



INFLUÊNCIA DO CRESCIMENTO URBANO NA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE MARICÁ, RIO DE JANEIRO / BRASIL

Dandara Bernardino¹, Vilmar Leandro Dias Ferreira², Camila Américo dos Santos³, Fábio Ferreira Dias⁴, Barbara Franz⁵, Paulo Roberto Alves dos Santos⁶, Julio Cesar de Faria Alvim Wasserman⁷ & Elisamara Sabadini Santos⁸

¹ Universidade Federal Fluminense, Pós-graduação em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros, Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº, Campus da Praia Vermelha, Boa Viagem, Niterói - RJ, CEP: 24.210-346, dandarabernardino@id.uff.br (autor correspondente).

^{2, 3, 4, 5 e 6} Universidade Federal Fluminense, Instituto Geociências, Núcleo de Estudos em Ambientes Costeiros, Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº, Campus da Praia Vermelha, Boa Viagem, Niterói - RJ, CEP: 24.210-346, vldferreira@id.uff.br, camilaamerico@id.uff.br, fabioferreiradias@id.uff.br, barbara_franz@id.uff.br e paulorobertoalvess@gmail.com.

⁷ Universidade Federal Fluminense, Instituto Geociências, Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº, Campus da Praia Vermelha, Boa Viagem, Niterói-RJ, CEP: 24.210-346, julio.wasserman@gmail.com.

⁸ Universidade Federal Fluminense, Centro de Estudos Gerais, Departamento de Geoquímica, Outeiro São João Batista Centro - Niterói, RJ - Brasil, CEP: 24.020-141, esabadini@gmail.com.

RESUMO

A zona costeira é uma região complexa e de grande importância, tanto ecossistêmica, quanto para o desenvolvimento das cidades costeiras. Nela são desenvolvidos diferentes tipos de atividades caracterizando-se como uma das áreas mais populosas do mundo. O crescimento urbano nas zonas costeiras é considerado um dos maiores desafios para a gestão desses espaços em todo o mundo, principalmente no que concerne ao controle de fontes poluidoras de corpos hídricos. As bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanas, recebem altas cargas de efluentes domésticos, industriais e agrícolas que desaguam em ambientes costeiros, gerando impactos como floração excessiva de algas e mortalidade de peixes. A área de estudo, a lagoa de Maricá-RJ, vem sofrendo com esse tipo de impactos nas últimas décadas. Neste contexto este estudo buscou analisar a qualidade da água na principal bacia hidrográfica que deságua na

lagoa de Maricá, por meio dos parâmetros de NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, relacionando variáveis de crescimento urbano, através da aplicação do Normalized Difference Buid-up Index e da situação do sistema de esgotamento sanitário com o uso de dados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Os resultados indicaram que a urbanização intensa no município de Maricá no decorrer das últimas décadas associado à falta de um sistema de esgotamento sanitário adequado, exerce pressão sobre a lagoa de Maricá através do lançamento de efluentes domésticos sem tratamento na bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Zona Costeira; Bacia hidrográfica; Gerenciamento Costeiros Integrado; Sensoriamento Remoto.

| Dandara Bernardino, Vilmar Leandro Dias Ferreira, Camila Américo dos Santos, Fábio Ferreira Dias, Barbara Franz, Paulo Roberto Alves dos Santos, Julio Cesar de Faria Alvim Wasserman e Elisamara Sabadini Santos |



EFFECT OF THE URBAN GROWTH IN WATER QUALITY IN THE MARICÁ LAGOON, RIO DE JANEIRO/BRAZIL

ABSTRACT

The coastal area is a complex region of great importance, both for ecosystemic and for the development of coastal cities. In this different type of activities area are developed characterizing itself as one of the most populous areas of the world. The urban growth in coastal areas is considered one of the greatest challenges for the management of these sites around the world, mainly in respect to the control of pollutant sources of water bodies. The watersheds located in urban areas receive high loads of domestic, industrial and agricultural effluents, which flow into coastal environments, resulting in impacts such as excessive algae blooms and fish mortality. The Maricá Lagoon-RJ, study area in this paper, has been suffering from these impacts over the last decades. Given the background, this study pursued to analyze the water quality in the main watershed basin that flows into the Maricá lagoon, through the parameters of NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , relating urban growth variables through the application of Normalized Difference Buid-up Index, as well as the situation of the sanitary sewage system using the data from the Demographic Census of IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics). The results pointed out that the intense urbanization in the city of Maricá over the last decades, associated with the lack of an appropriated sanitary sewage system, puts pressure on the Maricá Lagoon through the release of untreated domestic effluent into the watersheds.

Key-words: Coastal Zone; Watersheds; Integrated Coastal Zone Management; Remote Sensing.

INTRODUÇÃO

A zona costeira, é caracterizada como uma região complexa e de grande importância ecossistêmica e para o desenvolvimento econômico das cidades costeiras. Nela são desenvolvidas diversas formas de uso,

incluindo, o turismo, a agricultura, a pesca, os transportes marítimos e as atividades industriais tornando-se assim, uma das áreas mais populosas do mundo (PEREIRA et al., 2007).

O crescimento demográfico e o aumento de atividades potencialmente impactante em todo o mundo tornam crescente a preocupação com relação à qualidade das águas (LAMPARELLI, 2004). A zona costeira e suas bacias hidrográficas interagem funcionalmente através de fluxos hidrológicos de água doce, sedimentos e substâncias dissolvidas (NICOLODI et al., 2009). Neste sentido, a qualidade da água dos rios que compõem uma bacia hidrográfica está diretamente relacionada com a forma de uso do solo e com o grau de controle sobre as fontes de poluição existentes na bacia (GUERRA, 2011).

As bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanas, recebem altas cargas de efluentes domésticos, industriais e agrícolas, que desaguam em ambientes costeiros, transformando esses corpos hídricos em um grande reservatório de águas impróprias para várias finalidades fundamentais. Segundo Valiela (1992), as atividades humanas nas bacias costeiras produzem as principais fontes de nutrientes que entram em ecossistemas costeiros pouco profundos, como por exemplo algumas lagoas.

A inserção de nutrientes antropogênicos tem sido considerada um dos principais fatores de degradação nos sistemas lagunares, gerando graves impactos ambientais, como a floração de algas, o crescimento excessivo de macrófitas aquáticas, mortandade de peixes, entre outros problemas tipicamente associados com o processo de eutrofização (SMOL, 2008; FULWILER et al., 2012; WANG et al., 2012; MENDES & SOARES, 2013).

CALLISTO et al. (2002), apontou que os múltiplos impactos antrópicos sobre os ecossistemas



aquáticos têm sido os responsáveis pela deterioração da qualidade ambiental de bacias hidrográficas extremamente importantes, sobretudo em território brasileiro.

O litoral do Rio de Janeiro é caracterizado pela presença de sistemas lagunares, que vem sendo afetado pelo processo de eutrofização e a floração de algas, como consequência de receberem um fluxo de água que atravessa regiões urbanas carregados de esgoto domésticos (KNOPPERS & KJERFVE, 1991; KJERFVE, 1994; SOARES et al., 2012).

A lagoa de Maricá vem sofrendo com os impactos como a mortandade de peixes e a floração excessiva de algas, no decorrer das últimas décadas. Neste contexto, este estudo tem o objetivo de analisar a qualidade da água na principal bacia hidrográfica que deságua na lagoa de Maricá, a bacia do rio Ubatiba, por meio dos parâmetros de NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , investigar o desenvolvimento de ocupação da urbanização e verificar a situação do sistema de esgotamento sanitário do município.

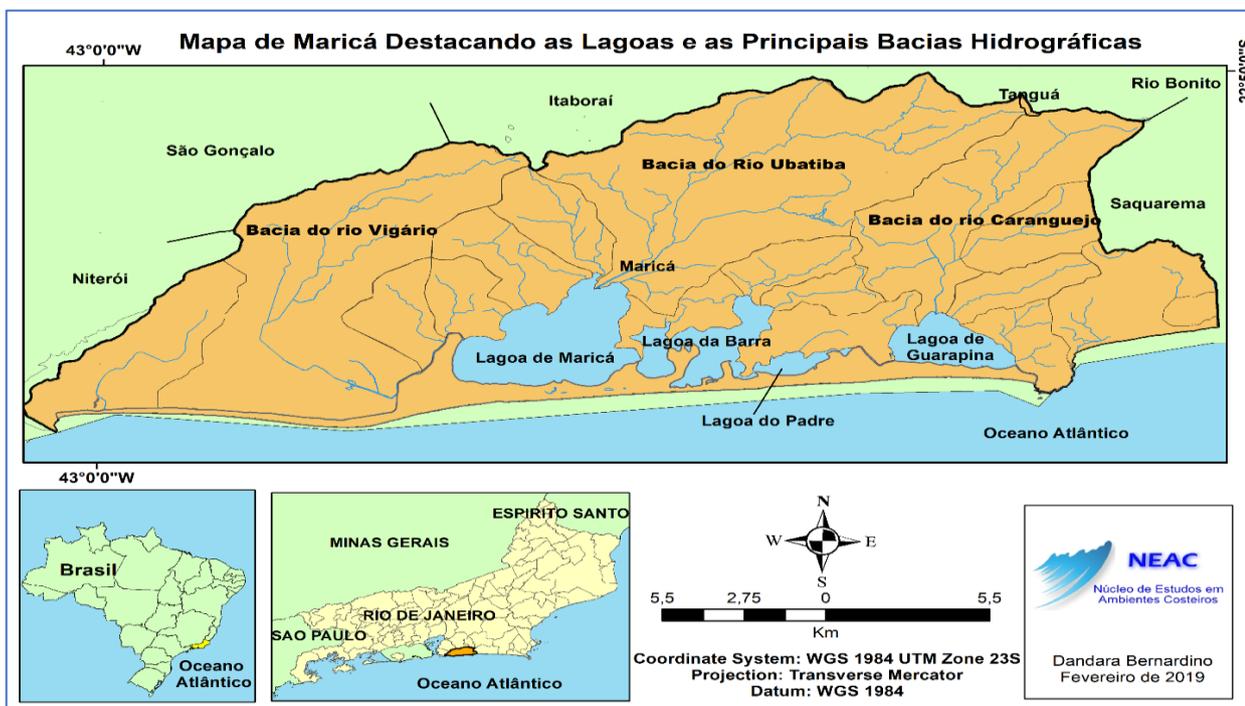


Figura 21 - Mapa de localização de Maricá estacando as lagoas do município e as principais bacias hidrográficas.

Segundo CARMOUSE & BARROSO (1989), desde a década de 70 a poluição doméstica atinge de forma frequente essas lagoas. Os principais problemas relacionados ao saneamento básico, especificamente à poluição hídrica e do tratamento de esgoto, são consequências diretas da ocupação urbana intensa e desordenada.

1.1 Caracterização da Área De Estudo

O município de Maricá está localizado na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, delimitado pelas coordenadas geográficas 22°53' e 22°58'S e 42°40' e 43°00W, fazendo fronteira com os municípios de Itaboraí (ao Norte), Saquarema (a Leste) e Niterói e São Gonçalo (a Oeste) (Figura 1). O principal acesso à cidade é feito pela Rodovia Amaral Peixoto (RJ-106)



podendo também ser acessada pela rodovia RJ 114 e a BR 101. Atualmente o município é dividido em quatro distritos e conta com área territorial de 362.571Km², densidade demográfica de 351,55hab/Km² e população estimada de 153.008 para 2017 (IBGE, 2017).

Maricá está inserida em um sequenciamento de planícies costeiras que se estendem até o Parque Nacional de Jurubatiba, localizado nos municípios de Macaé, Carapebus e Quissamã (MUEHE & VALENTINI, 1996). Essas planícies nada mais são que cordões arenosos de origem marinha, intercalados por depressões intercordões e recobertos por vegetação de restinga (DANTAS et al., 2005).

A planície costeira de Maricá é caracterizada pela presença de duplos cordões litorâneos e lagunas associadas, formando o Sistema Lagunar Maricá-Guarapina, por sua vez conectado ao oceano Atlântico por um canal no extremo leste desse litoral (SILVA et al., 2014). Segundo Turc et al., (1999), a primeira barreira arenosa foi formada durante o período Pleistoceno, enquanto a segunda barreira arenosa foi

formada no final da transgressão do Holoceno, paralela à primeira.

O clima predominante na região é classificado como tropical quente e superúmido (BARROSO-VANACÔR et al., 1994). A temperatura média anual variou nas últimas décadas entre 27°C e 30°C e a precipitação varia entre 1.015 mm e 1635 mm por ano (INMET, 2017). As estações da primavera e do verão apresentam os maiores índices de chuva da precipitação anual. A umidade relativa do ar varia entre 80% a 90% devido à influência marinha (CRUZ et al., 2010). Os ventos possuem direções variadas: NE (estável), S/SE (frente fria) e N/NW (chuvas de verão) (ALMEIDA & SILVA-JUNIOR, 2007).

O Sistema Lagunar Maricá-Guarapina, (Figura 2), ocupa área total de 38Km², sendo composto pelas lagoas de Maricá (18,2Km²), da Barra (6,2Km²), do Padre (3,1Km²) e a Guarapina (8,6Km²) incluindo dois canais artificiais, São Bento e Ponta Negra (CARMOUZE et al., 1994; BRUNO, 2013; SOUSA et al., 2013).

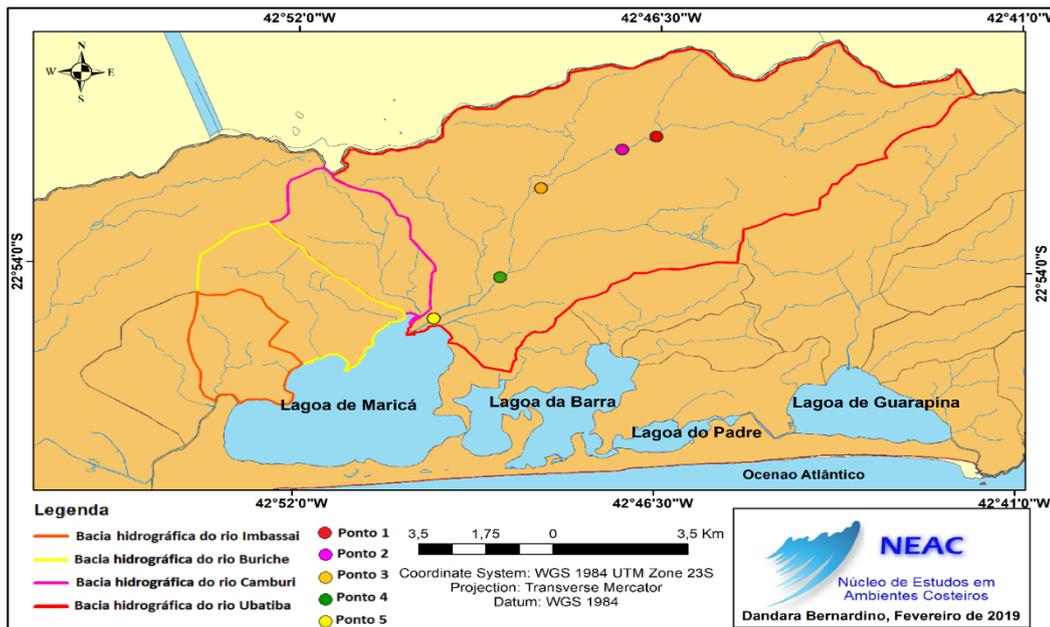


Figura 22 - Mapa de localização da área de interesse, a lagoa de Maricá e as Bacias dos rios: Ubatiba, Camburi, Buriche e Imbassaí, incluindo a posição dos pontos de amostragem.



A bacia de drenagem associada tem 350Km², apresenta a forma de um meio-anfiteatro rochoso, aberto para o oceano e cortado por três sub-bacias principais, a do rio Vigário, a do rio Ubatiba e do rio Caranguejo. A área de recorte do estudo é a Laguna de Maricá, recebe a drenagem oriunda da bacia do rio Ubatiba. Esta bacia é formada por pequenos cursos d'água que nascem no município e desaguam no sistema lagunar, tais como: o rio Mombuca, o Camburi, e os córregos Imbassaí, Itapeba e Burriche que desembocam na laguna de Maricá; os córregos Padre Guedes, Caju e Rangel que possuem sua foz na laguna da Barra; e os rios Doce, Bananal, Engenho, Nilo Peçanha e Paracatu, e os tributários Manuel Ribeiro, Caranguejo e Padeco que deságuam na laguna de Guarapina (COMISSÃO DE SANEAMENTO DA BAIXADA FLUMINENSE, 1934 apud CRUZ, 2010).

A bacia do rio Ubatiba se destaca em função de estar inserida quase que em totalidade no distrito de Maricá, passando inclusive pelo centro da cidade. O rio Ubatiba é o maior rio dessa bacia. Ele passa por outras denominações ao longo de seu percurso, começando como rio Silvado e terminando como rio Mumbuca (PREFEITURA DE MARICÁ, 2006; 2015).

A Laguna de Maricá foi selecionada em função de estudos anteriores (ex.: KNOPPERS et al., 1994; GUERRA et al., 2013; CAMPANELI & MOLISANI 2015) apontarem esta laguna como a mais degradada do sistema. Além disso, em estudos como o de KNOPPERS et al., (1994) a laguna já se apresentava como eutrófica. Com o desenvolvimento urbano e o crescimento populacional do município, intensificado a partir da construção da ponte Rio- Niterói na década de 1970 e da autoestrada Via-Lagos na década de 1990, os impactos ambientais no sistema lagunar ficaram mais evidentes, principalmente nas proximidades da lagoa de

Maricá, que vem sofrendo consequências do desmatamento, da presença de aterros clandestinos e lançamento de efluentes não tratados (LINS DE BARROS, 2005; SOUSA et al., 2013).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo foram investigadas a qualidade da água no corpo principal da bacia do rio Ubatiba, o desenvolvimento da mancha urbana nas principais micro- bacias que deságuam na lagoa de Maricá (microbacia do rio Ubatiba, sendo a maior, do rio Camburi, do rio Buriche, e do rio Imbassaí) e a situação do esgotamento sanitário na região.

Desenvolvimento da mancha urbana na bacia do rio Ubatiba

O desenvolvimento da mancha urbana foi mapeado por meio do Normalized Difference Build-up Index - NDBI, que é um índice radiométrico usado para o mapeamento rápido e identificação de áreas construídas em uma região, através do incremento de resposta espectral dessas áreas entre as bandas de infravermelho próximo e infravermelho médio (FRANÇA, 2012). Proposto por ZHA, GAO & NI (2003), este índice produz valores do nível digital que variam entre 1,0 e -1,0, em que valores positivos obtidos através da seguinte equação:

$$NDBI = \frac{IVM - IVP}{IVM + IVP}$$

onde, IVM representa o infravermelho médio, e o IVP o infravermelho próximo.

Para a aplicação do NDBI foram obtidas imagens orbitais satélites/sensores Landsat 5- TM/ Landsat 8- OLI para os anos de 2000, 2010 e 2015 respectivamente, no sítio do Serviço Geológico dos Estados Unidos (U.S. Geological Survey – USGS),



através da ferramenta Earth Resources Observation and Science (EROS). As datas das imagens foram selecionadas em função dos anos em que ocorreram os censos demográficos no Brasil com o objetivo de comparar com as informações obtidas nos censos.

Processamento dos dados

Com a finalidade de minimizar os efeitos causados por fatores externos foi realizado o ajuste da reflectância usando o software Landsat Tools nas bandas vermelho, infravermelho próximo e infravermelho para as imagens Landsat 5 - TM e Landsat 8 - OLI.

No software ENVI - Environment for Visualizing Images, com o intuito de melhorar a resolução espectral da imagem, foi aplicado o método Intensidade, Matiz e Saturação - IHS. Este recurso permite realizar a fusão de imagens com resolução distintas, onde três bandas com baixa resolução (RGB) são transformadas no espaço IHS. Neste espaço o componente I é substituído por uma imagem pancromática com alta resolução no retorno ao domínio RGB (TU et al., 2001).

Neste estudo, o IHS foi executado no software ENVI - Environment for Visualizing Images, para sua aplicação foram utilizadas três bandas multiespectrais nas faixas do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho, com resolução de 30m. Também foi utilizada a banda pancromática 8, com resolução espectral de 15m.

Qualidade da água ao longo da bacia do rio Ubatiba

As análises da qualidade de água foram coletadas em 4 pontos ao longo do Rio Mumbuca, em função passar pela região com maior densidade urbana do município e em 1 ponto na foz na laguna de Maricá (Figura 2).

As coletas foram realizadas em fevereiro de 2017, com o uso de equipamento de proteção pessoal adequado (luva pvc e galocha); as amostras foram coletadas em frascos de polietileno previamente descontaminados (Extran e HCl 10%), identificados e acondicionados em caixa térmica com gelox mantendo as características da amostra.

Destaca-se que os parâmetros de temperatura e o pH foram aferidos no momento da coleta utilizando o medidor de pH/ORP HANNA modelo HI 8424. Em laboratório, uma alíquota das amostras brutas foi congelada e outra alíquota das mesmas amostras foram filtradas (filtros de celulose 0,45µm) e o material filtrado, congelado em frascos de polietileno até a realização das análises. Na porção da água filtrada foram realizadas as análises de NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻ (nitrito, nitrato, amônio e fosfato) utilizando o método de investigação colorimétrica proposto por GRASSHOFF & KREMLING (1999), com a utilização do espectrofotômetro Kasuaki, modelo IL-227.

Análise de Indicadores Oficiais de Saneamento Básico

Analisaram-se dados referentes ao sistema de esgotamento sanitário por meio de informações obtidas no plano diretor de Maricá e no banco de dados do censo demográfico de 2000 e de 2010, obtidos no sítio oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Para tal, foram selecionadas as variáveis que correspondem às características de saneamento básico no município de Maricá, conforme Quadro I.



Descrição das variáveis selecionadas
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via geral de esgoto ou pluvial
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa séptica
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via vala; rio, lago ou mar;
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via outro escoadouro.

Quadro I - Descrição das variáveis do IBGE para o sistema de esgotamento sanitário.

Destaca-se que também foram usados dados dos censos demográficos de 2000 e 2010 para a investigação da quantidade de residências no município, com o objetivo de comparar as informações sobre o sistema de esgoto.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da concentração de nutrientes na água ao longo do curso do rio Ubatiba, mostrou um aumento crescente nas concentrações de NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ e PO_4^{3-} em direção à laguna. Os resultados de PO_4^{3-} em domínio fluvial variou entre 1,18 mg/L, 0,41mg/L, 1,7mg/L e 1.9mg/L (Ponto 1 ao 4); na lagoa (ponto 5) os resultados apresentaram média de 6,17mg/L, aumentando consideravelmente nas proximidades do exutório, onde o adensamento demográfico maior.

As concentrações de NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , também aumentaram do ponto 1 ao 5, onde em domínio fluvial o NO_2^- correspondeu: 0,24mg/L, 0,23mg/L, 0,42mg/L, 0,33mg/L; o NO_3^- : apresentou valores abaixo do limite de detecção em todas as amostras e o NH_4^+ : 2,20g/L, 1,03mg/L, 1,75mg/L, 2,26mg/L. Na lagoa a média dos

resultados obtidos para NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ foram, 0,001mg/L, 0,25mg/L e 5,04mg/L.

As menores concentrações dos nutrientes nitrogenados, encontradas no ponto 2, podem ser explicadas por sua localização logo após a estação de captação de águas, onde a utilização de bombas hidráulicas (observadas *in loco*) provoca considerável oxigenação. Outros comportamentos marcantes foram os encontrados nos pontos 4 e 5, com tendência de aumento das concentrações de NH_4^+ e queda das concentrações de nitrito e nitrato. Cabe destacar que o aumento das concentrações de NH_4^+ e PO_4^{3-} , indicam um aumento da entrada de efluentes domésticos que refletem a condição redutora da laguna decorrente do excesso de matéria orgânica e do processo de remineralização da mesma (LAMPARELLI, 2004; TUNDISI & TUNDISI, 2008).

É possível observar uma relação entre o aumento da concentração de NH_4^+ e PO_4^{3-} (principais indicadores e da presença de efluentes domésticos em ambientes hídricos); os resultados do mapeamento da mancha urbana na bacia, onde os resultados permitiram identificar uma intensa e progressiva concentração



urbana próxima à laguna, como pode ser observado nas figuras 3, 4, 5 e 6. Segundo Dias (2003), em ambientes como estuários e lagunas devido aos amplos recursos, eram atrativos para a ocupação humana desde a Pré-História.

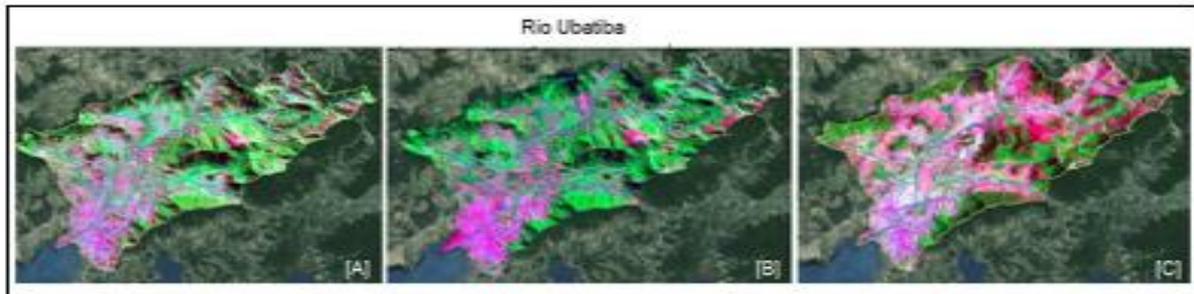


Figura 3 - Resultado de fusão de bandas e composição colorida R(NDBI), G(5), B(4) de imagem Landsat 5-TM da bacia do rio Ubatuba para os anos de 2000[A], 2010[B] e Landsat 8-OLI para o ano de 2015 [C].

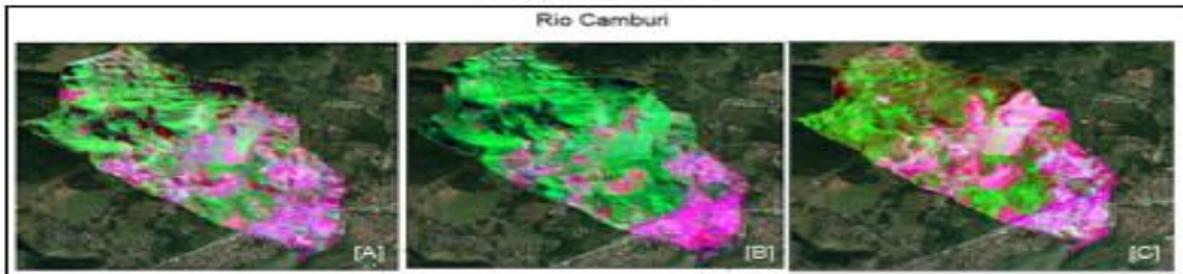


Figura 4 - Resultado de fusão de bandas e composição colorida R(NDBI), G(5), B(4) de imagem Landsat 5-TM da bacia do rio Camburi para os anos de 2000[A], 2010[B] e Landsat 8-OLI para o ano de 2015 [C].

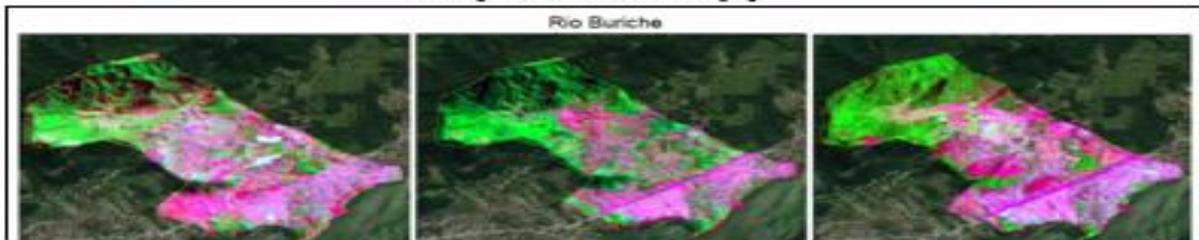


Figura 5 - Resultado de fusão de bandas e composição colorida R(NDBI), G(5), B(4) de imagem Landsat 5-TM da bacia do rio Buriche para os anos de 2000[A], 2010[B] e Landsat 8-OLI para o ano de 2015 [C].

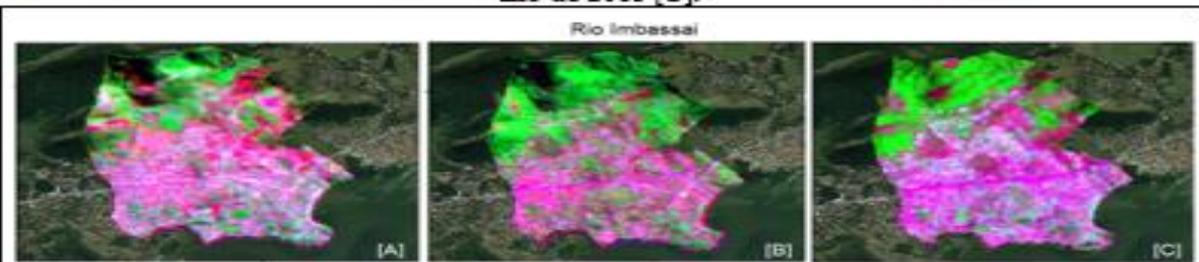


Figura 6 - Resultado de fusão de bandas e composição colorida R(NDBI), G(5), B(4) de imagem Landsat 5-TM da bacia do rio Imbassai para os anos de 2000[A], 2010[B] e Landsat 8-OLI para o ano de 2015 [C].



A bacia do rio Ubatiba apesar de apresentar baixa percentagem de mancha urbana, correspondendo à 11% (ano de 2000), 15% (ano de 2010) e 12% (ano de 2015), quando comparada com as outras microbacias é possível notar que a área total mapeada apresenta a maior extensão urbana. Isto está relacionado ao fato desta ser a maior do município com cerca de 79km² de extensão.

A microbacia do rio Buriche apresentou mancha urbana de 39% (4,46Km²), 42% (4,81Km²) e 45% (5,18Km²) entre os anos de 2000, 2010 e 2015 respectivamente. Imbassá com mancha urbana de 54% (4,01Km²), 51% (3,76Km²) e 64% (4,77Km²). Por fim, Camburi com mancha urbana de 39% (2,84km²), 22% (2,38Km²) e 29% (3,14km²) nos anos de 2000, 2010 e 2015, respectivamente, observar figura 7. Destaca-se que, as reduções na malha urbana entre os anos de 2000 e 2010 nas imagens de NDBI das bacias de Camburi, Imbassá e Ubatiba podem estar relacionadas com as condições da vegetação. Segundo ZHA et al. (2003), a resposta espectral de uma área construída pode ser confundida com a respostas de solo expostos ou áreas desmatadas, interferindo na interpretação mais detalhada. Na Espanha, GARCÍA & PÉREZ (2016), também diagnosticaram a interferência de solos expostos e áreas intensamente erodidas e/ou compactadas com pouca capacidade de infiltração.

No município de Maricá o sistema de esgotamento sanitário através da rede coletora da cidade abrange cerca de 12% (5.3000) das ligações. Cabe destacar que o distrito de Maricá(sede), onde localiza-se a bacia do rio Ubatiba, possui a maior rede coletora da cidade e atende cerca de 25% das residências. Ressalta-se que o município de Maricá, conta apenas com uma Estação de Tratamento de Esgoto, do tipo primária, localizada no bairro de Araçatiba (Figura 8). Segundo o PSBPM, a ETE de Araçatiba é a principal do

município, porém não tem capacidade para tratar todo o esgoto gerado na cidade. Ademais, acaba funcionando como uma passagem secundária (by-pass) para o sistema lagunar. Tornando-se, por fim, um sistema unitário.

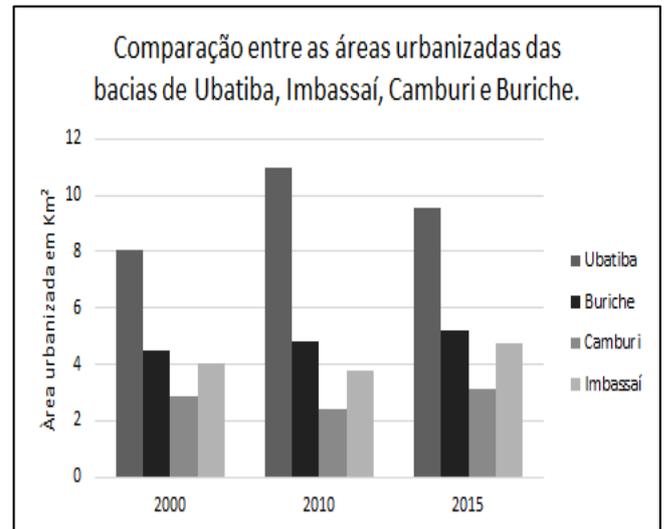


Figura 7 - Comparação entre a extensão em Km² da área urbanizada mapeada através da imagem gerada de NDBI, para as bacias de Ubatiba, Imbassai, Camburi e Buriche.

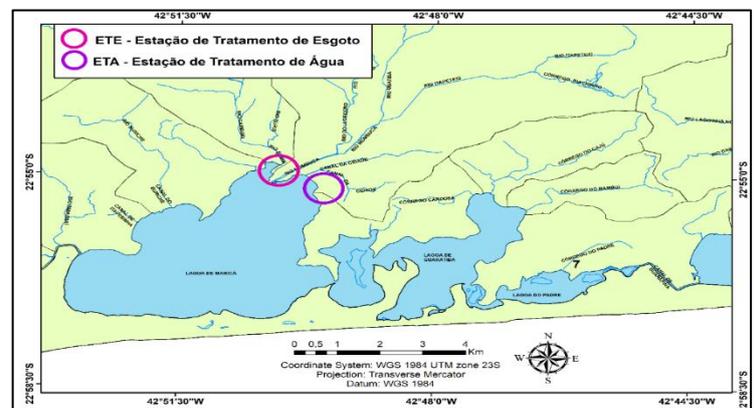


Figura 8 - Mapa de localização da Estação de Tratamento de Esgoto e da Estação de tratamento de Água de Maricá. Fonte: Adaptado de Prefeitura de Maricá (2006).

De acordo com a Prefeitura de Maricá (2015), através do Plano de Saneamento Básico Preliminar de Maricá-PLBPM, o sistema de rede coletora é do tipo



separador absoluto, no entanto, funciona de forma precária.

DIAS & ROSSO (2011), evidenciam que no município do Rio de Janeiro essas redes (separador absoluto) não são operadas de forma correta, em função das interconexões arbitrárias sem projetos formais, improvisadas, ou mesmo, quando concebidas são aplicadas de forma precária gerando reflexos sobre a eficiência dos sistemas de saneamento.

Segundo moradores, em conversa informal, muitos sistemas de esgoto são ligados diretamente na rede pluvial. Essa informação é confirmada no PSBPM, onde relata que muitas casas efetuam ligações clandestinas de esgoto nas redes de drenagem quando existentes ou até mesmo o lançamento in natura em cursos d'água (PREFEITURA DE MARICÁ, 2015). ARCHELA et al., (2003), afirma que essa prática é muito comum no Brasil.

Os resultados indicaram também que os sistemas de esgotamento sanitário predominantes em Maricá são a fossa séptica (51,9%) e rudimentar (28,2%), provavelmente por serem sistemas simples e econômicos. No Brasil cerca de 67% dos municípios utilizam o sistema de fossas sépticas como principal alternativa. No Sudeste, esse valor gira em torno de 33,8% (SNIS, 2016).

Contudo, a maioria destas fossas não possui instalação ou manutenção adequada, possibilitando que o esgoto da residência (incluindo pia, lavanderia e chuveiro) seja retido nela. Isto ocasiona a mistura de águas com sabão, podendo combater as bactérias capazes de decompor microrganismos patogênicos (PESSANHA, 2007). Além disso, muitas fossas sépticas, por negligência ou falta de recursos financeiros da população, acabam extravasando e invadindo os sistemas de coletas pluviais (ARCHELA et al., 2003).

Estimando o crescimento em 10 anos - até 2020 - com base nas informações apresentadas, verifica-se que a degradação da lagoa de Maricá será intensificada se mantiver esse padrão. O que é muito preocupante, uma vez que a lagoa de Maricá já se encontrando em avançado estado de eutrofização conforme estudo recente de BEZERRA (2018).

Neste contexto, Gerenciamento Integrado da Zona Costeira - GIZC mostra-se uma importante ferramenta na regulação e controle do crescimento urbano nas zonas costeiras, auxiliando na redução de impactos sobre os corpos hídricos (RODRIGUEZ et al., 2009). Isso porque a intensa ocupação sem planejamento adequado é responsável por causar pressão sobre os ecossistemas costeiros.

No entanto, apesar da GIZC ser uma abordagem amplamente aceita para a gestão sustentável do ambiente costeiro, alguns estudos como o de WU et al. (2012) e RODRIGUEZ et al. (2013) mostram uma fragilidade dos programas de gestão costeira com relação as fontes de poluição, principalmente do que concerne efluentes domésticos e industriais, e a manutenção da qualidade ambiental dos ecossistemas costeiros e marinhos.

No Brasil, um dos principais entraves apontados no estudo de OLIVEIRA & NICOLODI (2012), na aplicação do Projeto Orla, que se trata de um projeto de gerenciamento costeiro integrado, foi a definição nas formas de apoio à implementação de ações propostas nos Planos de Gestão e a melhoria efetiva da atuação das comissões técnicas estaduais e o acompanhamento dos comitês de gestores locais.

Uma abordagem que vem surgindo, neste sentido, no cenário internacional é o projeto Blue Cities. Este projeto é voltado para a gestão de água em ambiente urbano e busca através de intervenções como criação de corredores verdes, meandrização de rios, criação de



edifícios verdes, tratamento de efluentes urbanos, entre outros, restaurar paisagens verdes urbanas e a função hidrológica natural (UNEP, 2011). Além de reduzir a poluição de corpos hídricos, este projeto, se aplicado de forma adequada ou algumas ações pontuais poderia suprir as lacunas apontadas, uma vez, que um dos principais objetivos é a recuperação das bacias hidrográficas (UNEP, 2008; 2011).

CONCLUSÃO

O estudo apontou que a bacia hidrográfica do Rio Ubatiba não dispõe de sistema adequado de esgotamento sanitário, uma vez que apenas de 25% das residências são atendidas pelo sistema de rede de coleta. Além disso, foi observado que houve um aumento da concentração de NH_4^+ e PO_4^{3-} , indicando maior entrada de efluentes domésticos no rio Mumbuca no sentido da laguna de Maricá. Tal situação é corroborada pelos resultados do mapeamento da bacia do Rio Ubatiba, onde mostra que o crescimento da mancha urbana se dá no sentido da laguna de Maricá, onde a concentração é maior.

O cenário descrito indica que a qualidade da água do rio Mumbuca, reflete as formas de uso e ocupação do solo da bacia do rio Ubatiba, bem como a gestão ineficiente com relação a gerenciamento de águas urbanas. Além disso, contribui para a degradação da laguna de Maricá intensificando os eventos de floração de algas e mortalidade de peixes associados ao processo de eutrofização.

A degradação das águas na bacia configura um típico problema de gerenciamento de águas urbanas que a médio e longo prazo, podem afetar significativamente as esferas sociais, econômicas e ambientais, podendo, desta forma, vir a comprometer também questões relacionadas à saúde pública.

Neste contexto, o desenvolvimento de uma conscientização integrada torna-se imprescindível, com a implementação de uma governança mais participativa dentre os diversos atores da região, a implementação de projetos de gestão de águas para o aprimoramento de coleta, tratamento e destinação de efluentes. Estas questões devem considerar aspectos de usos e ocupação do solo, bem como, os de recuperação e manutenção da qualidade dos mananciais hídricos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo e apoio financeiro e pelo Núcleo de Estudos em Ambientes Costeiros (NEAC) pelo incentivo e apoio para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G.M. & SILVA-JUNIOR, G.C. 2007. Fatores hidrogeológicos no estudo da intrusão salina em aquíferos costeiros da região litorânea do município de Maricá-RJ. *Yearbook of the Institute of Geosciences, Universidade Federal Rio de Janeiro*, 104-117.
- ARCHELA, E.; CARRARO, A. FERNANDES, F. BARROS, O.N.F. & ARCHELA, R.S. 2003. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. *Geografia*, 12(1):517-525. (doi.org/10.5433/2447-1747.2003v12n1p517).
- BRUNO, R.L.M. 2013 Reconstrução paleoambiental da Laguna de Maricá, RJ, com base em foraminíferos bentônicos. *Pesquisas em Geociências*, 40 (3): 259-273.
- CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.34, n.1, p.91-98, 2002.
- Campanelli, L.B. & Molisani, M.M. 2016. Mudança do estado trófico de lagunas costeiras do estado do Rio De



- Janeiro nos Últimos 30 Anos. In: V Seminário Regional sobre Gestão de Recursos Hídricos. Macaé (RJ-BR).
- CARMOUZE, J.P. & BARROSO, L.V. 1989. Recent environmental modifications of the lagoon of Saquarema and its watershed, Rio de Janeiro, Brazil (1989). In: International Symposium on Global Changes in South America During Quaternary: Past - Present - Future, ABEQUA/INQUA, São Paulo, Brazil, 65-69.
- CARMOUZE, J.P. 1995 Asphyxie des lagunes côtières de l'état de Rio de Janeiro. ORSTOM Actualités, (46), 23-26.
- CRUZ, A.C. 2010. Análise de intervenções no sistema lagunar de Maricá-RJ com auxílio de modelagem hidrodinâmica ambiental. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil 63p.
- BEZERRA, D.B. 2018. A Influência do Crescimento Urbano na Qualidade da Água da Laguna de Maricá-Rj Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. 133.
- DANTAS, M.E.; SHINZATO, E. MEDINA, A.I.M.; SILVA, C.R.; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J.F.; CALDERANO, S.B. & CARVALHO-FILHO, A. (2005) Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. http://arquivos.proderj.rj.gov.br/inea_imagens/downloads/pesquisas/APA_Mangaratiba/Dantas_et_al_2005.pdf. (Acesso em 08/ 2017).
- DIAS, A.P. & ROSSO T.C.A. 2011. Análise dos elementos atípicos do sistema de esgoto – Separador absoluto – na cidade do Rio de Janeiro. ENGEVISTA, 13(3):177-192. (doi.org/10.22409/engevista.v13i3.301).
- DIAS, J.M.A. 2003. GESTÃO INTEGRADA DAS ZONAS COSTEIRAS: MITO OU REALIDADE? In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Recife-PE.
- http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/CI/03_2ZCPEP_R ecife_AD1.pdf.
- FRANÇA, A.F.; TAVARES-JUNIOR, J.R. & MOREIRA-FILHO, J.C. 2014. Índices NDVI, NDWI e NDBI como ferramentas ao mapeamento temático do entorno da laguna Olho D'água, em Jaboatão dos Guararapes-PE. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Anais IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, Pernambuco, 1-9.
- FULWEILER, R.W.; RABALAIS, N.N. & HEISKANEN, A.S. 2012. The eutrophication commandments. Marine Pollution Bulletin, 64:1997–1999. (doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.07.025).
- GANGAI, I.P.D. & RAMACHANDRAN, G. 2010. The role of spatial planning in coastal management—A case study of Tuticorin coast (India). Land Use Policy, 27(2):518–534. (doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.07.007)
- GARCÍA, P. & PÉREZ, E. 2016. Mapping of soil sealing by vegetation indexes and built-up index: A case study in Madrid (Spain). Geoderma, 268:100–107. (doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.01.012)
- GUERRA, L.V.; SAVERGNINI, F.; SILVA, F.S.; BERNARDES, M.C. & CRAPEZ, M.A.C. 2011. Biochemical and microbiological tools for the evaluation of environmental quality of a coastal lagoon system in Southern Brazil. Brazilian Journal of Biology, 71(2):461-468. (doi.org/10.1590/S1519-9842011000300016)
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA (2017) População. Cidades: Maricá. In: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/marica/panorama>. (Acesso em 20/07/2017).
- INMET - INSITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2017. Seção de Armazenamento de Dados Meteorológicos.



- http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/pag e&page=rede_estacoes_conv_graf. Acesso em 10/01/2018.
- KJERFVE, B. 1994. Coastal lagoons. In: Kjerfve B (ed) Coastal lagoon processes. Amsterdam, Elsevier, 576p. (ISBN 978-0-080-87098-4)
- KNOPPERS, B.; KJERFVE, B. & CARMOUZE, J.P. 1991. Trophic state and water turn-over time in 6 choked coastal lagoons in Brazil. *Biogeochemistry*, 14(2):149-166.
- LAMPARELLI, M.C. 2004. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. Dissertação de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. 235p.
- LINS-DE-BARROS, F.M. 2005. Risco, Vulnerabilidade Física à Erosão Costeira e Impactos Sócio-Econômicos na Orla Urbanizada do Município de Maricá, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 6(2): 83-90. (doi.org/10.20502/rbg.v6i2.54)
- MENDES, C.L.T. & SOARES-GOMES. 2013. A First signs of changes to a tropical lagoon system in the southeastern Brazilian coastline. *Journal Coast Conserv*, 17:11–23. (doi/10.1007/s11852-012-0214-3)
- MUEHE, D. & VALENTINI, E. 1998. O litoral do Estado do Rio de Janeiro: uma caracterização físico-ambiental. Fundação de Estudos do Mar, Rio de Janeiro, Brasil, 99p.
- NICOLODI, J.L. ZAMBONI, A. & BARROSO, G. F. 2009. Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas e Zonas Costeiras no Brasil: Implicações para a Região Hidrográfica Amazônica. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 9(2):9-32. (Disponível em: http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-115_Nicolodi.pdf).
- OLIVEIRA, M.R.L. & NICOLODI, J.L. 2012. A Gestão Costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla. Uma análise sob a ótica do poder público. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 12(1):89-98. (doi/10.5894/rgci308)
- PEREIRA, L.C.; JIMÉNEZ, J.A.; MEDEIROS, C. & DA COSTA, R. M. 2007. Use and occupation of Olinda littoral (NE, Brazil): guidelines for an integrated coastal management. *Environmet Management*, 40(2):210-8. (doi:10.1007/s00267-005-0281-4)
- PESSANHA, M.M.M. 2007. A percepção da população de Itaipuaçu perante a degradação ambiental e poluição das águas subterrâneas. Completion of course work, *Latu Sensu Projeto a Vez do Mestre*, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. <http://www.avm.edu.br/monopdf/26/margarida%20maria%20marins%20pessanha.pdf>.
- PLANSAB – PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO. 2013. Ministério das Cidades, Brasília, Brasil. http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab_Versao_Conselhos_Nacionais_020520131.pdf.
- PREFEITURA DE MAIRCÁ. 2015. Plano municipal de saneamento básico de Maricá. 175p. <https://www.marica.rj.gov.br/plano-municipal-de-saneamento-basico/>.
- PREFEITURA DE MARICÁ. 2006. Plano diretor participativo de Maricá: Relatório do Diagnóstico. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 168p.
- PREFEITURA DE MARICÁ. 2016. Iniciada dragagem de córregos em Itaipuaçu. In: <https://www.marica.rj.gov.br/2016/10/27/iniciada-dragagem-de-corregos-em-itaipuaçu>. (Acesso 01/12/2017).
- PREFEITURA DE MARICÁ. 2017. Prefeitura intensifica dragagem de rios e canais. In: <https://www.marica.rj.gov.br/2017/03/09/prefeitura-intensifica-dragagem-de-rios-e-canais/>. (Acesso 01/12/2017).



- RODRÍGUEZ, Á.L.; SIERRA-CORREA, P.C. & RIVERA, P.L. 2013. Criteria for incorporating the guidelines of the integrated coastal zone management (ICZM) in territorial land use planning: study case for the Colombian Pacific Coastal Area. *International Journal of Marine Science*, 3(29):225-237. (doi: 10.5376/ijms.2013.03.0029)
- RODRIGUEZ, I.; MONTOYA, I; SÁNCHEZ M.J. & CARREÑO, F. 2009. Geographic Information Systems applied to Integrated Coastal Zone Management *Geomorphology*, 107 (1-2):100-105. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.0.023>>. Acesso em: Agosto de 2017.
- SILVA ALC, SILVA MAM, GRALATO JCA & Silvestre CP (2014) Caracterização Geomorfológica e Sedimentar da Planície Costeira de Maricá (Rio De Janeiro)/ Geomorphological and Sedimentary Characterization of the Maricá Coastal Plain (Rio de Janeiro State). (doi.org/10.20502/rbg.v15i2.470)
- SMOL, J.P. 2008. *Pollution of Lakes and Rivers - A Paleoenvironmental Perspective*. 396p., Blackwell Publishing, Oxford. (ISBN 978-1-405-15913-5)
- SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SANEAMENTO. 2016. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014. Ministério das Cidades, Brasília, Brasil 212.
- SOUSA, L.G.R.; Miranda, A.C. & Medeiros, H.B. 2013. O sistema lagunar de Maricá: um estudo de impacto ambiental. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, 9 (2):153-165. (ISSN: 1980-0827)
- SOUSA, L.G.R.; MIRANDA, A.C. & MEDEIROS, H.B. 2013. O sistema lagunar de Maricá: um estudo de impacto ambiental. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, 9 (2):153-165. (ISSN: 1980-0827)
- TU, T. SU, S. SHYU, H.C.; Huang, P.S. 2001. Efficient intensity-hue-saturation-based image fusion with saturation compensation. *Optical Engineering*, 40(5):720-728. (doi:10.1117/1.1355956)
- TUNDISI, J.G. & TUNIDISI, T.M. 2008. *Limnologia*. 632 p., Oficina de textos, São Paulo. (ISBN 978-85-86238-66-6)
- TURQ, B.; MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; SUGUIO, K.; PIERRE, C. & TASAYACO- ORTEGA, L. 1999. Origin and evolution of the quaternary coastal plain between Guaratiba and Cabo Frio, state of Rio de Janeiro, Brazil. In: Knoppers B, Bidone ED, Abrão JJ (eds) *Environmental geochemistry of coastal lagoon systems of Rio de Janeiro, Brazil*. Série Geoquímica Ambiental, Niterói, Brasil.
- UNEP – United Nations Environment Programme. 2008. *Blue Cities Guide: Environmentally Sensitive Urban Development*. UNEP, Nairobi.
- UNEP – United Nations Environment Programme. 2011. *Green Hills, Blue Cities: an ecosystems approach to water resources management for African cities. A Rapid Response Assessment*, UNEP, Nairobi.
- VALIELA, I. 1995. Nutrient cycles and ecosystem stoichiometry. In: VALIELA, I. (ed) *Marine Ecological Processes*. Boston University, Boston, p. 425-454. (doi.org/10.1007/978-1- 4757-4125-4).
- WANG, Y.; LIU, D.; DONG, Z.; DI, B. & SHEN, X. 2012. Temporal and spatial distributions of nutrients under the influence of human activities in Sishili Bay, northern Yellow Sea of China. *Marine Pollution Bulletin*, 64:2708–2719. (doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.09.024)
- WU, X. Q; GAO, M.; WANG, Y.; LU, Q.S. & ZHANG, Z.D. 2012. Framework and practice of integrated coastal zone management in Shandong Province, China. *Ocean & Coastal Management*, 69:58-67. (doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.07.030).
- ZHA, Y.; GAO, J. & NI, S. 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3):583–594. (doi.org/10.1080/01431160210144570).