

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA AO LONGO DA TRANSPOSIÇÃO DE UM CANAL DE CONCRETO: UM ESTUDO DE CASO DO CANAL DO SERTÃO ALAGOANO, BRASIL

DIAGNOSIS OF WATER QUALITY ALONG A CONCRETE CANAL:
A CASE STUDY ABOUT SERTÃO ALAGOANO CANAL, BRAZIL

Karina Waleska Lopes Rossiter

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Recife (PE), Brasil.

Mohand Benachour

Professor do do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química na UFPE – Recife (PE), Brasil.

Elena Matta

Doutoranda na Universidade Técnica de Berlim – Berlim, Alemanha.

Maria Manuela Queiroz Martins Mantero Morais

Professora do Instituto de Ciências da Terra (ICT) da Universidade de Évora – Évora, Portugal.

Silvana Carvalho de Sousa Calado

Professora do Departamento de Engenharia Química na UFPE – Recife (PE), Brasil.

Günter Gunkel

Professor titular da Universidade Técnica de Berlim – Berlim, Alemanha.

Endereço para correspondência:

Karina Waleska Lopes Rossiter – Avenida Hélio Falcão, 355, apto. 1.503 – Boa Viagem – CEP 51021-070 – Recife (PE), Brasil – E-mail: karinawlr@hotmail.com

RESUMO

Para atender à demanda, a transferência de água de rios por canal é uma prática comum no Nordeste brasileiro. O Canal do Sertão Alagoano capta água do Rio São Francisco (no reservatório Apolônio Sales) para abastecer municípios do estado do Alagoas. O objetivo deste trabalho foi analisar a evolução de parâmetros físico-químicos da água (temperatura, pH, turbidez, condutividade, dureza, sulfatos, cloretos, nitrogênio total e fósforo total) ao longo dos 29 km iniciais. Foram realizadas duas coletas no período seco em 10 pontos. Por intermédio do teste não paramétrico Mann-Whitney, evidenciou-se que temporalmente as duas coletas são significativamente diferentes para todos os parâmetros, mesmo tendo sido ambas desenvolvidas no período seco. Longitudinalmente, nas duas coletas, temperatura, pH e condutividade foram significativamente distintos entre o início e o fim dos 29 km, apresentando tendência crescente nos valores. Em termos de qualidade, conforme a Resolução n.º 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), a água do canal apresentou valores da classe 1, com exceção do fósforo total.

Palavras-chave: qualidade de água; transposição de águas; recursos hídricos; Canal do Sertão Alagoano.

ABSTRACT

To provide the water demand, river water transfer per canal is a common practice in the Brazilian northeast. The Sertão Alagoano Canal takes water from the São Francisco river, into the Apolônio Sales reservoir, to supply towns of the state of Alagoas. This research was designed to analyze the evolution of physico-chemical parameters (temperature, pH, turbidity, conductivity, hardness, sulfates, chlorides, total nitrogen and total phosphorus) over the initial 29 km of the canal. Samples were taken during the dry season at 10 points. Through the non-parametric Mann-Whitney test, it became clear that the two samples are significantly different for all parameters, even though both were held in the dry season. As for the longitudinal aspect, in both collections, temperature, pH and conductivity parameters were significantly different between the beginning and the end of the initial 29 km, with an increasing trend in the concentrations. Considering the quality, under Resolution 357/2005 of National Council of Environment (Conama), the water from the canal presented values within the quality class 1, with the exception of total phosphorus.

Keywords: water quality; water transposition; water resources; Sertão Alagoano Canal.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso escasso em regiões semiáridas e, em função dos diversos usos requeridos, a gestão dos recursos hídricos não consiste em uma tarefa fácil. Além do aspecto quantitativo da água, sua qualidade também deve ser considerada, pois influencia diretamente na saúde pública e na qualidade de vida da população da região (FERREIRA, 2010; SALATI & LEMOS, 2006).

Entre os múltiplos usos dos recursos hídricos no Brasil, a geração de energia elétrica é bastante difundida no país. Para tal, foram construídas no Nordeste algumas hidroelétricas ao longo do Rio São Francisco, sendo necessária também a construção de barragens e reservatórios. Um desses reservatórios é o de Apolônio Sales, com volume útil de $180 \times 10^6 \text{ m}^3$ de água (PRUSKY *et al.*, 2011).

Segundo um levantamento realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA) desde 2012, observa-se a gradativa e intensa redução nos índices pluviométricos em algumas regiões do país, ocasionando um período seco mais crítico e prolongado, sendo o semiárido nordestino uma das áreas mais atingidas. Características naturais como altas temperaturas, baixas amplitudes térmicas, forte insolação e altas taxas de evapotranspiração, além de baixos índices pluviométricos (inferiores a 800 mm), resultam em rios com baixa disponibilidade hídrica e até intermitentes (ANA, 2014; ROSADO & MORAIS, 2010).

De acordo com Rossiter *et al.* (2014), a preocupação com água não se refere apenas a sua quantidade, mas também à qualidade adequada ao seu uso. O monitoramento regular da qualidade da água é necessário para garantir as condições de uso, para fins industriais, domésticos ou da agricultura (POONAM *et al.*, 2013).

A transposição da água entre bacias hidrográficas constitui um método de manejo da água empregado em muitos países, porém é conflitante. Os problemas mais graves são: perda de água na bacia original, qualidade insuficiente da água no rio e no reservatório efluente, mudança da qualidade da água no canal

de transporte, efeitos de bombeamento nos animais e microrganismos da água e invasão de espécies não nativas (GUNKEL *et al.*, 2015).

Em canais abertos, como no Nordeste do Brasil, há grandes problemas com as reações físico-químicas e contaminações, em função da alta temperatura e incidência solar durante todo o ano. Essas reações são:

- aquecimento por alta incidência solar;
- alta evaporação da água em razão das elevadas temperaturas;
- transferência dos íons do concreto (cálcio, carbonato) para a água, causando aumento do pH;
- produção primária das algas flutuantes e algas filamentosas nas superfícies;
- crescimento dos animais aquáticos como moluscos e mosquitos.

Ocorre ainda a contaminação no canal por fezes de pássaros e coliformes (que se reproduzem, situação agravada mais ainda pela alta temperatura) e pela morte de animais pequenos, como rãs, ratos e coelhos que ao caírem no canal não conseguem dele sair.

O conhecimento de possíveis alterações na qualidade da água em projetos em que esta é transportada através de longos canais é do interesse não apenas da comunidade científica e da sociedade, mas também do governo, para que ações gerenciais possam ser planejadas. Vale ressaltar que, na pesquisa bibliográfica realizada, não foram evidenciados trabalhos em canais de estrutura semelhante ao Canal do Sertão Alagoano, para que servissem de referência.

Esta pesquisa teve por objetivo avaliar a existência de alterações significativas nas características físico-químicas da água quando transposta ao longo de um canal de concreto, tendo como base os resultados obtidos no Canal do Sertão Alagoano durante o período seco.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Para aumentar a disponibilidade de água no Nordeste brasileiro, o governo federal elaborou alguns projetos, sendo um deles o Canal do Sertão Alagoano. Segundo a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do Rio São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), essa é a maior obra de infraestrutura hídrica do estado do Alagoas, captando água no reservatório de Apolônio Sales, para abastecimento de municípios entre Delmiro Gouveia e Arapiraca, beneficiando 42 municípios e mais de um milhão de alagoanos. Sua localização é descrita na Figura 1.

O empreendimento, com extensão total projetada de 250 km, está em construção desde 1991, e em maio de 2014, 65 km estavam concluídos. Em novembro

de 2015 foi concluído o trecho III, chegando o canal a 93 km. A previsão de conclusão da obra não foi divulgada oficialmente pelo Ministério da Integração. O canal aduzirá $32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ em sua fase final, tendo já recebido da ANA a outorga prévia de $3,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para a primeira etapa (FAIO & SORGATO, 2008; BRASIL; 2015).

A água é captada do reservatório de Apolônio Sales (latitude $9^{\circ}20'36.67''\text{S}$, longitude $38^{\circ}12'03.91''\text{O}$), em uma estação elevatória de água bruta (latitude $9^{\circ}20'22.43''\text{S}$, longitude $38^{\circ}11'36.79''\text{O}$) (ver Figura 2A). Da estação elevatória a água é bombeada até uma estrutura de transição por meio de uma adutora de recalque, com 1.700 m de comprimento. Dessa estrutura a água é levada por uma adutora de gravidade,

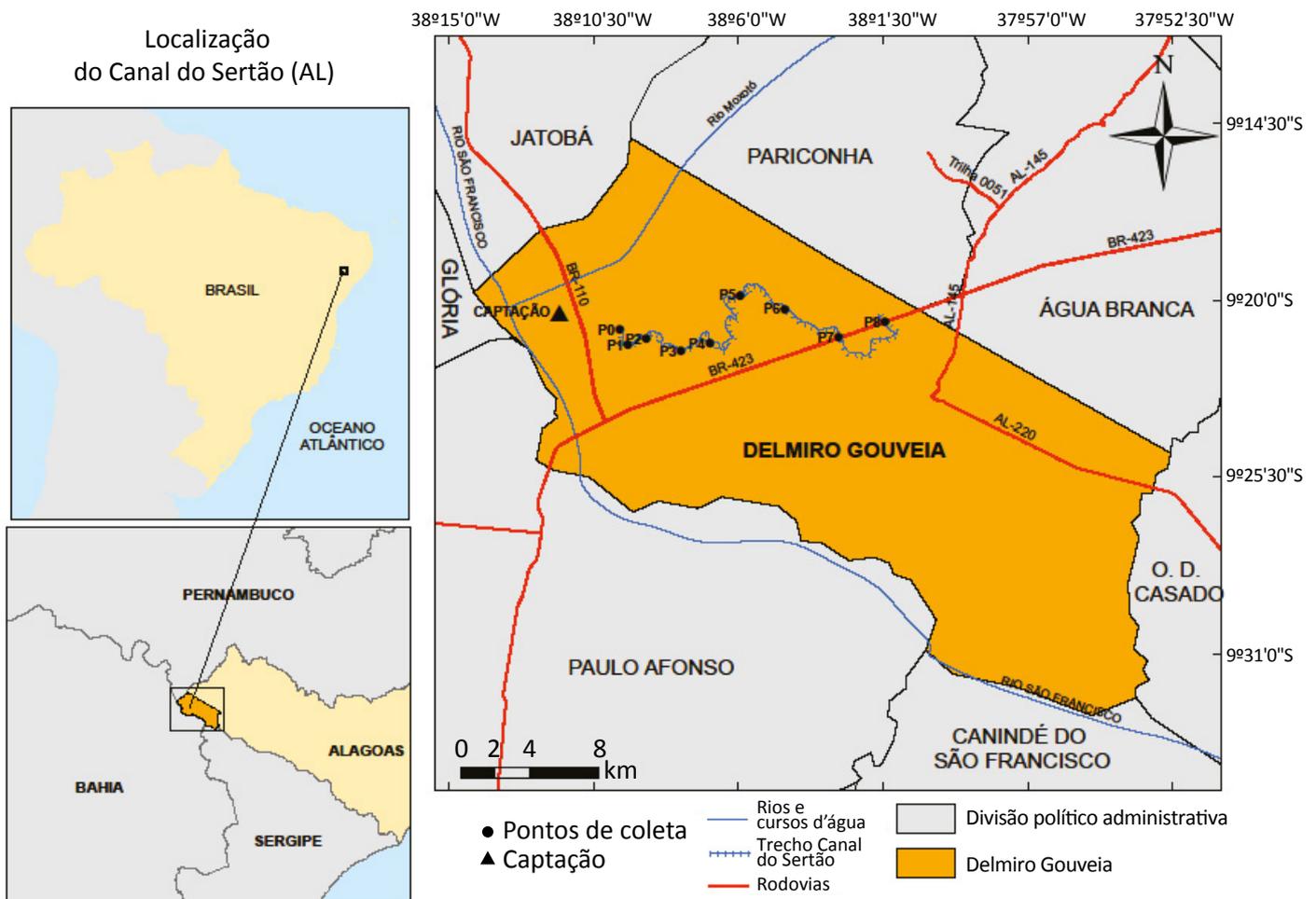


Figura 1 – Localização do Canal do Sertão Alagoano e dos pontos de coleta, adaptada de IBGE (2016).

com 2.100 m de comprimento, em tubos de aço até a estrutura final de transição, sendo este o km 0 do canal (latitude 9°20'54.97"S, longitude 38°09'41.86"O) (Figura 2B).

A partir do início (km 0) o canal segue sempre por gravidade, obedecendo um desnível de 0,12 m por km. O canal apresenta na maior parte da sua extensão estrutura trapezoidal com dimensões de: altura 5,30 m, base maior 15,20 m e base menor 3,30 m, sendo alguns trechos retangulares (6,60 m de altura x 4,15 m de largura), conforme Figura 3A. Ao longo do canal existem obras especiais, tais como: comportas, pontes-canal, travessias para pedestres, travessias para veículos, travessias sob

rodovias, pontos de derivação para abastecimento humano e pontos de derivação para perímetros de irrigação. As Figuras 3B e 3C mostram alguns trechos do canal.

Atualmente a vazão de bombeamento é determinada pela variação na demanda e gerenciada pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) do estado de Alagoas, sendo em média $0,78 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Ao fim do projeto serão um total de 12 bombas em regime de funcionamento, que permitirão vazão total de $32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (BRASIL, 2014). Nos trabalhos de campo para as coletas das amostras foi evidenciada a retirada ilegal de água, sobretudo por tubulação, conforme Figura 3C.



Figura 2 – (A) Reservatório de Apolônio Sales e estação elevatória; (B) início do canal: km 0.



Figura 3 – (A) Visão da estrutura trapezoidal e retangular do canal; (B) visão geral de um trecho; (C) trecho do canal na rodovia BR-432 com operação de caminhão pipa para abastecimento público.

Metodologia

Após visita de reconhecimento da área, foram definidos 10 pontos de coleta, abrangendo a área de captação (Figura 2A) e os 29 km iniciais do canal, conforme descritos na Tabela 1.

A primeira coleta foi realizada de 25 a 27 de maio, e a segunda, de 22 a 24 de setembro de 2014, ambos os períodos considerados secos. Contudo houve maior precipitação nos dias anteriores à primeira coleta comparativamente com a segunda, como pode ser visualizado na Figura 4.

As amostras de água foram coletadas na superfície em frascos plásticos, sendo estes previamente lavados com água do local no momento da coleta, e conservadas a 4°C. Os parâmetros de temperatura, pH e condutividade elétrica foram analisados *in loco*, por intermédio de uma sonda multiparamétrica. Os demais parâmetros — fósforo total, nitrogênio total, dureza total, cloretos, sulfatos e turbidez — foram analisados no Laboratório de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pelas metodologias especificadas no *Standard methods for the examination of wa-*

Tabela 1 – Pontos de coleta no Canal do Sertão Alagoano.

Ponto de coleta	Captação	PO	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Referencial espacial (km)	-4	0	1	3	6	11	15	20	23	29
Tempo de residência (dias)	0	0	0,4	1,3	2,6	4,8	6,5	8,7	10	12,6

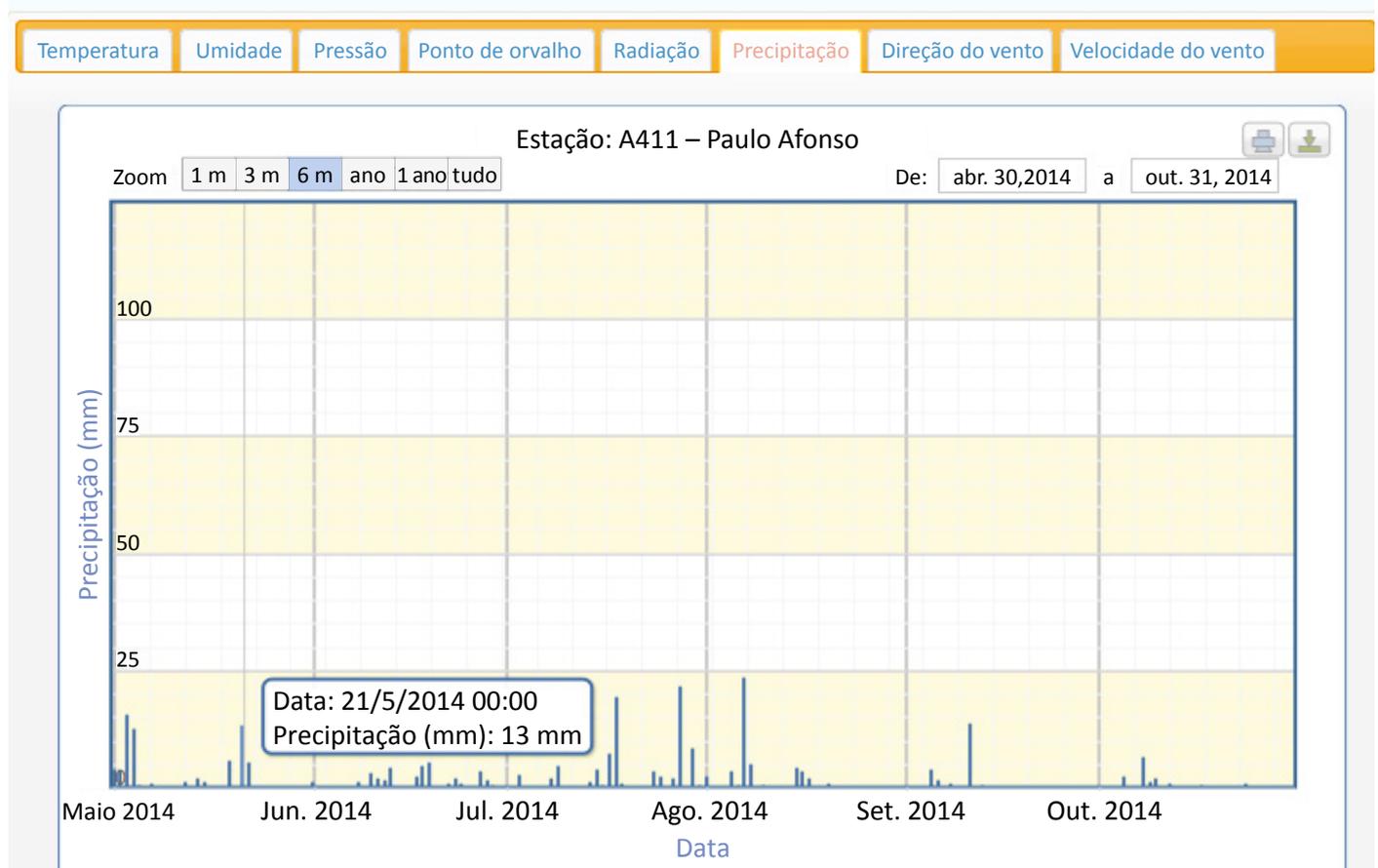


Figura 4 – Precipitação diária da estação de monitoramento de Paulo Afonso (INMET, 2016).

ter and wastewater, editado pela American Public Health Association (APHA, 2005).

Os resultados das duas coletas de cada parâmetro foram reportados em gráficos e se procedeu a uma avaliação, levando em conta os aspectos temporal (tempo decorrido entre as duas coletas) e espacial (perfil ao longo do canal, com o distanciamento do marco zero). Em seguida, os resultados de cada coleta foram tratados estatisticamente pela aplicação do teste não paramétrico de Mann-Whitney, com o objetivo de verificar para cada parâmetro analisado diferenças significativas entre as condições no início do canal e no fim, bem como se houve diferença entre as duas coletas realizadas no período seco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultados dos parâmetros físico-químicos das análises em amostras de água ao longo do canal para as duas coletas encontram-se representados graficamente nas Figuras 5 e 6.

O incremento da temperatura de 26 até 29°C depende da insolação, da umidade do ar e do vento. A maior diferença entre a primeira e a segunda coleta foi de 1°C no ponto 2 (3 km), contudo nenhum valor de temperatura foi maior que 29°C, o que se considera normal para as temperaturas típicas da região.

A turbidez apresentou maiores valores na primeira coleta para todos os pontos. Essa constatação pode estar relacionada a ocorrência de precipitação nos dias anteriores. Verifica-se na Figura 4 que no mês de maio choveu quatro dias antes da coleta. O contrário aconteceu em setembro; a pouca chuva que houve ocorreu no início do mês, sendo a coleta apenas no dia 22 do referido mês. Durante as chuvas o canal recebe os aportes dos sedimentos ao redor, pois não há nenhum tipo de proteção na borda do canal (ver Figura 3B), e com isso a quantidade de sólidos em suspensão aumenta, o que leva também ao aumento da turbidez.

O parâmetro de pH indicou tendência espacial de crescimento, sendo afetado significativamente pelo material de concreto do canal. O pH elevou-se de condições neutras (pH ~7,0) a condições alcalinas, com valor de 9,2 no 28 km. Para pH acima de 9,5 podem ocorrer reações tóxicas.

O teste de Mann-Whitney é usado para testar se duas amostras independentes foram retiradas de populações com médias iguais, fazendo uma comparação entre suas variáveis. As duas amostras devem ser aleatórias, e as observações, independentes, tanto entre quanto nas amostras. A aplicação das técnicas estatísticas não paramétricas não exige suposições quanto à distribuição da variável populacional. Foi adotado o nível de significância (α) igual a 0,05, e para valores de $p \leq 0,05$ as amostras são consideradas significativamente diferentes. As análises estatísticas foram efetuadas pelo programa IBM SPSS 19.

A condutividade também demonstrou tendência de crescimento, mas em uma faixa menor, de 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. O aumento da condutividade é um efeito da corrosão do concreto. Segundo Von Sperling (2005), leva-se em conta para ambientes impactados condutividade superior a 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Como todos os resultados de condutividade em ambas as coletas foram menores, por esse parâmetro a água do canal sugere boa qualidade.

Os parâmetros de dureza (Figura 5E) e sulfato (Figura 5F) não apontaram tendência clara, contudo foram maiores na segunda coleta. Isso pode estar relacionado com a menor quantidade de água no canal na segunda coleta, em função da menor precipitação nos dias anteriores, tendo como consequência o efeito de maior concentração de sais.

Em relação ao cloreto (Figura 6A), com exceção dos valores registrados no ponto P1 (1 km) da segunda coleta, todos os demais valores foram praticamente estáveis. Esse pico de valor pode ser atribuído a alguma fonte pontual, pois nesse local há um número considerável de pequenos agricultores próximo ao canal.

As concentrações de nitrogênio total (Figura 6B) foram entre 0,05 e 0,15 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ na primeira coleta e 0,29 e 0,37 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ na segunda coleta, valores considerados como concentrações moderadas, sendo os da segunda coleta mais elevados. Esse fato pode também ser consequência do menor volume de água no Rio São Francisco na segunda coleta, em função da menor precipitação.

As concentrações do fósforo total (Figura 6C) em sua maioria foram próximas ou menores que $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, com exceção do km 1 e do km 23 na segunda coleta, o que

pode estar ligado à contaminação externa. Verifica-se que todos os valores da segunda coleta foram próximos ou superiores aos da primeira coleta, o que é possível de ser

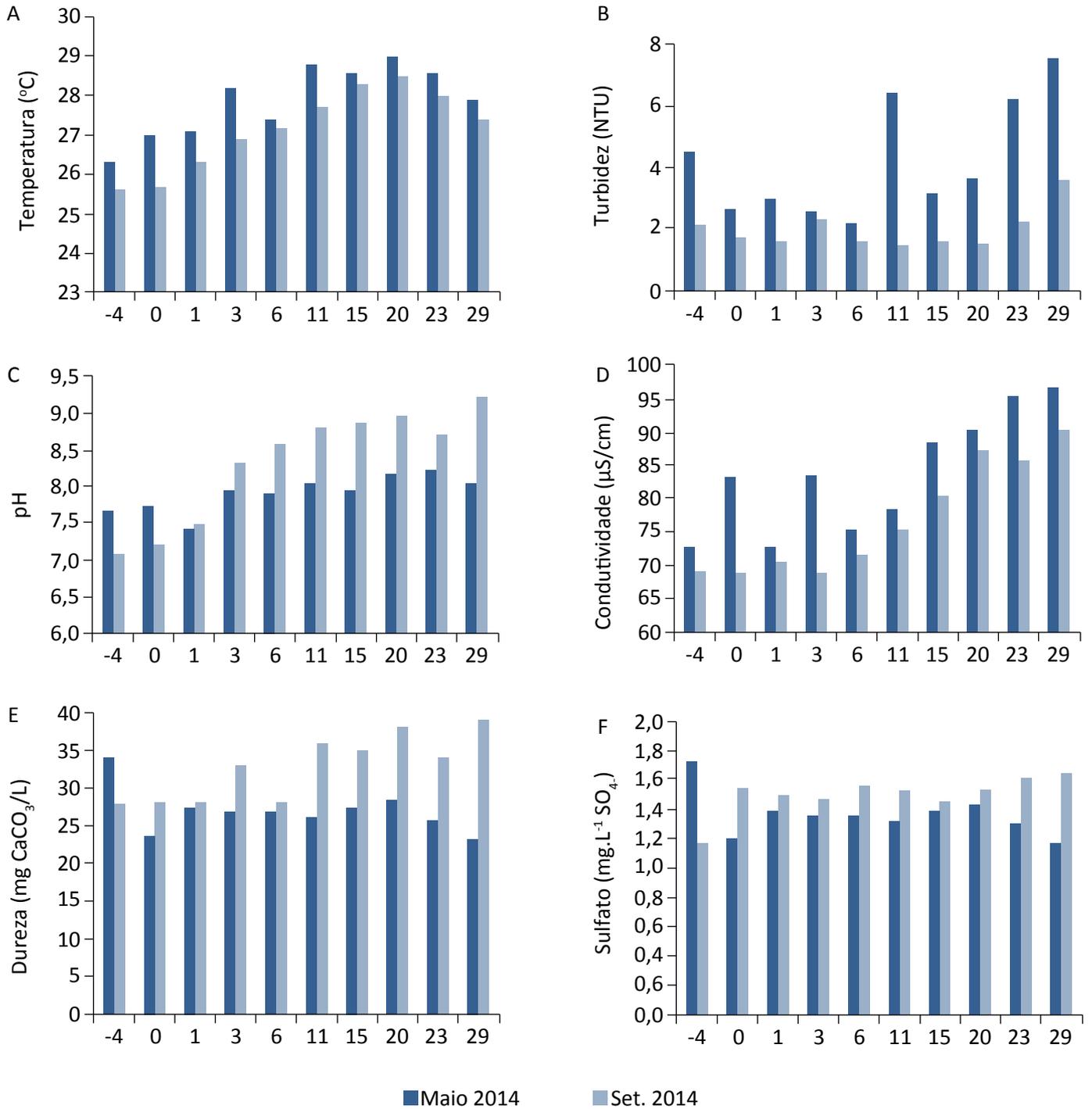


Figura 5 – Evolução das parâmetros de (A) temperatura, (B) turbidez, (C) pH, (D) condutividade, (E) dureza total e (F) sulfato ao longo do Canal do Sertão Alagoano para as duas coletas estudadas (maio e setembro de 2014, ambas em período seco).

explicado também pela menor precipitação nessa época. A relação nitrogênio/fósforo com índices entre 1 e valores bem menores que 7 representam limitação da produção primária com nitrogênio, com grande risco de desenvolvimento de algas azul-verde e de cianobactérias.

Avaliando tais números sob o aspecto longitudinal, ou seja, como os resultados evoluíram ao longo do eixo do canal, observa-se que a maioria dos parâmetros não apresentou tendência específica de aumento ou decréscimo. A exceção foram os parâmetros pH e condutividade, já discutido anteriormente, que apresentaram tendência de leve crescimento longitudinal.

Após a avaliação dos gráficos, foram realizados testes estatísticos com os dados obtidos para evidenciar se havia diferença significativa entre eles.

Pela aplicação do teste de Mann-Whitney foi comprovado em termos estatísticos que temporalmente as duas coletas foram significativamente diferentes para todos os parâmetros analisados: temperatura ($p < 0,05$); turbidez ($p < 0,01$); pH ($p < 0,05$); condutividade ($p < 0,05$); dureza ($p < 0,001$); sulfatos ($p < 0,001$); cloretos ($p < 0,01$); nitrogênio total ($p < 0,001$); e fósforo total ($p < 0,01$). Isso confirma a importância dos testes estatísticos para evidenciar a variabilidade nas características da água, no mesmo período seco no canal, fato que não ficou claro ao analisar apenas os gráficos dos dados. Tais diferenças podem estar relacionadas às condições meteorológicas observadas em cada uma das coletas, à introdução de água pluvial ou à diminuição de água no canal resultante, causada por retiradas ilegais ou pelos diferentes volumes de água descarregados.

A alta taxa de evaporação também é um fator que influencia na qualidade da água. A área do canal estudada corresponde a 174 mil m^2 (comprimento de 29 km, largura de 6 m), e a evaporação da região é próxima a 2 mil mm por ano, ou seja, cerca de 6 mm por dia, o que representa perda de volume diário de 1.044 m^3 por evaporação. A vazão média do canal é de 0,78 $m^3.s^{-1}$, isto é, 67.392 $m^3.d^{-1}$. Se dividirmos o volume perdido pela evaporação pelo volume total até o km 29, teremos perda diária de 1,54% do volume de água, o que é bastante significativo para a qualidade da água, manifestando-se, por exemplo, no aumento dos valores de condutividade.

Essas constatações conduziram à necessidade de verificar individualmente para cada coleta como é que os parâmetros evoluem ao longo do canal. Dessa forma, para testar

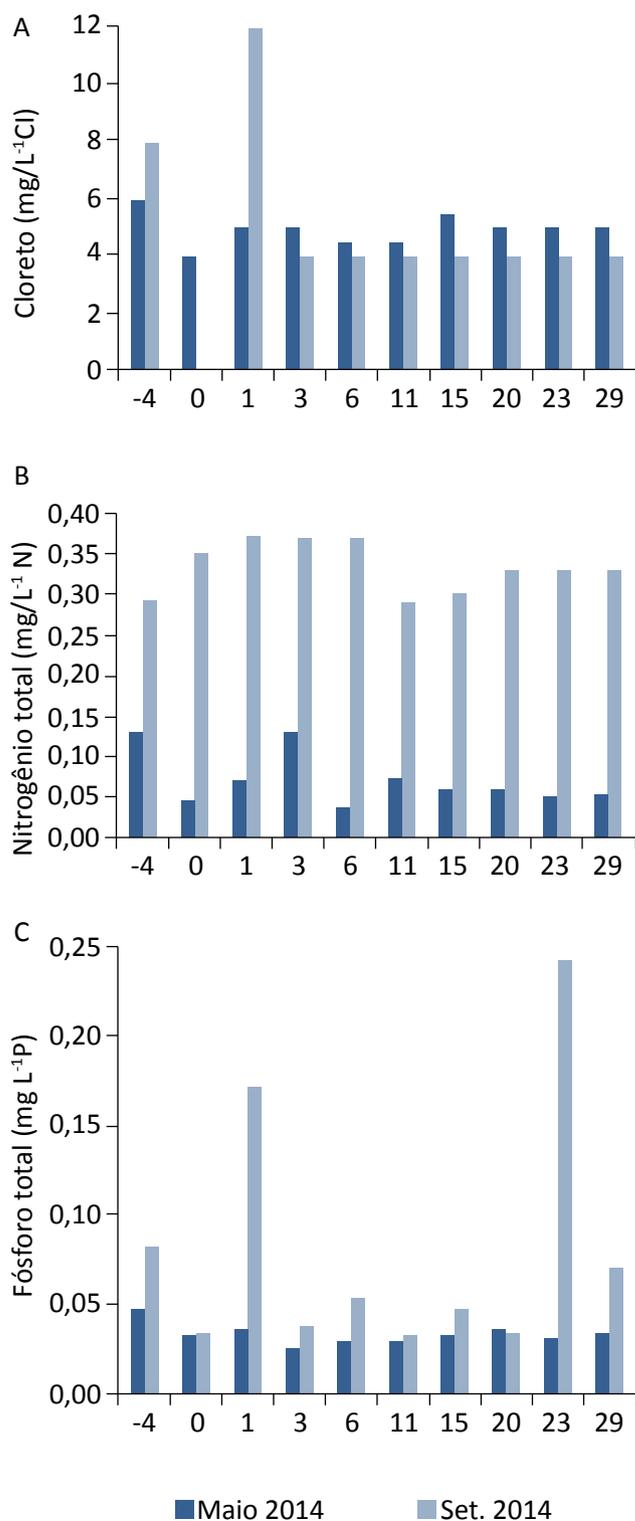


Figura 6 – Evolução dos parâmetros de (A) cloreto, (B) nitrogênio total e (C) fósforo total ao longo do Canal do Sertão Alagoano para as duas coletas estudadas (maio e setembro de 2014, ambas em período seco).

a existência de diferenças expressivas entre as condições no início do canal e no fim dos 29 km, dividiram-se os resultados em dois grupos: os primeiros seis km (primeiros quatro pontos); e os últimos 8 km (3 últimos pontos). Além disso, foi aplicado o teste de Mann-Whitney, eliminando as condições intermediárias que iriam dificultar a análise das condições extremas (início *versus* condições a 29 km).

Longitudinalmente, para a primeira coleta (maio de 2014), o resultado da aplicação do teste de Mann-Whitney comprovou que as condições são significativamente diferentes para os parâmetros: temperatura ($p < 0,05$); condutividade ($p < 0,05$); pH ($p < 0,05$); e turbidez ($p < 0,05$). Para a segunda coleta (setembro de 2014), o resultado da aplicação do teste de Mann-Whitney confirmou que as condições são significativamente diferentes para os parâmetros: temperatura ($p < 0,05$); pH ($p < 0,05$); condutividade ($p < 0,05$); e dureza ($p < 0,05$).

Assim, em termos longitudinais apenas os parâmetros temperatura, pH e condutividade foram significativamente diferentes em ambas as coletas. Parâmetros

que, além da influência do concreto, indicam o efeito da evaporação por conta do aumento da temperatura, que por sua vez conduz ao aumento do pH e da condutividade (maior quantidade de sais dissolvidos). A mesma situação não foi observada relativamente em relação a cloretos, sulfatos, nitrogênio total e fósforo total, que não demonstraram diferenças significativas entre o início e os 29 km de canal em nenhuma das coletas estudadas. Vale ressaltar que, para o aspecto longitudinal, a avaliação apenas dos perfis dos gráficos também evidenciaram que os parâmetros de pH e condutividade apresentam variabilidade ao longo do eixo do canal.

Tomando ainda como base os padrões de qualidade da Resolução n.º 357/2005 do Conama (BRASIL, 2005) relativos aos parâmetros desta pesquisa — pH, turbidez, fósforo total, cloreto e sulfato —, todos os resultados nas duas coletas atenderam à especificação da classe 1, com exceção do fósforo total, que exibiu valores de enquadramento relativos à classe 4. Isso significa que a água desse canal de transposição pode produzir condições eutróficas nos açúdes e reservatórios que venham a receber sua água.

CONCLUSÃO

Quanto ao aspecto temporal, as coletas realizadas em período seco, nos meses de maio e setembro de 2014, apresentaram diferenças significativas para todos os parâmetros, utilizando o teste não paramétrico de Mann-Whitney, para o nível de significância de 0,05, o que evidencia que na mesma época climática os resultados da qualidade da água para a região podem ser diferentes. Quando avaliadas as coletas separadamente, considerando o aspecto longitudinal, os parâmetros físico-químicos que exibiram variação significativa em ambas as coletas foram: temperatura, pH e condutividade. A condutividade e o pH também apontaram tendência de crescimento longitudinal, sendo isso influência do concreto com a água.

Para os nutrientes, o nitrogênio total da segunda coleta foi bem superior e o fósforo indicou comportamento mais estável, levando a uma relação nitrogênio/fósforo que representou limitação da produção primária com nitrogênio. Esse fator leva a um grande risco de desenvolvimento de algas azul-verde e de cianobactérias, sendo recomendáveis estudos posteriores sobre algas e detritos dentro do canal.

Ressalta-se que a água ao longo de todo o canal apresentou resultados que a levariam ao enquadramento na classe 1 pela Resolução do Conama n.º 357/2005, com exceção do parâmetro fósforo total. Os resultados obtidos são preliminares, sendo fundamental efetuar um monitoramento que abranja diferentes situações meteorológicas, períodos secos e chuvosos, de forma a entender o funcionamento com mais precisão do sistema aquático artificial no canal, para com fundamentação científica se propor medidas de proteção ao ecossistema criado e à preservação do recurso da água. Vale salientar que a perda de água por evaporação chega a 1,5% por dia, significando um efeito grande para esse tipo de transposição de águas por canais abertos.

Contudo os resultados desta pesquisa, mesmo que preliminares, podem ser utilizados para a gestão de outros dois canais de transposição de água na região do Rio São Francisco, que estão em fase de anteprojeto: o Canal do Sertão Alagoano e o Canal do Sertão Baiano. Não foram encontradas pesquisas que avaliassem as alterações na qualidade de água em concreto em regiões tropicais.

REFERÊNCIAS

- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Encarte especial sobre a crise hídrica. In: _____. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil*. Brasília: ANA, 2014.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21. ed. Washington: APHA, 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução Conama n.º 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem com estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 17 mar. 2005.
- BRASIL. Ministério da Integração. *10 CT: construção do Canal do Sertão Alagoano*. 2008. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=3ca08be8-9d55-48f3-9bd0-e38e84604438&groupId=10157>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- BRASIL. Planalto da Presidência da República. *Preservação do Rio São Francisco é prioridade do governo, afirma Dilma*. 2015. Disponível em: <<http://blog.planalto.gov.br/assunto/canal-do-sertao-alagoano/>>. Acesso em: 10 dez. 2015.
- FAIO, D. & SORGATO, J. Canal do Sertão Alagoano: o custo da energia elétrica. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 9., Salvador, 2008. *Anais...* Salvador, 2008.
- FERREIRA, B. A região semi-árida nordestina: utilização dos dados SRTM para mapeamento geomorfológico de parte dos municípios de Jatobá Petrolândia e Tacaratu, Sub-Médio São Francisco, PE. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 143-158, 2010.
- GUNKEL, G.; LIMA, D.; SELGE, F.; SOBRAL, M.; CALADO, S. Aquatic ecosystem services of reservoir in semi-arid areas: sustainability and reservoir management. *River Basin Management VIII*, v. 197, p. 187-200, 2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa físico dos estados de Alagoas e Sergipe*. 2016. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_estaduais_e_distrito_federal/fisico/al_se_fisico700k_2012.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2016.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Estações automáticas: gráficos*. 2016. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso em: 10 fev. 2016.
- POONAM, T.; TANUSHREE, B.; SUKALYAN, C. Water quality indices – important tools for water quality assessment: a review. *International Journal of Advanced Chemical Technology*, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2013.
- PRUSKY, F. F.; RODRIGUEZ, R. G.; SOUZA, J. F.; SILVA, B. M. B.; SARAIVA, I. S. Conhecimento da disponibilidade hídrica natural para a gestão dos recursos hídricos. *Revista de Engenharia Agrícola*, v. 31, jan. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000100007>.
- ROSADO, J. & MORAIS, M. M. Estratégias de gestão da água para combater a escassez em regiões semi-áridas e mediterrânicas: diferenças e similaridades. *Sustentabilidade em Debate*, número especial “Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas”, Brasília, 2010.
- ROSSITER, K. W. L.; VASCONCELOS, I. E.; CALADO, S. Evaluation of water body classification by the government: an example from the Moxotó River. In: THE INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION: WATERSHED AND RIVER BASIN MANAGEMENT, 13, 2014. *Anais...*, São Francisco, 2014.
- SALATI, E. & LEMOS, H. M. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005.