodos avaliados (julho de 2009 a outubro de 2014), o teor de areia muito grossa no rio Madeira a montante, no pré-enchimento não foi detectado e no pós - enchimento foi de  $16 \pm 60$  g/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $7,4 \pm 28$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento não foi detectado. Nos tributários no pré-enchimento foi de  $0,3 \pm 1$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $1,7 \pm 10$  g/kg (média  $\pm$  DP).

A fração areia grossa (1 a 0,5 mm) oscilou entre 0 g/kg e 406 g/kg na vazante de 2014 na estação MON.03. Considerando todos os períodos avaliados, o teor de areia grossa no rio Madeira a montante, no pré-enchimento foi de  $4,8 \pm 14$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $24 \pm 91$  g/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $20 \pm 48$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $2,5 \pm 12$  g/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $33,5 \pm 57$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $10 \pm 44$  g/kg (média  $\pm$  DP).

A fração de areia média (0,5 a 0,25 mm) oscilou entre 0 g/kg e 417 g/kg na enchente de 2014 na estação JAT I.01. Considerando todos os períodos avaliados, o teor de areia média no rio Madeira a montante, no pré-enchimento foi de  $24 \pm 46$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $5 \pm 11$  g/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $25 \pm 33$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $10 \pm 22$  g/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $111 \pm 133$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $15 \pm 37$  g/kg (média  $\pm$  DP).

A fração de areia fina (0,25 a 0,125 mm) oscilou entre 0 g/kg e 187 g/kg nas águas baixas de 2013 na estação JATI.01. Considerando todos os períodos avaliados, o teor de areia fina no rio Madeira a montante, no pré-enchimento foi de  $71 \pm 50$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $23 \pm 23$  g/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $70 \pm 65$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $64 \pm 49$  g/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $129 \pm 110$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $47 \pm 53$  g/kg (média  $\pm$  DP).

A fração de areia muito fina (0,125 a 0,062) mm oscilou entre 0 g/kg e 468 g/kg nas águas baixas de 2014 na estação JUS.01. Considerando todos os períodos avaliados, o teor de areia muito fina no rio Madeira a montante, no pré-enchimento foi de  $178 \pm 91$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $60 \pm 71$  g/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $206 \pm 103$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $193 \pm 119$  g/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $124 \pm 74$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $75 \pm 66$  g/kg (média  $\pm$  DP).

A fração de silte (0,062 a 0,00394 mm) oscilou entre 0 g/kg e 990 g/kg na enchente de 2014 na estação MON.01. Considerando todos os períodos avaliados, o teor de silte no rio Madeira a montante, no pré-enchimento foi de  $601 \pm 114$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $790 \pm 194$  g/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $563 \pm 136$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $680 \pm 162$  g/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $493 \pm 224$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $728 \pm 152$  g/kg (média  $\pm$  DP).

A fração de argila (0,00394 a 0,0002 mm) oscilou entre 0 g/kg e 194 g/kg nas águas baixas de 2014 na estação (CEA. 01). Considerando todos os períodos avaliados, o teor de argila no rio Madeira a montante, no pré-enchimento foi de  $118 \pm 57$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $78 \pm 108$  g/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $106 \pm 52$  g/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $48 \pm 62$  g/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $108 \pm 65$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $120 \pm 127$  g/kg (média  $\pm$  DP).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, observa-se que de forma geral no período de pós - enchimento as frações de areia tenderam a diminuir no rio Madeira e nos tributários, por outro lado a fração de silte apresentou uma dinâmica contrária, aumentando nestes ambientes. (Figura 5.2.4-2).

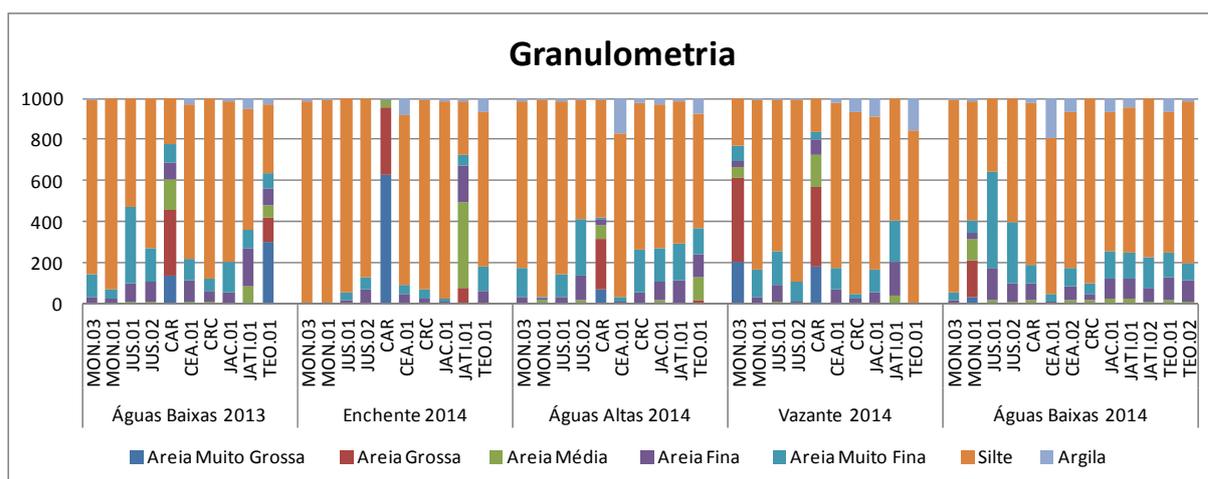


Figura 5.2.4-1 - Granulometria nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014).

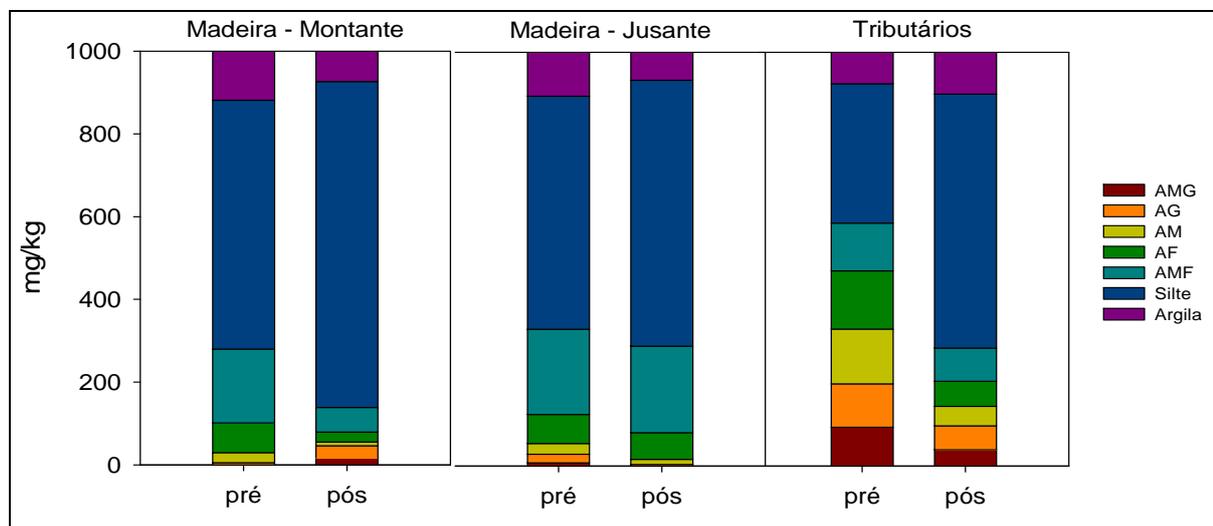


Figura 5.2.4-2 - Granulometria do sedimento de fundo no rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

#### 5.2.4.2 - Matéria orgânica, carbono orgânico total e teores de cinzas

A determinação de matéria orgânica em amostras ambientais tem merecido atenção de pesquisadores em diversos campos de atividade científica (águas, solos, sedimentos). A importância dessa determinação está associada ao conhecimento da origem, natureza e destino final dessa matéria no ambiente considerado. No caso de um rio, a entrada de matéria orgânica pela bacia de drenagem constitui em uma fonte externa de compostos orgânicos de importância vital para a biota.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as porcentagem de matéria orgânica oscilaram entre 0,17% p/p na estação (CAR) na enchente de 2014 e 33% p/p nas águas baixas de 2013 na estação (TEO.01) (Figura 5.2.4-3).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de matéria orgânica no rio Madeira a montante, no pré-enchimento foi de  $2,3 \pm 1,4\%$  p/p (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $3,1 \pm 1,8\%$  p/p (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $2,1 \pm 0,6\%$  p/p (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $2,3 \pm 1,41\%$  p/p (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $2,1 \pm 1,6\%$  p/p (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $4,2 \pm 4,7\%$  p/p (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-4).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de matéria orgânica diferiu entre as fases do empreendimento no rio Madeira a montante e nos tributários, com incremento no período de pós-enchimento ( $p < 0,05$ ). No rio Madeira a jusante não houve alteração (Figura 5.2.4-4).

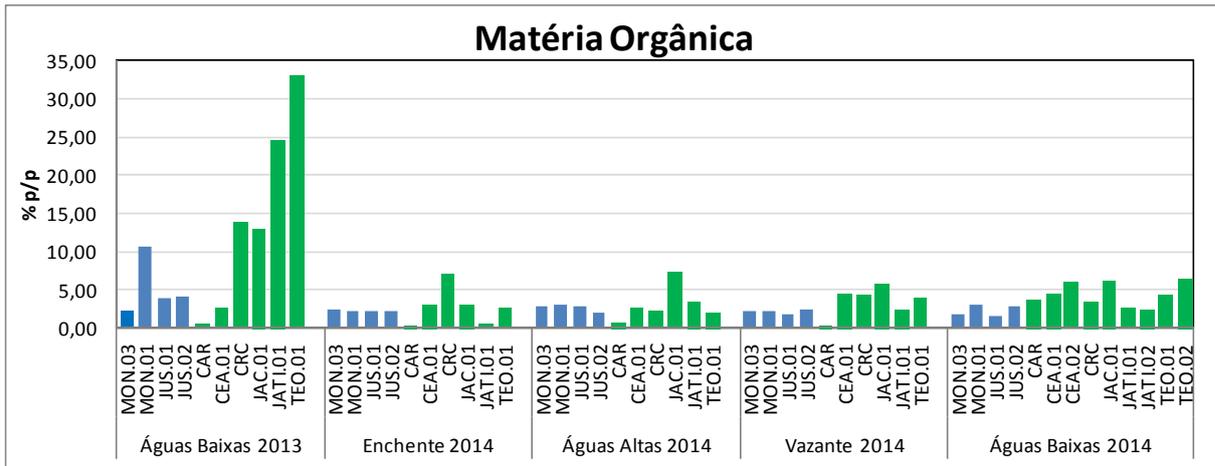


Figura 5.2.4-3 - Porcentagem de matéria orgânica nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

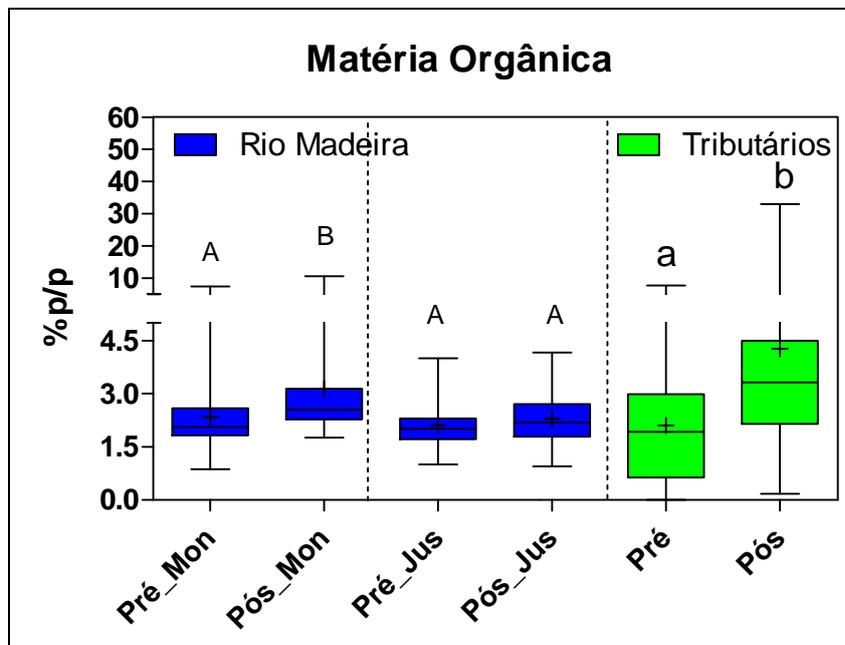


Figura 5.2.4-4 - Box-plot da porcentagem de matéria orgânica nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as porcentagem de carbono orgânico oscilaram entre 0,09% p/p na estação CAR na enchente de 2014 e 18% p/p nas águas baixas de 2013 na estação TEO.01 (Figura 5.2.4-5).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de carbono orgânico no rio Madeira a montante, no pré-enchimento foi de  $0,5 \pm 0,6\%$  p/p (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $1,2 \pm 1,1\%$  p/p (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $0,5 \pm 0,3\%$  p/p (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $0,8 \pm 0,6\%$  p/p (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $0,7 \pm 0,7\%$  p/p (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $2,3 \pm 2,4\%$  p/p (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-6).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de carbono orgânico diferiu entre as fases do empreendimento no rio Madeira a montante e nos tributários, com incremento no período de pós-enchimento ( $p < 0,05$ ). No rio Madeira a jusante não houve alteração (Figura 5.2.4-6).

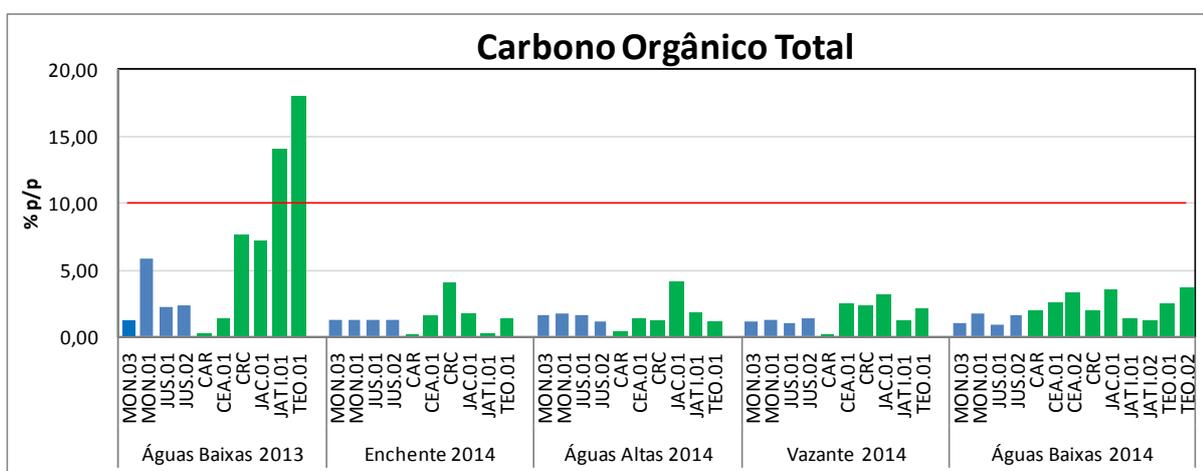


Figura 5.2.4-5 - Porcentagem de carbono orgânico total nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

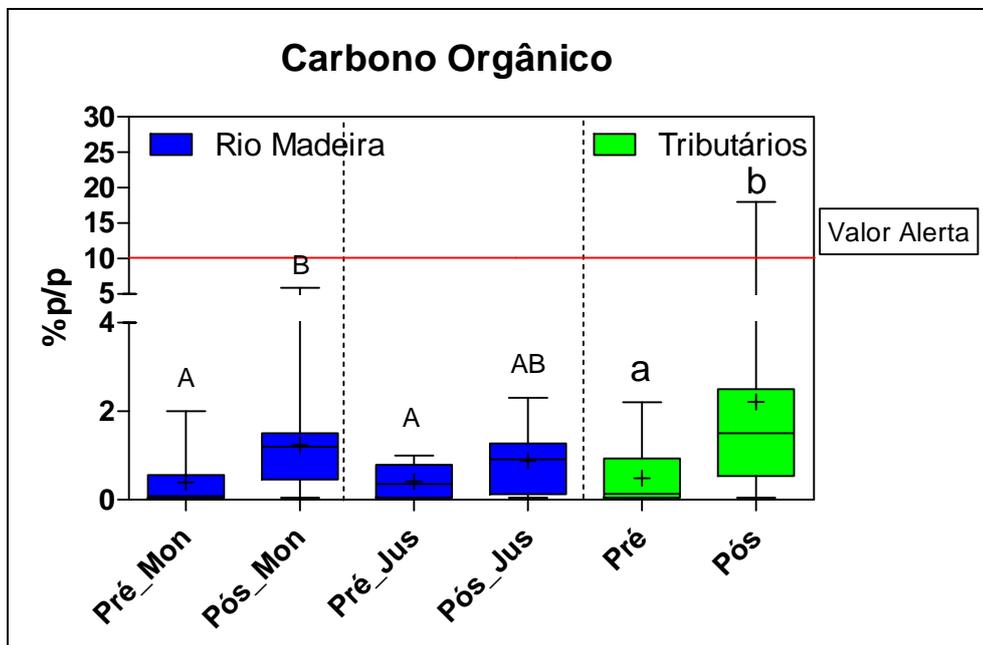


Figura 5.2.4-6 - Box-plot da porcentagem de carbono orgânico nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, a porcentagem de cinzas (base seca) no sedimento praticamente não variou sazonalmente, oscilando entre 25,2%p/p nas águas baixas de 2013 (TEO. 01) e 99,8%p/p na enchente de 2014 (CAR) (Figura 5.2.4-7).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de cinzas (base seca) no rio Madeira a montante, no pré-enchimento foi de  $96 \pm 2\%$  p/p (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $95 \pm 3\%$  p/p (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $96 \pm 1\%$  p/p (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $96 \pm 1\%$  p/p (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $95 \pm 4\%$  p/p (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $91 \pm 7\%$  p/p (média  $\pm$  DP).

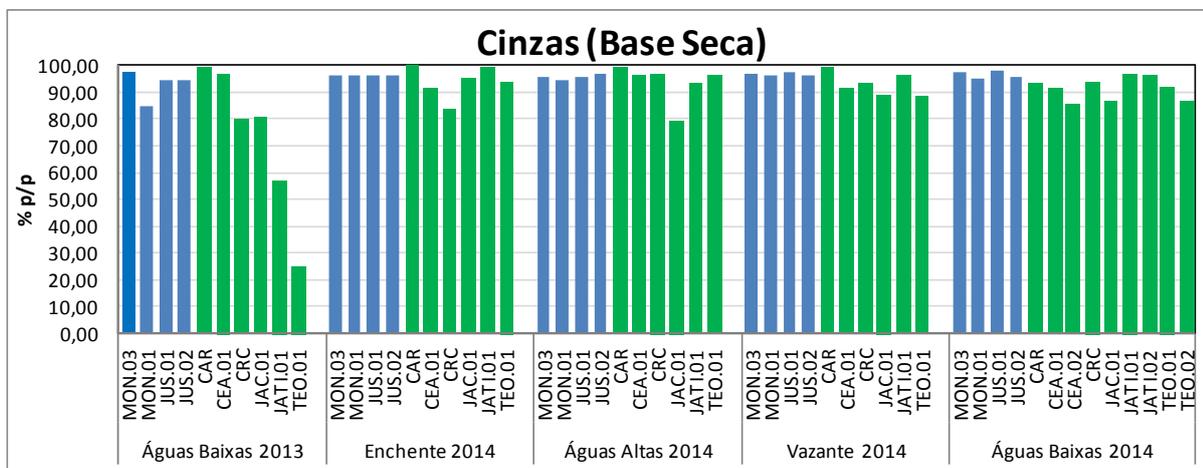


Figura 5.2.4-7 - Porcentagem de cinza (base seca) nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, a porcentagem de cinza (base úmida) oscilou entre 11% p/p na estação TEO. 01 nas águas baixas de 2013 e 80% p/p na enchente de 2014 na estação CAR (Figura 5.2.4-8).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de cinzas (base úmida) no rio Madeira a montante, no pré-enchimento foi de  $63 \pm 9\%$  p/p (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $60 \pm 9\%$  p/p (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $64 \pm 8\%$  p/p (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $66 \pm 5\%$  p/p (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $60 \pm 12\%$  p/p (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $52 \pm 10\%$  p/p (média  $\pm$  DP).

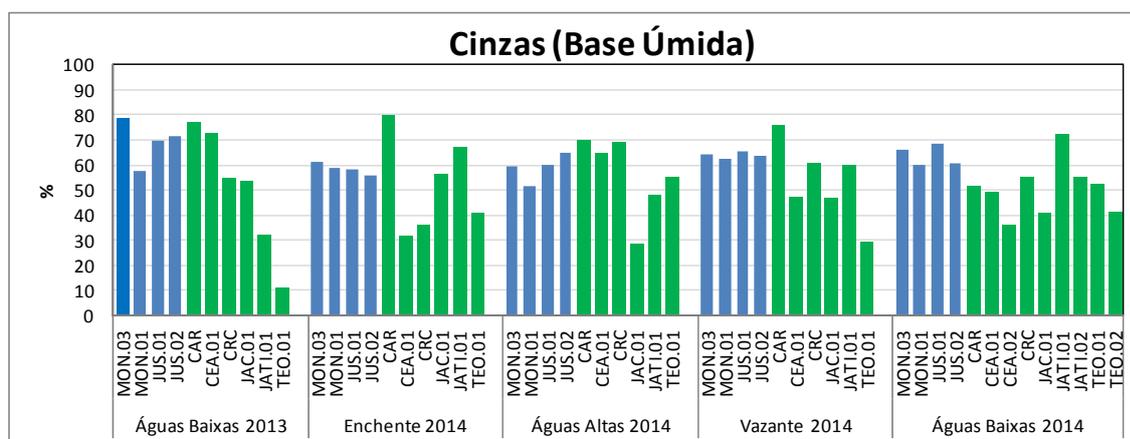


Figura 5.2.4-8 - Porcentagem de cinza (base úmida) nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

### 5.2.4.3 - Nutrientes: nitrogênio e fósforo

De acordo com Forsbeg *et al.* (1988), nos lagos da Amazônia as concentrações de nitrogênio total e fósforo total dependem fortemente das características geoquímicas do rio associado e da bacia de drenagem local.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de nitrogênio total Kjeldahl no sedimento oscilaram entre 52,4 mg/kg na estação TEO.01 nas águas altas de 2014 e 4563 mg/kg na enchente de 2014 na estação JUS.01 (Figura 5.2.4-9).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de nitrogênio no sedimento do rio Madeira a montante, no pré-enchimento foi de  $888 \pm 909$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $958 \pm 766$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $903 \pm 830$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $767 \pm 870$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $816 \pm 808$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $1091 \pm 968$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-10).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de nitrogênio total não diferiram entre as fases do empreendimento. Em todas as estações, as concentrações de nitrogênio ficaram abaixo de 4.800 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012 (Figura 5.2.4-10).

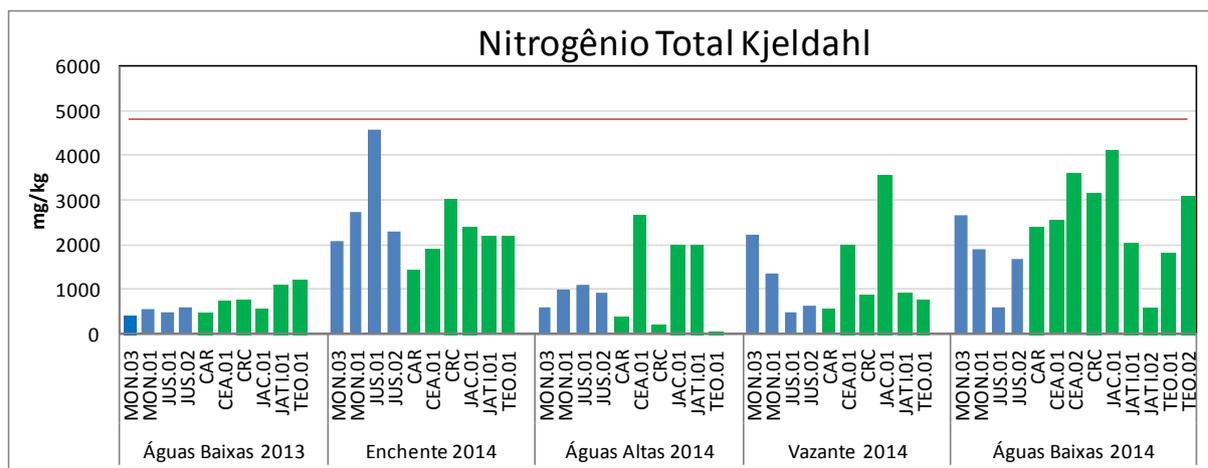


Figura 5.2.4-9 - Concentrações de nitrogênio total kjeldahl nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

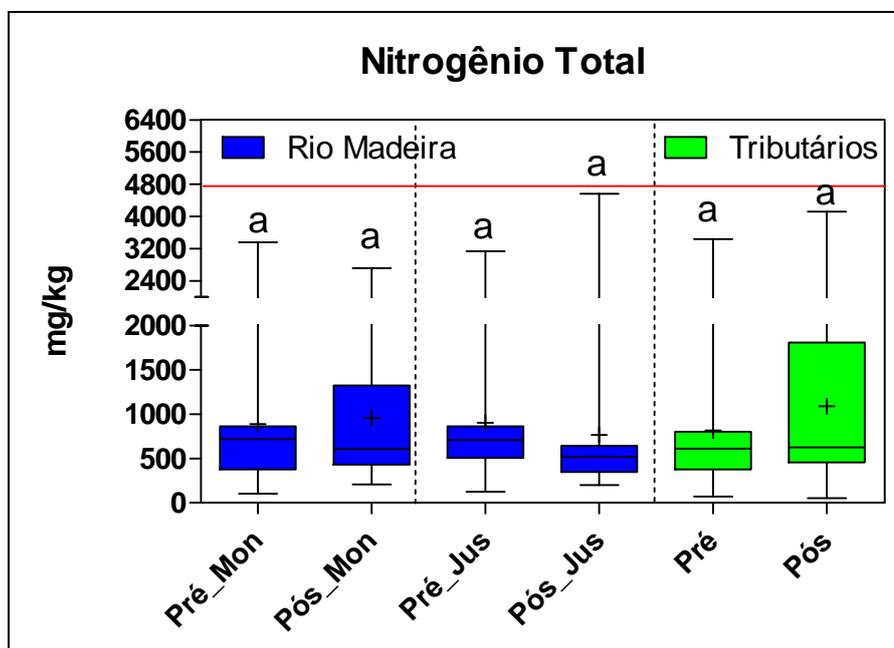


Figura 5.2.4-10 - Box-plot das concentrações de nitrogênio total kjedahl nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de fósforo no sedimento oscilaram entre 23,7 mg/kg na estação JATI.02 no período de águas baixas de 2014 e 888 mg/kg na enchente de 2014 na estação MON.03 (Figura 5.2.4-11).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de fósforo no sedimento do rio Madeira a montante, no pré-enchimento foi de  $494 \pm 168$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $558 \pm 179$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $501 \pm 202$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $438 \pm 171$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $227 \pm 250$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $325 \pm 245$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-12).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de nitrogênio total nos sedimentos diferiram entre as fases do empreendimento somente nos tributários, com incremento no período de pós-enchimento. De qualquer maneira, as concentrações de fósforo ficaram abaixo de 2000 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012 (Figura 5.2.4-12).

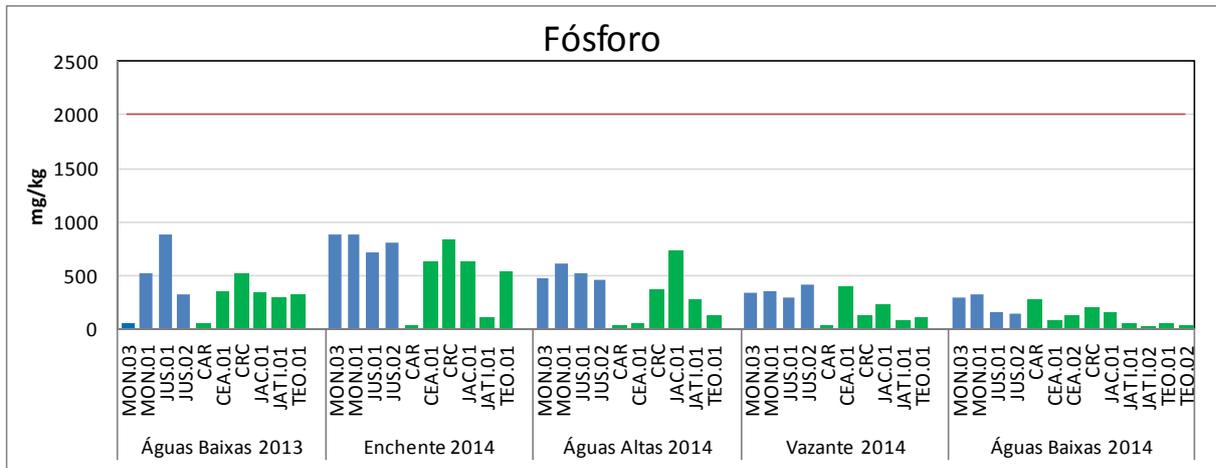


Figura 5.2.4-11 - Concentrações de fósforo nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

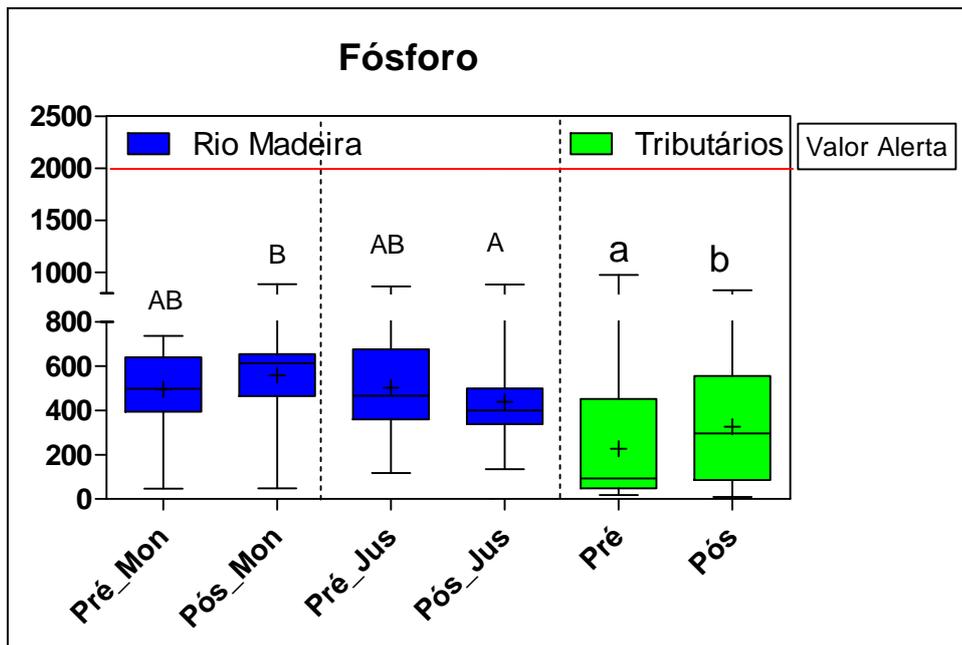


Figura 5.2.4-12 - Box-plot das concentrações de fósforo nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

#### 5.2.4.4 - Macronutrientes: sódio, potássio, cálcio e magnésio

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de sódio oscilaram entre menor que o limite de quantificação do método (<LQ) de 50 mg/kg e 500 mg/kg na vazante de 2014 na estação MON.01 (Figura 5.2.4-12).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de sódio no sedimento do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $69,9 \pm 58,8$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $130 \pm 130$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $57,8 \pm 47,5$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $86 \pm 60$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $64,2 \pm 72,8$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $91,4 \pm 71,8$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-13).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de sódio nos sedimentos diferiram entre as fases do empreendimento no rio Madeira a jusante e nos tributários, com incremento no período de pós-enchimento ( $p < 0,05$ ). No rio Madeira a montante não houve alteração (Figura 5.2.4-14).

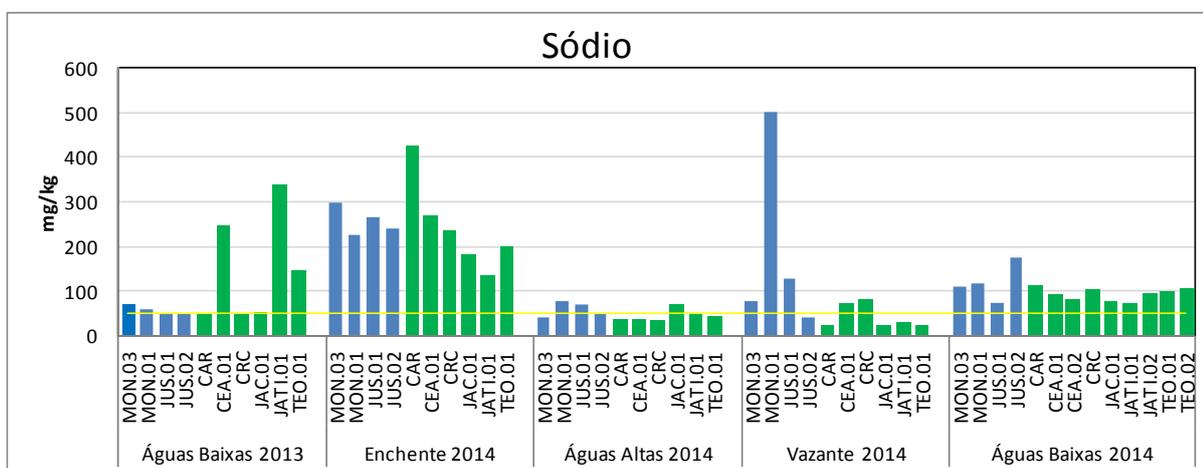


Figura 5.2.4-13 - Concentrações de sódio nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

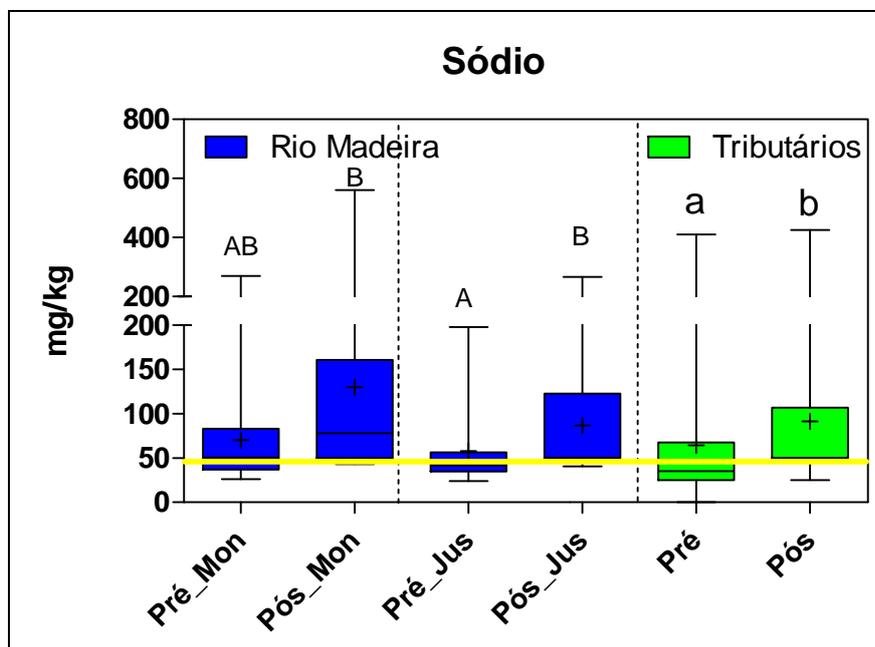


Figura 5.2.4-14 - Box-plot das concentrações de sódio nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de potássio oscilaram entre menor que o limite de quantificação do método (<LQ) de 50 mg/kg e 8545 mg/kg nas águas altas de 2014 na estação MON.03 (Figura 5.2.4-15).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de potássio no sedimento do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $620 \pm 188$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $1830 \pm 2175$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $575 \pm 226$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $886 \pm 799$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $267 \pm 343$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $961 \pm 1229$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-16).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de potássio nos sedimentos diferiram entre as fases do empreendimento no rio Madeira a montante e nos tributários, com incremento no período de pós-enchimento ( $p < 0,05$ ). No rio Madeira a jusante não houve alteração (Figura 5.2.4-16).

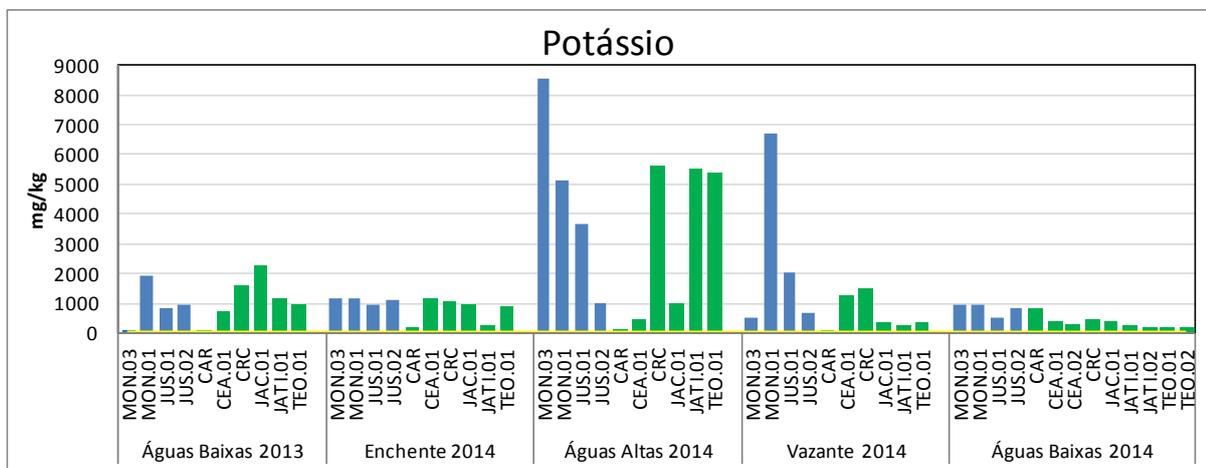


Figura 5.2.4-15 - Concentrações de potássio nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

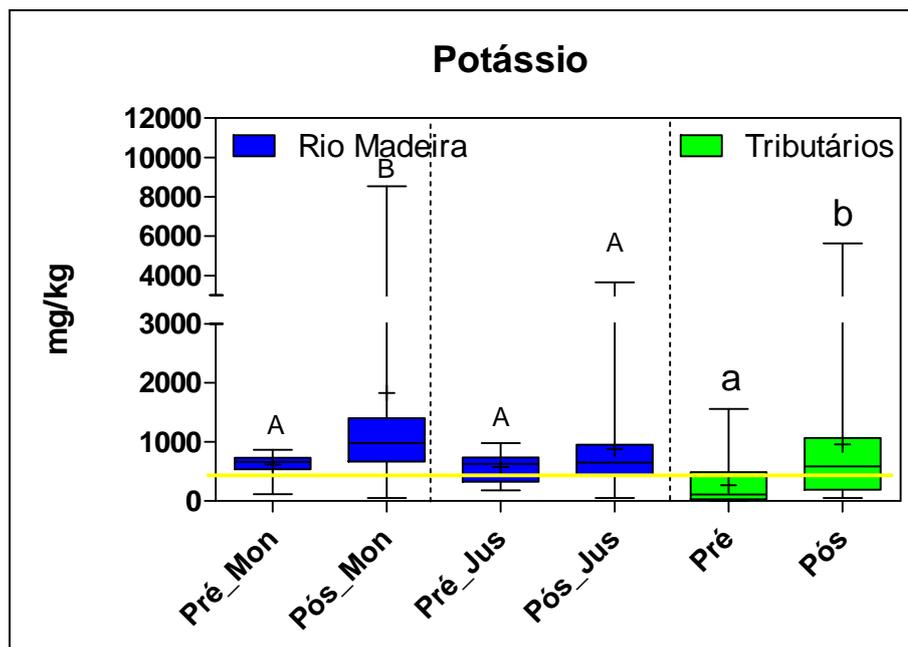


Figura 5.2.4-16 - Box-plot das concentrações de potássio nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de cálcio nos sedimentos oscilaram entre 56,8 mg/kg na vazante de 2014 na estação CAR e 2810 mg/kg na enchente de 2014 na estação MON.03 (Figura 5.2.4-17).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de cálcio no sedimento do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $1075 \pm 354$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $1697 \pm 420$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $1062 \pm 368$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $1247 \pm 475$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $335 \pm 427$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $700 \pm 627$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-18).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de cálcio nos sedimentos diferiram entre as fases do empreendimento no rio Madeira a montante e nos tributários, com incremento no período de pós-enchimento ( $p < 0,05$ ). No rio Madeira a jusante não houve alteração (Figura 5.2.4-18).

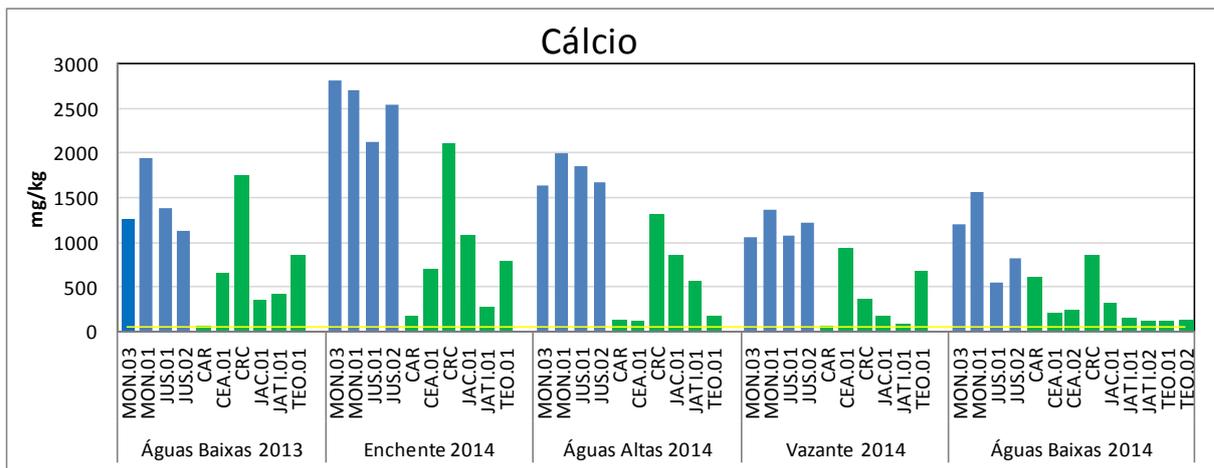


Figura 5.2.4-17 - Concentrações de cálcio nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

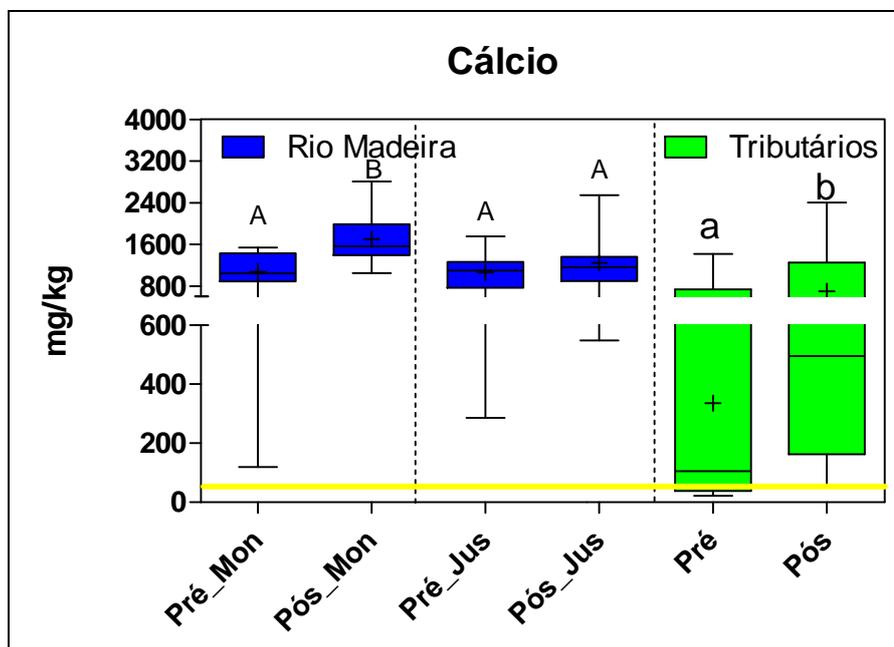


Figura 5.2.4-18 - - Box-plot das concentrações de cálcio nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de potássio nos sedimentos oscilaram entre menor que o limite de quantificação do método (<LQ) de 50 mg/kg e 6580 mg/kg na enchente de 2014 na estação MON.01 (Figura 5.2.4-19).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de magnésio no sedimento do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $1851 \pm 525$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $3340 \pm 1528$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $1806 \pm 665$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $1247 \pm 475$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $685 \pm 1032$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $1232 \pm 1307$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-20).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de magnésio nos sedimentos diferiram entre as fases do empreendimento no rio Madeira a montante e nos tributários, com incremento no período de pós-enchimento ( $p < 0,05$ ). No rio Madeira a jusante não houve alteração (Figura 5.2.4-20).

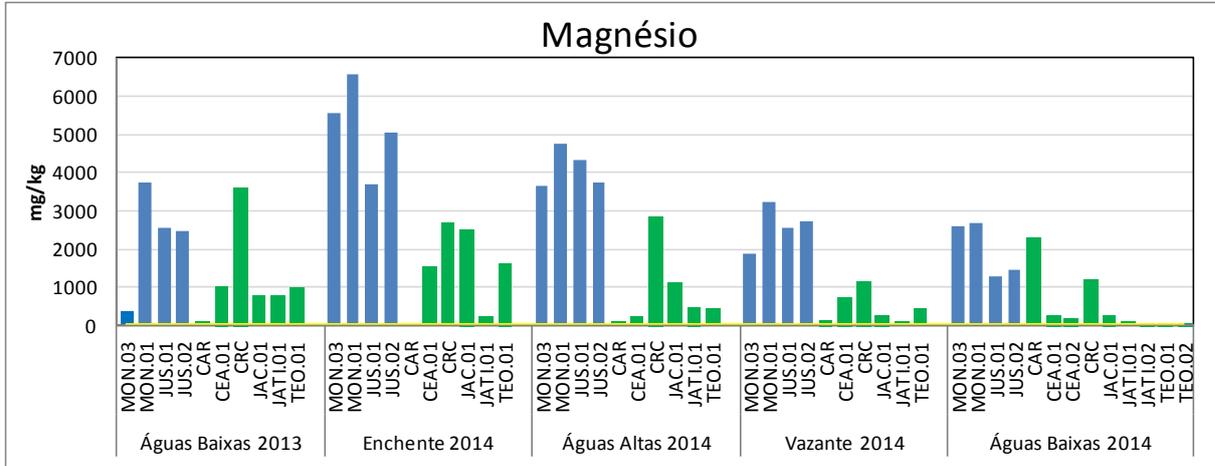


Figura 5.2.4-19 - Concentrações de magnésio nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

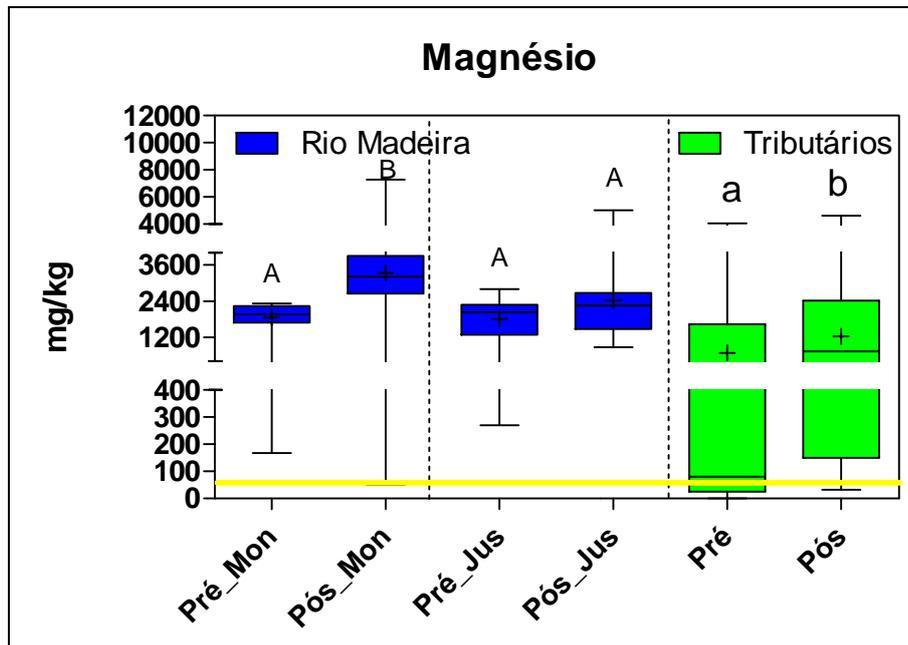


Figura 5.2.4-20 - - Box-plot das concentrações de magnésio nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

#### 5.2.4.5 - Elementos-traço

Em rios, a carga total de elementos-traço depende das características geológicas e ecológicas das bacias de drenagem e do tipo de atividade humana nelas presentes. O transporte é realizado, principalmente, sob forma dissolvida ou ligada ao material particulado em suspensão. Segundo Lacerda *et al.* (1987), a distribuição dos elementos entre as duas fases é função do tipo de elemento e da carga total de elementos lançados nos rios. Nessa linha, rios que recebem grandes cargas de rejeitos industriais apresentam, na maioria dos casos, grandes concentrações de elementos na forma dissolvida, enquanto que rios sem contribuições antrópicas apresentam a maior parte da carga total de elementos-traço associada ao material particulado em suspensão (Esteves, 1998).

As concentrações de cádmio ficaram sempre abaixo do limite de quantificação do método (0,1 mg/kg). Em relação ao estanho, a maior parte dos valores também ficaram abaixo do limite de quantificação, com exceção de JATI.01 (2,4 mg/kg) na enchente de 2014, CEA.01 (5,2 mg/kg), CRC (2,9 mg/kg), TEO.01 (1,53 mg/kg), TEO.02 (38,9 mg/kg) e JATI.01 (1,3 mg/kg) nas águas baixas de 2014.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de alumínio nos sedimentos oscilaram entre 529 mg/kg na enchente de 2014 na estação CAR e 44306 mg/kg nas águas altas de 2013 na estação JAC.01 (Figura 5.2.4-21).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de alumínio no sedimento do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $6589 \pm 2741$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $12110 \pm 7085$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $6783 \pm 2979$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $8063 \pm 4401$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $3319 \pm 3844$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $10018 \pm 10128$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-22).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de alumínio nos sedimentos diferiram entre as fases do empreendimento no rio Madeira a montante e nos tributários, com incremento no período de pós-enchimento ( $p < 0,05$ ). No rio Madeira a jusante não houve alteração (Figura 5.2.4-22).

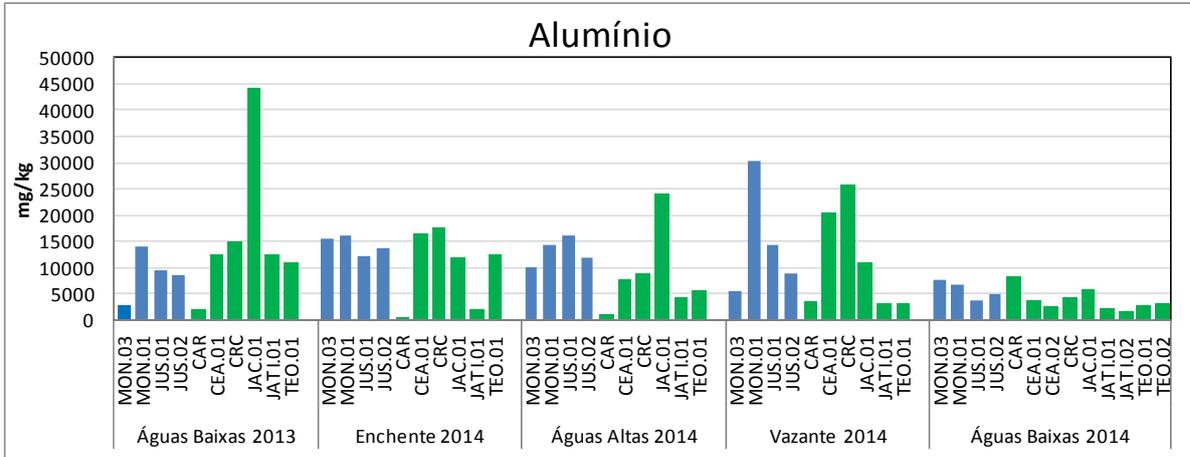


Figura 5.2.4-21 - Concentrações de alumínio nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

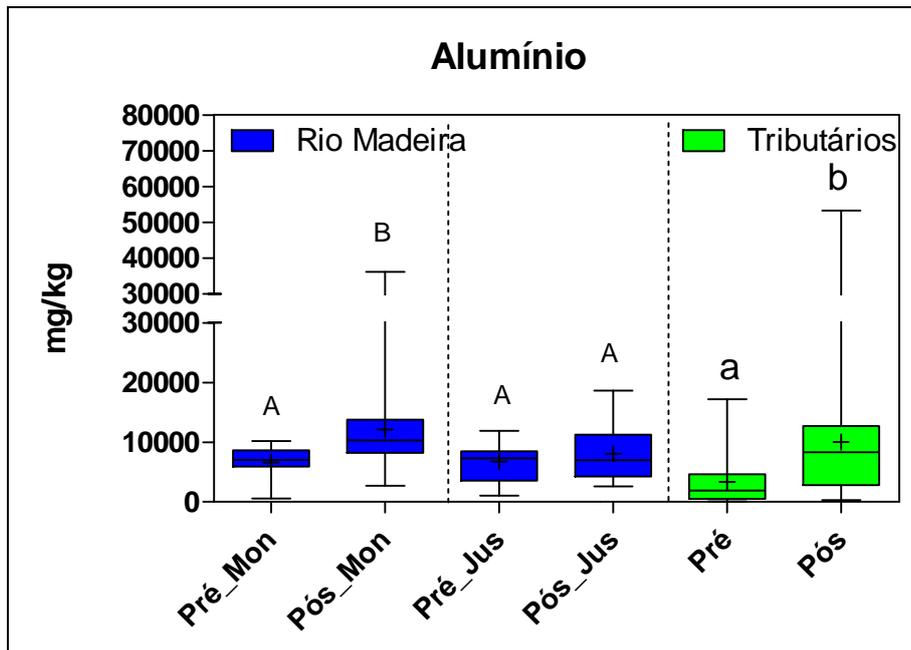


Figura 5.2.4-22 - Box-plot das concentrações de alumínio nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de bário nos sedimentos oscilaram entre 3,3 mg/kg na enchente de 2014 na estação CAR e 188 mg/kg na enchente de 2014 na estação CEA.01 (Figura 5.2.4-23).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de bário no sedimento do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $50 \pm 16$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $96 \pm 39$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $51 \pm 20$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $59 \pm 26$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $27 \pm 29$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $67 \pm 48$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-24).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de bário nos sedimentos diferiram entre as fases do empreendimento no rio Madeira a montante e nos tributários, com incremento no período de pós-enchimento ( $p < 0,05$ ). No rio Madeira a jusante não houve alteração (Figura 5.2.4-24).

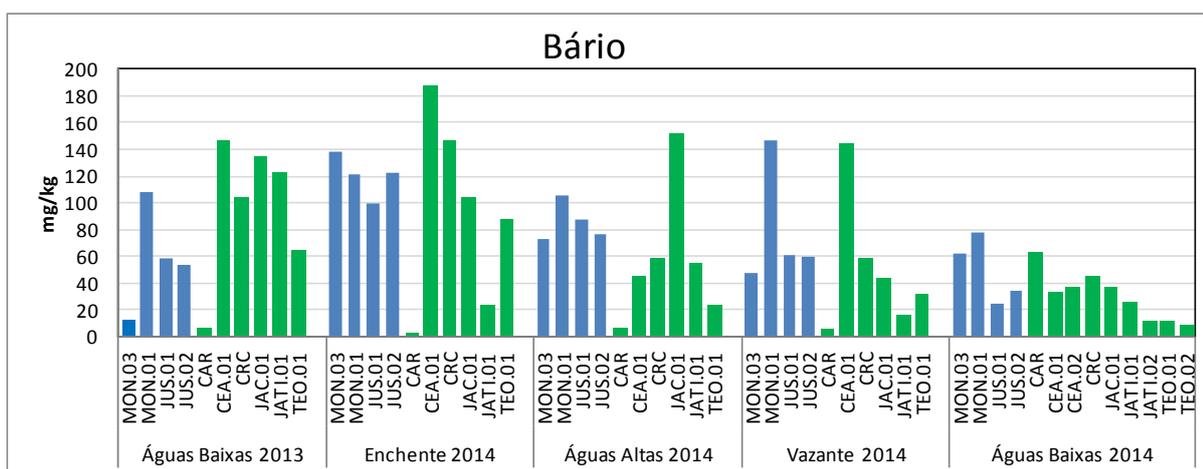


Figura 5.2.4-23 - Concentrações de bário nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

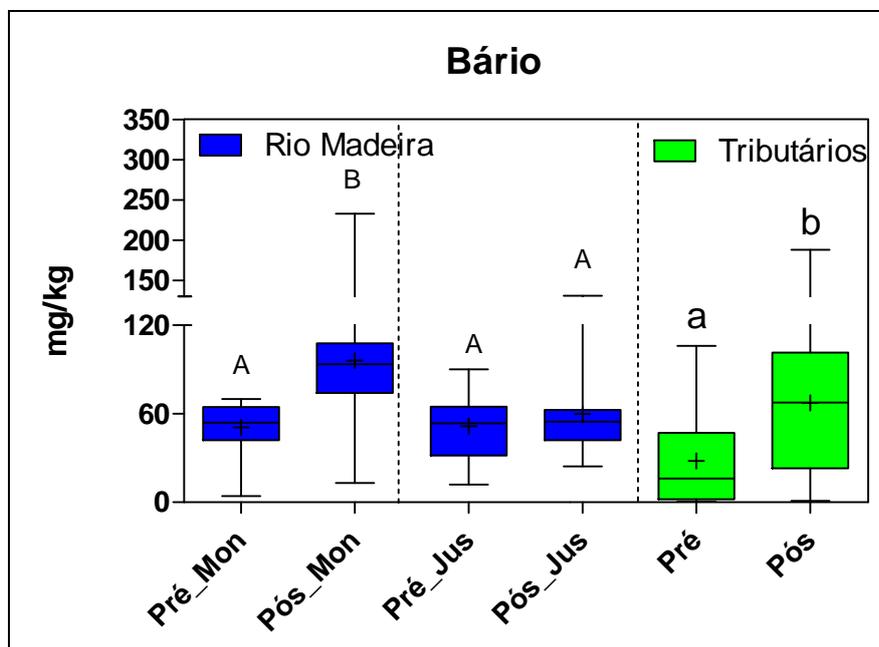


Figura 5.2.4-24 - Box-plot das concentrações de bário nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de chumbo oscilaram entre abaixo do limite de quantificação do método (<LQ) de 1 mg/kg na águas baixas/2013 na estação CAR e 30 mg/kg na enchente/2014 na estação CEA.01 (Figura 5.2.4-25).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de chumbo no sedimento do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $10,5 \pm 2,2$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $12,3 \pm 3,4$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $9,1 \pm 2,8$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $9,0 \pm 3,7$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $8,3 \pm 5,1$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $10,8 \pm 7,9$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-26).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de chumbo não diferiram entre as fases do empreendimento. As concentrações ficaram abaixo de 35 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012 para sedimento Nível 1 (Figura 5.2.4-26).

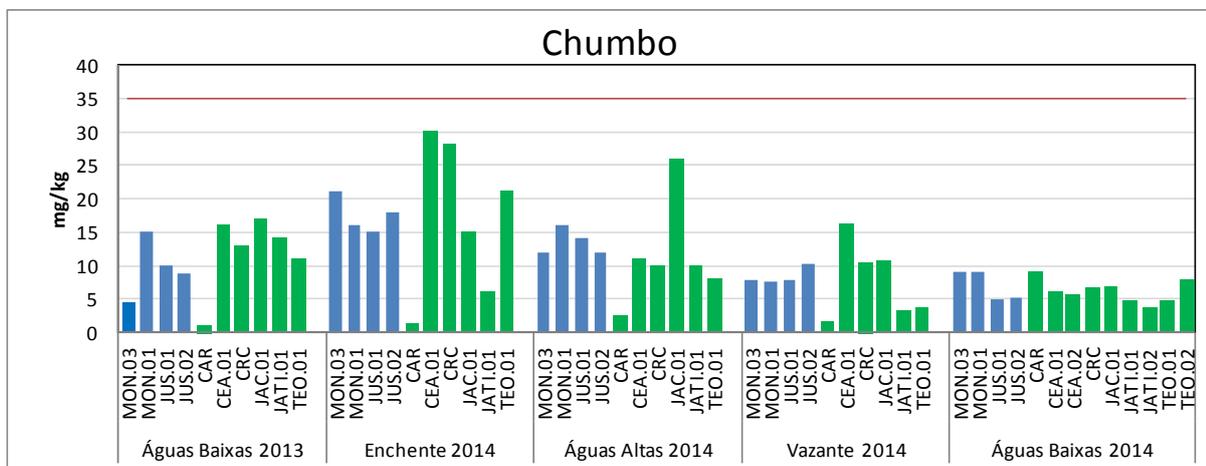


Figura 5.2.4-25 - Concentrações de chumbo nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

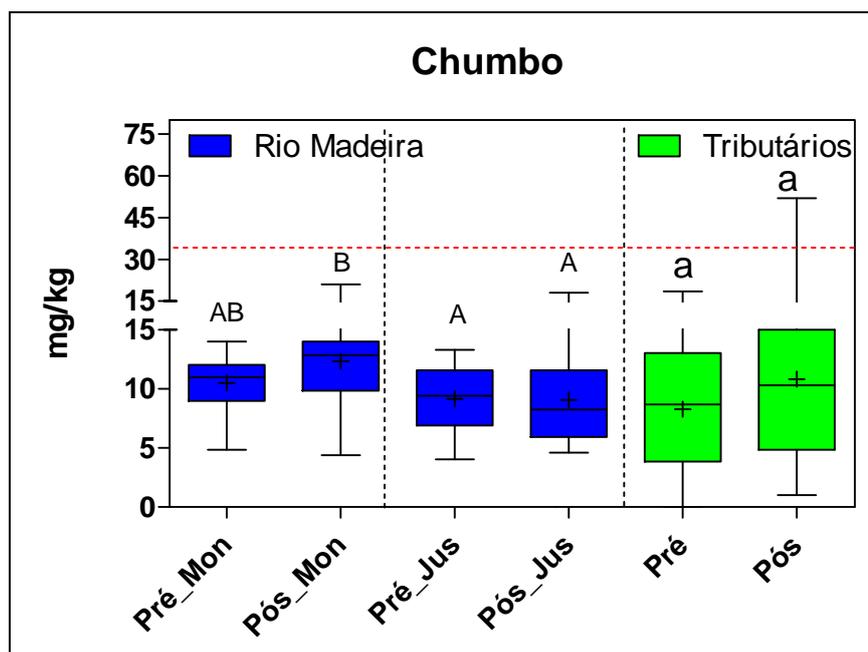


Figura 5.2.4-26 - Box-plot das concentrações de chumbo nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de cobalto oscilaram entre abaixo do limite de quantificação do método (<LQ) de 1 mg/kg e 19 mg/kg na enchente/2014 na estação CEA.01 (Figura 5.2.4-27).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de cobalto no sedimento do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $9,5 \pm 2,1$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $11,1 \pm 3,4$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $8,8 \pm 2,1$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $9,0 \pm 3,8$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $4,8 \pm 4,2$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $5,2 \pm 4,6$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-28).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de cobalto não diferiram entre as fases do empreendimento. (Figura 5.2.4-28).

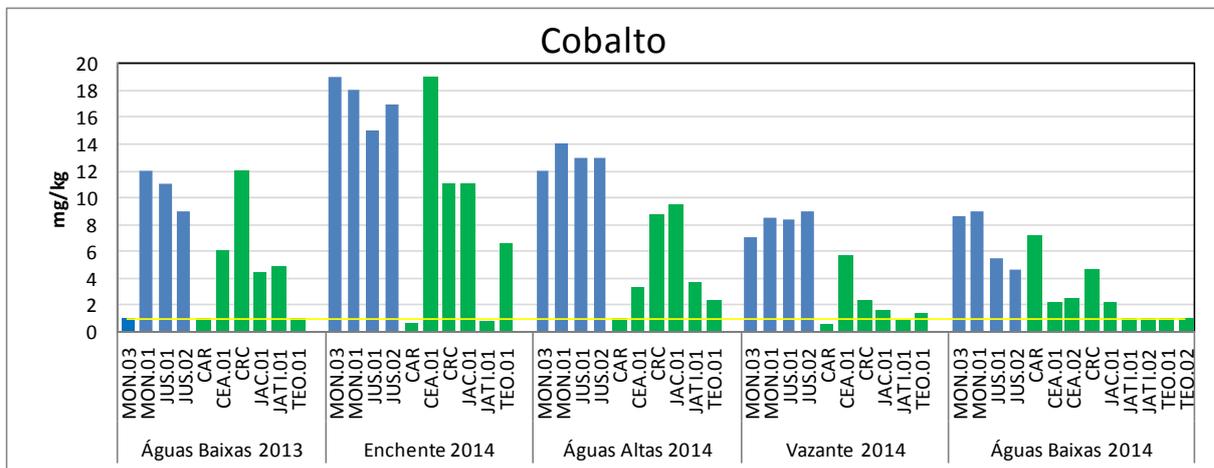


Figura 5.2.4-27 - Concentrações de cobalto nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

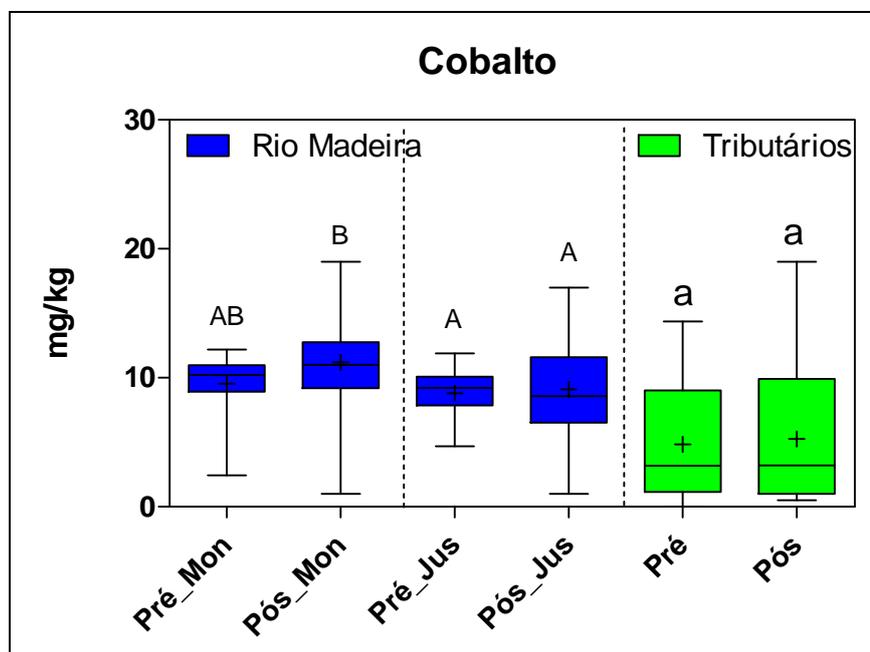


Figura 5.2.4-28 - Box-plot das concentrações de cobalto nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de cobre oscilaram entre abaixo do limite de quantificação do método (<LQ) de 1 mg/kg na estação CAR nas águas baixas/2013 e enchente de 2014 e 33 mg/kg na enchente/2014 na estação MON.03 (Figura 5.2.4-29).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de cobre nos sedimentos do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $18,2 \pm 2,7$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $19,8 \pm 6,1$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $15,8 \pm 3,7$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $14,2 \pm 5,6$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $8,2 \pm 7,4$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $10,1 \pm 8,3$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-30).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de cobre não diferiram entre as fases do empreendimento. As concentrações ficaram sempre abaixo de 35,7 mg/kg, valor estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012 para sedimento Nível 1 (Figura 5.2.4-30).

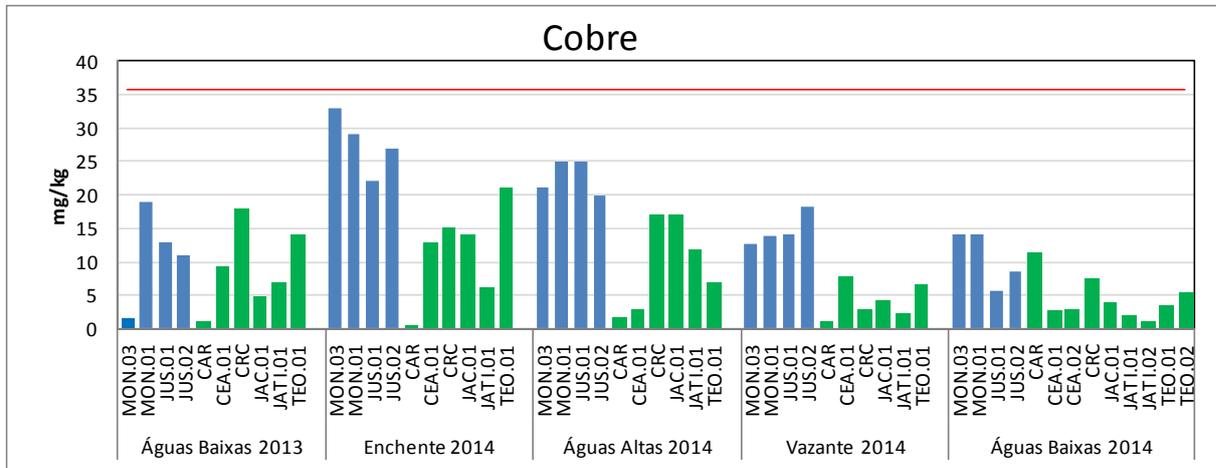


Figura 5.2.4-29 - Concentrações de cobre nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

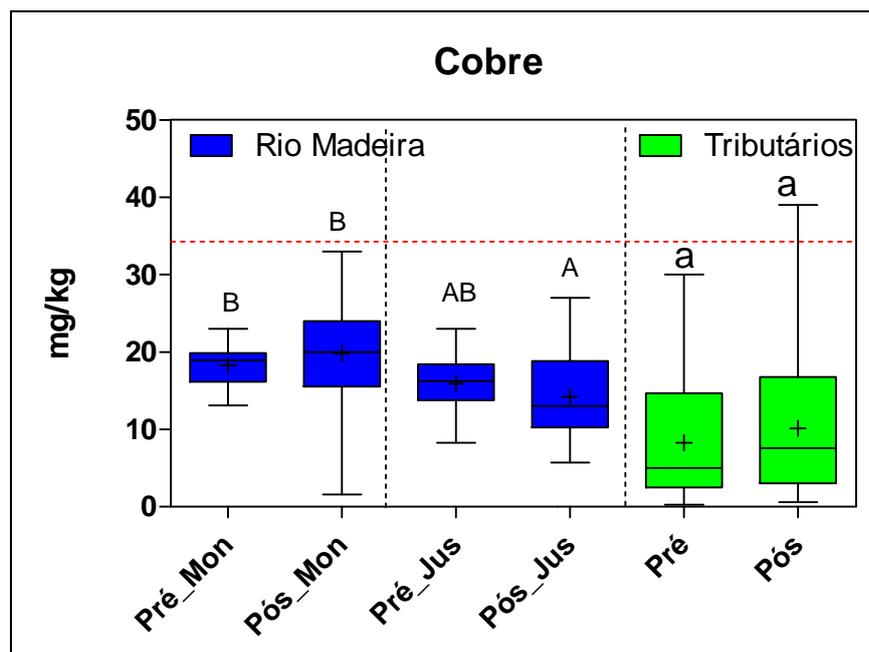


Figura 5.2.4-30 - Box-plot das concentrações de cobre nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de cromo oscilaram entre abaixo do limite de quantificação do método (<LQ) de 1 mg/kg na estação CAR nas águas baixas/2013 e enchente de 2014 e 25 mg/kg na águas altas /2014 na estação JAC.01 (Figura 5.2.4-31).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de cromo no sedimento do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $10,0 \pm 3,1$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $14,7 \pm 7,5$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $9,2 \pm 3,2$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $11,3 \pm 6,0$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $6,0 \pm 4,7$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $10,4 \pm 8,9$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-32).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de cromo se diferiram apenas nos tributários, com incremento no período de pós-enchimento. As concentrações ficaram abaixo de 37,3 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012 para sedimento Nível 1 (Figura 5.2.4-32).

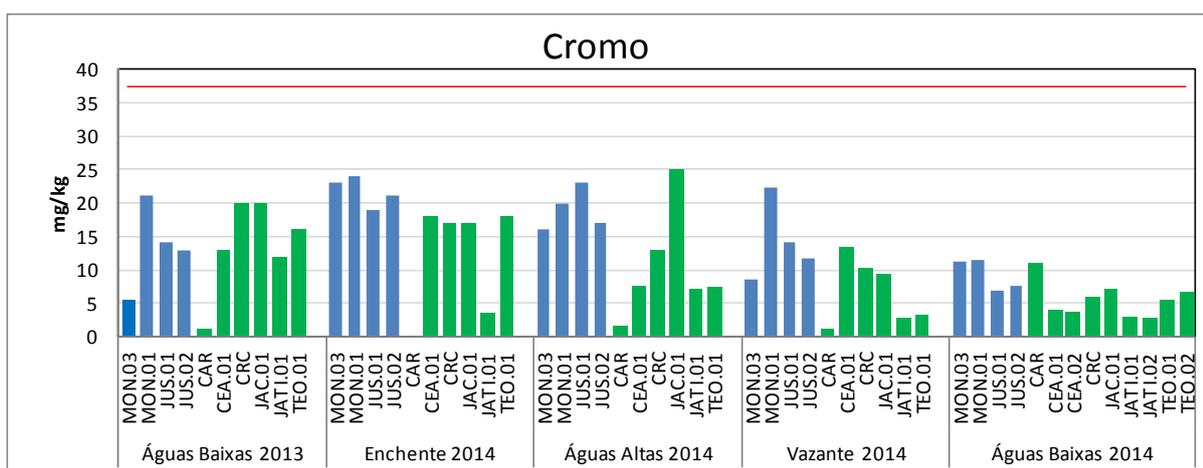


Figura 5.2.4-31 - Concentrações de cromo nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

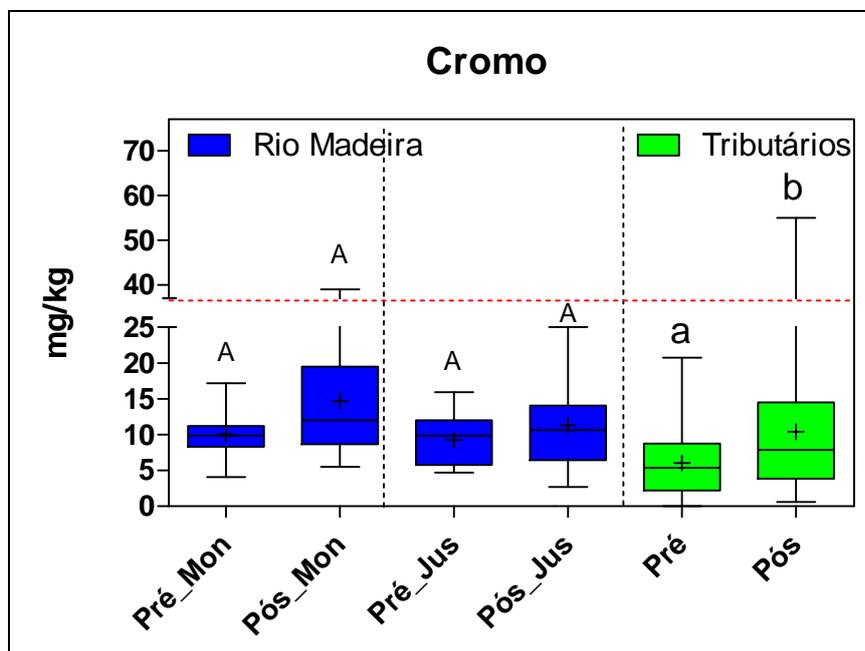


Figura 5.2.4-32 - Box-plot das concentrações de cromo nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de ferro oscilaram entre 764 mg/kg na estação CAR enchente de 2014 e 48865 mg/kg na enchente de 2014 na estação MON.03 (Figura 5.2.4-33).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de ferro nos sedimentos do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $27905 \pm 11195$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $26149 \pm 7697$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $26394 \pm 9021$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $20765 \pm 8397$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $13193 \pm 12688$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $13174 \pm 10845$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-34).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de ferro não diferiram entre as fases do empreendimento. (Figura 5.2.4-34).

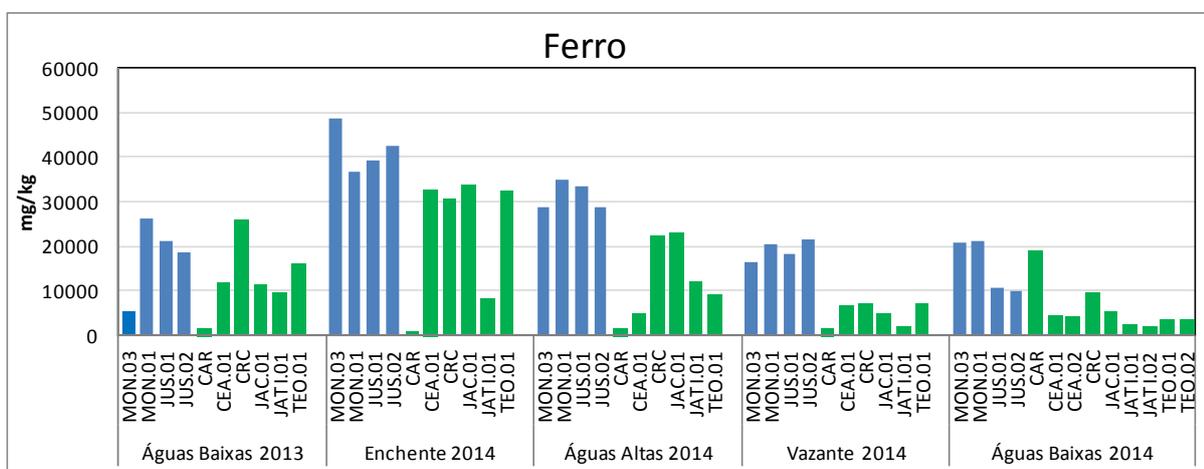


Figura 5.2.4-33 Concentrações de ferro nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

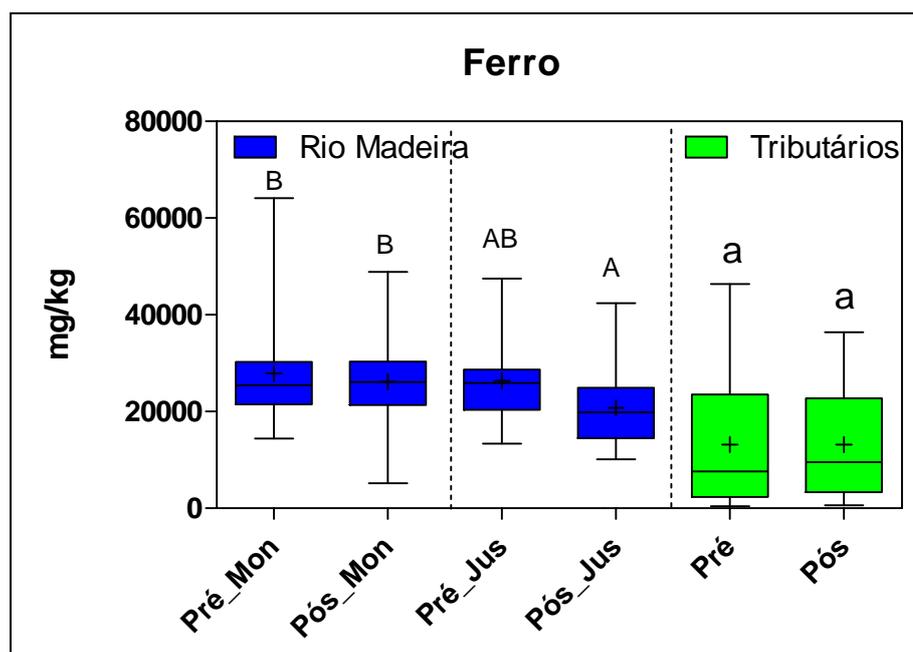


Figura 5.2.4-34 - Box-plot das concentrações de ferro nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de manganês oscilaram entre 1,7 mg/kg na estação CAR enchente de 2014 e 875 mg/kg na enchente de 2014 na estação MON.03 (Figura 5.2.4-35).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de manganês no sedimento do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $387 \pm 95$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $487 \pm 156$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $329 \pm 100$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $361 \pm 145$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $135 \pm 140$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $168 \pm 172$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-36).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de manganês não diferiram entre as fases do empreendimento. (Figura 5.2.4-36).

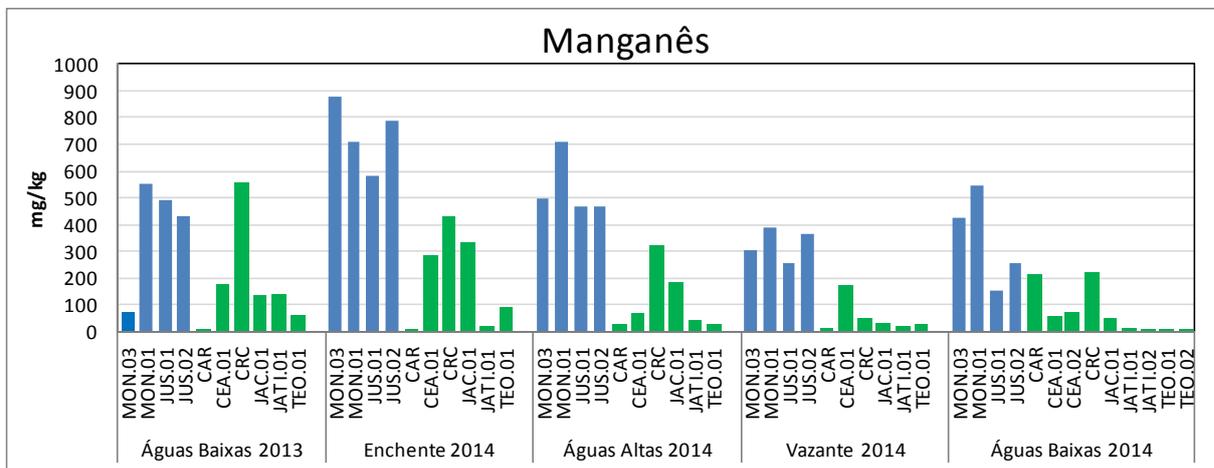


Figura 5.2.4-35 Concentrações de manganês nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

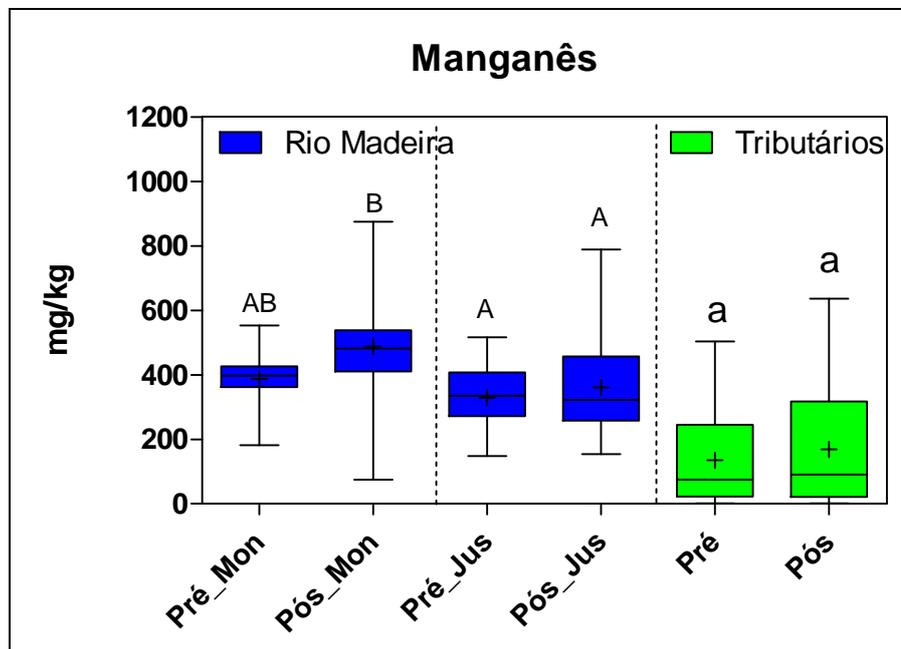


Figura 5.2.4-36 - Box-plot das concentrações de manganês nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de mercúrio ficaram na maioria dos casos abaixo do limite de quantificação do método (<LQ) de 0,05 mg/kg (Figura 5.2.4-37). As concentrações de Hg neste período ficaram abaixo de 0,17 mg/kg, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012 para sedimento Nivel 1.

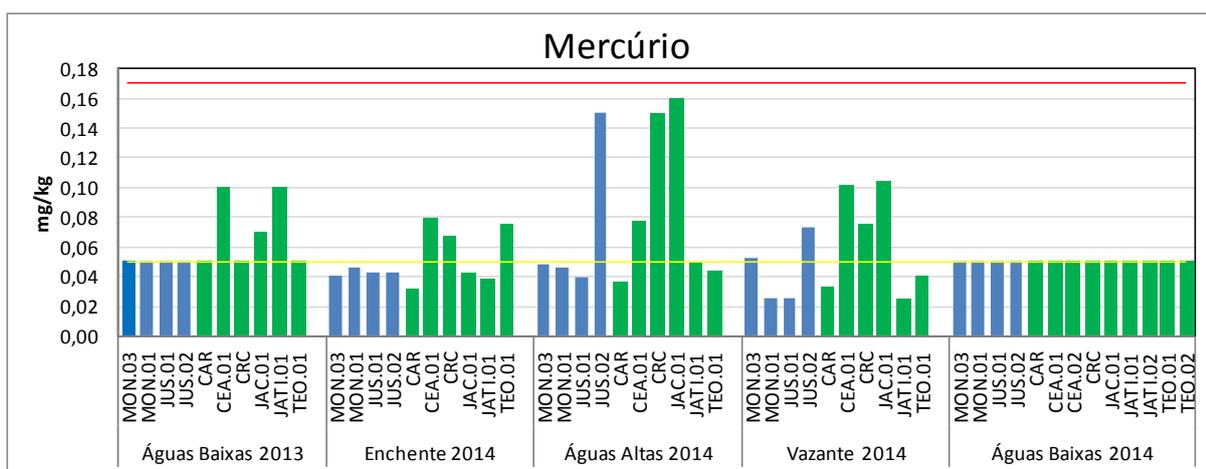


Figura 5.2.4-37 - Concentrações de mercúrio nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de níquel oscilaram entre abaixo do limite de quantificação do método (<LQ) de 1 mg/kg e 30 mg/kg na enchente de 2014 nas estações MON.03 e MON.01 (Figura 5.2.4-38).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de níquel nos sedimentos do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $16,2 \pm 2,5$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $18,3 \pm 6,1$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $14,8 \pm 2,9$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $14,8 \pm 6,38$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $7,7 \pm 7,2$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós - enchimento foi de  $8,3 \pm 7,8$  mg/kg (média  $\pm$  DP).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de níquel não diferiram entre as fases do empreendimento. (Figura 5.2.4-40). Em alguns casos, a concentração de níquel ficou acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 454/2012 para sedimento Nivel 1 de 18 mg/kg, entretanto abaixo de 35,9 mg/kg, valor para sedimento Nivel 2.

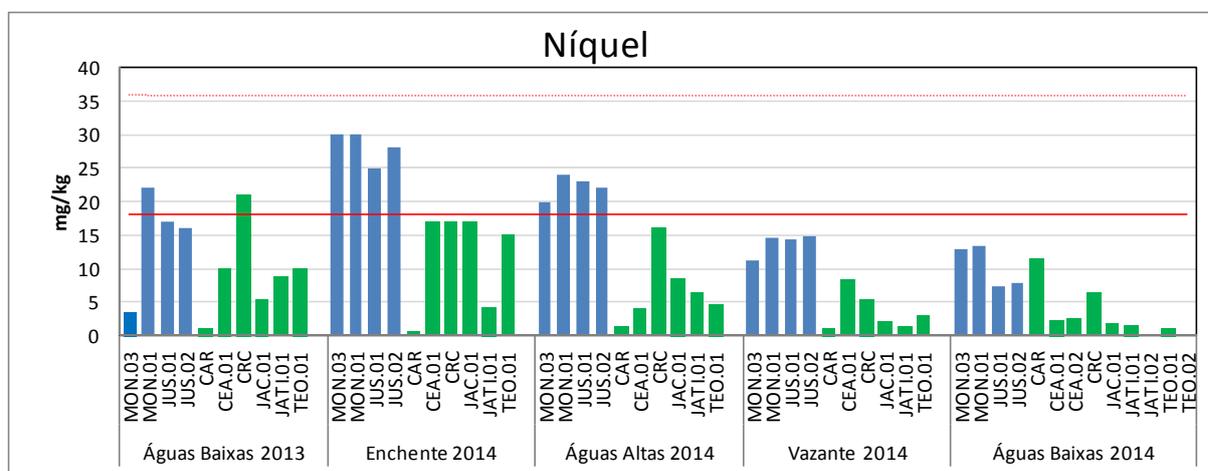


Figura 5.2.4-38 - 39 Concentrações de manganês nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2013, enchente de 2014, águas altas de 2014, vazante de 2014 e águas baixas de 2014). As estações do rio Madeira e tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

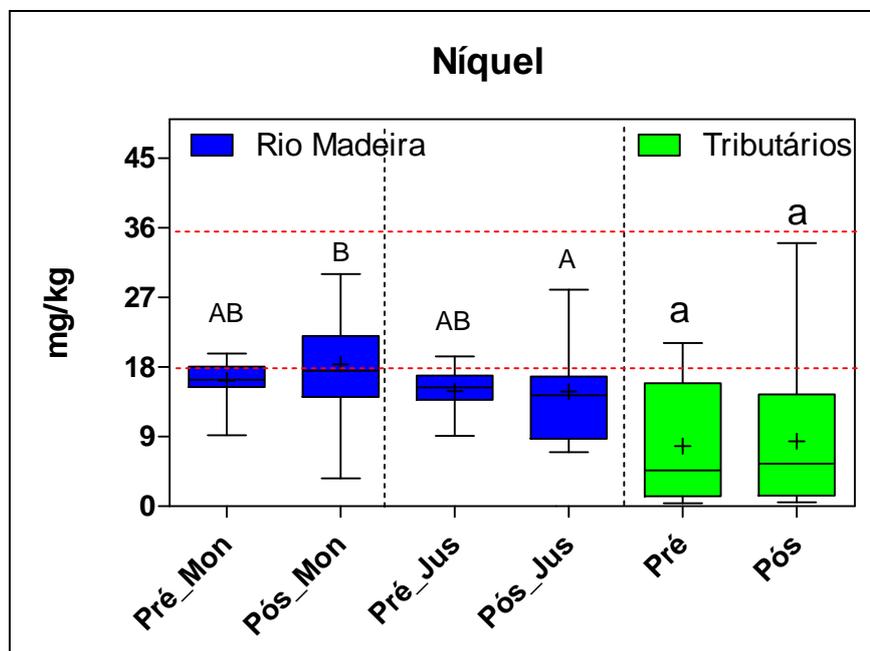


Figura 5.2.4-40 - Box-plot das concentrações de níquel nos sedimentos do rio Madeira (montante e jusante) e nos tributários ao longo das fases de pré-enchimento e pós-enchimento.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de zinco oscilaram entre 4 mg/kg na estação CAR na vazante de 2014 e 115 mg/kg na enchente de 2014 na estação MON.01 (Figura 5.2.4-41).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de zinco no sedimento do rio Madeira a montante no pré-enchimento foi de  $59 \pm 8,8$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $67 \pm 21,9$  mg/kg (média  $\pm$  DP), no rio Madeira a jusante no pré-enchimento foi de  $52,1 \pm 7,5$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $56,7 \pm 34,4$  mg/kg (média  $\pm$  DP). Nos tributários no pré-enchimento foi de  $31,8 \pm 23,8$  mg/kg (média  $\pm$  DP) e no pós-enchimento foi de  $37,8 \pm 27,2$  mg/kg (média  $\pm$  DP) (Figura 5.2.4-42).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que as concentrações de zinco não diferiram entre as fases do empreendimento. Somente na estação JUS.02 em junho de 2012, a concentração de zinco ficou acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 454/2012 para sedimento Nivel 1 de 123 mg/kg (Figura 5.2.4-40).

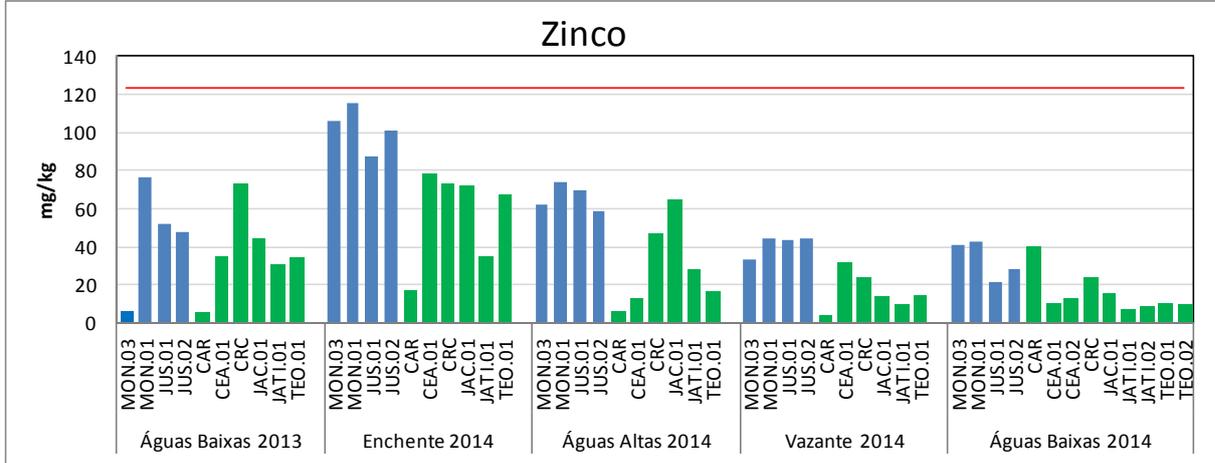


Figura 5.2.4-41 - Concentrações de zinco nos sedimentos amostrados durante as coletas da fase de operação (águas baixas de 2012, enchente de 2013, águas altas de 2013 e vazante de 2013). As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor verde e azul.

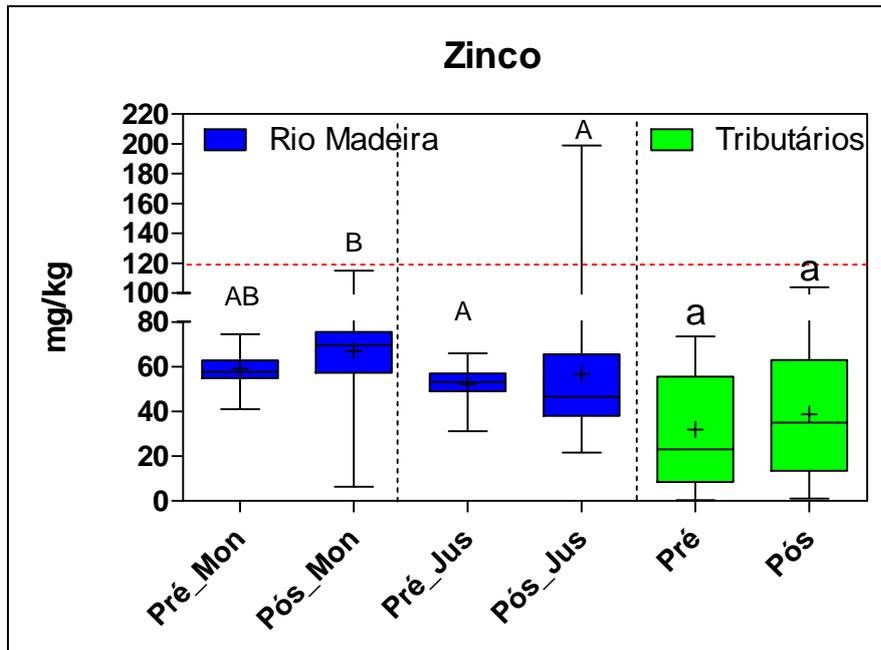


Figura 5.2.4-42 - Box-plot das concentrações de zinco nos sedimentos dos tributários e do rio Madeira ao longo das fases de pré-enchimento, enchimento/estabilização e operação.

#### 5.2.4.6 - Discussão

A natureza do material transportado no rio Madeira se difere da natureza de seus tributários, devido a sua origem andina. Historicamente o rio Madeira transporta, adsorvido em seu particulado em suspensão, maiores concentrações de alguns elementos-traço que se depositam nas camadas do sedimento. A granulometria mais fina do sedimento desses ambientes tende a apresentar maior capacidade de retenção de elementos-traço (Singh *et al.* 2004). A tendência, a partir do enchimento, foi de que as estações situadas no rio Madeira a montante e nos tributários apresentassem maiores porcentagem de silte em favor de menor porcentagem das frações de areia. Este fato pode estar associado a maior predisposição da deposição do sedimento em suspensão nas estações do rio Madeira e sua influência em algumas estações de monitoramento nos tributários.

Segundo Esteves (2011), o sedimento é classificado como orgânico quando possui uma concentração de matéria orgânica superior a 10% de seu peso seco e mineral, quando a concentração de matéria orgânica é inferior a 10% do peso seco. Sendo assim, de acordo com os resultados encontrado, os sedimentos avaliados podem, de forma geral ser classificados como minerais. Após a formação do reservatório, pode-se observar um aumento no teor de matéria orgânica e carbono orgânico no sedimento de fundo das estações do rio Madeira a montante e nos tributários. Em relação ao carbono orgânico, todos os valores estiveram abaixo de 10% p/p do valor preconizado pela Resolução CONAMA 454/2012.

A criação do reservatório pode ter favorecido o transporte de material terrestre (alóctone) para o ambiente aquático com o processo de adsorção de fosfato nas partículas e imobilização de nutrientes no sedimento de fundo (Tundisi, 2008).

Em relação aos nutrientes, foi registrado um aumento nas concentrações de fósforo, sódio, potássio e cálcio no sedimento das estações de monitoramento a montante do rio Madeira e nos tributários. No entanto, dentre os nutrientes (nitrogênio e fósforo) especificados na Resolução CONAMA nº 454/2012, todos se mantiveram abaixo do valor de alerta estabelecido.

De forma geral, os ambientes apresentaram concentrações de elementos-traço de acordo com o que define a Resolução CONAMA 454/2012 para sedimentos Nível 1. Quando os ambientes rio Madeira (montante e jusante) e tributários são analisados separadamente, as suas concentrações não diferiram significativamente entre as fases do empreendimento para os elementos: chumbo, níquel, cobalto, ferro, manganês, zinco e cobre. Para os elementos, como alumínio e bário, observa-se que houve variação entre as fases no rio Madeira a montante e nos tributários com incremento no pós-enchimento.