

BALNEABILIDADE DA LAGOA RODRIGO DE FREITAS: VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL

Margaretha D. M. van Weerelt^{1,2}, Camila Signori^{3,4} & Alex Enrich-Prast^{3,5}

¹Laboratório de Microbiologia Aquática, Departamento de Biologia Marinha, Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências da Saúde, Bloco A, Av. Prof. Rodolpho Rocco s/nº, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro RJ 24949-900. Brasil.

²Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Renováveis, Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000 – Parque Califórnia, CEP: 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ. Brasil.

³Laboratório de Biogeoquímica, Departamento de Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências da Saúde, Bloco A, Av. Prof. Rodolpho Rocco s/nº, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 24949-900. Brasil.

⁴Programa de Pós Graduação em Ciências (Microbiologia) do Instituto de Microbiologia Professor Paulo de Góes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências da Saúde – Bloco I, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 21941-590. Brasil.

⁵Endereço atual: Department of Thematic Studies – Water and Environmental Studies, Linköping University, Linköping, Sweden.

E-mail: m.weerelt@gmail.com; camisignori@hotmail.com; aeprast@biologia.ufrj.br.

RESUMO

A Lagoa Rodrigo de Freitas e o bairro no seu entorno está localizada na cidade do Rio de Janeiro (22°57'02''S; 043°11'09''W), dentro de uma região densamente povoada ao sul do município. Os bairros do Leblon, Ipanema, Copacabana, Humaitá, Jardim Botânico e Gávea cercam a lagoa. A intensa urbanização, a redução do espelho d'água da Lagoa, o lançamento de esgotos sanitários e a restrição de comunicação com o mar, como resultado de sua ocupação ao longo do tempo, levaram a um quadro de problemas ambientais diversos neste ecossistema. O objetivo do presente trabalho foi estudar a variação espacial e temporal da qualidade sanitária da coluna de água da Lagoa. As variáveis avaliadas neste estudo foram: temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, transparência, carbono orgânico dissolvido (COD), coliformes totais e termotolerantes e *Enterococcus*, adquiridas durante cinco dias consecutivos e em três horários em um ponto fixo. Além disso, foram realizadas amostragens únicas em outras 06 estações. Os resultados mostram que as temperaturas estiveram acima dos 20°C; a salinidade entre 15 e 17; o pH acima de 8 e o oxigênio dissolvido ficou entre 2 e 12 mg/L. Os dados indicam que ainda há a descarga de material de origem fecal, que esgotos irregulares chegam à LRF e os indicadores microbiológicos de qualidade sanitária da água mostram que a água está imprópria ao contato primário (balneabilidade). A Lagoa Rodrigo de Freitas continua sendo um ecossistema altamente eutrofizado, com a qualidade de sua coluna de água afetada tanto por seu padrão de circulação quanto pela entrada de esgoto doméstico.

Palavras-chave: Lagoa Rodrigo de Freitas; coliformes; *Enterococcus*; bactérias heterotróficas; qualidade de água.

ABSTRACT

TEMPORAL AND SPATIAL VARIATION OF WATER QUALITY MICROBIAL INDICATORS OF LAGOA RODRIGO DE FREITAS, RIO DE JANEIRO, RJ, BRAZIL. The Rodrigo de Freitas Lagoon and its neighborhood is located in the city of Rio de Janeiro (22°57'02''S, 043°11'09''W) within a densely populated area south of the city. It is surrounded by Leblon, Ipanema, Copacabana, Humaita, Jardim Botânico and Gávea districts. The intense urbanization, the reduction of the water surface of the lagoon, the release of sewage and the restriction of communication with the sea, as a result of its occupation, led over time to various environmental problems in this ecosystem. The aim of this work was to study the spatial and temporal variation of the sanitary quality of the water column of the lagoon. The variables evaluated in this study were: temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, transparency, dissolved organic carbon (DOC), total and fecal coliforms and *Enterococcus*, during three different hours of the day at a fixed point and also at 06 stations

on one chosen time of the day. The results show that temperatures were above 20°C, salinity between 15 and 17, the pH above 8 and that dissolved oxygen was between 2 and 12 mg/L. The microbiological indicators of sanitary quality of water show that the water is unfit for direct contact (swimming or sports where there is direct contact with the water column). The data indicate that there is still discharge of matter of fecal origin, that irregular sewage arrives at the LRF and the microbiological indicators point out the sanitary quality and show that the water is improper to the primary contact (bathing). The Rodrigo de Freitas lagoon remains a highly eutrophic ecosystem, with the quality of its water column affected both by its circulation pattern and the entry of domestic sewage.

Keywords: Rodrigo de Freitas Lagoon; coliforms; *Enterococcus*; heterotrophic bacteria; water quality.

RESUMEN

VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y LOS INDICADORES MICROBIOLÓGICOS EN LA LAGUNA RODRIGO DE FREITAS, RIO DE JANEIRO, BRASIL. La Laguna Rodrigo de Freitas (LRF) y su vecindario están localizados en la ciudad de Río de Janeiro (22°57'02''S, 043°11'09''W) en medio de un área densamente poblada al sur de la ciudad. La laguna está rodeada por los barrios Leblon, Ipanema, Copacabana, Humaita, Jardín Botánico y Gávea. La intensa urbanización, la reducción del espejo de agua de la laguna, el vertimiento de desechos sanitarios y la restricción de su comunicación con el mar, como resultado de la ocupación humana, han conllevado, con el tiempo, a la aparición de varios problemas ambientales en este ecosistema. El objetivo de este trabajo fue estudiar la variación espacial y temporal de la calidad sanitaria en la columna de agua de la laguna. Las variables evaluadas en este estudio fueron: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, transparencia, carbono orgánico disuelto (COD), coliformes totales y fecales y *Enterococcus*, durante tres horarios diferentes a lo largo del día, en cinco días consecutivos en un punto fijo. Otras seis estaciones fueron muestreadas una sola vez en un horario fijo. Los resultados mostraron que las temperaturas fueron superiores a 20°C, la salinidad estuvo entre 15 y 17; al pH fue mayor a 8 y el oxígeno disuelto estuvo entre 2 y 12 mg/L. Los datos indican que aún existe descarga de material de origen fecal, así como también la llegada de descargas irregulares a LRF. Los indicadores microbiológicos de la calidad sanitaria del agua muestran que el agua no es apta para el contacto primario (baño). La Laguna Rodrigo de Freitas continua siendo un ecosistema altamente eutrofizado, con una calidad de su columna de agua afectada tanto por su patrón de circulación como por la entrada de aguas residuales domésticas.

Palabras clave: Laguna Rodrigo de Freitas; coliformes, *Enterococcus*; bacterias heterotróficas; calidad del agua.

INTRODUÇÃO

As regiões costeiras englobam menos de 20% da superfície do planeta e são ambientes extremamente dinâmicos (PNUMA 2002, 2004). Entre 50% e 70% da população humana vive em um raio de 60 quilômetros da costa (PNUMA 2002, 2004, Lloret *et al.* 2008), onde se localizam 75% das megalópoles com mais de 10 milhões de habitantes – número que deve crescer cerca de 2% ao ano entre 2000 e 2015 (PNUMA 2002).

Dentre os inúmeros ecossistemas existentes no litoral, as lagoas que ocupam 13% da região costeira mundial e se caracterizam por serem áreas de transição entre os ambientes continentais, dulcícolas,

e os ambientes marinhos (Kjerfve 1994, Enrich-Prast *et al.* 2008). Destacam-se por serem ecossistemas com um metabolismo muito dinâmico, influenciado pela entrada de água doce e pelos processos de troca com o mar adjacente; por apresentarem uma alta produtividade e diversidade biológica; por serem pouco profundos; acumularem matéria orgânica; estarem submetidos a ventos frequentes e apresentarem uma coluna d'água relativamente homogênea (Esteves 1998, Duarte *et al.* 2002, Lloret *et al.* 2008, Enrich-Prast *et al.* 2008).

As lagoas costeiras são consideradas ambientes marinhos frágeis, particularmente expostos aos processos de eutrofização, que ocorrem em resposta ao aumento da densidade populacional no seu

entorno e pelo uso de fertilizantes na agricultura na bacia hidrográfica que as cercam (Lloret *et al.* 2008). Os impactos decorrentes dessas atividades têm transformado a maioria das lagoas costeiras em ambientes com elevado processo de eutrofização e ocorrendo, conseqüentemente, florações de microalgas, águas turvas, com diferentes colorações, fortes odores e a depleção repentina de oxigênio, além da possibilidade de eventos de mortandade de peixes (Lloret *et al.* 2008, INEA 2011).

As lagoas costeiras são muito abundantes no litoral brasileiro e variam de pequenas depressões, preenchidas com água da chuva e/ou do mar, de caráter temporário, até corpos d'água de grandes extensões como a lagoa dos Patos no Rio Grande do Sul (Esteves 1998). As lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro se caracterizam por apresentarem, além da pouca profundidade, uma elevada razão superfície/volume. Estes ambientes são submetidos à forte estresse por estarem localizadas em áreas urbanizadas entre a costa e o mar e, em função das diversas atividades humanas que ocorrem no seu entorno (INEA 2011). Segundo Soffiati (1998), desde a época do Brasil colônia, já se observavam impactos ambientais sobre as lagoas do norte fluminense, com reduções do espelho d'água por dragagem e pelo aterro de suas margens. A utilização destes ecossistemas como receptores de esgotos favorece também a degradação sanitária do ecossistema, aumentando a possibilidade de doenças entéricas (Tundisi 2003).

Ecossistemas costeiros são utilizados para atividades recreacionais e de turismo, além de propósitos econômicos, tais como a pesca. Infelizmente, no entanto, a poluição desses ecossistemas é alta e estas áreas são afetadas intensamente pela atividade humana, podendo estar muito degradadas. Os grupos de microrganismos presentes nos ecossistemas aquáticos refletem a qualidade da água destes e os microrganismos presentes nos corpos d'água contaminados por esgotos domésticos, ao atingirem as praias, podem expor banhistas a bactérias, vírus e protozoários patogênicos (Sanchez 2003).

Nessas áreas, há uma alta concentração de organismos patogênicos que podem causar doenças e outros problemas para a saúde humana. A contaminação ambiental, associada à proliferação de bactérias, tem sido descrita em muitos ecossistemas aquáticos mundiais (Kolm *et al.* 1997, Gonzalez *et*

al. 2010). Devido ao risco de exposição ou ingestão desses microrganismos, vários países adotam programas de monitoramento das águas destinadas à recreação de contato primário. Esses padrões estabelecem as densidades máximas para o indicador microbiano de qualidade da água, associadas aos riscos à saúde (Araújo 1989).

Segundo a publicação "Indicadores Ambientais da cidade do Rio de Janeiro" (IPP 2005), em 2000, o volume de esgoto coletado diariamente no Município do Rio de Janeiro era de 802.401m³/dia, sendo 48% (385.307m³/dia) tratados, tratamento esse que, em geral, vai até a etapa secundária. Em 2003, de 634.531m³/dia de esgoto coletados, 482.981m³/dia eram tratados, isto é, 76%, de acordo com os dados fornecidos pela CEDAE ao Sistema Nacional de Saneamento - SNIS (IBGE 2002). Percebe-se que apesar do aumento no volume de esgoto tratado, ocorreu uma queda no volume de esgoto coletado na cidade do Rio de Janeiro.

No Brasil, os corpos hídricos pertencentes ao Território Nacional são classificados pelo CONAMA (2000, 2005) que também estabelece os limites e padrões para os indicadores físicos, químicos e microbiológicos de acordo com a qualidade requerida para seus usos preponderantes. As condições sanitárias de corpos de água têm sido monitoradas usando um grupo de bactérias denominadas coliformes fecais ou termotolerantes, uma vez que estão presentes em fezes, e por sua presença ter uma boa correlação com a presença de outros microrganismos patogênicos (Pagnocca *et al.* 1991, Gonzalez *et al.* 2010). Esses indicadores mostram boa correlação com outras variáveis ambientais e são utilizados para indicar uma contaminação de origem fecal recente em ambientes aquáticos (Hagler *et al.* 1986, Pagnocca *et al.* 1991, Gonzalez *et al.* 2010).

O objetivo deste capítulo foi avaliar a variabilidade temporal em curto período de tempo e a distribuição espacial da qualidade sanitária (segundo algumas variáveis físicas, químicas e microbiológicas) da coluna de água da Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro e se esta variabilidade afeta os níveis de balneabilidade deste ambiente.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Lagoa Rodrigo de Freitas (LRF) e o bairro no seu entorno (Bairro Lagoa Rodrigo de Freitas) estão

localizados na cidade do Rio de Janeiro (22°57'02''S; 043°11'09''W), dentro de uma região densamente povoada ao sul do município e está cercada pelos bairros do Leblon, Ipanema, Copacabana, Humaitá, Jardim Botânico e Gávea (Serratine 2007). Sua bacia hidrográfica está inserida na Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e localiza-se na base da face sul da Serra da Carioca (Bacia Drenante da Vertente Sul da Serra da Carioca), que integra o Maciço da Tijuca (Pereira & Medeiros 2009).

O bairro Lagoa Rodrigo de Freitas tem 5,11km² e 18.221 habitantes, totalizando cerca de 0,41% da área total da cidade. Possui 39% de área urbanizada e 61% de áreas naturais com baixa densidade demográfica, é um dos bairros mais protegidos do município, onde não existem favelas e as atividades comerciais são muito restritas pela legislação urbanística e pela pouca oferta de espaços. A grande demanda por imóveis na região a torna um dos espaços mais valorizados da cidade do Rio de Janeiro. Além disso, tanto a VI Região Administrativa, quanto o bairro, possuem um dos maiores índices de desenvolvimento humano (IDH) do Rio, sendo 0,786 e 0,854, respectivamente, o que ilustra o grande valor econômico e a representatividade política e social dessa região no cenário da cidade (Pereira & Medeiros 2009, Pinheiro & Pinheiro 2009).

A Lagoa Rodrigo de Freitas recebe maior influência de água pluvial e fluvial e a qualidade de suas águas depende das condições das bacias hidrográficas. Os frequentes períodos de problemas ambientais, devido à estagnação de suas águas, tornaram essa região muito insalubre, já em 1829 a LRF era objeto de preocupação de médicos sanitários, mas, a denominação indígena para este ambiente *Piraguá* (água parada) indica que a lagoa sempre apresentou condições insalubres (Serratine 2007, Pinheiro & Pinheiro 2009).

A LRF é classificada como uma lagoa sufocada porque o tempo de residência da água neste ecossistema é longo e há pouca troca de água com o mar. Até a presente data a ligação da Lagoa Rodrigo de Freitas com o mar é efetuada através do canal do Jardim de Alah, o qual tem 835 m de comprimento, 10-18m de largura e é, frequentemente, bloqueado por depósitos de sedimento (Lutterbach *et al.* 2001, INEA 2011). A entrada da água do mar é suave e superficial, não afetando as camadas mais profundas, ao contrário do que seria de esperar, já que a água

com maior salinidade é mais densa e, portanto, mais pesada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo, foram utilizados os dados obtidos em uma campanha *in situ* de coleta de amostras de água, ocorrida entre 01 e 05 de agosto de 2011, na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro.

Durante a campanha, foram executadas coletas diárias de água superficial e de fundo, em um ponto fixo localizado dentro do Clube Naval Piraguê, em três diferentes horários - às 6h, 12h e 18h - para o estudo da variação diária dos parâmetros selecionados. Além disso, foram coletadas amostras de água superficial e de fundo em seis estações dentro da lagoa de modo a verificar a variação espacial dos fatores ambientais e indicadores biológicos de qualidade da água, em amostragem única. As estações de coleta são apresentadas na Figura 1.

As variáveis avaliadas neste estudo foram: Temperatura, Salinidade, Oxigênio Dissolvido, Carbono Orgânico Dissolvido (COD), pH, Transparência, Coliformes Totais e Termotolerantes e *Enterococcus*.

Os dados de temperatura (°C), salinidade e oxigênio dissolvido (mg/L) foram obtidos *in situ* com o auxílio de uma sonda multiparamétrica *Professional Plus (Pro Plus)* da YSI (*Yellow Springs Instruments*) *Incorporated*, e representados ao longo do perfil vertical da coluna d'água. O pH (potencial hidrogeniônico) foi mensurado *in situ* através do pHmetro portátil, modelo PH-1500 da *Instrutherm*. A transparência (m) foi medida com o uso do Disco de Secchi. Amostras de Carbono Orgânico Dissolvido (COD) foram obtidas através da filtração em filtros de microfibras de vidro (GF/F) Whatman de 47mm de diâmetro, fixados com 100 µL de ácido fosfórico (H₃PO₄). As amostras foram analisadas em um analisador TOC *Sievers 900 Laboratório* da *GE Analytical Instruments* pelo princípio da oxidação da amostra com persulfato de sódio em forno de titânio sob alta temperatura e pressão.

Para os exames microbiológicos, foram empregados os métodos padrões utilizados na análise da qualidade sanitária da água e os indicadores pesquisados foram as bactérias do grupo dos coliformes totais e termotolerantes e as do grupo de *Enterococcus* (APHA 1998) e, estão de acordo com



Figura 1. Localização das estações de coleta - ponto fixo: LRF_Piraquê e, variação espacial: LRF00 (canal Central), LRF01 (Hípica), LRF04 (Jóquei), LRF05 (Pedalinho), LRF08 (Cava) e LRF_J.Alah (Canal do Jardim de Alah) - amostradas entre 1 e 5 de agosto de 2011. (Fonte: Google Earth 2012).

Figure 1. Location of fixed-point sampling station: LRF_Piraquê and spatial variation: LRF00 (Center Channel), LRF01 (Hípica), LRF04 (Jóquei), LRF05 (Pedalinho), LRF08 (Cava) and LRF_J. Alah (Canal do Jardim de Alah)-sampled between 1 and August 5, 2011. (Source: Google Earth 2012).

as Resoluções nº 274 de 29 de novembro de 2000 e nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Para os microrganismos dos grupos Coliformes e *Enterococcus* pesquisados aplicou-se a técnica convencional dos tubos múltiplos e os resultados foram expressos em número mais provável de microrganismos por 100 mL (NMP/100mL). Na pesquisa de coliformes totais, foi utilizado o Caldo Lauryl Sulfato no ensaio presuntivo e Caldo Lactosado Verde Brilhante Bile a 2% (CLVBB 2%) para a confirmação do ensaio presuntivo, incubados de 48 a 72 h a 35°C. Para os coliformes termotolerantes, foi utilizado o meio EC na etapa presuntiva e a incubação das amostras foi efetuada a 44,5°C ± 0,02 por 24h. Para a pesquisa de *Enterococcus*, foi utilizado o meio caldo Dextrose Azida, com a incubação ocorrendo a 35°C por 48 a 72h (Sanchez 2003).

A apresentação descritiva dos dados foi feita através de gráficos de ordenadas e abscissas, utilizando o programa Excel (*Microsoft, Inc.*). A fim de explorar as relações entre as variáveis físicas, químicas e microbiológicas, aplicou-se a análise de componentes principais (*Principal Component Analysis – PCA*), um método de ordenação, através do programa Statistica versão 7 (*Statsoft, Inc.*). O método estatístico utilizado está descrito em Gotelli & Ellison (2011).

RESULTADOS

ANÁLISE TEMPORAL

Ao considerar a variação temporal dos parâmetros abióticos mensurados no ponto fixo da LRF, foi observado que a temperatura variou entre 20,70 e

23,20°C na superfície e 21,10 e 23,00°C no fundo, com uma média de 22,04°C \pm 0,06, e um coeficiente de variação de 0,003%. A salinidade variou entre 15,06 e 16,68 na superfície e 15,25 e 16,26 no fundo, com uma média de 15,54 \pm 0,03, e um coeficiente de variação de 0,002%. O pH apresentou uma variação de 8,41 a 8,76 na superfície e de 8,05 a 8,82 no fundo, com uma média de 8,59 \pm 0,04, e um coeficiente de variação de 0,01%. O oxigênio dissolvido variou entre 6,10 e 10,52mg/L na superfície e 2,05 e 10,43mg/L no fundo, com uma média de 7,16mg/L \pm 0,58, e um coeficiente de variação de 0,08%. O Carbono Orgânico Dissolvido variou entre 4,60 e 7,51mg/L na superfície e 4,48 e 6,38mg/L no fundo, com uma média de 5,48mg/L \pm 0,75, e um coeficiente de variação de 0,14%. A transparência variou entre 0,15 e 0,50m, com uma média de 0,36m \pm 0,12, e apresentou um coeficiente de variação de 0,33%.

A temperatura da água esteve sempre acima dos 20°C durante toda a campanha. Para as coletas das 6h, houve uma variação entre 20,70°C e 22,50°C, enquanto para as coletas de 12h e 18h, as temperaturas ficaram entre 21,00°C e 23,00°C. Ao longo da semana de coleta, houve uma queda de

temperatura a partir do segundo dia, alcançando os menores valores no quinto dia. O volume de chuva nos 5 dias variou de 0,00mm (dia 1) a 9,80mm (dia 4) e o volume acumulado ao final de 5 dias foi de 11,40mm (Alerta Rio 2012). Segundo Alerta Rio (2012), isto é classificado como chuva moderada (5-25mm/h).

Os dados de salinidade medidos no ponto fixo caracterizaram este local como salobro, de acordo com CONAMA (2000 e 2005). Os dados variaram pouco entre os horários, ficando entre 15,06 e 16,68 ao longo dos cinco dias. O pH caracterizou a água no ponto fixo como ligeiramente básica, com valores relativamente homogêneos, que variaram entre 8,05 e 8,82. De forma geral observou-se uma variação diurna com tendência aos maiores valores nos horários de 12h e 18h.

A concentração de oxigênio dissolvido mostrou muita variação com a profundidade e ao longo do período amostral. Em geral, as menores concentrações foram encontradas no fundo, e as maiores, no último dia da campanha amostral. No fundo, os valores encontrados ficaram entre 2,05 e 10,06mg/L e, na superfície, variaram entre 6,10 e 10,52mg/L. Assim como para pH, os maiores valores tenderam a ser encontrados nos horários de 12h e 18h.

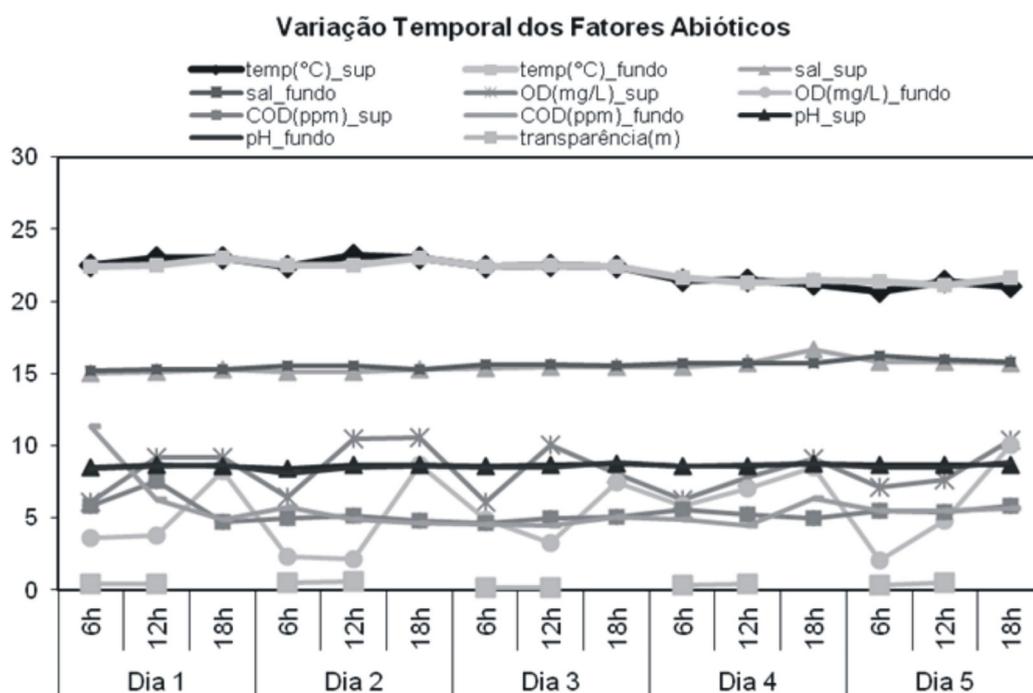


Figura 2. Variação temporal das variáveis abióticas – temperatura (°C), salinidade, oxigênio dissolvido (mg/L), carbono orgânico dissolvido (mg/L), pH e transparência – em amostras de água de superfície e no fundo nos horários de 6 h, 12 h e 18 h, na estação fixa na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil.

Figure 2. Temporal variation of abiotic variables – temperature (°C), salinity, dissolved oxygen (mg/L), dissolved organic carbon (mg/L), pH and transparency – of the surface and bottom water samples of the fixed station in Rodrigo de Freitas Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil, at 6am, 12pm e 18pm.

Para o carbono orgânico dissolvido (COD), foram verificados valores de 4,48 a 7,51mg/L no fundo e de 4,60 a 7,51mg/L na superfície, mostrando maiores amplitudes de valores no fundo, assim como observado para o oxigênio dissolvido.

A transparência foi mensurada apenas nos horários de incidência de luz e se observou uma pequena variação, de 0,15m no segundo dia às 12h a 0,50m no primeiro dia às 6h e no quinto dia às 12h.

De maneira geral, não foi observada uma variação temporal significativa e tampouco entre as amostras de superfície e fundo para os valores dos parâmetros abióticos, com exceção do oxigênio dissolvido (OD).

Os parâmetros microbiológicos mostraram que a qualidade da água no ponto fixo esteve imprópria para o contato primário (Figura 3). Os coliformes totais apresentaram valores entre 2.400NMP/100mL e 240.000NMP/100mL (Figura 3a). Os níveis de coliformes totais encontrados não apresentaram variações entre as amostras de superfície e fundo nos

três primeiros dias de amostragem, e nos dias 4 e 5, as amostras de superfície apresentaram valores cerca de 10 vezes superiores aos encontrados nas amostras de fundo. Nestes dias foram observados os maiores valores, especialmente no horário de 6h.

Os coliformes termotolerantes apresentaram valores entre 930NMP/100mL e 24.000NMP/100mL (Figura 3b). Ressalta-se que os valores mais elevados foram encontrados no fundo e que a maioria esteve acima do limite de 1.000NMP/100mL estabelecido pelo CONAMA (2000) para o contato primário. E inversamente ao padrão observado para coliformes totais, os menores valores foram observados nos dois últimos dias de amostragem e os maiores valores nos horários de 12h (dias 1 e 2) e 18h (dias 4 e 5).

Os níveis encontrados para *Enterococcus* ficaram entre 240NMP/100mL e 2.400NMP/100mL, portanto acima do limite máximo para balneabilidade estabelecido pelo CONAMA (2000), de 100 NMP/100mL (Figura 3c).

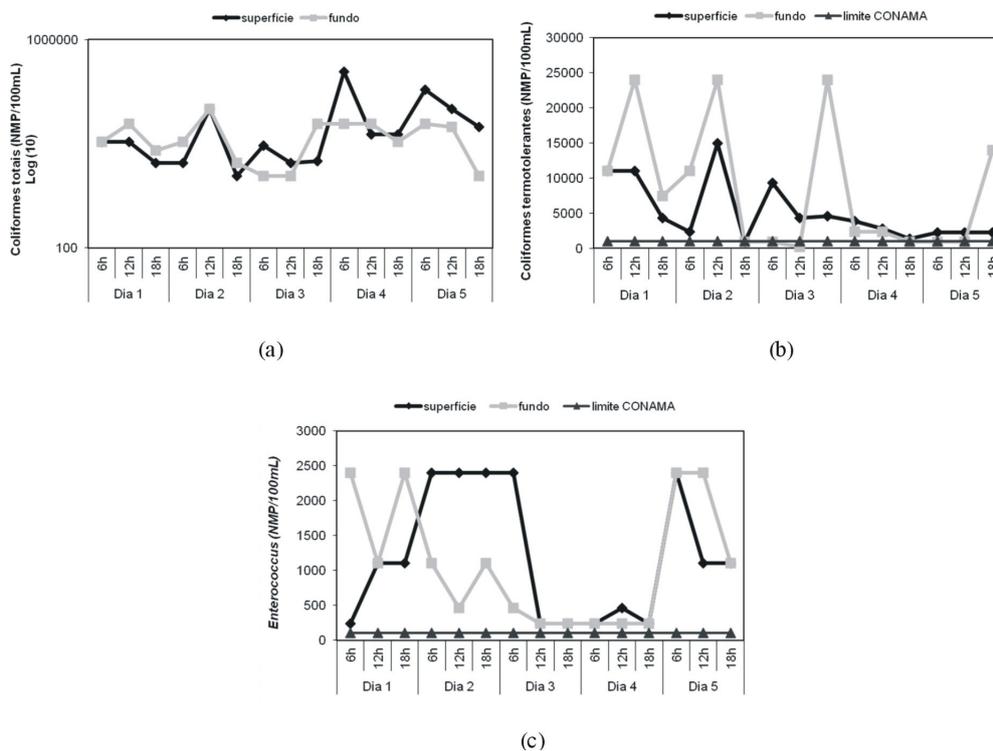


Figura 3. Variação (NMP/100 mL) dos coliformes totais (a), termotolerantes (b) e *Enterococcus* (c) ao longo da campanha amostral da coluna de água, nos horários de 6h, 12h e 18h, na estação fixa na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil.

Figure 3. Variation (MPN/100 mL) of total coliform (a), fecal coliform (b) and *Enterococcus* (c) along the water column sampling campaign, at 6am, 12am and 18pm, at the fixed station in Rodrigo de Freitas Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil.

A partir da análise de componentes principais (PCA), verificou-se que os fatores 1 e 2 explicaram 48,30% da variação observada para as variáveis

abióticas e microbiológicas. Os parâmetros que melhor ilustram a variação encontrada no ponto fixo, durante os 5 dias e em todos os horários, foram a

temperatura (0,65 para eixo fatorial 1 e -0,62 para eixo 2), a salinidade (-0,62 para eixo 1 e 0,66 para eixo 2) e o oxigênio dissolvido (-0,58 para eixo 1 e -0,76 para eixo 2), que mostraram uma correlação com os dois eixos fatoriais da PCA (Figura 4). O pH (-0,66) e os coliformes termotolerantes (0,58) estão correlacionados somente ao fator 1 e, a profundidade, ao fator 2 (0,56).

Para avaliar uma possível influência dos fatores abióticos nas variáveis microbiológicas, aplicou-se o teste de correlação de Pearson, onde se observaram correlações negativas e significativas ($p < 0,05$) entre os coliformes termotolerantes e a salinidade ($r = -0,44$) e entre os coliformes totais e a temperatura ($r = -0,48$).

ANÁLISE ESPACIAL

Os seis pontos de coleta foram amostrados no dia 02 de agosto de 2011 entre 12h e 13:30h. Todos apresentaram temperaturas semelhantes, variando entre 22,20°C e 23,70°C. Destaca-se que cada ponto apresentou uma profundidade total variando de 0,60m em LRF J.Alah a 7,00m em LRF08 (Cava).

As águas dos pontos amostrados podem ser classificadas como salobras (CONAMA 2005), com salinidades entre 11,07 em LRF04 (Jóquei) e 23,24 em LRF00 (Central). Foi verificado um aumento gradativo da salinidade da superfície em direção ao fundo – padrão observado em todas as estações.

Os valores de oxigênio dissolvido mostraram uma clara estratificação na coluna d'água (oxiclina bem definida) na maioria dos pontos de coleta, sendo mais elevados próximos à superfície e menores no fundo. Em LRF00 (Central), observou-se uma variação de 3,02 a 9,77mg/L; em LRF01 (Hípica), de 1,05 a 11,79mg/L; em LRF04 (Jóquei), de 1,52 a 2,87mg/L; em LRF05 (Pedalinho), de 0,05 a 9,69mg/L; em LRF08 (Cava), de 0,06 a 7,48mg/L; em LRF J.Alah, de 6,85 a 6,92mg/L. Ressalta-se que, em águas mais rasas (profundidades inferiores a 1 m), os valores variaram pouco entre superfície e fundo.

Para o carbono orgânico dissolvido (COD), nos pontos de coleta LRF00 (Central), LRF01 (Hípica), LRF08 (Cava) e LRF J.Alah foram observados valores mais elevados na superfície (de 5,23 a 5,66mg/L), ao passo que, em LRF04 (Jóquei) e LRF05 (Pedalinho), os valores foram um

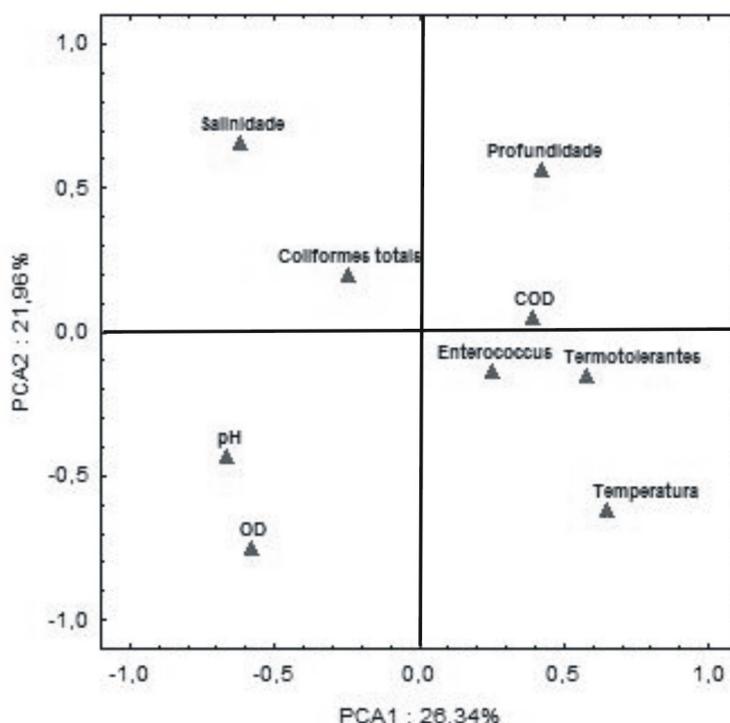


Figura 4. Análise de Componentes Principais (PCA) para amostras de água superfície e fundo e para as variáveis microbiológicas e abióticas do ponto fixo na Lagoa Rodrigo de Freitas às 6h, 12h e 18h ao longo de 5 dias.

Figure 4. Principal Component Analysis (PCA) for the superficial and bottom water samples and for the microbiological variables of the fixed sampling point of the Rodrigo de Freitas Lagoon, over 5 days at 6am, 12pm and 18pm.

pouco mais elevados no fundo (4,75 e 5,32mg/L, respectivamente) (Tabela 1).

Em todos os pontos, os valores de pH foram ligeiramente maiores na superfície do que no fundo, com exceção de LRF04 (Jóquei), que além de apresentar um valor um pouco mais elevado no

fundo, mostrou os menores valores de pH (7,64 e 7,66) dentre todas as estações amostradas.

A transparência foi muito semelhante entre os pontos, sendo de 0,50m para LRF00 (Central), LRF01 (Hípica), LRF05 (Pedalinho) e LRF08 (Cava) e de 0,60m para LRF04 (Jóquei) e LRF J.Alah.

Tabela 1. Variação na superfície (S) e no fundo (F) das variáveis abióticas - temperatura (°C), salinidade, oxigênio dissolvido (mg/L), carbono orgânico dissolvido (mg/L), pH e transparência (m) nas amostras de água dos seis pontos de coleta da Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil.

Table 1. Variation of abiotic variables – temperature (°C), salinity, dissolved oxygen (mg/L), dissolved organic carbon (mg/L), pH and transparency (m) in the superficial and bottom water samples at six sampling points of the Rodrigo de Freitas Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil.

Pontos de coleta	Prof.	Temperatura (°C)	Salinidade	OD (mg/L)	COD (mg/L)	pH	Transp. (m)
LRF00 (Central)	S	22,90	15,30	9,77	5,57	8,59	0,50
	F	22,20	23,24	3,02	4,77	8,14	-
LRF01 (Hípica)	S	23,20	15,27	11,79	5,54	8,70	0,50
	F	22,50	15,85	1,05	4,46	8,43	-
LRF04 (Jóquei)	S	23,50	11,07	2,87	4,24	7,64	0,60
	F	23,70	14,00	1,52	4,75	7,66	-
LRF05 (Pedalinho)	S	23,00	15,31	9,39	5,29	8,57	0,50
	F	22,20	18,02	0,05	5,32	8,10	-
LRF08 (Cava)	S	22,30	15,21	7,48	5,66	8,45	0,50
	F	22,30	21,88	0,05	4,19	8,13	-
LRF J.ALAH	S	22,50	15,48	6,85	5,23	8,40	0,60
	F	22,50	15,49	6,92	4,56	8,39	-

A Figura 5 sintetiza os resultados obtidos para a avaliação espacial dos coliformes totais, termotolerantes e *Enterococcus* em relação aos limites máximos para balneabilidade estabelecidos pelo CONAMA (2000 e 2005).

Os coliformes totais variaram de 4.300NMP/100 mL na superfície de LRF00 (Central) e na superfície e fundo de LRF J.Alah, a 240.000NMP/100 mL na superfície de LRF04 (Jóquei).

Para coliformes termotolerantes, novamente o ponto LRF04 (Jóquei) apresentou os valores mais elevados (110.000NMP/100mL na superfície e fundo), bem acima do limite máximo estabelecido

pelo CONAMA (2000 e 2005) para o contato primário e secundário (1.000NMP/100mL). Os pontos LRF00 (Central), com 1.500NMP/100mL na superfície, e LRF01 (Hípica), com 1.500NMP/100mL na superfície e 3.900NMP/100mL no fundo, também mostraram valores acima do permitido.

Para *Enterococcus*, todos os valores dos pontos de coleta, tanto em superfície quanto no fundo, estiveram acima do limite máximo estabelecido pelas Resoluções CONAMA (2000 e 2005) de 100NMP/100mL, portanto impróprios ao contato primário. Os valores variaram de 240 a ≥ 2.400 NMP/100mL.

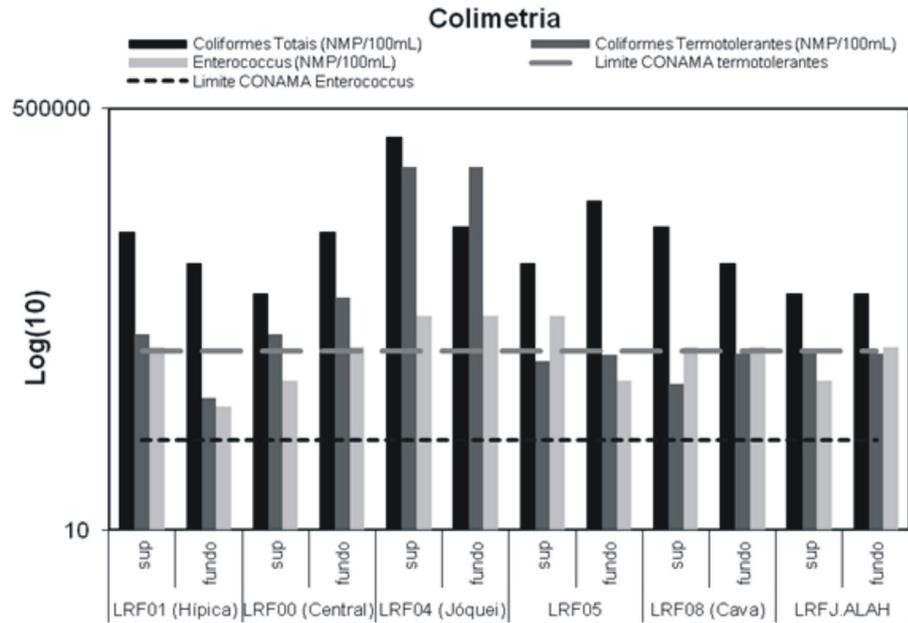


Figura 5. Variação (NMP/100 mL) de Coliformes Totais, Termotolerantes e *Enterococcus* em relação aos limites máximos estabelecidos pelo CONAMA (2000 e 2005) nos seis pontos de coleta da Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil.

Figure 5. Variation (MPN/100 mL) of total and fecal coliforms and *Enterococcus* in relation to the limits laid down by CONAMA (2000 e 2005) at the six sampling points of the Rodrigo de Freitas Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil.

Ao aplicar a análise de componentes principais a todos os dados coletados nas seis estações, observou-se que os fatores 1 e 2 explicaram 76,33% da variação observada para as variáveis abióticas e

microbiológicas (Figura 6). A salinidade apresentou correlações positivas de 0,64 e 0,63 com os eixos 1 e 2, respectivamente, enquanto que o pH mostrou uma correlação positiva (0,76) com o eixo fatorial 1e

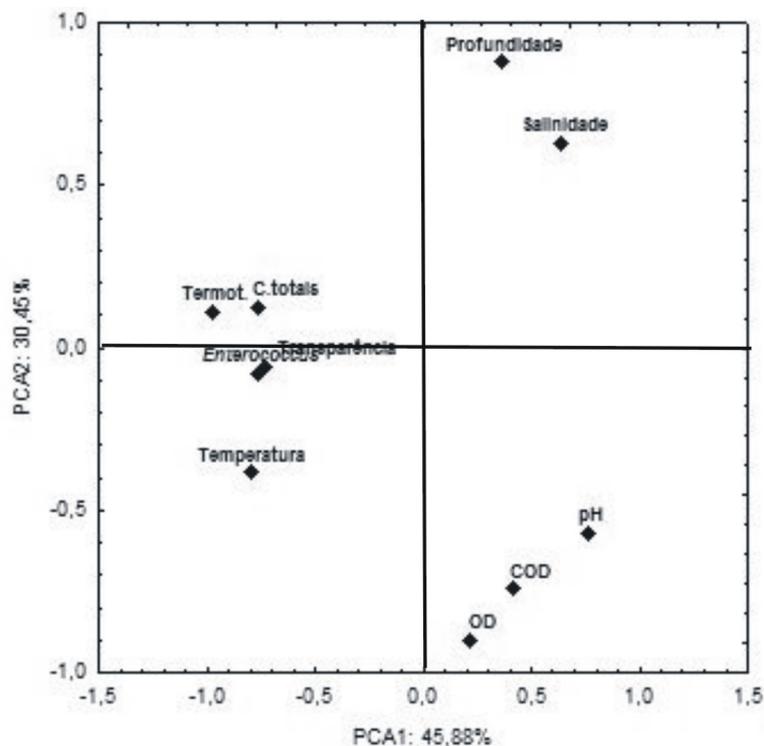


Figura 6. Análise de Componentes Principais (PCA) para amostras de superfície e fundo das diferentes estações na Lagoa Rodrigo de Freitas e para as variáveis microbiológicas e abióticas da variação espacial.

Figure 6. Principal Component Analysis (PCA) for superficial and bottom water samples at different stations of Rodrigo de Freitas Lagoon and for the microbiological and abiotic variables of the spatial variation study.

negativa (-0,57) com o eixo fatorial 2. A temperatura (-0,79), a transparência (-0,73) e as variáveis microbiológicas (-0,75 para coliformes totais, -0,96 para coliformes termotolerantes e -0,75 para *Enterococcus*) apresentaram correlação negativa somente com o fator 1. Já a profundidade (0,88), o oxigênio dissolvido (-0,90) e o carbono orgânico dissolvido (-0,74), estiveram correlacionados ao fator 2.

Confrontando as variáveis microbiológicas com as abióticas, na tentativa de se investigar uma possível regulação, para os coliformes termotolerantes, foram encontradas correlações de Pearson significativas ($p < 0,05$) com a temperatura ($r = 0,75$), pH ($r = -0,82$) e transparência ($r = 0,59$). Para os coliformes totais, houve correlação apenas com o pH ($r = 0,66$).

Os resultados demonstram que ocorre uma variação das condições sanitárias, espacialmente e em um curto espaço de tempo da água da Lagoa Rodrigo de Freitas. De todas as variáveis analisadas neste estudo, as que melhor se correlacionaram com os indicadores microbianos, coliformes totais e termotolerantes e *Enterococcus* foram a temperatura, a salinidade, o pH, o oxigênio dissolvido.

Não foram observadas variações espaço-temporais neste estudo para as variáveis temperatura, pH, salinidade e transparência, com exceção para os dados de salinidade de superfície e fundo para estação LRF08 (Cava). Os resultados observados para as variáveis abióticas estão próximos aos obtidos por Gonzalez *et al.* (2006), Gonzalez *et al.* (2010) e Lutterbach *et al.* (2001), para o período de inverno e também com aqueles relatados pelo INEA em seu programa de monitoramento.

As concentrações de oxigênio dissolvido, coliformes totais e termotolerantes e *Enterococcus* mostraram uma variação espaço-temporal, com as menores concentrações de oxigênio dissolvido no fundo, onde em geral foram encontradas as maiores concentrações dos indicadores microbianos.

DISCUSSÃO

A Lagoa Rodrigo de Freitas apresenta níveis de salinidade que a enquadram na classe de águas salobras e de acordo com os padrões brasileiros estabelecidos pelo CONAMA através da Resolução nº 357 de 2005.

Observou-se que ocorre uma variação espacial nos níveis dos indicadores microbianos, que apontam a estação Jóquei Clube (LRF04) como a de pior qualidade de água, ao contrário do que foi observado por Gonzalez *et al.* (2010) (Tabelas 2 e 3). Os níveis de coliformes totais encontrados neste ponto (LRF04) foram cerca de 28 vezes maiores do que os encontrados nas outras estações e os níveis de coliformes termotolerantes foram 142 vezes maiores do que os encontrados nas outras estações - o que nos leva a crer que há uma entrada, ainda que irregular, de esgoto na lagoa.

Quando há entrada de esgoto (matéria orgânica) em um ecossistema aquático, o que se observa é uma diminuição da concentração do OD e do pH (oxidação da matéria orgânica) e da salinidade (esgoto é carregado com água doce) e, ao mesmo tempo, um aumento de temperatura (oxidação da matéria orgânica) e da concentração de amônia, coliformes totais, termotolerantes e *Enterococcus* (presentes no esgoto propriamente dito).

Temporalmente, picos nos níveis dos indicadores microbianos foram observados, em geral, entre 6 e 12h, horários em que foram encontradas as menores concentrações de oxigênio dissolvido, indicando entrada de matéria orgânica de origem fecal. A exceção foi no dia 4, quando os níveis de todos os indicadores microbiológicos diminuíram, voltando a subir no dia 5. No 4º dia amostrado houve uma forte chuva, com índice de pluviosidade acumulado de 24 h foi de 9,8 mm (Alerta Rio 2012). A água de chuva que cai diretamente no corpo de água como a Lagoa Rodrigo de Freitas pode em um primeiro momento diluir os microrganismos presentes na superfície da coluna de água, mas, a seguir a água lixiviada do seu entorno (solo e vias urbanas) bem como a água proveniente das bacias hidrográficas se juntam ao corpo de água carregando microrganismos e neste momento é de se esperar um aumento na sua densidade.

Para coliformes termotolerantes, nosso estudo apresentou valores mais elevados do que os obtidos por Gonzalez *et al.* (2010), especialmente na estações situadas no Canal do Jardim de Alah, na Curva do Calombo e no Clube Piraquê. Em relação à Lutterbach *et al.* (2001), os valores do atual estudo estão mais próximos daqueles encontrados para os anos de 1994-1995 e inferiores aos observados entre 1996 e 1998 (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação dos níveis de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) obtidos para amostras de água em diversas estações da Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ, no presente trabalho com estudos executados nos períodos de 1994 a 1998 e no ano de 2000.**Table 2.** Comparison of the levels of faecal coliforms (MPN/100mL) obtained for different water sampling stations of the Rodrigo de Freitas Lagoon, RJ, in this study and in studies executed during the period of 1994 to 1998 and during the year 2000.

Ano	Jardim de Alah	Parque do Cantagalo	Clube Piraquê	Túnel Rebouças	Canal Central	Referências
1994-95	612	686	600	650	-	Lutterbach <i>et al.</i> 2001
1995-96	4.896	7.197	3.502	4.869	-	Lutterbach <i>et al.</i> 2001
1996-97	2.494	2.539	14.834	4.528	-	Lutterbach <i>et al.</i> 2001
1997-98	2.281	4.483	7.437	22.385	-	Lutterbach <i>et al.</i> 2001
2000	5.64	48	150	1.220	1.190	Gonzalez <i>et al.</i> 2010
2011	930	750 Pedalinho	4.701	1.500 Hipica	1.500	Presente estudo

Tabela 3. Comparação entre os valores de variáveis abióticas encontrados para amostras de água em trabalhos anteriores e no presente estudo, para diversas estações da Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ.**Table 3.** Comparison between the abiotic variables values found for water samples, in previous studies and in this work, for different sampling stations at Rodrigo de Freitas Lagoon, RJ.

Estações	Temperatura (°C)	Salinidade	Oxigênio dissolvido (mL/L)	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	Referências
Jardim de Alah	26.09 ± 3.63 18.00–30.00	7.05 ± 1.45 5.22–9.58	6.27 ± 2.86 1.74–11.54	86.70 ± 71.57 1.65–204.59	Gonzalez <i>et al.</i> 2010
Curva do Calombo	26.01 ± 3.73 19.60–31.00	7.10 ± 1.46 5.27–9.18	7.13 ± 2.75 3.53–11.26	84.75 ± 75.60 4.95–197.99	Gonzalez <i>et al.</i> 2010
Clube Piraquê	26.05 ± 3.64 18.90–31.00	7.12 ± 1.48 5.29–9.52	6.05 ± 2.44 2.52–11.65	85.64 ± 79.90 3.30–219.43	Gonzalez <i>et al.</i> 2010
Túnel Rebouças	26.24 ± 3.48 19.60–30.00	7.30 ± 1.58 5.34–9.54	6.34 ± 2.23 2.80–10.28	128.99 ± 129.88 3.30–353.08	Gonzalez <i>et al.</i> 2010
Canal Central	26.16 ± 3.59 19.10–31.00	7.10 ± 1.56 5.29–9.85	6.58 ± 2.82 2.49–11.54	110.99 ± 132.37 1.65–438.87	Gonzalez <i>et al.</i> 2010
2011	22,17 ± 0,30 20.40–22.50	15.87 ± 0,66 11.07–23.24	6,63 ± 1,90 0,05–11,79	-	Presente estudo

Ao compararmos os resultados de *Enterococcus* do presente estudo (240NMP/100mL a 2.400 NMP/100mL) com aqueles encontrados por Gonzalez *et al.* (2010), cuja variação foi de 42 NMP/100mL a 322 NMP/100mL, verificou-se que os níveis encontrados em 2011 foram muito superiores, sugerindo que a contaminação por matéria fecal (esgotos) continua a acontecer, mesmo que, segundo os dados oficiais da CEDAE (Companhia Estadual

de Água e Esgotos) e do INEA, não ocorra despejo de esgotos na Lagoa Rodrigo de Freitas.

Segundo o INEA, 2007, o índice de coliformes termotolerantes era de 16.000NMP/100mL e agora está entre 1.000NMP/100mL e 1.700NMP/100mL. O atual nível seria adequado para o contato secundário, mas, não para o contato primário (INEA 2011). Possivelmente, o decréscimo dos níveis de coliformes termotolerantes da Lagoa Rodrigo de Freitas a partir

de 2007 foi decorrente da ação conjunta da CEDAE com o INEA e o Projeto Lagoa Limpa, que visaram minimizar a degradação deste ecossistema (EBX 2011, INEA 2011).

O Decreto nº. 18.415, de 01 de Março de 2000, estabelece os parâmetros e as diretrizes de uso para o espelho de água da Lagoa Rodrigo de Freitas e aponta para o uso da Lagoa apenas para contato secundário e para a prática de esportes náuticos, entre outros, uma vez que a qualidade das águas da Lagoa já está comprometida. Segundo o INEA o objetivo das ações impetradas neste ecossistema para diminuir sua degradação, era criar “...*ambiente ecologicamente saudável e com uma comunidade fitoplanctônica com maior número de espécies...*”.

Devemos lembrar que a Resolução nº 357 de 2005, CONAMA, em seu capítulo V, artigo 38, parágrafo 1 diz que o enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos, portanto esta classificação deve ser olhada com cautela. São consideradas atividades de contato primário com a coluna d' água além do banho ou natação, outros esportes aquáticos, tais como o esqui aquático, o *wakeboarding*, o *stand up paddle*, também praticados na Lagoa, que levam o esportista a mergulhar na água, o que caracteriza o contato primário. É comum observarmos na LRF pescadores dentro da água lançando suas redes de pesca, novamente uma atividade de contato primário (INEA 2011).

Além da classificação dada para as águas da Lagoa Rodrigo de Freitas, estas são destinadas ao contato secundário, também está o fornecimento de espécies destinadas à alimentação humana (Pereira & Medeiros 2009). A Lagoa tem uma ictiofauna bem característica, com espécies de água doce, salobra e marinha. Em 1994, foram registradas 30 espécies e hoje são encontradas 25 espécies, sendo quatro de importância econômica (robalo, tainha, parati e cara). A colônia de pesca Z13, que agrupa os pescadores da Urca ao Recreio, tem o Núcleo da Lagoa estabelecido em frente ao Parque dos Patins e conta com 32 pescadores. A prefeitura garante a pesca das 20h às 05h e, segundo os pescadores, eles conseguem coletar 500kg por mês de pescado (Pinheiro & Pinheiro 2009), portanto, mesmo que o INEA classifique seu uso como contato secundário (classe 2), ainda assim neste ecossistema há a atividade de pesca licenciada

pelo município, com a exploração de espécies de interesse comercial e esta atividade classifica o uso da lagoa dentro da classe 1 e não da classe 2.

Acreditamos assim que se deve levar em conta, para efeito de classificação da qualidade da água da Lagoa, os limites determinados pela legislação para o contato primário e não os limites de contato secundário. Devemos também ter em mente que para o pescado existem limites próprios e enfatizamos que a legislação prevê que um corpo d' água deve ser enquadrado pelo limite mais restritivo.

Não podemos esquecer que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas por metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação e este enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade (CONAMA 2005).

O trabalho para reverter a degradação da LRF já recebeu um investimento de R\$ 150 milhões para a reforma das estações elevatórias e na construção da galeria de cintura, bem como na fiscalização de despejos irregulares, que já localizou mais de 200 ligações irregulares e ajudou a diminuir a concentração das bactérias (EBX 2011, INEA 2011), mas os dados deste estudo indicam que, apesar das melhorias já implementadas para captação de esgoto, ainda há a descarga de material de origem fecal, ou seja, que esgotos irregulares chegam à Lagoa Rodrigo de Freitas em especial na região da estação LRF04 (Jóquei), dados corroborados por boletins de qualidade da água emitidos pelo INEA (2011), que mostram que esta área exibe constantemente os piores níveis de qualidade de água. As estações LRF Hípica e LRF Central também exibiram níveis de coliformes termotolerantes acima dos níveis recomendados pelo CONAMA para contato primário. Já os níveis de *Enterococcus* em todos os pontos da lagoa estão fora dos padrões recomendados para balneabilidade.

CONCLUSÕES

A Lagoa Rodrigo de Freitas continua sendo um ecossistema altamente eutrofizado, com a qualidade de sua coluna d' água afetada tanto por seu padrão de circulação quanto pela entrada de esgoto doméstico. É uma lagoa sufocada, com baixa renovação de água,

associada a uma entrada de matéria orgânica em especial aquela de origem fecal, como constatada pelos indicadores microbianos utilizados neste estudo: os coliformes. As bactérias heterotróficas do grupo dos coliformes que, por definição, são microrganismos que utilizam moléculas orgânicas como fonte de carbono, apesar de exibirem pouca tolerância à salinidade da água do mar e ao processo de cloração, podem sobreviver e até se desenvolver em águas de salinidades mais baixas (salobras) e com alto teor de matéria orgânica, como é o caso da lagoa - condições já constatadas anteriormente (Lutterbach *et al.* 2001, Gonzalez *et al.* 2006, Gonzalez *et al.* 2010). A presença de coliformes e *Enterococcus* indicam que há grandes possibilidades de também estarem presentes microrganismos patogênicos neste ambiente (Hagler *et al.* 1986, Pagnoca *et al.* 1991). Estas condições favorecem também a diminuição da qualidade sanitária como mostrado pela presença de *Salmonella* e *Vibrio* (Gonzalez *et al.* 2010).

Medidas mitigadoras para melhorar a qualidade sanitária de qualquer ecossistema incluem ações de educação ambiental, fiscalização por parte dos órgãos ambientais competentes e também da sociedade que pode se manifestar de diversas formas, inclusive através de ações judiciais. Em nosso estudo observamos que os piores resultados de qualidade sanitária da água foram aqueles apresentados no ponto LRFJóquei Clube, um local reconhecidamente de má qualidade ambiental

A LRF é a lagoa mais urbanizada do Rio de Janeiro e seu ritmo de cheia e vazante é controlado artificialmente por um regime de fechamento e abertura de comportas (Enrich-Prast *et al.* 2008). A associação entre o tempo em que a Lagoa é mantida como um ecossistema fechado e a maior frequência de chuvas pode piorar consideravelmente, a qualidade das águas deste ambiente. A frequência de chuvas decorrente das mudanças climáticas aumentaria o aporte de esgoto nos rios e canais e, conseqüentemente, a vazão de esgoto do emissário submarino de Ipanema, piorando a qualidade das águas não somente da Lagoa Rodrigo de Freitas, mas também da zona costeira do Rio de Janeiro.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Clube Naval Piraquê, por permitir o uso de suas instalações; aos alunos de graduação Bruno Rego e Joyce Santos, pelo apoio fundamental no trabalho de campo; à Dr^a. Giselle Guimarães, por todo apoio no trabalho de campo e valiosas

sugestões para este projeto e ao Dr. Ricardo Pollery, pelas análises laboratoriais dos fatores abióticos. Agradecemos também às instituições de fomento, CNPq (bolsa de Doutorado de C.N. Signori, n°142848/2010-7), CAPES e FAPERJ pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALERTA RIO: sistema alerta Rio da prefeitura do Rio de Janeiro <http://www0.rio.rj.gov.br/alertario/?page_id=796> (Acesso em 03/05/2012).
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1998. Microbiological Examination. Pp.1-140. *In*: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. APHA, AWWA, WEF, Washington D.C., DC, 1600p.
- ARAÚJO, F. V. 1989. Qualidade microbiana de águas litorâneas destinadas a balneabilidade e a extração de moluscos, no Rio de Janeiro e Niterói. Monografia. Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 96p.
- CONAMA (Conselho Nacional Do Meio Ambiente). 2000. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 274 de 29 de novembro de 2000. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF.
- CONAMA (Conselho Nacional Do Meio Ambiente). 2005. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF.
- DUARTE, P.; BERNARDO, J.M.; COSTA, A.M.; MACEDO, F.; CALADO, G. & CANCELA DA FONSECA, L. 2002. Analysis of Coastal Lagoon Metabolism as a Basis for Management. *Aquatic Ecology* 36: 3-19, doi: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013394521627>
- EBX. 2011. Projeto Ambiental Lagoa Limpa. <<http://www.lagoalimpa.com.br/projeto.aspx>> (Acesso em 13/10/2011).
- ENRICH-PRAST, A.; BENTO, L.F.J. & SANTORO, A.L. de S. 2008. Sistemas Lagunares. Pp.176-185. *In*: P.P. Gusmão, P.S. Carmo & S. Besserman. (orgs.). Rio os Próximos 100 Anos: O Aquecimento Global e a Cidade. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos-IPP/SMU, Rio de Janeiro, RJ. 229p.
- ESTEVES, F.A. 1998. *Fundamentos de Limnologia*. Segunda Edição. Editora Interciência, Rio de Janeiro, RJ. 602p.
- GONZALEZ, A. M.; PARANHOS, R.; LUTTERBACH, M. S. 2006. Heterotrophic Bacteria Abundances in Rodrigo de Freitas Lagoon (Rio De Janeiro, Brazil). *Brazilian Journal of*

- Microbiology*, 37:428-433, doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822006000400005>
- GONZALEZ, A.M.; PARANHOS, R. & LUTTERBACH, M.S. 2010. Relationships between fecal indicators and pathogenic microorganisms in a tropical lagoon in Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164: 207-219, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-009-0886-9>
- GOTELLI, N.J. & ELLISON, A.M. 2011. *Princípios de estatística em ecologia*. 2ªEd. Artmed, Londrina, PR. 528p.
- HAGLER, A.N.; MENDONÇA-HAGLER, L.C.; SANTOS, E.A.; FARAGE, S.; SILVA FILHO, J.B.; SCHRANK, A. & OLIVEIRA, R.B. 1986. Microbial pollution indicator Brazilian tropical and subtropical marine surface waters. *The Science of the Total Environment*, 58: 151-160, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0048-9697\(86\)90084-7](http://dx.doi.org/10.1016/0048-9697(86)90084-7)
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2002. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Diretoria de Pesquisas. Departamento de População e Indicadores Sociais. 397p.
- INEA (INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE). 2011. *Lagoas Costeiras, considerações gerais*. <<http://www.inea.rj.gov.br>> (Acesso em 14/10/2011).
- IPP (INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS). 2005. *Indicadores ambientais da cidade do Rio de Janeiro*. Secretaria Municipal de Urbanismo, Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Departamento de Tecnologia e Informação, Rio de Janeiro, RJ. 180p.
- KJERFVE, B. 1994. Coastal Lagoon Processes. *Oceanography Series 60*. Elsevier, New York, NY, USA, 577pp.
- KOLM, H.E.; GIAMBERARDINO FILHO, R.E. & KORMAN, M.C. 1997. Spatial distribution and temporal variability of heterotrophic bacteria in the sediments of Paranaguá and Antonina Bays, Paraná, Brazil. *Revista de Microbiologia*, 28: 230-238.
- LLORET, J.; MARÍN, A. & MARÍN-GUIRAO, L. 2008. Is coastal lagoon eutrophication likely to be aggravated by global climate change? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78: 403-412, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2008.01.003>
- LUTTERBACH, M.T.S.; VAZQUEZ, J.C.; PINET, J.A.; ANDREATA, J.V. & SILVA, A.C. 2001. Monitoring and spatial distribution of heterotrophic bacteria and fecal coliforms in the Rodrigo de Freitas Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Archives of Biology And Technology*, 44: 7-13, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132001000100002>
- PAGNOCCA, F.C.; HAGLER, L.C.M. & HAGLER, A. 1991. Heterotrophic bacteria associated with shrimp *Peneaus schimitti*, sediment and water of Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista de Microbiologia*, 17: 332-338.
- PEREIRA, R.M.V. & MEDEIROS, R. 2009. A Aplicação dos instrumentos de gestão e do Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos na Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ, Brasil. *Ambi-Agua*, 4: 211-229, doi: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.113>
- PINHEIRO, E.C. F. & PINHEIRO, A.I. de F. 2009. *Lagoa Rodrigo de Freitas: evolução urbana e paisagem*. Andrea Jakobson Estúdio Editorial Ltda, Rio de Janeiro, RJ. 283p.
- PNUMA (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE). 2004. *Perspectivas do Meio Ambiente Mundial – 2002 GEO 3 passado, presente e futuro*, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente-IBAMA. Universidade Livre da Mata Atlântica, Brasília, DF. 446p.
- PNUMA (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE). 2002. *Perspectivas do Meio Ambiente Brasil – GEO 2*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente-IBAMA, Universidade Livre da Mata Atlântica, Brasília, DF. 449p.
- RIO DE JANEIRO. 2000. Decreto nº. 18.415 de 01 de Março de 2000. Diário Oficial, Rio de Janeiro, Ano XIII, nº. 243.
- SANCHEZ, P.S. 2003. Atualizações Técnicas para o Controle Microbiológico de Águas Minerais. In: Seminário de Atualizações em Técnicas Microbiológicas. Mackenzie, São Paulo, SP, Brasil.
- SERRATINE, S.R.S. 2007. Um Espaço Publico Reabilitado: Lagoa Rodrigo De Freitas. In: E.F.Werneck Lima & M.R. Maleque. Espaço e cidade, conceitos e leituras. 2ª edição. Editora 7 Letras, Rio de Janeiro, RJ. 183p.
- SOFFIATI, A. 1998. Aspectos Históricos das Lagoas do Norte do Estado do Rio de Janeiro. Pp.: 4-35. In: Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ). NUPEM/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 442p.
- TUNDISI, J. G. 2003. *Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez*. Rima, São Carlos, SP. 247p.

Submetido em 09/02/2012

Aceito em 13/07/2012