

# INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE NA QUALIDADE DA ÁGUA DE DOIS SANGRADOUROS DO LITORAL DO PARANÁ, BRASIL.

KOLM, H.E.<sup>1\*</sup>; SIQUEIRA, A.<sup>2</sup> & MACHADO, E.C.<sup>3</sup>

1. Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná, Pontal do Sul, PR, Brasil.

2. Colégio Estadual 1º Centenário, Campo Largo, PR, Brasil.

3. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RG, Brasil.

\*Corresponding author: hedda@ufpr.br

## ABSTRACT

Kolm, H.E.; Siqueira, A. & Machado, E.C., (2016). Influência da pluviosidade na qualidade da água de dois sangradouros do litoral do Paraná, Brasil. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 20(2). eISSN 1983-9057. DOI: 10.14210/bjast.v20n2. Reduction in precipitation, and consequently fresh water, can affect the food web and the time necessary for an increase in nutrients and contaminants in coastal and estuarine ecosystems. The combined effect of human development and reduction in river flow can degrade water quality, negatively affecting the fishery and human health. The objective of the present research was the study of the water quality (temperature, salinity, dissolved oxygen, phosphate, silicate, nitrate, nitrite, ammonium, humic substances, suspended particulate material, particulate organic matter, chlorophyll-a, total coliforms and *Escherichia coli*), of two washouts (Barranco and Olho d'Água) located in the municipality of Pontal do Paraná (Pontal do Paraná, Brazil), comparing them in periods of lower and higher rainfall. The results showed that during the rainy period, there was an increase in nitrite, suspended particulate material, particulate organic matter, and a decrease in nitrate and chlorophyll-a in the two washouts. An increase in phosphate, ammonium and humic substances were only observed in Barranco; whereas an increase in dissolved oxygen and *E. coli* were only observed in Olho d'Água.

**Keywords:** Washouts, Physical parameters, Chemical parameters, Biological parameters, Rainy, Dry.

## INTRODUÇÃO

Na costa paranaense fluem para as praias e para os sistemas estuarinos sangradouros, rios e gamboas. Estes cursos d'água servem de ligação entre o ambiente terrestre e marinho, transportando água doce, matéria orgânica, nutrientes e contaminantes do continente para o mar. Sangradouros litorâneos podem ser definidos como canais naturais de escoamento das águas acumuladas na região localizada atrás das dunas frontais. Apresentam comportamento sazonalmente diferenciado e são responsáveis pelas principais descontinuidades no cordão de dunas frontais e pela movimentação de grandes quantidades de sedimento para a zona de espraiamento (Figueiredo et al., 2007, Serpa et al., 2008, Laube & Lamour, 2011). Os processos relacionados à sua formação incluem vários componentes que estão relacionados com a alta precipitação, baixas taxas de evaporação e por níveis elevados da água do lençol freático. Apesar de terem sido descritos inicialmente no Rio Grande do Sul (sul do Brasil) (Figueiredo & Calliari, 2006) eles estão presentes nas linhas costeiras arenosas do mundo (ia, Estados Unidos da América, México, Espanha, Uruguai e outras regiões do Brasil) (Gandara-Martins et al., 2015).

Ainda, segundo Laube & Lamour (2011) no litoral do Paraná ocorrem diversos sangradouros que, devido ao reduzido número de rios que drenam essa região, também possuem importância quanto aos

processos de erosão e/ou deposição do sistema praiial. Esses corpos de água possuem dimensões menores que a dos rios, e desembocaduras que migram na zona de espraiamento devido à ação da corrente de deriva longitudinal. Diversos sangradouros podem ser observadas ao longo dos 50 Km da costa oceânica do litoral paranaense, devido à presença das planícies de cordões litorâneos regressivos que acumulam águas pluviais em seus interstícios. Às suas águas juntam-se às da chuva, em áreas de depressões, e à de banhados, por trás das dunas frontais, drenando-as para a praia (Figueiredo et al., 2007).

A maioria dos sangradouros do litoral paranaense vem sofrendo, ao longo dos anos, influências antrópicas. Os maiores impactos referem-se à dragagem dos leitos, interligação com canais de escoamento de águas pluviais e de esgotos provenientes dos povoados (Kolm & Siqueira, 2014).

Segundo Vanhoni & Mendonça (2008) nota-se que o ciclo anual da distribuição das chuvas no litoral do Estado do Paraná evidencia que a intensidade pluviométrica está intimamente ligada aos períodos das estações do ano, sendo que no verão a média é maior, diminuindo no outono, chegando às menores médias no inverno, e progressivamente aumentando na primavera. Tais características levam a um aumento dos fluxos d'água dos sangradouros no verão devido ao aumento da precipitação. Além disto, é neste período que há um aumento significativo do número de pessoas no litoral em consequência do período de

férias escolares.

É importante ressaltar ainda que no Município de Pontal do Paraná a coleta e tratamento de esgotos são deficitários. Em consequência, no verão, com fortes chuvas, transbordam as fossas sépticas e os sumidouros (poços negros) e muitos moradores e veranistas lançam seus esgotos diretamente nos cursos d'água.

Assim foi objetivo da presente pesquisa avaliar a influência de intensas chuvas sobre parâmetros físicos, químicos e biológicos de dois sangradouros permanentes com diferentes graus de urbanização no seu entorno, localizados no município de Pontal do Paraná (PR, Brasil).

### Área estudada

O Município de Pontal do Paraná (Figura 1B) está inserido na planície arenosa costeira de Paranaguá de construção marinha, delimitada ao norte

pelo Estuário de Paranaguá e a oeste e sul pela Serra do Mar (Figura 1A). As praias do município estendem-se do Canal do DNOS (canal artificial de drenagem, na desembocadura da Baía de Paranaguá), até o Balneário Monções. Seus principais balneários são Pontal do Sul, Atami, Shangri-lá, Ipanema, Praia de Leste e Monções. A população do município oscila, segundo o censo de 2010, entre 20.920 habitantes, residentes (IBGE, 2012), e 400.000 com a população flutuante, principalmente durante as férias escolares, quando um expressivo contingente de turistas busca as praias (Angulo et al., 1999).

A região é banhada por vários rios, gamboas e sangradouros citando-se como principais o Rio Guaraguaçu, as gamboas das Pedras, Embocuí, Emboguaçu, Maciel, Baguaçu, Penedo e os sangradouros Barranco, Perequê Mirim e o Olho D'água (Kolm & Siqueira, 2014).

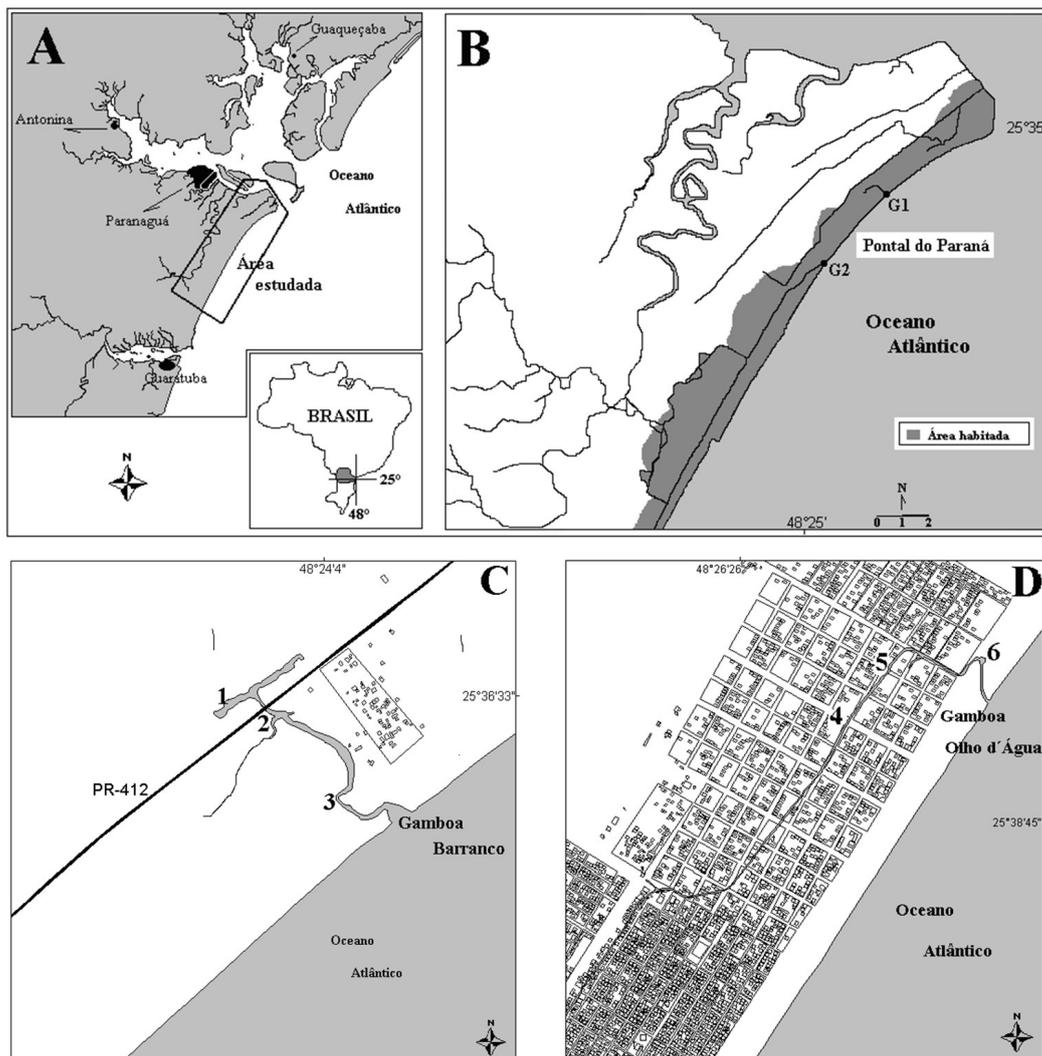


Figura 1 - A) Litoral do Paraná com localização da área estudada; B) Município de Pontal do Paraná com localização dos sangradouros. C) Sangradouro Barranco com localização dos pontos de coleta. D) Sangradouro Olho d'Água com localização dos pontos de coleta.

O sangradouro Barranco (Figura 1C) está situado no balneário homônimo, com aproximadamente 2,6 Km de extensão. Parece não receber águas servidas diretamente do pequeno povoado localizado às suas margens. As fossas sépticas dos moradores parecem não influenciarem na qualidade de suas águas uma vez que Siqueira et al. (2009) registraram quantidades pequenas de nitrito, nitrato, n-amoniaco, fosfato, coliformes totais e termotolerantes neste curso d'água em um estudo feito entre 2003 e 2004. A vegetação de restinga prevalece ao longo de suas margens, com vegetação típica das dunas e anti-dunas nas proximidades da desembocadura em praia exposta. A estação de coleta interna neste sangradouro (Est. 1) situava-se em meio à vegetação arbórea, com a superfície da água encoberta por um vasto manto de *Lemna* sp. e gramíneas. A estação intermediária (Est. 2) estava localizada sob uma ponte da PR-412, que interliga os balneários do município, e encontrava-se margeada por vegetação de restinga composta principalmente de gramíneas. Na superfície da água existiam macrófitas aquáticas, principalmente o *Myriophyllum aquaticum*. A estação externa localizava-se próxima à desembocadura na praia (Est. 3), e estava margeada por vegetação típica de restinga e dunas, com a presença frequente de aves costeiras. Entre as estações mediana e externa está situado o pequeno Balneário de Barranco (Siqueira et al., 2009).

O sangradouro Olho d'Água (Figura 1D), com aproximadamente 2,7 Km de extensão, percorre áreas urbanizadas do Balneário de Ipanema que não possuía, no período deste estudo, nenhum tipo de sistema de tratamento de esgoto. Ainda, segundo Siqueira et al. (2009) o sangradouro, (por eles denominado de gamboa), possui características de eutrofização, principalmente no verão. Uma série de canais dragados desembocava neste sangradouro, e grande parte de seu leito estava recoberto por vegetação típica de áreas impactadas. Segundo informações da Prefeitura Municipal de Pontal do Paraná, recebe águas do Rio Peri, localizado à montante e receptor, em períodos de alta pluviosidade, do chorume oriundo da terceira lagoa do aterro sanitário da região. Como descrito para o sangradouro Barranco, o Olho d'Água também desemboca em praia exposta. As estações de coleta interna (Est. 4) e mediana (Est. 5) estavam localizadas sob duas pontes no Balneário de Ipanema. A estação interna diferia da mediana quanto à vegetação que recobria suas águas. Enquanto a primeira estava totalmente vegetada por gramíneas, a segunda era recoberta por *Pistia stratiotes*. A estação mais externa encontra-se próximo à desembocadura (Est. 6), cujas características eram semelhantes às da estação mediana (Siqueira et al., 2009).

## MATERIAL E MÉTODOS

As coletas de águas superficiais foram realizadas a cada seis horas durante 24 horas (duas preamares e duas baixa-mares), nos dias 30 de agosto (período de seca) e 10 de dezembro de 2004 (período de chuvas) nos sangradouros de Barranco e Olho d'Água. As amostras foram obtidas em seis estações (1 a 3 em Barranco e 4 a 6 em Olho d'Água). Todas as coletas foram realizadas em triplicata e nas marés de sizígia. No período chuvoso as coletas foram feitas sob chuvas torrenciais. Os dois sangradouros estudados foram escolhidos por apresentarem características semelhantes, como deságue direto na zona de surf da plataforma continental interna, e graus de urbanização e consequente eutrofização completamente diferentes.

Os dados de precipitação referentes ao período estudado foram fornecidos pela Estação Meteorológica de Centro de Estudos do Mar (UFPR) sediada no Balneário de Pontal do Sul/PR. A temperatura da água foi determinada *in situ* com termômetro padrão (escala 1/100 °C). A salinidade com refratômetro ATAGO, S/MILL e o potencial hidrogeniônico (pH) com peagâmetro (HANNA HI 8424). A análise do oxigênio dissolvido foi feita segundo Winkler, descrito em Grasshoff et al. (1983) e a porcentagem de saturação calculada segundo as tabelas de solubilidade de oxigênio na água (cm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup>) da UNESCO de 1973. Quantidades variáveis de água (até saturação dos filtros) destinadas às análises de fosfato, silicato, nitrato, nitrito, amônio e substâncias húmicas foram filtradas imediatamente após a coleta, em filtros WHATMAN® GF/F (Φ 47 mm). O material retido no filtro destinou-se à análise do material particulado em suspensão (MPS) e da matéria orgânica particulada (MOP) e o volume filtrado para a determinação das concentrações dos nutrientes. As amostras filtradas foram colocadas em frascos plásticos de polietileno e mantidas congeladas (-20°C) até o momento das análises colorimétricas realizadas conforme descrito por Grasshoff et al. (1983) em espectrofotômetro (SHIMADZU® UV – 1601 PC). As concentrações de substâncias húmicas (U.A. = Unidade Arbitrária) também foram determinadas através da espectrofotometria (SHIMADZU® UV – 1601 PC) a 360 nanômetros, de acordo com a metodologia descrita por Kirk (1994). Para a realização da análise do material particulado em suspensão (MPS), os filtros foram descongelados e mantidos a 60°C em estufa por vinte e quatro horas, resfriados por duas horas no dessecador e pesados em balança METTLER® H5 1AR, com precisão de 0,00001 g. A análise foi determinada seguindo o método gravimétrico descrito por Strickland & Parsons (1972). A matéria orgânica particulada foi determinada através da técnica de ignição. Após a determinação do MPS, o filtro foi

incinerado a 450°C por 1 hora em mufla QUIMIS® e em seguida pesado na balança METTLER® H5 1AR. O cálculo foi feito com base na diferença entre pesos antes e depois da incineração.

Para a análise de colorofila total, as amostras foram pré-filtradas em uma rede de 0,5 mm de poro para a retirada de possíveis macrófitas. A clorofila total foi extraída com acetona (90% v/v) e analisada com fluorômetro TURNER AU-10, de acordo com a metodologia descrita por Parsons et al. (1984).

Os coliformes totais e a *Escherichia coli* foram analisados pelo método do substrato cromogênico Colilert seguindo metodologia descrita pela Empresa Idexx Laboratories, Inc.

Para a avaliação estatística dos resultados foi aplicada a ANOVA unifatorial, seguida do teste a posteriori LSD (Mínimas Diferenças Significativas), utilizando-se o programa Statistica 7.0. Os parâmetros foram representados graficamente com os valores de F e p inseridos nos gráficos.

## RESULTADOS

O regime pluviométrico mensal (somatória dos valores diários) para este estudo foi caracterizado por dois períodos: o seco (agosto de 2004), com precipitação mensal menor que 150 mm, e o chuvoso (dezembro de 2004), com precipitação mensal maior que 150 mm. A precipitação mensal para agosto (01a 30/08/04) foi de 65,57 mm e na semana da coleta, incluindo o dia da coleta, a precipitação foi de 50,37

mm. Para o período chuvoso a somatória do mês (14/11 a 14/12/04) foi de 575,53 mm e de 307,06 mm na semana da coleta. No período seco não houve pluviosidade no dia da coleta e no período chuvoso, ao contrário, a pluviosidade no dia da coleta foi de 213,79 mm (Figura 2).

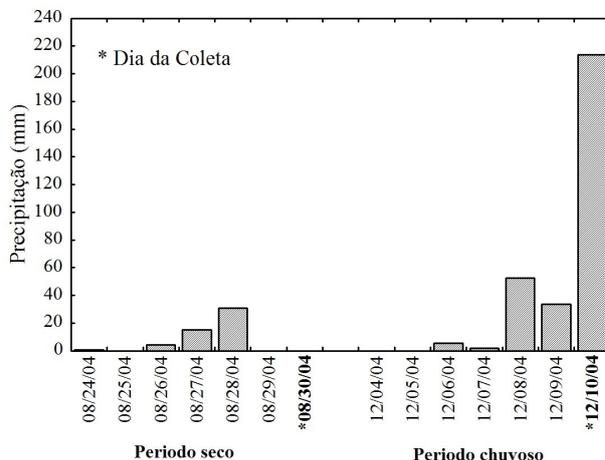


Figura 2 - Precipitação no período de amostragem, levando-se em consideração os seis dias anteriores ao dia da coleta e o dia da coleta.

A temperatura da água não apresentou variabilidade sazonal bem definida (Figura 3A). Entretanto no período seco (inverno) ela oscilou entre 11°C na estação externa (Est.3) e 25°C na estação interna (Est.1) do sangradouro Barranco. No período chuvoso ela variou entre os 20 e 23°C ao longo de todas as estações.

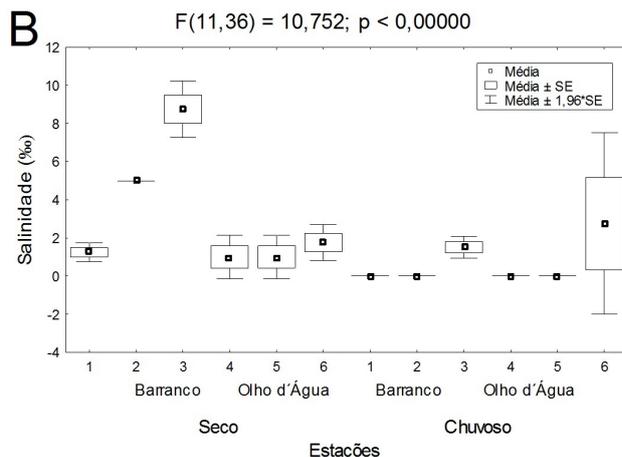
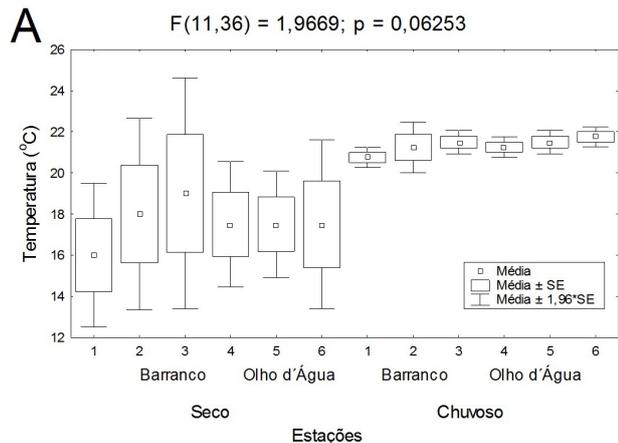


Figura 3 - ANOVA da distribuição espaço-temporal da temperatura (A) e da salinidade (B) da água durante os períodos seco e chuvoso.

Em relação à salinidade, pH e oxigênio dissolvido foram observados padrões espaciais bem definidos no sangradouro Barranco (Figura 3B e 4A e B), com valores significativamente maiores no período seco principalmente nas estações externas (Est. 2 e 3). Já no Olho d'Água a salinidade foi baixa nas

três estações no período seco e apresentou maior variação entre as réplicas na estação externa (Est. 6), no período chuvoso. Os valores de pH e oxigênio dissolvido no Olho d'Água se mantiveram constantes ao longo das estações.

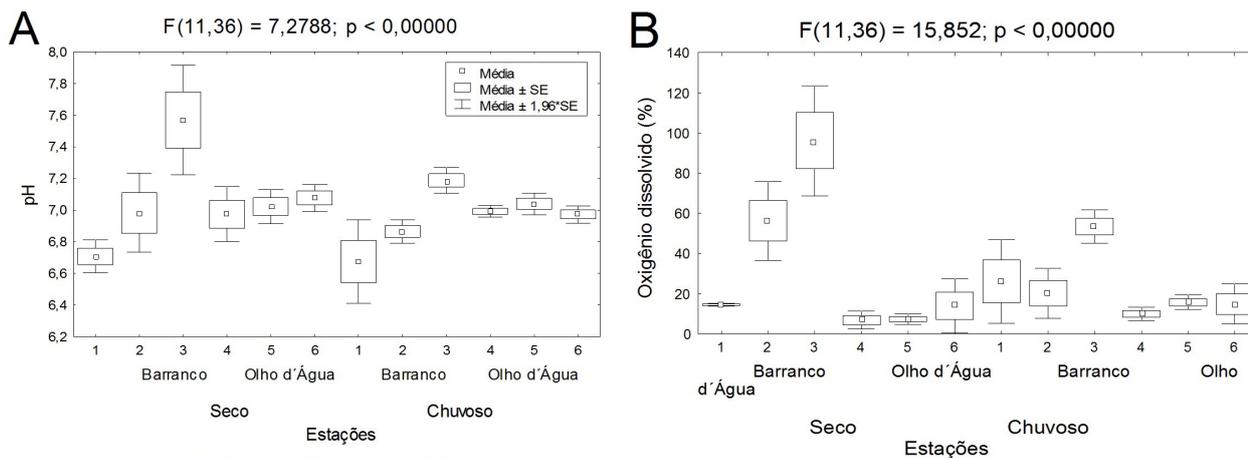


Figura 4 - ANOVA da distribuição espaço-temporal do pH (A) e do oxigênio dissolvido (B) durante os períodos seco e chuvoso.

Com relação aos nutrientes inorgânicos dissolvidos observou-se que as concentrações de silicato foram mais elevadas somente nas três estações do sangradouro Olho d'Água na estação seca (Figura 5A). No Barranco ainda pode ser observado, no período seco, um decréscimo deste nutriente da estação 1 para a 3, e da estação 3 para a 1 no período chuvoso. Sua maior quantidade foi de 198,8  $\mu\text{M}$  na estação mediana (Est.5) do Olho d'Água no período seco e a menor de 11,45  $\mu\text{M}$  na estação interna (Est. 1) do Barranco na segunda baixa-mar do período chuvoso.

Não se observou um gradiente bem definido de fosfato, entretanto os valores significativamente maiores (2,99 $\mu\text{M}$  e 2,53 $\mu\text{M}$ ) foram registrados na estação interna (Est. 4) do sangradouro Olho d'Água, na segunda baixa-mar do período seco e primeira preamar do período chuvoso. Ainda, durante o período chuvoso pode ser observado, no sangradouro Barranco, um gradiente de aumento de suas concentrações da estação interna (Est. 1) para a externa (Est. 3), e o inverso no Olho d'Água (Figura 5B).

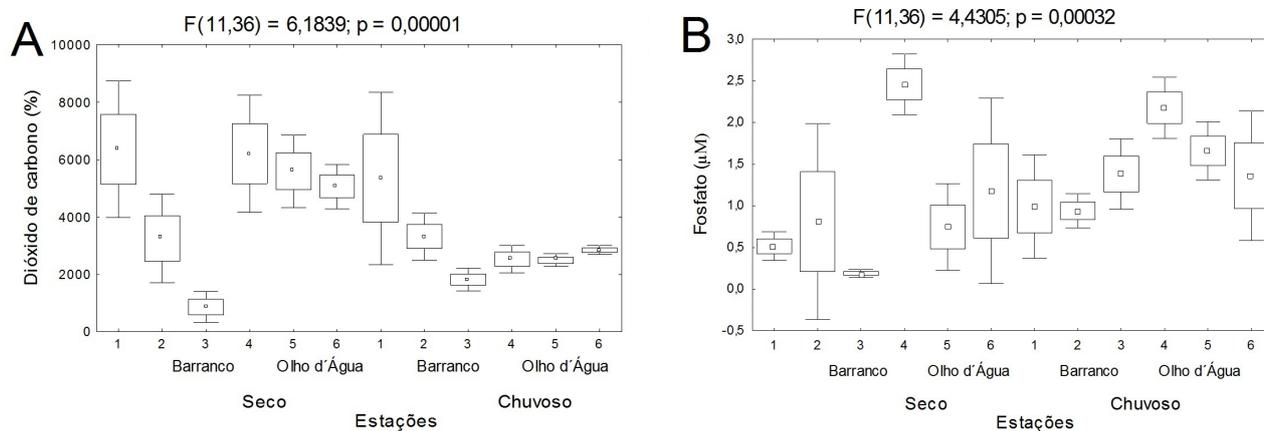


Figura 5 - ANOVA da distribuição espaço-temporal do silicato (A) e do fosfato (B) durante os períodos seco e chuvoso.

Embora as diferenças constatadas nos valores de nitrato dos sangradouros e dos períodos de seca e chuva não tenham sido significativas (Figura 6A) a maior concentração (0,65  $\mu\text{M}$ ) foi registrada na estação 2 (Barranco) na primeira preamar do período seco. No período chuvoso nenhuma observação ultrapassou 0,26  $\mu\text{M}$  no Olho d'Água.

As menores concentrações de nitrito, com um mínimo de 0,04  $\mu\text{M}$  na segunda premar e na segunda

baixa-mar, ambas na estação 3, foram observadas no sangradouro Barranco durante o período seco. Neste sangradouro os maiores valores foram de 0,28  $\mu\text{M}$  na estação 3 na primeira baixa-mar e na estação 1 na segunda baixa-mar, ambas no verão. Além disto, somente no sangradouro Barranco observou-se um decréscimo nas concentrações deste nutriente da estação interna (Est. 1) para a externa (Est. 3) durante o período seco (Figura 6B). No Olho d'Água as maiores

concentrações (com o máximo de 0,47  $\mu\text{M}$  na estação interna durante a primeira preamar) foram registradas no período chuvoso. Todavia, concentrações elevadas também foram registradas nas estações interna (Est. 4) (0,44  $\mu\text{M}$ ) e mediana (Est. 5) (0,38  $\mu\text{M}$ ) na segunda baixa-mar do período seco no Olho d'Água.

O amônio apresentou variação espacial definida, com valores significativamente mais elevados no período seco no Olho d'Água (Figura 6C). Nas

estações do sangradouro Barranco as concentrações deste nutriente apresentaram valores médios entre 0,54  $\mu\text{M}$  na estação externa (Est. 3) na segunda baixa-mar do período seco e 16,53  $\mu\text{M}$  estação mediana (Est. 2) na segunda preamar do período chuvoso. No Olho d'Água os valores foram elevados, oscilando entre 46  $\mu\text{M}$  (estação externa (Est. 6) na primeira preamar no período chuvoso) e 150,04  $\mu\text{M}$  (estação externa (Est. 6) na primeira baixa-mar no período seco).

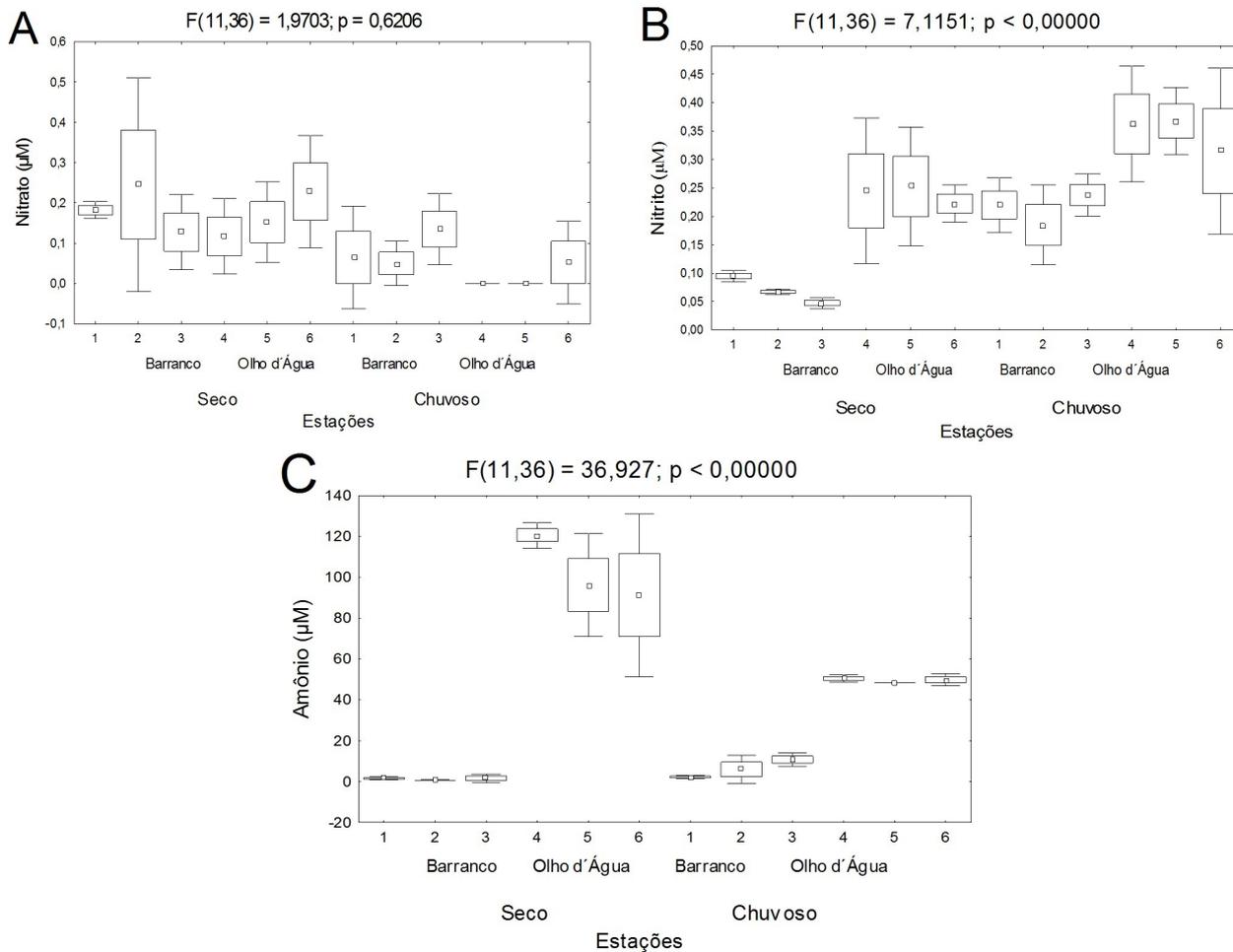


Figura 6 - ANOVA da distribuição espaço-temporal do nitrato (A), nitrito (B) e amônio (C) em dois períodos distintos, seco e chuvoso.

Durante todo o período estudado não foram observadas variações significativas de material particulado em suspensão (MPS) (Figura 7A). No sangradouro Barranco ele variou de 43,23  $\text{mg.L}^{-1}$  (1ª preamar) a 131,13  $\text{mg.L}^{-1}$  (2ª baixa-mar), ambas nas estações internas (Est. 1 e 2) no período chuvoso. A sua concentração no Olho d'Água foi de 59,82  $\text{mg.L}^{-1}$  (primeira baixa-mar do período seco) a 138,63  $\text{mg.L}^{-1}$  (primeira preamar do período chuvoso) ambas na estação externa (Est. 6).

Foram constatadas diferenças nas concentrações de matéria orgânica particulada (MOP) entre o período seco e chuvoso. O teste post-hoc LSD apontou

a MOP do sangradouro Barranco como principal causa de variação, que foi significativamente mais elevada, neste sangradouro, nas estações 1 e 2 do período chuvoso que a 1 no período seco. No Olho d'Água, a MOP das estações 4 e 5 do período chuvoso foram significativamente mais elevadas que a da 4 do período seco (Figura 7B). Ao longo de todo o estudo sazonal a MOP oscilou, no sangradouro Barranco, entre 3,87  $\text{mg.L}^{-1}$  (estação 1 na 1ª preamar no período seco) e 52,43  $\text{mg.L}^{-1}$  (estação 1 na 2ª baixa-mar no período chuvoso) e no Olho d'Água entre 10,35  $\text{mg.L}^{-1}$  na estação 6 na 1ª baixa-mar do período seco e 58,47  $\text{mg.L}^{-1}$  na estação 4 da 2ª preamar do período chuvoso.

No sangradouro Olho d'Água as concentrações das substâncias húmicas, com um máximo de 0,702 U.A. na estação 5 na 2ª baixa-mar no período seco e 0,762 U.A. na estação 4 na 1ª preamar no período chuvoso, foram elevadas em ambos os períodos. No Barranco, ao contrário, foram observadas quantidades maiores destas substâncias no período chuvoso (Figura 7C) embora tenham sido registrados picos tanto no período seco (0,799 U.A. na estação 3 na 2ª

preamar) quanto no chuvoso (0,938 U.A. na estação 1 na 2ª baixa-mar).

As diferenças da clorofila, observadas entre os períodos seco e chuvoso, não foram significativas. Seu valor máximo foi de 55,52 µg.L<sup>-1</sup> na estação 5 no sangradouro Olho d'Água no período seco e o mínimo foi de 1,38 µg.L<sup>-1</sup> na estação 1 ( Barranco) na 1ª preamar do período chuvoso.

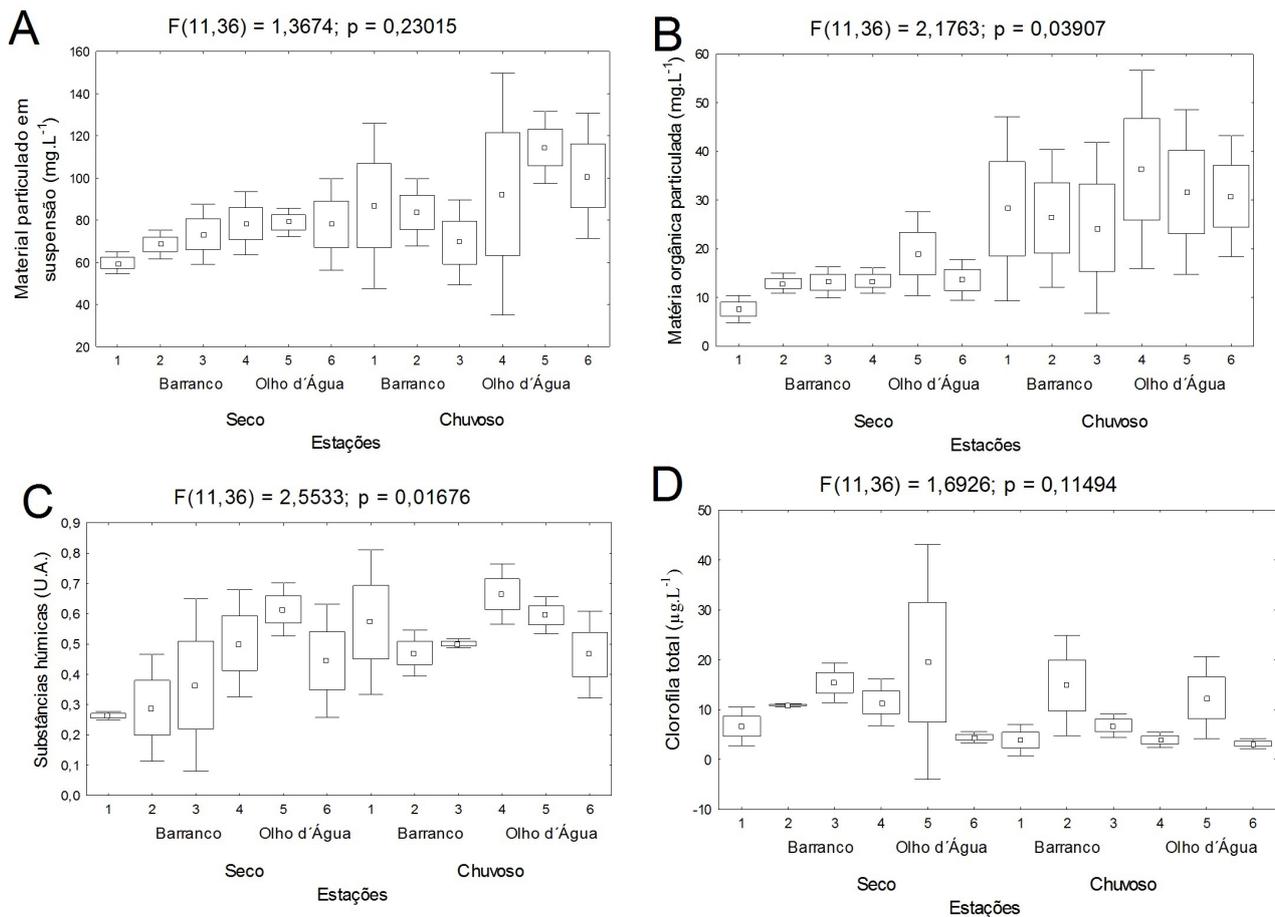


Figura 7 - ANOVA da distribuição espaço-temporal do material particulado em suspensão (A), matéria orgânica particulada (B), substâncias húmicas (C) e clorofila total (D) durante os períodos seco e chuvoso.

Os valores de coliformes totais e de *E. coli* foram mais elevados no Olho d'Água, nos dois períodos. Entretanto, enquanto as diferenças dos valores de coliformes totais entre os períodos seco e chuvoso não foram significativas (Figura 8A) as de *E. coli* foram (Figura 8B). No Olho d'Água os coliformes totais atingiram um máximo de >24 x 10<sup>3</sup> NMP. 100 mL<sup>-1</sup> na estação 4 durante a 2ª preamar no período seco. Os máximos de *E. coli* foram de 14 x 10<sup>3</sup> NMP.100 mL<sup>-1</sup> na estação 4 na 2ª preamar no período chuvoso. Além disto houve decréscimo dos coliformes totais

da estação interna para a externa principalmente no período seco. Resultados semelhantes foram observados neste sangradouro para a *E. coli* nos dois períodos. No sangradouro Barranco, somente foram observados valores mais elevados de coliformes totais (17 x 10<sup>3</sup> NMP.100 mL<sup>-1</sup>) e *E. coli* (9 x 10<sup>3</sup> NMP.100 mL<sup>-1</sup>) ambos na estação 3 durante a 2ª baixa-mar no período seco.

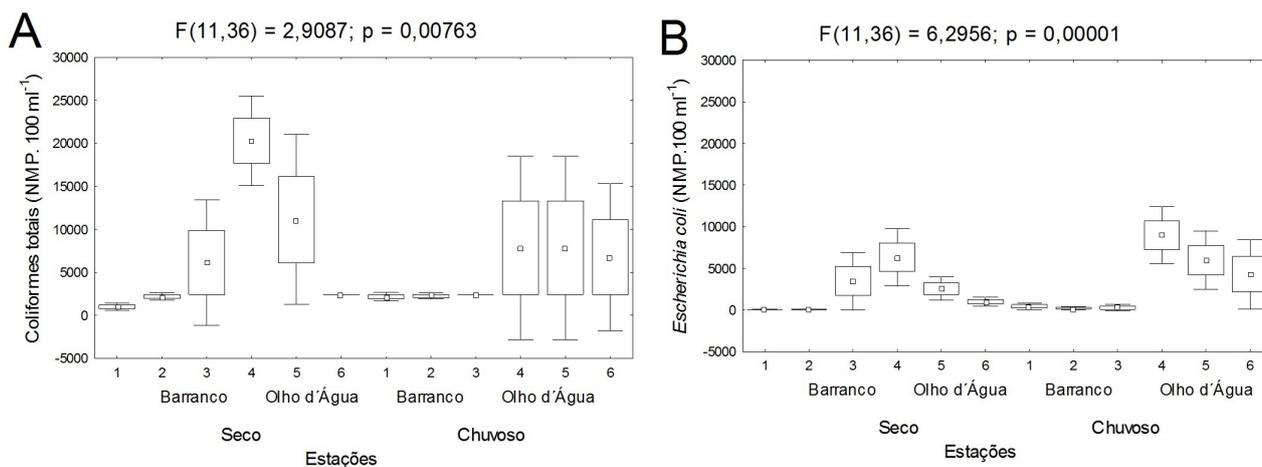


Figura 8 - ANOVA da distribuição espaço-temporal dos coliformes totais (A) e da *Escherichia coli* (B) em dois períodos distintos: seco e chuvoso.

## DISCUSSÃO

Vanhoni & Mendonça (2008) efetuaram uma pesquisa sobre a pluviosidade do litoral do Paraná com dados registrados entre 1975 e 2004, e concluíram que ele não apresenta período seco durante o ano. Entretanto, segundo os autores, a maior concentração de chuvas é no verão (dezembro, janeiro e fevereiro, com destaque para o mês de janeiro) e menor no inverno. As chuvas do inverno são de pouca intensidade e estendem-se geralmente por vários dias; as do verão são frequentes, intensas, de curta duração e normalmente pontuais (tempestades) (observações pessoais). Tais características podem ser confirmadas através da presente pesquisa, em que pode ser visto que a quantidade de chuva foi muito menor no período seco que no chuvoso.

Devido a dificuldades logísticas (impossibilidade de saída de barcos de pequeno porte, dificuldades de amostragem com chuva, etc.) inexistem pesquisas feitas em sangradouros no litoral do Paraná, que tenham tido como objetivo principal comparar variações físico-químicas e microbiológicas em situações de pluviosidade intensa (verão) com as de inverno. Entretanto, em várias pesquisas (Kolm & Absher, 1995; Siqueira & Kolm, 2005; Kolm & Nowicki, 2011) foram encontradas diferenças dos seguintes parâmetros entre o inverno e o verão em ambientes costeiros: temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, matéria orgânica particulada, bactérias cultiváveis halófilas e halófilas, bactérias heterotróficas totais e biomassa bacteriana e coliformes totais e *Escherichia coli*. Os autores sugerem que uma das causas pode ter sido a variação da pluviosidade. Além disto, Nuttle & Portnoy (1992), baseados em Hecky & Kilham (1988) e Howarth (1988), descrevem que a produtividade de ecossistemas costeiros é influen-

ciada pela entrada de água doce e nutrientes do continente e que a entrada de nitrogênio é particularmente importante, por ser este o nutriente limitante em águas marinhas. Descrevem ainda, baseados em Johannes (1980), que chuvas também podem ser importantes na diluição da salinidade do corpo d'água que as recebe.

Ambientes rasos como estes recebem, em períodos de pluviosidade intensa, grandes quantidades de água doce que são inseridas diretamente no sangradouro através da chuva ou da drenagem continental. As águas provenientes das margens adjacentes normalmente trazem quantidades maiores ou menores de sedimento para o seu leito e pode haver ressuspensão de sedimento no próprio local, o que pode levar a alterações físicas, químicas e biológicas das massas d'água. Além disto, há indícios de que contaminantes provenientes de ações antrópicas sejam carregadas para o leito do sangradouro.

No inverno foram observadas oscilações de temperatura dependentes do horário da coleta, com valores mais elevados durante o dia e menores à noite, causados pela ausência da incidência dos raios solares sobre a água no período noturno; no verão a coleta foi realizada em período de chuvas intensas fazendo com que a temperatura da água permanecesse praticamente constante ao longo de todo o período (dia e noite).

Intrusão salina e conseqüente variação do pH, assim como o aumento da quantidade de oxigênio dissolvido, foram observados somente no sangradouro Barranco (principalmente na estação externa) no período seco. A pequena variabilidade da salinidade observada entre as preamares e as baixa-mares nas estações mediana e externa, parece ter sido causada pelo represamento da água proveniente do sangradouro durante a baixa-mar. Tal fato foi provocado pela interrupção do fluxo da água nas proximidades

da praia, em decorrência da dragagem feita na região externa do sangradouro Barranco (próximo à estação 3) com alteração da sua topografia de meandrante para retilínea, com o intuito de aumentar sua vazão. No período chuvoso esta intrusão não pode ser observada, em parte devido ao fluxo mais intenso de água de montante para jusante além de que sua topografia estava retornando às suas características meandantes. No Olho d'Água, os baixos teores de oxigênio dissolvido no período seco, sugerem a ocorrência de processos anaeróbicos de oxidação da matéria orgânica, tais como a redução de ferro e redução de sulfato, uma vez que aparentemente não houve intrusão de água marinha (Rao et al., 2014; Johnston et al., 2012).

No período chuvoso, principalmente nas estações mediana e externa do sangradouro Barranco, pode ser observada a drástica redução do oxigênio dissolvido, aumento do material particulado em suspensão, da matéria orgânica particulada e das substâncias húmicas. O aumento de picoplâncton heterotrófico (dados ainda não publicados), principalmente na preamar diurna, pode ter sido a causa da depleção do oxigênio dissolvido.

No Olho d'Água observou-se no período chuvoso, ao contrário, um pequeno aumento do oxigênio dissolvido, aumento do material particulado em suspensão e matéria orgânica particulada. As quantidades de substâncias húmicas mantiveram-se constantes nos dois períodos. Devido ao grau de eutrofização e à grande quantidade de macrófitas neste sangradouro, a água normalmente apresentava vazão reduzida. A introdução do oxigênio atmosférico através das gotas d'água parece estimular a oxigenação superficial, mas mesmo nestas circunstâncias a quantidade de oxigênio dissolvido não ultrapassou os 25% nas estações amostradas.

Braga (1999) avaliou o aporte de nutrientes através das águas de rios e de chuva na Enseada das Palmas em Ubatuba (SP) e verificou que, em períodos chuvosos, o aporte pela água de chuva contribui para o aumento dos teores de nitrato (0,06 a 15,86%), fosfato (0,01 a 2,75%) e silicato (0,01 a 0,50 %) nas águas superficiais. Tais resultados podem ser comprovados parcialmente através da presente pesquisa onde foi constatado o aumento do nitrito e redução do nitrato nos dois sangradouros, aumento do amônio e fosfato no de Barranco, redução do amônio em todas as condições de marés e aumento do fosfato, principalmente durante as baixa-mares no Olho d'Água. Entretanto o silicato se manteve constante no sangradouro Barranco e diminuiu no Olho d'Água.

Apesar da variabilidade da quantidade de oxigênio dissolvido, e do aumento de nutrientes como fosfato, pode ser observada nos dois ambientes a

redução, ainda que não significativa, da quantidade de clorofila. Esta característica pode estar associada à redução do nitrato, à coloração mais escura da água e à maior quantidade de material em suspensão além do tempo nublado e conseqüente redução da radiação solar. Por outro lado, os teores de saturação de oxigênio indicam a predominância do metabolismo heterotrófico principalmente no Olho d'Água no período seco.

A variabilidade de coliformes totais e *Escherichia coli* diferiu de um sangradouro para outro. Enquanto na maior parte do tempo a quantidade de coliformes totais se manteve constante no Barranco, os altos valores registrados na estação 3 deste curso d'água durante o período seco, diminuíram drasticamente no período chuvoso. Este curso d'água drena, durante o período chuvoso, água oriunda de ambientes pouco alterados antropicamente (Siqueira et al., 2009) o que pode beneficiar o crescimento de micro-organismos autóctones pertencentes à família Enterobacteriaceae. Valores elevados de *E. coli* registrados principalmente nas baixa-mares da estação 3 (externa) do sangradouro Barranco indicam que possa haver contaminação pela presença de grandes quantidades de aves costeiras (gaivotas) observadas no local. No Olho d'Água os valores de coliformes totais foram mais elevados nos dois períodos, durante a primeira preamar e principalmente nas estações internas. Isto sugere um represamento da água local, beneficiando o desenvolvimento destes micro-organismos. Os valores de *E. coli* aumentaram neste sangradouro durante o período chuvoso, quando houve maior drenagem de água contaminada proveniente do povoado. Além disto, observou-se que o aumento destes micro-organismos ocorreu prioritariamente durante a tarde, período em que o ser humano, por ser diurno, apresenta maior atividade.

Desta forma, através do estudo sazonal confirmaram-se as diferenças entre os períodos seco e chuvoso. No período chuvoso foi observado aumento de nitrito, material particulado em suspensão, matéria orgânica particulada e redução de nitrato e clorofila nos dois sangradouros. Aumento de fosfato, amônio e substâncias húmicas somente foram observados no Barranco e de oxigênio dissolvido e *E. coli* do Olho d'Água.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Marco Fábio Maia Corrêa pela criteriosa correção do trabalho e ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa e Extensão) pela bolsa e viabilização financeira da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, R.J.; Soares, C.R.; Souza, M.C.; Moraes, V.S.; Borzone, C.A.; Odreski, L.L.R.; Karam, N.C.; Karam, K.F.F.; Feuerschuetz, R.C. & Roderjan, C. V. 1999. Diagnóstico do Município de Pontal do Paraná, Subsídio para Elaboração do Plano Diretor. Curitiba: Fundação Universidade Federal do Paraná para o Desenvolvimento da Ciência, da Tecnologia e da Cultura. Relatório de Pesquisa. v. I, 172 p.
- Braga, E. S. 1999. Seasonal variation of atmospheric and terrestrial nutrients, and their influence on primary production in an oligotrophic coastal system-southeastern Brazil. *Rev Bras Oceanograf.* 47(1): 47-57.
- Figueiredo, S.A. & Calliari, L.J. 2006. Washouts in the central and northern littoral of Rio Grande do Sul State, Brazil: distribution and implications. In: Klein, A.H.F.; Finkl, C.W.; Sperb, R.M.; Beaumord, A.C.; Diehl, F.L.; Barreto, A.; Abreu, J.G.; Bellotto, V.R.; Kuroshima, K.N.; Carvalho, J.L.B.; Resgalla, C. & Fernandes, A.M.R. (eds.), *Proceedings of the 8th International Coastal Symposium (ICS 2004; Brazil)*, Volume 1, *J Coast Res.*, SI 39: 366–370.
- Figueiredo, S.A.; Cowell, P. & Short A. 2007. Intermittent back beach discharge to the surf zone: modes and geomorphologic implications. *J Coast Res.* SI 50: 610-614. *ICS (Proceedings)*.
- Gandara-Martins, A.L.; Borzone, C.A.; Guilherme, P.D.B. & Vieira, J.V. 2015. Spatial Effects of a Washout on Sandy Beach Macrofauna Zonation and Abundance. *J. Coast. Res.* 31(6): 1459-1468.
- Grasshoff, K.; Ehrhardt M. & Kremling K. 1983. *Methods of sea water analysis*. 2. ed., New York: Verlag Chemie. 419p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Cited 2012 Jul 12.
- Johnston, S.G.; Keene, A.F.; Burton, E.D.; Bush, R.T. & Sullivan, L.A. 2012. Quantifying alkalinity generating processes in a tidally remediating acidic wetland. *Chem. Geology*. 304-305:106-116.
- Kennedy, V.S.; Twilley, R.R.; Kleypas, J.A.; Cowan, Jr.J.H. & Hare S.R. 2002. Coastal and marine ecosystems. Potential Effects on U.S. Resources. 43p.
- Kirk, J.T.O. 1994. *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. 2. ed., Cambridge: Cambridge University Press. 509p.
- Kolm, H.E. & Absher T.M. 1995. Spatial and temporal variability of saprophytic bacteria in the surface waters of Paranaguá and Antonina bays, Paraná, Brazil. *Hydrobiol.* 308:197-206.
- Kolm, H.E. & Nowicki, I.L. 2011. Bactérias na Gamboa do Maciel (Paraná, Brasil): um subsídio para o cultivo de ostras. *Arq. Ciênc. Mar.* 44(1): 53-61.
- Kolm, H.E. & Siqueira, A. 2014. Pico, nano e microplâncton em quatro gamboas do Município de Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. *Tropical Oceanography (Online)*. 42(2): 177-197.
- Laube, D.M. & Lamour, M.R. 2011. Morfodinâmica praias associada a sangradouros no litoral paranaense: resultados preliminares. In: XIII ABEQUA. Búzios. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Estudos do Quaternário. v. 1.
- Nuttle, W.K. & Portnoy, J.W. 1992. Effect of Rising Sea Level on Runoff and Groundwater Discharge to Coastal Ecosystems. *Estuar. Coast Shelf Scien.* 34: 203-212.
- Parsons, T.R.; Maita, Y. & Lalli, C.M. 1984. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon Press, 173p.
- Pereira da Silva R. 1998. Ocorrência, distribuição e características morfodinâmicas dos sangradouros na zona costeira do Rio Grande do Sul: trecho Rio Grande - Chuí, RS. Porto Alegre. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 146p.
- Rao, A.M.F.; Malkin, S.Y.; Montserrat, F. & Meysman, F.J.R. 2014. Alkalinity production in intertidal sands intensified by lugworm bioirrigation. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 148: 36–47.
- Serpa, C.G.; Fontoura, J.A.S.; Calliari, L.J.; Albuquerque, M.G. & Baldez, A.L. 2008. Resultados preliminares do monitoramento em regime de alta frequência de um sangradouro na Praia do Cassino, Brasil – gênese e extinção. <http://www.semengo.furg.br/2008/39.pdf>. Cited 2013 Feb 14.
- Siqueira, A. & Kolm, H. E. 2005. Bacterioplâncton na desembocadura da Gamboa do Maciel, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Health Environ J.* 6(1): 20-28.
- Siqueira, A.; Godinho, M.J.L.; Kolm H.E. & Machado, E. C. 2009. Evaluation of the Water Quality of Tidal Creeks of Pontal do Paraná, Paraná, Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 52(2): 483-492.
- Strickland, J.L.H. & Parsons, T.R. 1972. *A practical handbook of sea water analysis*. Bull. Fish Res. Board Can. 167p.

- UNESCO. International Oceanographic Tables. 1973. National Institute of Oceanography of Great Britain, Wormley, and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris, France, 141p.
- Vanhoni, F. & Mendonça, F. 2008. O clima do litoral do Estado do Paraná. Revista Brasileira de Climatologia. 3: 49-63.

Submetido: Julho/2015

Revisado: Abril/2016

Aceito: Abril/2016