

**ÍNDICE**

5.2.4 -	Sedimentos .....	1/32
5.2.4.1 -	Granulometria .....	1/32
5.2.4.2 -	Matéria orgânica, carbono orgânico total e teores de cinzas .....	2/32
5.2.4.3 -	Nutrientes: nitrogênio e fósforo .....	8/32
5.2.4.4 -	Macronutrientes: sódio, potássio, cálcio e magnésio .....	12/32
5.2.4.5 -	Elementos-traço .....	16/32
5.2.4.6 -	Discussão .....	31/32



## 5.2.4 - Sedimentos

Neste relatório trimestral, serão apresentados para cada variável, gráficos de barra com os resultados obtidos na campanha de vazante de 2014 (julho). Para as variáveis avaliadas e cujos dados não ficaram abaixo do limite de quantificação na maior parte do tempo, foi feita uma comparação entre as fases do empreendimento: pré-enchimento (instalação); enchimento/estabilização e operação, relacionado somente ao período de vazante. Para essa análise, foram selecionadas as variáveis de maior relevância (i.e. aquelas constantes na Resolução CONAMA 454/2012).

Primeiramente, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para verificar se houve distribuição normal ou não das variáveis. Nos casos em que houve distribuição normal, foi aplicado um teste de ANOVA, seguido de um pós-teste de Tukey nos casos em que houve diferença significativa. Quando não houve distribuição normal, foi aplicado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido de comparação múltipla da soma dos rankings nos casos em que houve 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 na avaliação realizada no período de vazante de 2014, observou-se uma predominância de frações mais finas como silte, seguida das frações de areia muito fina na maior parte das estações (Figura 5.2.4-1). O sedimento mais fino foi o de TEO.01, onde houve ocorrência somente de silte e argila. Em CAR e MON.03, a contribuição de areia grossa e muito grossa somou mais de 50% do total.

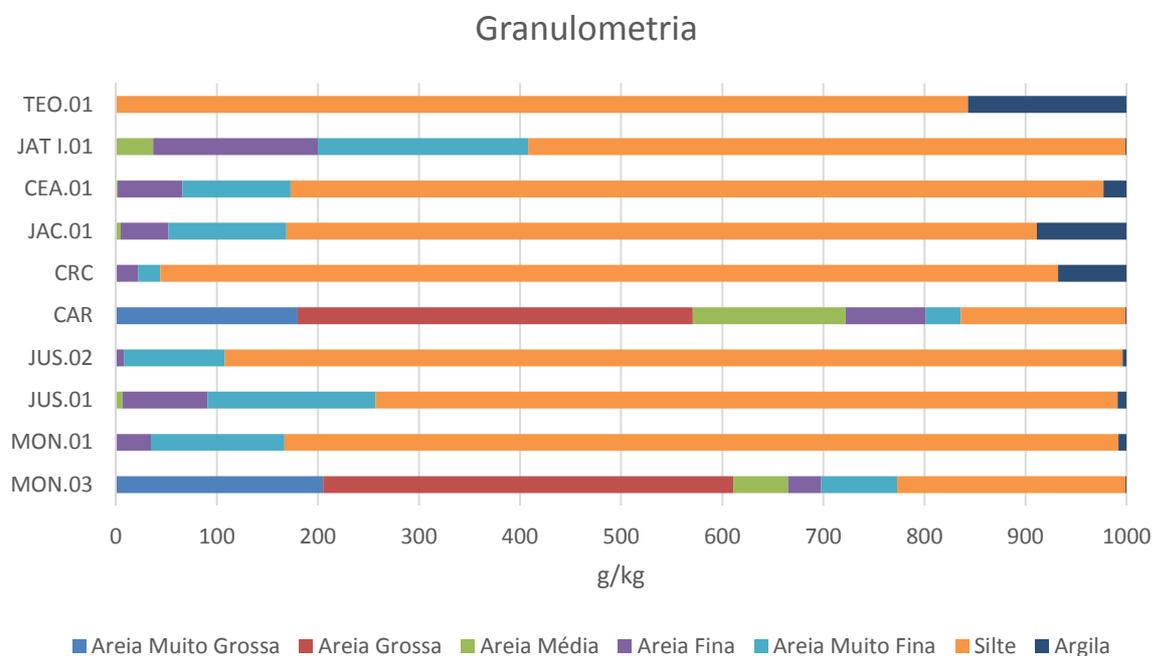


Figura 5.2.4-1 - Granulometria dos sedimentos amostrados em julho de 2014 (vazante).

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

O sedimento do rio Madeira apresentou em geral uma porcentagem de sólidos maior ( $66,1 \pm 0,9\%$ p/p) do que o sedimento dos tributários ( $56,7 \pm 14,5\%$ p/p). Os tributários CRC e JAT I.01 apresentaram porcentagem de sólidos muito parecida com a observada nas estações do Madeira, a estação CAR apresentou valores superiores, ao passo que TEO.01 apresentou um teor mais baixo, de modo que os sólidos representaram somente 30% do sedimento (Figura 5.2.4-2).

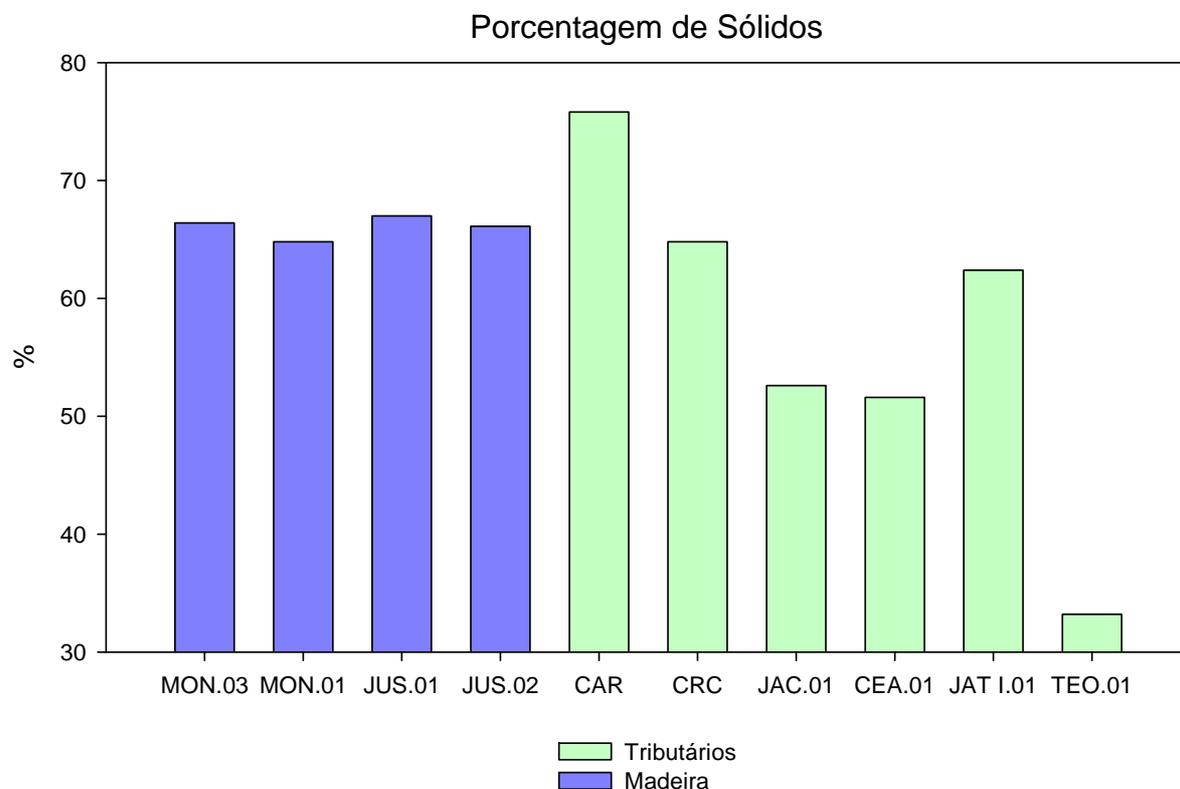


Figura 5.2.4-2 - Porcentagem de sólidos nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

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.

Com exceção de CAR e JAT I.01, o sedimento das estações dos tributários foi mais orgânico do que o sedimento das estações do rio Madeira, com médias de  $3,5 \pm 1,9$  %p/p e  $2,1 \pm 0,3$  %p/p, respectivamente (Figura 5.2.4-3). Em todas as estações, no entanto, o sedimento pode ser classificado como mineral, com teor de matéria orgânica inferior a 10% (Esteves, 1998).

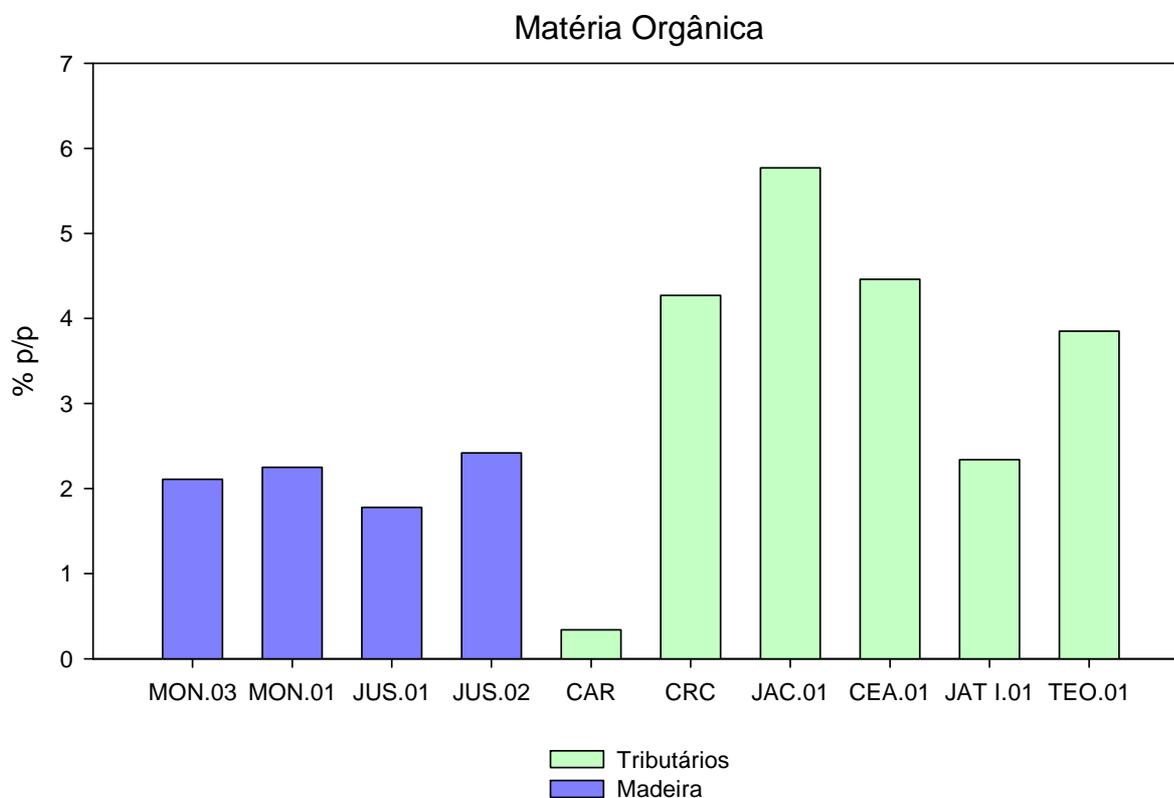


Figura 5.2.4-3 - Concentrações de matéria orgânica nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

Como esperado, o padrão observado para o carbono orgânico total foi semelhante ao da matéria orgânica, com média de  $1,2 \pm 0,1$  p/p no rio Madeira e  $1,9 \pm 1,1$  nos tributários (Figura 5.2.4-4). Todos os valores foram inferiores ao valor de alerta de (10%p/p) determinado pela Resolução CONAMA 454/2012.

As concentrações de carbono orgânico total, comparando somente os períodos de vazante, não diferiram entre as fases do empreendimento nem no rio Madeira (ANOVA, não significativo) nem nos tributários (Kruskal-Wallis, não significativo) (Figura 5.2.4-4).

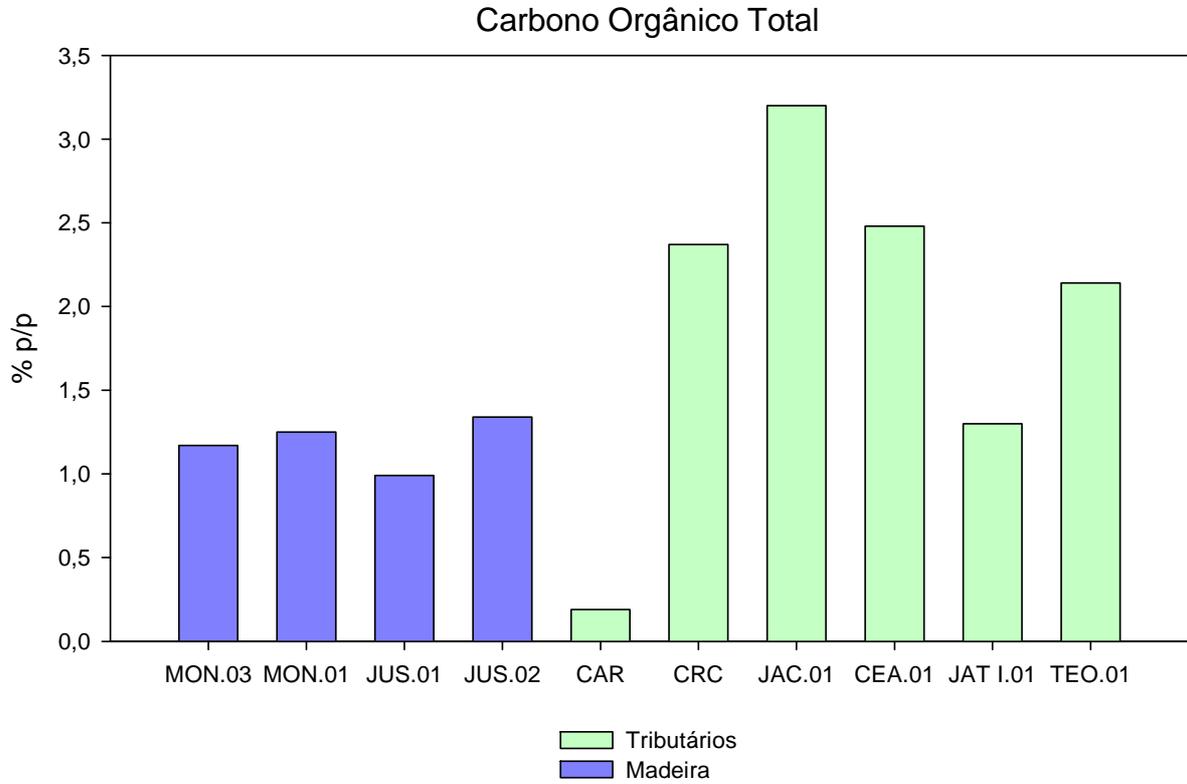


Figura 5.2.4-4 - Porcentagens de carbono orgânico total nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

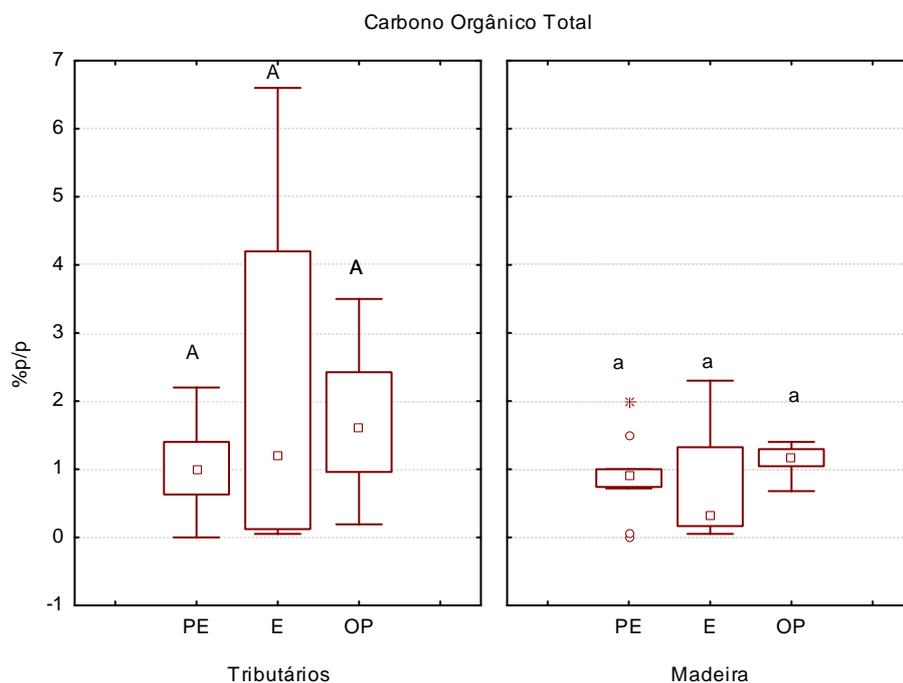


Figura 5.2.4-5 - Box-plot das concentrações de carbono orgânico total nos sedimentos dos tributários e do rio Madeira nos períodos de vazante ao longo das fases de pré-enchimento (PE), enchimento/estabilização (E) e operação (OP). As caixas indicam 50% dos dados, os quadrados dentro das caixas indicam as medianas, os círculos os *outliers* e os asteriscos os valores extremos.

No período de vazante de 2014, o teor médio de cinzas (base seca) no rio Madeira foi de  $96,7 \pm 0,4\%$  p/p, ao passo que nos tributários foi de  $93,0 \pm 4,3\%$  p/p (Figura 5.2.4-6). Com relação às cinzas (base úmida), as médias foram de  $63,9 \pm 1,1\%$  p/p no rio Madeira e  $53,2 \pm 15,8\%$  p/p nos tributários (Figura 5.2.4-7).

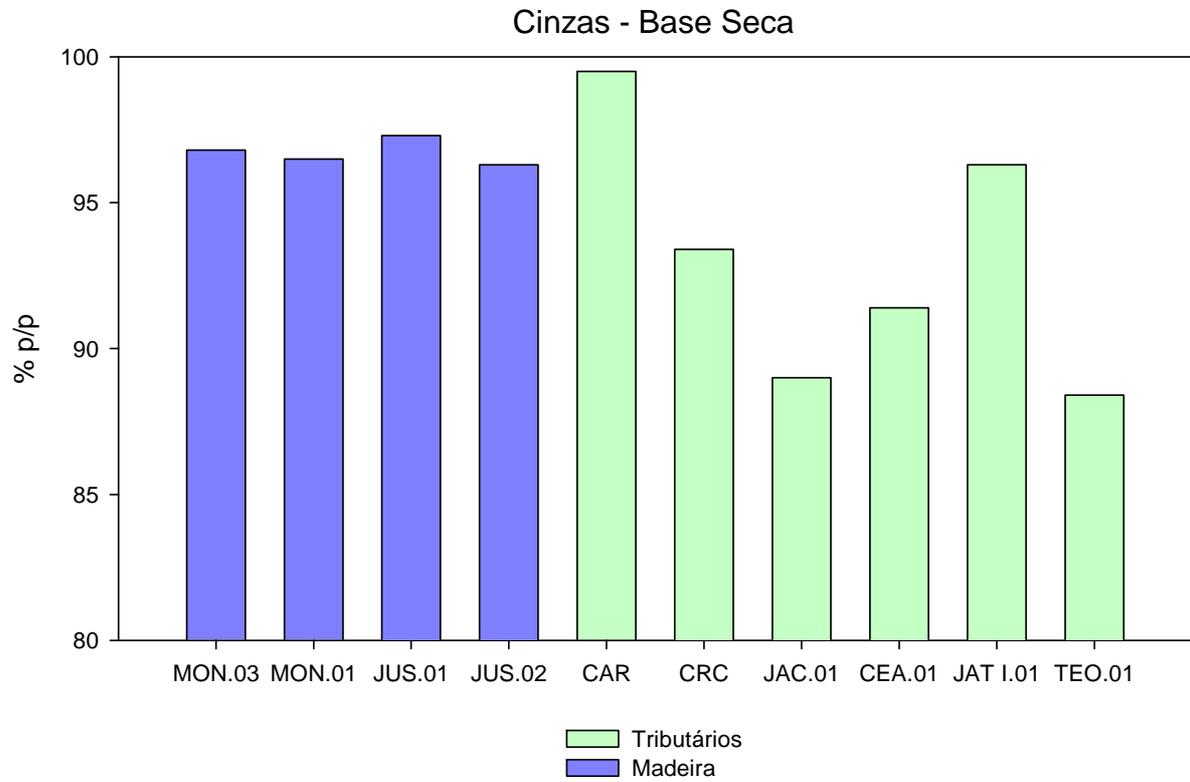


Figura 5.2.4-6 - Cinzas (base seca) nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

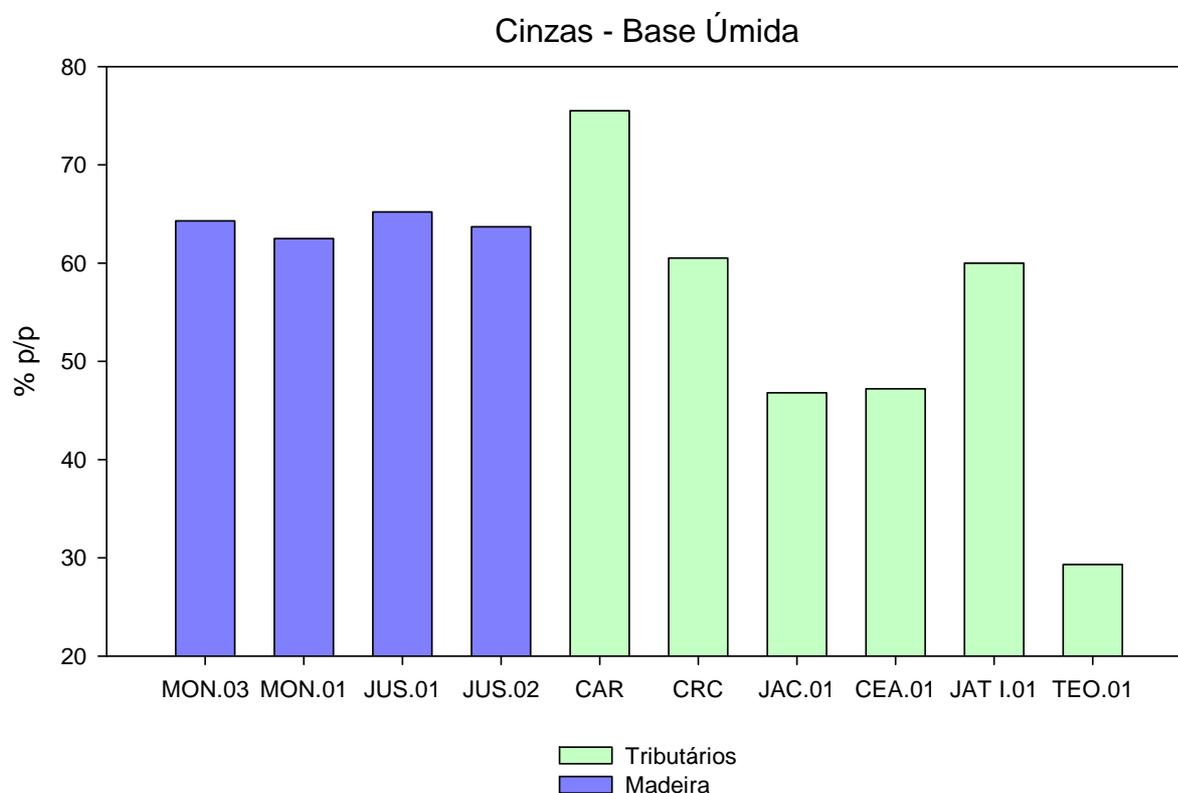


Figura 5.2.4-7 - Cinzas (base úmida) nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

### 5.2.4.3 - Nutrientes: nitrogênio e fósforo

As concentrações de nitrogênio total variaram bastante entre os sistemas avaliados. No rio Madeira, a média foi de  $1177 \pm 810$  mg/kg, ao passo que nos tributários foi de  $1446 \pm 1152$  mg/kg (Figura 5.2.4-8). A maior concentração dentre todos os ambientes analisados foi medida em JAC.01, mas mesmo em JAC.01 o valor medido ficou abaixo de 4800 mg/kg, que é o valor de alerta estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012.

As concentrações de nitrogênio na fase de operação, comparando somente os períodos de vazante, não diferiu das encontradas nas fases de pré-enchimento e enchimento/estabilização nos tributários (Kruskal-Wallis, não significativo) e rio Madeira (Kruskal-Wallis, não significativo) (Figura 5.2.4-9).

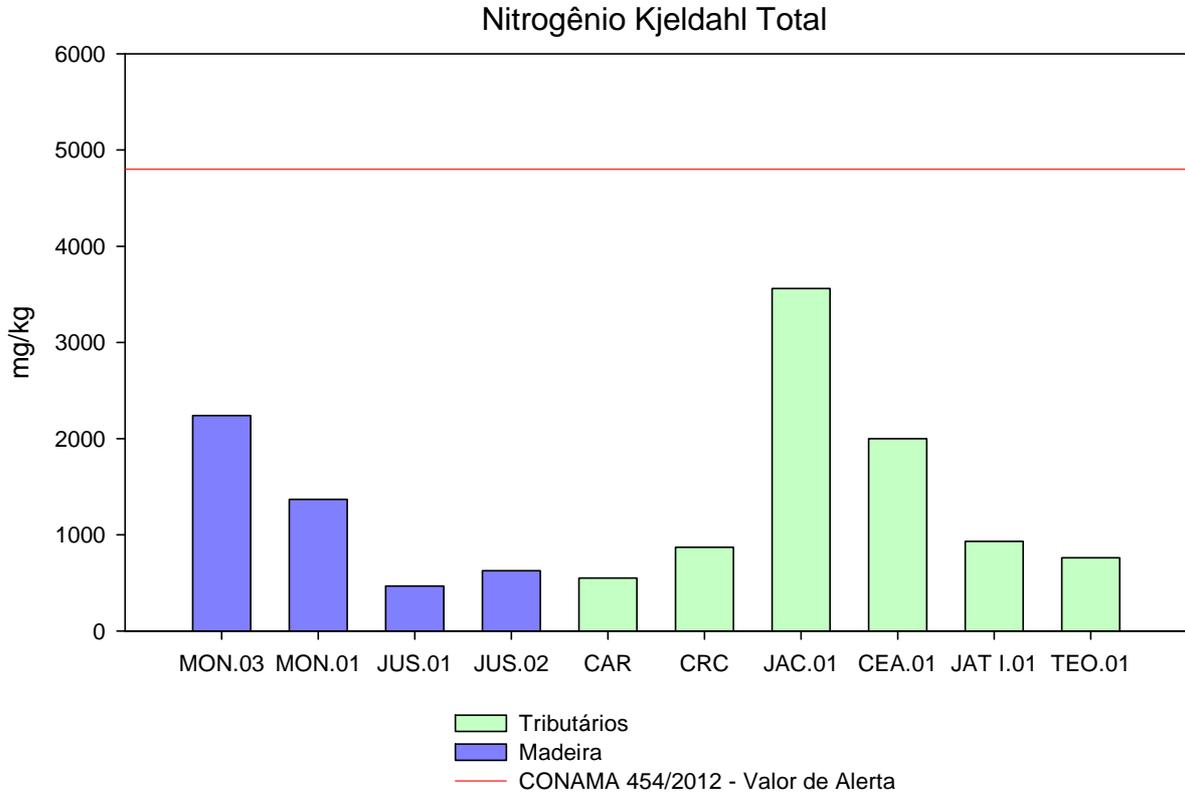


Figura 5.2.4-8 - Concentrações de nitrogênio total nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

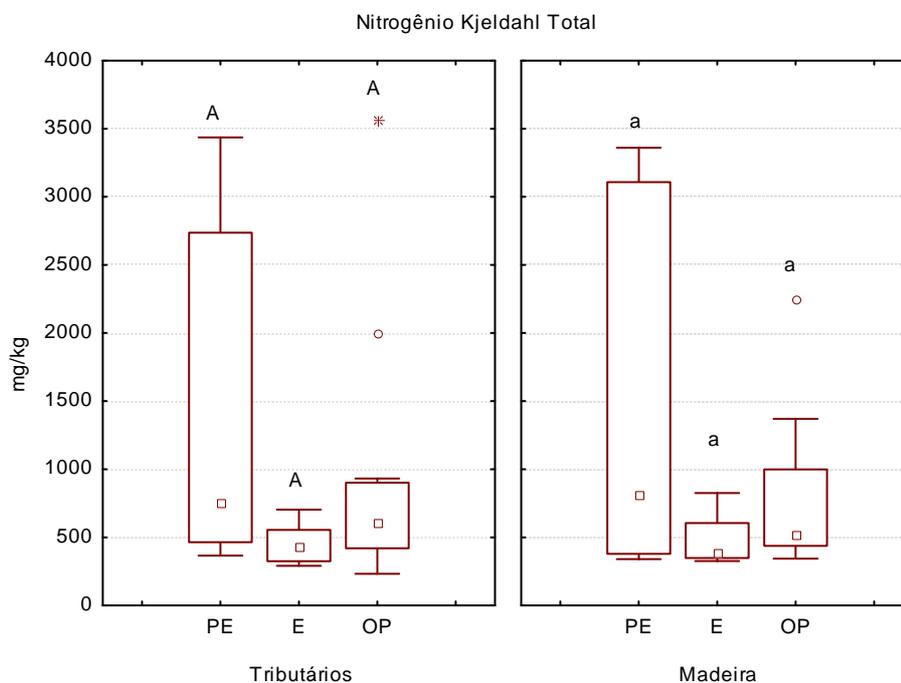


Figura 5.2.4-9 - Box-plot das concentrações de nitrogênio nos sedimentos dos tributários e do rio Madeira nos períodos de vazante ao longo das fases de pré-enchimento (PE), enchimento/estabilização (E) e operação (OP). As caixas indicam 50% dos dados, os quadrados dentro das caixas indicam as medianas, os círculos os *outliers* e os asteriscos os valores extremos.

No período de vazante de 2014, as concentrações de fósforo medidas no rio Madeira ( $350 \pm 53$  mg/kg) foram superiores às medidas nos tributários ( $165 \pm 131$  mg/kg) (Figura 5.2.4-10). O teor de fósforo da estação CEA.01 foi o que mais se assemelhou ao encontrado nas estações do Madeira. O maior valor foi encontrado em JUS.02, que mesmo assim ficou abaixo de 2000 mg/kg, valor de alerta estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012.

As concentrações de fósforo, comparando os períodos de vazante somente, não mostraram uma diferenciação entre as fases do empreendimento nas estações do rio Madeira (ANOVA, não significativo) e tributários (Kruskal-Wallis, não significativo) (Figura 5.2.4-11).

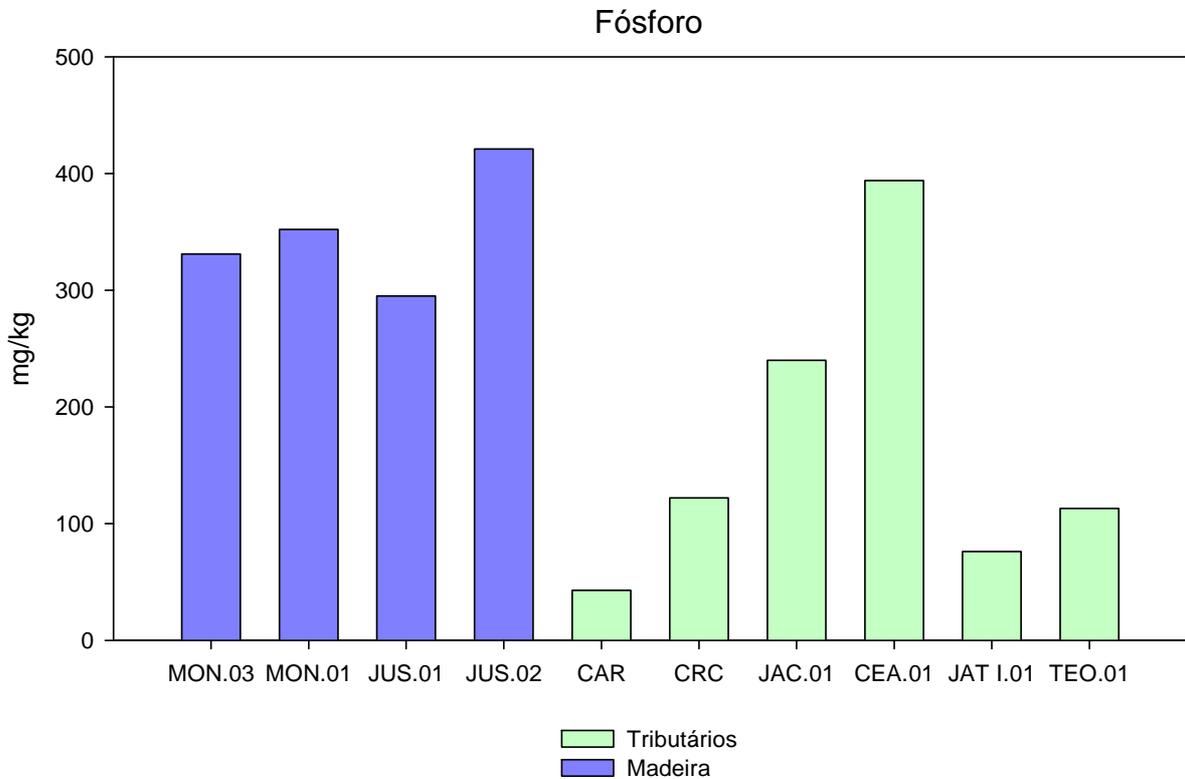


Figura 5.2.4-10 - Concentrações de fósforo nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

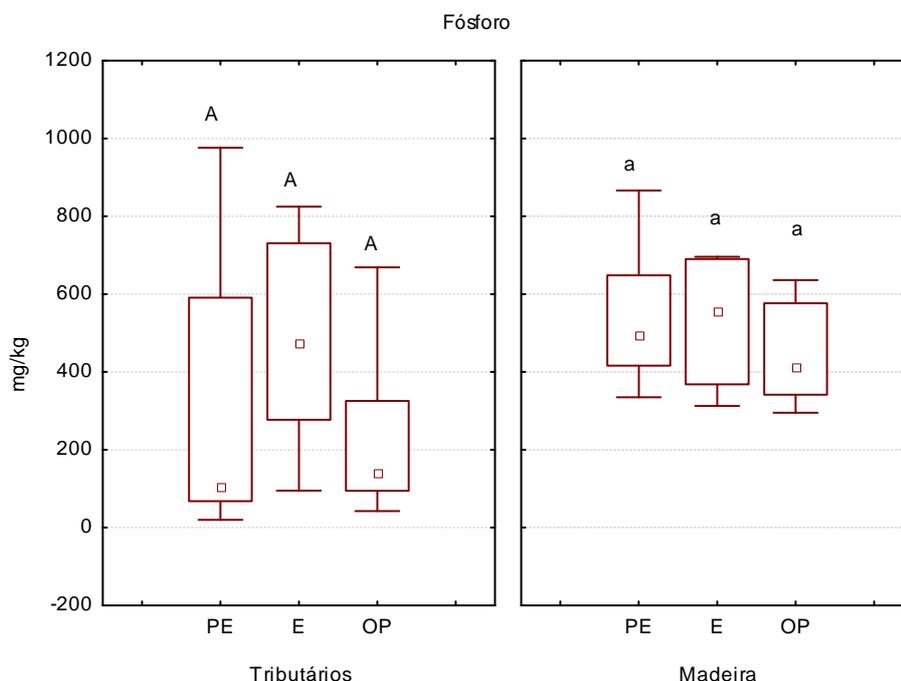


Figura 5.2.4-11 - Box-plot das concentrações de fósforo nos sedimentos dos tributários e do rio Madeira nos períodos de vazante ao longo das fases de pré-enchimento (PE), enchimento/estabilização (E) e operação (OP). As caixas indicam 50% dos dados, os quadrados dentro das caixas indicam as medianas, os círculos os *outliers* e os asteriscos os valores extremos.

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

Dentre os cátions amostrados na vazante de 2014, o mais abundante em termos médio foi o magnésio, seguido do potássio, do cálcio e do sódio, respectivamente. Todos os quatro cátions tiveram média maior no rio Madeira do que nos tributários.

As concentrações de sódio no rio Madeira apresentaram média de  $187 \pm 212$  mg/kg. Nos tributários, a média foi de  $62 \pm 27$  mg/kg (Figura 5.2.4-12). O alto desvio padrão do Madeira foi ocasionado pelo pico encontrado em MON.01.

Com relação ao potássio, a média foi de  $2475 \pm 2896$  mg/kg, contra  $637 \pm 599$  mg/kg nos tributários (Figura 5.2.4-12). Novamente, o alto valor de MON.01 provocou aumento da média e do desvio no Madeira.

As concentrações médias de cálcio foram de  $1180 \pm 143$  mg/kg no rio Madeira e  $380 \pm 355$  mg/kg nos tributários (Figura 5.2.4-13).

Já para o magnésio, cátion mais abundante, as concentrações médias foram de  $2593 \pm 557$  mg/kg no rio Madeira e  $472 \pm 416$  mg/kg nos tributários (Figura 5.2.4-14).

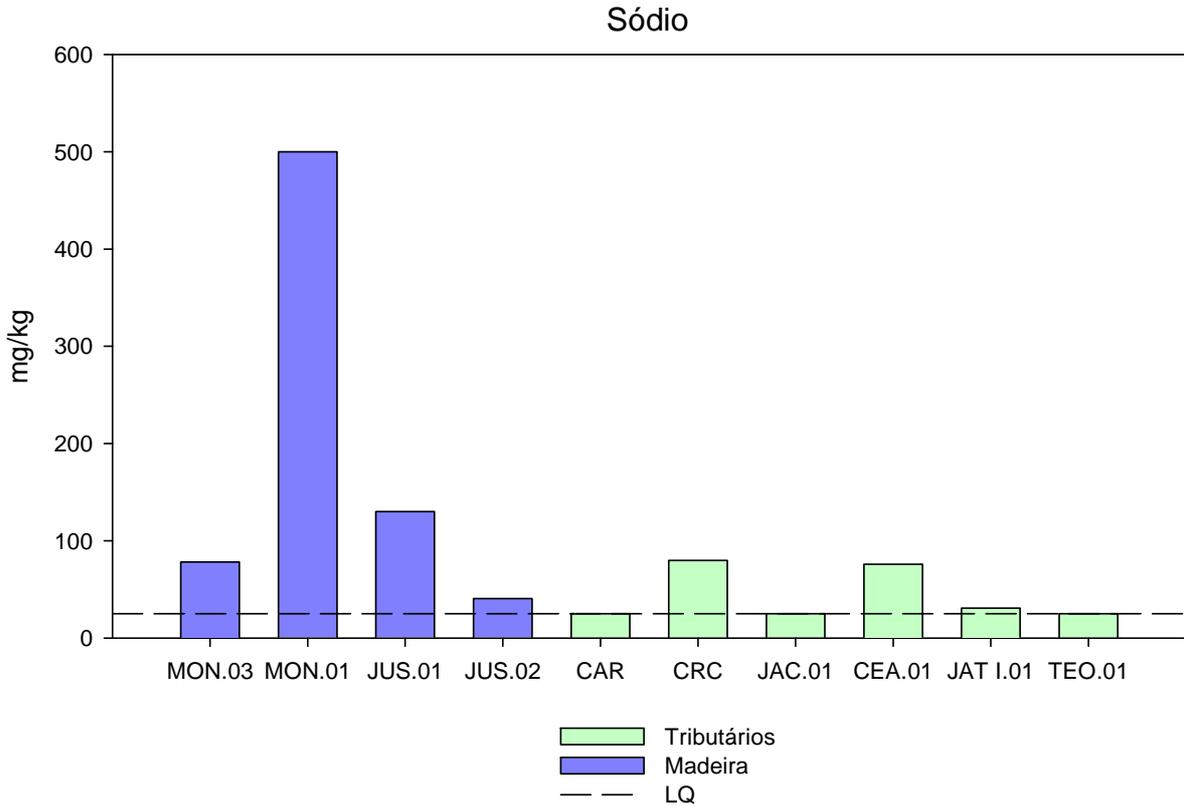


Figura 5.2.4-12 - Concentração de sódio nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

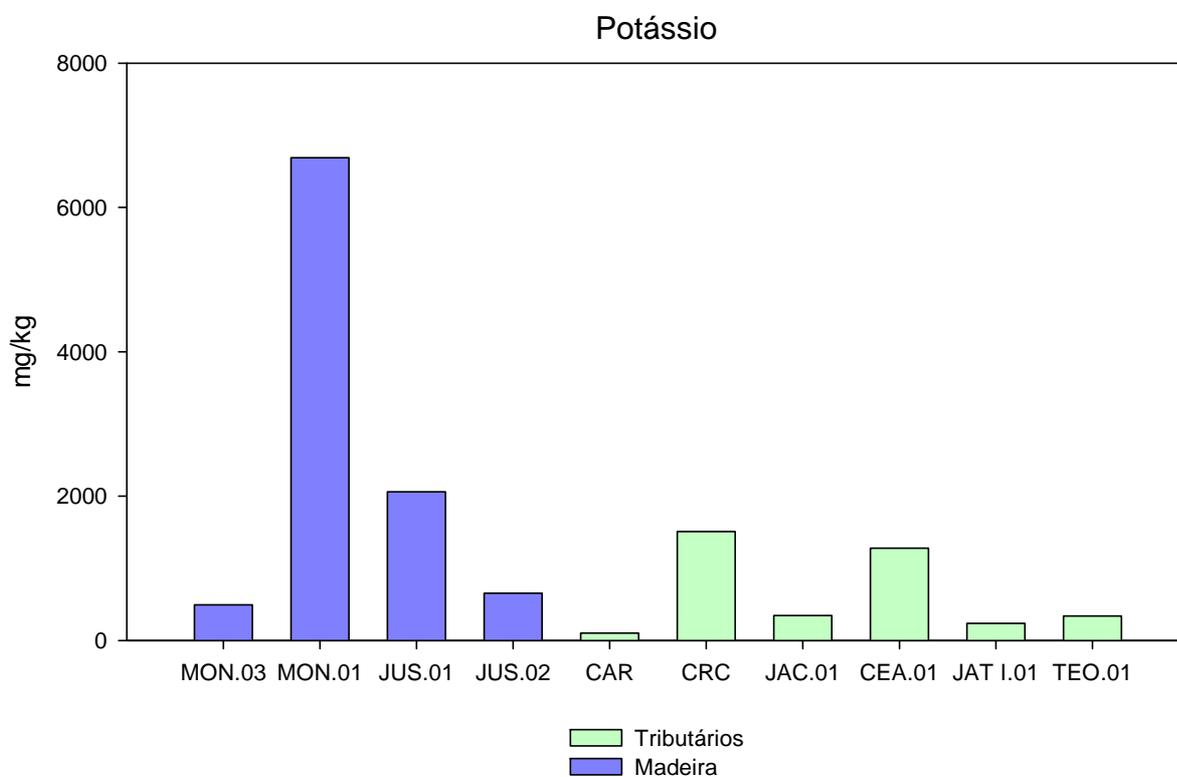


Figura 5.2.4-13 - Concentrações de potássio nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante).  
As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente,  
por colunas de cor azul e verde.

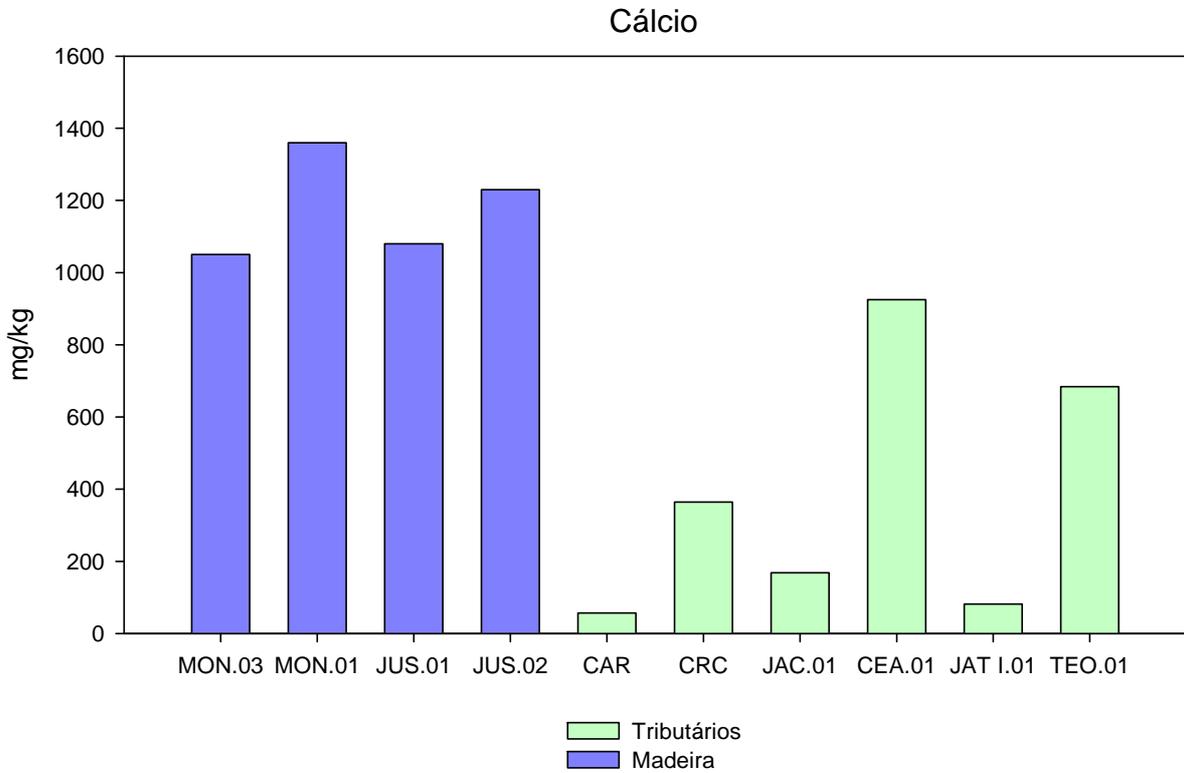


Figura 5.2.4-14 - Concentrações de cálcio nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

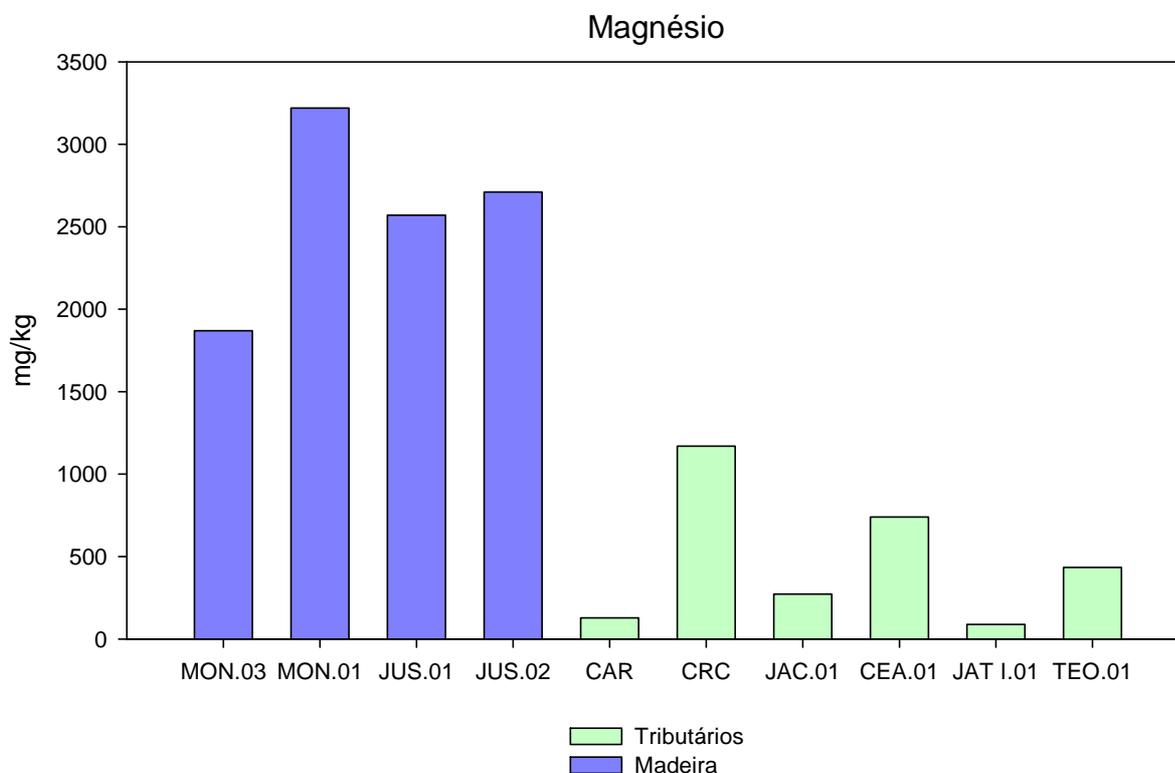


Figura 5.2.4-15 - Concentrações de magnésio nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde..

#### 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 e estanho ficaram sempre abaixo do limite de quantificação do método em todas as estações avaliadas.

As concentrações de mercúrio ficaram abaixo do limite de quantificação em três estações amostradas. As médias desse elemento foram de  $0,063 \pm 0,015$  mg/kg no rio Madeira e  $0,071 \pm 0,034$  mg/kg nos tributários (Figura 5.2.4-16). Todos os valores ficaram abaixo de  $0,170$  mg/kg, limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota (Nível 1) de acordo com a Resolução CONAMA 454/2012.

Ao longo do monitoramento, a maior parte das medições de mercúrio ficou abaixo do limite de quantificação do método analítico, razão pela qual não é cabível comparar as amostragens feitas nos diferentes períodos de vazante realizados durante as fases do empreendimento.

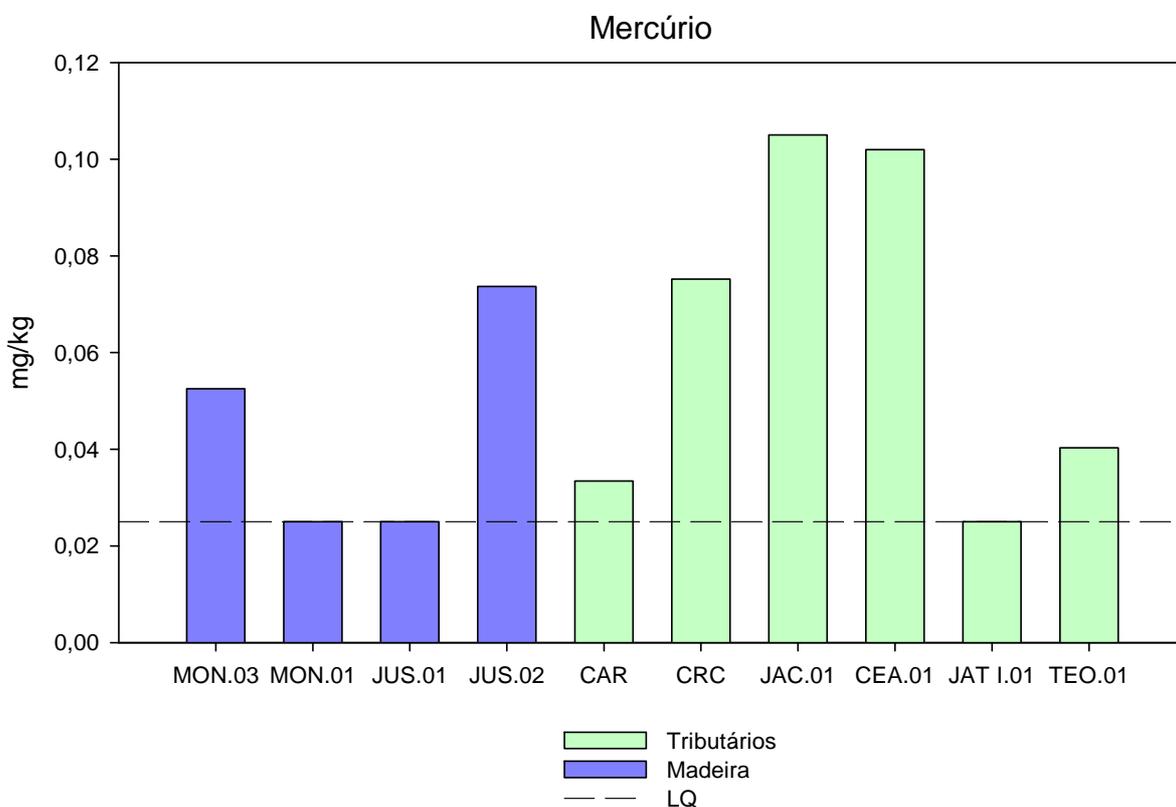


Figura 5.2.4-16 - Concentrações de mercúrio nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

As concentrações de alumínio variaram bastante entre as estações amostradas, com média de  $14787 \pm 10970$  mg/kg no rio Madeira e  $11111 \pm 9854$  mg/kg nos tributários (Figura 5.2.4-17). Nos tributários, a estação CRC apresentou o maior valor, ao passo que no Madeira o maior valor foi registrado em MON.01.

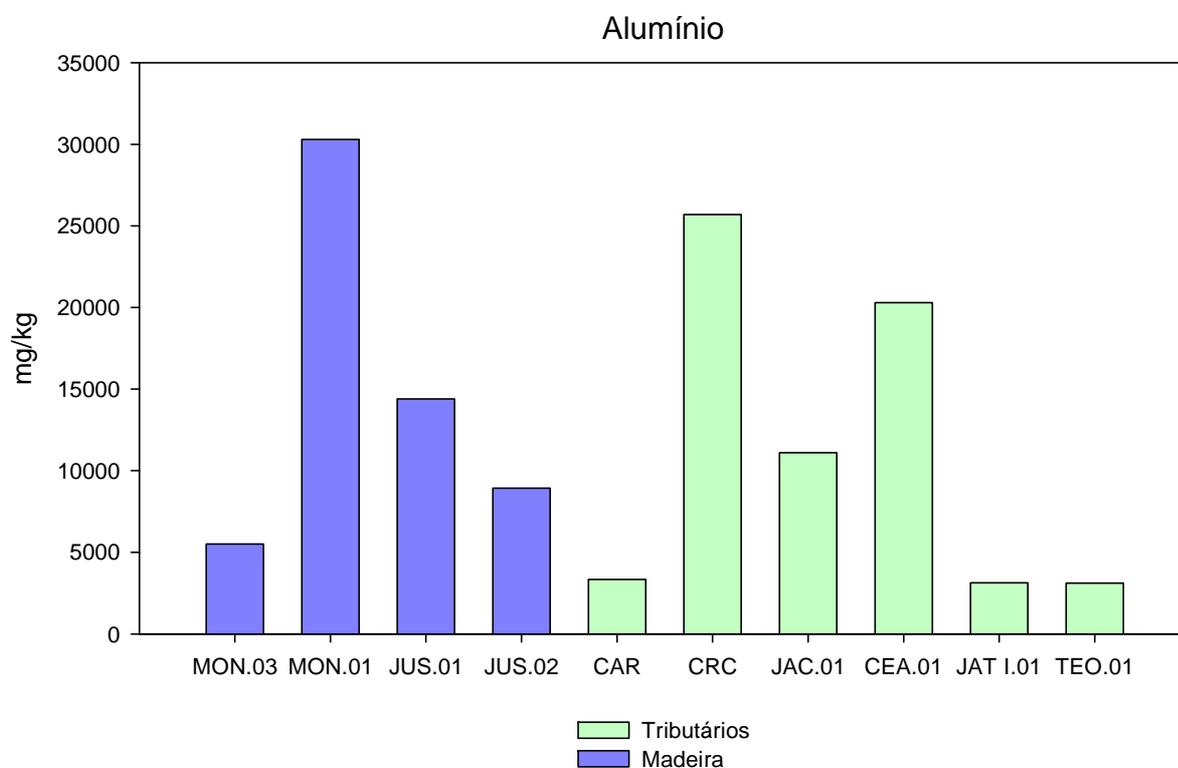


Figura 5.2.4-17 - Concentrações de alumínio nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante).  
As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente,  
por colunas de cor azul e verde.

No período de vazante de 2014, as concentrações médias de bário foram de  $79 \pm 45$  mg/kg no rio Madeira e  $50 \pm 50$  mg/kg nos tributários (Figura 5.2.4-18).

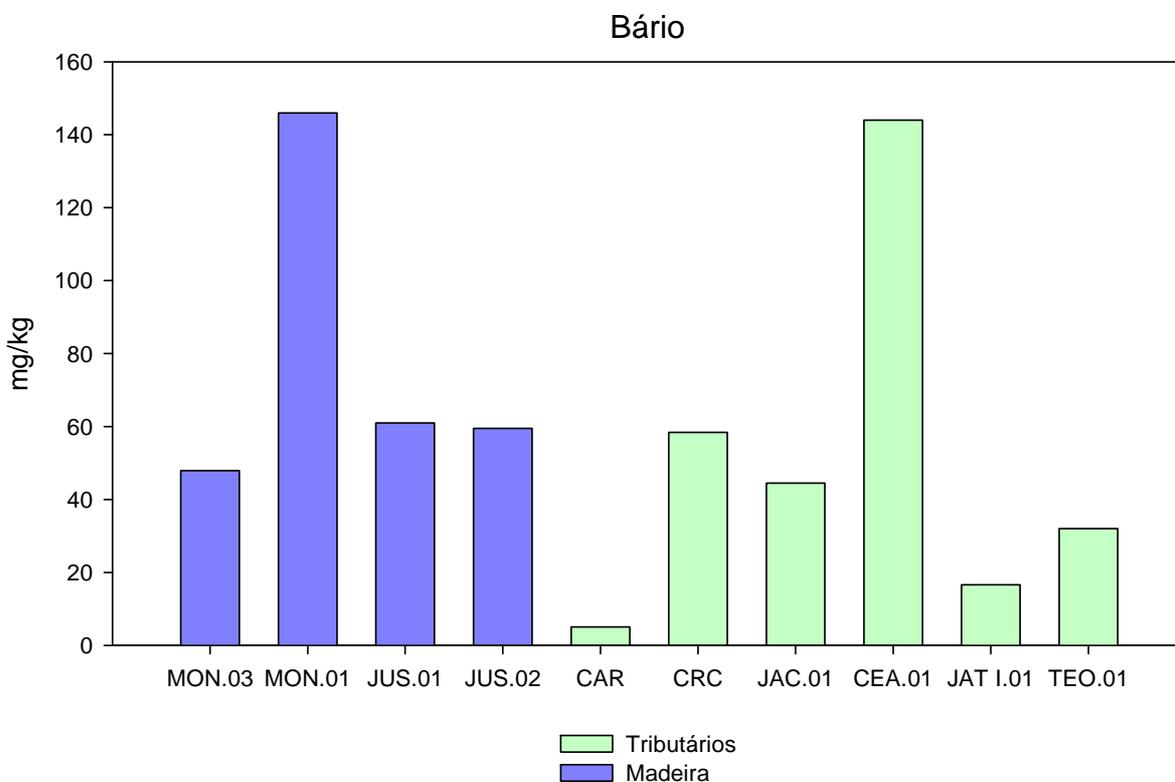


Figura 5.2.4-18 - Concentrações de bário nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

Com relação ao chumbo, observou-se maior variação espacial entre os tributários do que entre as estações do rio Madeira (Figura 5.2.4-19). As concentrações médias foram de  $8,4 \pm 1,3$  mg/kg no rio Madeira e  $7,7 \pm 5,7$  mg/kg nos tributários. O maior valor foi registrado em CEA.01, que mesmo assim atendeu ao valor máximo de 35 mg/kg, limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota (Nível 1) de acordo com a Resolução CONAMA 454/2012.

As concentrações de chumbo, comparando somente os períodos de vazante, não diferiram entre as fases do empreendimento nas estações do rio Madeira (ANOVA, não significativo) e tributários (ANOVA, não significativo) (Figura 5.2.4-20).

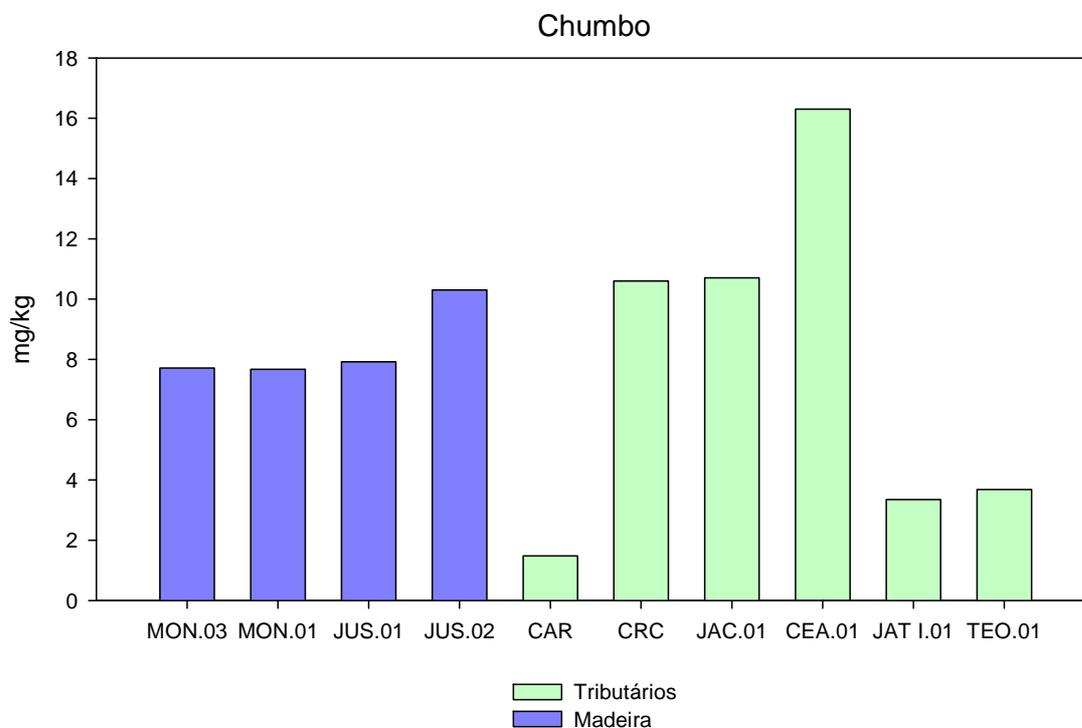


Figura 5.2.4-19 - Concentrações de chumbo nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde).

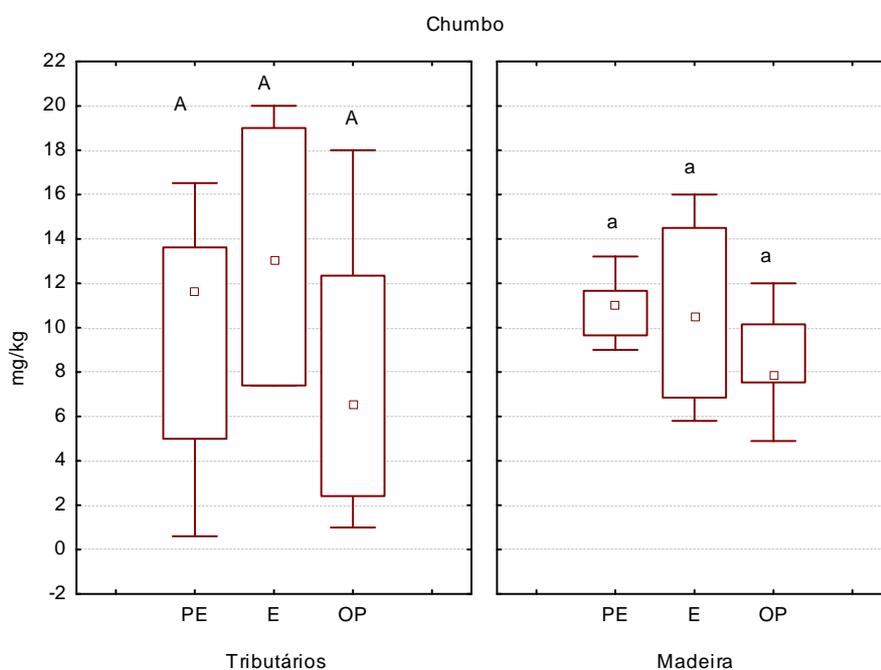


Figura 5.2.4-20 - Box-plot das concentrações de chumbo nos sedimentos dos tributários e do rio Madeira nos períodos de vazante ao longo das fases de pré-enchimento (PE), enchimento/estabilização (E) e operação (OP). As caixas indicam 50% dos dados, os quadrados dentro das caixas indicam as medianas, os círculos os *outliers* e os asteriscos os valores extremos.

O cobalto foi maior no rio Madeira ( $8,3 \pm 0,8$  mg/kg) do que nos tributários ( $2,4 \pm 1,9$  mg/kg) (Figura 5.2.4-21). Dentre as estações dos tributários, CEA.01 foi a que apresentou maior concentração.

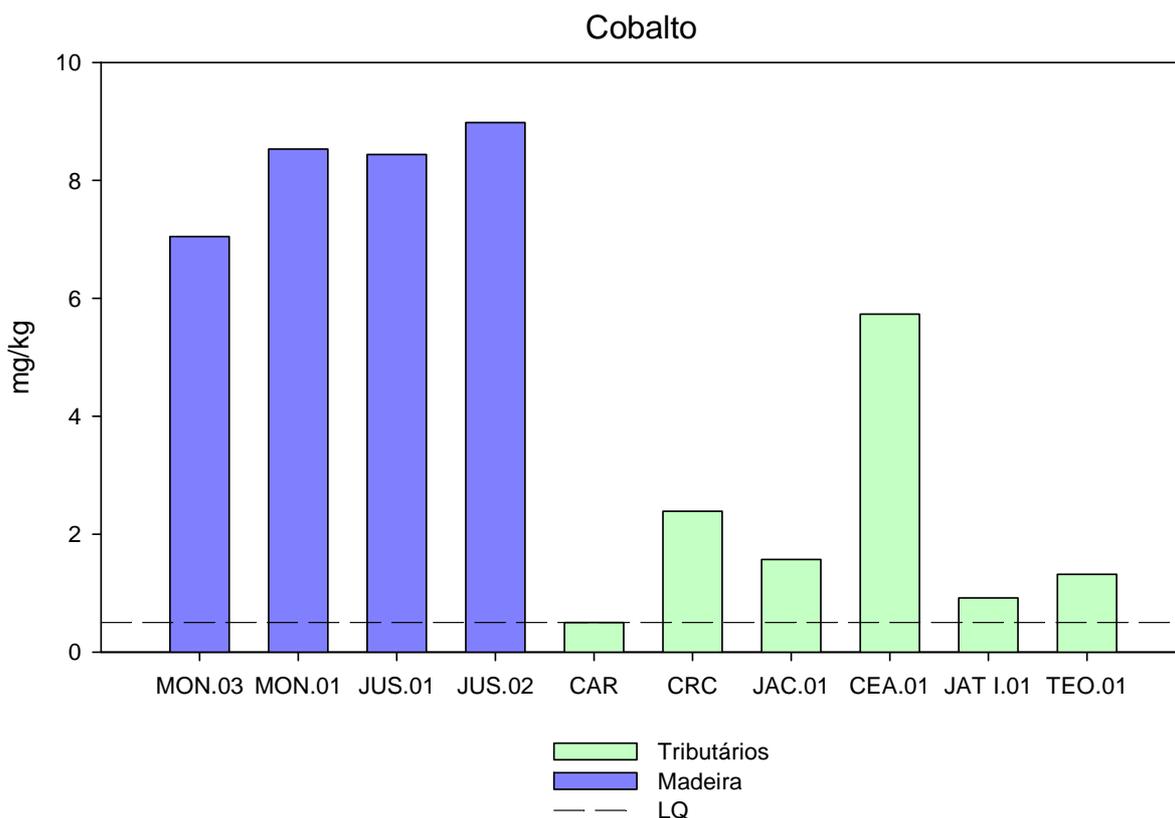


Figura 5.2.4-21 - Concentrações de cobalto nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

As concentrações de cobre também foram maiores no rio Madeira, que teve média de  $14,8 \pm 2,5$  mg/kg. Nos tributários, a média foi de  $4,2 \pm 2,6$  mg/kg (Figura 5.2.4-22). Todos os valores ficaram abaixo de 35,7 mg/kg, limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota (Nível 1) de acordo com a Resolução CONAMA 454/2012.

As concentrações de cobre, comparando somente os períodos de vazante, não diferiram entre as fases do empreendimento nas estações nem no Madeira (ANOVA, não significativo). Nos tributários, o pré-enchimento foi semelhante às demais fases, que diferiram entre si (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) (Figura 5.2.4-23).

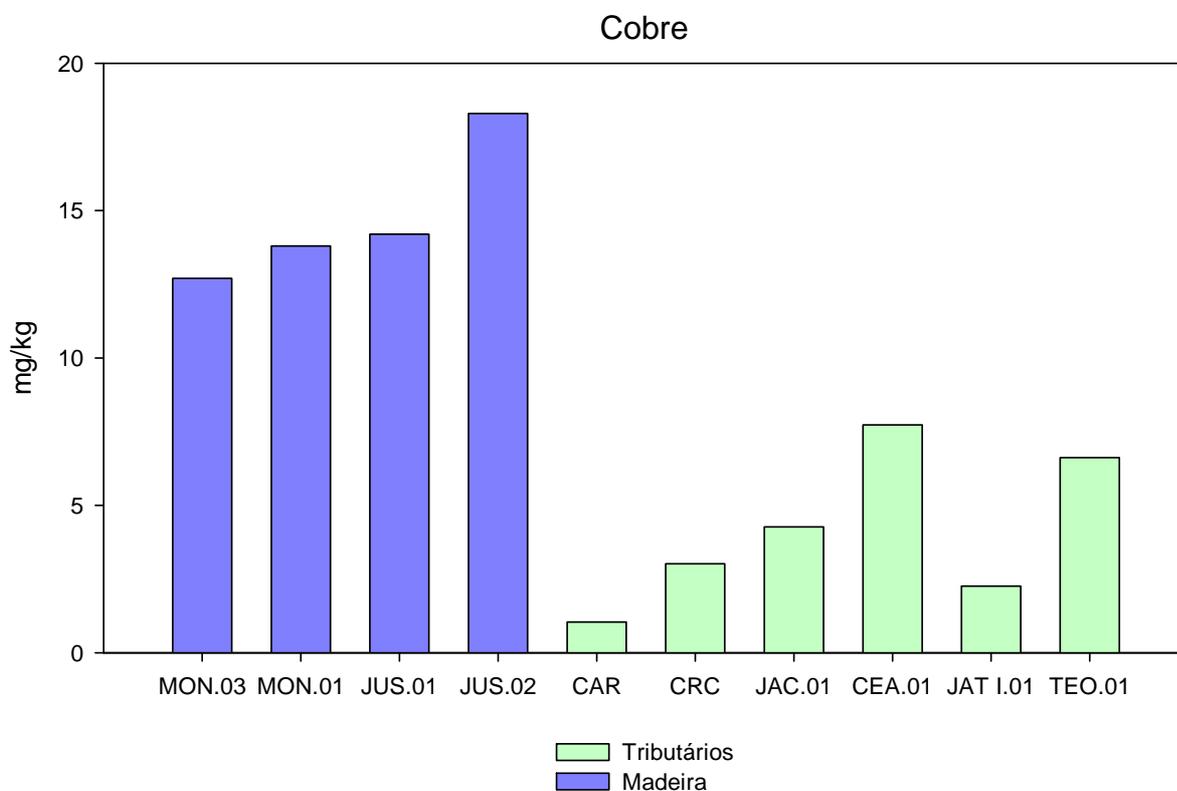


Figura 5.2.4-22 - Concentrações de cobre nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante).  
As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente,  
por colunas de cor azul e verde.

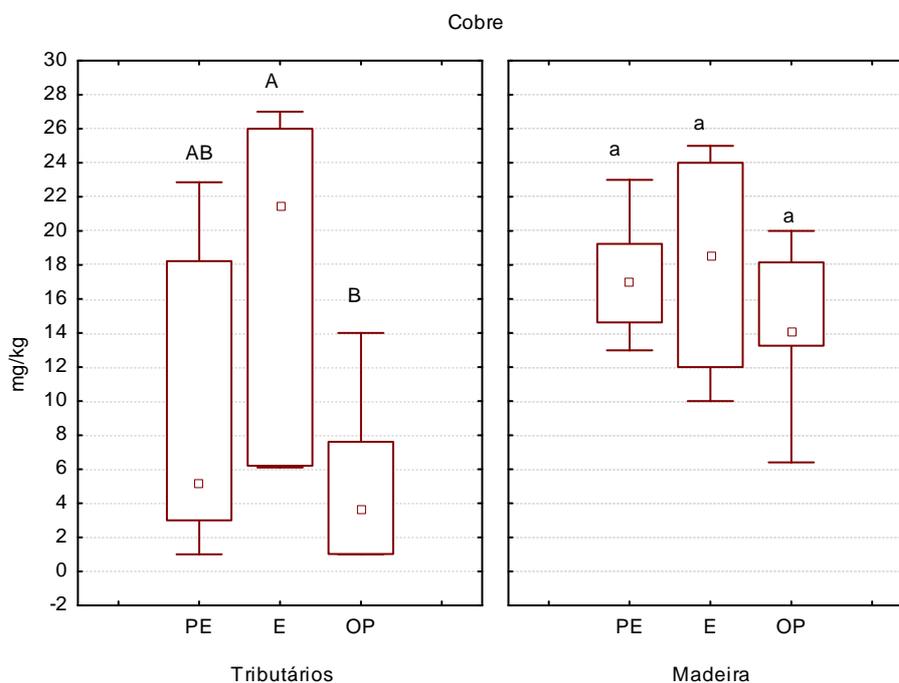


Figura 5.2.4-23 - Box-plot das concentrações de cobre nos sedimentos dos tributários e do rio Madeira nos períodos de vazante ao longo das fases de pré-enchimento (PE), enchimento/estabilização (E) e operação (OP). As caixas indicam 50% dos dados, os quadrados dentro das caixas indicam as medianas, os círculos os outliers e os asteriscos os valores extremos.

As concentrações de cromo foram em média de  $14,2 \pm 5,9$  mg/kg no rio Madeira e  $6,7 \pm 4,9$  mg/kg nos tributários (Figura 5.2.4-24). Os tributários CAR, JAT I.01 e TEO.01 apresentaram concentrações mais baixas, ao passo que as demais estiveram mais próximas dos valores registrados no rio Madeira. Todos os valores ficaram abaixo de 37,3 mg/kg, limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota (Nível 1) de acordo com a Resolução CONAMA 454/2012.

As concentrações de cromo, considerando somente os períodos de vazante, não diferiram entre as fases do empreendimento nem no Madeira (ANOVA, não significativo) nem nos tributários (Kruskal-Wallis, não significativo) (Figura 5.2.4-25).

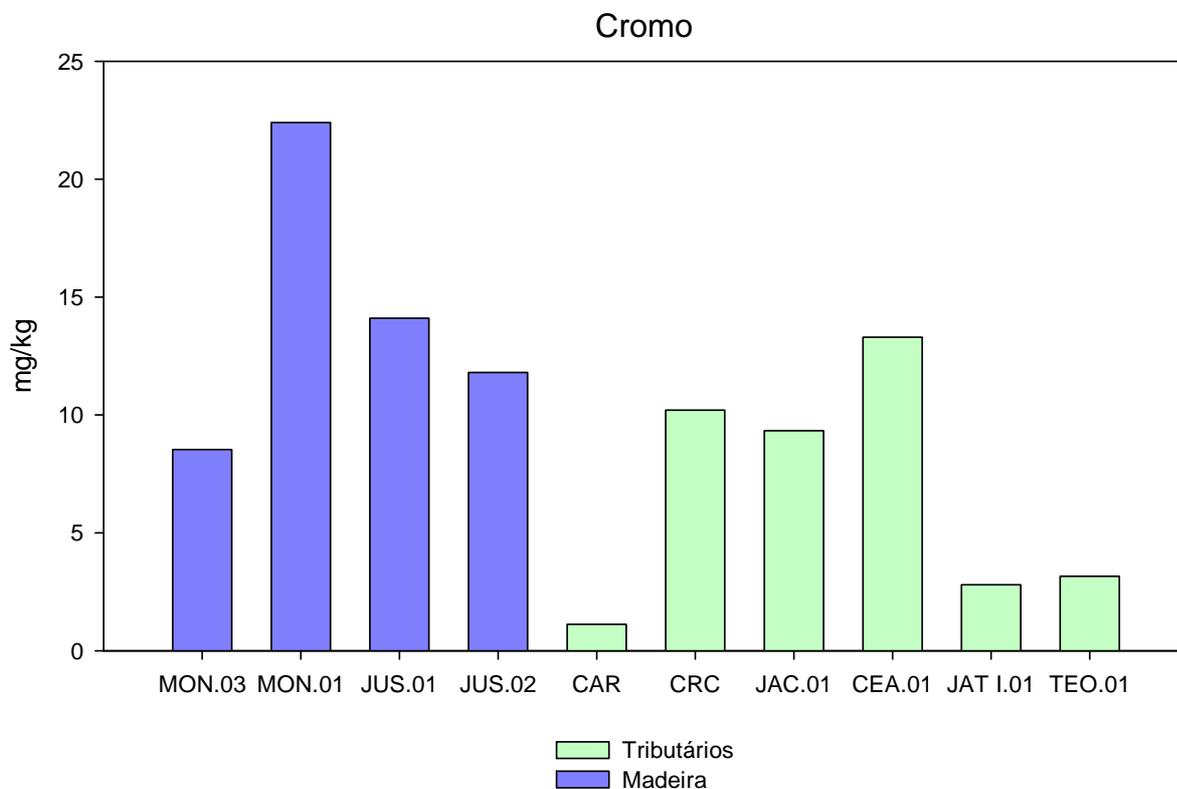


Figura 5.2.4-24 - Concentrações de cromo nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante).  
As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente,  
por colunas de cor azul e verde.

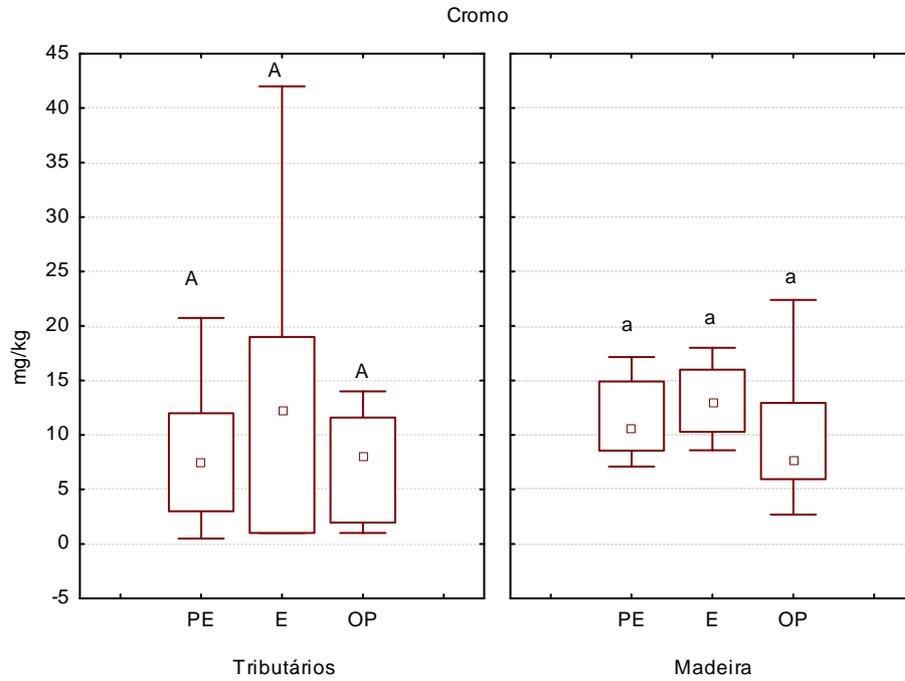


Figura 5.2.4-25 - Box-plot das concentrações de cromo nos sedimentos dos tributários e do rio Madeira nos períodos de vazante ao longo das fases de pré-enchimento (PE), enchimento/estabilização (E) e operação (OP). As caixas indicam 50% dos dados, os quadrados dentro das caixas indicam as medianas, os círculos os *outliers* e os asteriscos os valores extremos.

Com relação ao ferro, os valores foram bem superiores no rio Madeira, que teve média de  $19125 \pm 2383$  mg/kg. Os tributários tiveram média de  $4908 \pm 2473$  mg/kg (Figura 5.2.4-26).

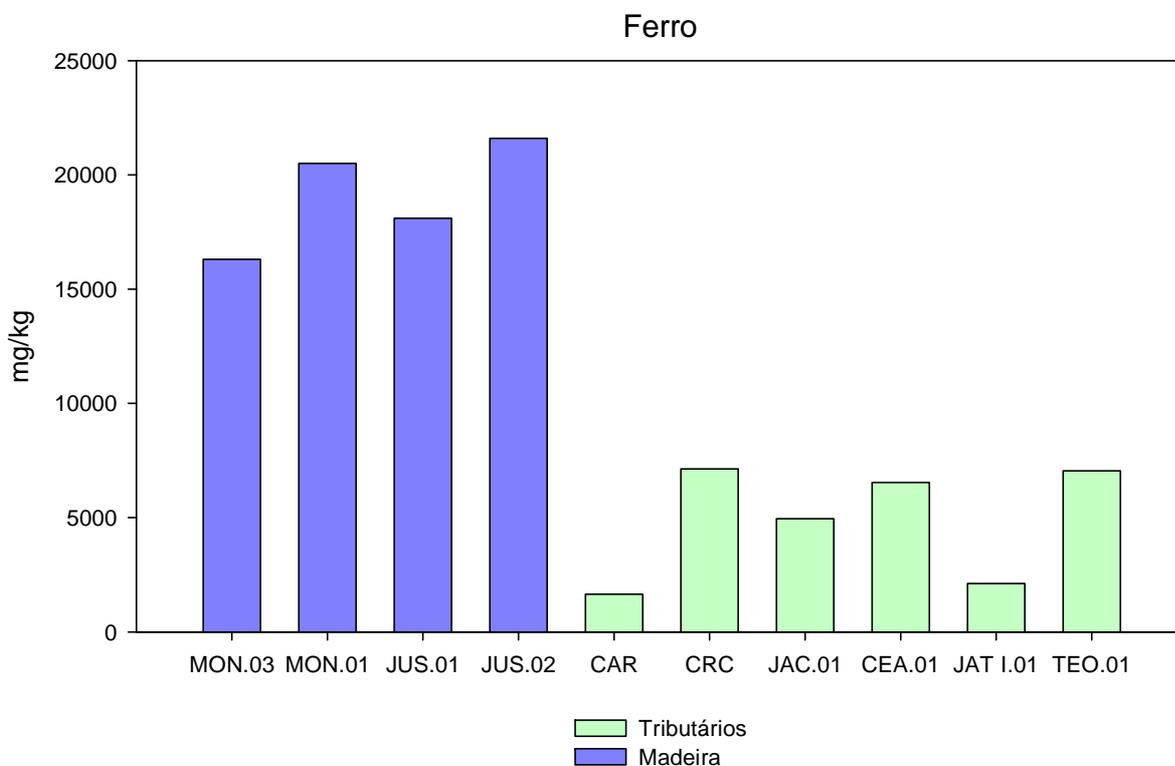


Figura 5.2.4-26 - Concentrações de ferro nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

Assim como para o ferro, as concentrações de manganês foram bem superiores no rio Madeira, que teve média de  $323 \pm 60$  mg/kg, contra  $53 \pm 60$  mg/kg nos tributários (Figura 5.2.4-27).

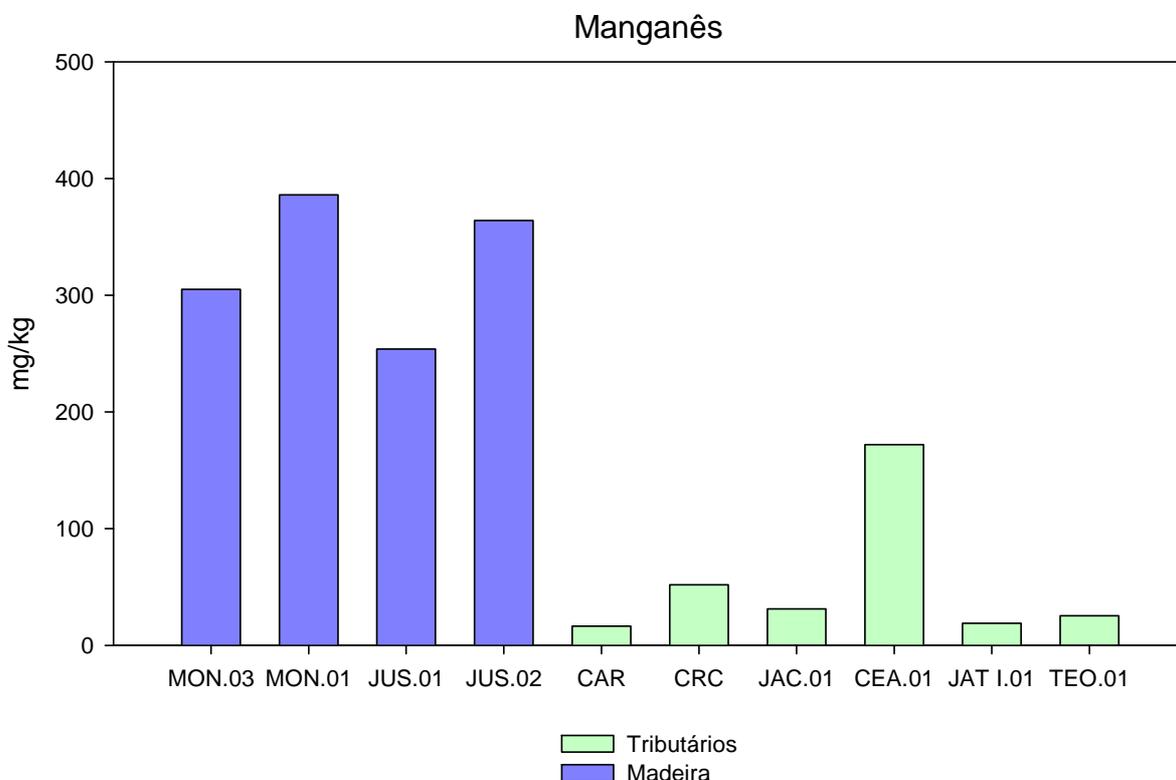


Figura 5.2.4-27 - Concentrações de manganês nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

As concentrações de níquel foram caracteristicamente maiores no rio Madeira ( $13,7 \pm 1,8$  mg/kg) quando comparado com os tributários ( $3,5 \pm 2,8$  mg/kg) (Figura 5.2.4-28). Todos os valores medidos ficaram abaixo de 18 mg/kg, limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota (Nível 1) de acordo com a Resolução CONAMA 454/2012.

As concentrações de níquel, considerando somente os períodos de vazante, não diferiram entre as fases do empreendimento no Madeira (ANOVA, não significativo) nem nos tributários (Kruskal-Wallis, não significativo) (Figura 5.2.4-29).

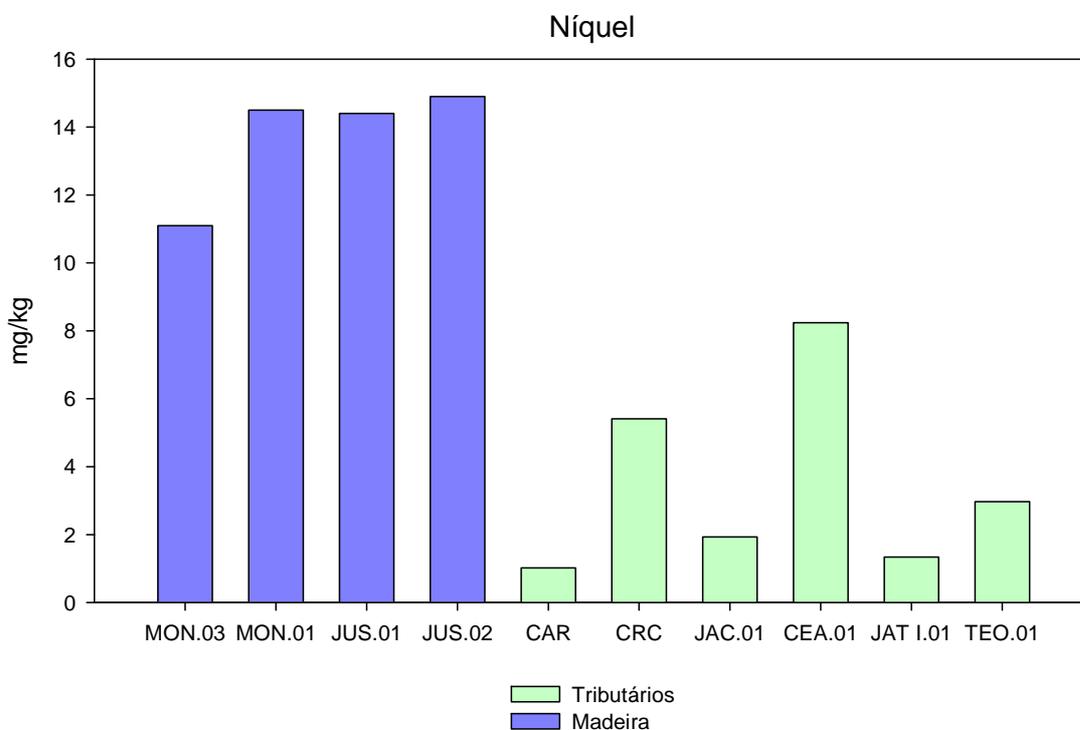


Figura 5.2.4-28 - Concentrações de níquel nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

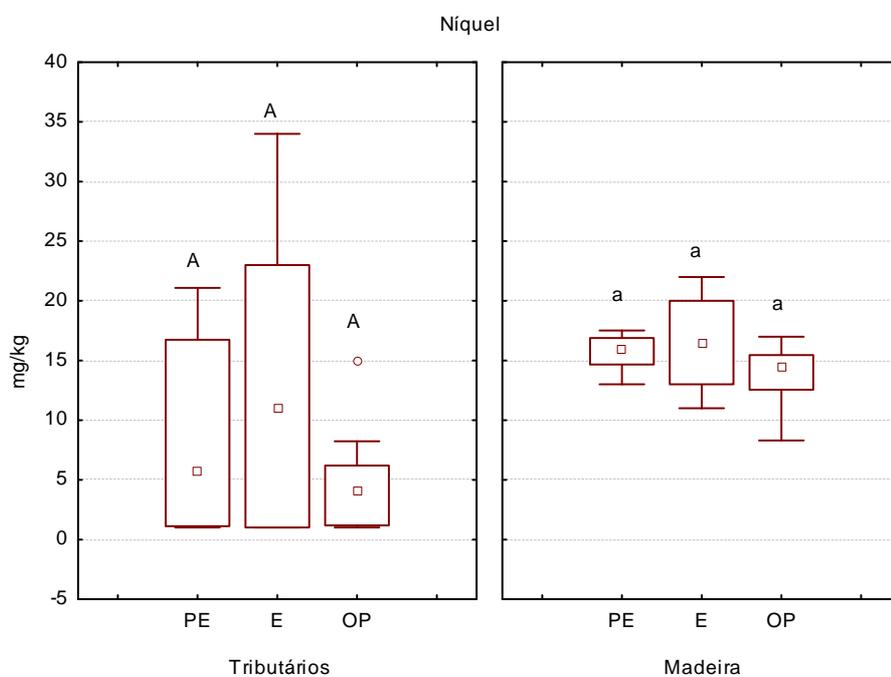


Figura 5.2.4-29 - Box-plot das concentrações de níquel nos sedimentos dos tributários e do rio Madeira nos períodos de vazante ao longo das fases de pré-enchimento (PE), enchimento/estabilização (E) e operação (OP). As caixas indicam 50% dos dados, os quadrados dentro das caixas indicam as medianas, os círculos os outliers e os asteriscos os valores extremos.

O silício mostrou um padrão inverso ao observado para a maior parte dos elementos-traço, com maiores concentrações nos tributários ( $233 \pm 55$  mg/kg) quando comparados ao Madeira ( $146 \pm 9$  mg/kg) (Figura 5.2.4-30).

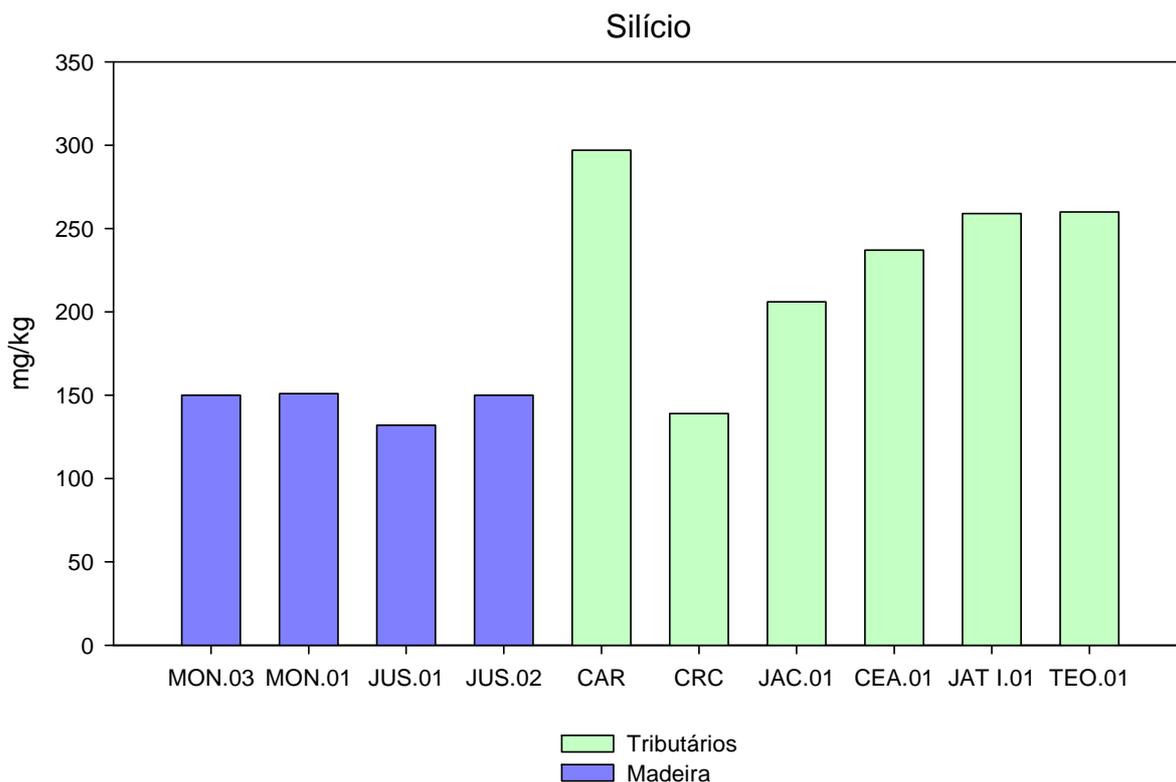


Figura 5.2.4-30 - Concentrações de silício nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante). As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente, por colunas de cor azul e verde.

Por fim, em relação ao zinco, as concentrações médias foram de  $42 \pm 5$  mg/kg no rio Madeira e  $16 \pm 10$  mg/kg nos tributários (Figura 5.2.4-31). Todos os valores ficaram abaixo de 123 mg/kg, limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota (Nível 1) de acordo com a Resolução CONAMA 454/2012.

As concentrações de zinco, considerando somente os períodos de vazante, não diferiram entre as fases do empreendimento no Madeira (Kruskal-Wallis, não significativo). Nos tributários, no entanto, a fase de enchimento diferiu da fase de operação, ao passo que a fase de pré-enchimento foi semelhante às demais (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) (Figura 5.2.4-32).

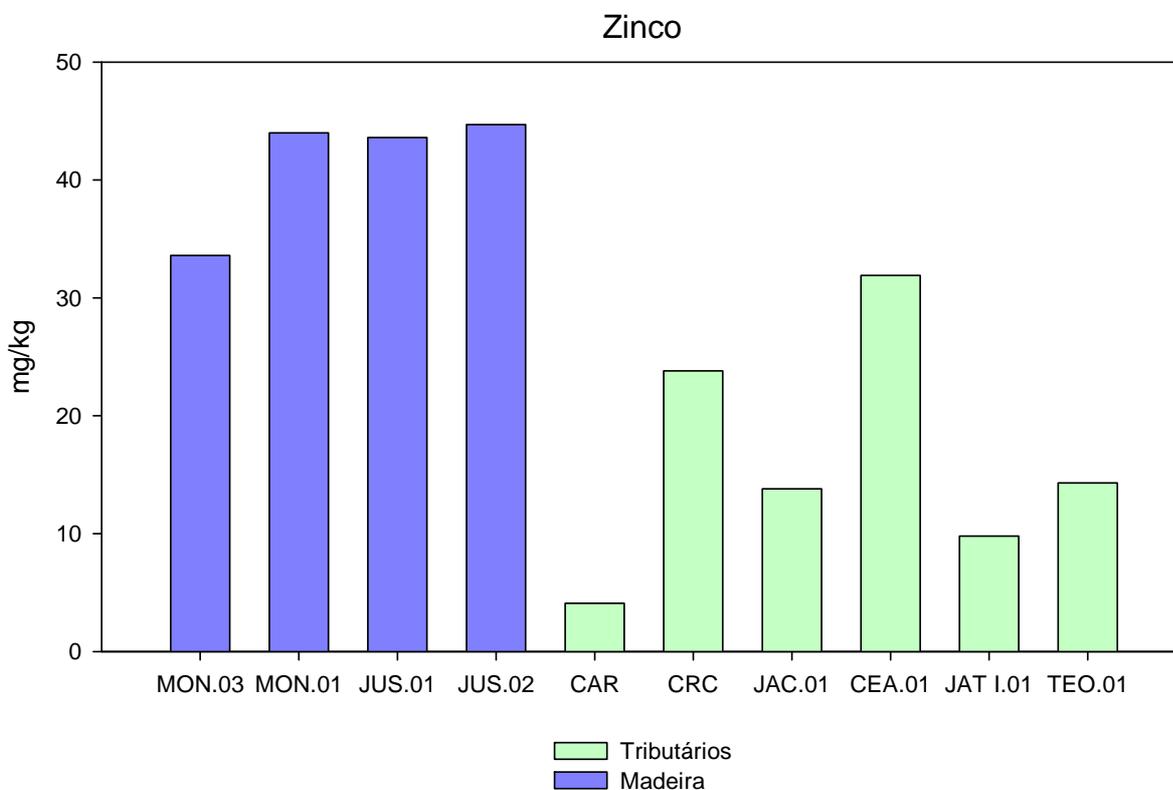


Figura 5.2.4-31 - Concentrações de zinco nos sedimentos amostrados em julho/2014 (vazante).  
As estações no rio Madeira e nos tributários estão representadas, respectivamente,  
por colunas de cor azul e verde.

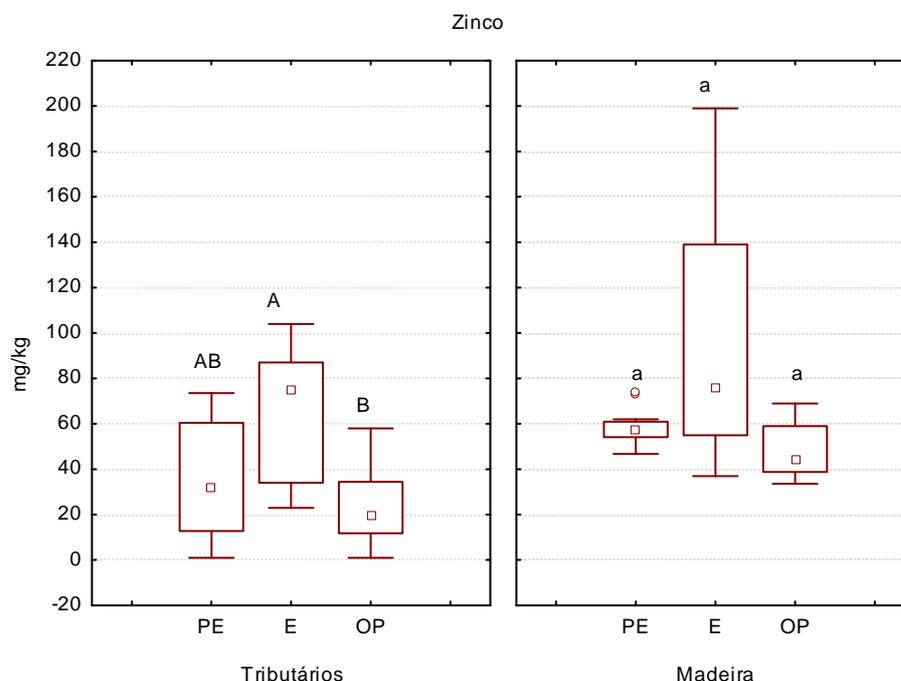


Figura 5.2.4-32 - Box-plot das concentrações de zinco nos sedimentos dos tributários e do rio Madeira nos períodos de vazante ao longo das fases de pré-enchimento (PE), enchimento/estabilização (E) e operação (OP). As caixas indicam 50% dos dados, os quadrados dentro das caixas indicam as medianas, os círculos os *outliers* e os asteriscos os valores extremos.

#### 5.2.4.6 - Discussão

Em relação à granulometria do sedimento, houve um predomínio de fração mais fina, com maior proporção de silte, seguida de areia muito fina, principalmente no sedimento do rio Madeira. Nos tributários a dinâmica foi semelhante, entretanto pode ser observada maior heterogeneidade nas frações encontradas de acordo com a estação de coleta. Nas estações CAR e MON.03 houve contribuição importante de frações mais grosseiras de areia.

Devido à sua origem andina, historicamente o rio Madeira transporta maiores concentrações de alguns elementos-traço associado a partículas em suspensão, que se depositam nas camadas do sedimento. Além disso, a natureza de granulometria mais fina do sedimento desses ambientes tende a apresentar maior capacidade de adsorção de elementos químicos (Singh *et al.* 2004).

Segundo Esteves (1998), 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, os sedimentos de todas as estações podem ser classificados como minerais nesse período de vazante.

A comparação entre os períodos de vazante somente, amostrados durante as três fases do empreendimento indicou inexistência de diferença significativa na maior parte dos casos. As únicas exceções foram o cobre e zinco nos tributários com maiores valores no período de enchimento em relação ao pós-enchimento.

Conforme observado durante as fases de pré-enchimento e enchimento/estabilização, os valores estiveram de acordo com os limites de alerta especificados na Resolução CONAMA nº 454/2012, nos respectivos ambientes.