



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

## AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA ÁGUA DO RIO PREGUIÇAS, MARANHÃO, BRASIL, POR MEIO DE ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ÓPTICA COM PLASMA - ICP OES

Naldirene do Nascimento, FONSECA<sup>1</sup>; Arlan Silva, FREITAS<sup>2</sup>; José Hilton Gomes, RANGEL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Licenciatura em Química, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão – (IFMA) Campus São Luis-Monte Castelo, naldirene.fonseca@acad.ifma.edu.br

<sup>2</sup> Professor Doutor, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão – (IFMA) Campus São Luis-Monte Castelo, arlan@ifma.edu.br

<sup>3</sup> Professor Doutor, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão – (IFMA) Campus São Luis-Monte Castelo, hiltonrangel@ifma.edu.br

### Resumo

O presente trabalho teve por objetivo avaliar as concentrações dos metais cádmio (Cd), ferro (Fe), níquel (Ni) e chumbo (Pb) na água superficial do rio Preguiças identificando possíveis efeitos à saúde e ao meio ambiente. Esse rio, cuja foz é uma área de proteção ambiental, sofre latente exploração pelo homem, com escassos registros de investigação científica quanto aos impactos gerados dessa exploração.

As coletas foram feitas nos períodos de chuva e de estiagem, em três diferentes pontos do rio Preguiças marcados com GPS (Garmin, modelo GPSMAP 62sc) que foram respectivamente: Povoado Marcelinho - P1 (02°48'05.2"S 042°52'14.5"W), Povoado Boa Vista - P2 (02°43'53.6"S 042°46'49.8"W) e proximidades de Vassouras - P3 (02°41'55.7"S 042°43'12.2"W), de acordo com os métodos de coleta CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) e de análise 200.2 US EPA (*United States Environmental Protection Agency*) para determinação de metais por emissão óptica com plasma (ICP-OES).

Os resultados dessas análises foram comparados aos parâmetros da resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, quanto as concentrações de Cd, Fe, Ni e Pb. As mesmas estiveram acima dos valores máximos permitidos para água ao longo dos pontos e em sua maioria no período chuvoso. Essas concentrações em águas superficiais podem ser resultado do carreamento de solos e processos de erosão típicos do período chuvoso, bem como de ações antrópicas comuns como a queima de combustíveis.

**Palavras-chave:** Qualidade da Água, ICP-OES, Metais em Água, Digestão Ácida, Rio Preguiças.

**Tema:** Qualidade da água e dos ecossistemas



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
NOVOS  
DESAFIOS

## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente tem sido a mola propulsora de uma grande parte de pesquisas desenvolvidas nas últimas décadas. A ação antrópica é na maioria das vezes a responsável pelas perdas em diferentes ecossistemas. Em se tratando da água que é um recurso natural renovável, porém limitado, as preocupações com a qualidade e a conservação da mesma se faz necessárias (Little, 2001).

O rio Preguiças representa 2,02% da extensão territorial do estado do Maranhão, nordeste do Brasil. Tem sua representatividade por seu patrimônio em biodiversidade, além dos âmbitos socio-econômico e turístico. Apesar de sua relevância, a pouca investigação científica quanto aos impactos de sua exploração põe em risco a sua conservação (ANP, 2016; NUGEO, 2017).

Ao final da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, Rio+20 (2012), o documento “O futuro que queremos” reforça uma preocupação internacional com a saúde dos oceanos, destacando entre outros a poluição causada por metais pesados, descartados por diversas fontes, inclusive terrestres.

A presença de metais nos ecossistemas aquáticos ocorre de maneira natural através do aporte atmosférico, de chuvas ou ainda liberados de rochas ou do solo, podendo ser encontrados de maneira artificial, oriundo de várias atividades antropogênicas, como esgotos *in natura*, atividades agrícolas e efluentes industriais (Lima, 2013).

A mobilidade e disponibilidade desses na água, bem como sua toxicidade são influenciadas, dentre outras, por variáveis como temperatura, pH e oxigênio dissolvido. Devido suas características atômicas, se mostram persistentes em ambientes aquáticos, aumentando sua concentração e absorção pelos organismos. Quando absorvidos, representam risco às funções vitais e graves doenças ao longo da cadeia alimentar (Carvalho et al., 1991; Célico, 2015).

O estuário do rio Preguiças insere-se nesse contexto, pois além de balneário e um dos principais pontos turísticos da localidade é meio de vida e subsistência para maioria da população, sendo via de acesso a muitos povoados e comunidades ribeirinhas, onde o trânsito intenso de embarcações turísticas que lançam óleo lubrificante nas águas sem qualquer fiscalização pode ser fonte de contaminação de alguns metais (Carvalho, 2005; Nascimento, 2006).

Uma técnica que vem sendo empregada a uma grande variedade de aplicações para determinação de metais em níveis traço, não somente em água, mas em diversas matrizes é a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) que utiliza um plasma como fonte de atomização e excitação, e que é um gás altamente ionizado, porém eletricamente neutro composto de íons, elétrons e átomos nos quais uma combustão é impossível devido a energia que os mantêm ter origem em um campo elétrico ou magnético, e não em uma “chama” (Torrecilha, 2014).

Na técnica de ICP-OES, é possível uma determinação multielementar, pois o plasma chega a uma temperatura de até 10.000K, o que garante a atomização/ionização da maioria dos

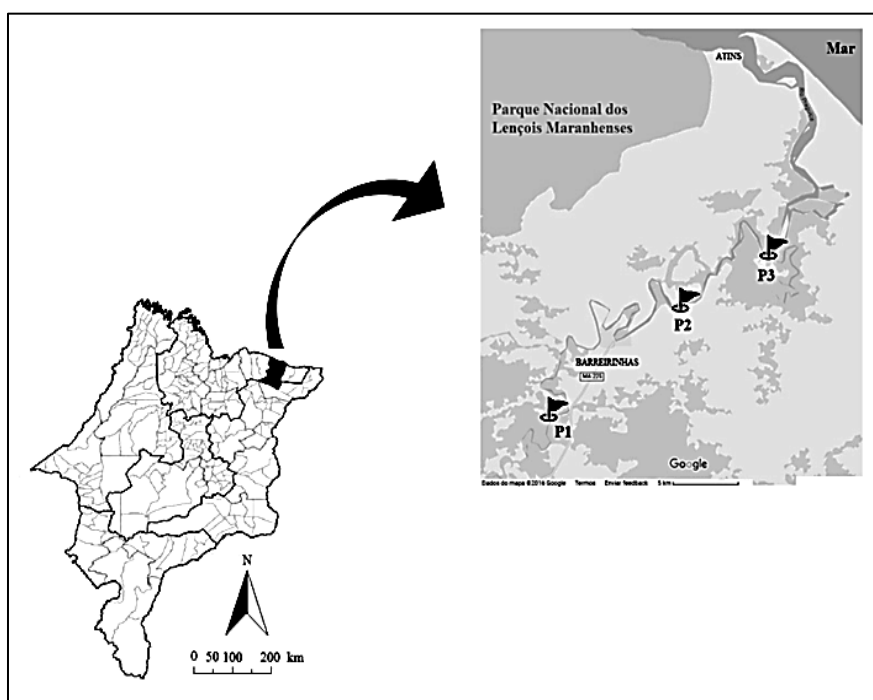
elementos presentes, possibilitando que a determinação de alguns desses seja extremamente sensível (Boschetti, 2012).

A partir dessa técnica, o presente trabalho objetivou caracterizar as águas superficiais do rio Preguiças quanto à presença de metais, bem como identificar seus possíveis impactos à saúde e ao meio ambiente. Padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos, são descritos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio de suas resoluções. Os resultados das análises foram comparados aos parâmetros da resolução 357/05 do CONAMA.

## 2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

### 2.1. Amostragem

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Análise e Pesquisa de Alimentos, Bebidas e Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, *campus* São Luis / Monte Castelo. As amostras de água superficial do rio Preguiças foram coletadas em triplicata, utilizando frascos de vidro de 250 mL esterilizados. As coletas foram realizadas nos períodos chuvoso e seco, em três diferentes pontos do Rio Preguiças (Figura 1): Povoado Marcelinho-P1 ( $02^{\circ}48'05.2''S$   $042^{\circ}52'14.5''W$ ), Povoado Boa Vista-P2 ( $02^{\circ}43'53.6''S$   $042^{\circ}46'49.8''W$ ) e proximidades de Vassouras-P3 ( $02^{\circ}41'55.7''S$   $042^{\circ}43'12.2''W$ ).



**Figura 1.** Mapa dos pontos de amostragem no rio Preguiças, Maranhão, Brasil



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

Utilizou-se para marcação dos pontos de coleta um GPS de marca Garmin modelo GPSMAP 62sc. Após a retirada dos frascos de coleta, estes permaneceram sob refrigeração conforme o *Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras*/ © CETESB (2011) até a realização das análises.

## 2.2. Parâmetros físico-químicos

Foram verificados temperatura e pH da água (*in loco*) em potenciômetro de campo, marca Hanna, Modelo HI9126, e ainda teores de oxigênio dissolvido (OD) por meio de oxímetro marca Instrutherm modelo MO900.

## 2.3. Identificação de Poluentes Metais

### 2.3.1 Digestão Ácida

A abertura das amostras foi realizada no Laboratório de Química do Instituto federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), campus São Luís - Monte Castelo. Todas as vidrarias utilizadas foram previamente lavadas em banho ácido por pelo menos 72h (HNO<sub>3</sub> 10%) e depois enxaguados com água destilada. O método 200.2 recomendado pela *United States Environmental Protection Agency*- US EPA (1994) foi seguido para determinação de metais em água. Esse consiste em decomposição por via úmida utilizando 1 mL de HNO<sub>3</sub> (1:1) e 0,5 mL de HCl (1:1) com aquecimento da amostra em uma chapa aquecedora por cerca de duas horas, a 80°C até o volume de 10mL, para mineralizar a matéria orgânica presente. Após total resfriamento, o volume foi transferido para um balão volumétrico de 50mL, completando-se o volume com água ultra pura (Milli-Q). Todos os reagentes utilizados possuíam grau analítico e a digestão de cada amostra foi realizada em duplicata.

### 2.3.2 Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES)

A determinação do teor dos minerais foi mediante espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente, ICP (*Inductively Coupled Plasma*)- modelo Varian 720 ES no Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Maranhão, nas condições descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Condições de operação do ICP-OES

Parâmetros	
Potência RF	1 kW
Fluxo do Plasma	15 L.min <sup>-1</sup>
Vazão auxiliar de gás	1,5 L.min <sup>-1</sup>
Vazão de gás do neulizador	200 kPa

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a resolução 357/05 do CONAMA o rio Preguiças está enquadrado como águas doces, classe 2 e ambiente lótico. Assim, os parâmetros pH e OD apresentaram valores inferiores à faixa estabelecida na resolução conforme a Tabela 2.

**Tabela 2.** Parâmetros físico-químicos da água do rio Preguiças, nos períodos chuvoso e seco

Amostra	Temperatura (°C) água		pH		OD (mg.L <sup>-1</sup> )	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
P1	29,33	29	6,77	5,7	4,82	5,7
P2	30,7	29,6	5,03	6,71	8,14	6,9
P3	30,5	29,8	5,54	7,02	7,04	5,7

VMP\* CONAMA: 6,0 a 9,0  $\geq 6 \text{ mg.L}^{-1}$

\*Valor Máximo Permitido

Apesar de a Resolução CONAMA nº 357/05 não estabelecer limites de temperatura, esta é um parâmetro importante, pois pode influenciar quase todos os processos físico-químicos e biológicos de um recurso hídrico desde saturação do oxigênio, evasão de substâncias tóxicas voláteis, até a atividade metabólica dos organismos aquáticos, podendo acarretar diminuição do OD (Coringa, 2014).

Todos os pontos apresentaram pH ácido. O ponto P1 no período seco, enquanto que os pontos P2 e P3 no período chuvoso. Segundo Pereira (2012), a acidez no meio aquático é causada principalmente pela presença de CO<sub>2</sub>, ácidos minerais e sais hidrolizados. Afirma ainda, que as variações do pH no meio aquático estão relacionadas com a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. Um pH muito baixo poderia solubilizar os metais do sedimento tornando-os biodisponíveis.

Os resultados para OD ficou abaixo do parâmetro no ponto P1 nas duas estações e no ponto P3 durante o período seco. Para Richter e Netto (1991), o OD em águas de superfície límpidas pode ser rapidamente consumido pela presença de esgotos domésticos, uma fonte de matéria orgânica, justificada pelas construções residenciais observadas ao longo da margem do rio. O consumo total do OD associado às condições anaeróbicas do ambiente e a geração de condições redutoras, aumentariam a toxicidade de muitos elementos químicos, que assim se tornariam mais solúveis, como por exemplo, os metais. (Pereira, 2004)

De acordo com Coringa (2014) a baixa concentração de OD foi responsável pela morte de peixes no rio Bento Gomes no estado do Mato Grosso, região centro-oeste do Brasil.

Segundo o autor, o baixo teor de OD encontrado ( $<5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ) foi no período chuvoso onde é maior o aporte de matéria orgânica, o que ocasiona maior consumo de oxigênio.

A espectrometria de emissão óptica com plasma - ICP OES revelou que as concentrações de cádmio (Cd), ferro (Fe), níquel (Ni) e chumbo (Pb) estavam acima do parâmetro da resolução 357/05 do CONAMA em todos os pontos analisados e em praticamente todos os períodos conforme a Tabela 3.

**Tabela 3.** Identificação de poluentes metais por ICP-OES da água do rio Preguiças nos períodos chuvoso e seco

POLUENTES METAIS ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	CONAMA 357/05: VMP*	P1		P2		P3	
		CHUVOSO	SECO	CHUVOSO	SECO	CHUVOSO	SECO
Cd	0,001	0,002	0,0036	$0,007 \pm 0,007$	$0,001 \pm 0,002$	-	$0,004 \pm 0,005$
Fe	0,3	$0,50 \pm 0,09$	$0,29 \pm 0,01$	$0,38 \pm 0,04$	$0,36 \pm 0,00$	$0,43 \pm 0,04$	$0,06 \pm 0,03$
Ni	0,025	0,059	0,001	$0,030 \pm 0,005$	-	0,009	-
Pb	0,01	0,064	$0,15 \pm 0,13$	-	0,01	$0,03 \pm 0,02$	$0,91 \pm 0,24$

\*Valor Máximo Permitido

Em todos os pontos observou-se que a concentração de cádmio esteve acima do permitido em dado período. Dentre outros fatores que elevam essas concentrações em água não poluída está a contaminação devido à presença de cádmio como impureza no zinco de tubulações galvanizadas, soldas e alguns acessórios metálicos, como o de pequenas embarcações que atravessam constantemente o rio Preguiças, outra provável fonte seria pela queima de combustíveis fósseis, ou ainda pelo uso como inseticida. Altas concentrações de Cádmio podem trazer danos ao sistema renal e evidências de carcinose por inalação (CETESB, 2008; CETESB, 2009; Libânio, 2010).

O ferro ficou dentro dos limites parametrizados apenas em duas amostras no período seco (P2 e P3). Habitualmente o ferro é encontrado em águas naturais, superficiais e subterrâneas, originado da dissolução de rochas e solos, e com alguma frequência está complexado à matéria orgânica. O nível de ferro aumenta nas estações chuvosas (evidente na Tabela 3) devido ao carregamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Em concentrações superiores a  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$  confere cor a água, e em concentrações superiores confere sabor à água de consumo (CETESB, 2009; Libânio, 2010).

Concentrações de níquel levemente acima do parâmetro nos pontos P1 e P2 no período chuvoso podem estar relacionadas a uma contribuição antropogênica muito comum para o meio ambiente que é a queima de combustíveis. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis e se o níquel estiver complexado (níquelcianeto), é tóxico quando em baixos valores de pH, que foi o caso do ponto P2 (Tabela 1) (CETESB, 2008).





7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

Os pontos P1 e P3 apresentaram concentração de chumbo acima do permitido. O chumbo pode causar envenenamento, atingindo o sistema nervoso central e/ou o sistema periférico. Aos peixes, as doses fatais, no geral, variam de 0,1 a 0,4 mg.L<sup>-1</sup> embora, em condições experimentais, alguns resistam até 10 mg.L<sup>-1</sup>, outros organismos como os moluscos e crustáceos podem desaparecer em concentrações superiores a 0,3 mg.L<sup>-1</sup>. O chumbo pode dificultar a respiração dos peixes. Em soluções diluídas, o chumbo pode precipitar a secreção da mucosa produzida pelas brânquias dos peixes que impedidos de respirar, morre por asfixia. Sendo cumulativo no organismo, pode causar envenenamento (saturnismo) (Richter & Netto, 1991; CETESB, 2009).

De modo semelhante a autores que avaliaram água de rio em várias regiões do Brasil (Ribeiro, 2012; Lima, 2013; Ribeiro et al., 2015; Kaspary, 2017) a maior concentração de metais ocorre no período chuvoso, que associado às variáveis físico-químicas pH, OD e temperatura, tornam os metais biodisponíveis na coluna d'água.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os resultados obtidos dos parâmetros verificados contribuíram para a avaliação da atual situação do rio Preguiças com relação à concentração de metais e sua correlação com as demais variáveis analisadas, bem como para a identificação dos possíveis impactos à saúde e ao meio ambiente, o que motivou o estudo mais amplo de outros parâmetros que possam impactar na qualidade dessas águas, em face de sua latente exploração.

#### **AGRADECIMENTOS**

Ao Departamento Acadêmico de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, campus Monte Castelo;

Ao CNPq pelo apoio financeiro na realização dessa pesquisa;

Ao Laboratório de Solos – UEMA;

PRPGI – Programa Especial de Internacionalização da Pesquisa do IFMA.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANP – Agência Nacional de Petróleo. Relatório Técnico. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeira e marinha. <http://www.anp.gov.br/bbrasil-rounds/round5/round5/guias/sismica/refere/reltec.pdf> (acesso em 20 de Julho de 2016).

Boschetti, W. (2012). Estratégias analíticas para determinação sequencial de metais em vinhos por espectrometria de absorção atômica de alta resolução com fonte contínua por chama. Dissertação de Mestrado em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 63p.



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

Carvalho, C. E. V., Lacerda, L. D., & Gomes, M. P. (1991). Heavy metal contamination of the marine biota along the Rio de Janeiro coast, SE-Brazil. *Water, Air, and Soil Pollution*, 57(1), 645-653.

Carvalho, J. C. D. A. (2005). Desenvolvimento sustentável e turismo: o caso lençóis maranhenses. Dissertação de Mestrado em Administração de Empresas. Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 157p.

Célico, A. S. (2015). Influência da adubação orgânica na qualidade da água destinada à irrigação de hortaliças. Dissertação de Mestrado em Microbiologia Agropecuária. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. Jaboticabal, 93p.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2008). Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios. Apêndice A. [http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/apendice\\_a.zip](http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/apendice_a.zip) (acesso em 13 de Janeiro de 2017).

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2009). Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios. Apêndice A. [http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/relatorio\\_2009.zip](http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/relatorio_2009.zip) (acesso em 13 de Janeiro de 2017).

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2011). Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos. Agência Nacional de Águas. Brasília, 326p.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005). Resolução n 357/05. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. [www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf) (acesso em 05 de Dezembro de 2017).

Coringa, J. D. E. S. (2014). Fracionamento geoquímico de metais em sedimentos e avaliação da qualidade da água do Rio Bento Gomes, Pantanal de Poconé, Mato Grosso. Tese de Doutorado em Química. Universidade Estadual Paulista. Araraquara, 134p.

Kaspary, R. M; Gasperin, K. D. M; de Oliveira, B. O; Domingos, J. D. M; Barbosa, T. C. D. C; Nogueira, L. R. D. S; Rosa, A. H. (2017). Análise de Metais em Amostras Água do rio da Região de Ribeira de Iguape. *Anais do Encontro Nacional de Pós Graduação*, 1(1), 453-457.

Libânio, M. (2010). Fundamentos de qualidade e tratamento de água. (3). Campinas: Átomo, 54-60.

LIMA, D. (2013). Avaliação da Contaminação por Metais Pesados na Água e nos Peixes da Bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Amazônia, Brasil. Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Tropical. Universidade Federal do Amapá. Macapá, 147p.





7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

Little, P. E. (2001). Os conflitos socioambientais: um campo de estudo e de ação política. A difícil sustentabilidade: política energética e conflitos ambientais. Rio de Janeiro: Garamond, 107-122.

Nascimento, E. D. (2006). Uma proposta de matriz de mensuração de impactos sociais do turismo: estudo de caso Barreirinhas-MA. Dissertação de Mestrado em Gestão Empresarial. Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro, 133p.

NUGEO - Nucleo Geoambiental (2017). UEMA. Regiões Hidrográficas do Maranhão. [http://www.nugeo.uema.br/?page\\_id=233](http://www.nugeo.uema.br/?page_id=233) (acesso em 28 de Janeiro de 2017).

Pereira, R. D. S. (2004). Poluição hídrica: causas e consequências. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos, (1), 20-36.

Pereira, T. L. (2012). Metabolismo pelágico no complexo estuarino de Paranaguá-PR. Dissertação (Graduação) em Oceanografia. Universidade Federal do Paraná. Pontal do Paraná, 48p.

Ribeiro, E. V., Junior, A. P. M., Horn, A. H., & Trindade, W. M. (2012). Metais pesados e qualidade da água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora-MG: Índice de contaminação. Revista Geonomos, 20(1).

Ribeiro, E. V.; Mesquita, K. C; Mendes, I. A. S; Horn, A. H., & Trindade, W. M. (2015). Avaliação da concentração de metais pesados em águas superficiais do rio Piracicaba em João Monlevade – MG. In: Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília.

Richter, C. A; Netto, J. M. A. (1991). Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blücher, 34-36.

Rio +20 - Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (2012) - O futuro que queremos. <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/O-Futuro-que-queremos1.pdf> (acesso em 28 de Janeiro de 2017).

Torrecilha, J. K. (2014). Extração sequencial aplicada à lama negra de Peruíbe. Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear. Universidade de São Paulo. São Paulo, 124p.

USEPA - United States Environmental Protection Agency (1994). Method 200.2, Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements. Cincinnati, Revision 2.8. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/method\\_200-2\\_rev\\_2-8\\_1994.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/method_200-2_rev_2-8_1994.pdf) (acesso em 24 de Junho de 2017).