



## Capítulo XI

### IMPACTOS DO FECHAMENTO DE BARRAS EM ZONAS ESTUARINAS: O ESTUDO DOS EFEITOS NA QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO BUCATU-PB

Randolpho Savio de Araujo Marinho  
Wysllayne de Queiroz Silva  
Maria Cristina Crispim  
Gheizon Raunny Silva



# IMPACTOS DO FECHAMENTO DE BARRAS EM ZONAS ESTUARINAS: O ESTUDO DOS EFEITOS NA QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO BUCATU-PB

Randolpho Savio de Araujo Marinho<sup>1</sup> | Wysllayne de Queiroz Silva<sup>2</sup> | Maria Cristina Crispim<sup>3</sup> | Gheizon Raunny Silva<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mestre e Doutorando pelo Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-PRODEMA-UFPB. End: Pça Abdon Milanez, 115, Castelo Branco, João Pessoa -PB, Brasil; CEP: 58050370. e-mail: rando28br@gmail.com

<sup>2</sup> Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Paraíba.; End: Rua Presidente João Pessoa, 274, Bairro Pindorama, Caaporã-PB, Brasil CEP: 58326000. email: wysllaynequeiroz@hotmail.com

<sup>3</sup> Professora Dr<sup>a</sup> Titular do Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB; End: Rua Josefa di Lorenzo Marcsicano, 178, Portal do Sol, João Pessoa -PB, Brasil; CEP: 58046700. e-mail: ccrispim@hotmail.com

<sup>4</sup> Graduando em Bacharelado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Paraíba. End: Travessa Joana Darc Salgado, Bezerros-PE, Brasil; CEP: 55660000. e-mail: gheizon14@hotmail.com

**RESUMO:** Os estuários são ambientes aquáticos de transição entre um rio e o mar e por isso, são considerados um dos ambientes mais dinâmicos do planeta. A capacidade natural de renovação periódica e sistemática de suas águas, favorece uma boa interação entre os nutrientes químicos presentes na água, bem como na diversidade de organismos que utilizam este ambiente para se reproduzir ou completar seu ciclo de vida e realizar migrações diárias. Entretanto, com o fechamento da barra do estuário e a consequente perda de conexão entre o rio e o mar, alguns destes nutrientes químicos carregados ao longo do rio, se acumulam na sua foz aumentando assim as suas concentrações, podendo perder qualidade de água. A utilização de indicadores químicos para o monitoramento da qualidade da água, pode sugerir de que forma estes ecossistemas aquáticos são afetados com o fechamento ou abertura de suas barras. Diante disto, este trabalho teve como objetivo verificar a influência do fechamento da foz do Rio Bucatu-PB na qualidade da água. As coletas foram realizadas no estuário do Rio Bucatu (7°18'40.47"S/ 34°48'9.60"O) localizado no município do Conde- PB, nos meses de jul/16, set/16, dez/16, jul/20 e out /20 (fechado) e abr/16, mar/17, jan/20 e jan/21 (aberto). Os parâmetros físicos e químicos da água (amônia, fósforo, nitrito, nitrato, oxigênio dissolvido, temperatura e pH) foram analisados seguindo os padrões estabelecidos em APHA utilizando os métodos adequados para cada análise. De acordo com os resultados obtidos, houve diferenças significativas em relação a algumas variáveis químicas da água do estuário do Rio Bucatu quando este estava aberto ou fechado para o mar. Foi verificado que as concentrações médias de amônia, nitrito, nitrato e fósforo foram mais elevadas quando o estuário estava fechado. Também houve um ligeiro melhoramento na concentração de Oxigênio Dissolvido quando o estuário estava aberto para o mar com valor médio de 7,8 mg.L<sup>-1</sup>, enquanto que quando a barra arenosa estava fechada foi de 5,9 mg.L<sup>-1</sup>. A temperatura também aumentou com o estuário fechado. Conclui-se que, devido ao fechamento da barra do estuário e à consequente perda de conexão com o mar, o estado trófico aumenta, fazendo com que haja perda da qualidade de suas águas. Destaca-se, assim a importância da criação de planos de manejo que visem diminuir impactos que diminuam a qualidade ambiental deste rio, proveniente do barramento, visto que além de alterar a sua qualidade de água impede as migrações de peixes marinhos e estuarinos que usam os dois ecossistemas em suas migrações diárias para se alimentar ou reproduzir.

**Palavras-chave:** estuário, Qualidade Ambiental, Rio Bucatu; nutrientes

## IMPACTS OF BAR CLOSING IN ESTUARINE ZONES: STUDY OF THE EFFECTS ON WATER QUALITY OF THE RIVER BUCATU-PB

**ABSTRACT:** Estuaries are transitional aquatic environments between a river and the sea and are therefore considered one of the most dynamic environments on the planet. The natural capacity for periodic and systematic renewal of its waters favors a good interaction between the chemical nutrients present in the water, as well as in the diversity of organisms that use this environment to reproduce or complete their life cycle. However, with the closing of the estuary bar and the consequent loss of connection between the river and the sea, some of these chemical nutrients carried along the river, accumulate at its mouth, thus increasing their concentrations, which can lose water quality. The use of chemical indicators to monitor water quality can suggest in which situation these aquatic ecosystems are affected by closing or opening their bars. In view of this, this work aimed to verify the influence of the Bucatu-PB River dam on water quality. The collections were carried out in the Bucatu River estuary (7°18'40.47"S/ 34°48'9.60"W) located in the municipality of Conde-PB, in the months of Jul/16, Sep/16, Dec/16, Jul /20 and Oct /20 (closed) and Apr/16, Mar/17, Jan/20 and Jan/21 (open). The physical and chemical parameters of the water (ammonia, phosphate, nitrite, nitrate, dissolved oxygen, temperature and pH) were analyzed following the standards

established in APHA using the appropriate methods for each analysis. According to the results obtained, there were significant differences in relation to some chemical variables in the water of the Bucatu River estuary when it was open or closed to the sea. It was found that the average concentrations of ammonia, nitrite, nitrate and phosphate were higher when the estuary was closed. There was also a slight improvement in the concentration of Dissolved Oxygen when the estuary was open to the sea with an average value of 7.8 mg.L-1, while when the sandy bar was closed it was 5.9 mg.L-1. The temperature also increased with the estuary closed. It is concluded that, due to the damming of the estuary and the consequent loss of connection with the sea, the concentrations of nitrogen and phosphate compounds tend to increase, as well as the temperature and reduction of dissolved oxygen, causing a loss of quality of their waters. Thus, the importance of creating management plans that aim to reduce impacts that reduce the environmental quality of this river, coming from the dam, is highlighted, since in addition to altering its water quality, it prevents the migration of marine and estuarine fish that use the two ecosystems in their daily migrations to feed or reproduce.

**Keywords:** estuary, Environmental Quality, Bucatu River; nutrients

## INTRODUÇÃO

Os estuários são reentrâncias de mar em vales fluviais, no qual há a mistura da água continental com a salgada até o ponto de dinâmica de maré com 3 zonas distintas: o baixo estuário com abertura para o mar, o médio estuário com intensa mistura de água doce e salgada, e o estuário superior, com maior interferência fluvial (FAIRBRIDGE, 1980). Esses ambientes prestam uma série de serviços ecossistêmicos, como berçário de espécies, ecológica e economicamente importantes; proteção costeira; purificação da água, sequestro de carbono, entre outros, etc. Os estuários são ambientes vulneráveis à ação humana, pois, normalmente, esses locais são via de acesso para o oceano, corpo receptor de efluentes naturais e industriais, e apresentam ocupação desordenada (PINHEIRO, 2010).

Nas últimas décadas o estudo desses ambientes está em crescimento por serem áreas estrategicamente de interface continente-oceano, e que são vulneráveis à influência antrópica, além de terem uma alta produção primária em decorrência do aporte e fluxo de nutrientes do continente. Além disso, os estuários são caracterizados por possuírem uma dinâmica complexa em relação à circulação das massas de água com retenção ou exportação de materiais dissolvidos e particulados para a zona costeira (MIRANDA, 2012)

Seguindo estes conceitos, os estuários são geralmente sistemas abertos até o limite da influência das marés, a água do mar entra por uma ou mais conexões abertas para o oceano, ou qualquer outro ambiente salino costeiro, diluindo-se com

a água doce derivada da drenagem continental. Essa diluição favorece um melhor equilíbrio das concentrações de nutrientes químicos presentes na água, além de sustentar espécies eurialinas ou ciclo de vida inteiro, como por exemplo alguns peixes (BARROSO, 2016).

Com a perda da conexão do estuário com o mar, através do fechamento da barra pela dinâmica costeira, favorece-se o acúmulo de nutrientes químicos carreados ao longo do rio, aumentando assim as suas concentrações. Aumento de nutrientes causa aumento do estado trófico, havendo perda de qualidade de água e redução de oxigênio dissolvido (ESTEVES, 1998). O monitoramento da qualidade da água através de parâmetros químicos pode demonstrar como estes ambientes estão sendo afetados em relação ao fechamento ou abertura de suas barras.

Estuários fechados implicam no aumento do tempo de residência da água, hiposalinização e no aumento da carga de sedimentos e nutrientes para a zona costeira (GENZ 2006; LIMA, 2010). Os estuários devem ter as aberturas com o oceano mantidas abertas, permitindo os processos de conexão entre os dois ecossistemas, o fluxo de espécies e suas dinâmicas, no entanto, quando os rios estão em áreas com pouca chuva, podem não ter força para manter os canais de ligação abertos, ao mesmo tempo em que a dinâmica costeira quando apresenta grande deposição de sedimentos pode fechar esses canais.

No caso do Rio Bucatu, por ser de pequeno porte, apresenta pouca quantidade de água, e não consegue competir com a dinâmica costeira que deposita areia em determinados períodos do ano, fechando a conexão. Em períodos chuvosos consegue, apesar



da pequena bacia de drenagem forçar o caminho para o mar e manter o canal aberto. Período em que a dinâmica costeira tende a retirar sedimento das praias.

Diante disto, este trabalho teve como objetivo verificar a influência do fechamento da foz do Rio Bucatu-PB na qualidade da água. Para isso, o presente trabalho tem como principal hipótese de pesquisa, “O barramento do Estuário do Rio Bucatu influencia negativamente os parâmetros físicos e químicos presentes na água”.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

A microbacia do Rio Bucatu tem 9,32 Km<sup>2</sup>, está localizada no litoral sul da Paraíba, a 17 Km da capital paraibana, João Pessoa, entre as coordenadas 7° 19' 11,64" S e 34° 49' 26,87" W, e 7° 18' 32,70" S e 34° 48' 01" W, no município do Conde-PB, e está inserida em uma área de proteção ambiental, a APA Tambaba (Figura 1 e 2).

As águas do Rio Bucatu são alimentadas por 3 nascentes em diferentes regiões, duas delas estão inseridas em assentamentos e comunidades residentes na Área de Proteção Ambiental de Tambaba, Conde-Paraíba, Brasil.

A outra nascente fica a cerca de 3 Km da foz, o rio flui de uma lagoa que se forma, que está completamente tomada por plantas emergentes. Em seguida passa por uma área de produção de bananas, depois entra no estuário. A região do estuário é rodeada de área urbanizada.

A Bacia do Rio Bucatu, vem passando por um processo de ocupação, fruto das pressões ocasionadas pelas populações humanas que agem direta e indiretamente sobre a sua bacia. A beleza cênica das praias próximas ao rio e a facilitação do acesso a tais praias, promovida pela existência de uma rodovia estadual que liga a região à capital do estado, favoreceram o crescimento do setor imobiliário.

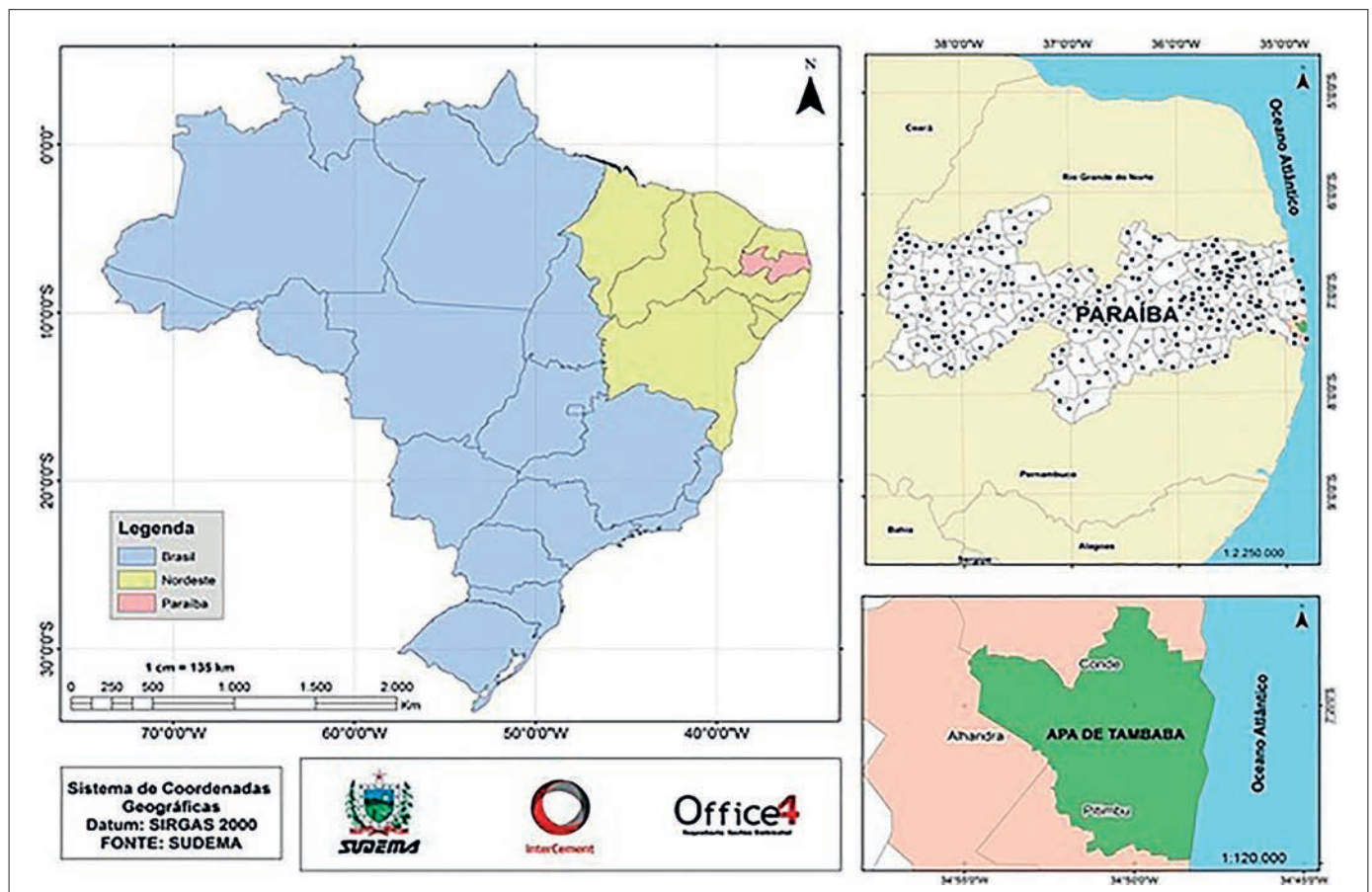
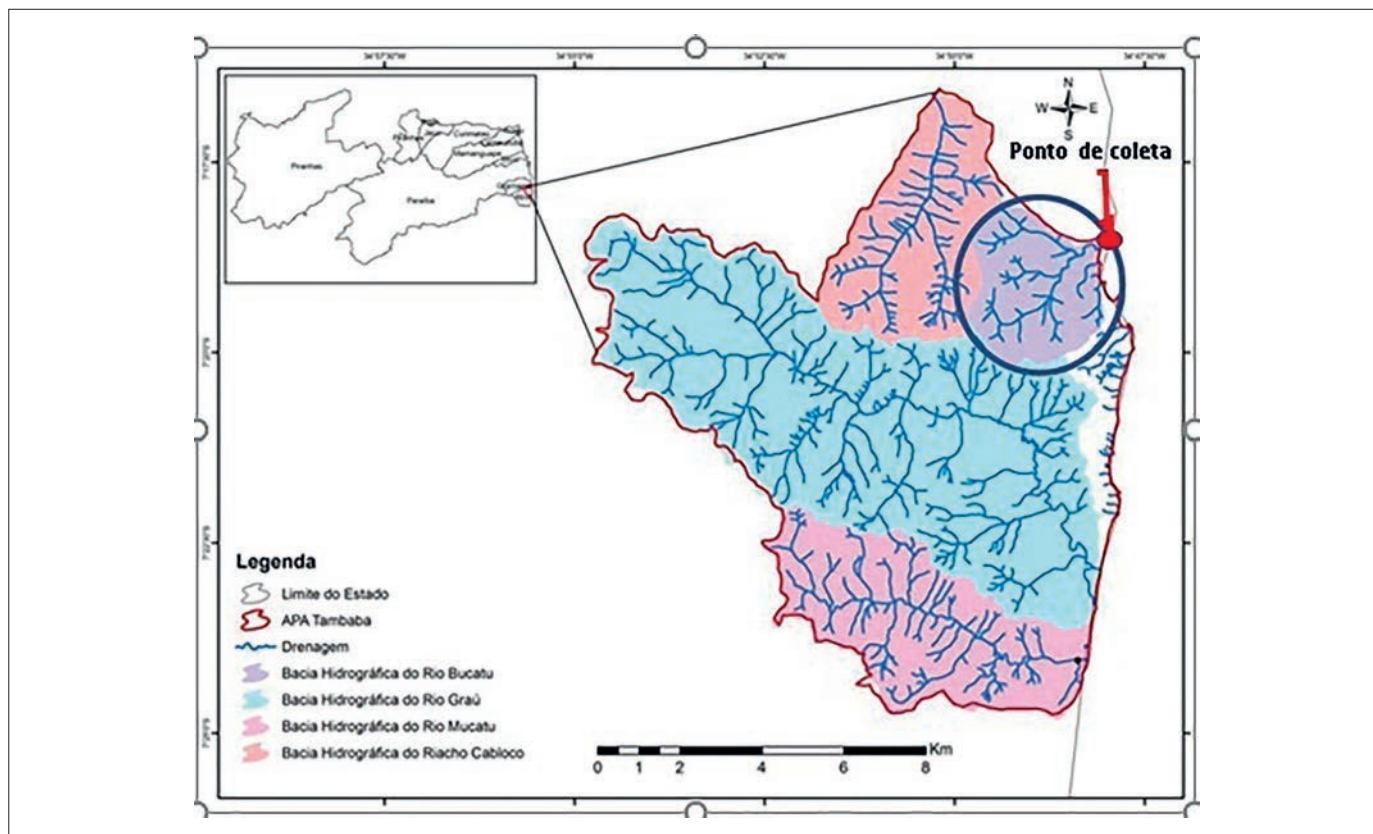


Figura 1 – Mapa de Localização da APA Tambaba. Fonte: (SUDEMA, 2017).



**Figura 2** – Localização das Principais Bacias Hidrográficas da APA Tambaba., com destaque para a Bacia do Rio Bucatu. Fonte: (SANTOS, 2011).

**Período das Coletas**

As coletas foram realizadas em períodos com o estuário aberto e fechado. Para que os resultados sejam mais representativos da realidade, o estudo foi realizado em 2 anos, 2016 e 2020, nos meses de jul/2016, set/2016, dez/2016, jul/2020 e out /2020 quando o estuário estava fechado e abr/2016, mar/2017, jan/2020 e jan/2021 quando estava aberta a barra.

As amostras foram sempre retiradas da sub-superfície (cerca de 20 cm de profundidade) na zona litorânea, em tréplicas. As análises por sondas, foram realizadas *in situ*, as amostras de nutrientes

foram coletadas em frascos de polietileno, conservadas em gelo e transportadas para o Laboratório de Ecologia Aquática (LABEA) do DSE/CCEN/UFPB, onde foram filtradas em filtros GF-C com o auxílio de bomba a vácuo, e congeladas para posteriores análises.

**Variáveis físicas e químicas da água**

Os parâmetros físicos e químicos da água foram analisados seguindo os padrões estabelecidos em APHA (2012), utilizando os métodos adequados para cada análise, de acordo com a tabela I abaixo:

**Tabela I.** Metodologia das Variáveis químicas e físicas.

Parâmetro	Método	Referência
Amônia	Indofenol	APHA, 2012
Nitrito	N-(1-naftil)-etilenodiamina.	APHA, 2012
Nitrato	N-(1-naftil)-etilenodiamina.	APHA, 2012
Ortofosfato	Colorimétrico – Azul de Molibdênio	APHA, 2012
OD (Oxigênio Dissolvido)	Sonda Horiba	
Temperatura	Sonda Horiba	
pH	Sonda Horiba	

## Análises estatísticas

Para a análise estatística foram utilizados os testes de normalidade e depois se as amostras eram ou não paramétricas utilizados os testes de Wilcoxon (não paramétrico) ou Test-T (paramétrico), para verificar se houve diferenças significativas entre quando a barra do estuário do Rio Bucatu estava fechada ou aberta. Para isso foi utilizado o software R-Statistic.

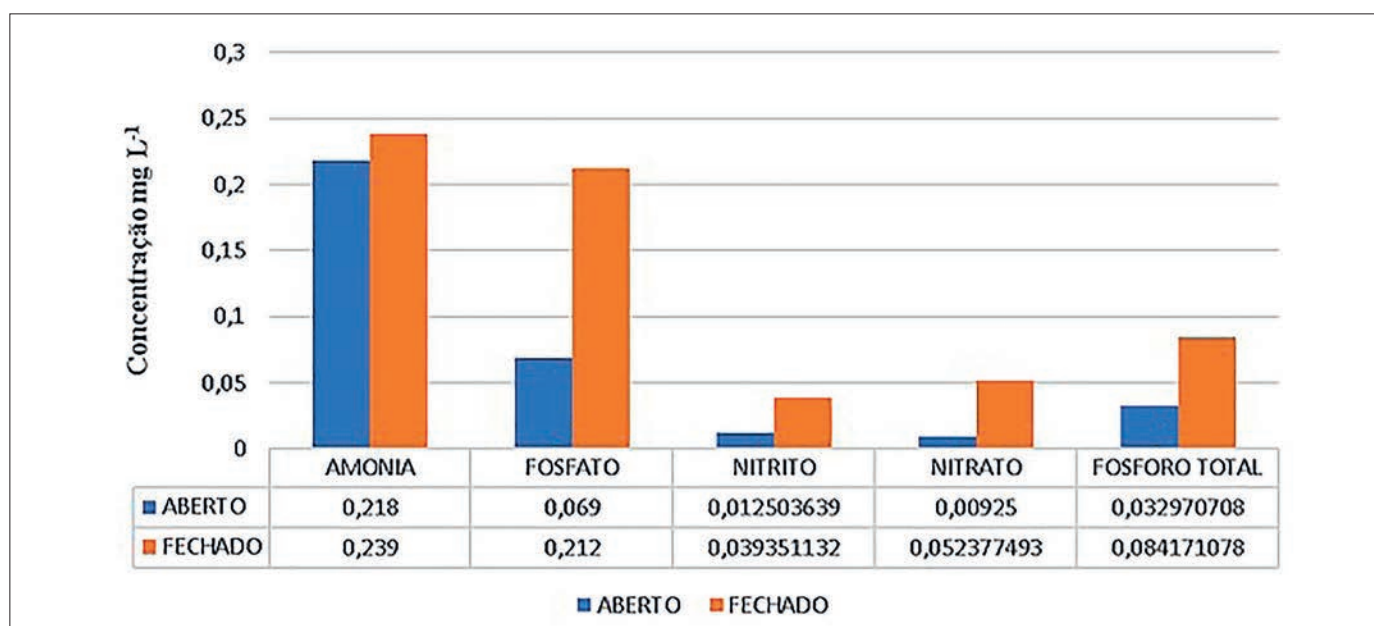
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram sempre médias mais elevadas quanto aos compostos nitrogenados e fosfatados em relação ao fechamento da barra do Estuário do Rio Bucatu (Fig. 3).

Dentre estes compostos nitrogenados, a Amônia foi a que teve maior concentração quando a barra

amônia podem alcançar  $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$  deste composto, como foi registrado por LEITE (2020) no Estuário do Rio Paraíba, nas imediações da cidade de Cabedelo, PB.

Concentrações de nitrito e nitrato foram também elevadas quando a barra do estuário estava fechada, com valores iguais a  $0,039$  e  $0,052 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente, enquanto que com a barra aberta esses valores foram de  $0,012$  e  $0,009 \text{ mg.L}^{-1}$ . Estes valores médios de concentração mais altos de nitrito, quando o estuário estava fechado podem estar relacionados com uma menor concentração média de oxigênio dissolvido, cujo valor foi de  $5,9 \text{ mg L}^{-1}$ , enquanto que quando estava aberto as concentrações médias de oxigênio eram de  $7,8 \text{ mg.L}^{-1}$  (Fig. 6). Menores concentrações de oxigênio dissolvido não favorecem os processos de nitrificação e a tendência é o nitrogênio se manter em formas mais tóxicas, como a amônia e o nitrito.



**Figura 3** – Concentrações médias e desvios padrão dos compostos nitrogenados e fosfatados, analisados no Estuário do Rio Bucatu quando a barra estava fechada e aberta.

do estuário do Rio Bucatu estava fechada com concentração média de  $0,218 \text{ mg L}^{-1}$ . A barra fechada impede a troca de água do estuário com o oceano, evitando a diluição, ao mesmo tempo em que permite uma maior produção primária, com o consequente aumento das taxas de decomposição, liberando mais amônia (ESTEVEZ, 1998). No entanto, esses valores não são muito elevados, comparando com outros estuários, mais poluídos em que as concentrações de

Com relação ao ortofosfato pode-se verificar os mesmos resultados quando a barra do estuário do Rio Bucatu estava fechada, em que as concentrações médias atingiram um valor médio de  $0,212 \text{ mg.L}^{-1}$ , mais elevado que com a barra aberta, que foi de  $0,069$  (Figura 3).

De acordo com a tabela II, registraram-se diferenças significativas na qualidade de água entre quando a barra do estuário estava aberta e fechada.

Dentre as variáveis nitrogenadas e fosfatadas, apenas a amônia não obteve diferenças significativas de acordo com o teste de Wilcoxon, tendo o nitrito concentrações significativamente mais elevadas quando a barra estava aberta, o nitrato quando a barra estava fechada (Fig. 4) e o fosfato quando a barra estava aberta (Fig. 5).

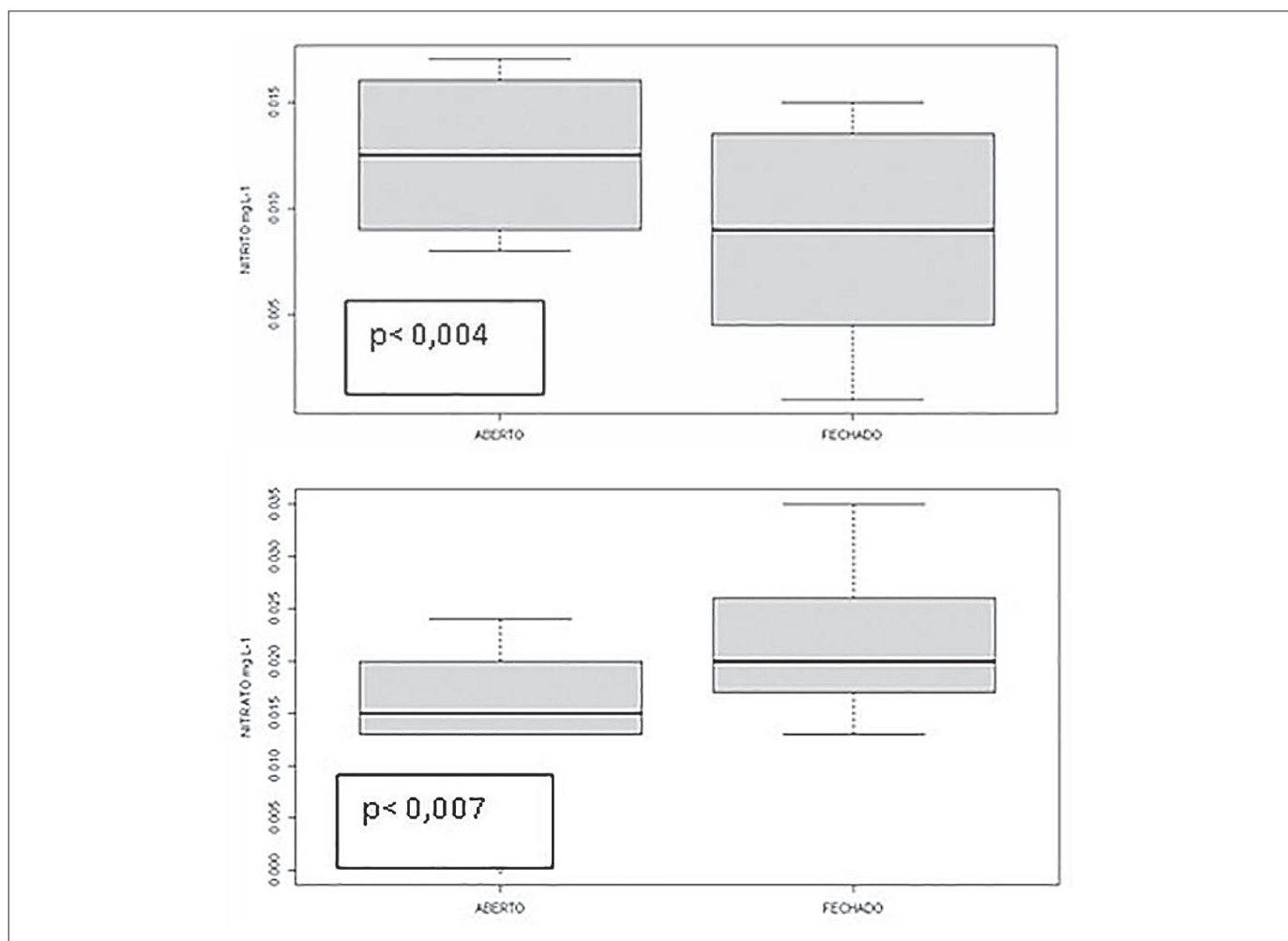
são favorecidas. Isso também se verificou em pesquisa de despoluição do Rio do Cabelo, em que com o aumento do oxigênio, verificou-se um aumento nas concentrações de nitrito (OLIVEIRA, 2020). No entanto, isso não se verificou nas concentrações de nitrato que foram mais elevadas quando a barra estava fechada. Com o aumento de nutrientes, a pro-

**Tabela II.** Valores de p da análise estatística, comparando os valores com a barra aberta e fechada, estando os valores significativos em negrito.

	<b>Amônia</b>	<b>Nitrito</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Fosfato</b>
Wilcoxon (p-value)	0,807	0,037	0,007	
Teste T (p-value)				0,032

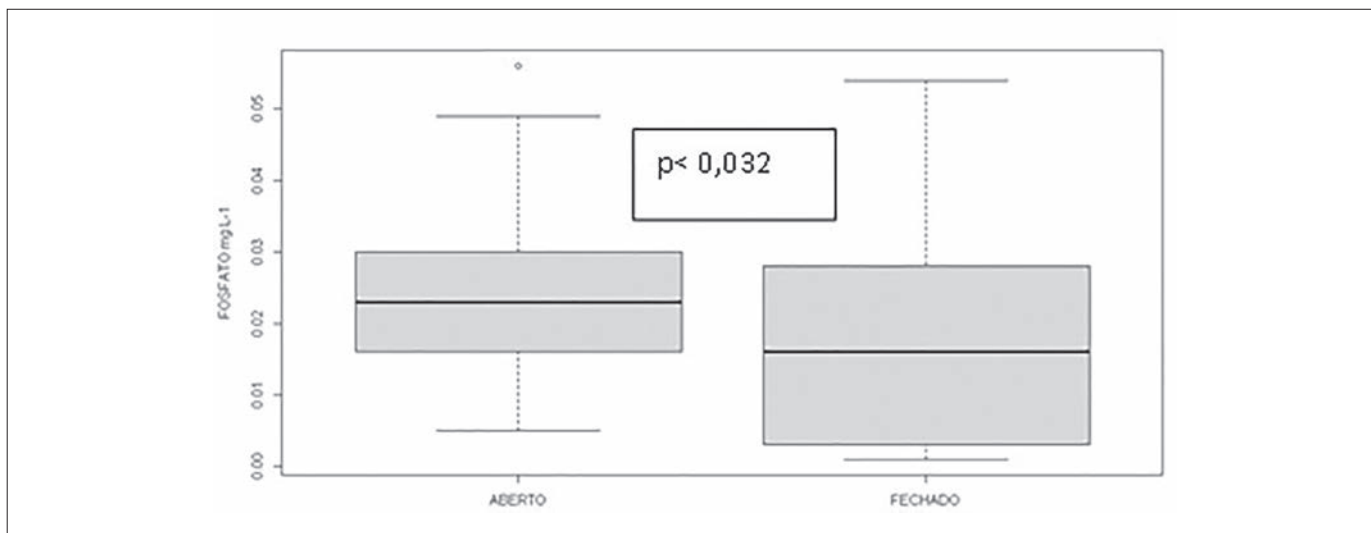
As concentrações mais elevadas de nitrito quando o estuário tinha a barra aberta, é porque com a maior concentração de oxigênio no ambiente, as reações químicas de redução de amônia para nitrito

dução primária é favorecida também, e as microalgas do fitoplâncton têm um curto ciclo de vida, logo contribuem com o aumento da decomposição, o que libera novamente amônia para os processos de



**Figura 4** – Box plot das variações de concentrações dos compostos nitrogenados, no Estuário do Rio Bucatu quando a barra estava fechada e aberta, analisados estatisticamente.





**Figura 5** – Box plot das variações de Fosfato, no. Estuário do Rio Bucatu quando a barra estava fechada e aberta, analisadas estatisticamente.

nitrificação. Com isso a disponibilidade de nitrato foi maior quando a produtividade primária provavelmente foi maior também, pela maior disponibilidade de nutrientes originados da decomposição (Figura 5) ao mesmo tempo em que processos de transformação do nitrito para nitrato ocorreram, período em que as concentrações de nitrito foram menos elevadas. Já as concentrações de fósforo foram mais elevadas quando a barra estava aberta, por ter menos consumo pelo fitoplâncton, por ter menos produtividade primária. Com a barra fechada, mais microalgas absorvendo o ortofosfato fizeram as concentrações deste nutriente reduzirem, em comparação com o período anterior.

A temperatura também se apresentou mais elevada quando a barra estava fechada com valor médio de 28,5 °C, isso tem relação com a própria temperatura do ar, porque a barra fecha quando é o período de estiagem, mas pode também ser devido ao maior tempo de residência da água quando a barra está fechada. Com a presença de concentrações mais elevadas de nutrientes aumenta a produção primária, o que gera mais partículas na água, que absorvem mais calor, conferindo temperaturas mais elevadas ao ambiente (ESTEVES, 1998). Com a barra aberta, a entrada da água do mar, mais fria mantém o ambiente mais equilibrado. Temperaturas

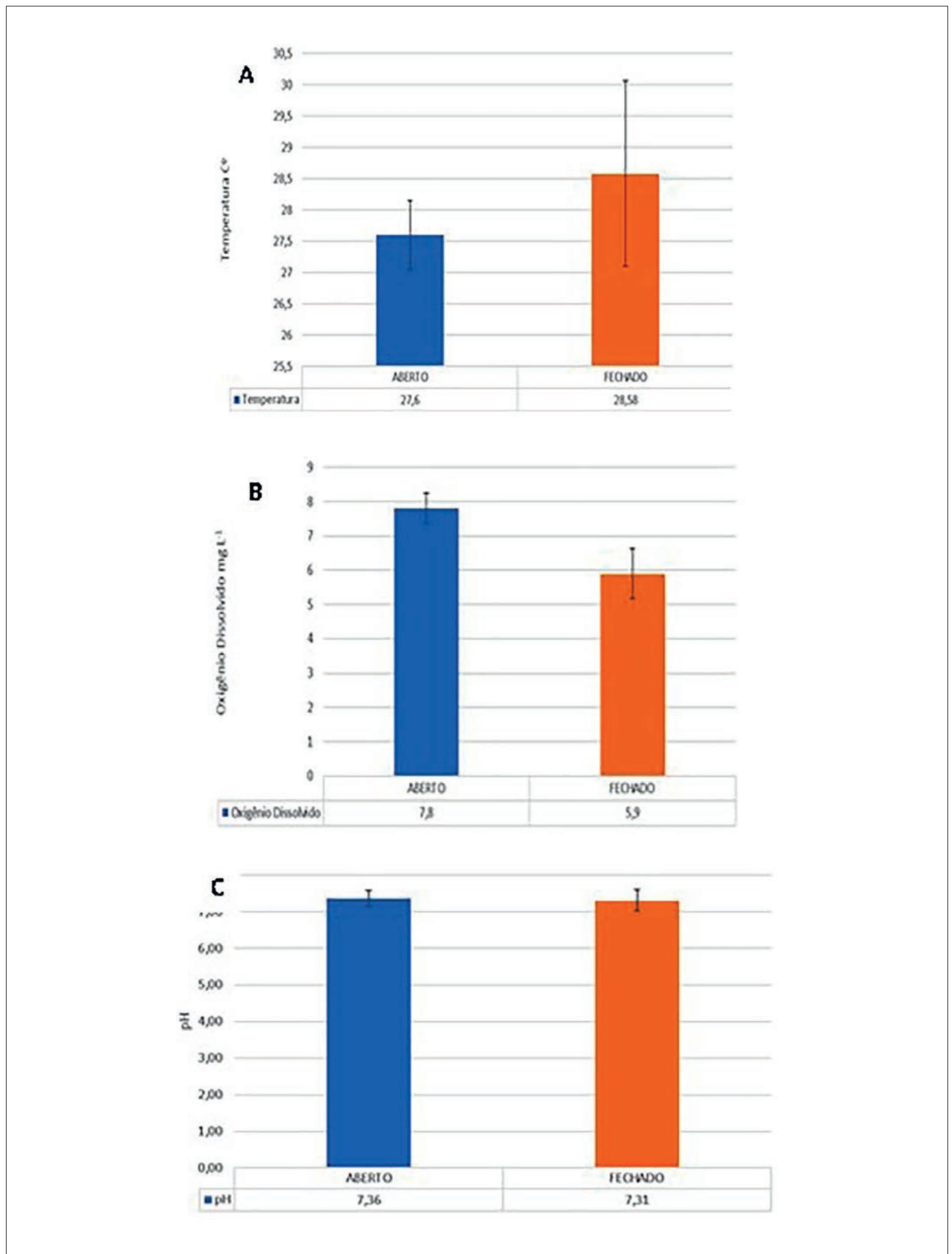
mais elevadas na água levam a uma maior perda de oxigênio da água para a atmosfera (SILVA, 2019), o que se verificou com o oxigênio que apresentou concentrações menos elevadas com a barra fechada (Fig. 6). Processos em paralelo de aumento de consumo, por decompositores, pelo aumento de decomposição e de perda de oxigênio por este estar mais insolúvel, pelo aumento da temperatura, devem estar ocorrendo.

Os valores de pH estiveram sempre perto do neutro e não apresentaram diferenças significativas com a barra aberta ou fechada. No entanto, à semelhança da maioria dos compostos nutrientes, também foi verificada diferença significativa nas concentrações de oxigênio dissolvido com o valor de p igual a 0,001 e nos valores de temperatura com o valor de p igual a 0,025 (Tabela III e Fig.7).

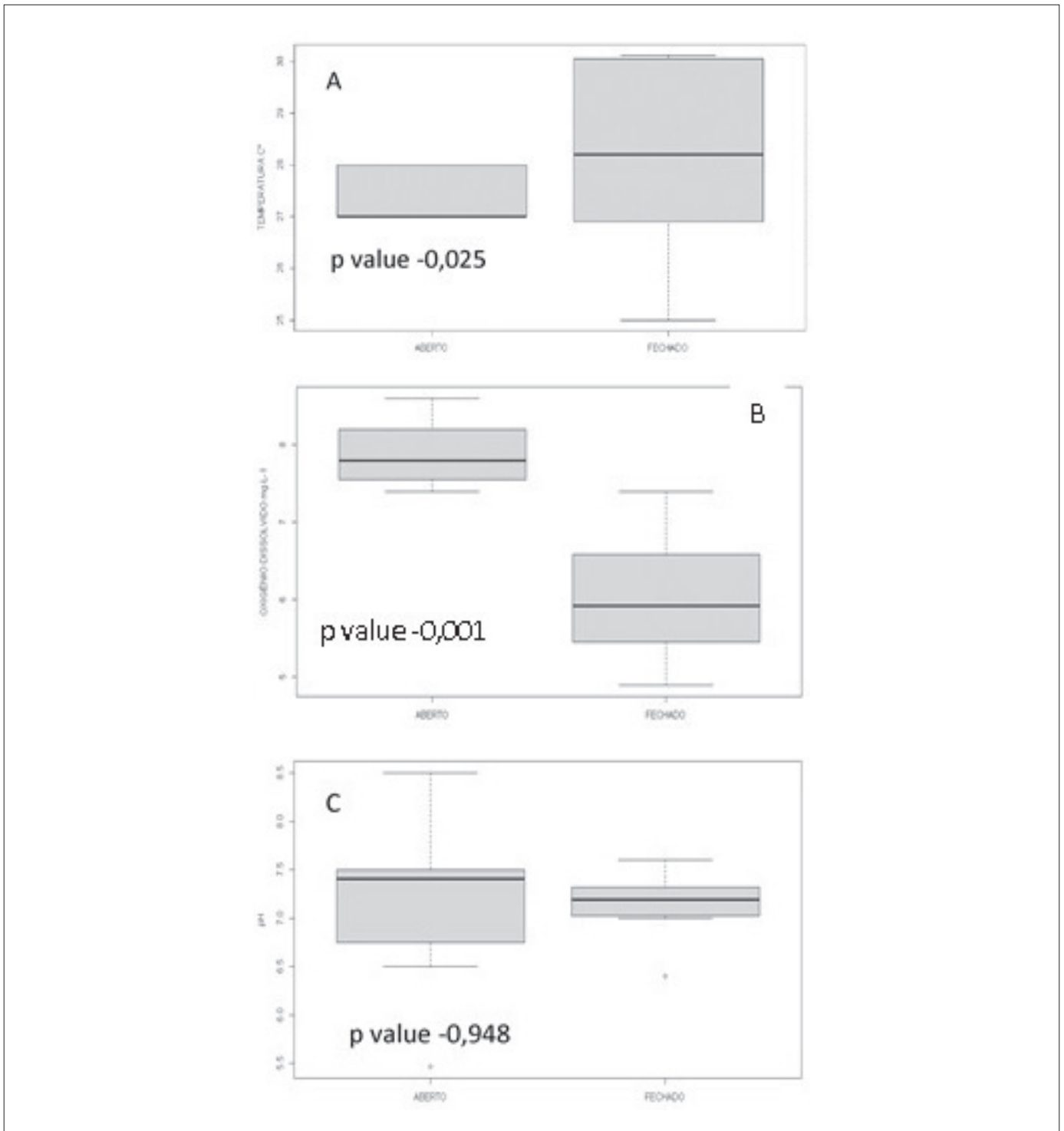
Considerando estes resultados pode-se dizer que a dinâmica dos nutrientes na água do Estuário do Rio Bucatu, sugere que fatores como a interação ou não, com os processos oceanográficos, influenciam as características químicas e físicas da água, tornando-a mais rica em nutrientes e com menos oxigênio, devido a um longo período sem conexão com o mar. Essa condição é característica de um aumento no estado trófico.

**Tabela III.** Valores de p da análise estatística (temperatura, oxigênio dissolvido e pH).

	temperatura	Oxigênio dissolvido	pH
Wilcoxon (p-value)			
Teste T (p-value)	0,025	0,001	0,948



**Figura 6** – Valores médios de temperatura (A), Oxigênio dissolvido (B) e pH, quando o estuário do Rio Bucatu, Conde, estava aberto e fechado.



**Figura 7** – Box plot dos valores de temperatura (A), oxigênio dissolvido (B) e pH (C) com dados estatísticos, comparando a barra do Rio Bucatu, Conde, PB, aberta e fechada.

A alteração do regime de vazões, incluindo o isolamento dos estuários pode gerar modificações na circulação e nas variações químicas e físicas da água, resultando no aumento do tempo de residência da água no estuário, além da crescente carga de sedimentos oriundos da zona continental e o consequente acúmulo de compostos nitrogenados e fosfatados (ALBER, 2002). Já quando há uma conexão do estuário com o

mar, o aumento da vazão das águas doces e marinhas pode levar a uma maior estratificação da coluna de água devido ao deslocamento da zona estuarina em direção ao oceano, favorecendo também a entrada de organismos que utilizam este ambiente para se reproduzir ou completar seu ciclo de vida (GENZ 2006) assim como os que realizam migrações diárias para alimentação. PAIVA (2009) concluiu que a

interação entre os peixes dos ecossistemas costeiros marinhos e recifais é primordial na região estuarina, sendo os peixes recifais os mais representativos no ambiente estuarino. Isso demonstra a importância de manter estes ecossistemas com conexão aberta para o ambiente marinho. ZACARDI *et al.* (2016), também relataram a importância da manutenção dos ciclos de marés dentro de um estuário para a dinâmica do ictioplâncton.

CANTINHO (2017) em estudos realizados no estuário Ponta do Tubarão no Rio Grande do Norte, verificou que quando este ambiente estava com uma maior influência marinha também foram observadas menores concentrações dos compostos nitrogenados e fosfatados, enquanto na porção mais interior do estuário e quando este estava com a barra fechada as concentrações de amônia foram mais elevadas, com valor igual a  $3,16 \text{ mg L}^{-1}$ . Neste mesmo trabalho o ponto do estuário mais localizado na área urbana e quando a barra estava fechada apresentou as maiores concentrações de fósforo com valor igual a  $0,420 \text{ mg L}^{-1}$ . As concentrações de compostos nitrogenados e fosfatados da pesquisa acima citada apresentaram valores muito mais elevados que o da presente pesquisa, demonstrando menor impacto no Estuário do Rio Bucatu. A pequena dimensão deste estuário e o fato de estar localizado num dos extremos da área urbanizada, podem favorecer a menor entrada de nutrientes no sistema aquático, comparando com outros estuários que percorrem uma bacia de drenagem maior e com maior urbanização.

CARVALHO (2018), realizando o monitoramento da qualidade da água do Rio Mundaú nos municípios de Garanhuns e Correntes-PE, em trechos de áreas rurais, verificou concentrações de fosfato um pouco acima dos encontrados neste trabalho, no período da barra aberta, com  $0,220 \text{ mg/L}^{-1}$ , no entanto, semelhantes ao observado no Estuário do Bucatu com a barra fechada.

COSTA (2018), avaliando a qualidade da água do Rio Verde-PR, também registrou variações nas concentrações de fosfato em regiões aparentemente preservadas, com valores indo de  $0,200 \text{ mg/L}^{-1}$  a  $1,3 \text{ mg/L}^{-1}$ , mas que apresentam atividades de agricultura, podendo a drenagem superficial, promover o aporte de fósforo para o manancial. Sendo assim, verifica-se que o Estuário do Rio Bucatu encontra-se com

valores de nutrientes, principalmente o fosfato com concentrações características de ambientes aquáticos mais conservados.

O fósforo aparece em ambientes aquáticos, devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais, por conta da aplicação de fertilizante no solo (BRASIL, 2006; SOUZA, 1997). No caso do ambiente em estudo, não tem a presença de indústrias, sendo assim, a urbanização com a presença de esgotos não tratados ou a agricultura em determinados pontos são a principal causa do aumento de nutrientes nos rios.

O Processo de ocupação da bacia hidrográfica, que inclui atividades como a retirada da cobertura vegetal, uso de fertilizantes em monoculturas (tem cultivo de banana no alto rio) e a urbanização com o lançamento de efluentes domésticos em torno do estuário do Rio Bucatu favorecem o acúmulo de nutrientes na água quando acontece o barramento e a perda da conexão com o mar, o que indica que este ambiente está mais vulnerável ao processo de eutrofização de suas águas, quando a barra fecha, mesmo sendo de forma natural, em consequência da dinâmica costeira (MARINHO, 2018).

O entorno de regiões de Mata Atlântica, principalmente em áreas de preservação, geralmente é caracterizado por múltiplos usos do solo e a cobertura vegetal, que culminam em distintos conflitos socioambientais, dentre eles, uso indiscriminado de agrotóxicos, extrativismo vegetal, desmatamento de remanescentes de Mata Atlântica, descargas clandestinas de efluentes domésticos, que podem influenciar diretamente no aumento de nutrientes nos corpos hídricos de determinada região (FREIRE & CASTRO, 2014). Esse tipo de impactos é de mais difícil gestão e requer políticas públicas de forma a ordenar o uso do solo, o tratamento de efluentes, impactos da agropecuária, etc. No entanto, o impacto adicional, originado do fechamento natural da barra de estuários



de rios de pequeno porte pode ser minimizado, impedindo que a barra seja fechada.

Vale ressaltar o prejuízo ambiental que o fechamento das barras proporciona ao estuário, não só por não permitir o fluxo de espécies entre os ambientes marinhos e estuarinos, mas por aumentar o estado trófico e diminuir a oxigenação. Assim, como forma de manejo destes ambientes, as barras devem ser abertas periodicamente, de forma a permitir a troca de água dos estuários e o fluxo de espécies entre os dois ambientes, em parceria com os moradores locais e pescadores. Como a barra é fechada por processos naturais, por deposição de sedimentos na faixa de praia, a mesma deve ser aberta artificialmente. Lembra-se aqui, que a diminuição da água dos rios, causados pela diminuição da infiltração da água da chuva no lençol freático, em consequência do aumento do desmatamento, impede que o rio tenha força de vencer a deposição de sedimento na praia, causado pela dinâmica costeira. Em situações normais, as barras não fechariam, como se verifica em outros rios da região, como o Rio do Cabelo, em João Pessoa, que é semelhante, com um comprimento de cerca de 5 Km, mas sua barra está sempre aberta, embora o fluxo do rio seja mantido por esgotos que recebe nas áreas de nascentes.

Dessa forma, verifica-se que há uma perda de qualidade da água com o fechamento da barra, além de interromper o fluxo de migração das espécies marinhas e estuarinas entre os dois tipos de ambiente, o que requer propostas de gestão ambiental, no sentido de reverter esta situação, havendo a necessidade de um controle artificial de manutenção da barra aberta o maior tempo possível.

## CONCLUSÕES

O fechamento da barra do Estuário do Rio Bucatu e a consequente não diluição de suas águas com o mar, ocasionou o aumento das concentrações médias de nutrientes e impossibilitou as migrações diárias para alimentação ou ontogênicas, para reprodução, afetando dessa forma, não apenas a biota estuarina, como também a marinha. Isso pode ser visto na redução significativa das concentrações de oxigênio, aumento da temperatura e de nitrato.

Verifica-se a importância da criação de planos de manejo que visem diminuir impactos que levam à

perda de qualidade ambiental deste rio, proveniente do barramento. Para isso propõe-se a manutenção da abertura dos canais para o ambiente marinho, o que poderá ser feito em gestão participativa com os pescadores, que são o grupo de pessoas que convive diariamente nestes ambientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. 2005. Leis, decretos. *Resolução CONAMA n.º 357 de 17/03/2005*. Brasília – DF. Diário da União n.º. 53, de 18 de março de 2005, p. 58-63.
- APHA 2012. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, APHA 20th.ed., Washington.1998
- CARVALHO, L.B.L. 2018. Monitoramento da Qualidade da Água do Rio Mundaú Nos Municípios de Garanhuns e Correntes, PE. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*. 12(2).1-10p.
- ESTEVES, F.A. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2ª ed., *Interciência*. 602p, Rio de Janeiro.
- FAIRBRIDGE, R.W. 1980. The Estuary: its Definition and Geodynamic Cycle. In: *Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries*, E. Olausson & I. Cato (Eds.) p1-35, Interscience Publication, John Wiley and Sons, New York.
- GENZ, F. 2006. *Avaliação dos Efeitos da Barragem Pedra do Cavalo Sobre a Circulação Estuarina do Rio Paraguaçu e Baía de Iguape*. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia, Brasil. 245p.
- LEITE, A.A. 2020. Condições ambientais do Estuário do Rio Paraíba e qualidade de vida: contribuições para gestão pública. Tese de doutorado. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA. Universidade Federal da Paraíba. 154 p.
- LIMA, G.M.P. 2015. Avaliação dos impactos da barragem de Santa Helena no trecho estuarino do rio Jacuípe, litoral norte da Bahia – Brasil. *Quaternary and Environmental Geosciences*. 2(1):40-54.
- MARINHO, R.S.A. 2018. *Biorremediação para o melhoramento da qualidade da água em rios urbanos em João Pessoa -PB; Efeitos na ictiofauna*. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. PRODEMA. Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Joao Pessoa, Brasil. 94p.
- MELLO, R.Y; FREITAS, L.L. & OLIVEIRA, N.M.T. 2020. Análise Comparativa de Parâmetros Físico-Químicos E Biológicos Nos Rios Do Braço e Mississipe, Nordeste

- de Santa Catarina. *Revista Gest. Sust. Ambient.* 9 (3): p. 54-72.
- OLIVEIRA, F.M.F. 2020. *Biorremediação: uma forma de despoluição de ecossistema lótico com a utilização de biofilme e macrófitas*. Tese de doutorado. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. PRODEMA. Universidade Federal da Paraíba. 253 p.
- PAIVA, A.C.G 2009. *Ecologia de peixes estuarino-recifais e caracterização ambiental dos estuários de Pernambuco*. Tese de doutorado. Programa de Pós Graduação em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco. 119 p.
- PINHEIRO, L.S. & MORAIS, J.O. 2010. Interferências de barramentos no regime hidrológico do estuário do rio Catú-Ceará-Nordeste do Brasil. *Sociedade & natureza* (UFU. Online), 22: 237-250.
- SILVA, T.T. 2019. *Avaliação da qualidade da água do rio Jucu/ES (Brasil), por meio de parâmetros físico – químicos e biológicos*. Dissertação. 127p. Universidade Federal do Espírito Santo.
- SOUZA, R.C. & KJERVE, B. 1997. Fundamentos da Maré e sua predição. In: FRAGOSO JÚNIOR, C.R. *et al.* Uma Análise na Dragagem do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Mangaba em Alagoas através de um Modelo Numérico Hidrodinâmico Bidimensional –resultados preliminares. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 9, n. 4 ,2004, p. 21-31. ISSN 2318-0331.
- ZACARDI, D.M.; BITTENCOURT, S.C.S & NAKAYAMA, L. 2016. O ictioplâncton e sua relação com a variação diária e os ciclos de marés no estuário amazônico. *Biota Amazonica*. 6(2):32-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia>