

A CORRELAÇÃO ENTRE AS INTERFERÊNCIAS NA VAZÃO DO RIO SÃO FRANCISCO E O AVANÇO DA SALINIDADE NO SEU ESTUÁRIO

ANA LÚCIA EUFRÁZIO ROMÃO¹
RICARDO ARAÚJO FERREIRA JÚNIOR²
ARISTIDES PAVANI FILHO³

EDUCAÇÃO AMBIENTAL

RESUMO

Localizado em ambiente árido, onde a água é a principal força motriz da região, o Baixo São Francisco figura entre as zonas mais vulneráveis a impactos. A planície flúvio-marinha e aluvial (estuário) do Rio São Francisco se estende desde Penedo (AL) até o litoral. No presente trabalho objetivou-se avaliar a influência do controle da vazão do São Francisco pela usina de Xingó sobre o avanço da salinidade de Foz à Penedo entre os anos de 2019 e 2020. A determinação da salinidade e demais parâmetros (condutividade, resistividade, pH e sólidos totais dissolvidos-STD's) foram realizados durante os ciclos de maré enchente e vazante, tendo sido realizada *in situ* através da utilização de Sonda multiparamétrica Aqual Troll 400 da In-Situ Inc. 221 East Lincoln Avenue, Fort Collins, CO 80524 USA. No estudo foi possível observar que a salinidade das águas do rio, bem como a condutividade e o teor de STD's, foram profundamente afetados pela oscilação da maré e pelas alterações na vazão do rio operadas pelos sistemas de barragens no período avaliado, principalmente pela barragem de Xingó. Nesse sentido, a diminuição da vazão do rio pela metade promoveu o avanço da salinidade

115

1 Doutoranda., Universidade Estadual do Ceará; Departamento de Ciência e Tecnologia, ana.eufrazio@aluno.uece.br

2 Prof. Dr., da Instituição Universidade Federal de Alagoas – Campus de Engenharia e Ciências Agrárias, ricardo.junior@ceca.ufal.br

3 Doutorando Universidade Federal da Bahia – UFBA; Instituto de Geociências - IGEO - aristidesfilho@ufba.br



por mais de 10 km rio adentro, provocando impactos severos sobre o ecossistema, as comunidades ribeirinhas e economia dos municípios afetados, dentre eles Piaçabuçu e Brejo Grande

Palavras-chave: Salinização de estuário; Impactos socioambientais; Condutividade; Resistividade.

INTRODUÇÃO

Enquadrado como rio de médio a grande porte, Rio São Francisco é um dos mais importantes rios do país, sendo sua bacia responsável pelo abastecimento de um território com diversas atividades econômicas, servindo à aproximadamente 14,2 milhões de pessoas, ou seja, 7,5% da população brasileira, sendo quase a única fonte de água para a população da região árida do nordeste do Brasil (TORRES; HORN, 2020)

A planície flúvio-marinha e aluvial (estuário) do Rio São Francisco se estende desde Penedo (AL) até o litoral. Essa região, formada por sedimentos recentes, aluviâres, eólicos e praias, é constituída de superfícies planas, solo inconsolidado e elevada salinidade. Praticamente toda a porção externa da planície costeira do Rio São Francisco é margeada por dunas eólicas e, à margem direita, no estado de Sergipe, são registradas expressivas áreas de mangue. O Delta e a base dos Tabuleiros são formados de terraços marinhos Pleistocênicos e, a norte e nordeste, de Tabuleiros terciários de Formação de Barreiras. Outra característica importante é que o estuário do Rio São Francisco é dominado movimentos oscilatórios da maré (SANTOS et al., 2012; MEDEIROS; CAVALCANTE SEGUNDO; MAGALHÃES, 2015).

Localizado em ambiente árido, onde a água é a principal força motriz da região, o Baixo São Francisco figura entre as zonas mais vulneráveis a impactos (SOARES et al., 2020). A porção mais sensível do Baixo é o estuário, que devido as trocas restritas, a pequena extensão e rasas profundidades, responde rapidamente a qualquer perturbação natural ou antropogênica (CAVALCANTE et al., 2020). Dentre os vetores que impactam sobre o Rio estão as obras de engenharia e, dentre elas, o sistema de barragens exerce mais importante pressão sobre o estuário, estas têm alterado o seu



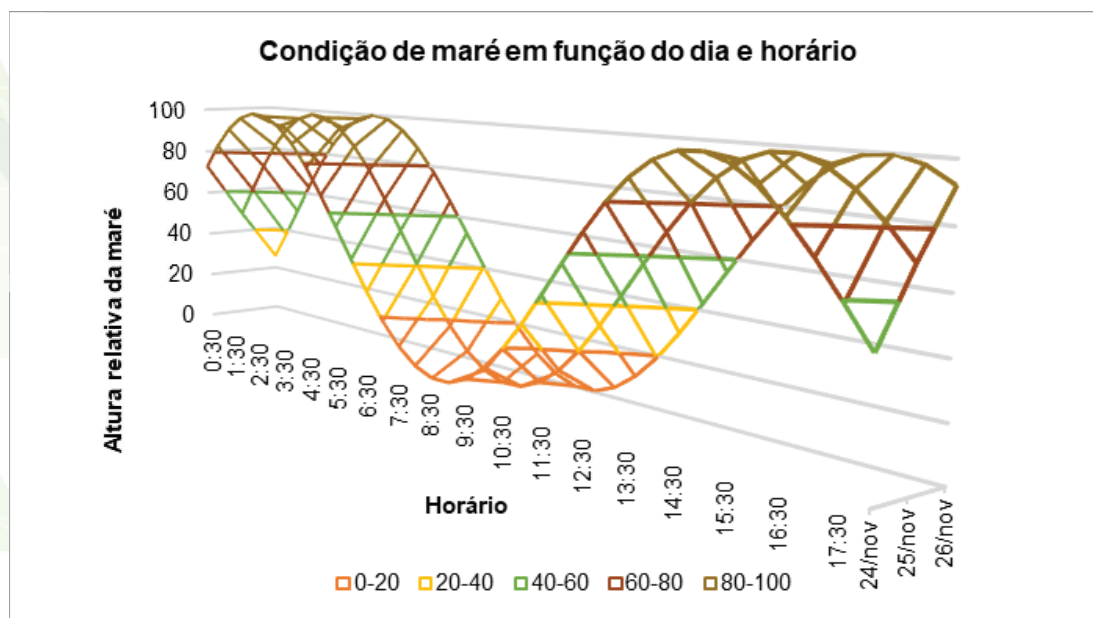
regime hidrológico e provocado a modificação da vazão líquida e sólida à jusante (SOUZA, 2015).

No presente trabalho objetivou-se avaliar a influência do controle da vazão do São Francisco pela usina de Xingó sobre o avanço da salinidade de Foz à Penedo entre os anos de 2019 e 2020.

METODOLOGIA

A determinação da salinidade e demais parâmetros (condutividade, resistividade, pH e sólidos totais dissolvidos-STD's) foram realizados durante os ciclos de maré enchente e vazante, conforme pode ser observado a partir do Gráfico 1, tendo sido realizada *in situ* através da utilização de Sonda multiparamétrica Aqual Troll 400 da In-Situ Inc. 221 East Lincoln Avenue, Fort Collins, CO 80524 USA.

Gráfico 1:
Simulação gráfica das condições de maré durante as coletas realizadas entre os dias 24, 25 e 26



Ao longo da coluna d'água, foi efetuada uma sequência de medições, com distância de no máximo 50 cm entre elas, intercaladas entre 20, 30 ou 60 mm. Os pontos para amostragem, no percurso de 28 km estendido de Penedo à foz, foram determinados considerando a área que sofre



influência do regime de marés e determinado através geoprocessamento. Ver Tabela 1.

Tabela 1:
Pontos de coleta dos parâmetros físico-químicos de acordo com as coordenadas geográficas e os anos da amostragem.

Ano	Vazão	Ponto de coleta	Ponto	Latitude	Longitude	Data	Início (h)	Fim (h)
2019	1.300 m ³ /s	Penedo	P1	10°17'37.86"S	36°35'20.05"O	24/11/19	14:00	16:00
		Piaçabuçu	P2	10°24'39.30"S	36°26'2.89"O	25/11/19	15:00	18:00
		Foz jusante	P3	10°27'48.57"S	36°24'21.91"O	26/11/19	14:30	16:00
2020	2.800 m ³ /s	Penedo	P1	10°17'35.55"S	36°35'8.66"O	12/6/2020	14:00	16:30
		Piaçabuçu	P2	10°24'14.40"S	36°26'26.23"O	12/8/2020	6:00	9:00
		Foz jusante	P3	10°28'33.30"S	36°23'51.20"O	12/9/2020	14:50	16:00

As coletas de dados foram realizadas durante a II Expedição Científica no Rio São Francisco, ocorrida no período de 17 a 27 de novembro de 2019 e III Expedição Científica no Rio São Francisco, ocorrida de 30 de novembro até 10 de dezembro, ambas as expedições partiram da cidade de Penedo, em Alagoas, e percorreu nove municípios localizados na região do Baixo São Francisco até chegar à foz realizando avaliação da saúde ambiente do rio e situação socioeconômica das comunidades ribeirinhas.

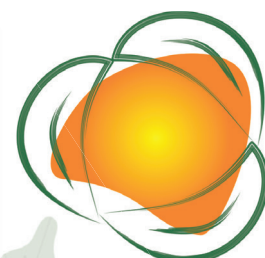


Figura 1:
Imagens das coletas de dados no São Francisco em 2019 à esquerda
e em 2020 à direita



Fonte: Próprios autores

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A salinização do rio é um problema que vem ocorrendo há alguns anos. Santana (2017) ressalta que já em 2013, com a regulação da vazão do São Francisco, a cunha salina oriunda das águas costeiras já avançava em torno de 10 km em direção à montante provocando a salinização das águas do rio pela adição de sais, o que tem limitado o seu aproveitamento para abastecimento público, irrigação e processos ecológicos.

Os resultados obtidos no presente estudo, tanto para novembro de 2019 como para dezembro de 2020, apontam que na região de Penedo Salinidade e demais parâmetros avaliados não sofreram alterações significativas (Tabela 2 e gráficos da Figura 1). O que já era esperado por se tratar de área distante da foz em torno de 30,00 km, não sofrendo, portanto, influência direta das oscilações de maré ou onde a corrente marinha não é suficientemente forte para realizar descarga água salgada. Também é possível inferir que, no ponto avaliado há pouca variação dos íons (poluentes) seja pelo despejo ou que chegam na área trazidos pela corrente do rio.

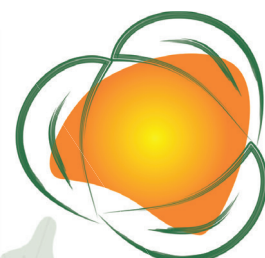
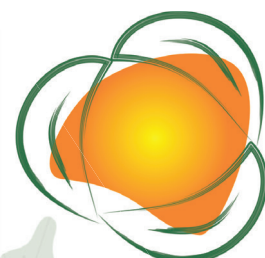


Table 2:
Funções estatísticas dos parâmetros avaliados entre os anos de 2019 e 2020 de acordo com a cidade da amostragem

ANO	CIDADE	FUNÇÃO ESTATÍSTICA	PARÂMETROS AVALIADOS					
			Prof. (m)	Temp. (°C)	Cond. (µS)	Resis. (ohm/m)	STD (ppm)	pH
2019	Penedo	Média	2.04	28.59	91.278	109.49	55.571	8.44
		Máximo	3.43	28.93	91.658	109.62	55.860	8.47
		Mínimo	0.25	28.52	91.221	109.10	55.218	8.38
		Desv. Pad	-	0.12	0.133	0.16	0.164	0.02
	Pia-çabuçu 15:00 h	Média	6.66	28.90	1122.49	1052.961	8.011	7.72
		Máximo	13.45	28.99	1671.71	2405.32	11.493	7.92
		Mínimo	0.62	28.87	415.75	598.621	2.938	7.56
		Desv. Pad	-	0.036	-	-	-	0.12
	Pia-çabuçu 18:00 h	Média	7.73	28.63	5210.22	2316.385	3.169	7.88
		Máximo	12.82	28.67	15622.40	8322.890	9.506	8.41
		Mínimo	0.59	28.49	120.15	64.011	0.073	7.59
		Desv. Pad	-	0.05	-	-	-	0.26
	Foz 14:50 h	Média	3.50	28.42	44653.82	23.875	27.269	7.35
		Máximo	6.55	28.95	51494.2	49.983	31.496	7.43
		Mínimo	0.47	28.24	18525.15	19.420	11.197	7.31
		Desv. Pad	-	0.22	-	-	-	0.03
	Foz 16:00 h	Média	4.16	28.06	50346.65	18.369	33.463	7.31
		Máximo	7.67	28.26	54272.1	19.329	34.362	7.33
		Mínimo	0.45	27.98	26325.8	17.897	31.678	7.29
		Desv. Pad	-	0.17	-	0.550	1.038	0.02

Continua...



...continuação

2020	Penedo	Média	1.61	28.44	95.483	104.731	58.237	8.72
		Máximo	2.71	28.44	95.529	104.799	58.265	8.79
		Mínimo	0.56	28.43	95.42	104.681	58.203	8.66
		Desv. Pad	-	-	0.026	0.028	0.015	0.05
	Piaçabuçu	Média	7.37	28.93	93.182	102.489	58.990	9.19
		Máximo	10.07	28.97	93.379	102.940	59.190	9.48
		Mínimo	0.66	28.92	92.979	102.118	58.750	8.68
		Desv. Pad	-	0.01	0.129	0.182	0.100	0.26
	Foz	Média	2.81	28.99	1317.830	7.893	796.025	8.31
		Máximo	4.32	29.04	2022.790	9.878	12.220	8.39
		Mínimo	4.32	28.92	1012.390	4.944	61.220	8.39
		Desv. Pad	-	0.04	285.012	1.531	1.748	0.07

*Desv. Pad.; Temp.; Cond.; Resis; e STD = Desvio padrão; temperatura, condutividade, resistividade e sólidos totais dissolvidos.

Nas análises realizadas em novembro de 2019 foi possível observar que a partir de Piaçabuçu há forte influência da maré sobre os parâmetros físico-químicos na região. Nesse ponto o avanço da cunha salina é evidente, observável a partir das leituras realizadas às 17:00 h, aonde foi revelado o aumento progressivo e substancial da salinidade e condutividade com o aumento da profundidade, deixando bem claro o comportamento do avanço da salinidade em forma de cunha (Tabela 2 e gráficos da Figura 1).

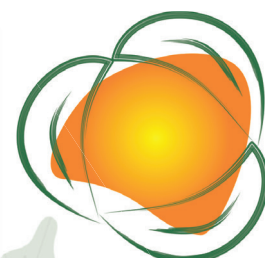
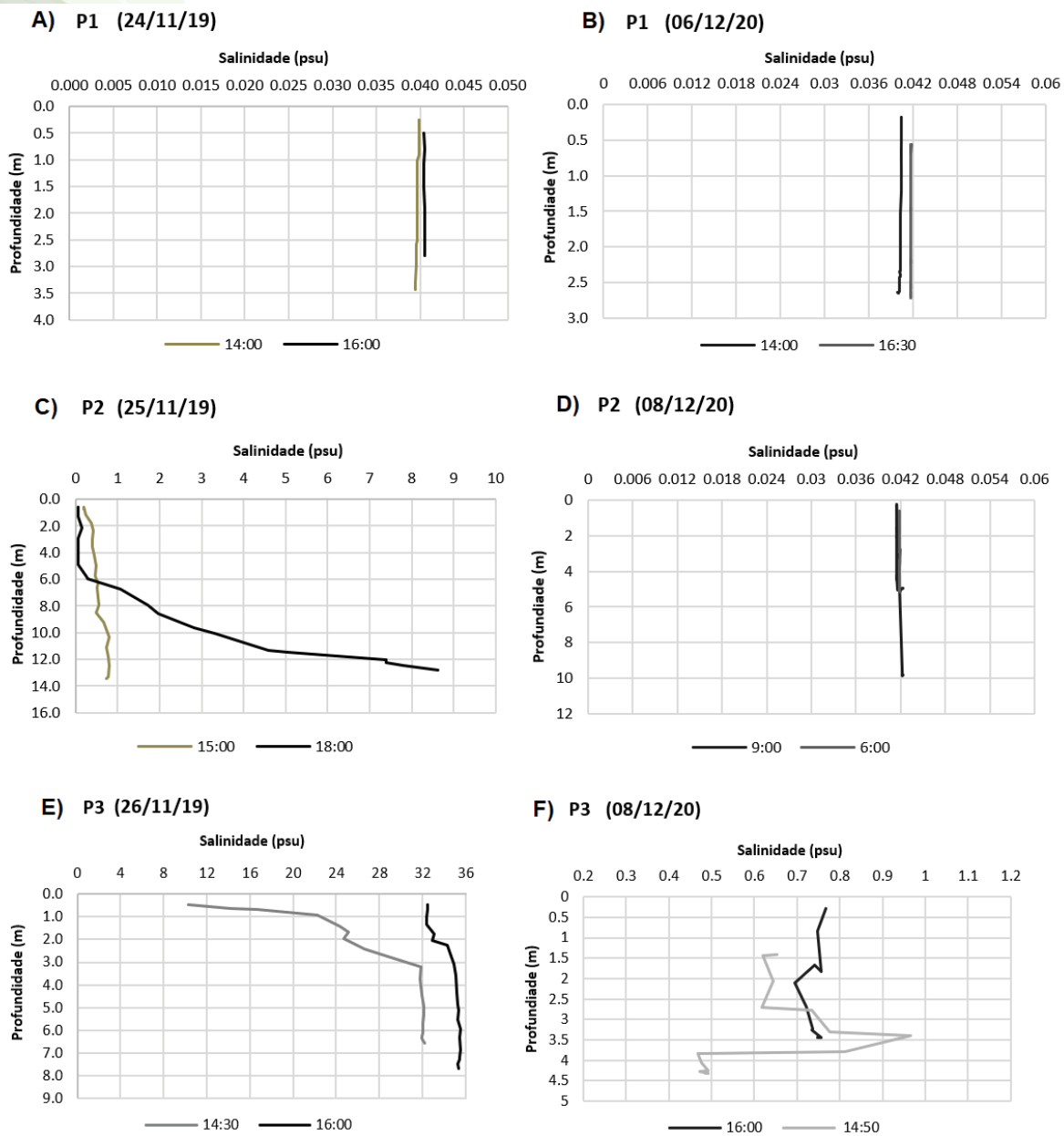
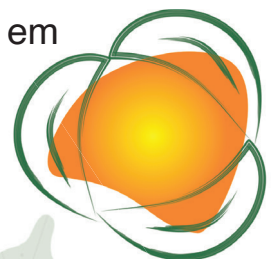


Figura 1:
Salinidades amostradas em função da profundidade em Penedo (A, B), Piaçabuçu (C, D) e Foz (E, F), nos anos de 2019 (A, C, E) e 2020 (B, D, F).



Contudo, durante as análises realizadas no ano de 2020 em Piaçabuçu, essa região permaneceu com salinidade abaixo de 0,05 psu. Se durante os estudos de 2019, as análises apontavam para o enquadramento das águas dessa região como salobra (salinidade acima de 0,05 psu), em 2020 as águas da mesma área foram identificadas como doces (salinidade girando em torno de 0,4 psu).



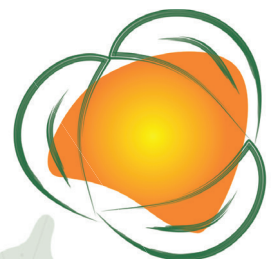
Os corpos hídricos ou mananciais são enquadrados em classes em função dos usos a que se destinam respeitando-se os requisitos estabelecidos. De acordo com a Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, as águas são distribuídas em 9 (nove) classes: cinco delas enquadradas como águas doces (com salinidade igual ou inferior a 0,5 %); duas classificadas como águas salobras (salinidade entre 0,5 e 30%) e as outras duas na categoria de águas salinas (salinidade igual ou superior a 30 %) (CONAMA, 1986).

Avaliando a região de foz, durante os estudos realizados em novembro de 2019, os dados obtidos indicavam, que sob condição de topo de maré, a salinidade, condutividade e a concentração de STD's, as variações são significativamente expressivas desde a superfície ao fundo. Também foi possível observar salinidade equivalente à água do mar, acima de 30 psu, indicando que as amostras não poderiam ser usadas para consumo humano ou irrigação. Neste período, foi possível identificar forte salinização para além de 11,3 km da foz, embora tenha havido o aumento da vazão do rio de 950 m³/s (metro cúbicos por segundo) para 1.280 m³/s a partir do reservatório de Xingó.

No mês anterior ao período de avaliação, no dia 22 de outubro de 2019, por determinação do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf) elevou sucessivamente a vazão no Baixo São Francisco (CHESF, 2019; UOL NOTÍCIAS, 2019).

Já em setembro de 2020, quando ocorreu elevação significativa da vazão do São Francisco, foi possível observar que o avanço da salinidade ficou restrita à região de foz, onde apenas nessa região as águas do rio estariam enquadradas como salobra, salinidade inferior a 1 psu.

A elevação progressiva da vazão do rio ocorreu a partir do Reservatório de Xingó, passando do patamar médio de 800 para 1.300 m³/s, ou seja, 500 m³/s a mais do que a média dos meses anteriores (G1-SE, 2020). É importante ressaltar que durante a segunda etapa do estudo (02 a 09 de dezembro) a vazão do rio, que se encontrava 2.600 m³/s passou à média de 2.800 m³/s no dia 08 de dezembro (DESTAQUENOTÍCIAS, 2020).



A área estudada, ou seja, o estuário do Rio São Francisco se comporta apresentando salinidade mais alta próximo a Foz e no fundo do rio, característico de estuário estratificado em forma de cunha salina, onde próximo da Foz a variação de salinidade oscila 0,03 e 35 ‰, podendo chegar a 39 ‰. Áreas apresentando este tipo de oscilações são enquadradas como zona de mistura. Sua ocorrência pode ser atribuída a variabilidade da descarga fluvial, aos ciclos de marés e ação dos ventos (FONSECA, 2018).

De acordo com estudo realizado por Souza (2015), durante o mês de fevereiro de 2014, em condições de maré Sizígia e enchente (altura em torno de 2,0 metros), foi possível observar que na região ocorre forte estratificação salina do tipo cunha salina. O autor registou salinidade superficial oscilando entre 4 a 18 g/kg, atingindo valores de até 35 g/kg, em apenas 2 metros de profundidade. O autor relatou que a estratificação do tipo cunha salina se manteve durante o intervalo avaliado. Entretanto, ocorreu alteração no grau de intensidade e posição ao longo da coluna d'água. Durante os picos de maré vazante o fluxo da corrente do rio predomina sobre a força da maré e empurra água doce em direção a foz, forçando a estratificação de salinidade para as camadas mais profundas do canal principal.

CONCLUSÃO

Durante o estudo foi possível observar que, por estar localizado na porção mais a jusante o estuário do São Francisco está sujeito não somente aos impactos ambientais decorrentes das ações antrópicas ou intempéries que incidem ao longo do seu curso, mas, também às contribuições advindas da corrente marinha. Neste sentido, a salinidade das águas do rio, bem como a condutividade e o teor de STD's são profundamente afetados pela oscilação da maré e pelas alterações na vazão do rio operadas pelos sistemas de barragens, principalmente pela barragem de Xingó. Nesse sentido, a diminuição da vazão do rio pela metade pode promover o avanço da salinidade por mais de 10 km rio adentro, provocando impactos severos sobre o ecossistema, as comunidades ribeirinhas e a economia dos municípios afetados, dentre eles Piaçabuçu e Brejo Grande.

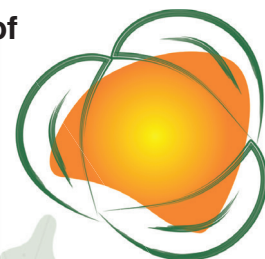


AGRADECIMENTOS

Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior (SECITECE),
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ),
Financiadora de Estudos e Projetos (*FINEP*).

REFERÊNCIAS

- (CHESF), C. H. E. DO S. F. **Chesf aumenta vazão no Rio São Francisco em Xingó**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.sertaonahora.com.br/noticia/26286/chesf-aumenta-vazao-no-rio-sao-francisco-em-xingo.html>>.
- CAVALCANTE, G. *et al.* Temporal streamflow reduction and impact on the salt dynamics of the São Francisco River Estuary and adjacent coastal zone (NE/Brazil). **Regional Studies in Marine Science**, v. 38, p. 101363, 1 jul. 2020.
- COTOVICZ L. C. JR., LIBARDONI B. G., BRANDINI, N., KNOPPERS B. A. ABRIL, G. Comparações entre medições em tempo real da PCO₂ aquática com estimativas indiretas em dois estuários tropicais contrastantes: o estuário eutrofizado da Baía de Guanabara (RJ) e o estuário oligotrófico do Rio São Francisco (AL). **Quím. Nova**, v. 39, n. 10, p. 1206–1214, 2016.
- FONSECA, S. L. M. **Efeito da redução da vazão de restrição defluente da barragem de Xingó na salinidade da água no baixo trecho do Rio São Francisco**. [s.l.] Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, 2018.
- FONSECA, S. L. M. *et al.* Effect of the reduction of the outflow restriction discharge from the Xingó dam on water salinity in the lower stretch of the São Francisco River. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, n. 4, p. 1–16, 2020.
- MEDEIROS, P. R. P.; CAVALCANTE SEGUNDO, G. H.; MAGALHÃES, E. M. M. Comportamento da turbidez e material em suspensão, em um rio com vazão regularizada por sistema de barragens em cascata: Rio São Francisco (NE, Brasil). **Geochimica Brasiliensis**, v. 29, n. 1, p. 34–44, 2015.
- SANTANA, N. R. F. **HIDRODINÂMICA AMBIENTAL NO BAIXO SÃO FRANCISCO E SUAS RELAÇÕES ANTRÓPICAS**. [s.l.] Universidade Federal de Sergipe, 2017.
- SANTOS, T. O. *et al.* Caracterização estrutural de bosques de mangue: Estuário do São Francisco. **Scientia Plena**, v. 8, n. 4, p. 1–7, 2012.
- SOARES, E. C. *et al.* Expedition on the Lower São Francisco: An X-ray of fisheries and agriculture, pollution, silting and saline intrusion. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 3047–3064, 2020.



SOUZA, R. M. G. **Caracterização hidrodinâmica e estimativa do transporte de sal no estuário do Rio São Francisco – AL/SE.** [s./.] Universidade Federal de Alagoas, 2015.

TORRES, I.; HORN, A. Presence of organic pollutants in the São Francisco river and its compartments. **Geochimica Brasiliensis**, v. 33, n. 4, p. 334–340, 23 fev. 2020.

UOL, N. **ANA ampliará vazão de Xingó se houver risco de contaminação do São Francisco por petróleo.** Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2019/10/11/ana-ampliara-vazao-de-xingo-se-houver-risco-de-contaminacao-do-sao-francisco-por-petroleo.htm>>. Acesso em: 20 set. 2012.





INFLUÊNCIA DE REPRESAMENTO NA QUALIDADE DE ÁGUA DO CÓRREGODA ALDEIA, MUNICÍPIO DE FERNANDÓPOLIS/SP

LUIZ SERGIO VANZELA¹

ELISE BARONI RAMOS²

BEATRIZ PALMA³

ARIELI MARTINEZ GEROMINI⁴

CLEBER FERNANDO MENEGASSO MANSANO⁵

RECURSOS HÍDRICOS E QUALIDADE DA ÁGUA

RESUMO

A construção de uma barragem e a formação de reservatório sempre perturba as condições naturais de um curso d'água. O reservatório se torna um meio natural de retenção de sedimento afluente devido à redução de velocidade da corrente. Dessa forma, é possível afirmar que os reservatórios ficarão totalmente assoreados com o tempo e esse processo pode influenciar na qualidade de água e no volume de reservação de água das represas. O desassoreamento é um trabalho de extrema importância na recuperação de reservatórios de água para os diversos fins. Entretanto, mesmo que temporário, perturba o ambiente e pode incrementar a concentração de sedimentos em suspensão ou dissolvidos na água, sendo um processo de potencial poluição aos recursos hídricos. Portanto, o objetivo neste projeto será avaliar o impacto temporário da operação de desassoreamento da represa municipal de Fernandópolis/SP, sobre a qualidade da água do Córrego da Aldeia. Para isso foram analisadas variáveis de qualidade de água a jusante e a montante da represa, em dois instantes em relação à obra de desassoreamento: (1) an-

127

1,5 Prof. Dr. Universidade Brasil, Campus Fernandópolis, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais, lsvanzela@yahoo.com.br¹, clebermansano@yahoo.com.br⁵.

2 Aluna do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais, Universidade Brasil, Campus Fernandópolis, elise_baroni@hotmail.com.

3,4 Alunas do Curso de graduação em Agronomia, Universidade Brasil, Campus Fernandópolis, beatriz.palma2016@hotmail.com³, arimartinez.geromini@hotmail.com⁴.

