

INFLUÊNCIA DO PULSO DE INUNDAÇÃO NAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM UM RIO DE PLANÍCIE

The Flood Pulse Influence in Some Limnological Variables in a Lowland River

DOI 10.55028/geop.v18i34

Jonas de Sousa Correa*
William Marcos da Silva**

Resumo: Os pulsos de inundação são eventos de ordem natural decorrentes das oscilações fluviométricas durante o ciclo hidrológico em planícies de inundação. Este trabalho teve como objetivo verificar as alterações físicas e químicas que ocorrem em fases distintas de um ciclo hidrológico entre uma lagoa marginal e um rio de planície conectados. Foram realizadas quatro campanhas em diferentes períodos do ciclo hidrológico e analisados diversos parâmetros de qualidade de água. Os resultados mostraram que ambos os ambientes respondem com grandes alterações da qualidade de água durante a fase de enchente do rio resultante da inundação da planície.

Palavras-chave: Pantanal, rio Paraguai, Baía, Lagoa marginal, Ciclo hidrológico.

Abstract: Flood pulses are natural events resulting from fluviometric oscillations during the hydrological cycle in floodplains. This work aimed to verify the physical and chemical changes that occur in different phases of a hydrological cycle between a connected lake and a lowland river. Four campaigns were carried out in different periods of the hydrological cycle and several parameters of water quality were analyzed. The results showed that both environments respond with large changes in water quality during the flood phase of the river resulting from flooding the plain.

Introdução

Os pulsos de inundação são característicos de áreas alagáveis e são processos de ordem natural, originados através de oscilações pluviométricas na bacia hidrográfica (Junk *et al.*, 1989). A dinâmica deste processo implica em relações que envolvem aspectos bióticos e abióticos durante os períodos de seca e cheia (Bouwman *et al.*, 2013; Alho, 2008); no transbordo dos rios, por exemplo, durante a invasão da planície marginal, a matéria orgânica e inorgânica, proveniente da borda, interage com a água, ocorrendo processos de mineralização e decomposição (Kruse *et al.*, 2004). Assim, do ponto de vista ecológico, essas áreas inundáveis, são consideradas sistemas “tampão”, os quais, por sua vez, asseguram a manutenção da biota aquática e terrestre (Rebelo *et al.*, 2010; Mitsch *et al.*, 2010), já que as variáveis limnológicas, em

* Doutor em Tecnologias Ambientais (PPGTA/UFMS). Universidade Estácio de Sá, Campo Grande, MS. E-mail: jonas.scorrea@professores.estacio.com.br.

**Doutor em Ecologia (UFScar, SP). Laboratório de ecologia (UFMS/CPAN/Corumbá, MS), Programa de pós-graduação em Tecnologias Ambientais (UFMS/FAENG). E-mail: william.m.silva@ufms.br.

Keywords: Pantanal, Paraguay River, Baía, Marginal Lake, Hydrologic cycle.

decorrência dos ciclos de inundação, exercem papel fundamental na dinâmica do fluxo de energia e ciclagem de nutrientes (Oliveira-Jr *et al.*, 2013). Além disso, os materiais orgânicos provenientes dos vegetais nos sedimentos ocasionam emissões de gases, entre eles o gás carbônico em sistemas lânticos, que recebem aporte de água proveniente de inundação (Bianchini *et al.*, 2010), e o gás sulfídrico em áreas alagáveis (Affonso; Waichman, 2004).

Nesse processo, a geomorfologia tem papel fundamental em conjunto com a hidrologia, ocasionando mudanças de qualidade de água (Hamilton *et al.*, 1998), e, durante os estágios de seca e cheia, há deposição de sedimentos e nutrientes, sejam eles provenientes do transporte, bem como a conexão temporária do rio com uma ou mais lagoas marginais (Noe *et al.*, 2013; Hudson *et al.*, 2012; Langhans *et al.*, 2013). Dessa maneira, em certas ocasiões, quando ocorre aumento na velocidade da subida das águas, geralmente no início da fase hidrológica de enchente, as águas provenientes das chuvas nas cabeceiras dos rios ocasionam eventos de hipóxia no corpo de água, onde ocorre a depleção do gás oxigênio da água, e aumento da concentração de gás carbônico, CO₂, impactando diretamente a fauna aquática (Oliveira *et al.*, 2013; Townsend; Edwards, 2003; Whitworth *et al.* 2013; Hamilton *et al.*, 1997).

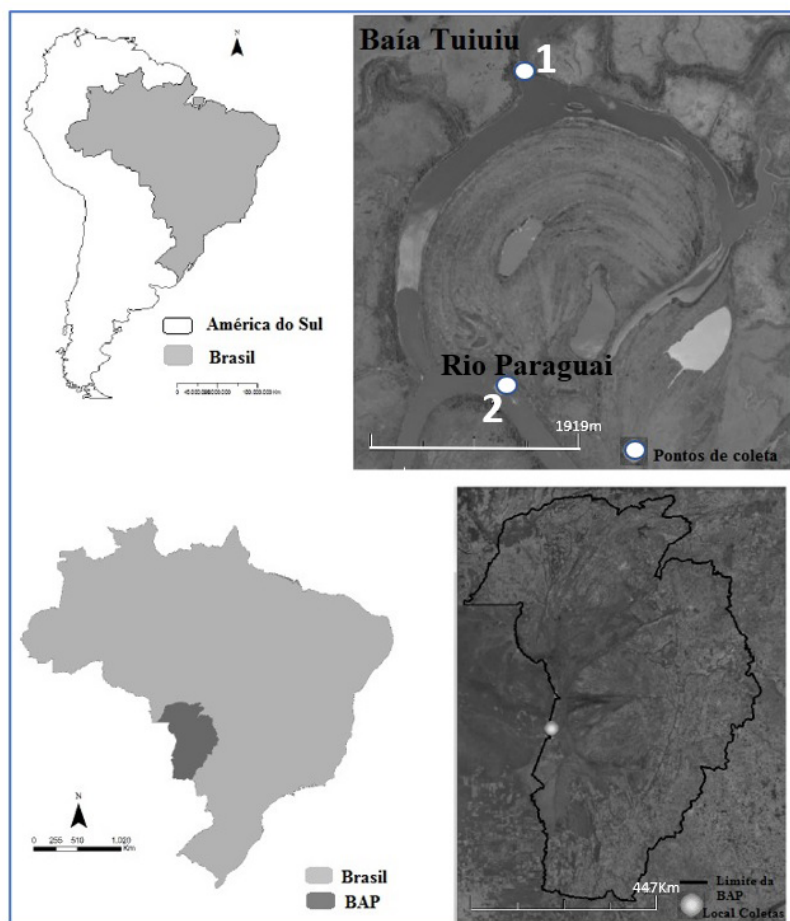
Este trabalho tem como objetivo verificar as alterações físicas e químicas

que ocorrem em fases distintas de um ciclo hidrológico entre uma lagoa marginal e um rio de planície conectados.

Material e Métodos

Foram amostrados dois locais em um trecho do rio Paraguai, um na calha principal do rio Paraguai (R), a montante de um meandro conectado, e outro uma lagoa marginal conectada ao rio, Baía do Tuiuiu (B) (Fig.1). As amostragens ocorreram durante o ciclo hidrológico 2012 – 2013, em 4 campanhas, realizadas no ano de 2012 no mês de maio (E1 - Enchente) e setembro (V - Vazante), e no ano de 2013 em janeiro (S – Seca) e em abril (E2 – Enchente). As campanhas foram realizadas no período compreendido entre 7h e 11h, sem ocorrência de precipitação.

Figura 1 – Área de Estudo na Baía do Tuiuiu – B - (ponto 1) e rio Paraguai – R - (Ponto 2) no município de Corumbá-MS



Fonte: Modificada (LABGIS, 2014).

Em campo, foram medidas as variáveis Temperatura da água (T), Condutividade Elétrica (C.E), Turbidez (Tur) e Oxigênio Dissolvido (O.D) com o auxílio de uma Sonda multiparâmetro de qualidade de água Horiba U50, e a Transparência da Coluna de Água (Transp.) através do Disco de Secchi. As águas, para análise de qualidade, foram coletadas entre 30 a 40 cm de profundidade, em triplicatas, para o rio e a lagoa. Amostras de água foram acondicionadas em frascos de polietileno para a determinação das concentrações de Dureza (Dur) e Gás Sulfídrico (H_2S) no Laboratório de Ecologia do Pantanal, em Corumbá-CPan/UFMS; e de Nitrogênio Total (NT), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Nitrogênio Amoniacal (Nit. A.), Nitrogênio Orgânico (Nit. Org.), Nitrato (Nitrato), Nitrito (Nitrito), Fósforo Total (P), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Sólidos Suspensos Totais (SST), Gás Carbônico (CO_2) e Ferro (Fe) no Laboratório de Qualidade Ambiental – LAQUA-UFMS, Campo Grande.

As concentrações de Ferro total (Fe) foram determinadas através de Espectrofotometria de Absorção Atômica - SPECTRAA FS 220 – VARIAN, e os gases H_2S e CO_2 dissolvidos, através de cálculo indireto para determinação de concentração. Todas as amostras foram analisadas com metodologia do Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater (Apha, 2012).

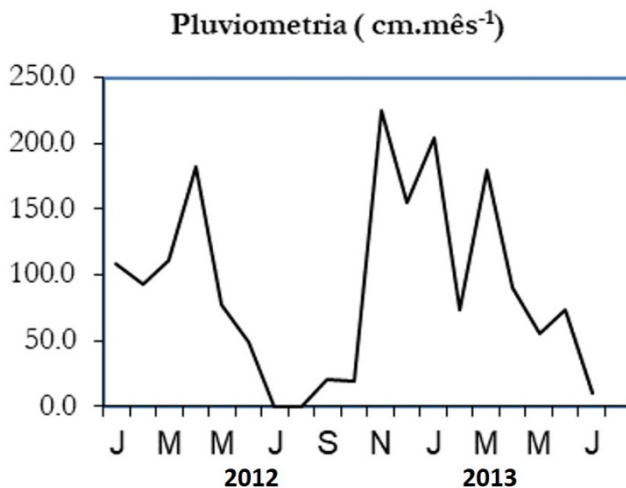
A altura do rio foi obtida do Serviço de Sinalização Náutica do Oeste – SSN-6 Marinha do Brasil, em Ladário-MS. A velocidade de inundação foi calculada como sendo a média acumulada das alturas absolutas (m), dividindo pela totalidade dos dias acumuladas pelo seu período (E1, S e E2). A precipitação do período foi obtida do Instituto Nacional de Meteorologia (<https://inmet.gov.br>).

Os valores obtidos foram previamente investigados quanto à existência de normalidade segundo o método Shapiro-Milk ($p < 0,01$). Aplicou-se uma Análise de Componentes Principais (ACP) e a Correlação de Pearson somente às variáveis normais, utilizando o Programa Estatístico XLSTAT, versão 2014.1.01.

Resultados e discussão

A figura 2 mostra os valores para a precipitação registrados na região de Corumbá/MS. A precipitação acumulada nos períodos de enchente E1 (janeiro a abril de 2012) e E2 (janeiro a abril de 2013), anteriores a coleta, foram, respectivamente, 386,50 e 457,80 $cm.mês^{-1}$.

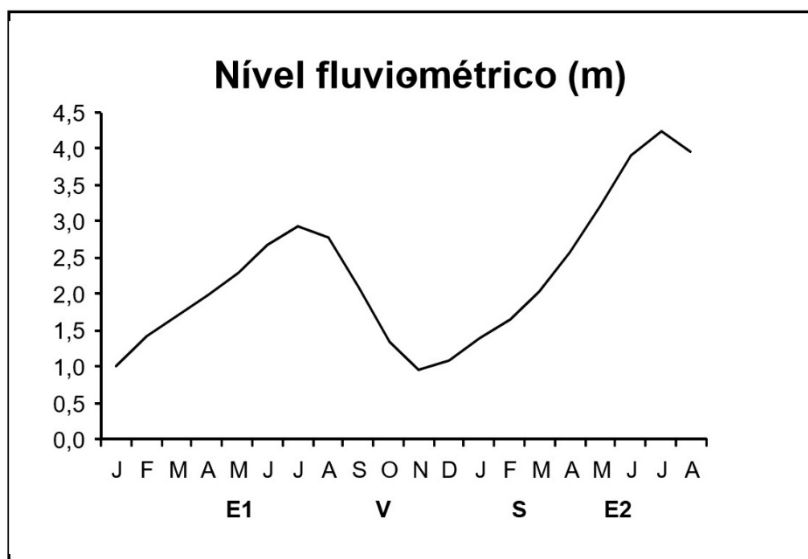
Figura 2 – Variação da precipitação pluviométrica (cm.mês^{-1}) na região de Corumbá/MS, compreendidos entre janeiro de 2012 a julho de 2013



Fonte: modificada de INMET (2014).

A figura 3 mostra a variação da altura no nível do rio Paraguai no período de janeiro de 2012 a agosto de 2013. O maior nível foi a enchente no ano de 2013 registrado no mês de julho, com altura de 4,26 m, enquanto que a enchente do ano anterior foi menor, com valor máximo de 2,96 m no mês de julho de 2012.

Figura 3 – Variação da altura (m) da régua de Ladário-MS (nível fluviométrico) do rio Paraguai registrado no período de jan-2012 a ago-2013



Fonte: modificado de SSN-6-Marinha do Brasil, 2014.

Os respectivos valores das médias, seguidos por mínimos, máximo e desvios padrão das variáveis analisadas durante as 4 campanhas nos dois ambientes estão listados Tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis com resultados obtidos nas 4 campanhas (E1, V, S e E2) nos ambientes Rio e Baía (2012 – 2013)

Variáveis	Rio				Baía			
	E1	V	S	E2	E1	V	S	E2
Trans. (m)	0,44	0,36	0,32	0,34	0,49	0,4	0,17	0,46
Tur. (NTU)	18,3	26,62	44,31	39,28	10,51	13,84	68,98	17,1
T. (°C)	26,08	26,35	31,1	27,1	23,28	25,09	28,68	26,86
C.E. ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	29,61	26	22	35	29,22	37,17	25	35,94
OD ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	2,66	4,92	4,95	1,4	4,41	2,53	4,18	1,66
pH	6,57	7,18	6,62	6,44	6,75	6,82	6,31	6,45
CO ₂ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	9,43	1,43	8,7	29,1	8,08	7,3	17,9	33,5
H ₂ S ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,47	0,06	0,69	0,81	0,47	0,51	0,18	0,24
Alc. ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	20,35	21,4	20,2	49,55	21,48	24,28	18,35	52,2
Dur. ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	22,49	15,5	16,72	4,73	14	24,74	24,96	8,4
Cl. ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	1,68	2,31	4,31	1,84	3,26	3,91	7,23	6,06
P. ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	45,57	23,55	42,35	116,71	36,81	20,34	87,9	70,04
SST ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	12,58	10,53	14,5	18,89	4,67	4,73	9,33	19,1
STD ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	101,25	73,38	42	168,2	90,75	78	77,25	187,6
Nitrato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	1,56	0,71	0,98	1,2	1,43	1,61	0,68	1
Nitrito ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001
NTK ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,69	1,79	0,72	2,89	0,8	2,6	1,49	3
Nit. A. ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,26	0,57	0,36	0,14	0,2	0,63	0,53	0,12
Nit. Org. ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,44	1,22	0,36	2,75	0,6	1,97	0,96	2,89
NT ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	2,25	2,5	1,7	4,09	2,23	4,2	2,16	4
DQO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	88,73	44,92	19,56	116	54,99	69,25	29,34	68,06
Fe ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	2,53	0,85	0,83	5,48	2,86	2,61	2,84	2,71
Mn ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,92	0,12	0,08	0,22	1,08	0,32	0,16	0,14
VI ($\text{cm}\cdot\text{dia}^{-1}$)	1,06	0	0,9	2,19	1,06	0	0,9	2,19
R. Ladário (m)	2,16	2,3	1,38	2,79	2,16	2,3	1,38	2,79
Trans. (m)	0,44	0,36	0,32	0,34	0,49	0,4	0,17	0,46

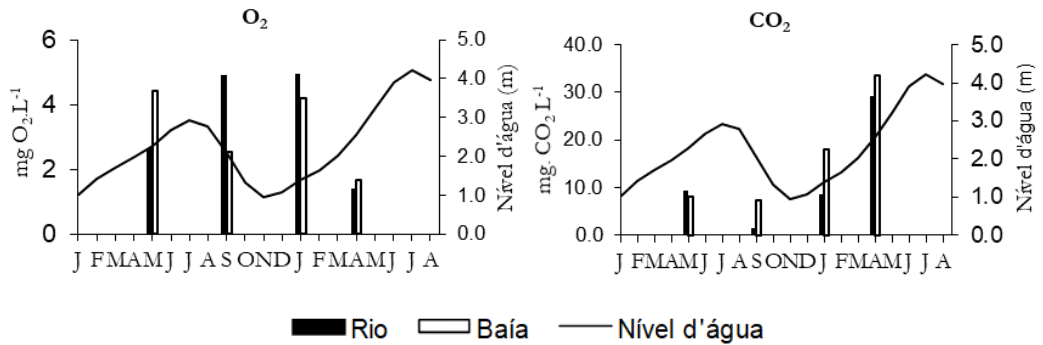
A dinâmica do pulso de inundação do rio Paraguai na porção estudada é de picos da vazante (menor altura do rio) no período de chuvas (outubro a dezembro), e de pico de enchente (maior altura do rio) em período de seca (maio a julho). Este

padrão não corresponde ao ciclo de chuvas regionais, fato que ocorre em virtude da grande extensão do rio Paraguai que recebe a contribuição de vários tributários a montante e somado a baixa declividade desta região faz com que o pico da enchente ocorra no período de seca (Da Silva; Esteves, 1995). As velocidades de enchimento da seca até a datas de coleta foi de 386,50 cm.mês⁻¹ para E1 e 457,80 cm.mês⁻¹ para E2, mostrando que a velocidade de enchimento em 2013 foi maior em 71, 3 cm.mês⁻¹ que o período anterior em 2012, inferindo que o volume de chuvas em 2012/2013 foi maior que 2011/2012.

A Tabela 2 mostra os valores de correlação do pulso de inundação para os dois ambientes R e B. Os resultados mostram que os ambientes apresentam correlações iguais positivas para as variáveis C, STD, NTK, Nit.Org. e DQO, e negativas somente para OD. Isoladamente para o ambiente baía (B), a correlação positiva foi transparência (Trans) e negativa para turbidez (Turb). Por fim, para o ambiente rio (R) somente sendo positiva para NT e Fe. Similaridades entre ambientes conectados são esperadas, onde o grau de conexão entre os ambientes aquáticos direciona muitos processos químicos, físicos e biológicos (Bleich *et al.*, 2009; Güntzel *et al.*, 2020; Rodrigues *et al.*, 2002).

As baixas concentrações de OD registradas em 2013 (Fig. 4) em E2R (1,40 mg.L⁻¹) e E2B (1,66 mg.L⁻¹) se devem, provavelmente, à degradação da matéria orgânica das áreas de inundação, que em 2013 foi maior pelo aumento da velocidade de subida da água e maior área inundada, resultado da maior alta do rio (Fig.3). Assim, o pulso de inundação promove deterioração da qualidade da água, que frequentemente ocorre na planície do rio Paraguai (Oliveira *et al.*, 2013). A matéria orgânica que entra no sistema pela inundação (Tabela 2) consome o oxigênio da coluna de água no seu processo natural de degradação, promovendo a mineralização, resultando em maiores concentrações de CO₂ (Fig. 4), como observado em experimentos de oxidação de matéria orgânica em sistemas aquáticos tropicais (Cunha-Santino; Bianchini-Júnior, 2003) e por Hamilton *et al.* (1995) para áreas de inundação do Pantanal. Em 2012, com a menor velocidade da água e menor altura do rio, as concentrações de OD foram maiores principalmente em EB1, que pode ser resultado de produção primária que aporta oxigênio para o sistema, como observado em lagoas da região norte do Pantanal (Bleich *et al.*, 2009).

Figura 4 – Concentrações de O₂ e CO₂ em relação ao Nível Fluviométrico



Fonte: autor Jonas de Sousa Correa

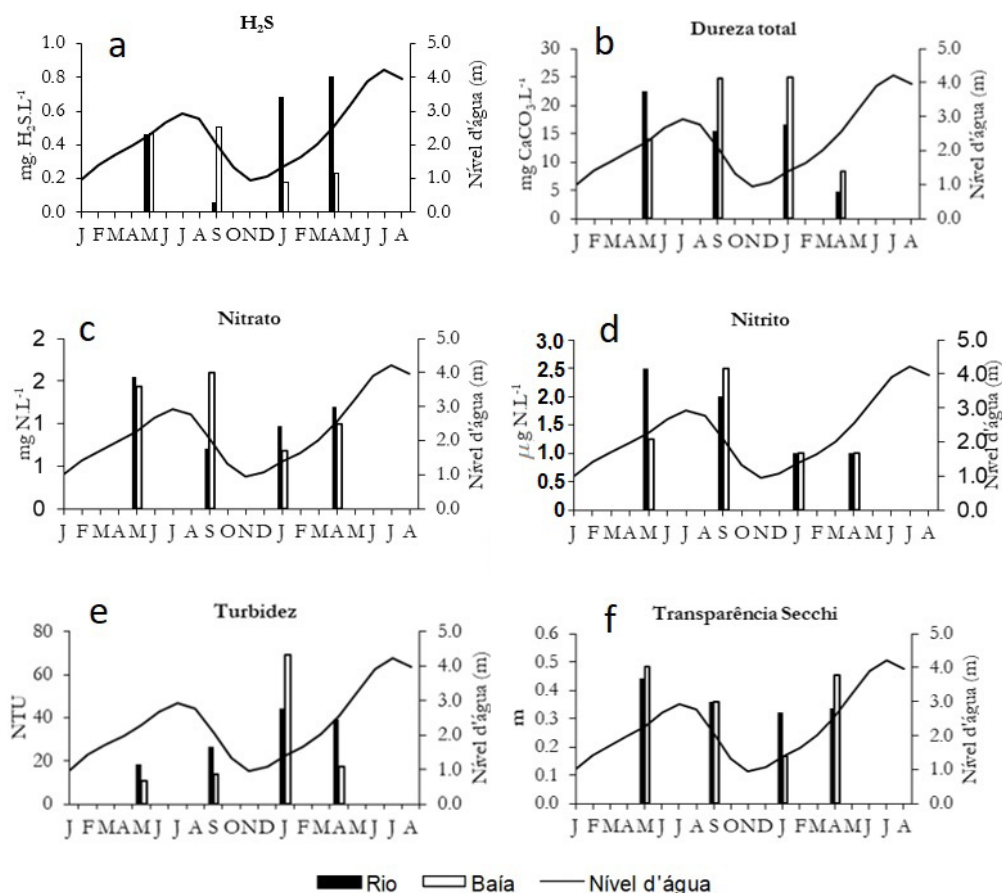
Tabela 2 – Correlação de Pearson entre o nível fluviométrico e as variáveis amostradas normais. Em destaque e negrito os valores com correlação significativa

	Baía		Rio	
	R	Pearson	R	Pearson
Trans.	0,854	0,146	0,162	0,838
Tur.	-0,840	0,160	-0,277	0,723
C.E.	0,861	0,139	0,910	0,090
O.D.	-0,789	0,211	-0,734	0,267
CO2	0,390	0,610	0,571	0,429
H2S	0,299	0,701	-0,020	0,980
Dur.	-0,732	0,268	-0,596	0,404
P	-0,391	0,609	0,618	0,382
SST	0,463	0,537	0,353	0,647
STD	0,750	0,250	0,896	0,104
Nitrato	0,457	0,543	0,170	0,830
Nitrito	0,163	0,857	0,111	0,889
NTK	0,743	0,257	0,833	0,167
Nit. A.	-0,565	0,435	-0,347	0,653
Nit.Org.	0,752	0,248	0,840	0,160
NT	0,035	0,965	0,796	0,204
DQO	0,930	0,070	0,854	0,146
Fe	-0,559	0,441	0,769	0,231

O gás H₂S apresentou dinâmicas diferentes entre os ambientes e entre os períodos (Fig. 5a), com uma maior variação entre os períodos no rio com mínimo

na seca (S) com $0,06 \text{ mg.L}^{-1}$ e máximo no E2 com $0,81 \text{ mg.L}^{-1}$ e na baía com variações menores com mínima de $0,18 \text{ mg.L}^{-1}$ na seca (S) e máxima na vazante (V) com $0,51 \text{ mg.L}^{-1}$. Estes valores foram maiores que os registrados no período de 1993/94 na baía do castelo, uma lagoa marginal do rio Paraguai a 30km ao norte da área amostrada, onde a média para H_2S foi menor que $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ (Calheiros, Hamilton; 1998) evidenciando que os diferentes ambientes afetam a dinâmica do gás. A decomposição da matéria orgânica promovida pelo pulso de inundação da fase de enchente é principal causa do efeito anóxico (Calheiros; Ferreira, 1996) e, tem ionização através do processo de redução biológica do íon Sulfato (SO_4^-), aumentando a sua disponibilidade em condições anaeróbias (Esteves, 2011). O presente estudo corrobora esta relação entre enchente, anoxia e aumento de H_2S .

Figura 5 – Valores das concentrações de H_2S , Dureza total, Nitrito, Nitrato, turbidez e transparência em relação ao Nível Fluviométrico



Fonte: autor Jonas de Sousa Correa

As concentrações de Nitrato para as fases de vazante (V) foram maiores na baía, com valores de VB (1,61 mg.L⁻¹) em relação à VR (0,61 mg.L⁻¹) e, nas outras fases, um pouco menor. O Nitrito em E1R apresentou valores de 0,003 mg.L⁻¹ assim como VB (0,003 mg.L⁻¹). Estes resultados mostram que a velocidade do enchimento tem impacto nas concentrações de Nitrato, onde a menor velocidade aumenta a diferença entre os ambientes. Os valores registrados neste estudo seguem o padrão da variação observada por Hamilton *et al.* (1995) em algumas localidades do rio Paraguai. Nesse estudo, os autores encontraram valores que variaram entre 0 e 9,3 mg.L⁻¹ de Nitrato.

Os valores de Dureza apresentaram correlação negativa em relação ao nível fluviométrico (tabela 3). As baixas concentrações em fase de enchimento foram encontradas por Hamilton *et al.* (1997), investigando a dinâmica dos principais íons da variável, que são os elementos Cálcio e Magnésio, no rio Paraguai próximo à cidade de Corumbá, e assim como em pesquisa realizada nos lagos na região do Pantanal Norte (Abdon; Da Silva, 2004). Estes resultados mostram que a fase de águas baixas e de enchimento concentram determinados íons que se tornam diluídos na fase de cheia; e que na Baía a concentração é maior em grande parte do ciclo hidrológico.

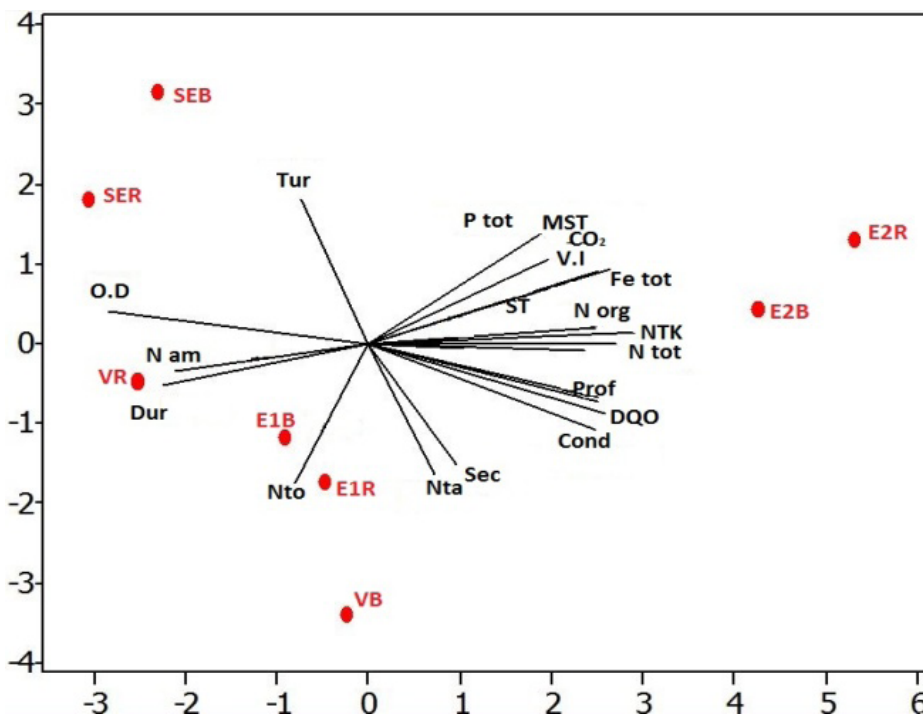
As Figuras 5e e 5f mostram a relação da variável fluviométrica com a turbidez e a transparência da água, onde há correlação positiva da transparência da coluna de água e negativa para Turbidez. Na região do Pantanal do rio Paraguai a transparência está relacionada com as chuvas locais que ocorrem na fase de seca (Hamilton; Lewis Jr, 1987; Resende; Almeida, 2012). E o rio, que é geralmente mais turbulento que as lagoas marginais, apresentou maiores valores para turbidez em relação à baía, com exceção da fase de vazante, fase de maior diferença entre os ambientes devido aos processos internos da baía, estas variações de turbidez e transparência também foram registradas em outras áreas de inundação da região do Pantanal (Da Silva; Figueiredo, 1999; Espíndola *et al.*, 1996).

A concentração de fósforo (P) foi maior na fase enchente, com os maiores valores em E2 para ambos os ambientes, mas principalmente pra o rio (Tab.1). Os valores de P são relativamente altos quando comparados com regiões do Brasil com baixa densidade populacional (Moss; Moss, 2005). Portanto, a eutrofização das águas ocorre de forma natural por inundação de grandes áreas marginais.

A análise de componentes principais (ACP) (Fig. 6) demonstrou que os dois principais eixos estão correlacionados com 71,2% da variação nos dados, onde o primeiro eixo explicou 48,9% das variações e o segundo 22,3%. Na ACP destacaram os pontos E2R e E2B que tiveram relação positiva para CO₂ e negativa para O₂. Estes pontos também correlacionaram com a maioria das variáveis tais como:

C.E., NT, SST, CO₂, VI, Fe, STD, Nit. Org., NTK, Régua, DQO e H₂S. Já para E1R e E1B, com Nitrito. SB e SR com O.D. e Tur, VR; com Nit. A. e Dur, VB sem vetores associados.

Figura 6 – Análise de Componentes Principais para as Variáveis: Condutividade Elétrica, Turbidez, Oxigênio Dissolvido, Sólidos em Suspensão Total, Dureza, Série Nitrogenada, Fósforo Total, DQO, Sólidos Dissolvidos Totais, CO₂, H₂S, Altura da régua de Ladário, Velocidade de inundação e Ferro. Eventos: de Enchente, Vazante (2012); Seca e Enchente (2013) e Ambientes: Baía e Rio



A ACP, quanto à análise de correlação, mostrou que a fase de enchimento é crítica para as variáveis físicas e químicas do rio e da baía, e que a velocidade do enchimento promove o aumento dos valores das variáveis. Estes resultados corroboram outros autores que estudaram o fenômeno da desoxigenação das águas do rio Paraguai e de suas lagoas marginais em outras localidades (Bergier *et al.*, 2015; Calheiros, Hamilton; 1998; Hamilton *et al.* 1995; Oliveira *et al.*, 2013).

Conclusão

Os pulsos de inundação, dependendo da velocidade e da altura da coluna de água, resultam em deterioração da água, principalmente na diminuição das

concentrações de O₂ e aumento de CO₂ e H₂S. O pulso de inundação, portanto, foi a principal função de força do sistema e promove uma dinâmica de homogeneização. A conexão permanente entre os ambientes (rio e baía) foi fundamental para explicar as variações similares entre eles na maior parte das fases do ciclo hidrológico; variações essas que demonstraram que é na fase de vazante que os sistemas permanecem com características físicas e químicas distintas em suas águas.

Agradecimentos

À CAPES pela Bolsa Auxílio, Ao Laboratório de Ecologia CPAN/UFMS, LAQUA – Laboratório de Qualidade Ambiental - FAENG/UFMS, LABGIS/UFMS pelo serviço de digitalização de imagens, e ao pilotoeiro Jocemir Antunes (Jaburu).

Referências

- ABDO, M. S. A.; DA SILVA, C. J. Limnological characteristics of the water bodies of the Corutuba Nesting Site in Brazil's Pantanal. *Acta Limnol. Bras.*, v. 16, n. 4, p. 359-368, 2004.
- AFFONSO, E. G.; WAICHMAN, A. V. Tolerância ao gás sulfídrico em alguns peixes da Amazônia Central. In: Cintra, R. (coord.). **História Natural, Ecologia e Conservação de Algumas Espécies de Plantas e Animais da Amazônia**. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas (EDUA), p. 167-171, 2004.
- ALHO, C. J. R. Biodiversity of the Pantanal: response to seasonal flooding regime and to environmental degradation. *Brazilian Journal of Biology*, v. 68 (4 supl.), p. 957-966, 2008.
- APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th ed. Washington: American Public Health Association, 2012.
- BERGIER, I.; SILVA, A. P. S.; MONTEIRO, H.; GUÉRIN, F.; MACEDO, H. A.; SILVA, A.; KRUSCHE, A.; SAWAKUCHI, H. O.; BASTVIKEN, D. Methane and carbon dioxide dynamics in the Paraguay River floodplain (Pantanal) in episodic anoxia events. In: BERGIER, I.; ASSINE, M. L. (eds.). **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. p 163-178.
- BIANCHINI Jr., I.; CUNHA-SANTINO, M. B.; ROMEIRO, F.; BITAR, A. L. Emissions of methane and carbon dioxide during anaerobic decomposition of aquatic macrophytes from a tropical lagoon. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 22, n. 2, p. 157-164. 2010.
- BLEICH, M. E.; SILVEIRA, R. M. L.; NOGUEIRA, F. M. B. Limnological patterns in northern Pantanal lagoons. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 52, n. 3, p. 755-764, 2009.
- BOUWMAN, A. F.; BIERKENS, M. F. P.; GRIFFIOEN, J.; HEFTING, M. M.; MIDDELBURG, J. J.; MIDELKOOP, H.; SLOMP, C. P. Nutrient dynamics, transfer and retention along the aquatic continuum from land to ocean: towards integration of ecological and biogeochemical models. *Biogeosciences*, v.10, p. 171-184, 2013.
- CALHEIROS, D. F.; FERREIRA, C. J. A. **Alterações limnológicas no rio Paraguai (“Dequada”) e o fenômeno natural de mortandade de peixes no Pantanal Mato-grossense-MS**. Corumbá: EMBRAPA Pantanal (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 7), 51p., 1996.
- CALHEIROS, D. F.; HAMILTON, S. K. Limnological conditions associated with natural fish kills in the Pantanal wetland of Brazil. *Verh. Internat. Verei. Limnol.*, v. 26, p. 2189-2193, 1998.

- CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI Jr., I. Oxygen Consumption During Mineralization of Organic Compounds in Water Samples from a Small Sub-Tropical Reservoir (Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 4, p. 723-729, dec. 2003.
- DA SILVA, C. J.; ESTEVES, F. A. Dinâmica das características limnológicas das baías Porto de Fora e Acurizal em função do nível de água (Pantanal de Mato Grosso). In: ESTEVES, F. A. (coord.). **Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas brasileiros** (Série Oecologia Brasiliensis), v. 1, p. 47-60, 1995.
- DA SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, D. M. Variação limnológica das baías de Chacororé e de Sá Mariana, Pantanal Mato-Grossense, Mato Grosso (MT). **Revista Mato-grossense de Geografia**, v. 3, n. 1, p. 57-75, 1999.
- ESPÍNDOLA, E. L. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; MORENO, I. H. Efeitos da dinâmica hidrológica do sistema Pantanal Matogrossense sobre a estrutura da comunidade de zooplâncton da Lagoa Albuquerque. **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 8, p. 37-57, 1996.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- GÜNTZEL, A. M.; SILVA, W. M.; PANARELLI, E. A. Connectivity as the control key to intensity of flood pulse in Taquari River oxbow lakes. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 4, p. e2534, 2020.
- HAMILTON, S. K.; LEWIS Jr., W. M. Causes of seasonality in the chemistry of a lake on the Orinoco River floodplain, Venezuela. **Limnol. Oceanogr.**, v. 32, n. 6, p. 1277-1290, 1987.
- HAMILTON, S. K.; SIPPEL, S. J.; CALHEIROS, D. F.; MELACK, J. M. An anoxic event and other biogeochemical effects of the Pantanal wetland on the Paraguay River. **Limnology and Oceanography**, v. 42, n. 2, p. 257-272, 1997.
- HAMILTON, S. K.; SIPPEL, S. J.; MELACK, J. M. Oxygen depletion and carbon dioxide and methane production in waters of the Pantanal wetland of Brazil. **Biogeochemistry**, v. 30, p. 115-141, 1995.
- HAMILTON, S. K.; SOUZA, O. C.; COUTINHO, M. E. Dynamics of floodplain inundation in the alluvial fan of the Taquari River (Pantanal, Brazil). **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v. 26, p. 916-922, 1998.
- HUDSON, P. F.; HEITMULLER, F. T.; LEITCH, M. B. Hydrologic connectivity of oxbow lakes along the lower Guadalupe River, Texas: The influence of geomorphic and climatic controls on the "flood pulse concept". **Journal Hydrology**, v. 414-415, p. 174-183, jan. 2012.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P.; SPARKS, R. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Can. J. Fish Aquatic Science**, v.106, p. 110-127, 1989.
- KRUSE, J. S.; KISSEL, D. E.; CABRERA, M. L. Effects of drying and rewetting on carbon and nitrogen mineralization in soils and incorporated residues. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 69, p. 247-256, 2004.
- LANGHANS, S. D.; RICHARD, U.; RUEEGG, J.; UEHLINGER, U.; EDWARDS, P.; DOERING, M.; TOCKNER, K. Environmental heterogeneity affects input, storage, and transformation of coarse particulate organic matter in a floodplain mosaic. **Aquat. Sci.**, v. 75, p. 335-348, 2013.
- MITSCH, W. J.; NAHLIK, A.; WOLSKI, P.; BENAL, B.; ZHANG, L.; RAMBERG, L. Tropical wetlands: seasonal hydrologic pulsing, carbon sequestration and methane emissions. **Wetlands Ecol. Manage.**, v. 18, p. 573-586, 2010.
- MOSS, G.; MOSS, M. **Brasil das águas: revelando o azul do verde e amarelo**. São Paulo: Supernova, 2005. 159p.
- NOE, G. B.; HUPP, C. R.; RYBICK, N. B. Hydrogeomorphology influences soil nitrogen and phosphorus mineralization in floodplain wetlands. **Ecosystems**, v. 16, p. 75-94, 2013.

OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F.; PADOVANI, C. R. **Mapeamento e descrição das áreas de ocorrência dos eventos de decoada no Pantanal** – Corumbá: Embrapa Pantanal (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 121). 2013. 21 p.

OLIVEIRA-JUNIOR, E. S.; BUTAKKA, C. M. M.; SILVA, C. J.; MUNIZ, C. C. A influência do pulso de inundação na ecolimnologia de baías pantaneiras: um estudo na dinâmica de invertebrados aquáticos. **Holos Environment** (Online), v. 13, n. 2, p. 188-199, 2013.

REBELO, L. M.; McCARTNEY, M. P.; FINLAYSON, C. M. Wetlands of Sub-Saharan Africa: distribution and contribution of agriculture to livelihoods. **Wetlands Ecology and Management**, v.18, p. 557-572, 2010.

RESENDE, E. K.; ALMEIDA, I. M. **Alimentação dos peixes detritívoros da Baía Tuiuiú, rio Paraguai, Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil**. [Recurso eletrônico]. Corumbá: Embrapa Pantanal (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 115), 2012. 18 p.

RODRIGUES, L. C.; TRAIN, S.; ROBERTO, M. C.; PAGIORO, T. A. Seasonal fluctuation of some limnological variables on a floodplain lake (Patos lagoon) of the Upper Paraná River, Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 4, p. 499-513, dez. 2002.

TOWNSEND, S. A.; EDWARDS, C. A. A fish kill event, hypoxia and other limnological impacts associated with early wet season flow into a lake on the Mary River floodplain, tropical northern Australia. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 8, p. 169-176, 2003.

WHITWORTH, K. L.; KERR, J. L.; MOSLEY, L. M.; CONALLIN, J.; HARDWICK, L.; BALDWIN, D. S. Options for managing hypoxic blackwater in river systems: case studies and framework. **Environmental Management**, v. 52, p. 837-850, 2013.