

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

QUANTIFICAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA EM RIOS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA SOB A INFLUÊNCIA DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CURTUME

*Carlos Magno Marques Cardoso¹
Natércia Camille Vasconcelos Feitosa Marques Cardoso³
Andressa Regina Vasques Mendonça¹
Marcelo Mendes Pedroza⁴
Gláucia Eliza Gama Vieira²
Jorge Diniz de Oliveira³

QUANTIFICATION OF ORGANIC MATTERS IN RIVERS OF THE BRAZILIAN AMAZON UNDER THE INFLUENCE OF RESIDUES FROM THE CURTUME INDUSTRY

Recibido el 27 de enero de 2017; Aceptado el 9 de mayo de 2018

Abstract

Posse, Sem Nome and Campo Alegre streams, located near the Tocantins industry in the municipality of Governador Edison Lobão, are being degraded due to the release of liquid and solid industrial waste of organic origin, causing, in most cases, the ichthyofauna death. The objective of this study was to quantify the organic load in the sediment of the center of each aquatic body and surface waters of the above mentioned streams, as well as to evaluate its impact on the water bodies. Samples were collected in the rainy and dry season, in 6 sampling points, 2 points in Sem Nome stream, 2 in the Posse, 1 in the liquid and solid waste tank and 1 in the Campo Alegre river. The water samples were collected in PET bottles, acidified and conditioned in thermal boxes and the sediment samples were collected on the bed surface of the water bodies and stored in plastic bags. The results showed that the concentrations of organic matter indicate inefficiency of the process of removal of organic matter by the tannery. The observed variations for the physical-chemical parameters indicate the anthropic contribution in the process of degradation of these water bodies.

Keywords: contamination; water bodies; tanning; sediment; organic matter.

¹Universidade de Brasília (UnB), Brasil.

²Universidade Federal do Tocantins (UFT), Brasil.

³Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Brasil.

⁴Instituto Federal do Tocantins (IFTO), Brasil.

*Autor correspondiente: Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Química (IQ), Campus Universitário Darcy Ribeiro. Asa Norte. Brasília, DF, CEP 70910-900, Brasil. Email: carlosmagno.quimico@gmail.com

Resumo

Os riachos Posse, Sem Nome e o rio Campo Alegre, próximos à indústria Tocantins no município de Governador Edison Lobão, estão sendo degradados devido os despejos de resíduos líquidos e sólidos industrial de origem orgânica, causando, na maioria das vezes, morte da ictiofauna. Diante dessas informações o presente estudo teve como objetivos quantificar a carga orgânica no sedimento da camada superficial coletados na parte central de cada rio e águas superficiais do rio e riachos acima citados, bem como avaliar a contribuição impactante desse nos corpos hídricos. As coletas das amostras foram realizadas nos períodos chuvoso e estiagem, em 6 pontos amostrais sendo 2 pontos no riacho Sem Nome, 2 no Posse, 1 no tanque de resíduos líquidos e sólidos e 1 no rio Campo Alegre. As amostras de água foram coletadas em garrafa PET, acidificadas e acondicionadas em caixas térmicas e as de sedimento foram coletadas na superfície do leito dos corpos hídricos e armazenados em sacos plásticos. Os resultados demonstraram que as concentrações de matéria orgânica indicam ineficiência do processo de remoção de matéria orgânica pelo curtume. As variações observadas para os parâmetros físico-químicos indicam a contribuição da influência antrópica no processo de degradação desses corpos d'águas.

Palavras chave: contaminação; corpos hídricos; curtume; sedimento; matéria orgânica.

Introdução

O desenvolvimento industrial e o crescimento acelerado dos centros urbanos são os principais fatores responsáveis pela contaminação das águas (Santos *et al.*, 2013). Em se tratando de poluição de origem industrial, a negligência no tratamento de resíduos sólidos e/ou líquidos, os acidentes e os descuidos frequentes propiciam o lançamento de poluentes em sistemas aquáticos que devem seus autores serem autuados de acordo com o Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Estes poluentes apresentam composição química bastante variada e complexa, contendo compostos orgânicos e inorgânicos dependendo do setor industrial e/ou da tecnologia empregada. As indústrias de curtume no decorrer do tempo, receberam o título de uma das mais poluidoras devido às grandes quantidades de resíduos sólidos e líquidos que produzem e não o tratam, despejando-o *in natura* nos corpos hídricos (Braille e Cavalcante, 1993; Lima e Lima, 2011). A poluição por matéria orgânica nos cursos d'água está relacionada a fatores como: resíduos domiciliares e sanitários, ao lançamento de resíduos industriais (sólidos e líquidos), a presença de matéria orgânica nos solos provenientes dos processos de umidificação e intemperismo químico de minerais associados a lixiviação e ao escoamento superficial dos solos (Brasil, 2014). A presença de matéria orgânica em corpos hídricos aparece sob as formas dissolvidas e particuladas ou ainda podem se agregar a materiais geológicos e formar sedimentos, esta matéria orgânica é de importância vital para a cadeia alimentar, no entanto, a sua presença em excesso provocam aumento da atividade biológica e consequente consumo de oxigênio do meio e comprometimento da vida aquática (Cetesb, 2009).

A capacidade de produção da indústria Tocantins é de 100 toneladas de pele por dia (Ibama, 2011). Essa produção gera, aproximadamente, 400kg de carga orgânica (Macedo, 2011) que é despejada no rio Sem Nome após passar por um processo de tratamento. Além deste fator impactante, localizam-se ao longo de sua extensão fazendas de origem agropecuária. Os

poluentes resultantes de escoamento superficial agrícola carregam em sua composição resíduos originários de fertilizantes químicos, pesticidas, dejetos de animais, deposição orgânica de vegetais e de sua microfauna, contribuindo para deterioração de águas superficiais (Oliveira, 2008; Nascimento *et al.*, 2015).

As águas do córrego Posse são usadas principalmente para irrigação de pequenas lavouras e dessedentação de animais das propriedades da região do município de Governador Edison Lobão. De acordo com o relatório de impacto ambiental (RIMA) realizado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, no ponto de despejo, foi observado mudança da característica da água do córrego, passando de límpida, transparente, para uma coloração escura e turva (Ibama, 2011).

Dessa forma, a poluição que os riachos estão susceptíveis são tanto do tipo orgânicas ou inorgânicas através de metais potencialmente disponíveis, visto que estes são os principais despejos de resíduos industriais. Diante dessas informações este trabalho tem como objetivos quantificar a carga orgânica presente nos sedimentos e águas superficiais dos riachos e rio amazônicos próximos a indústria de curtume, bem como apresentar a contribuição impactante do curtume nesses corpos hídricos.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

O curtume Tocantins localizado na mesorregião geográfica Oeste maranhense e microrregião de Imperatriz, zona rural do município de Governador Edison Lobão despeja seus resíduos líquidos e sólidos no córrego Sem Nome localizado nos perímetros do curtume acima citado. O volume de resíduos lançados (500.000 – 700.000 L/dia) no corpo hídrico é consideravelmente elevado, em razão das pequenas dimensões do córrego Sem Nome 1,5 a 3 m de largura com uma lâmina d'água de aproximadamente 20 cm, e uma profundidade de 10 a 30 cm, que deságua na confluência com o rio Posse. Este por sua vez é afluente da margem direita do rio Campo Alegre (5° 49' 1" S/47° 20' 38" W) afluente do rio Tocantins.

Pontos de amostragem

Foram feitas 2 campanhas amostrais, período chuvoso nos meses de fevereiro, março e abril e o período de estiagem nos meses de julho, agosto e setembro, no ano de 2015, para as coletas de sedimentos superficiais e águas superficiais em 6 pontos de amostragem Figura1, assim distribuídos:

- Ponto 1. (A montante) ponto em que o córrego Sem Nome recebe os resíduos líquidos do curtume (Figura 02);
- Ponto 2. (A jusante) ponto em que córrego Sem Nome recebe resíduos líquidos do curtume;
- Ponto 3. (A montante) confluência do Riacho Posse com o córrego Sem Nome;

Ponto 4. (A jusante) confluência do Riacho Posse (Figura 3) com o córrego Sem Nome;
Ponto 5. Tanque de resíduos líquidos e sólidos (Figura 4) do curtume para passarem pelo processo de decantação.
Ponto 6. Próximo à ponte sobre rio Campo Alegre (Figura 5) na BR-010 (Belém - Brasília).

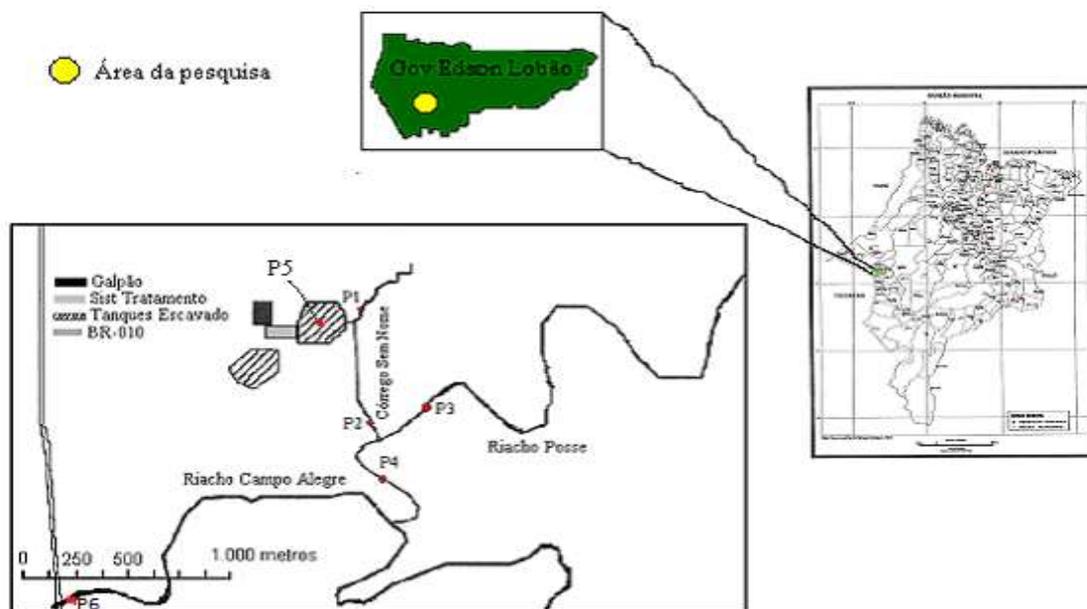


Figura 1. Mapa dos sistemas aquáticos da área investigada com os respectivos pontos de amostragem localizada em Governador Edson Lobão, Maranhão, Brasil



Figura 2. Córrego Sem Nome: (a) córrego Sem Nome montante, (b) córrego Sem Nome jusante



a)

b)

Figura 3. Riacho Posse: (a) Confluência do Riacho Posse com o córrego Sem Nome montante, (b) Confluência do Riacho Posse com o córrego Sem Nome jusante



Figura 4. Curtume: tanque de resíduos líquidos e sólidos para passarem pelo processo de decantação



Figura 5. Rio Campo Alegre, Maranhão, Brasil.

Coleta e preparação das amostras

As amostras de água foram coletadas abaixo da superfície, em garrafas plásticas de 1 L, previamente lavadas em laboratório com detergente neutro, água de torneira e por cinco vezes com água destilada, e, no próprio local de amostragem, foram lavadas três vezes, com água do próprio riacho segundo normas Cetesb (2009). Após a coleta foram acidificadas empregando-se HNO₃ 1:1, e transportadas em recipientes isolados termicamente para o laboratório (Cardoso e Silva, 2012).

Coleta e preparação das amostras de sedimentos

As amostras de sedimento com cerca de 500 g, foram coletadas na camada superficial no centro de cada rio. No laboratório, segundo normas Cetesb (2009), foram transferidas para cápsulas de porcelana e secas em estufa a 60° C, por 24 h. A essa temperatura os metais não são arrastados pelo vapor de água, podendo-se fazer as determinações (Paula Filho *et al.*, 2015). As amostras, depois de secas, foram descompactadas e trituradas em gral de porcelana; em seguida, foram fracionadas utilizando-se peneiras de 0.35 mm. O material fracionado foi acondicionado em frasco de polietileno de cor escura e submetido à refrigeração até o momento das análises.

Determinação de parâmetros físico-químicos

As determinações de pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), turbidez e Material Particulado em Suspensão (MPS) nas amostras de água foram realizadas *in situ*, utilizando-se equipamentos de campo para ambas as medidas (Cardoso e Silva, 2012).

Determinação de pH em sedimentos

Para as determinações de pH transferiu-se aproximadamente 10 g de sedimentos (seco a 60° C e fração de 0.35 mm) para um erlemayer de 250 mL. Em seguida foram adicionados 25 mL de KCl 1 mol L⁻¹ (1 : 2.5) e submeteu-se a mistura a agitação por 40 min. Após agitação a suspensão foi deixada em repouso por 1h. Em seguida fez-se a medição do pH nas amostras segundo Raij (2011). As análises foram feitas em triplicata.

Determinação de oxigênio dissolvido (OD)

As medidas de oxigênio dissolvido foram feitas no campo utilizando-se oxímetro da QUIMIS.

Determinação da concentração de material particulado em suspensão (MPS)

As amostras coletadas para análise de material particulado em suspensão foram imediatamente filtradas com auxílio de uma bomba de vácuo em filtro de membrana 0.45 µm, previamente seca a 60° C e pesada. Após a filtração, o material particulado (resíduo com membrana) foi seco em estufa 60 ± 5° C, por aproximadamente 24 horas, e resfriado em dessecador. A concentração de MPS foi obtida por meio da diferença entre o peso inicial da amostra e o peso após a secagem (Oliveira, 2008).

Determinação de matéria orgânica em água

O teor de matéria orgânica foi estimado a partir da concentração de DQO de acordo com o método (Cetesb, 1997) e (Ana, 2011).

Determinação de matéria orgânica em sedimento

As determinações dos teores de matéria orgânica foram determinadas via método volumétrico pelo dicromato de potássio (RAIJ et al., 2011) e a determinação da porcentagem de matéria orgânica via calcinação (Embrapa, 2011).

Resultados e Discussão

Parâmetros físico-químicos

A Tabela 1 apresenta os resultados dos parâmetros físico-químicos determinados (pH, turbidez, MPS, OD e condutividade).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos utilizados

Parâmetros	Pontos de coleta											
	P1		P2		P3		P4		P5		P6	
	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.
pH	7.5	7.7	7.5	7.6	7.0	7.8	7.6	7.5	7.5	7.7	7.7	7.8
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	575.0	385	7.0	9.15	47.5	47.0	189.5	60.0	126.5	157.0	154.5	45.0
Turbidez (NTU)	3.74	2.6	89.0	21.7	13.2	3.2	12.9	0.5	10.6	5.8	8.9	0.3
M.P.S. (mg/L)	18.4	26.3	22.2	39.5	13.4	1.7	24.7	31.1	13.0	14.7	19.6	26.3
O.D. (mg/L)	2.8	5.0	0.0	4.7	3.2	5.8	3.2	5.8	2.4	3.9	5.5	8.9

pH-potencial hidrogeniônico; MPS- Material particulado em suspensão; O. D- Oxigênio dissolvido; Est.-Estiagem; Chuv.- Chuvoso.

O pH é um parâmetro importante a ser avaliado em um manancial, visto que influencia nos processos biológicos que ocorrem no meio aquático, bem como na toxicidade de alguns compostos nele presentes.

Os valores de pH variaram entre 7.0 a 7.8 apresentam valores levemente alcalinos, a reduzida variação do pH sugere que os riachos possuem um sistema eficiente de tamponamento ou acelerada dinâmica de metabolismo. Os altos valores do pH estão relacionados aos resíduos provenientes de curtume.

A condutividade elétrica (CE) da água é determinada pela presença de sais que se dissociam em ânions e cátions, assim a condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição da água, especialmente na sua concentração mineral. De acordo com Vasconcelos *et al.* (2010), a faixa de CE considerada ideal para ambiente lótico não contaminado está entre 6 a 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que indica que os pontos de amostragem 1, 3, 4 e 6 estão com valores acima dessa faixa e que, portanto, nos revela a grande influência do material descartado no ponto de amostragem 5 sobre os demais pontos. A Resolução CONAMA nº 357 (2005) consoante com portaria Conama (nº 430/2011) não estabelece limites para esse padrão, no entanto quanto maior a concentração de íons dissolvidos menor será a troca gasosa e a concentração de oxigênio dissolvido nestes rios amazônicos.

A turbidez é atribuída às partículas sólidas em suspensão, estas são constituídas por materiais orgânicos (plâncton e bactérias), minerais (argilas, silte em suspensão) e fontes de poluição que lançam materiais finos e outros (Macedo, 2011). De acordo com a Tabela 1 é possível observar a oscilação nos valores de turbidez entre os períodos de coleta. Esse comportamento pode ser associado ao não lançamento de resíduos da indústria de couro no momento da coleta.

O Material Particulado em Suspensão é proveniente tanto de fontes naturais (erosão dos solos e precipitação pluviométrica) quanto antropogênicas (resíduos urbanos, desmatamento de áreas vizinhas). As concentrações de material particulado em suspensão estiveram dentro de uma faixa considerada para águas superficiais, cerca de 5 a 50 mg/L (Sodré *et al.*, 2012).

O Oxigênio Dissolvido (OD) é de importância vital para os organismos aquáticos aeróbios, seres que o utilizam nos seus processos respiratórios. Águas superficiais devem apresentar-se saturadas de oxigênio. Baixas concentrações de oxigênio estão relacionadas com altas concentrações de matéria orgânica, altas temperaturas das águas, baixa vazão ou ainda ausência de corredeiras e podem ocasionar mortandade de peixes (Brasil, 2014). O crescimento dos valores de oxigênio pode ser atribuído ao não despejo de resíduos no período da segunda coleta. Os teores de oxigênio (Tabela 1) estiveram dentro da faixa considerada suficiente para a manutenção da biota aquática de acordo com a classificação do corpo d'água para cada classe de águas doces nesta ordem, 6 a 2 mg/L prevista na resolução Conama (nº357/2005) consoante com portaria Conama (nº 430/2011). Com exceção do ponto 2 que está a jusante do ponto em que o córrego Sem Nome recebe resíduos líquidos do curtume com elevada carga orgânica que pode ter provocado um aumento da atividade biológica e conseqüentemente o consumo total do oxigênio do sistema aquático. É importante salientar que este corpo aquático pode ser enquadrado segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 consoante com portaria Conama (nº 430/2011) no capítulo II, seção I, art. 4 como de classe 2 ou 3.

Determinação de matéria orgânica em água e sedimento

Para se estudar a distribuição da matéria orgânica, delimitaram-se os pontos 1 e 3 como background. Por estarem localizados acima dos pontos de recebimento de resíduos líquidos e

sólidos acima da confluência do riacho Sem Nome com o córrego Posse (Figura 1). Esperava-se concentrações mais baixas, porém os valores foram altos (Tabela 2), permitindo inferir contribuição de outras fontes de matéria orgânica para este corpo hídrico, tais como: lixiviação, arraste da Matéria Orgânica dos solos, ressuspensão de sedimento e resíduos agropastoris.

Os teores de demanda química de oxigênio (DQO), matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) nas águas superficiais estão representados na Tabela 2.

Tabela 2. Concentrações de matéria orgânica nas águas superficiais dos rios amazônicos desta pesquisa.

Parâmetros (kg/L)	Pontos de coleta											
	P1		P2		P3		P4		P5		P6	
	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.
DQO	2.7	1.2	2.7	2.5	2.8	2.2	2.6	4.0	2.8	4.2	2.5	2.0
CO	7.2	3.2	7.2	6.6	7.4	6.0	7.0	1.0	7.4	1.1	6.0	8.0
MO	12.3	5.5	12.3	11.4	12.7	10.3	12.2	10.5	12.7	19.1	12.0	11.0

DQO - demanda química de oxigênio, CO - carbono orgânico, MO -matéria orgânica. Est.-Estiagem; Chuv.-Chuvoso

De modo geral os valores de DQO, MO e CO, foram superiores na primeira coleta (período de estiagem) (Figura 6), cabe ressaltar que no momento da segunda coleta (período chuvoso), os resíduos do curtume não estavam sendo despejados. O processo de degradação da matéria orgânica utilizado pelo curtume não está sendo eficiente em virtude dos altos valores da concentração de DQO, MO e CO.

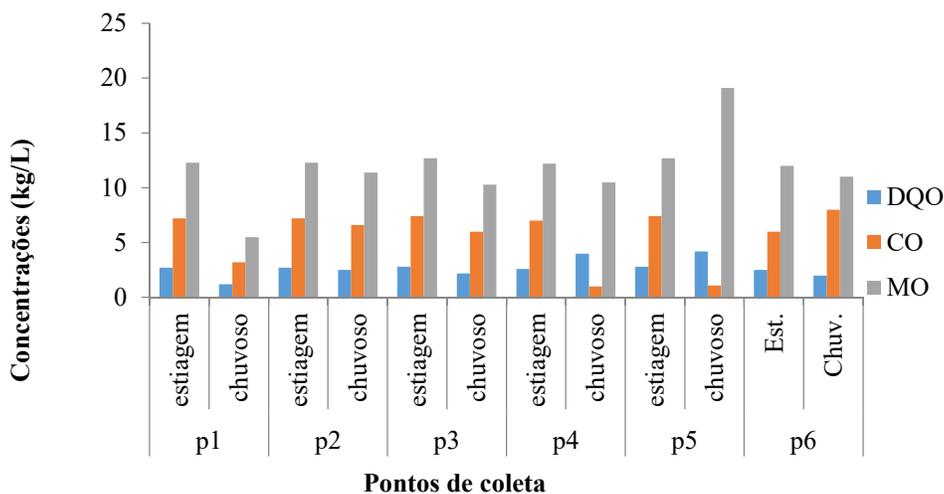


Figura 6. Concentrações de DQO, MO e CO nas águas superficiais.

Os teores de matéria orgânica em sedimento de origem natural acima de 10% são considerados orgânicos, e abaixo de 10% são considerados inorgânicos ou minerais, com predominância de sílica, argila, e compostos como cálcio, ferro e manganês (Esteves, 2011).

Tabela 3. Concentrações de matéria orgânica e carbono orgânico nos sedimentos

Parâmetros	Pontos de coleta											
	P1		P2		P3		P4		P5		P6	
	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.
MO (%)	15.6	26.1	34.5	23.1	7.4	64.6	50.7	53.1	3.0	62.5	49.5	51.3
CO (%)	9.0	15.1	20.0	13.3	4.2	37.4	29.4	30.8	1.7	36.3	27.2	29.4

MO-Matéria Orgânica; CO- Carbono Orgânico; Est.-Estiagem; Chuv.-Chuvoso

Observa-se que os pontos 3 e 5 (Tabela 3) os valores de Matéria Orgânica foram inferiores a 10%, caracterizando estes sedimentos como inorgânicos. Os valores acima de 10% encontrados nos pontos 1, 2, 4 e 6 caracterizam estes sedimentos como sendo de origem orgânica. A variação de Matéria Orgânica entre os pontos de amostragem indica diferenças físico-químicos dos sedimentos ao longo dos corpos hídricos influenciando nos processos de adsorção/dessorção da matéria orgânica no ambiente.

Apesar dos altos valores de matéria orgânica encontrada nos corpos hídricos, os teores observados para oxigênio dissolvido permitem deduzir que estes corpos hídricos apresentam um eficiente processo de autodepuração.

Durante todo o período de amostragem observou-se que há necessidade de um tratamento mais eficiente dos resíduos líquidos para mitigação de Matéria Orgânica, embora os teores de oxigênio dissolvido indiquem que estes estão assimilando a carga orgânica recebida, o excesso de Matéria Orgânica (Figura 7) poderá, futuramente, comprometer o metabolismo desses corpos hídricos.

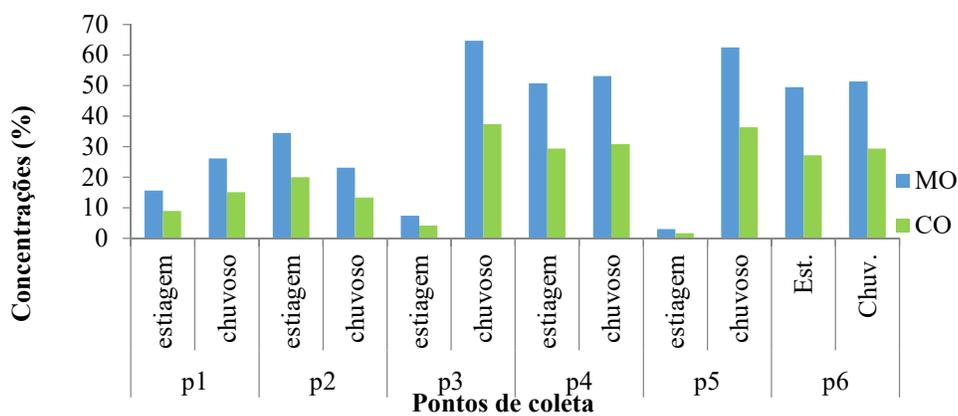


Figura 7. Concentrações de matéria orgânica e carbono orgânico nos sedimentos

Determinação de pH em sedimentos

Foram efetuadas as determinações do pH (H₂O e KCl) a fim de se obter a natureza das cargas das partículas dos sedimentos, em termos gerais as medidas de pH indicam um sedimento ácido (Tabela 4).

Tabela 4. Medidas de pH em sedimentos

Parâmetros	Pontos de coleta											
	P1		P2		P3		P4		P5		P6	
	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Est.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.	Est.	Chuv.
pH(KCl)	5.4	5.7	3.9	3.9	4.1	3.9	3.9	5.2	5.2	5.0	4.0	5.0
pH(H ₂ O)	6.0	6.1	4.4	3.1	4.9	4.4	4.4	5.9	6.3	7.0	4.3	5.8
ΔpH	-0.6	-0.4	-0.5	0.8	-0.8	-0.5	-0.5	-0.7	-1.1	-2.0	-0.3	-0.8

Est.-Estiagem; Chuv.-Chuvoso

As variações de pH observadas nos pontos denotam característica peculiares de acordo com a Figura 8. Os valores de ΔpH na maioria dos pontos de amostragem foram negativos, exceto nos pontos 2 e 3 realizado na segunda coleta, podendo se inferir assoreamento nas margens dos riachos próximos a este ponto ou arraste de sedimentos finos em suspensão oriundo de outra localidade da região em estudo (Figura 8).

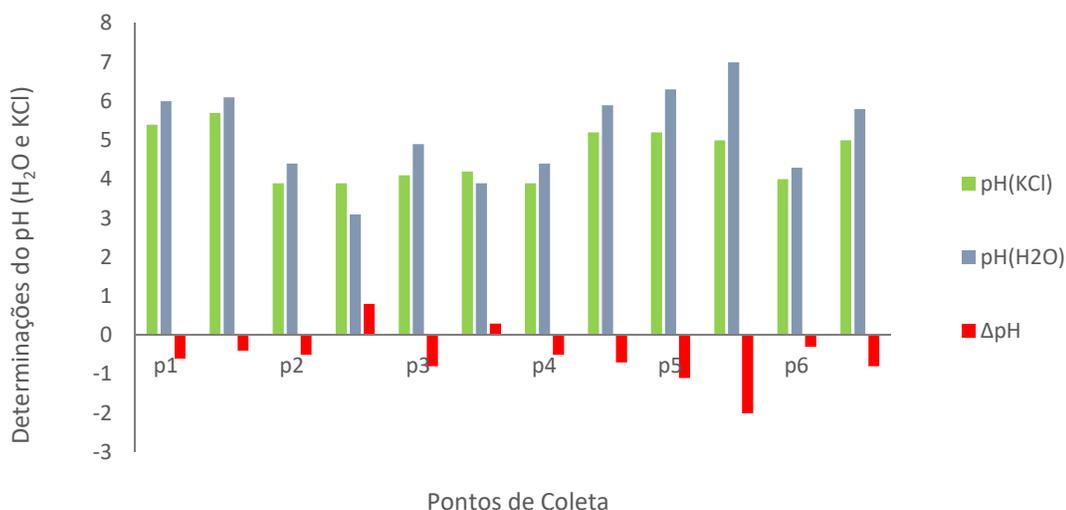


Figura 8. Medidas de pH e ΔpH nos sedimentos

Conclusão

Dentre os parâmetros físico-químicos analisados, o parâmetro turbidez apresentou maior variação. Esse comportamento pode ser associado ao não lançamento de resíduos da indústria de couro durante o último período de coleta, favorecendo o decréscimo apresentado, no entanto, a faixa de condutividade elétrica considerada ideal para ambiente lótico não contaminado está entre 6 a 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que indica que os pontos de amostragem 1, 3, 4 e 6 estão com valores acima dessa faixa e que, portanto, nos revela a grande influência do material descartado no ponto de amostragem 5 sobre os demais pontos.

Os resíduos gerados pela indústria de curtume localizado no município de Governador Edson Lobão possuem concentração de carga orgânica elevada com valores máximos de 64.6% para sedimentos e 19.1% para águas superficiais, que estão contribuindo para a degradação da qualidade das águas dos rios e riachos próximos, em especial o rio Campo Alegre cuja suas águas são utilizadas para consumo público e para irrigação.

Os sedimentos estudados mostram-se importantes compartimentos acumuladores de matéria orgânica com variações observadas de 64.6% a 23.1% no período chuvoso que futuramente poderá comprometer e provocar mudanças severas na dinâmica destes rios. A presença de rejeitos de resíduos do curtume nos córregos estudados são responsáveis pelos elevados valores de matéria orgânica nas águas superficiais e sedimentos, embora tenha sido observado a influência de outras fontes.

A variação observada para ΔpH indicam que o assoreamento nas margens dos riachos contribui na constituição das camadas superficiais dos sedimentos.

A concentração de oxigênio presente nestes riachos promovem os processos de autodepuração da carga orgânica encontrada, porém o lançamento contínuo desses resíduos poderá diminuir o metabolismo desses corpos d'água, afetando as comunidades aquáticas existentes como pode ser constatado no ponto 2 que está a jusante do ponto em que o córrego Sem Nome recebe resíduos líquidos e sólidos do curtume com elevada carga orgânica que pode ter provocado um aumento da atividade biológica e conseqüentemente o consumo total do oxigênio do sistema aquático.

Com base nos resultados obtidos, este trabalho permite concluir que o sistema de eliminação de matéria orgânica, utilizado pela indústria de curtimento de couro Tocantins, não está sendo eficiente.

Referências bibliográficas

- ANA, Agência Nacional de Águas (2011) Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes 357 líquidos, Brasília.
- Braile, P.M., Cavalcante, J.E.W.A. (1994) Manual de tratamento de águas residuárias industriais, São Paulo, 764pp.
- Brasil (2008). Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações. Diário Oficial, Brasília, DF, 23 jul. 2008. Disponível em:
http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/DEC%206.514-2008?OpenDocument
- Brasil (2014). Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 112 pp.
- Cardoso, C.M.M., Silva, M.F.da (2012) *Estudo de crômio nas águas superficiais e sedimentos superficiais nos córregos sem nome, posse, afluente do rio campo alegre, Governador Edison Lobão-MA.*, Artigo de especialização, Programa de Pós-graduação em Química Ambiental, Departamento de Química e Biologia, Universidade Estadual do Maranhão, 17 pp.
- CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (1997), Análise físico-químicos para controle das estações de tratamento de esgotos. São Paulo.
- CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2009), Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. Série relatórios. São Paulo.
- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente (2005) *Resolução nº357 sobre classificação dos corpos de água*, Diário Oficial da União, última publicação de 18 de março de 2005.
- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente (2011) *Resolução nº430 sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005a*, Diário Oficial da União, última publicação de 16 de maio de 2011.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2011) Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro. 212 pp.
- Esteves, F.A. (2011) Fundamento de limnologia. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência. 810 pp.
- IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2011). *Lauda de Avaliação de Impacto Ambiental em Indústria de curtume*, Gerencia Executiva de Imperatriz/MA, Relatório técnico de fiscalização.
- Lima, M.V., Lima, P.C.G. (2011) Avaliação do potencial de bioacumulação de cromo por *Pistia stratiotes*. Monografia de graduação em engenharia ambiental, Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 52 pp.
- Macedo, J.A.B. (2011) Química ambiental - Uma ciência ao alcance de todos, Belo Horizonte, 1. 752 pp.
- Nascimento, B.L.M., Gomes, S.C.R.D., Costa, G.P.; de Araújo, S.S., Santos, L.C.A.; Oliveira, J.D. (2015) *Comportamento e avaliação de metais potencialmente tóxicos (Cu (II), Cr (III), Pb(II) e Fe(III)) em águas superficiais dos Riachos Capivara e Bacuri Imperatriz-MA, Brasil*. Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, 369-378.
- Oliveira, J.D. (2008) *Espécies metálicas no Ribeirão Lavapés, Botucatu-SP: estudos envolvendo a distribuição de Cu, Zn, Pb, Ni, Fé, Mn e Cr em amostras de água e sedimentos*. Tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Química, Departamento de Química, Universidade Estadual Paulista, 192 pp.
- Paláez-Rodríguez, M., Peret, A., Mtsumura-Tundis, T., Rocha, O. (2000) Análise da qualidade da água e aplicação do índice de proteção da vida aquática (IVA) em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu. In: Espindola, E.L.G.
- Paschoal, C. M. R. B., Rocha, O.; Boherer, M. B. C.; Oliveira Neto A. L.(2000) Ecotoxicologia: perspectiva para o século XXI. São Carlos: RIMA, 1, 95-114.

- Paula Filho, F.J. de, Lacerda, L.D. de, Marins, R.V., Aguiar, J.E., Peres, T.F.(2015) Background values for evaluation of heavy metal contamination in sediments in the Parnaíba River Delta estuary, NE/Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, **91**, 424-428.
- Raij, B.V. (2011) Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes. Piracicaba:International Plant Nutrition Institute, 420 pp.
- Santos, L.R. dos, Santos, J.C. dos (2013) Exploração do meio ambiente e o crescimento populacional: desenvolvimento sustentável como alternativa. *Nativa*. **1**(1), 106-112. Disponible em: <http://revistanativa.com/index.php/revistanativa/issue/view/3>
- Sodré, F.F., Schnitzler, D.C., Scheffer, E., Grassi, M.T.(2012) Evaluating Copper Behavior in Urban Surface Waters Under Anthropic Influence. A case study from the Iguaçu River, Brazil. *Aquatic Geochemistry*, **18**, 389-405.
- Vasconcelos, F.M.; Tundisi, J.G., Matsumura-Tundisi, T. (2010) Avaliação da qualidade de água: base tecnológica para gestão ambiental. Belo Horizonte, 325 pp.