

## Avaliação de parâmetros físico-químicos da água dos maceiós do Bessa e Intermares / PB

Ane Josana Dantas Fernandes<sup>[1]</sup>, Jordannyele Raiza de Almeida Oliveira<sup>[2]</sup>, Elizabeth Luiza Sales Gomes<sup>[3]</sup>, Maria Larissa Morais Ferreira<sup>[4]</sup>, Cristiano Cabral Santos<sup>[5]</sup>, Maria Mônica Lacerda Martins Lúcio<sup>[6]</sup>

[1] ane.fernandes@ifpb.edu.br. [2] jordannyele1@gmail.com. [3] elizabethluiza84@gmail.com. [4] larissamariapb2012@gmail.com. [5] cristiano\_cabral\_23@hotmail.com. [6] maria.lucio@ifpb.edu.br. IFPB Campus Cabedelo

### RESUMO

Os ambientes lagunares fluviomarinhas, conhecidos regionalmente por maceiós, são áreas utilizadas para prática de atividades pesqueiras e recreação, além do turismo. Sabe-se, porém, que a qualidade da água em muitos desses maceiós está comprometida, resultado do lançamento de efluentes e da falta de educação dos moradores que descartam resíduos nas margens, podendo causar doenças e acidentes a banhistas e animais marinhos. Este trabalho visa contribuir para o diagnóstico e caracterização desse ambiente, avaliando-se a qualidade da água dessas regiões por meio de análises físico-químicas de pH, temperatura, condutividade elétrica, turbidez, dureza total, dureza de cálcio e magnésio, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito e fosfato, seguindo-se o Standard Methods of Water and Wastewater. O projeto foi desenvolvido no maceió localizado na antiga foz do Rio Jaguaribe, em Cabedelo-PB e em outro maceió, em João Pessoa/PB, na praia do Bessa, que também recebe água do Rio Jaguaribe. Definiram-se três pontos de coleta em cada área: o primeiro localizado no rio que desemboca no Maceió [amostras BR e IR(1,2,3)]; o segundo no próprio maceió [amostras BM e IM(1,2,3)]; e o terceiro na água do mar [amostras BS e IS(1,2,3)]. Realizaram-se cinco coletas, em triplicata autêntica, durante os meses de julho/2015 a abril/2016. Os resultados sugeriram que as amostras coletadas nos pontos do rio e maceió do Bessa apresentam uma maior concentração de poluentes que as do Intermares, devido ao fato de apresentarem concentrações mais elevadas dos nutrientes avaliados. A concentração do oxigênio dissolvido foi muito baixa em todas as amostras coletadas nos pontos do rio e maceiós do Bessa e Intermares, encontrando-se inferior aos 4 mg/L, preconizado pela resolução N° 357/2005. A turbidez, condutividade elétrica e dureza total tiveram seus valores aumentados gradativamente no sentido rio, maceió e mar.

**Palavras-chave:** Análise de água. Maceió Intermares. Maceió Bessa.

### ABSTRACT

*The lagoon fluvial environments known regionally by maceios are areas used for the practice of fishing activities and recreation, besides tourism. It is known that the water quality in many of these maceios is compromised, as a result of the discharge of effluents and the lack of education of the residents who discard residues in the margins, being able to cause illnesses and accidents to bathers and marine animals. The aim of the project is to contribute to the diagnosis and characterization of this environment by assessing the water quality of these regions by means of physical and chemical analyzes of pH, temperature, electrical conductivity, turbidity, total hardness, calcium and magnesium hardness, dissolved oxygen, Ammonia, nitrite and phosphate, following Standard Methods of Water and Wastewater. The project was developed in the maceio of the old mouth of the Jaguaribe River in Cabedelo / PB and in the maceio of Bessa beach in João Pessoa / PB, which also receives water from the Jaguaribe river. Three collection points were defined in each area, the first one located in the river that empties into maceio [samples BR and IR (1,2,3)], the second one in the maceio [samples BM and IM (1,2,3)], And the third in seawater [samples BS and IS (1,2,3)]. Five collections were made, in authentic triplicate, from July/2015 to April/2016. The results suggested that the samples collected at the points of the Bessa river and maceio present a higher concentration of pollutants than those of Intermares, due to the higher concentrations of the evaluated nutrients. The concentration of the dissolved oxygen was very low in all the samples collected at the points of the river and maceios of Bessa and Intermares, being lower than the 4 mg/L, recommended by resolution No. 357/2005. The turbidity, electrical conductivity and total hardness had their values increased gradually in the river, maceio and sea directions.*

**Keywords:** Water analysis. Maceio Intermares. Maceio Bessa.

## 1 Introdução

Os ambientes lagunares fluviomarinhos, conhecidos regionalmente por maceiós, são pouco pesquisados e explorados cientificamente, talvez por não terem chamado a atenção da comunidade científica e dos órgãos governamentais competentes. São áreas de importância social, cultural e econômica para grande parte da população que as utilizam de várias formas, mas principalmente para a prática de atividades pesqueiras, para a recreação de moradores locais, além do turismo (FALCÃO *et al.*, 2005).

A associação das águas fluviais e marinhas propicia um ambiente singular, com características peculiares de mangues, isso devido à presença de água salobra, uma paisagem geográfica que está em constante transformação devido à dinâmica costeira, provocada pelo deslocamento e deposição de sedimentos carregados pelas águas e pelo vento. Tudo isso faz com que esse espaço seja utilizado pela sociedade para várias atividades, o que requer uma maior atenção por parte dos segmentos comunidade científica e gestores, no que se refere ao conhecimento profundo da área, à gestão ambiental e sua exploração sustentável (WORSFOLD *et al.*, 2013).

Tem-se o conhecimento de que a qualidade da água em muitos desses maceiós está comprometida, resultado do lançamento de efluentes e da falta de educação dos moradores que descartam resíduos nas margens, podendo causar doenças e acidentes a banhistas e animais marinhos. Outra preocupação ocorre quando a água desses maceiós é liberada para o mar, contaminando as praias. De modo geral, os banhistas são desavisados quanto à carga poluidora dessas águas (MARTINS; LEON, 2013).

A solidificação do turismo – outra atividade econômica de grande importância – no litoral paraibano depende do equilíbrio ambiental da área em foco. Como os maceiós são locais atrativos para recreio dos moradores e também para a prática do turismo, a balneabilidade dos maceiós e região circunvizinha deve ser considerada uma questão de saúde pública. Esse diagnóstico pretendido no presente projeto se faz relevante, portanto, por realizar um levantamento ainda não executado por órgãos públicos, especialmente nos maceiós, e poder contribuir com políticas públicas voltadas para o desenvolvimento de atividades econômicas e sociais sustentáveis. A Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA) é o órgão do Estado responsável, entre

outras competências, por monitorar a qualidade da água. Nas regiões de maceiós do litoral paraibano, este órgão, todavia, avalia apenas os coliformes termotolerantes como parâmetro de qualidade da água.

Aliado a esses fatores, o presente projeto irá alimentar com seus dados um projeto de cunho educativo e social, de caráter permanente, denominado Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima – Projeto Orla. O Projeto Orla é uma iniciativa inovadora do Ministério do Meio Ambiente - MMA, em parceria com a Secretaria do Patrimônio da União - SPU, e busca contribuir, em escala nacional, para a aplicação de diretrizes gerais de disciplinamento de uso e ocupação da Orla Marítima. Estas são as áreas mais valorizadas do território nacional e, sendo assim, necessita-se solucionar conflitos de uso e procurar reverter os processos de degradação gerados nessas áreas (BRASÍLIA, 2002).

O projeto visa contribuir potencialmente para o diagnóstico e caracterização desse ambiente, propondo-se a ampliar a avaliação da qualidade da água dessas regiões, incluindo, além da análise bacteriológica realizada pela Sudema, as físico-químicas.

## 2 Revisão bibliográfica

### 2.1 Importância da qualidade da água

A conservação da qualidade das águas é uma necessidade universal que exige séria atenção por parte de todos os segmentos da sociedade, particularmente em relação aos mananciais e águas destinadas aos diversos usos pelo homem. O ser humano utiliza a água de diferentes fontes na natureza como rios, lagos, lagoas, maceiós e lagunas, reservatórios, subterrânea, chuva, para satisfazer diversas necessidades como consumo, produção industrial, aquicultura, irrigação, geração de energia, lazer etc (MORAIS e SILVA, 2012). Estes diversos usos requerem padrões de qualidade da água adequados para cada tipo de atividade. Com isso, a qualidade da água deve ser entendida como um padrão relativo, ou seja, as exigências físico-químicas e biológicas vai diferir de acordo com cada uso da água, (BRASIL, 2005).

Em resumo, para que se possa avaliar se uma água é de qualidade de acordo com o uso requerido, devem-se fazer análises de suas características físico-químicas e biológicas. Essas análises são feitas em laboratórios especializados, com profissionais habilitados na área e incluem diversos parâmetros,

selecionados de acordo com os objetivos de estudo ou do uso da água e legislação pertinentes. Nota-se assim a importância da realização de análises de água, visando não só adequar à legislação específica de cada uso requerido como também prevenir danos à saúde humana e ao meio ambiente. Com isso, evitam-se sérios problemas econômicos e ambientais e criam-se possibilidades de uso sustentável da água para as gerações atuais e futuras, considerando que ela constitui um bem cada vez mais escasso (DAVIDSON *et al.*, 2014).

## 2.2 Litoral paraibano

Na Região Geoadministrativa de João Pessoa, na qual estão incluídos os municípios de Cabedelo, Conde, João Pessoa e Lucena, encontram-se as bacias do Miriri Paraíba e Gramame, destacando-se os açudes Miriri, Marés e Gramame-Mamuaba, que, juntos, são responsáveis pelo abastecimento do consumo de água de mais de 33% da população do estado da Paraíba. Uma área de grande importância, portanto, que merece uma atenção especial, não só pelo potencial hídrico mas pelos fatores socioeconômico e ambiental, por serem áreas de exploração, da pesca e do turismo na região de praias, entre outras atividades.

O estado da Paraíba possui 1,6% de extensão do litoral brasileiro, o que corresponde a 117 km. Destes 117 km, 38 km de praias estão situadas entre as cidades de João Pessoa e Cabedelo. Na cidade de João Pessoa, as praias delimitam-se entre Barra de Gramame, ao sul, até a praia do Bessa, seguida pela praia de Intermares, já no município de Cabedelo, até a praia de Miramar, incluindo, também, a praia fluvial do Jacaré. Nesse trecho, há registro de dois maceiós, que serão pesquisados neste projeto: um na divisa João Pessoa – Praia do Bessa/Cabedelo – Praia de Intermares, local que compreende a antiga foz do Rio Jaguaribe, e o outro situado na praia do Bessa. Mas há registro destes ambientes lagunares na desembocadura dos Rios do Cabelo, Aratú, Jacarapé, Cuiá, Camurupim e Gramame, todos em João Pessoa (LIMA, 2013).

## 2.3 Maceiós

Maceiós é uma denominação regional dada aos pequenos cursos d'água fluviais com características intermitentes que desembocam no mar, também conhecidos como laguna. Segundo Lima (2013), há

um canal entre um maceiό e o mar, na divisa das praias do Bessa, em João Pessoa, e Intermares, em Cabedelo, para a liberação do fluxo de água do Rio Jaguaribe, que está contaminando as praias. Tal contaminação se dá em virtude do despejo de efluentes *in natura* (esgotos domésticos sem tratamento e lixo), ou seja, lançamento direto ou indireto dentro do Rio Jaguaribe, que corta a cidade de João Pessoa.

Martins e Leon (2013) citam que, como forma de resolver tal problema, faz-se necessário o tratamento prévio das águas do rio, de forma a deixá-las em condições sanitárias, antes do deságue no mar. Os autores citam, ainda, que há no Ministério Público mais de 20 denúncias movidas pela população e pelos órgãos do meio ambiente sobre esse caso, uma vez que grande parte de banhistas e pescadores podem tornar-se vítimas por desconhecerem os riscos de doenças causadas pela água contaminada, quando há o contato direto com o corpo, ou ainda a ingestão acidental, durante a balneabilidade.

No que se refere à poluição, a ONG Guajiru, registrou, nos seis primeiros meses de 2013, a morte de 85 tartarugas no litoral do estado. Estes dados são preocupantes, tendo em vista que, no ano de 2012, foram 100 registros. A bióloga da ONG, Rita Mascarenhas, atribui a morte das tartarugas à poluição marinha, pois as tartarugas confundem o plástico com alimento e acabam consumindo o lixo (MARTINS; LEON, 2013).

## 3 Metodologia experimental

### 3.1 Local de coleta

O presente projeto foi desenvolvido nos Maceiós do Bessa e de Intermares, apresentados na Figura 1, que recebem água da antiga Foz do Rio Jaguaribe. O Maceiό de Intermares apresenta a particularidade de apresentar água represada na maior parte do tempo durante o ano, situação encontrada durante as cinco coletas realizadas. Em períodos chuvosos, o volume da água é aumentado e o Maceiό de Intermares deságua no mar.

É comum encontrar pescadores no mar, em áreas que recebem água dos Maceiós, como fica evidente na Figura 1. Eles relataram que é mais fácil encontrar peixes nesses lugares, pois a quantidade de nutrientes é maior.

**Figura 1** – Fotografia dos maceiós do Bessa (A) e Intermares (B)



Fonte: Própria.

### 3.2 Amostragem

Em cada Maceió, a amostragem foi realizada em três pontos, um no próprio Maceió denominado de BM(1,2,3) e IM(1,2,3); outro no rio que deságua no maceió, à montante, BR(1,2,3) e IR(1,2,3); e o terceiro, à jusante, no mar, no local que recebe água do maceió BS(1,2,3) e IS(1,2,3). As letras B e I dos códigos das amostras referem-se à Bessa e Intermares, respectivamente. A amostragem foi em triplicata autêntica, totalizando 18 amostras por coleta. As Figuras 2 e 3 apresentam os seis pontos de coleta.

Foram realizadas cinco amostragens de água, abrangendo períodos secos e chuvosos, durante os meses de julho de 2015 e abril de 2016.

**Figura 2** – Imagens dos pontos de coleta no Maceió do Bessa: (A) BR(1,2,3), (B) BM(1,2,3) e (C) BS(1,2,3)



Fonte: Própria.

**Figura 3** – Imagens dos pontos de coleta no Maceió de Intermares: (A) IR(1,2,3), (B) IM(1,2,3) e (C) IS(1,2,3)



Fonte: Própria.

### 3.3 Preparo do material para a coleta das amostras

Para a coleta da água, usaram-se-se frascos âmbar de 1 l e frascos de D.B.O. Os frascos âmbar foram deixados em repouso em solução ácida de limpeza de HCl a 10%, durante duas horas, aproximadamente, para a correta limpeza, já que com esta água foi realizada análise de fosfato, e, no próprio detergente, de que é feito a limpeza das vidrarias, há presença desse analito. Após este tempo de repouso em solução ácida, os frascos foram rinsados com água destilada.

Além dos frascos para a coleta, utilizaram-se pipetas graduadas de 2 ml, pêra de borracha, etiquetas, pisseta com água destilada, termômetro, luvas e os reagentes para a fixação do oxigênio em campo – que são a azida sódica e a solução do sulfato manganoso 480 g/l. Estes materiais foram acondicionados em caixas térmicas e as amostras coletadas mantidas refrigeradas com a utilização de sacos de gelo, até chegarem ao laboratório para as análises.

### 3.4 Análises dos parâmetros físico-químicos da água

Foram avaliados os seguintes parâmetros de qualidade da água: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (O.D.), turbidez, dureza total, dureza de cálcio

e magnésio, nitrito, amônia e fosfato. Os métodos utilizados para as análises são os estabelecidos pelo *Standard Methods of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

A análise do oxigênio dissolvido seguiu a metodologia de Winkler, com fixação do oxigênio em campo por meio da adição das soluções azida sódica e sulfato manganoso 480 g/l. Após a fixação do oxigênio em campo, no laboratório, realizou-se o procedimento titulométrico para determinação da concentração do oxigênio dissolvido, usando a solução padrão de tiosulfato de sódio 0,0250 N.

A temperatura foi verificada em campo, com termômetro digital da Thermo. Com exceção dos nutrientes: nitrito, fosfato e amônia, as demais análises foram realizadas em laboratório no mesmo dia da coleta. Para a medição da turbidez, utilizou-se o turbidímetro de modelo TB 1000. O primeiro passo foi a calibração do equipamento, inserindo as soluções padrões de turbidez 0,1; 0,8; 8; 80 e 1000 NTU, em que NTU indica unidade nefelométrica de turbidez.

Para medir o pH, foi utilizado o medidor de pH de modelo  $M_{PA-210}/M_{PA-210P}$ , que foi calibrado com as soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. A condutividade foi verificada com o condutivímetro MS da Tecnocon.

A quantificação da dureza total seguiu a seguinte metodologia: pipetaram-se 25 ml de amostra de água que foram transferidos para um erlenmeyer de 250 ml; a seguir, juntaram-se 25 ml de água destilada, 1 ml de solução tampão pH=10 ( $NH_4Cl/NH_4OH$ ) e agitou-se a mistura resultante. O indicador utilizado foi o negro de eriocromo T, com o qual a amostra adquiriu coloração vermelha. Titulou-se com solução de EDTA (0,01M), agitando continuamente até o surgimento de uma cor azul.

Para a dureza de cálcio, pipetaram-se 50 ml da amostra de água, adicionaram-se 2 ml de hidróxido de sódio 1N a fim de elevar o pH de 12 a 13. O indicador utilizado foi a murexida, com a amostra adquirindo cor rósea. Titulou-se com EDTA 0,01M até o surgimento de uma leve tonalidade púrpura.

Para as análises de amônia, nitrito e fosfato, as amostras de água foram filtradas, em sistema de filtração a vácuo, e congeladas para posterior análise em espectrofotômetro de absorção na região do ultravioleta visível (UV-Vis), modelo SP-220 da Biospectro. Filtraram-se 0,5 l de água, que foram novamente acondicionadas nos frascos âmbar.

Para a análise de amônia, transferiram-se 25,0 ml da amostra para um erlenmeyer de 50,0 ml,

acrescentaram-se 1,0 ml da solução de fenol, 1,0 ml da solução de nitroprussiato de sódio e 2,5 ml da solução oxidante. A solução oxidante é preparada misturando-se 100,0 ml da solução de citrato alcalino com 25,0 ml de hipoclorito de sódio. Cobriram-se as amostras com plástico filme e estas foram armazenadas no escuro por no mínimo 1h para desenvolvimento da cor azul, que é estável por 24h. A medida foi realizada em comprimento de onda de 640 nm. A curva de calibração no intervalo de 0.1 a 2.0 ppm resultou na equação  $y = 0,01027 + 0,94499x$  com  $R^2 = 0,99966$ .

Na análise do nitrito, medem-se 50 ml de amostra, transfere-se o conteúdo para um erlenmeyer e adicionam-se 2,0 ml de reagente combinado. Agita-se bem a mistura e mede-se a absorbância a 543 nm, contra um branco que é preparado com água destilada. A leitura é feita após 10 min, quando a amostra desenvolve a coloração máxima e permanece estável por até 1h.

O reagente combinado para a análise do nitrito é preparado misturando-se 100 ml de ácido fosfórico 85%, 10 g de sulfanilamida, 1 g de NED e afere-se o balão volumétrico de 1 l com água destilada. A solução padrão de nitrito é preparada dissolvendo-se 0,246 g de nitrito de sódio (P.A.) em 1 l de água destilada. Para esta solução, verifica-se que 1,0 ml corresponde a 50  $\mu g$   $NO_2-N$ . Esta solução padrão, posteriormente, é diluída 100 vezes, de modo que 1,0 ml contenha 0,5  $\mu g$   $NO_2-N$ . A curva de calibração para o nitrito, na faixa de 5 a 20 ppb, resultou na equação da reta  $Y = 0,00184 + 0,00298 x$ , com  $R^2 = 0,99858$ .

Para a análise do fosfato, transferiram-se para um erlenmeyer de 125 ml, 50 ml da amostra. Adicionou-se 1 gota de solução de fenoltaleína. Nas amostras que ficaram rosa, acrescentaram-se gotas de ácido sulfúrico 5 N, apenas o suficiente para fazer desaparecer a cor. Após isso, adicionaram-se 8 ml do reagente combinado e, após 10min e não mais que 30min, a absorbância foi lida a 880 nm, usando o branco como referência. A cor obtida foi o azul.

Para preparar 100 ml do reagente combinado, misturaram-se (nesta ordem) 50 ml da solução de  $H_2SO_4$  5N, 5 ml da solução de tartarato de antimônio e potássio, 15 ml da solução de molibdato de amônio e 30 ml da solução de ácido ascórbico 0,1M. O reagente é estável por 4 horas. A curva de calibração foi obtida no intervalo de 20 a 200 ppb, resultando na equação  $y = -0,00112 + 5,5248 \times 10^{-4}x$  com  $R^2 = 0,99856$ .

### 3.5 Avaliação dos resultados

Os dados obtidos foram, inicialmente, analisados por meio de gráficos univariados, nos quais observou-se a variação de cada parâmetro ao longo do período de coleta estudado. Dados ambientais, entretanto, são complexos devido às correlações existentes entre as diversas variáveis, influenciando em toda a dinâmica aquática. E como apenas uma avaliação univariada não é suficiente, uma Análise de Componentes Principais (PCA) também foi aplicada a esses dados.

A Análise por Componentes Principais consiste em projetar os objetos (pontos) na direção do espaço dimensional das variáveis que contenham a maior quantidade de informação (variância) possível. Como resultado, obtém-se um novo sistema de eixos ortogonais, denominados componentes principais (PCs), que permite separar a parte sistemática dos dados do ruído aleatório (ANJOS, 2009).

Por intermédio da PCA, é possível observar grupos de objetos e correlacioná-los com as possíveis causas, avaliar a influência de outros fatores ambientais, tais como pluviosidade e maré e, com isso, observar similaridades e diferenças ao longo do trecho estudado do Rio Paraíba.

A PCA foi realizada utilizando-se o pacote computacional UNSCRAMBLER 9.1

## 4 Resultados e discussão

Os resultados das análises univariadas encontram-se nas Figuras 4 a 14, que evidenciam como variaram os parâmetros em cada ponto de coleta ao longo do período de investigação. Os gráficos foram plotados considerando as médias das triplicatas para melhor compreensão das variações. Em um segundo momento, é apresentada a análise multivariada. Para a discussão dos resultados, os locais de coleta foram classificados pelo uso, seguindo a Resolução CONAMA N°357/05, conforme Tabela 1.

**Tabela 1** – Classificação das áreas estudadas, de acordo com o uso e seguindo a resolução N° 357/2005 do CONAMA

Água doce (Classe 3)	Água salobra (Classe 2)	Água salina (Classe 1)
BR	BM	BS
IR	-	IS
IM	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Os usos de cada classe de água, conforme a resolução N° 357/2005, são os seguintes:

*Água doce – classe 3:* a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) pesca amadora; d) recreação de contato secundário e e) dessedentação de animais.

*Água salobra – classe 2:* a) pesca amadora e b) recreação de contato secundário;

*Água salina – Classe 1:* a) recreação de contato primário, b) proteção das comunidades aquáticas e c) aquicultura e atividade de pesca.

Os parâmetros referenciados pela resolução N° 357/2005 bem como os valores máximos permitidos para cada classe de água estão expostos no Quadro 1.

**Quadro 1**– Valores máximos permitidos para os parâmetros, para cada classe de água, baseados na resolução N° 357/2005 do CONAMA

Parâmetro	Água doce (classe 3)
pH	6,0 – 9,0
Turbidez	<100 NTU
O.D.	> 4 mg/L
Nitrito (NO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>	<1,0mg/L N ou 3,3mg/L (NO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>
Amônia (NH <sub>3</sub> )	pH ≤ 7,5: <13,3 mg/L N ou 16,2 mg/L NH <sub>3</sub> 7,5<pH≤8,0: <5,6 mg/L N ou 6,8 mg/L NH <sub>3</sub> 8,0<pH<8,5: <2,2 mg/L N ou 2,7 mg/L NH <sub>3</sub>
Fosfato (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>	Ambiente intermediário* (IR,IM) <0,075 mg/L P ou 0,23 mg/L (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> Ambiente lótico** (BR) <0,15 mg/L P ou 0,46 mg/L (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>
Parâmetro	Água salobra (classe 2)
pH	-
Turbidez	-
O.D.	> 4 mg/L
Nitrito (NO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>	<0,20 mg/L N ou 0,66 mg/L (NO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>
Amônia (NH <sub>3</sub> )	<0,70 mg/L N ou 0,85 mg/L NH <sub>3</sub>
Fosfato (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>	<0,186 mg/L P ou 0,570 mg/L (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>
Parâmetro	Água salina (classe 1)
pH	6,5 – 8,5
Turbidez	-
O.D.	>6 mg/L
Nitrito (NO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>	<0,07 mg/L N ou 0,23 mg/L (NO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>
Amônia (NH <sub>3</sub> )	<0,40 mg/L N ou 0,49 mg/L NH <sub>3</sub>
Fosfato (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>	<0,062 mg/L P ou 0,190 mg/L (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>

Fonte: CONAMA, 2005.

\* Ambiente intermediário apresenta tempo de residência entre 2 e 40 dias e tributários diretos de ambiente lótico (ambiente aquático de água parada).

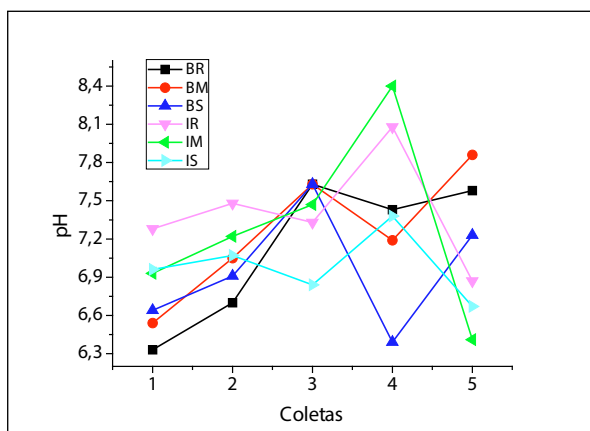
\*\* Ambiente lótico: Aquele que apresenta água corrente.

### 4.1 Análises univariadas

O valor de pH é uma medida da acidez da água. A maioria dos seres aquáticos tende a ser muito sensível a este parâmetro. Valores maiores que 11,0 e menores que 4,0 causam mortalidade das espécies. A presença de carbonatos e bicarbonatos confere alcalinidade às águas. A medida do pH é importante para o controle da poluição, pois possui um profundo efeito no metabolismo dos organismos aquáticos (BOYD, 1995). Águas poluídas com matéria orgânica tendem a ser um pouco ácidas (VASCONCELOS; TUNDISI; TUNDISI, 2009).

A Resolução Nº 357 CONAMA/05 estabelece, para a água doce classe 3, que o pH esteja compreendido entre 6,0 e 9,0. Para a água salina de classe 1, deve variar de 6,5 a 8,5. Essa mesma Resolução, entretanto, não faz nenhuma referência para a água salobra de classe 2. Pela Figura 4, que traz a distribuição dos resultados para o pH, observa-se que apenas o ponto BS na quarta coleta não atendeu à Resolução citada, encontrando-se um pH de 6,39. O valor mais baixo de pH, 6,33, foi encontrado no ponto BR, durante a 1ª coleta, e o mais alto, de 8,40, foi observado no ponto IM, durante a 4ª coleta. Não há registro de trabalhos de pesquisa prévios que tenham sido realizados envolvendo os parâmetros físico-químicos de qualidade da água, nessas regiões estudadas.

**Figura 4** – Distribuição dos resultados da variável pH nos seis pontos de coleta



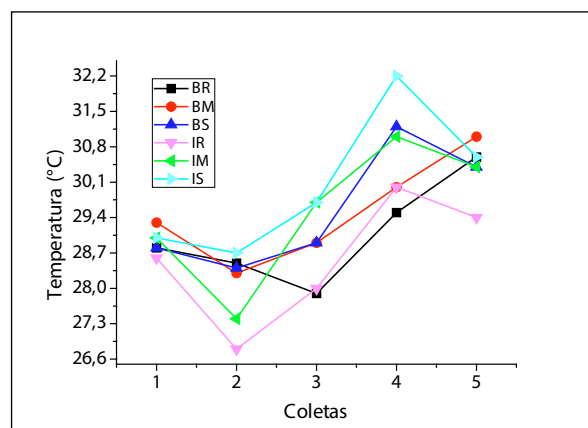
Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 5 apresenta a distribuição da temperatura nos seis pontos ao longo do período de coleta.

A temperatura da água é um parâmetro muito importante, pois muitas das características físicas, químicas e biológicas dependem dela. A maioria dos animais aquáticos e plantas sobrevive dentro de certa gama de temperatura e poucos sobrevivem em casos de mudanças extremas desse parâmetro (VASCONCELOS; TUNDISI; TUNDISI, 2009).

A solubilidade do oxigênio e do dióxido de carbono na água e as precipitações de alguns compostos são alteradas pela temperatura. Águas frias apresentam mais gases dissolvidos.

**Figura 5** – Distribuição dos resultados da variável temperatura nos seis pontos de coleta



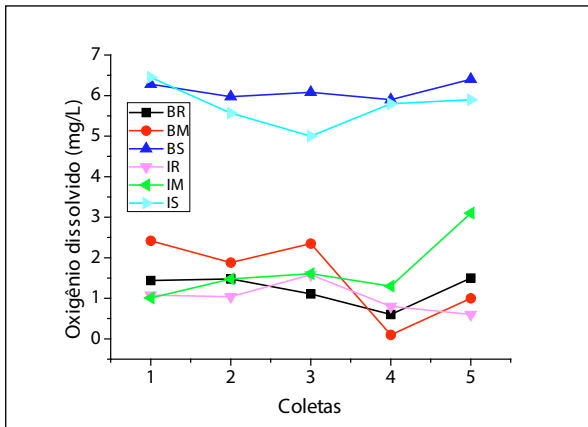
Fonte: Dados da pesquisa.

Como a área de estudo encontra-se no Nordeste brasileiro, de clima tropical, observa-se, pela Figura 5, que a temperatura apresentou uma variação esperada para o clima da região. A temperatura mais baixa foi de 26,8 °C para o ponto IR, na segunda coleta; a mais alta, 32,2 °C, para as amostras IS, durante a quarta coleta.

A análise de oxigênio dissolvido, Figura 6, mede a quantidade de oxigênio necessária para o bom desenvolvimento de peixes, invertebrados e algas em corpos de água, como rios, lagos, barramentos etc.

A maioria das plantas aquáticas precisa de oxigênio para sobrevivência. Trabalhos já publicados evidenciam que, quando a concentração do OD é inferior a 2,0 mg/l, muitos peixes acabam morrendo. O baixo nível de oxigênio na água é evidência de poluição (VASCONCELOS; TUNDISI; TUNDISI, 2009).

**Figura 6** – Distribuição dos resultados da variável OD nos seis pontos de coleta

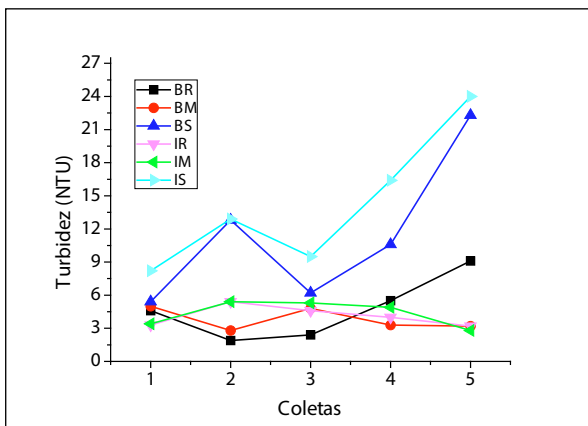


Fonte: Dados da pesquisa.

A resolução CONAMA Nº 357/05 pede que o oxigênio dissolvido esteja em uma concentração igual ou superior a 4 mg/l, em água doce de classe 3 e em águas salobras de classe 2. Já nas águas salinas de classe 1, esse valor é de 6 mg/l. Apenas as amostras do ponto BS, na primeira, terceira e quinta coletas e o ponto IS na primeira coleta, atenderam à Resolução. Observa-se, pela Figura 6, que as maiores concentrações do oxigênio foram observadas para as amostras BS e IS, devido à constante oxigenação da água pelas ondas do mar. As temperaturas médias tenderam a aumentar progressivamente da terceira para a quarta coleta, observando-se uma tendência à redução na concentração de oxigênio dissolvido nesse mesmo período.

A Figura 7 traz a distribuição da turbidez nos seis pontos estudados.

**Figura 7** – Distribuição dos resultados da variável turbidez nos seis pontos de coleta



Fonte: Dados da pesquisa.

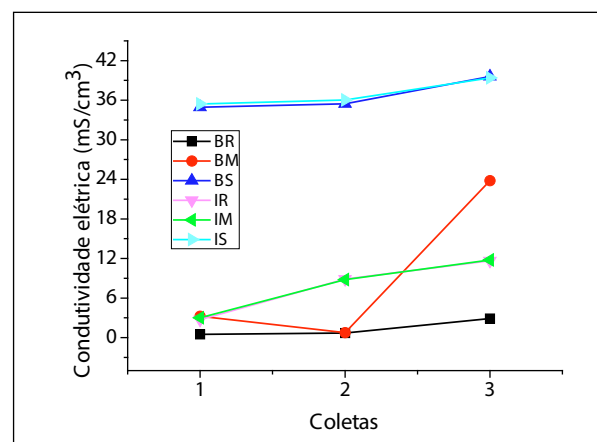
A turbidez da água se justifica pela presença de materiais sólidos em suspensão, como areia e argila, que reduzem a sua transparência. Essa turbidez pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias, como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (BERNARDO; PAZ, 2008).

A turbidez é um parâmetro importante na vida aquática, porque uma água muito turva impede a entrada de luz solar no corpo da água, diminuindo a fotossíntese.

Pela Figura 7, observa-se que a turbidez mostrou-se mais elevada para as amostras BS e IS, pois, no momento da coleta, as ondas do mar tendem a carrear sedimentos. As amostras BR, IR e IM, que correspondem à água doce, atenderam à Resolução Nº 357/2005, com valores de turbidez inferiores a 100 NTU. Em todos os pontos avaliados em área de maceió e rio, obtiveram-se valores muito baixos e próximos de turbidez em todas as coletas.

A Figura 8 traz a distribuição da condutividade elétrica, que se refere à capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica, atribuída aos minerais presentes nela. Sua quantificação permite estimar, de forma rápida, a quantidade de sólidos dissolvidos totais presentes na água (BERNARDO; PAZ, 2008).

**Figura 8** – Distribuição dos resultados da variável condutividade elétrica nos seis pontos de coleta



Fonte: Dados da pesquisa.

A condutividade elétrica corroborou a divisão dos pontos nas três classes de água encontradas: salina, salobra e doce, que apresentam valores de condutividade alta, intermediária e baixa, respectivamente. Este parâmetro apresentou um compor-



tamento inversamente proporcional à pluviosidade. Os dados pluviométricos, fornecidos pela AESA para a cidade de Cabedelo/PB, durante os anos de 2015 e 2016, encontram-se na Tabela 2. Os valores mais baixos de condutividade foram encontrados na primeira coleta, período com índice de pluviosidade maior, 322,9 mm; a água da chuva tornou a água das amostras mais diluída, com menor concentração de espécies iônicas. As demais coletas tiveram os índices de pluviosidade diminuídos e, por consequência, a condutividade aumentada. Para a amostra BM, de água salobra, observa-se um valor aumentado para a terceira coleta, coincidindo com a maré média, 1,5m, e a menor pluviosidade. Não foi possível obter os dados da quarta e quinta coletas, pois o equipamento apresentou defeito.

**Tabela 2** – Dados pluviométricos para o município de cabedelo/PB durante os anos de 2015 e 2016

Mês	Índice pluviométrico (mm)
Junho/2015	250,4
Julho/2015	322,9
Agosto/2015	52,3
Setembro/2015	31,0
Outubro/2015	12,2
Novembro/2015	4,1
Dezembro/2015	149,7
Janeiro/2016	114,1
Fevereiro/2016	102,2
Março/2016	137,3
Abril/2016	305,6

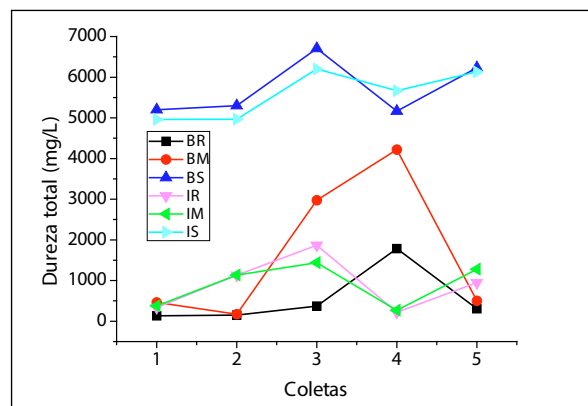
Fonte: AESA.

A Figura 9 traz a distribuição para a dureza total.

A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) na água, expressos como carbonato de cálcio. Outros íons como estrôncio (Sr<sup>2+</sup>) ferro (Fe<sup>2+</sup>) e manganês (Mn<sup>2+</sup>) também conferem dureza à água em menor grau. A dureza de uma água pode ser temporária ou permanente. A dureza temporária, também chamada de dureza de carbonatos, é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio. O bicarbonato de cálcio ou magnésio se transforma em carbonato (pouco solúvel) por aquecimento ou elevação do pH. A dureza permanente, também chamada de dureza

de não carbonatos, é devida a cátions associados a outros ânions como sulfatos, cloretos e nitratos. Não produz incrustações por serem seus sais muito solúveis na água, logo não se decompondo pela ação do calor (BERNARDO; PAZ, 2008).

**Figura 9** – Distribuição dos resultados da variável dureza total nos seis pontos de coleta

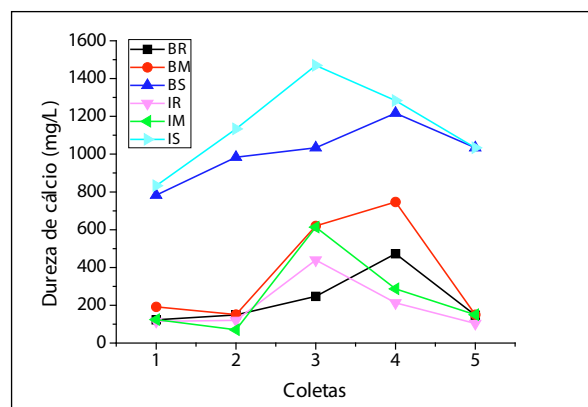


Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 9, observa-se um comportamento de variação similar ao observado para a condutividade elétrica, para as três primeiras coletas, o que era de se esperar, já que os cátions conduzem corrente elétrica na água.

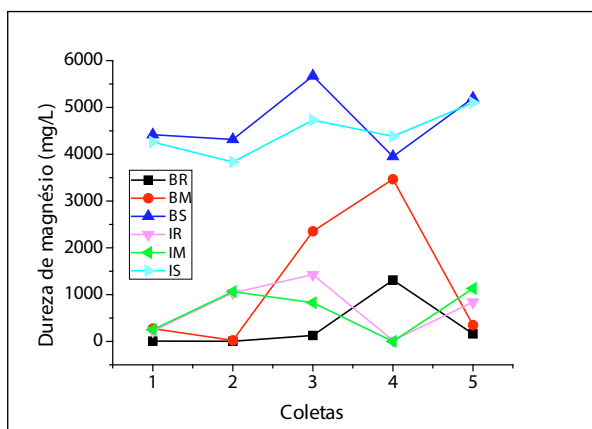
As Figuras 10 e 11 trazem a variação da dureza de cálcio e magnésio, respectivamente. Os resultados mostraram que a concentração do magnésio é muito superior à do cálcio em todas as amostras de água do mar avaliadas. Nas amostras IR e IM, a dureza de magnésio foi superior à de cálcio em todas as coletas, com exceção da quarta.

**Figura 10** – Distribuição dos resultados da variável dureza de cálcio nos seis pontos de coleta



Fonte: Dados da pesquisa.

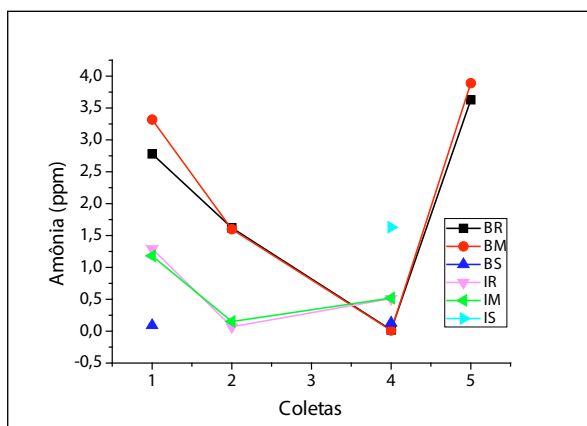
**Figura 11** – Distribuição dos resultados da variável dureza de magnésio nos seis pontos de coleta



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 12 traz a distribuição da amônia nos seis pontos estudados. O nitrogênio amoniacal pode estar presente na água sob duas formas: amônia ( $\text{NH}_3$ ) e íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), cuja razão  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  depende do pH, da temperatura e da salinidade ou da composição iônica no ambiente amostrado. Em pH básico predomina a espécie  $\text{NH}_3$  que é mais tóxica que  $\text{NH}_4^+$ . A amônia prejudica o crescimento e pode causar a mortalidade de animais aquáticos, se presente em altas concentrações (ARANA, 2004). Por isso, há uma preocupação quando águas de elevado pH recebem efluentes com altas cargas de nitrogênio amoniacal (CARMOUZE, 1994).

**Figura 12** – Distribuição dos resultados da variável amônia nos seis pontos de coleta



Fonte: Dados da pesquisa.

A amônia é resultante da decomposição de proteínas animais e vegetais. Nesse contexto, o amônio serve como um indicador da poluição bacteriológica

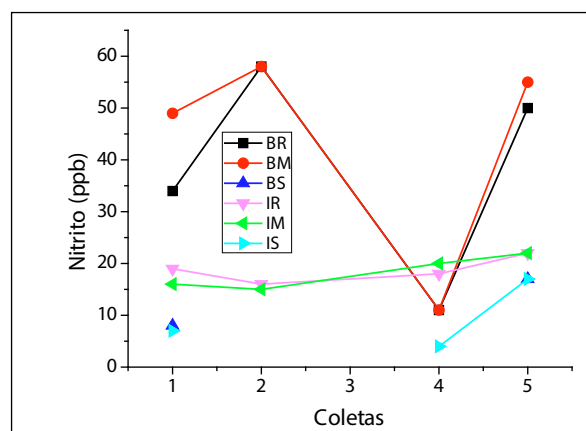
da água por coliformes fecais provenientes de lixo doméstico entre outros. Além disso, a amônia pode ser oxidada a nitrito e nitrato por reações bióticas e abióticas e, quando em excesso, pode resultar no aumento de populações de bactérias (inclusive coliformes).

As amostras BM coletadas no maceió do Bessa, durante a primeira, segunda e quinta coletas, não atenderam à legislação, excedendo o limite máximo para a amônia, estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para a água salobra classe 2, que é de 0,70 mg/l N ou 0,85 mg/l  $\text{NH}_3$ . A amostra IS, durante a quarta coleta, também excedeu o limite de 0,40 mg/l N ou 0,49 mg/l  $\text{NH}_3$ , para águas salinas de classe 1. Todos os demais pontos estiveram em conformidade com a Resolução acima citada. Encontram-se abaixo do limite de detecção do método o ponto BS, na segunda e quinta coletas; os pontos IR e IM na quinta coleta, e o ponto IS na primeira, segunda e quinta coletas.

Como a amônia, quando presente no ambiente, indica contaminação recente de matéria orgânica oriunda de efluentes, é possível que essa contaminação seja proveniente do lançamento desses efluentes clandestinos diretamente no Rio Jaguaribe, sem nenhum tratamento prévio.

A Figura 13 traz os resultados para o nitrito.

**Figura 13** – Distribuição dos resultados da variável nitrito nos seis pontos de coleta



Fonte: Dados da pesquisa.

O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) pode ser formado tanto pela oxidação da amônia quanto pela redução do nitrato. Nitritos podem ser encontrados na água como produto da decomposição biológica do nitrogênio amoniacal ou de efluentes industriais. O nitrito é capaz de oxidar

a hemoglobina do sangue dos animais aquáticos, convertendo-a em meta-hemoglobina, substância incapaz de transportar oxigênio, provocando a morte dos organismos por asfixia (ARANA, 2004).

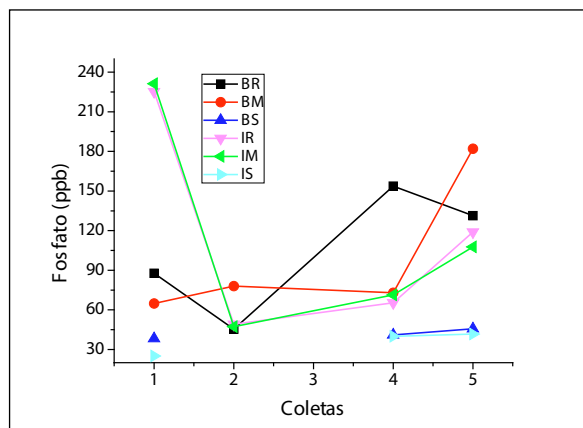
Os resultados das análises, em todos os pontos, estiveram em conformidade com a resolução CO-NAMA Nº 357/05. Encontram-se abaixo do limite de detecção do método o ponto BS, durante a segunda e quarta coletas e o ponto IS na segunda coleta. Observa-se pelas Figuras 12 e 13 que as concentrações de amônia e nitrito foram superiores nos pontos coletados no Bessa (BR e BM), se comparado a Intermares (IR e IM), excetuando-se a quarta coleta.

O fósforo, elemento essencial à vida aquática, é um excelente nutriente; não apresenta toxicidade, mas pode promover o crescimento excessivo de algas e a conseqüente eutrofização do meio. Altas concentrações indicam fontes de contaminação antrópicas (AMINOT; CHAUSSEPIED, 1983). O fosfato é muitas vezes o reagente limitante de muitos ambientes: a disponibilidade de fosfato governa a taxa de crescimento de muitos organismos.

A introdução artificial de fosfato nesses ambientes marítimos pode causar um desequilíbrio ecológico, resultando na superpopulação de alguns organismos, os quais consomem também outros nutrientes e elementos essenciais. Dessa forma, organismos que não são diretamente favorecidos pela maior disponibilidade de fosfato sofrerão uma drástica redução em sua população, devido à falta de nutrientes e elementos essenciais. Como exemplo, podemos citar o fosfato utilizado em cultivos fertilizados e em produtos detergentes, o que pode causar a poluição de rios e mananciais, resultando na superpopulação de algas de superfície, as quais diminuem o teor de oxigênio dissolvido na água. Sem oxigênio, a fauna aquática sofre conseqüências diretas, podendo resultar até na morte de peixes em massa.

A Figura 14 traz os resultados para o fosfato. Apenas o ponto IM, na primeira coleta, não atendeu à legislação. As concentrações mais elevadas foram encontradas para os pontos IR e IM na primeira coleta, 225,2 ppb e 231,3, respectivamente. Os resultados para os pontos BS e IS, na segunda coleta, estiveram abaixo do limite de detecção do método.

**Figura 14** – Distribuição dos resultados da variável fosfato nos seis pontos de coleta



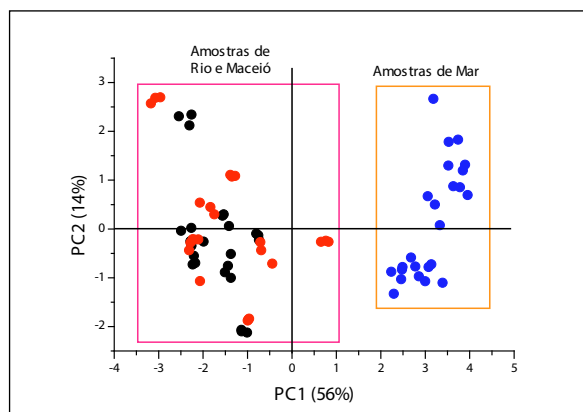
Fonte: Dados da pesquisa.

## 4.2 Análise multivariada

O resultado da análise multivariada utilizando PCA (Análise de Componentes Principais) e considerando 70% de variância explicada revelou comportamento semelhante ao observado pela análise univariada, conforme discutido anteriormente.

Analisando o gráfico dos escores mostrado na Figura 15, é possível notar que não houve diferença significativa entre as amostras dos rios e as dos maceiós estudados, pois, apesar da proximidade com o mar, nem sempre acontece a renovação da água do maceió através da influência da maré. Além disso, a influência da sazonalidade nas variáveis estudadas não foi observada.

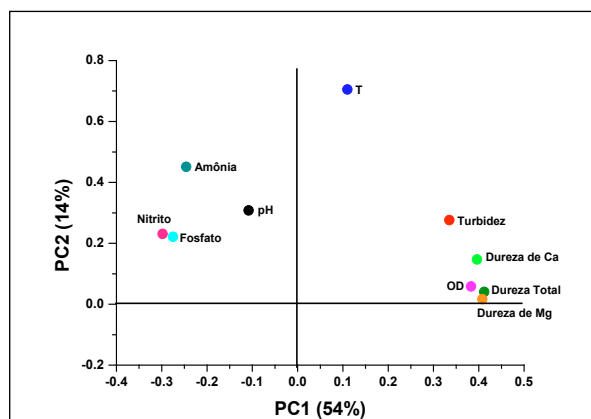
**Figura 15** – Gráfico dos escores das coletas realizadas, utilizando validação cruzada e modelo com 5 PCs. (•) Rio, (•) Maceió e (•) Mar



Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda, o gráfico dos pesos (Figura 16) mostra que uma das principais variáveis responsáveis pela separação das amostras do mar em relação às amostras do rio e do maceió foi o OD.

**Figura 16** – Gráfico dos pesos PC1 x PC2 para o conjunto de três coletas realizadas



Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores mais altos de OD foram observados nas amostras do mar, possivelmente, por apresentarem uma aeração natural; entretanto, nos rios e maceiós, valores de OD abaixo de 2,5 mgL<sup>-1</sup> foram encontrados – o que já era esperado pela maior poluição dos rios que deságuam no maceió, por esgoto doméstico e resíduos sólidos –, conforme descrito na literatura (PEREIRA *et al.*, 2012). Além disso, podem-se destacar as variáveis de dureza – altos valores foram encontrados nas amostras do mar, o que já era previsto, considerando-se a excessiva presença de sais nesse tipo de amostra.

Em contrapartida, os nutrientes foram os principais responsáveis pela separação das amostras do rio e maceiós, possivelmente, pela presença de carga orgânica devido à poluição do local, como discutido anteriormente.

## 5 Conclusões

Sugere-se que as amostras coletadas nos pontos do rio e maceió do Bessa possuem uma maior concentração de poluentes que as de Intermares, devido à apresentação de concentrações mais elevadas dos nutrientes avaliados. Dentre os nutrientes, apenas a amônia esteve em desacordo com a Resolução N° 357/2005, no ponto BM, indicando poluição recente por lançamento de efluentes no Rio Jaguaribe.

A concentração do oxigênio dissolvido foi muito baixa em todas as amostras coletadas nos pontos do rio e maceiós do Bessa e Intermares, encontrando-se inferior aos 4 mg/l, conforme o definido pela resolução N° 357/2005.

Os parâmetros pH e turbidez estiveram em conformidade com a resolução N° 357/2005 em todas as amostras. Não foi observada a influência da sazonalidade nas variáveis estudadas, pela análise multivariada.

A tábua de maré influenciou os parâmetros físico-químicos avaliados apenas no maceió do Bessa, já que o maceió de Intermares apresentou água represada em todos os períodos de coleta. Parâmetros como condutividade elétrica, dureza total, de Ca e Mg foram responsáveis pela separação das amostras do mar em relação às demais na análise multivariada, por serem características predominantes de águas salinas.

Além dos parâmetros anteriormente citados, o gráfico dos pesos também evidenciou a forte influência do OD na separação das amostras do mar, em relação às amostras do rio e do maceió. A análise multivariada mostrou que não houve diferença significativa entre as amostras dos rios e dos maceiós estudados.

## REFERÊNCIAS

- AESA. Capítulo 2- **Caracterização fisiográfica e hidroclimática do Estado da Paraíba**. Disponível em: <[http://www.aesa.pb.gov.br/perh/relatorio\\_final/Capitulo%202/pdf/2%20-%20CaracFisiogHidroclimaticaPB.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/perh/relatorio_final/Capitulo%202/pdf/2%20-%20CaracFisiogHidroclimaticaPB.pdf)> . Acesso em: 12 fev. 2015.
- ANJOS, A. E. S. **Avaliação quimiométrica da influência da carcinicultura sobre a qualidade da água do Rio da Ribeira/Santa Rita/PB**. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, UFPB, João Pessoa, 2009, 63p.
- AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**. Brest, CNEXO, 1983. 379p.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. Washington: American Public Health Association, 2012, 1085p.
- ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade de água na Aquicultura: Uma revisão para peixes e camarões**. Universidade Federal de Santa, Catarina Editora, 2004. 231p.

BERNARDO, L. D.; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. v.1, São Carlos: LDIBI LTDA, 2008. 878p.

BOYD, C. E. **Bottom Soils, Sediment and pond aquaculture**. New York: Chapman e Hall, 1995.

CARMOUZE, J. P. **O Metabolismo dos ecossistemas aquáticos**: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: Edgard Blücher, FAPESP. 1994. p.253.

CONAMA, Resolução. Conselho Nacional do Meio Ambiente–CONAMA, Resolução. nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005.

DAVIDSON, K. *et al.* Antropogenic nutrients and harmful algae in coastal Waters. **Journal of Environmental Management**, n. 146, p. 2016-216, 2014.

FALCÃO, S. M. *et al.* Alterações na paisagem da orla marítima de Cabedelo em decorrência da dinâmica de ocupação da área. **Cadernos do Logepa**, v. 4, n.1, p.1-14, 2005.

LIMA, R. C. **Análise espaço-temporal da balneabilidade no litoral de João Pessoa e Cabedelo**. 2013. 71f. Monografia (Bacharelado em Geografia)– Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

MARTINS, A.; LEON, T. P. Rio contaminado deságua no mar. **Correio da Paraíba**, Paraíba. 05 Jun. 2013.

MORAIS, R. C. S.; SILVA, C. E. Diagnóstico ambiental do balneário Curva São Paulo no rio Poti em Teresina, Piauí. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 1, Jan/Mar. 2012.

PEREIRA, H. F. *et al.* Localização e diagnóstico da poluição do Rio Jaguaribe através da disposição inadequada dos resíduos sólidos em seu leito e margens, In: **VII CONNEPI**, 2012. Disponível em: <<http://propi.iftto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/4506/2368>>. Acesso em: 29 dez. 2015.

PROJETO ORLA: fundamentos para gestão integrada; Brasília: **MMA/SQA**; Brasília: MP/SPU, 2002. 78p.

VASCONCELOS, F. M.; TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Avaliação da qualidade de água-Base tecnológica para a gestão ambiental**. 1ª ed., Belo Horizonte, MG: SMEA, 2009.

WORSFOLD, P. J. *et al.* Flow injection analysis as a tool for enhancing oceanographic nutrient measurements - A review. **Analytica Chimica Acta**, n. 803, p. 15-40, 2013.