

## **IV-124 - AVALIAÇÃO DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS SUSPENSOS**

**Nathália Sandim de Matos**<sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. – (UFMS); Mestre Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela UFMS.

**Marcelo Campos**<sup>(2)</sup>

Gestor Ambiental pela Universidade Estácio de Sá; Mestre em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (PGTA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

**Carlos Nobuyoshi Ide**<sup>(3)</sup>

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Mato Grosso, atual UFMS. Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Professor Titular na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

**Ingrid Cecilia Walker**<sup>(4)</sup>

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestranda em Saneamento e Recursos Hídricos no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais.

**Cleiton Oliveira dos Santos**<sup>(5)</sup>

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul; Mestre em Tecnologias Ambientais - Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Cidade Universitaria s/n – Campo Grande – MS - CEP: 79070900 - Brasil - Tel: (67) 3345-7499 - e-mail: [nathalia.matos@ufms.br](mailto:nathalia.matos@ufms.br)

### **RESUMO**

As diretrizes implementadas pelas legislações ambientais brasileiras para a qualidade de água e sedimentos ajudam a proteger os ecossistemas aquáticos estabelecendo níveis aceitáveis para substâncias físicas químicas e microbiológicas que podem ser encontradas no ambiente aquático. Nesse estudo, foram avaliados de forma integrada, concentração de metais em sedimentos suspensos, dos Rios Coxim e Taquari – MS, a fim de observar as variações de concentrações nos sedimentos suspensos, avaliando a contribuição de carga poluidora oriunda do uso e ocupação do solo na bacia. Poucos estudos foram realizados acerca dos constituintes químicos presentes no sedimento suspensos na água. Pode-se falar que entre os grandes problemas encontrados nos rios da bacia pantaneira é o aporte de sedimentos em suspensão. Assim, este estudo avaliou a qualidade do sedimento em suspensão transportado pelos Rios Coxim e Taquari. Os resultados mostraram que em termos de concentração de metais dissolvidos e suspensos na água, as maiores concentrações foram obtidas para o Ferro (Fe) e Alumínio (Al). Foi encontrado predominantemente na água em forma suspensa os metais Ferro (Fe), Alumínio (Al), Cadmium (Cd), Cromo (Cr) e Manganês (Mn), indicando a influência dos sólidos suspensos na adsorção dos metais pesados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metais, Sedimentos Suspensos, Qualidade, Transporte.

### **INTRODUÇÃO**

Os sedimentos desempenham um papel importante no ciclo elementar no ambiente aquático, são responsáveis pelo transporte de uma proporção significativa de muitos nutrientes e contaminantes, através de sua captação, armazenamento, liberação e transferência entre a fase sólida e líquida. A maior parte dos sedimentos em águas superficiais é derivada da erosão superficial. Na maioria dos países do mundo, as águas subterrâneas e superficiais em áreas agrícolas correm um sério risco de poluição por metais, devido à rápida industrialização e urbanização, e intensificação da agricultura (Klavinš et al., 2000, Li e Zhang, 2010).

Os sedimentos são conhecidos pela grande capacidade em remover/liberar íons por meio da adsorção e desorção, ou seja, essa liberação ou fixação de elementos dependerá de suas características físicas e químicas bem como a do poluente no meio em que se encontra (Poletto & Merten, 2006). Segundo Tundisi (2008). Para conhecimento da natureza química do sedimento é importante que análise alguns metais pesados entre eles: Al, Cd, Pb, Zn, Cr, Fe, Mn, Mg, Ni, Cu.

Segundo Val (2013) os métodos tradicionais de amostragem não conseguem, teor de sólidos suspensos suficiente para que possa ser realizada análises físicas, químicas e biológicas do sedimento. Apesar do uso comum de sedimentos na avaliação ambiental, sua obtenção em diferentes níveis de concentração, representam um desafio significativo do ponto de vista prático.

Qualidade dos sedimentos poderia servir como um indicador para os níveis de poluição por material particulados, poderia atuar como uma ferramenta de triagem para a datação histórica, bem como a recente contaminação no meio ambiente circundante. Os níveis elevados de metais traço em sedimentos aquáticos podem representar um risco potencial para saúde humana devido à sua transferência para a biota aquática e, finalmente, na cadeia alimentar (Salati e Moore, 2010; Varol e Sen, 2012). Dessa forma este artigo visa quantificar o transporte de metais pesados no Rio Taquari, principal afluente do Rio Paraguai da Bacia do alto Paraguai.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Caracterização da área de estudo**

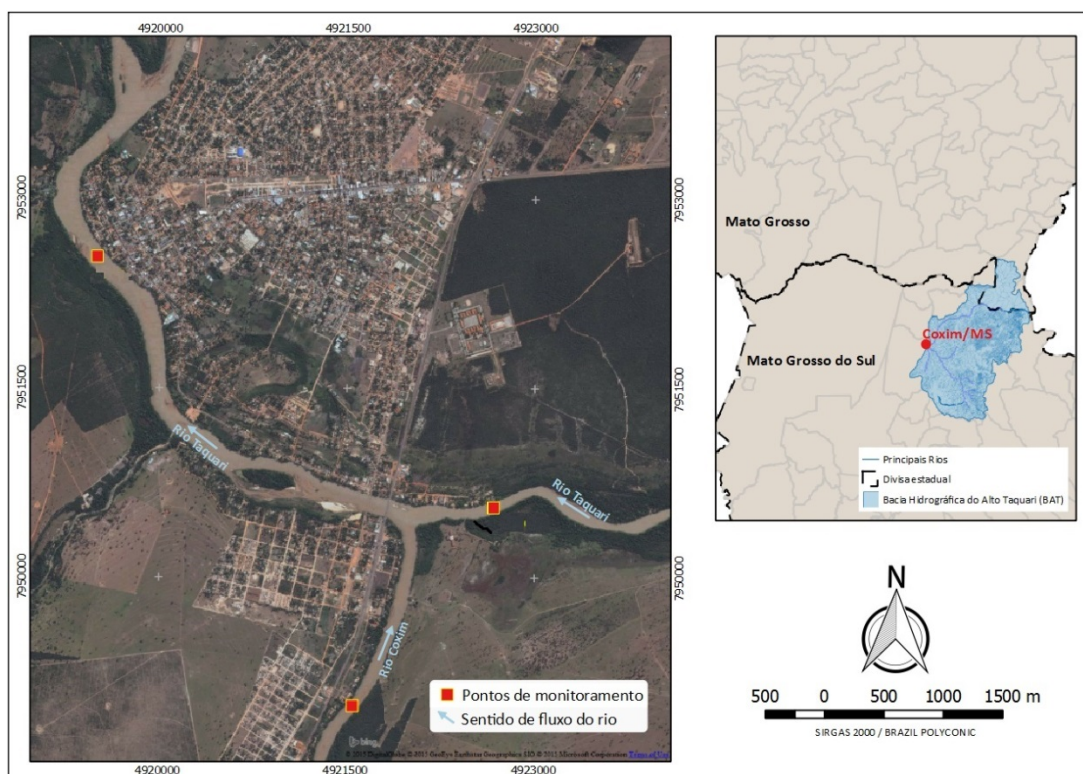
O Rio Taquari, afluente do Rio Paraguai, nasce numa das vertentes da Serra do Caiapó, nas proximidades da cidade de Alto Taquari, no Estado do Mato Grosso. Sua bacia está localizada entre as latitudes 17°S, e 20°S com longitudes 53°W, e de 58°W, abrangendo uma área de, aproximadamente, 65.023 km<sup>2</sup>. Está entre os maiores tributários da Bacia do Alto Paraguai (BAP) e tem sido tema de polêmicas nos últimos anos, devido a frequentes inundações de terras nos trechos médio/inferior, com dificuldades para navegação e diminuição do potencial pesqueiro. Por ser um rio extenso e largo, foi dividido em 3 trechos distintos:

- Alto Taquari - das nascentes até a cidade de Coxim, confluência com o Rio Coxim;
- Médio Taquari - da cidade de Coxim, numa extensão de 335 km, até Porto Rolon;
- Baixo Taquari - de Porto Rolon, numa extensão de 100 km, até a sua foz no Rio Paraguai, próximo ao Porto da Manga.

Os pontos monitorados nesse estudo foram dentro do perímetro urbano da cidade de Coxim no Estado de Mato Grosso do Sul, a montante da cidade possui acelerado uso e ocupação do solo com predominância na atividade de agricultura, agropecuária e turismo. O clima predominante do município é o tropical úmido e sub-úmido, registrando variações anuais de temperatura de cerca de 15°C graus no inverno e 35°C no verão, com período de estiagem com baixos índices pluviométricos que duram de três a quatro meses, possui períodos bem distintos, seca com duração de quatro a cinco meses e chuva com precipitações que chegam a 1550mm .ano<sup>-1</sup>. Nesse trabalho foram realizadas quatro campanhas de coletas de águas superficiais no Rio Taquari e Rio Coxim. As amostragens serviram para avaliar a concentração de metais pesados que chega até a cidade de Coxim - MS. A Figura 1.0 apresenta a área de estudo com os pontos amostrados onde:

- Ponto 1 (P1) Rio Taquari a montante da foz do Rio Coxim;
- Ponto 2 (P2) Rio Coxim antes de sua foz com o Taquari;
- Ponto 3 (P3) Rio Taquari a jusante da foz do Rio Coxim, no trecho que compreende o perímetro urbano da cidade de Coxim/MS.

As amostragens de sedimentos foram realizadas durante um ano hidrológico, onde tipicamente o período de estiagem se encontra de junho a setembro e de cheia de dezembro a fevereiro



**Figura 1.0 - Área de estudo Pontos (P1) (P2) e (P3).**

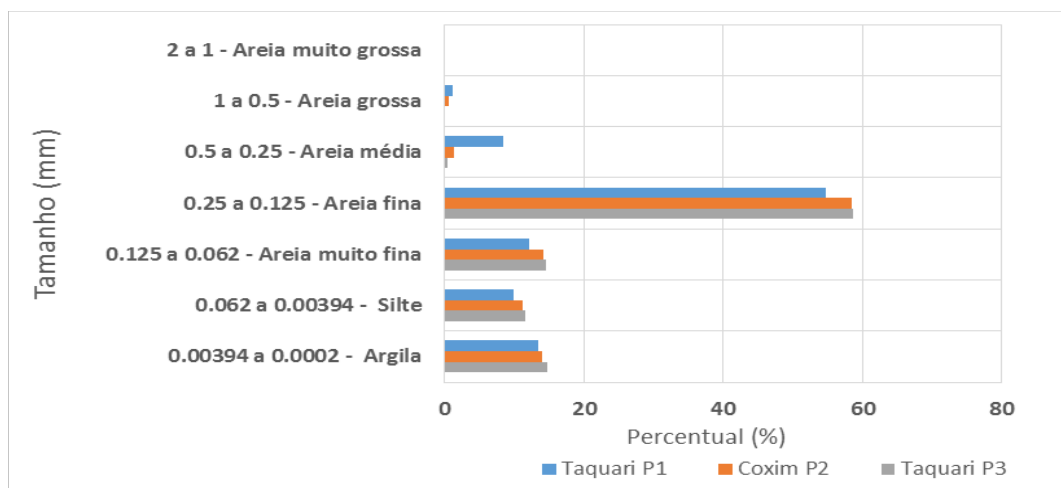
Fonte: Malha Digital IBGE (2017)

### Amostragem de Sedimentos Suspensos

Para amostragem de sedimentos suspensos, foram adotados o método Igual Incremento de Largura - IIL, que tem uma única análise a partir de uma amostragem composta na determinação do transporte de sedimentos suspenso. Foi utilizado o amostrador US D49 para execução das amostragens para determinação da descarga sólida e amostrador por bombeamento para execução das análises físicas e químicas nos pontos P1, P2 e P3.

Na análise de metais pesados foram empregados cerca de 2 g do material suspensos e feita digestão ácida, seguindo a metodologia da Agência Ambiental dos Estados Unidos, U.S. EPA, (1996). Essa técnica faz a digestão ácida solubilizando os elementos de forma homogênea. Nesse método pesa-se 2 g do sedimento seco é levado ao aquecimento com adição de ácido nítrico e peróxido de hidrogênio, para eliminar matéria orgânica, no final é adicionado ácido clorídrico para completar a digestão.

Caracterização dos sedimentos suspensos os resultados das curvas granulométricas do material suspenso obtidos pela granulometria a laser são demonstrados pela Figura 2.0 que representa em termos médios o percentual granulométrico para os pontos P1, P2 e P3.



**Figura 2.0 - Distribuição granulométrica nos pontos P1, P2 e P3**

A Figura 2.0 mostra que aproximadamente 60 % dos sedimentos suspensos em todos os pontos são classificados como areia fina na faixa granulométrica de 0,25mm a 0,125mm e que apenas uma pequena parcela de finos, silte e argila estão presentes nos sedimentos finos. Segundo estudos de Pye, (2004), partículas menores tendem a absorver melhor metais pesados e provavelmente esses finos, que neste estudo, representam cerca de 17% dos sedimentos, que podem ser responsáveis por grande parte do transporte agregado de metais pesados nos pontos estudados.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Metais no sedimento

O transporte fluvial é o principal caminho de partículas suspensas e dissolvidos da terra para o mar. Uma grande variedade de metais pesados pode ser gerada através de atividades humanas, e então descarregada em rios por processos dinâmicos de erosão do solo, de águas residuais, da atividade industrial e principalmente através da agricultura.

Os metais pesados podem ser trazidos por rios para a área costeira e, em seguida, podem ser acumulados em sedimentos marinhos. A quantidade média de partículas terrígenas transferidas do continente para o oceano é superior a 18,3 Gt por ano (Yao et al. 2015).

Segundo, Yao *et al* (2015), o tamanho do grão é um dos principais fatores que regem a contaminação por metais pesados na fração particulada. Geralmente, as partículas finas têm uma maior capacidade de transportar os metais pesados devido ao aumento da área de superfície específica e devido à presença de minerais de argila, matéria orgânica e óxidos de Fe/Mn/Al associados formando agregados de tamanho fino. Assim, o impacto das características das partículas, propriedade físico-química na concentração de metais pesados nas partículas em suspensão do rio também deve ser analisada.

Segundo Mozeto *et al* (2003), no decorrer do tempo os estudos sobre avaliação da qualidade da água sofreram mudanças substanciais que direta ou indiretamente afetaram a essência dos programas de monitoramento da água, essas mudanças de concepções levaram a uma abordagem que inclui a avaliação da qualidade dos sedimentos, que até pouco tempo considerava-se o sedimento como sendo um transportador de nutrientes e vários contaminantes químicos. Pesquisas relacionadas a troca de espécies química dissolvidas na coluna d'água mostra que esse transportador não pode ser considerado um ambiente geológico de transporte de íons mas também de troca de espécies químicas bem como a sua interação com a água e toda biota existentes no meio aquático.

Os sedimentos são conhecidos pela grande capacidade em remover/liberar íons por meio da adsorção e desorção, ou seja, essa liberação ou fixação de elementos dependerá de suas características físicas e químicas bem como a do poluente no meio em que se encontra (Poletto & Merten, 2006). Segundo Tundisi (2008) Para conhecimento da natureza química do sedimento é importante que análise alguns metais pesados entre eles: Al, Cd, Pb, Zn, Cr, Fe, Mn, Mg, Ni, Cu.

A Tabela 1.0 ilustra as concentrações de metais (Cm) nos sedimentos para as seções P1, P2 e P3. Verificam-se três faixas de concentrações para os metais estudados no sedimento.

**Tabela 1.0 – Concentração de metais nos sedimentos para as seções P1, P2 e P3**

Metais nos sedimentos	Unidade	Ponto 1 média	Metais nos sedimentos	Unidade	Ponto 2 média	Metais nos sedimentos	Unidade	Ponto 3 média
Cd	mg.g <sup>-1</sup>	0,001996	Cd	mg.g <sup>-1</sup>	0,002046	Cd	mg.g <sup>-1</sup>	0,002196
Cu	mg.g <sup>-1</sup>	0,016866	Cr	mg.g <sup>-1</sup>	0,016642	Cr	mg.g <sup>-1</sup>	0,013398
Cr	mg.g <sup>-1</sup>	0,021582	Cu	mg.g <sup>-1</sup>	0,022954	Cu	mg.g <sup>-1</sup>	0,023528
Pb	mg.g <sup>-1</sup>	0,043288	Zn	mg.g <sup>-1</sup>	0,044212	Zn	mg.g <sup>-1</sup>	0,044486
Zn	mg.g <sup>-1</sup>	0,051447	Pb	mg.g <sup>-1</sup>	0,048428	Pb	mg.g <sup>-1</sup>	0,045135
Ni	mg.g <sup>-1</sup>	0,083458	Ni	mg.g <sup>-1</sup>	0,134306	Ni	mg.g <sup>-1</sup>	0,100973
Mn	mg.g <sup>-1</sup>	0,237026	Mn	mg.g <sup>-1</sup>	0,290245	Mn	mg.g <sup>-1</sup>	0,213897
Fe	mg.g <sup>-1</sup>	8,05239	Al	mg.g <sup>-1</sup>	12,75953	Fe	mg.g <sup>-1</sup>	9,31527
Al	mg.g <sup>-1</sup>	8,60753	Fe	mg.g <sup>-1</sup>	13,098	Al	mg.g <sup>-1</sup>	10,22692

Os resultados com massa < 0,024 mg.g<sup>-1</sup> encontram-se os metais Cd, Cu, Cr e Pb, revelando baixa concentração desses elementos no sedimento. Na faixa entre 0,043<Cm<0,29 mg.g<sup>-1</sup> estão os metais Pb, Zn, Ni e Mn. O Fe e Al são os metais com maior concentração nos três pontos monitorados, apresentando concentrações com proporção me massa Pm> 8 mg.g<sup>-1</sup>.

Para verificação dos níveis de poluição que esse sedimento poderia causar numa situação de futura dragagem, após sua deposição no leito do rio, foram confrontados os resultados encontrados com a Resolução Conama 454/2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. A Tabela 2.0 mostra valores médios encontrados nos pontos P1, P2 e P3 e comparados com a legislação vigente para possíveis dragagens de material de leito.

**Tabela 2.0 – Níveis conforme Resolução CONAMA 454/2012**

Metais	Unidade	Nível 1 CONAMA 454/2012	Nível 2	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Cd	mg.kg <sup>-1</sup>	0,6	3,5	1,996	2,046	2,196
Cu	mg.kg <sup>-1</sup>	35,7	197	16,866	22,954	23,528
Cr	mg.kg <sup>-1</sup>	37,3	90	21,582	16,642	13,398
Pb	mg.kg <sup>-1</sup>	35	91,3	43,288	48,428	45,135
Zn	mg.kg <sup>-1</sup>	18	35,9	51,447	44,212	44,486
Ni	mg.kg <sup>-1</sup>	18	35,9	83,458	134,306	100,973
Mn	mg.g <sup>-1</sup>	-	-	237,026	290,245	213,897
Fe	mg.g <sup>-1</sup>	-	-	8052,39	13.098,0	9.315,27
Al	mg.g <sup>-1</sup>	-	-	8607,53	12.759,53	10.226,92
Nível 1						
Nível 2						

Os valores médios de metais pesados nos sedimentos suspenso foram classificados de acordo com a Resolução CONAMA 454/2012, o que indica que há possibilidade de ocorrer efeitos adversos à biota. Os metais Cu e Cr ficaram abaixo do nível 1 em todos os pontos, para Cd e Pb foram enquadrados como nível 1 e os metais Zn e Ni ficaram classificados acima do nível 2, faixa de concentração em que há grande probabilidade de efeitos tóxicos sobre os organismos aquáticos.

A Tabela 3.0 a 5.0 apresenta as massas de metais transportados para os pontos P1, P2 e P3 nos sedimentos suspensos. Verifica-se que a escala do transporte de metais suspensos em Kg.dia<sup>-1</sup> se dá em P3>P2>P1 em todas as campanhas realizadas.

**Tabela 3.0 - Transporte de metais suspensos em P1 em Kg.dia<sup>-1</sup>**

<b>Ponto 1</b>				
<b>Metal</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
<b>Cu</b>	0	107,3	0	0
<b>Cd</b>	29,3	58,4	235,4	462,5
<b>Cr</b>	29,3	59,6	0	0
<b>Zn</b>	380,8	333,8	556,3	610,1
<b>Pb</b>	214,8	238,5	342,3	68,9
<b>Ni</b>	449,1	405,4	1048,4	196,8
<b>Mn</b>	849,4	369,6	2161	993,8
<b>Al</b>	10749,3	23333,7	132032,7	157,4
<b>Fe</b>	11266,7	22999,9	95574,5	15261,4

**Tabela 4.0 - Transporte de metais suspensos em P2 em Kg.dia<sup>-1</sup>**

<b>Ponto 2</b>				
<b>Metal</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
<b>Cu</b>	60,1	745	0	0
<b>Cd</b>	50,1	55,9	265,8	438,4
<b>Cr</b>	20	186,2	0	0
<b>Zn</b>	310,7	651,9	204,4	663,3
<b>Pb</b>	310,7	298	552	112,4
<b>Ni</b>	721,6	1806,6	1267,5	393,5
<b>Mn</b>	922,1	1620,4	4006,8	843,1
<b>Al</b>	12959	105770,4	405873,6	1877,4
<b>Fe</b>	11966,7	67589,5	214630,2	18942,5

**Tabela 5.0 - Transporte de metais suspensos em P3 em Kg.dia<sup>-1</sup>**

<b>Ponto 3</b>				
<b>Metal</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
<b>Cu</b>	203,9	998	0	0
<b>Cd</b>	81,6	0	53,2	1415,2
<b>Cr</b>	0	218,3	0	0
<b>Zn</b>	1406,9	10728	152,1	1045,1
<b>Pb</b>	469	842	570,2	2939,3
<b>Ni</b>	1141,9	1746,4	798,3	566,1
<b>Mn</b>	16862,9	1621,7	4485,9	1023,3
<b>Al</b>	25488	69201,9	384455,8	1567,6
<b>Fe</b>	30544,8	63307,7	267214,5	20074,5

Nota-se também que para os metais Fe e Al para todas as seções ocorre o transporte de toneladas por dia, aderidos aos sedimentos. Valores de 405.873,6 Kg.dia<sup>-1</sup> para o Al no P2 na campanha 3 e de 267.214,5

Kg.dia<sup>-1</sup> para o Fe mostram que em determinados períodos do ano o transporte nas seções pode ser extremamente elevado devido a altas precipitações.

Para os metais Zn, Pb, Ni e Mn percebe-se dependendo da época do ano apresentam o transporte variando na escala de kilos a toneladas por dia. Para os metais Cu, Cr e Cd em algumas épocas do ano em algumas seções o transporte junto ao sedimento suspenso pode ser nulo podendo também estar na faixa de Kg.dia<sup>-1</sup>.

## CONCLUSÕES

O objetivo desse trabalho foi caracterizar a qualidade da água e sedimentos suspensos em um trecho do Rio Taquari, que compreende a foz do Rio Coxim, buscando avaliar a contribuição de poluentes oriundas da bacia do Rio Coxim para o Rio Taquari.

As concentrações dos metais nos sedimentos em suspensão para Cd e Pb ficaram no nível 1 conforme a Resolução CONAMA 454/2012, e no nível 2, para o Zn e Ni, podendo oferecer efeitos tóxicos sobre os organismos aquáticos.

O transporte de sedimentos em suspensão no P3 é maior que a soma das contribuições das confluências do Rio Taquari (P1) e Rio Coxim (P2), provavelmente pelo fato da existência de bancos de areias formando ilhas que contribuem significativamente com transporte de sedimentos para esse trecho (P3). Esses transportes de sólidos em suspensão no período monitorado encontram-se na faixa de 4.100 a 12.500 t/dia.

Observa-se que cerca de 60 % dos sedimentos suspensos transportados em P1 (Rio Taquari montante da Foz do Rio Coxim), P2 (Foz do Rio Coxim) e P3 (Rio Taquari jusante da Foz do Rio Coxim) são areias finas, para o metal Al foram transportado cerca de 405.873,6 Kg.dia<sup>-1</sup> no P2 na campanha 3 e de 267.214,5 Kg.dia<sup>-1</sup> para o Fe mostram que em determinados períodos do ano o transporte nas seções pode ser extremamente elevado devido ao período de cheias na bacia.

Para os metais Zn, Pb, Ni e Mn percebe-se dependendo da época do ano apresentam o transporte variando na escala de kilos a toneladas por dia. Para os metais Cu, Cr e Cd em algumas épocas do ano em algumas seções o transporte junto ao sedimento suspenso pode ser nulo podendo também estar na faixa de Kg.dia<sup>-1</sup>.

Os resultados são de fundamental importância para a gestão ambiental em geral, uma vez que a elaboração e priorização das políticas ambientais baseiam-se nos resultados do monitoramento ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater. 22th edition**, Washington D.C., 2012.
2. Barbedo, Armando **Garcia Arnal. Estudo hidrossedimentológico na Bacia do Alto Paraguai**, Pantanal. MS Dissertação de Mestrado, 2003.
3. CETESB. 2008.: Monitoramento de Escherichia coli e coliformes termotolerantes em pontos da rede
4. EFFENDI, Hefni. River water quality preliminary rapid assessment using pollution index. **Procedia Environmental Sciences**, v. 33, p. 562-567, 2016.
5. IDE, C.N. (Coordenador). Subprojeto 1.5 – Distribuição e transporte de agroquímicos e metais pesados na bacia do Alto Paraguai. In: Projeto implementação de práticas de gerenciamento integrado de bacia hidrográfica para o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai. Brasília: ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2003.
6. LAMPARELLI, Marta Condé. **Graus de trofia em corpos d 'água do estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento**. Dissertação de Mestrado pela. Universidade de São Paulo, 2004.
7. MARQUES, JOYCE R. et al. Política nacional de recursos hídricos: uma descrição da política. 2016.
8. MENDES, Ludmilson Abritta et al. Trade-off analysis among multiple water uses in a hydropower system: case of São Francisco River basin, Brazil. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 141, n. 10, p. 04015014, 2015.
9. MOZETO, Antonio A.; JARDIM, Wilson de F.; UMBUZEIRO, Gisela de A. Projeto qualiSed: relatório final-v. 1-bases técnico científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimentos (CQS)-

- experimentos de campo e laboratório. In: **Projeto qualiSed: relatório final-v. 1-bases técnico científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimentos (CQS)-experimentos de campo e laboratório**. UFSC, 2003.
10. NAVRATIL, O. et al. Global uncertainty analysis of suspended sediment monitoring using turbidimeter in a small mountainous river catchment. **Journal of Hydrology**, v. 398, n.3-4, p.246– 259, 2011.
  11. POLETO, C.; MERTEN, G. H. **Qualidade dos sedimentos**. Porto Alegre: ABRH, p.397. 2006.
  12. PYE, Kenneth; BLOTT, Simon J. Particle size analysis of sediments, soils and related particulate materials for forensic purposes using laser granulometry. **Forensic Science International**, v. 144, n. 1, p. 19-27, 2004.
  13. SAMPAIO, A.C.S. **Metais pesados na água e sedimentos dos rios da Bacia do Alto Paraguai**. Dissertação - (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 76p Campo Grande, 2003.
  14. SHINMA, Enio Arriero. **Avaliação da qualidade das águas dos rios da bacia hidrográfica do Alto Paraguai**, Pantanal, Dissertação de Mestrado. 2004.
  15. TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. Limnologia. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2008.
  16. YAO, Qingzhen et al. Characterization of the particle size fraction associated with heavy metals in suspended sediments of the Yellow River. **International journal of environmental research and public health**, v. 12, n. 6, p. 6725-6744, 2015.