

Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais - PPGCTA

Reinaldo Brandi Abreu Bifano

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CORPOS HÍDRICOS NO
EXTREMO SUL DA BAHIA**

Orientador: Prof. Prof. Dr. Marcus Luciano Souza de
Ferreira Bandeira

Coorientadora: Prof. Dra. Catarina da Rocha Marcolin

Coorientadora: Prof. Dra. Maria Otávia Silva Crepaldi

PORTO SEGURO - BA

JANEIRO - 2020

Reinaldo Brandi Abreu Bifano

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CORPOS HÍDRICOS NO EXTREMO SUL DA BAHIA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Sul da Bahia e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais para obtenção do Título de Mestre em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Prof. Dr. Marcus Luciano Souza de
Ferreira Bandeira

Coorientadora: Prof. Dra. Catarina da Rocha Marcolin

Coorientadora: Prof. Dra. Maria Otávia Silva Crepaldi

PORTO SEGURO - BA

JANEIRO - 2020

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CORPOS HÍDRICOS NO
EXTREMO SUL DA BAHIA**

Comissão Julgadora

Prof. Dr. Leonardo Tompson Silva

IFBA – Porto Seguro

Prof. Dr. Nadson Ressayé Simões

UFSB – Porto Seguro

Prof. Dr. Marcos Eduardo Cordeiro Bernardes

UFSB – Porto Seguro

Aprovada em: dia mês ano (___/___/____)

Local da Defesa:

Dedico este trabalho a
todos aqueles que
contribuíram com esta
realização.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado força, ânimo e disposição para que eu pudesse completar mais uma etapa da minha vida.

A minhas coorientadoras Dra. Catarina Marcolin e Dra. Maria Otávia pela paciência, apoio, correções e orientação.

A meu orientador Dr. Marcus Bandeira apoio na realização deste trabalho.

Aos amigos que encontrei durante o curso, em destaque, Raquel Quinelato, parceria total nas análises laboratoriais, formamos uma equipe de sucesso.

A minha melhor amiga Adriana Tiemi e a Danillo Andrade que estiveram presentes em todo processo, da seleção até nossa defesa.

Aos professores funcionários da UFSB pela dedicação e empenho durante o curso.

Por fim, aos meus amigos e familiares, pela compreensão nos momentos de dedicação aos Estudos e a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que este sonho fosse realizado, meu eterno AGRADECIMENTO.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERÊNCIAS	15
RESUMO	21
ABSTRACT	21
INTRODUÇÃO	22
METODOLOGIA	23
ÁREA DE ESTUDO	23
DESENHO AMOSTRAL	25
ANÁLISE DE ÁGUA	26
ORGANISMOS PLANCTÔNICOS	26
ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	27
USO E OCUPAÇÃO	27
ESTATÍSTICA	28
RESULTADOS	28
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA	28
ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	29
USO E COBERTURA DA TERRA	30
COMUNIDADE PLANCTÔNICA	31
ABUNDÂNCIA RELATIVA (AR).....	32
ESTATÍSTICA	33
DISCUSSÃO	37
ANÁLISE DA ÁGUA	37
ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	38
USO E COBERTURA DA TERRA	38
COMUNIDADE PLANCTÔNICA	40
CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	41
MATERIAL COMPLEMENTAR (ANEXOS)	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da qualidade das águas segundo pesos relativos ao IQA.	277
Tabela 2 – Quantitativo da área territorial ocupada por cada unidade do uso e cobertura da terra.	31
Tabela 3 - Quantitativo da Área de Preservação Permanente (APP).....	31
Tabela 4 – Resultados do teste de Kruskal-Wallis (valores de p). As variáveis testadas foram logaritmizadas. Valores em negrito foram considerados significativos. *valores marginais de p	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Disposição dos pontos amostrais (J1, J2, J3, J4, J5, M2, M3 e M4) ao longo dos rios Jardim e Mutari, localizados nos municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabralia-BA.....	24
Figura 2 – Precipitação acumulada mensal de Porto Seguro e Santa Cruz Cabralia - BA.....	25
Figura 3 – Precipitação acumulada mensal e semanal em relação ao dia de coleta dos rios Jardim e Mutari.....	266
Figura 4 – Valores de Índice de Qualidade de Água obtidos para as amostras das microbacias.....	30
Figura 5 – Mapa do Uso e Cobertura da terra.	300
Figura 6 – Densidade do zooplâncton (organismos.m ⁻³) ao longo dos pontos de amostragem nos rios Jardim e Mutari. Abril, Maio, Julho e Outubro de 2019. Cla: Cladocera; cyc: Cyclopoida; cal: Calanoida; har: Harpacticoida; rot: Rotifera; nau: larva náuplio.	322
Figura 7 – Abundância relativa para organismos zooplânctônicos nos rios Jardim e Mutari. Amostragens realizadas em maio, julho e outubro de 2019. cla: Cladocera; cyc: Cyclopoida; cal: Calanoida; har: Harpacticoida; rot: Rotifera; nau: larva náuplio	333
Figura 8 – Testes de comparação entre médias (Kruskal Wallis) para os diferentes parâmetros da água, comparando áreas urbanas e protegidas. *valores de $p < 0,05$	34
Figura 9 – Testes de comparação entre médias (Kruskal Wallis) para os diferentes grupos zooplânctônicos, comparando áreas urbanas e protegidas. *valores de $p < 0,05$	35
Figura 10 – Análise multivariada de variância (MANOVA) dos parâmetros da água entre período seco e chuvoso, entre rios Jardim e Mutari, entre área preservada e urbana e entre campanhas.	36
Figura 11 – Análise multivariada de variância (MANOVA) dos organismos zooplânctônicos entre rios Jardim e Mutari, entre área preservada e urbana e entre campanhas.	356

LISTA DE ABREVIATURAS

- APA – Área de Proteção Ambiental
- APP – Área de Preservação Permanente
- CE ($\mu\text{S}/\text{cm}\cdot\text{1}$) – Condutividade elétrica
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CT – Coliformes Totais
- DBO (mg L^{-1}) – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- ET – Coliformes Termotolerantes
- INEMA – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- NT (mg L^{-1}) – Nitrogênio Total
- NO_2 (mg L^{-1}) - Nitrito
- NO_3 (mg L^{-1}) - Nitrato
- NH_4 (mg L^{-1}) - Amônia
- OD (mg L^{-1}) – Oxigênio Dissolvido
- pH – Potencial Hidrogeniônico
- PT (mg L^{-1}) – Fósforo Total
- RPPN – Reserva Particular de Patrimônio Natural
- SAL – Salinidade
- ST – Sólidos Totais
- T°C – Temperatura
- TDS – Sólidos Dissolvidos Totais
- TURB (NTU)– Turbidez
- VMP – Valor máximo permitido

INTRODUÇÃO GERAL

QUALIDADE DE CORPOS HÍDRICOS

A água doce de boa qualidade e a quantidade dos recursos hídricos encontrados no planeta tem sido cada vez mais valorizada pela sociedade em geral, tanto pela notoriedade da conservação dos ecossistemas aquáticos, como para outros diversos manejos (Breda, 2011, Yamaguch *et al.*, 2013). Os recursos hídricos devem ser geridos de forma a promover o uso sustentável das bacias hidrográficas, auxiliando nos fatores bióticos, econômicos e sociais (Fugl, 2010; Santos *et al.*, 2019).

Embora a água se configure como elemento essencial para os seres vivos (Paz, Teodoro e Mendonça, 2000; Moraes e Jordão, 2002; Souza *et al.*, 2014), estudos realizados em diferentes países têm evidenciado a deterioração desse recurso em várias partes do planeta (Bollmann e Edwiges, 2008; Rothwell *et al.*, 2010; Rigotti e Pompêo, 2011; Kay *et al.*, 2017).

A água deve ser utilizada de forma racional para preservação de sua qualidade, pois os impactos ambientais afetam a diversidade da biota, alterando as condições sanitárias e conseqüentemente lançando carga poluidora em desacordo com parâmetros de qualidade ambiental que resultam direta ou indiretamente em prejuízos à saúde, segurança e bem-estar das populações (Von Sperling, 2005; Derisio, 2013; Carletto e Oliveira, 2017).

Estar atento aos impactos antropogênicos e naturais ocorrentes nos recursos hídricos é extremamente relevante, principalmente nas áreas adjacentes à atividades de agropecuária, de mineração, onde ocorrem desmatamentos, áreas com ocupação desordenada da terra, onde há despejos inadequados de sólidos e efluentes domésticos advindos de zonas difusas e pontuais (Alves *et al.*, 2008; Moura *et al.*, 2013).

Atividades antrópicas (desmatamento, uso e ocupação da terra, atividades agrícolas, crescimento industrial, urbanização e aumento de efluentes) e mudanças globais (elevação da temperatura média global, alterações no padrão de precipitação) são os principais agravantes de degradação ambiental, influenciando as condições ecológicas nos sistemas aquáticos (Paert *et al.* 2014; Isbell *et al.* 2013; Lanna, 2005; Novaes, 2013 e Mendonça *et al.*, 2015). Aliado a isso, o desenvolvimento econômico e social provoca alterações de ordem química, física e biológica contribuindo para o aumento da demanda por água (Souza *et al.*, 2014; Saltos *et al.*, 2017).

As atividades antrópicas geram grandes impactos no uso e ocupação da terra, através de lançamento de efluentes líquidos ou gasosos, além de resíduos sólidos que contaminam recursos naturais importantes à manutenção da vida. Nos recursos hídricos, esses impactos são ainda mais sentidos, uma vez que para seu desenvolvimento, todas as atividades necessitam dele, seja como recurso primário ou como meio de lançamento dos efluentes gerados (Silva, 2010; Antunes *et al.*, 2012). Tornam-se imprescindíveis, portanto, pesquisas que avaliem a qualidade de corpos hídricos nos diferentes biomas do planeta.

O monitoramento ambiental, além de tentar descrever os padrões de variação nos componentes físicos, químicos e biológicos dos ecossistemas, fornece subsídio para a proposição de ações mitigadoras para melhor gerenciamento dos ecossistemas aquáticos (Alves *et al.*, 2012; Esteves e Rocha, 2015). O monitoramento é uma base necessária para uma política de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos (Guedes *et al.*, 2012).

Além da utilização de parâmetros físicos e químicos, algumas ferramentas como os Sistemas de Informação Geográficas (GIGs), têm sido muito estimado para a avaliação da qualidade ambiental em bacias brasileiras, como exemplo no estudo de Pissara, Galbiati *et al.* (2005), em que avaliaram a interpretação do uso ocupação da terra e erosão acelerada em microbacias utilizando SIG. Outro estudo simulou cenários alternativos de uso da terra em microbacias, por técnica de geoprocessamento (Machado, Vettorazzi, & Xavier, 2003; Brancalione; Hendges; Leme, 2019).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005) é um órgão de assessoramento do Governo Federal sobre as linhas e direções que devem tomar as políticas governamentais para a exploração e preservação do meio ambiente e dos recursos naturais. Além disso, também cabe ao órgão, dentro de sua competência, criar normas e determinar padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à qualidade de vida.

Para o controle da poluição das águas de rios, existem limites de concentrações de substâncias encontradas nos mananciais que determinam os padrões de qualidades dos corpos hídricos. Esses padrões estão relacionados à classificação das águas, que é estabelecida segundo seus usos preponderantes, de acordo com essa resolução, variando da Classe especial até a Classe 4 (Santos *et al.*, 2013).

O procedimento mais adequado para a gestão correta dos corpos hídricos é o monitoramento ambiental integrado dos recursos, para reconhecer seu estado e os possíveis estressores que influenciam na sua qualidade (Naime e Spilky, 2012). A

avaliação da qualidade de um corpo de água requer o seu monitoramento do ponto de vista espacial e temporal, em intervalos regulares de tempo, com o objetivo de se obter dados que possibilitem definir o estado do corpo hídrico. Na Bahia, o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA tem por finalidade promover a gestão das águas superficiais e subterrâneas de domínio do Estado. Atualmente o monitoramento realizado pelo INEMA é de 184 rios, além de outros corpos d'água, num total de 418 pontos de amostragem, nos quais são analisados de 3 a 50 parâmetros de qualidade da água, porém não há pontos de monitoramento pelo INEMA para os rios estudados.

Nessa perspectiva, a Política Nacional de Recursos Hídricos prevê o uso de indicadores para avaliação da qualidade das águas (Lei 9433/97), criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). Tal lei tem como um de seus preceitos “considerar que a saúde e o bem estar humanos, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados como consequência da deterioração da qualidade das águas” (BRASIL, 1997).

ORGANISMOS PLANCTÔNICOS COMO BIOINDICADORES

A comunidade planctônica é constituída por vários grupos de organismos, com destaque para cladóceros, rotíferos e copépodos em corpos límnicos, que desempenham papéis de transferência de massa e energia dos produtores primários para os níveis tróficos superiores dentro das cadeias alimentares (Litchman *et al.*, 2013, Mitrovic *et al.*, 2014). Alguns destes organismos são sensíveis e podem ser afetados por mudanças, no ambiente, a exemplo do excesso de nutrientes, provenientes de atividades agrícolas e/ou efluentes, que podem causar a eutrofização do ambiente (Jeppesen *et al.*, 2011; Jensen *et al.*, 2013; Litchman *et al.*, 2013; Simões *et al.*, 2015; Krupa *et al.*, 2018).

A subclasse Copepoda (Classe Crustacea) é a mais diversa entre os organismos planctônicos, é representada por mais de 14.000 espécies catalogadas, sendo 2.500 espécies descritas para água doce. A maioria possui de 1 a 5 mm de comprimento e a alimentação desses animais é à base de pequenas algas ou fitoplâncton (Reid & Williamson, 2010).

Já os cladóceros (ordem Cladocera), pertencem à classe Branchiopoda, com cerca de 620 espécies descritas de água doce, com dimensões que variam de 0,2 a 18 mm. (Dodson *et al.*, 2010). Estes organismos são na sua maioria herbívoros, filtradores de fitoplâncton e pequenos detritos, embora alguns gêneros sejam carnívoros, alimentando-

se de outros pequenos crustáceos (Moss, 2010; Smirnov, 2014). Alterações nas condições dos ecossistemas aquáticos, como por exemplo a turbidez aumentada, podem afetar a distribuição deste grupo, uma vez que os sedimentos finos podem interferir com o sistema de filtração (Dodson *et al.*, 2010).

Outros organismos filtradores são os rotíferos, metazoários de dimensões menores, entre 40 a 2000 μm , apresentando em sua maioria forma alongada, com cabeça, tronco e um pé distintos (Wetzel, 1993). Se alimentam-se de algas, detritos e bactérias. Apresentam dinâmica sazonal complexa e variável, sofrendo grande influência da temperatura, além da qualidade e abundância de nutrientes (Wetzel, 1993).

Segundo Litchman *et al.* (2013), as funções ecológicas do zooplâncton, representadas por sua alimentação, reprodução, crescimento e sobrevivência podem responder como bioindicadores de qualidade ambiental, especialmente pelo ciclo de vida curto desses organismos. Esses organismos podem responder a baixos índices de oxigênio dissolvido, bem como a altos níveis de nutrientes encontrados nos rios (Casé *et al.*, 2008). Dessa forma, é importante analisar suas características comportamentais, morfológicas e fisiológicas em um ecossistema, uma vez que as respostas de ecossistemas aquáticos a impactos ambientais podem ser caracterizadas por mudanças na composição taxonômica da comunidade planctônica, ou seja, na sua estrutura.

Grande parte das publicações brasileiras sobre a comunidade zooplânctônica analisaram parâmetros físicos, químicos e biológicos em rios e reservatórios (Almeida *et al.*, 2009, De-Carli *et al.*, 2017, Paranhos *et al.*, 2013; Sartori *et al.*, 2009; Dantas-Silva e Dantas, 2013), a dinâmica e diversidade do zooplâncton de alguns ambientes de água doce (Casanova, 2005; Chase 2010; Simões *et al.* 2013; Astorga *et al.* 2014), aspectos da composição e abundância (Lima *et al.*, 2003, Maia-Barbosa *et al.* 2008; Peixoto *et al.*, 2008; Lansac-Tôha *et al.*, 2009, Colares *et al.*, 2013) e análise de bioindicadores de água doce (Araújo e Nogueira, 2016).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água de dois mananciais (rios Jardim e Mutari), situados nos municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália – BA, por meio de três abordagens: i) caracterização dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, incluindo o Índice de Qualidade da Água (IQA), ii) classificação supervisionada de uso e cobertura da terra e iii) caracterização da estrutura da comunidade planctônica (composição e abundância).

REFERÊNCIAS

Almeida, V.L.S.; Dantas, Ê.W.; Melo-júnior, M; Bittencourt-oliveira, M.C. Moura, A.N. Zooplanktonic community of six reservoirs in northeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. 1, p. 57-65. 2009.

Alves, E. C., Silva, C. F., Cossich, E. S., Tavares, C. R. G., Souza Filho, E. D., Carniel, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Sci. Technol. Maringá**, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008. Disponível em:<
<file:///C:/Users/ricardo/Downloads/3199-8599-1-PB>.

Antunes, Ó. E. D. Análise multicritério em SIG para determinação de um índice especializado de pressão antrópica litoral: Casos de Espinho, Caparica e Faro. 2012. **Faculdade de Ciências Sociais e Humanas**, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

Araújo, A. P.; Nogueira, S. E. M. Zooplâncton como bioindicador das águas do reservatório natural do povoado olhos d'água do Souza, Glória, Bahia, Brasil. **Revista Ouricuri**, Paulo Afonso, Bahia, v.6, n.2, p.001-016. mai./ago., 2016. <http://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri> | ISSN 2317-0131

Astorga A, Death R, Death F, Paavola R, Chakraborty M, Muotka T (2014) Habitat heterogeneity drives the geographical distribution of beta diversity: the case of New Zealand stream invertebrates. **Ecology and Evolution** 4:2693-2702 doi:10.1002/ece3.1124

Brançalione, T; Hendges, E. R; Leme, R. C. Análise do uso e Ocupação da terra na microbacia do rio Frio, Marmeleiro. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR** - ISSN 2358-5420 – edição especial – agosto de 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Lei n. 9.433: Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1997. 72p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (2005) **Resolução nº 357, de 17 de março de janeiro de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabeleceu diretrizes ambientais para o enquadramento**. Brasil: CONAMA.

Bollmann, H.A.; Edwiges, T. (2008) Avaliação da qualidade das águas do Rio Belém, Curitiba -PR, com o emprego de indicadores quantitativos e perceptivos. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 4, p 443-452.

Breda, L. S. **Avaliação Espaço-Temporal da Qualidade da Água no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Funil- Região Sul de Minas Gerais**. 2011. 272 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. 2011.

Casanova SMC. Análise da estrutura da comunidade zooplanctônica na região de desembocadura do rio Paranapanema na represa de Jurumirim (SP), com ênfase na

dinâmica populacional de Rotifera . **Botucatu: Universidade Estadual Paulista**, São Paulo; 2005.

Carletto, D. L, Oliveira, T.M.N. Educação ambiental e sustentabilidade: a Pegada Ecológica na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Joinville, SC, **Acta Biológica Catarinense**, ISSN 2358-3363, Joinville/SC, Brasil. 2017

Casé, M. C. C. et al. 2008. Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. **Marine Pollution Bulletin**. v. 56, p. 1343–1352.

Chase JM (2010) Stochastic community assembly causes higher biodiversity in more productive environments. **Science** 328:1388-1391 doi:10.1126/science.1187820

Colares, MAM, Bonecker, CC, Simões, NR, Alves, GM e Lansac-Tôha, FA Estrutura das comunidades zooplancônicas em macrófitas de uma planície de inundação neotropical (rio Paraná, Brasil). *International Review of Hydrobiology* , 2013, 98 (2), 89-103. <http://dx.doi.org/10.1002/iroh.201301471> .

Dantas-Silva, L. T.; Dantas, Ê. W. ZOOPLÂNCTON (ROTIFERA, CLADOCERA E COPEPODA) E A EUTROFIZAÇÃO EM RESERVATÓRIOS DO NORDESTE BRASILEIRO. **Oecologia Australis** 17(2): 53-58, Junho 2013 <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2013.1702.06>

De-Carli, B. P; Doval, J. C. L; Rodrigues, E. H. C; Pompêo, M. L. M. Variação espacial e sazonal do zooplâncton nos reservatórios do Sistema Cantareira, Brasil **Rev. Ambient. Água** vol. 12 n. 4 Taubaté – Jul. / Aug. 2017.

Derisio, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

Dodson, S. L., C. E. Cáceres, & D. C. Rogers, 2010. Cladocera and Other Branchiopoda Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. **Elsevier**: 773–827, <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123748553000200>.

Esteves, R. A; Rocha, J. R. S. L. Monitoramento limnológico do rio São Francisco- RJ como ferramenta de gestão ambiental para as empresas que o utilizam como fonte de recursos hídricos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p.392- 401. 2015.

Fugl, T. J. C. Firming up the Conceptual Basis of Integrated Water Resources Management. **International Journal of Water Resources Development**. p. 502. 2010.

Guedes, H. A. S. *et al.* Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 16. n. 5, p. 558- 563. 2012.

Jensen, T. C., I. Dimante-Deimantovica, A. K. Schartau, & B. Walseng, 2013. Cladocerans respond to differences in trophic state in deeper nutrient poor lakes from Southern Norway. **Hydrobiologia** 715: 101–112.

Jeppesen, E., P. Nøges, T. A. Davidson, J. Haberman, T. Nøges, K. Blank, T. L. Lauridsen, M. Søndergaard, C. Sayer, R. Laugaste, L. S. Johansson, R. Bjerring, & S. L. Amsinck, 2011. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). **Hydrobiologia** 676: 279–297.

Kagalou, I. I., A. Kosiori, & I. D. Leonardos, 2010. Assessing the zooplankton community and environmental factors in a Mediterranean wetland. **Environmental Monitoring and Assessment** 170: 445–455.

Kay, P.; Hghes, S.R.; Ault, J.R.; Ashcroft, A.E.; Brown, L.E. (2017) Widespread, routine occurrence of pharmaceuticals in sewage effluent, combined sewer overflows and receiving waters. **Environmental Pollution**, v. 220, p. 1447-1455.

Krupa, E. G., S. S. Barinova, K. B. Isbekov, & S. Z. Assylbekova, 2018. The use of zooplankton distribution maps for assessment of ecological status of the Shardara reservoir (Southern Kazakhstan). **Ecohydrology & Hydrobiology** Elsevier 18: 52–65, .

Lansac-Tôha, F.A., Boneker, C.C., Velho, L.F.M., Simões, N.R., Dias, J.D., Alves, G.M. and Takahashi, E.M. Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies. **Brazilian Journal of Biology**, 2009, 69(2), 539-549. Supplement. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842009000300009>. PMID:19738961.

Lima, A.F., Lansac-Tôha, F.A., Velho, L.F.M., Bini, L.M. and Takeda, A.M. Composition and abundance of Cladocera (Crustacea) assemblages associated with *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth stands in the Upper Paraná River floodplain. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 2003, 25(1), 41-48.

Litchman, E., Ohman, M. D., & Kiørboe, T. (2013). Trait-based approaches to zooplankton communities. **Journal Plankton Research**, 35(3), 473–484.

Machado, R. E.; Vettorazzi, C. A.; Xavier, A. C. Simulação de Cenários Alternativos de Uso da Terra em uma Microbacia Utilizando. **R. Bras. Ci. Solo**, 2003.

Maia-Barbosa, P.M., Peixoto, R.S; Guimarães, A.S. Zooplankton in littoral waters of a tropical lake: a revisited biodiversity. **Brazilian Journal of Biology**, 2008, 68(4), 1069-1078. Supplement. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000500014>. PMID:19197477. [/plankt/fbt019](#).

Mitrovic, S. M., Westhorpe, D. P., Kobayyashi, T., Baldwin, D. S., Ryan, D., & Hitchcock, J. N. (2014). Short-term changes in zooplankton density and community structure in response to different sources of dissolved organic carbon in an unconstrained lowland river: evidence for food web support. **Journal of Plankton Research**, 36(6), 1488–1500.

Moraes, D.S.L.; Jordão, B.Q. (2002) Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374.

Moura, L. S.; Braga, R. J. O.; Siqueira, E. R.; Kopp, K. A. O papel do sedimento na qualidade da água de abastecimento urbano: uma revisão dos trabalhos publicados entre 2001 e 2011. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v.7, n.1, 2013.

Naime, R. H; Spilki, F. R. **Preservação ambiental e o caso especial do manejo de resíduos de laboratório: conceitos gerais e aplicados**. Universidade Feevale. Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil, 2012.

Paranhos, J. D. N.; Almeida, V. L. S.; Silva Filho, J. P.; Paranaguá, M. N.; Melo Junior, M.; Neumann-Leitão, S. The zooplankton biodiversity of some freshwater environments in Parnaíba basin (Piauí, Northeastern Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n.1, p. 125-134, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s10452-007-9151-x>

Paz, V.P.S.; Teodoro, R.E.F.; Mendonça, F.C. (2000) Recursos Hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 465-473.

Peixoto, R.S., SÁ, C.E.M., Guimarães, A.S. and Maia-Barbosa, P.M. Seasonal fluctuations of the microcrustacean assemblages in the littoral zone of Lake Dom Helvécio (Parque Estadual do Rio Doce, MG). **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2008, 20(3), 213-219.

Pissara, T. C. et al. Avaliação por Fotointerpretação do Uso/Ocupação do Solo e Erosão Acelerada em. **Avaliação por Fotointerpretação do Uso/Ocupação do Solo e Erosão Acelerada em**, Goiania, p. 4461-4467, Abril 2005.

Reid JW, Williamson CE (2010) Copepoda. In: Thorp JA, Covich AP (eds), Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. **Academic Press**, 1021 pp, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374855-3.00021-2>

Rigotti, J.A.; Pompêo, C.A. (2011) Assessment of urban stream condition: case study. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN DRAINAGE**, 12., Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: ABRH/IWA.

Rothwell, J.J.; Dlse, N.B.; Taylor, K.G.; Allott, T.E.H.; Scholefield, P.; Davies, H.; Neal, C. (2010) A spatial and seasonal assessment of river water chemistry across. **Science of the Total Environment**, v. 408, p. 841-855.

Saltos, R. V. A., Rodríguez, L., Sucoshañay, D., & Bucaram, E. (2017). Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo. **Ingeniería Hidráulica y Ambiental**, XXXVIII(2), 59–72. <https://doi.org/1815-591X>

Santos, Q. R. Fraga. M. S; Uliana; E. M; Reis. A. S; Barros. F. M. Monitoramento da Qualidade da água em uma seção Transversal do rio Catolé, Itapetinga-BA. **Enciclopédia Biosfera**. v. 9. n. 16. P. 1530. 2013.

Sartori, L.P.; Nogueira, M.G.; Henry, R.; Moretto, E.M. Zooplankton fluctuations in Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil): a three-year study. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 1-18, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842009000100002>

Simões NR, Colares MAM, Lansac-Tôha FA, Bonecker CC (2013) Zooplankton species richness–productivity relationship: Confronting monotonic positive and hump-shaped models from a local perspective. **Austral Ecol.** 38:952-958 doi:10.1111/aec.12038

Souza, J.R.; Moraes, M.E.R.; Sonoda, S.L.; Santos, H.C.R. (2014) a importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodepa**, v. 8, n. 1, p. 26-45.

Von Sperling, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.

Yamaguchi, M. U; Cortez, L. E. R; Ottoni, L. C. C; Oyma, J. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. **O Mundo da Saúde**, São Paulo-SP, v. 37, n. 3, p. 312-320, 2013.

Wetzel, R. G., 1993. Limnologia. **Limnologia**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal.

Este artigo/capítulo está formatado segundo as normas da revista Gestão de Água da América Latina

Disponível no site: <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA>

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DO EXTREMO SUL DA BAHIA, BRASIL

**Reinaldo Brandi Abreu Bifano, Catarina Rocha Marcolin, Maria Otávia Silva
Crepaldi, Marcus Luciano Souza de Ferreira Bandeira**

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar de forma integrada e complexa a qualidade da água dos rios Jardim e Mutari, situados no Extremo Sul da Bahia através da avaliação físico-química da água, uso e ocupação da terra e variação na estrutura da comunidade planctônica. As coletas foram realizadas nos meses de Abril e Julho de 2019 (período chuvoso) e de Maio e Outubro de 2019, (período seco), em 8 pontos amostrais escolhidos em função do acesso e ordenados no sentido nascente – foz. Os parâmetros físico-químicos e biológicos medidos na água foram temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), salinidade, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), sólidos dissolvidos totais, coliformes totais e termotolerantes, sendo os dados comparados com valores de referência estabelecidos pela resolução CONAMA n° 357/2005 e comunidade planctônica como bioindicadores. Os parâmetros pH, OD, DBO, PT e NT apresentaram valores em desacordo com os permitidos pela legislação, principalmente em pontos mais próximos da foz que é urbanizada, podendo ser explicado por despejo de esgoto doméstico nesses locais. Em relação aos organismos planctônicos, percebeu-se um padrão inversamente proporcional entre a dominância de cladocera e copepoda (cyclopoida). Nos ambientes urbanizados há maior prevalência de cladocera e na região protegida de copepoda. A análise estatística multivariada Manova, permitiu identificar diferenças entre os rios Jardim e Mutari e entre ambientes urbanizados e protegidos, quando foram comparados aos dados de parâmetros físico-químicos da água e a comunidade zooplanctônica. Dessa forma comprovamos a importância da avaliação da qualidade ambiental a partir de conjuntos multivariados, além disso, a classificação supervisionada, possibilitou a visualização das atividades antrópicas e a influência negativa da urbanização e de atividades agrícolas que ocorrem em toda bacia.

Palavras-chave: qualidade da água, parâmetros físicos, químicos e biológicos, bacias hidrográficas, rios.

WATER QUALITY ASSESSMENT IN TWO HYDROGRAPHIC MICROBASINS IN THE SOUTH OF BAHIA

ABSTRACT

This study aimed to assess in an integrated and complex way the water quality of the Jardim and Mutari rivers, located in the extreme south of Bahia through the physical-chemical assessment of water, land use and occupation and variation in the structure of the planktonic community. The collections were carried out in the months of April and July 2019 (rainy period) and May and October 2019, (dry period), in 8 sampling points chosen according to the access and ordered in the nascent - mouth direction. The physical-chemical and biological parameters measured in the water were temperature, hydrogen

potential (pH), salinity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (BOD), nitrite, nitrate, ammonia, total nitrogen (NT), total phosphorus (PT), total dissolved solids, total and thermotolerant coliforms and planktonic community, the data being compared with reference values established by CONAMA Resolution No. 357/2005. The parameters pH, OD, DBO, PT and NT showed values that were in disagreement with those allowed by the legislation, mainly in points closer to the mouth that is urbanized. In relation to planktonic organisms, an inversely proportional pattern was observed between the dominance of cladocera and copepoda (cyclopoid). In urbanized environments there is a higher prevalence of cladocera and in the protected region of copepoda. The multivariate statistical analysis Manova, allowed to identify differences between the rivers Jardim and Mutari and between urbanized and protected environments, when they were compared to the data of physical-chemical parameters of the water and the zooplankton community. In this way, we proved the importance of assessing environmental quality from multivariate sets, in addition, the supervised classification allowed the visualization of anthropic activities and the negative influence of urbanization and agricultural activities that occur throughout the basin.

Keywords: water quality, physical, chemical and biological parameters, watersheds, rivers.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização, principalmente nos países em desenvolvimento, é uma das mais agressivas formas de relacionamento entre o homem e o meio ambiente, causando grandes transformações nos ecossistemas (Ponsadailakshmi *et al.*, 2018). Nesse contexto, as atividades antrópicas exercem forte influência na composição e características dos ecossistemas aquáticos, aumentando o fluxo de nutrientes nas águas, por exemplo (Silva *et al.*, 2011; Gücker *et al.*, 2016; Pagano *et al.*, 2014; Parr *et al.*, 2015).

A qualidade da água pode ser avaliada por características mensuráveis de natureza física, química e biológica. Tais características permitem avaliar se determinado uso que se faz da água é viável, de acordo com limites estabelecidos pela legislação de cada país ou região. (Alexakis, 2008; Derisio, 2013). A disponibilidade de água, em quantidade e qualidade adequadas, para os diversos usos atua como fator determinante no processo de desenvolvimento econômico e social de uma comunidade. Avaliar a qualidade da água como um todo é tarefa complexa, uma vez que a qualidade das águas depende das características dos ambientes naturais, como ciclos de maré e a sazonalidade, além de sofrer influência das ações antrópicas. Além disso, a composição das águas superficiais sofre grande influência das chuvas, pois estas podem dissolver e arrastar materiais existentes na superfície dos solos (Gamvroula *et al.*, 2013; Arruda *et al.*, 2015).

Estudos sobre avaliação de qualidade de água por características físicas, químicas e biológicas foram realizados em diversos locais, em especial, na Lagoa Yuriria no México, no Canal de Ismaíla no Rio Nilo no Egito, na Bacia da Guatemala, no Rio Tucuruí no Pará, na Represa João Penedo – Juiz de Fora (MG) e no Rio Jari (AP), demonstraram os efeitos de ações antrópicas e naturais nos corpos hídricos (Carreón *et al* 2013; Goher *et al* 2014; Chán Santisteban e Peña 2015; Lobato *et al* 2015; Bucci e Oliveira 2014; Oliveira e Cunha 2014). Para cada uso da água, são definidos valores máximos permitidos de determinados parâmetros que a mesma pode conter. Esses limites, quando estabelecidos por órgãos oficiais, são chamados de padrões de qualidade. No Brasil, os padrões de qualidade de água são estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que define o enquadramento dos corpos de água, estabelecendo o nível de qualidade (classe) a ser alcançado ou mantido em um segmento do corpo de

água ao longo do tempo. Como os recursos hídricos, de modo geral, acabam sendo o destino final de diversos tipos de poluentes provenientes de indústrias, residências e de plantações agrícolas, ainda que tratados, a distribuição de água para consumo humano pode ser comprometida (Moura *et al.*, 2013).

Rios abrigam uma variedade de flora e fauna aquáticas incluindo o plâncton, que são direta ou indiretamente benéficos para o ser humano. Os organismos planctônicos são componentes importantes em ecossistemas aquáticos, pois servem de base e suporte alimentar para diversos grupos de animais, incluindo peixes de interesse comercial (Bennion e Simpson, 2011). O zooplâncton é o grupo de animais, microscópicos em sua maioria, que apresenta adaptação à vida em suspensão na coluna de água e são transportados pelas correntes, pois apresentam locomoção limitada em relação à força das correntes fluviais (D'alelio *et al.*, 2016).

Os organismos planctônicos são influenciados pela interação entre fatores físicos, químicos e biológicos, como chuva, luz, temperatura, descarga de efluentes (Cisneros *et al.* 2011; Lancelot e Muylaert 2011; De-Sousa *et al.* 2016; Bussi *et al.* 2016), enriquecimento de nutrientes e matéria orgânica (Li *et al.* 2016; Paczkowska *et al.* 2017).

Considerando o fato dos mananciais serem suscetíveis a contaminações pontuais ou difusas, as quais podem atingir a coluna de água, a qualidade da água é avaliada por meio da determinação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos (Li *et al.*, 2019). O uso do plâncton como indicador biológico não é tão frequente mas pode auxiliar nos estudos de qualidade ambiental, uma vez que esses organismos apresentam reprodução rápida e em grande parte ciclo de vida curto. Essa condição faz com que eles respondam rapidamente às mudanças ocorridas no ambiente, sendo uma ferramenta para a avaliação da qualidade da água. Tais estudos darão subsídio para tomada de decisão e órgãos gestores (municipais, estaduais, federais, internacionais), tendo em vista os possíveis riscos ao meio ambiente e à população que vive no entorno desses rios (Reis *et al.*, 2015).

Dessa forma, o uso de três abordagens – avaliação físico-química da água, uso e ocupação da terra e variação na estrutura da comunidade planctônica – nos rios Jardim e Mutari tem grande potencial para avaliar de forma integrada e complexa a qualidade da água destes mananciais.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

Os corpos hídricos analisados localizam-se nos municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália no sul da Bahia entre os paralelos 16° e 17° de latitude sul e 39° e 39°30' de longitude oeste, apresentando caráter tropical (Lopes; Bonfim, 2000). Estes municípios totalizam uma área de 3.935,05 Km² e integram a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (Figura 1), com áreas declaradas como Patrimônio Mundial Natural e possuem Unidades de Conservação que compõem o Mosaico de Áreas Protegidas do Extremo Sul da Bahia (PMMA, 2016).

Além dos aspectos histórico, cultural e turístico, esses municípios possuem importantes recursos hídricos como o rio São João de Tiba (o maior do município), o rio Mutari (primeiro rio de abastecimento da esquadra de Pero Vaz de Caminha) e o rio Jardim. Esses dois últimos são as principais fontes hídricas utilizadas pela comunidade indígena local (Sampaio, 2010; Silva, 2003). Os rios Jardim e Mutari apresentam nascentes na RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural) Estação Veracel, passam pela Área de Preservação Ambiental (APA) de Coroa vermelha e se encontram a 300 metros antes de desembocarem no mar.

A RPPN Estação Veracel está situada na microrregião de Porto Seguro, mesorregião geográfica Sul Baiano. Localiza-se a 15 Km do centro histórico de Porto Seguro, às margens da BR 367. Estende-se pelos municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália e ocupa área de 6.069 hectares (RPPN ESTAÇÃO VERACEL, 2016). Aproximadamente 23% da área da RPPN são drenados pelo rio Jardim, e em menor proporção, pelos rios dos Mangues e Mutari, que seguem linhas estruturais e inclinação geral dos tabuleiros para o mar (RPPN ESTAÇÃO VERACEL, 2016).

A Área de Preservação Ambiental de Coroa Vermelha, criada pelo Decreto Estadual nº 2.184/93, tem o objetivo de proteção dos recursos naturais bem como assegurar o manejo pelo uso e ocupação da terra (BAHIA, 1993). Apresenta 4.100 hectares e é uma unidade de conservação de uso sustentável, com delimitação ao norte com o rio Mutari, ao sul com o rio do Mangues, a leste com o Oceano atlântico e a oeste com uma faixa de 6 km de preamar (BAHIA, 2016).

A pesquisa diagnosticou duas paisagens distintas: dentro da RPPN Estação Veracel, onde se encontram as nascentes dos rios estudados, estando as mesmas protegidas dos impactos e; no distrito de Coroa Vermelha, onde há ocupação desordenada nas margens dos rios afetando o equilíbrio ambiental dos sistemas naturais. No mapa, os pontos estão representados pelas letras J (rio Jardim) e M (rio Mutari).

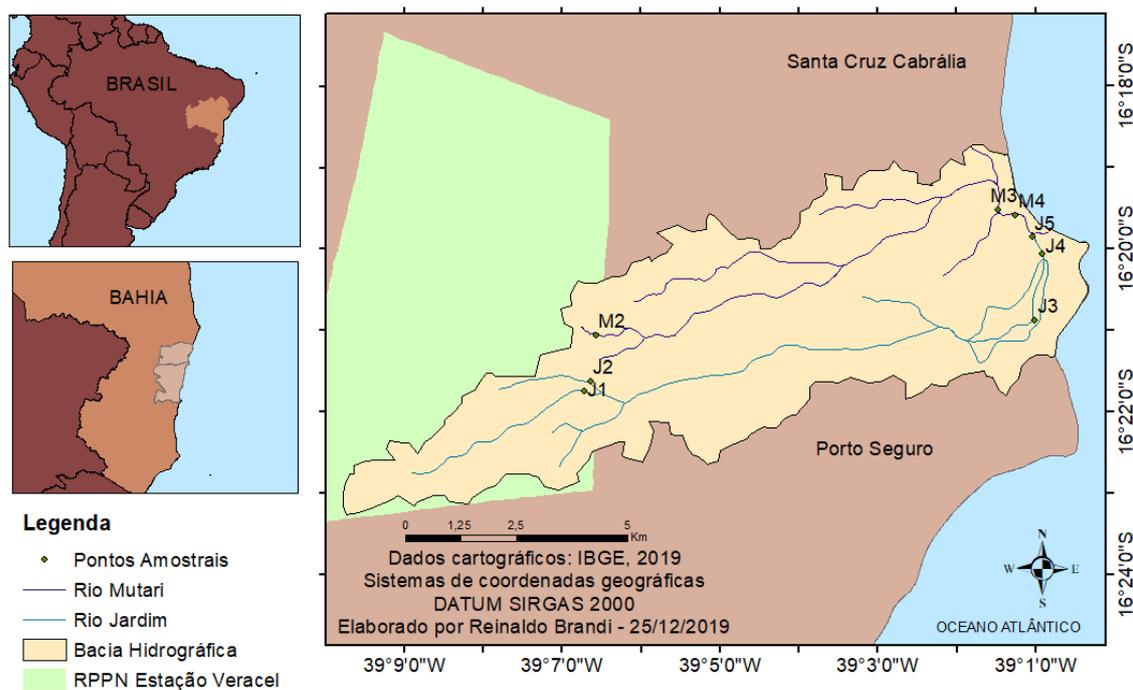


Figura 1 – Disposição dos pontos amostrais (J1, J2, J3, J4, J5, M2, M3 e M4) ao longo dos rios Jardim e Mutari, localizados nos municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália-BA.

Fonte: Autor.

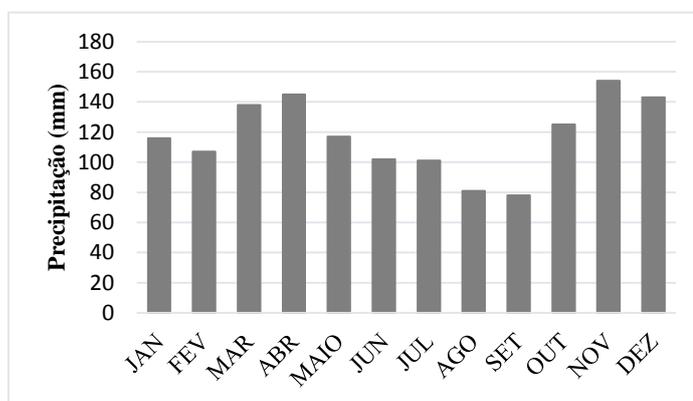
O trabalho de campo foi conduzido ao longo dos rios Jardim e Mutari, contemplando 8 pontos amostrais, (Apêndice 1), sendo 5 no rio Jardim e 3 no Mutari. Os pontos foram escolhidos em função do acesso e ordenados no sentido nascente – foz em conformidade com a NBR 9897 que versa sobre o Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Os pontos J1, J2 e M2 estão localizados próximos das nascentes e ficam dentro da RPPN Estação Veracel apresentando característica de vegetação arbórea; o ponto M3 na APA de Coroa Vermelha apresenta-se protegido por atividades antrópicas, porém recebe influência de atividades agrícolas que foi observado

entre a montante e a jusante onde esse ponto está localizado; os pontos M4 e J4 ficam localizados abaixo de pontes na BR-367 em Coroa Vermelha; o ponto J3 localizado em Coroa Vermelha não apresenta mata ciliar no seu entorno e sofre influência direta de atividades domésticas, o ponto J5, localizado na Aldeia Indígena sofre com a ocupação desordenada do solo, despejo de efluentes domésticos e avicultura.

Os rios Jardim e Mutari são caracterizados como rios de água doce, com salinidade igual ou inferior a 0,5%, de classe 2, conforme estabelece o capítulo VI das disposições finais e transitórias do CONAMA 357 de 2005: “Art. 42°. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente”. Os mesmos possuem cursos d’água perenes, são recursos hídricos lóticos, pois, possuem fluxo e não variam ao longo do ano (PMMA, 2016).

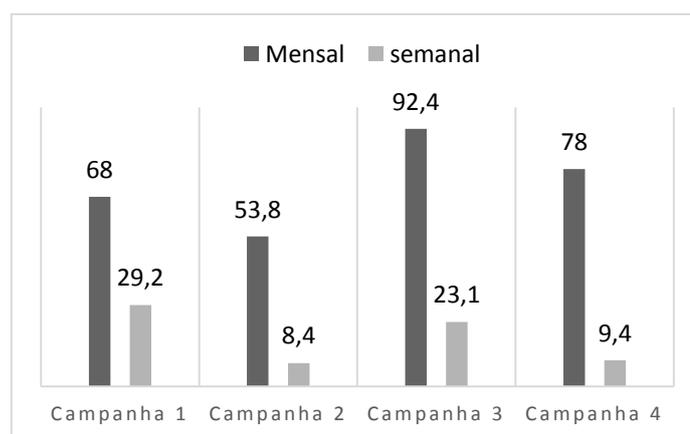
DESENHO AMOSTRAL

Para subsidiar as avaliações climatológicas do regime pluvial, utilizou-se uma série histórica de 30 anos a partir dos dados meteorológicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Figura 2). Para confirmar a delimitação do período de pluviosidade, também foi realizado um recorte mensal e outro semanal em relação ao dia de coleta, ou seja, precipitação acumulada sete e trinta dias anteriormente ao dia de cada campanha. A campanha 1 foi realizada no dia 30 de abril de 2019, a campanha 2 no dia 27 de maio de 2019, a campanha 3 no dia 03 de Julho de 2019 e a campanha 4 no dia 31 de Outubro de 2019. As campanhas 1 e 3 foram caracterizadas como período chuvoso e as campanhas 2 e 4 no período seco (Figura 3). Todas as coletas foram realizadas durante o dia, entre de 8:00 e 11:30 h.



Fonte: INMET.

Figura 2 – Precipitação acumulada mensal de Porto Seguro e Santa Cruz Cabralia – BA, no período entre 1988 a 2018.



Fonte: INMET.

Figura 3 – Precipitação acumulada média mensal e semanal em relação ao dia de coleta dos rios Jardim e Mutari, disponibilizada pela estação pluviométrica de Porto Seguro (código OMM: 86745).

ANÁLISE DE ÁGUA

As amostras de água foram coletadas diretamente a 30 cm da superfície da coluna d'água devidamente etiquetadas, indicando o local e a data da coleta, armazenadas em frascos de polietileno e mantidas refrigeradas até a realização das análises conforme proposto pela CETESB (2011) e NBR 9897/1987. Os parâmetros físico-químicos medidos na água foram temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), salinidade, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e sólidos dissolvidos totais.

Alguns parâmetros foram mensurados diretamente em campo tais como pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais, com auxílio de uma sonda multiparâmetros HI 9828 da marca *Hanna Instruments*. Os demais parâmetros foram mensurados nos laboratórios do IFBA campus Porto Seguro. As metodologias utilizadas para as análises de água (Anexo 1), foram as propostas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). Os resultados das análises e qualidade de águas foram avaliados a partir do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) sob a Resolução No 357/2005 (Anexo II).

ORGANISMOS PLANCTÔNICOS

As amostras de zooplâncton foram coletadas com o auxílio de uma rede cônica simples, malha de 68 μm de abertura, onde foram filtrados 300 litros de água em cada ponto. As amostras foram preservadas em formaldeído 4% para posterior análise em laboratório. O zooplâncton foi triado e identificado a nível taxonômico de grandes grupos com auxílio de microscópio estereoscópio, microscópio óptico e bibliografia pertinente. Foram contados pelo menos 100 indivíduos por amostra.

Para a caracterização da comunidade zooplanctônica foram estimados os dados de densidade (organismos m^3), abundância relativa e frequência de ocorrência. Foram aplicados testes de comparação entre médias, após verificação de homoscedasticidade e normalidade dos dados, para identificar possíveis diferenças entre os pontos localizados na RPPN e os pontos localizados nas áreas antropizadas, bem como possíveis diferenças entre os períodos seco e chuvoso.

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Realizou-se uma avaliação simplificada dados utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA), adotados pela Agência Nacional de Águas (ANA). Uma das vantagens de se utilizar este índice é facilitar a interpretação dos dados, por representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinado de unidades de medidas diferentes (CETESB, 2011).

O IQA é o mesmo adotado pela Agência Nacional das Águas (ANA), que é uma adaptação do índice de qualidade de água da *National Sanitation Foundation* (NSF). O IQA abrange os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais, pH, turbidez e temperatura (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação da qualidade das águas segundo pesos relativos ao IQA.

CATEGORIA	PONDERAÇÃO
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB, 2011.

USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

Para a extração das informações planimétricas de mapeamento do uso e cobertura da terra, foi utilizada o sensor MSI (multi-spectral instrument) acoplado no satélite Sentinel 2A referente ao catálogo de imagens do site do Serviço Geológico Americano (USGS) com resolução espacial de 10 metros. As bandas espectrais foram processadas no *software* QGIS versão 2.18 e reprojetados para o sistema de coordenadas planas, DATUM SIRGAS 2000, Fuso 24S, e realizada uma composição real, utilizando as bandas no comprimento do espectroeletrômagnético vermelho, verde e azul (USGS, 2019):

- Banda número B02 – Blue, comprimento de onda de 490 nanômetro;
- Banda número B03 – Green, comprimento de onda de 560 nanômetro;
- Banda número B04 – Red, comprimento de onda de 665 nanômetro;

O Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal - Para a delimitação da bacia de drenagem, foi utilizada um Modelo de Elevação Digital (MDE) do SRTM *1 Arc-Second Global* (*Shuttle Radar Topography Mission*). O MDE foi processado no *software* QGIS *with Grass* versão 2.18, o processo seguiu as seguintes etapas: preenchimento de áreas sem dados (“*r.fillnulls*”), extração das redes de drenagem (“*r.watershed*”), delimitação da bacia (“*r.water.outlet*”) utilizando as coordenadas do exutório, depois o raster foi convertido em uma camada vetorial (“*r.to.vect*”). Para o reconhecimento preliminar das atividades de uso e cobertura da terra, estabeleceu-se as seguintes classes, para seleção da classificação supervisionada:

- área urbanizada (AU),
- área agrícola (AA),
- área florestada (AF),
- área de silvicultura (AS)

- área de campo (AC)
- água (A).

Para análise estatística o algoritmo de Máxima Verossimilhança, permitiu ponderar a distância das médias digitais das classes, bem como calcular a probabilidade de pixel de cada classe. O mapeamento e a classificação supervisionada foi determinada de acordo com o manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

Segundo Código Florestal, Lei nº12.651/12: Art. 3º (...) Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

II – Área de Preservação Permanente – APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. A Delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP), obteve-se de forma automática, considerando a faixa marginal de corpos hídricos, condizente com as diretrizes estabelecidas pela Lei 12.651. Como é gerado o eixo do rio (formato de linha) e não sua largura (formato poligonal), foi estipulada a menor distância de APP para corpos hídricos que é de 30m, isto é, considerou-se que os rios extraídos tiveram largura inferior a 10m (BRASIL, 2012).

ESTATÍSTICA

Uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal, foram aplicados testes não paramétricos. Para testar as diferenças entre os rios e entre os períodos seco e chuvoso, foram aplicados testes de Kruskal Wallis, que comparam medianas e distância inter-quartis.

Foi realizada uma análise de variância multivariada (MANOVA), para determinar se ocorreram diferenças significativas nas variáveis ambientais em relação à urbanização, ao período e entre os rios estudados. A MANOVA é um procedimento para comparação de médias amostrais multivariadas e usada quando há duas ou mais variáveis dependentes (Warne, 2014). O valor de p foi estabelecido em 0,05.

RESULTADOS

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

Os resultados obtidos representados na tabela (Apêndice 2) foram apresentados considerando dois períodos de coletas e os oito pontos (J1, J2, J3, J4, J5, M2, M3 E M4) para os corpos hídricos (Rio Mutari e Jardim). Em relação aos valores medidos de pH, houve uma variação entre 3,6 a 5,7 no período chuvoso e 4,0 a 6,3 no período seco. A maioria dos valores de pH medidos nos dois rios ficaram fora da faixa de valores permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 compreendido entre 6 e 9.

A temperatura variou entre 22,42°C e 26,08°C no período chuvoso e 23,5 °C a 26,21° período seco. A temperatura da água é considerada um dos parâmetros mais importantes (Oliveira e Cunha, 2014), já que os processos biogeoquímicos são influenciados por ela (Ward *et al.*, 2013).

O parâmetro oxigênio dissolvido variou de 2,2 mg/L a 5,8 mg/L no período chuvoso, enquanto no período seco variou de 1,6 a 6,4. Verificando todas as medições realizadas para esse parâmetro nos dois rios estudados, percebe-se que do total de 16

medidas, 12 (doze), ou seja, 75% apresentaram valores inferiores a 5,0 mg/L, que é o valor mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os valores de condutividade elétrica medidos para os rios ficaram entre 48,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 107 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De acordo com Cetesb (2011), valores de condutividade elétrica superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes de água doce impactados. Faixas de condutividade na ordem de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ podem ser encontradas em águas naturais e em alguns casos, ela pode indicar poluição das águas (Santos *et al.*, 2007). A condutividade elétrica não possui um valor máximo permitido (VMP) na Resolução CONAMA nº 357/2005 em nenhuma das classificações de água doce.

Quanto às determinações de nitrogênio total e fósforo total, os valores mínimos e máximos encontrados foram, para o nitrogênio total: de 0,1 mg/L N e 4,9 mg/L N nos rios, sendo que os pontos J2, J3, J5 e M3 apresentaram valores fora do permitido pela resolução. Para o fósforo total, esses valores foram iguais a 0,002 mg/L P e 0,3 mg/L P nos rios estudados. Houve alteração nos pontos M4 e J5. A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece como valor máximo permitido(VMP) 0,1 mg/L para o fósforo total, e 2,18 mg/L para nitrogênio total em ambientes em águas doces classe II. Em relação a série nitrogenada (nitrito, nitrato e amônia), não houve valores fora do permitido pela resolução CONAMA.

Em relação aos valores de DBO, os resultados obtidos para o período chuvoso ficaram entre 4,9 mg/L O₂ e 9,9mg/L O₂, e para o período seco os valores ficaram entre 0,8 mg/L O₂ e 5,1 mg/L O. Todos os pontos em campanhas de período chuvoso apresentaram valores acima do Valor máximo permitido (VMP) pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Em relação aos sólidos dissolvidos totais, os valores obtidos para o Rio Jardim ficaram entre 38,7 mg/L e 155,3 mg/L; 25,3mg/L e 171,3 mg/L para o Rio Mutari. Os resultados apresentados ficaram muito abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 que é igual a 500 mg/L para água doce classe 2. Barreto *et al.* (2014) em estudo do rio Catolé-BA também encontraram valores bem abaixo do VMP pela Resolução CONAMA n.º 357, de 2005.

Os resultados para o parâmetro *Escherichia coli* variaram entre 2 NMP/100 mL e 350 NMP/100 mL no período chuvoso, e entre 2 NMP/100 mL a 220NMP/100 mL no período seco (Tabela 3). Os maiores valores foram encontrados no Rio Jardim.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece os VMP para coliformes totais, porém estabelece 1000 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes, representados pelo grupo de bactérias *Escherichia coli*. Os valores encontrados não ultrapassaram os valores permitidos pela resolução CONAMA 357/2005.

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os valores obtidos nos cálculos do IQA são apresentados na Figura 4 e classificam a água da bacia em regular ou bom. Das 32 amostras avaliadas, 22% obtiveram o índice Regular e 88% foram classificadas como boas. De maneira geral, a qualidade da água da bacia pode ser classificada como boa, e os fatores que influenciaram negativamente para que essa classificação não atingissem a categoria de ótima foram o pH, baixos valores de Oxigênio Dissolvido e altos valores de DBO.

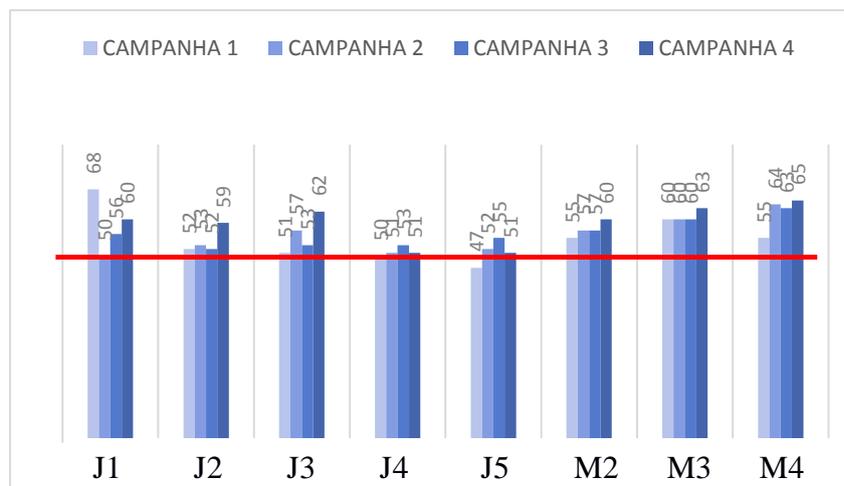


Figura 4 – Valores de Índice de Qualidade de Água obtidos para as amostras das microbacias.

USO E COBERTURA DA TERRA

Foram identificadas cinco classes principais: área urbana, campo e pastagens, área agrícola, silvicultura, área florestal e água. O mapa de uso e cobertura da terra referente ao entorno dos rios estudados, está representado pela Figura 5.

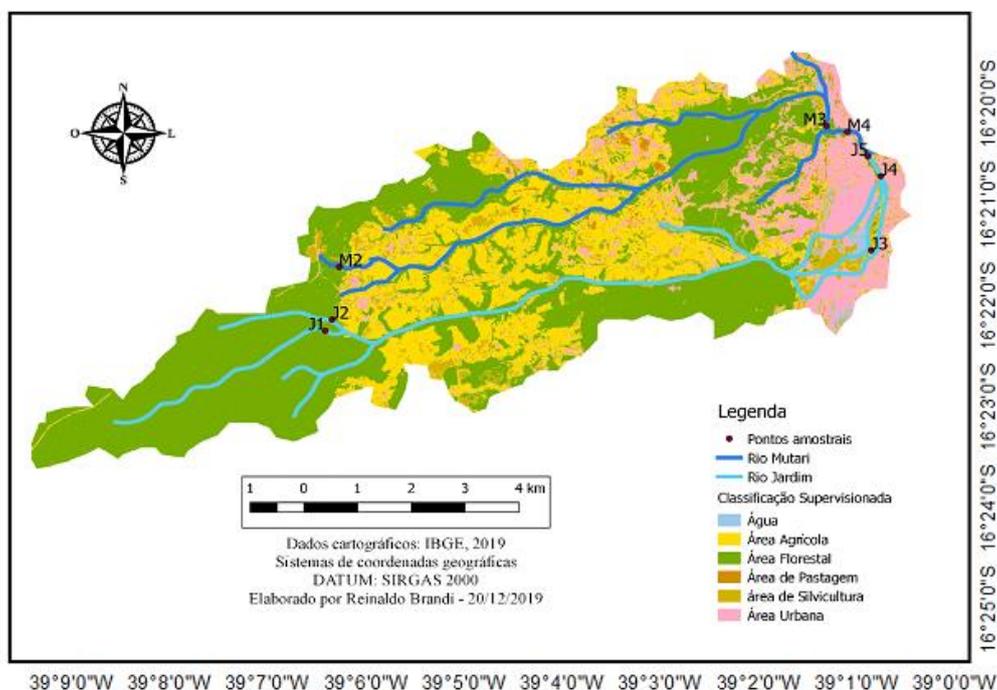


Figura 5 – Mapa do Uso e Cobertura da terra.

A Tabela 2 apresenta os percentuais do quantitativo de uso e cobertura da terra no entorno dos rios estudados. E a Tabela 3, o quantitativo da Área de Preservação Permanente.

Tabela 2 - Quantitativo da área territorial ocupada por cada unidade do uso e cobertura da terra

CLASSE	UNIDADES	ÁREA (HA)	ÁREA (%)
Área antrópica	Área urbana	699,06	11,8
	Campo e pastagem	102,25	1,7
Área antrópica agrícola	Área Agrícola	1416,54	23,9
	Silvicultura	531,60	9
Área de vegetação Natural	Área Florestal	3126,76	52,9
	Água	43,10	0,7
Total		5919,13	100

Tabela 3 - Quantitativo da Área de Preservação Permanente (APP)

	Rio Jardim (HA)	ÁREA (%)	Rio Mutari (HA)	ÁREA (%)
Área Urbana	9,88	6,5	29,09	15,6
Campo e pastagem	2,55	1,7	1,44	0,8
Silvicultura	23,89	15,7	17,78	9,6
Área florestal	92,47	60,6	123,58	66,4
Área agrícola	23,63	15,5	14,19	7,6
APP conforme legislação	152,53	100	186,09	100
APP existente nas Bacias	92,47	60,4	123,58	66,4
APP para recuperação	60,06	39,4	62,51	33,6

COMUNIDADE PLANCTÔNICA

As amostragens com rede de plâncton (68 μm) possibilitaram a coleta de organismos do fito e zooplâncton, que chamaremos de plâncton de rede. Foram identificados 9 grupos taxonômicos, três pertencentes ao fitoplâncton (*Klebsormidium sp.*, *Oscillatoria sp.* e Diatomacea) e seis ao zooplâncton (Cladocera, Cyclopoida, Calanoida, Harpacticoida, Rotifera e larva náuplios de Crustacea). A classificação taxonômica detalhada dos organismos encontrados pode ser consultada no material suplementar (Anexo 3).

A densidade total dos organismos fitoplanctônicos (Figura 6) variou entre 889,00 e 87.156,00 organismos. m^{-3} (mediana \pm distância entre-quartis: 7.788,00 \pm 313,22). Os picos de densidade do fitoplâncton total ocorreram no ponto J3 com 87.156,00 org. m^{-3} , em área urbana, seguido dos pontos M2 e J2 que se encontram na RPPN Estação Veracel (46.633,00 e 44.733,00 org. m^{-3} , respectivamente. Os pontos com menores densidades foram J5 (889,00 org. m^{-3}) e J4 (1.366,00 org. m^{-3}). Com relação ao zooplâncton total, a densidade variou entre 833,33 e 79.066,70 (1.825,00 \pm 4.497,78). Houve diminuição dos organismos no sentido montante-jusante. Portanto, as áreas de proteção ambiental (J1, J2 e M2) apresentaram maior densidade de organismos. No rio Jardim, os pontos J1 e J2 apresentaram densidade de 79.067,00? org. m^{-3} e 11.800,00 org. m^{-3} , respectivamente. Os pontos urbanizados J3, J4 e J5 com 1.378,00 org. m^{-3} , 1.133,00 org. m^{-3} e 1.378,00 org.

m^{-3} , respectivamente, apresentaram menor densidade. No rio Mutari, a maior densidade foi no ponto M2, localizado na RPPN Estação Veracel com 2.488,90 org. m^{-3} .

A maior densidade de *Klebsormidium* sp. ocorreu nos pontos J3 (4.489,90 org. m^{-3}) e M2 (4.066,70 org. m^{-3}), e as menores densidades nos pontos M3 (100 org. m^{-3}), J4 (133,30 org. m^{-3}) e J5 (133,30 org. m^{-3}). Para o grupo de *Oscillatoria* sp., percebeu-se maior densidade no ponto J3 (80.267,00 org. m^{-3}) e menor no ponto M3 (166,7 org. m^{-3}). Por fim foi encontrada maior densidade de diatomáceas no ponto M3 (8.666,70 org. m^{-3}) e menor nos pontos J1 e J2 (133,30 org. m^{-3}). Não foi detectado nenhum padrão importante de ocorrência entre rios ou entre áreas preservadas e urbanas para os organismos fitoplanctônicos.

Nas áreas de proteção ambiental, pontos J1, J2 e M2, que se encontram na RPPN Estação Veracel, houve predominância de larvas náuplio com 12.624,7 org. m^{-3} , mediana, seguida por Copepoda (2664,2 org. m^{-3}), com menor proporção de Rotifera (779 org. m^{-3}) e Cladocera (549,4 org. m^{-3}), mediana. Já nos pontos urbanizados (J3, J4, J5 e M4), embora a densidade de larvas náuplio tenha sido menos da metade em relação às áreas de preservação (898,7 org. m^{-3}), este grupo ainda foi dominante, seguido por Cladocera, (677,3 org. m^{-3}), Copepoda (81,6 org. m^{-3}) e Rotifera (81,4 org. m^{-3}), mediana. Apesar do ponto M3 se encontrar em uma APA, este fica à jusante das nascentes e sofre influência principalmente da agricultura, apresentando características mais próximas dos pontos urbanizados. No ponto M3, o grupo com maior densidade foram as larvas náuplio (574,1 org. m^{-3}), seguido por Cladocera (392,6 org. m^{-3}), Copepoda (122,2 org. m^{-3}) e Rotifera (118,5 org. m^{-3}) (Figura 6).

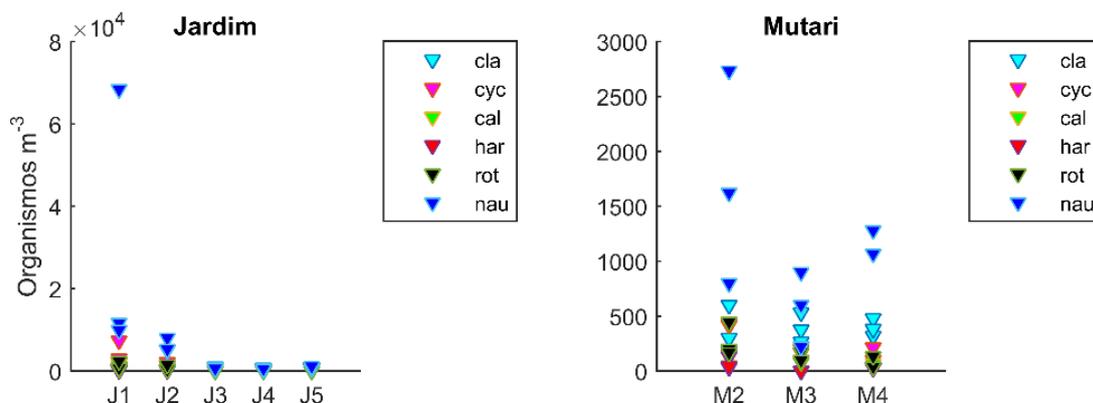


Figura 6 – Densidade do fito e zooplâncton (organismos. m^{-3}) ao longo dos pontos de amostragem nos rios Jardim e Mutari. Amostragens realizadas em maio, julho e outubro de 2019. kleb: *Klebsormidium* sp.; osc: *Oscillatoria* sp.; dia: Diatomacea; cla: Cladocera; cyc: Cyclopoida; cal: Calanoida; har: Harpacticoida; rot: Rotifera; nau: larva náuplio.

ABUNDÂNCIA RELATIVA (AR)

A abundância relativa para os organismos fitoplanctônicos, variou entre os rios estudados. Para o rio Jardim, houve maior proporção de *Klebsormidium* sp. e diatomáceas quando comparado com o rio Mutari, que por sua vez apresentou maior proporção de *Oscillatoria* sp., exceto no ponto situado na APA Coroa Vermelha que apresentou maior proporção de diatomácea.

Com relação aos organismos do zooplâncton, nos dois rios houve maior proporção de larvas náuplio, com abundância relativa acima de 50%. No rio Jardim, houve

dominância de Cladocera nas áreas urbanas, quando comparado ao rio Mutari. Nos dois rios, houve maior proporção de Cyclopoida e Rotifera nas áreas protegidas (RPPN e APA). Não foram observados Calanoida e Harpacticoida nas áreas urbanas do rio Jardim e nem na APA de Coroa Vermelha. Nas áreas de proteção ambiental, pontos J1, J2 e M2, que se encontram na RPPN Estação Veracel, houve predominância de larvas náuplio (64,1% em média), seguida por Copepoda (19,4%), com menor proporção de Rotifera (7,6%) e Cladocera (7,3%), em média. Já nos pontos urbanizados (J3, J4, J5 e M4), a abundância relativa de larvas náuplio foi de 50,2%, seguida por Cladocera, 41%, com menor proporção de Rotifera (4,9%) e Copepoda (3,95%), em média. Com características mais próximas dos pontos urbanizados o ponto M3 apresentou o grupo de larvas náuplio com maior abundância relativa (45,1%, em média), seguido por Cladocera (21,4%), Copepoda (12,3%) e Rotifera (4%) (Figura 7).

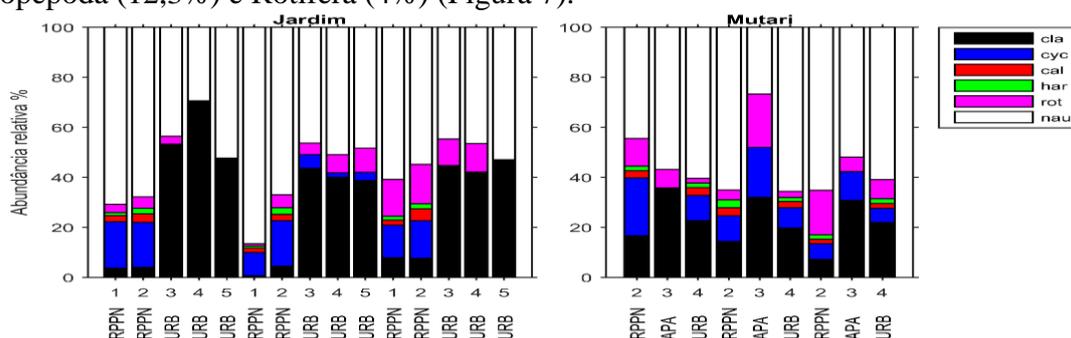


Figura 7 – Abundância relativa para organismos zooplânctônicos ao longo dos pontos de amostragem nos rios Jardim e Mutari. Amostragens realizadas em maio, julho e outubro de 2019. cla: Cladocera; cyc: Cyclopoida; cal: Calanoida; har: Harpacticoida; rot: Rotifera; nau: larva náuplio.

ESTATÍSTICA

O teste Kruskal-Wallis indicou que houve diferença entre ambientes protegidos (PRO) e ambientes urbanizados (URB) nos seguintes parâmetros analisados ($p < 0.05$): coliformes totais, turbidez, condutividade e salinidade (Tabela 4; Figura 11). Com relação aos organismos, a diferença foi significativa para o plâncton total e para Cyclopoida, Calanoida, Harpacticoida, Rotifera e larva náuplios (Tabela 3; Figura 12). Cladocera ($p = 0,06$) e coliformes termotolerantes (0,07) apresentaram valores marginais de p . Em relação ao período seco (SEC) e chuvoso (CHU), diferenças significativas foram detectadas para amônia, nitrogênio total e salinidade. Por fim, quando foram comparados os rios Jardim (JAR) e Mutari (MUT), foram detectadas diferenças significativas para oxigênio dissolvido, turbidez, Diatomacea, Cladocera, Calanoida e Harpacticoida.

Tabela 4 – Resultados do teste de Kruskal-Wallis (valores de p). As variáveis testadas foram logaritmizadas. Valores em negrito foram considerados significativos. *valores marginais de p .

TESTE DE KRUSKAL-WALLIS – VALORES DE P			
Log 10	CONxURB	SECxCHU	JARxMUT
CT	0,02	0,16	0,12
ET	0,07*	0,97	0,75

T°C	0,08*	0,08*	0,53
OD	0,98	0,20	< 0,01
DBO	0,69	< 0,01	0,45
NO ₃	0,91	0,17	0,19
NO ₂	0,78	0,32	0,36
NH ₄	0,35	< 0,01	0,11
NT	0,79	< 0,01	0,64
PT	0,87	0,75	0,88
TNU	0,02	0,75	0,01
ST	0,24	0,09*	0,76
CE	< 0,01	0,34	0,23
SAL	< 0,01	0,05	0,18
pH	0,45	0,84	0,50
Plâncton	CONxURB	SECxCHU	JARxMUT
Cla	0,06*	0,41	< 0,01
Cyc	< 0,01	0,21	0,18
Cal	0,03	0,86	< 0,01
Har	0,02	0,86	< 0,01
Rot	< 0,01	0,66	0,09*
Nau	0,04	0,76	0,40
Total	0,03	0,78	0,18

Houve diferenças significativas entre áreas protegidas e urbanas para Coliformes totais e condutividade. Para o comparativo entre os rios, houve diferenças para turbidez e salinidade (Figura 8). Houve diferenças significativas entre áreas protegidas e urbanas para Cyclopida, Harpacticoida, Calanoida, Rotifera e para zooplâncton total. Para o comparativo entre os rios, houve diferenças para Diatomacea, Cladocera, Calanoida e Harpacticoida (Figura 9).

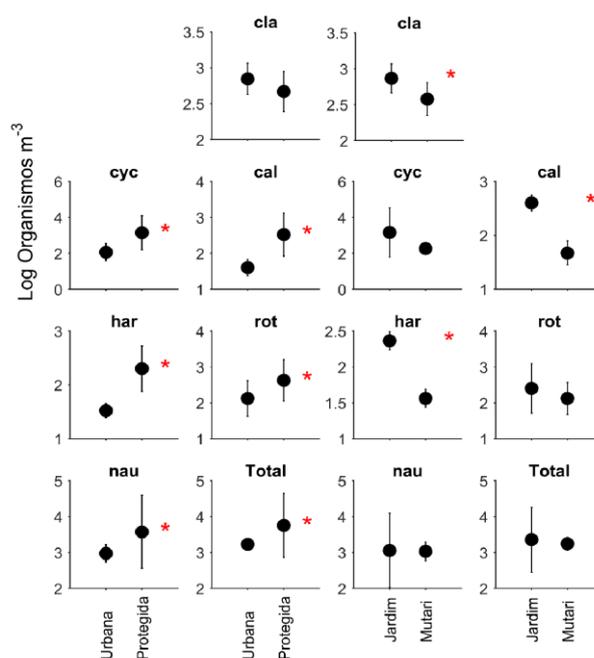


Figura 8 – Testes de comparação entre médias (Kruskal Wallis) para os diferentes parâmetros da água, comparando áreas urbanas e protegidas. *valores de $p < 0,05$.

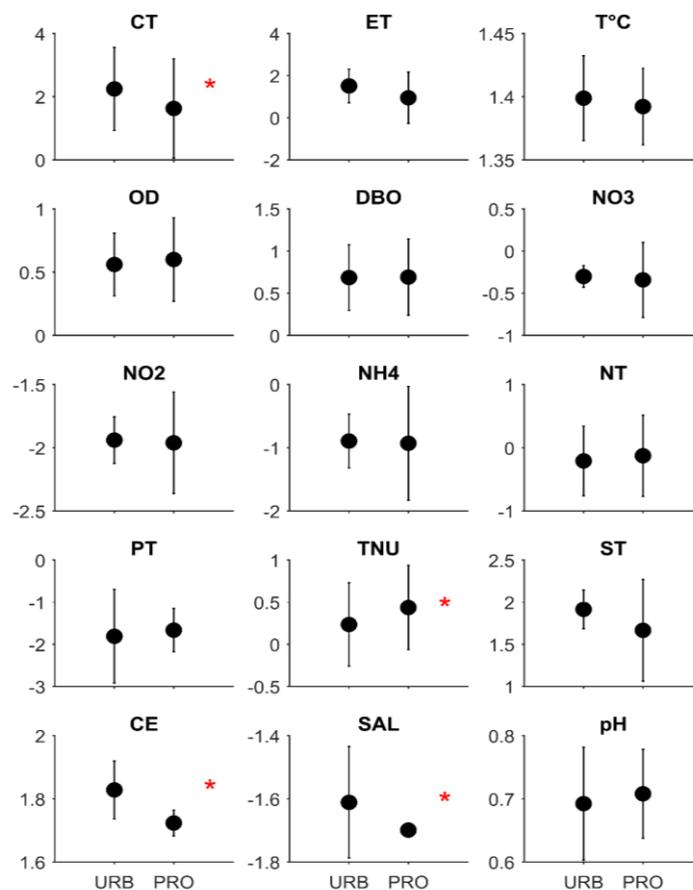


Figura 9 – Testes de comparação entre médias (Kruskal Wallis) para os diferentes grupos do zooplâncton, comparando áreas urbanas e protegidas e os rios Jardim e Mutari. *valores de $p < 0,05$.

O resultado da análise multivariada de variância (MANOVA), quando aplicados os parâmetros da água, foi significativo para detectar diferenças entre período chuvoso e seco (Abril e Outubro vs Maio e Julho), entre áreas protegidas e urbanas (PROxURB) e entre os rios jardim e Mutari (JARxMUT; $p < 0,01$, Figura 10). Por sua vez, as MANOVAs realizadas com os dados da comunidade zooplancônica detectaram diferença significativa entre ambientes (PROxURB; $p < 0,01$) e entre os rios (JARxMUT; $p < 0,02$, Figura 11). Não foram detectadas diferenças entre os meses e não foram testadas diferenças entre período seco e chuvoso, pois a amostragem não foi balanceada.

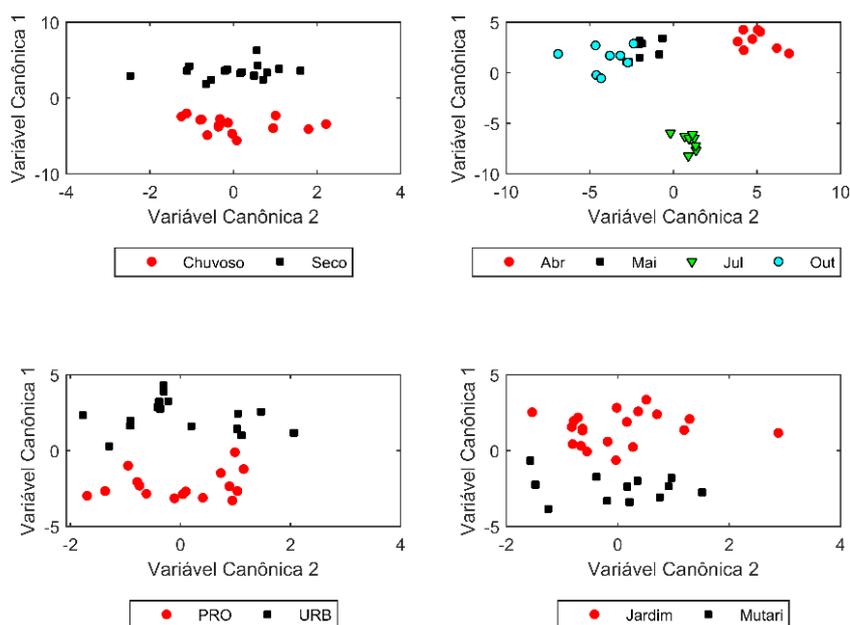


Figura 10 – Análise multivariada de variância (MANOVA) nos parâmetros da água entre período seco e chuvoso, entre rios Jardim e Mutari, entre área preservada e urbana e entre campanhas.

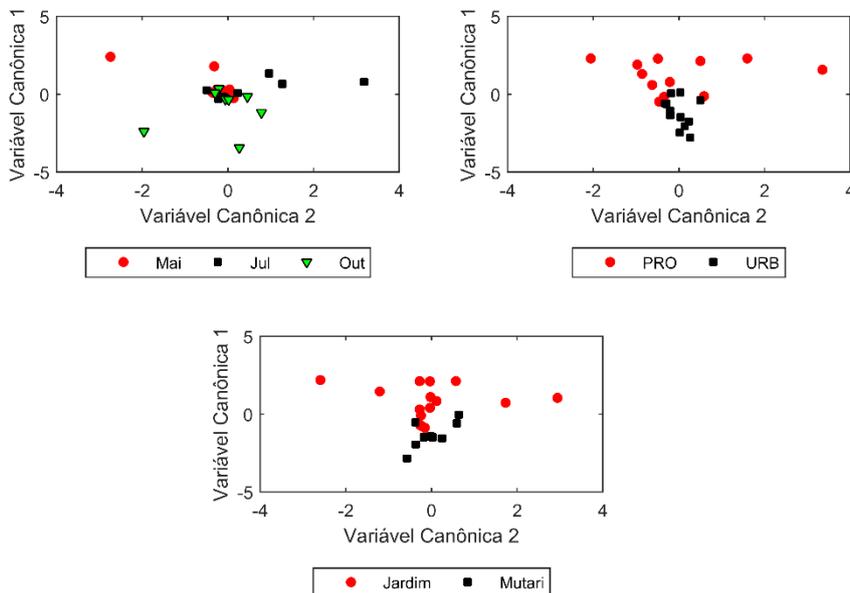


Figura 11 – Análise multivariada de variância (MANOVA) dos organismos zooplancônicos entre rios Jardim e Mutari, entre área preservada e urbana e entre campanhas.

DISCUSSÃO

ANÁLISE DA ÁGUA

Os baixos valores de pH podem estar relacionados à lixiviação dos solos levando para dentro dos rios restos vegetais como folhas e galhos presentes nos solos, elevando a quantidade de matéria orgânica nessas águas, provocando aumento na concentração de ácidos no meio aquático devido à decomposição da matéria orgânica por microrganismos. Valores de pH entre 3,5 a 5,5 foram encontrados no rio Araguari no Amapá, no rio Paraíba do Sul em São Paulo e no rio São Domingos no Rio de Janeiro (Bárbara *et al*, 2010; Alvarenga *et al*, 2012; Menezes *et al*, 2009).

A temperatura também influencia determinadas propriedades da água como densidade, viscosidade e concentração de gases dissolvidos e tem efeito sobre a cinética das reações químicas e funções enzimáticas dos organismos (Von Sperling, 2005). Valores de temperatura semelhantes a esse estudo foram encontrados no rio Almada em Ilhéus, no rio Cachoeira em Itabuna e no rio Buranhém em Porto Seguro (Souza *et al*, 2014; Oliveira e Palmeira, 2016; Silva, 2018). Essa diferença existente entre os valores medidos de temperatura (22,00 a 26,00 °C) pode ser justificada pela ausência de mata ciliar em alguns trechos visitados (pontos J3, J4 e J5), além disso a ausência da mata ciliar pode alterar a manutenção das condições de temperatura e umidade dos cursos d'água (Sampaio 2012; Araújo e Oliveira, 2013).

Percebe-se também que os baixos valores de OD ocorreram em toda extensão do rio Jardim e na maioria dos pontos do rio Mutari. Vasco *et al* (2011) em seu estudo, também percebeu concentrações de OD baixos que ocorreram tanto no período de seca quanto no de chuva e estavam relacionados à presença de esgotos sem tratamento lançados e à própria característica física (relevo) dos trechos dos rios, que propicia baixa velocidade no fluxo da água influenciando numa menor aeração. Dessa forma, os baixos valores OD dos rios Jardim e Mutari, indicam certo grau de degradação da qualidade da água. É importante elencar que os pontos J4 e M4 ficam em áreas muito urbanizadas, com pontes sobrepostas, onde há grande tráfego de automóveis, grande circulação de pessoas, além de possíveis ocupações irregulares nessas margens. Já o ponto J5 fica localizado na aldeia indígena, onde foi possível verificar grande quantidade de resíduos sólidos à margem do rio.

As possíveis causas que contribuíram para o aumento da DBO no período chuvoso, são a grande quantidade de matéria orgânica encontrada, bem como a influência antrópica nos pontos que se encontram na cidade de Santa Cruz Cabrália. O aumento de matéria orgânica pode ser devido aos nutrientes presentes em fezes de animais, restos de folhas e galhos e outros nutrientes orgânicos provenientes do solo. Situações constatadas nesses rios são agravadas quando a área do entorno do rio apresenta ausência de mata ciliar e solo descoberto (características do Rio Jardim no ponto J3), facilitando o transporte e o acúmulo de matéria orgânica e, portanto o aumento de DBO.

Nota-se que o ponto M4 extrapolou valores de fósforo total, na campanha seca e chuvosa, e o ponto J5 na campanha seca, ambos localizam-se em área urbana. Fia e colaboradores afirmam que uma das causas do aumento da concentração de fósforo total nas águas são um indicativo de enriquecimento desse nutriente através das atividades antrópicas, uma vez que o solo que recebe esses nutrientes provenientes de adubos e outros insumos, podem ser carreados para os rios através da lixiviação. Em áreas agrícolas, a situação se agrava ainda mais (Cunha *et al*, 2013). Rodrigues *et al*. (2016) realizaram um estudo com o objetivo de diagnosticar as principais degradações ambientais sofridas pelo rio Colônia no trecho urbano do município de Itororó, Bahia. Corroborando os resultados do presente estudo, os autores constataram que o maior

agente impactante do rio Colônia no trecho avaliado foram os esgotos domésticos, em razão de serem despejados no rio sem tratamento.

Quanto aos valores do Nitrogênio Total, percebem-se maiores alterações nas análises realizadas no período seco para os pontos J2, J3, J5 e M3. O nitrogênio e o fósforo são nutrientes de suma importância à cadeia alimentar, entretanto o excesso em águas superficiais provocam a eutrofização (Barreto *et al.*, 2014), promovendo redução do oxigênio dissolvido, provocando crescimento excessivo de plantas aquáticas, mortalidade de peixes e outras espécies aquáticas (Smith e Schindler, 2009). Uma avaliação espacial e temporal foi realizada por Li *et al* (2015) observou que a concentração de nitrogênio total aumentou durante 30 anos como consequência da influência da descarga de fonte urbana, presença de indústrias químicas e o uso de fertilizantes.

No caso dos rios estudados, foi notada descarga de esgotos e fontes pontuais irregulares de poluição, nos pontos J4 e J5, pois apresentam maior influência da população sobre o rio. Além disso, o desenvolvimento de atividades agrícolas (plantações de hortas, principalmente) às margens dos cursos d'água, pelos moradores próximos aos rios, constitui-se numa importante fonte difusa de poluição, que também pode ter colaborado para este resultado.

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os fatores que influenciaram para que a qualidade da amostra coletada no ponto J1 na campanha 2, fosse classificada como regular foram: pH, DBO, NT e ST elevado. Essa classificação também é influenciada pelo período de cheia, que durante as chuvas pode lixiviar nutrientes para o rio. O ponto J1 está localizado na RPPN Estação Veracel que apresenta algumas fazendas com plantações de café e mamão em seu entorno, podendo justificar valores elevados para Nitrogênio Total.

Os pontos J3, J4 e J5 estão localizados próximo à área urbana de Coroa Vermelha e sofrem influência do uso desordenado às margens do rio, onde percebe-se contaminações pontuais por parte da população. Há despejo direto de lixo, bem como avicultura no seu entorno. Nos três pontos houve influência de baixo valor de OD e pH, os pontos J4 e J5 também foram influenciados pelo valor elevado de DBO.

USO E COBERTURA DA TERRA

A qualidade e disponibilidade de recursos hídricos podem ser influenciados diretamente pelo uso e ocupação da terra, seja pela diminuição da vegetação, pela atividade agrícola ou urbanização acelerada, que variam em decorrência do uso, comprometendo o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos (Vanzela, Hernandez e Franco, 2010). Sendo assim, os sistemas lóticos possuem características próprias, o que se torna um desafio maior para caracterizar seu padrão hídrico devido a ações antrópicas, além da correlação direta com dejetos de esgotos e a construção civil, condizentes assim com a expansão urbana, podendo aumentar ou mascarar essas ações pelos processos naturais, como variações climáticas e o escoamento superficial (Toledo e Nicoletta, 2002; Moura, Boaventura e Pinelli, 2009).

Os resultados apresentam a vegetação nativa como a mais dominante e abrangente, compreendendo 52,9% da composição paisagística, seguido por ocupação agrícola, abrangendo 23,9% e 11,8% de Área Urbana. A grande porcentagem de floresta nativa confirma a importância das áreas de proteção ambiental, pois os pontos J1, J2 e

M2 apresentaram valores de nutrientes condizentes com o permitido pela resolução CONAMA. Esses pontos estão inseridos na RPPN Estação Veracel.

A alta porcentagem de área agrícola, é um resultado bastante preocupante, pois este valor indica forte atividade humana, apresentando maior degradação e conseqüentemente maior impacto na qualidade da água; observado neste estudo principalmente no intervalo entre montante (pontos J1, J2 e M2) e jusante (pontos J3, J4, J5, M3 e M4). Oliveira e Leal (2012) demonstram em seu estudo que a área que mais se destacou foi a área agrícola, diferente da área urbana que teve o menor destaque podendo estas sofrerem alterações ao longo de anos devido período de seca, tornando assim solo exposto na área classificada como agrícola. Nesse contexto, a agricultura é tida como uma das principais atividades poluidoras dos recursos hídricos (Ongley, 2001; Brown *et al.*, 2000). O uso excessivo ou o manejo inadequado de produtos fertilizantes, aliado à determinadas condições de solo e clima, podem acarretar enriquecimento de nutrientes em corpos d'água, causando sérios prejuízos ao ambiente e a saúde humana (Rezende, 2002).

A área urbana, é a terceira atividade que pode prejudicar a qualidade dos rios estudados. Os pontos a jusante dos rios com exceção do ponto M3, sofrem ações antrópicas em suas margens, onde se constata a presença de contaminantes provenientes de residências e presença de avicultura. É importante salientar que o processo de urbanização, destacando as atividades humanas, o crescimento econômico e o crescimento demográfico, tem gerado graves impactos ao meio ambiente, por exemplo, a retirada da mata ciliar que torna o local extremamente susceptível a processos de erosão e assoreamento dos corpos hídricos com a presença de resíduos de construções e movimentação do solo para implantação de moradias que favorecem o escoamento desses resíduos (Fortes *et al.*, 2015; Ambiental, 2013). A área urbana se correlaciona com os baixos valores de IQA nos pontos J3, J4 e J5, especialmente no período seco. Os parâmetros que mais colaboraram para queda da qualidade de água, foram altos valores de coliformes termotolerantes e baixos valores de oxigênio dissolvido e potencial hidrogeniônico. O ponto J5 localizado dentro da Aldeia indígena, sofreu interferência também de altos valores de nitrogênio total e fósforo total. O estudo de Pereira *et al.*, (2016), também relaciona os baixos índices de IQA com o aumento do processo de urbanização e presença de atividades antrópicas, principalmente com despejos de esgotos domésticos, apresentando parâmetros com valores fora do aceitável pela resolução CONAMA 357/2005.

Ainda no período de baixas precipitações o ponto J1 localizado na RPPN Estação Veracel apresentou variáveis fora do permitido pela resolução CONAMA/357, para os valores OD, pH e DBO, causando a redução do IQA nesses pontos, na literatura existem diversos trabalhos que abordam a necessidade da preservação da vegetação natural em áreas protegidas para manutenção de uma boa qualidade da água em bacias hidrográficas (Menezes *et al.*, 2016; Fia *et al.*, 2015).

Os resultados para Área de Preservação Permanente (APP), demonstraram que o rio Mutari apresenta maior influência antrópica que o Rio Jardim, onde 15,6% de suas margens está ocupada por área urbana. Para área antrópica agrícola, percebe-se que há uma maior representatividade no Rio Jardim, tanto para Silvicultura, quanto para área agrícola em si. Para esse rio há uma invasão de 31,2%, enquanto no rio Mutari esse quantitativo fica com 17,2 %, quando comparado ao buffer de 30 metros que foi realizado em toda extensão da bacia. Conforme a legislação, ao longo do curso d'água deveria haver 30 metros de vegetação em cada margem, o que representaria 152,3 ha no rio Jardim, cerca de 2,6 % de toda a bacia e 186,0 ha do rio Mutari, cerca de 3,1 % de toda bacia, num total de 5,7% para os dois rios. No entanto, as APPs cobrem 216,05 ha dessa área,

representado 3,6 %. Dessa forma, 122,25 ha, ou seja, 2,1% das APPs da sub-bacia devem ser recuperadas para atender a legislação vigente e auxiliar para que a qualidade e quantidade da água desses rios sejam mantidas.

COMUNIDADE PLANCTÔNICA

As diatomáceas apresentam alta produtividade primária e são conhecidas como indicadoras dos ecossistemas aquáticos (Bellinger; Segiee, 2010). Apresentam sensibilidade a mudanças em parâmetros físicos e químicos dos corpos hídricos podendo alterar sua composição e abundância (Juttner *et al.*, 2003, Moresco; Rodrigues, 2014). No presente estudo percebe-se aumento da abundância desse grupo da área protegida para na área urbana.

O aumento nos níveis de nitrogênio e fósforo dos pontos J2, J3, J5 e M3 sugerem um potencial de eutrofização destes locais, o que pode influenciar a comunidade do zooplâncton. O aumento na concentração de nitrogênio e principalmente de fósforo pode alterar a composição da comunidade fitoplanctônica, elevando sua biomassa total, e diminuindo sua diversidade (Sterza, 2002). Isso influencia de um modo geral a estrutura da comunidade de copépodes através da disponibilidade de alimento.

Nos rios, as formas de crustáceos observadas em maiores quantidades são as larvas de crustáceos. A alta abundância de estágios iniciais é uma estratégia adaptativa para compensar a alta mortalidade antes de alcançarem a fase adulta (Espíndola *et al.*, 2000). Esse padrão também foi observado nos rios Jardim e Mutari, visto que em cada local, larvas náuplio ocorreram em maior número do que suas formas adultas

Nos ambientes de áreas protegidas, nos pontos J1, J2 e M2 houve dominância de crustáceos cyclopóides. Estudos apontam que esse grupo pode se adaptar a diferentes ambientes e possuem amplo espectro alimentar, porém algumas espécies são sensíveis à alguns nutrientes, e podem auxiliar no monitoramento do estado trófico de ambientes (Landa *et al.* 2007, Perbiche-Neves *et al.*, 2007, Silva 2011). Percebeu-se nas áreas urbanas uma diminuição do grupo mencionado, porém se faz necessário o estudo do estado trófico dos corpos hídricos estudados, bem como um aprofundamento taxonômico mais detalhado.

Em áreas urbanas, pontos J3, J4 e J5, não houve registro do grupo Calanoida, confirmando a sugestão de alguns autores de que os calanóides são organismos mais sensíveis às mudanças de condições ambientais (Meirinho e Pompêo, 2015). Por sua vez, nesses ambientes urbanos os cladóceros prevaleceram em relação aos copépodes cyclopoida. Os cladóceros, de um modo geral, apresentam maiores abundâncias em regiões eutróficas (Corgosinho e Pinto Coelho, 2006). Nós não analisamos o índice de estado trófico das microbacias, porém a prevalência de cladóceros foi percebida principalmente nos ambientes urbanos que obtiveram alterações nos valores de fósforo total e nitrogênio total.

Os rotíferos foram encontrados em toda extensão dos rios. Embora não muito estudados, os rotíferos têm bastante expressividade, sendo sempre o táxon presente em corpos d'água analisados, apresentam um sucesso considerável nos mais variados nichos ecológicos e graus de trofia (Allan, 1976; Sampaio *et al.*, 2002; Loureiro *et al.*, 2011).

A análise estatística multivariada Manova, permitiu identificar diferenças entre os rios Jardim e Mutari e entre ambientes urbanizados e protegidos, quando foram comparados aos dados de parâmetros físico-químicos da água e a comunidade zooplanctônica. Dessa forma comprovamos a importância da avaliação da qualidade ambiental a partir de conjuntos multivariados, além disso, a classificação supervisionada,

possibilitou a observação clara dos ambientes protegidos e urbanos, bem como uma influência negativa da agricultura no decorrer da bacia.

CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos da água dos dois rios analisados, notou-se que houve variáveis que apresentaram resultados em discordância com os valores de referência propostos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rio de classe 2, especialmente nos os pontos J3, J4, J5 e M3, para os parâmetros pH, OD, DBO, NT e PT. Estes pontos estão situados na região de Santa Cruz Cabralia, e sofrem influência de uso e ocupação da terra, por ser uma região urbanizada e por receber influência agrícola, entre montante-jusante. Os pontos que se mostraram mais degradados por impactos antrópicos foram o J4 que se localiza debaixo de uma ponte na BR - 367 e J5 que se encontra na reserva indígena.

Em relação aos organismos planctônicos, percebeu-se uma alternância de dominância entre Cladocera e Copepoda (Cyclopoida). Nos ambientes urbanizados houve dominância de Cladocera e na região protegida de Cyclopoida. Em áreas urbanas, pontos J3, J4 e J5, não houve aparecimento do grupo Calanoida, confirmando a sugestão de alguns autores de que os calanóides são organismos mais sensíveis às mudanças de condições ambientais.

Os testes estatísticos revelaram diferenças significativas entre período seco e chuvoso, área conservada e urbana e entre os rios Jardim e Mutari quando foram comparados aos parâmetros físico-químicos e comunidade zooplanctônica. A classificação supervisionada, bem como o buffer de APP, confirmaram a necessidade de atenção e preservação de algumas áreas dos rios Jardim e Mutari e forneceram auxílio para elaboração de planos diretores e estudos de impactos ambientais na região do extremo sul da Bahia.

Tais estudos podem dar subsídio para a tomada de decisão, e a necessidade da gestão descentralizada como de órgãos gestores (municipais, estaduais, federais) e comunidade, tendo em vista os possíveis riscos ao meio ambiente e à população que vive no entorno desses rios.

REFERÊNCIAS

Alexakis D (2008). Geochemistry of stream sediments as a tool for assessing contamination by Arsenic, Chromium and other toxic elements: East Attica region, Greece. **European Water**, 21(22): 57-72.

Allan, J. D. 1976. Life history patterns in zooplankton. **The American Naturalist** 971(110):165-180.

Alvarenga, L. A.; Martins, M. P. P.; Cuartas, L. A.; Penteado, V. A.; Alves, I. C. C.; El-Rabrini, M.; Santos, M. de L. S.; Monteiro, S. de M.; Barbosa, L. P. F.; Guimarães, J. T. F. **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari**. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v42n1/a14v42n1.pdf>>.

Ambiental, D. O que é uma área de preservação permanente. **O eco**, 2013. Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/27468-o-que-e-uma-area-de-preservacao-permanente>>.

APHA, 2012. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

Araújo, M. C.; Oliveira, M. B. M. Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. **Ambi-Água**, v.8, n.3, Taubaté, set./dez., 2013.

Arruda G. B., Correia K. V., Oliveira R. S.; Brainer Neto J. E., Araújo, F. P., Carneiro, K. W. F. S. 2015 Análise da qualidade da água do riacho Moraes em área influenciada pela produção de gesso no município de Araripina, PE – **Brasil Revista de Geologia**, 28 :27 – 38.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9897: planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - procedimento**. Rio de Janeiro, 1987.

Bárbara, V. F.; Cunha, A. C.; Siqueira, E. Q. Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP. **Revista de Biociências**, UNITAU, v. 16, n. 1, p. 57- 72, 2010.

BAHIA (Estado). Decreto Nº 2.184 de 07 de junho de 1993. **Cria a Área de Proteção Ambiental da Coroa Vermelha, nos Municípios de Porto Seguro e Santa Cruz de Cabrália, e dá outras providências**.

Barreto, L. V.; Fraga, M. S.; Barros, F. M.; Rocha, F. A.; Amorim, J. S.; Carvalho, S. R.; Bonomo, P.; Silva, D. P. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Revista Ambiente e Água**, v. 9 n.1, p. 118-129, 2014.

Bellinger, E. G., & D. C. Sigeo, 2015. *Freshwater Algae: Identification, Enumeration and Use as Bioindicators*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, <http://dx.doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>.

Bennion, H.; Simpson, G.L. The use of diatom records to establish reference conditions for UK lakes subject to eutrophication. **Journal of Paleolimnology** 45: 469-488. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (2005) **Resolução nº 357, de 17 de março de janeiro de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabeleceu diretrizes ambientais para o enquadramento**. Brasil: CONAMA.

Brown, L.; Flavin, C.; French, H. Estado do mundo 2000. **Tradução H. Mallett. Salvador: UMA Editora**, 2000. 288p.

Bucci, M. H. S.; Oliveira, L. F. C. Índices de qualidade da água e de estado trófico na represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, p. 130148, 2014.

Bussi, G., Whitehead, P. G., Bowes, M. J., Read, D. S., Prudhomme, C. P., & dadson, S. J. (2016). Impacts of climate change, land-use change and phosphorus reduction on phytoplankton in the River Thames (UK). **Science of the Total Environment**, 572, 1507–1519. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.109>.

Carreón, E. T.; Sedeno J. E. D.; Lopez E. L. Evaluación de la calidad del agua en la Laguna de Yuriria, Guanajuato, México, mediante técnicas multivariadas: un análisis de valoración para dos épocas 2005, 2009-2010. **Revista Internacional Contaminación Ambiental**, v. 29, n. 3, p. 147-163, 2013.

CETESB - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** Brandão, C.J.; botelho, M.J.C.; Sato, M.I.Z.; Lamparelli, M.C. (Orgs). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

Chan Santisteban, M. L.; Pena, W. Evaluación de la calidad del agua superficial con potencial para consumo humano en la cuenca alta del SisIcán, Guatemala. **Cuadernos de Investigación UNED**, v. 7, n. 1, p. 19-23, 2015.

Cisneros, K. O., Smit, A. J., Laudien, J., & Schoeman, D. S. (2011). Complex, dynamic combination of physical, chemical and nutritional variables controls spatio-temporal variation of sandy beach community structure. **PLoS One**, 6(8), e23724. .

Corgosinho, P.H.C. & Pinto-coelho, R.M. 2006. Zooplankton biomass, abundance and allometric patterns along an eutrophic gradient at Furnas Reservoir (Minas Gerais, Brazil). **Acta Limnol. Bras.** 18(2):213-224.

Cunha, R. W.; Garcia Junior, M. D. N.; Albertoni, E. F.; Palma-Silva, C. Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, 2013.

Czerniawski, R.; Pilecka-Rapacz, M. Summer zooplankton in small rivers in relation to selected conditions. **Central Eur. J. Biol.** 2011, 6, 659–674.

D’alelio, D., Montresor, M., MazzocchI, M.G., Margiotta, F., Sarno, D& D’alcalà, M.R (2016). Plankton food-webs: to what extent can they be simplified?**Advances in Oceanography and Limnology**,7, 67–92.

Derisio, José Carlos. Introdução ao controle de poluição ambiental. 4. ed. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2013.

De-sousa, B. H., Becker, H., & Melo, V. M. M. (2016). Influence of river discharge on phytoplankton structure and nutriente concentrations in four tropical semiarid estuaries. **Brazilian Journal of Oceanography**, 64, 37–48.

Espíndola, E. L. G.; Matsumura-Tundisi, T.; Rietzler, A. C. & Tundisi, J. G. 2000. Spatial heterogeneity of the Tucuruí reservoir (State of Pará, Amazonia, Brazil) and the distribution of zooplankton species. **Revista Brasileira de Biologia** 60(2):179-193.

Fia, R.; Matos, A. T.; Coradi, P. C.; Pereira-Ramirez, O. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v.4, p.132-141, 2009. Disponível em:<

Fortes, F. C. A.; Rabelo, R. S.; Costa, I. O.; Silva, M. M.; Silva, L. C.. Impacto ambiental X ação antrópica: um estudo de caso no Igarapé Grande – Barreirinha em Boa Vista/ PR. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**, 6. Anais. Porto Alegre: IBEAS, 2015.

Goher, M. E.; Hassan, A. M.; Abdel-Moniem, I. A.; Fahmy, A.H. El-Sayed, S. M. Evaluation of surface water quality and heavy metal indices of Ismailia Canal, Nile River, Egypt. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 40, p. 225–233, 2014.

Grabowska, M.; Ejsmont-Karabin, J.; Karpowicz, M. Reservoir river relationships in lowland, shallow, eutrophic systems: An impact of zooplankton from hypertrophic reservoir on river zooplankton. **Pol. J. Ecol.** 2013, 61, 759–768.

Gamvroula D, Alexakis D, and Stamatis G (2013). Diagnosis of groundwater quality and assessment of contamination sources in the Megara basin (Attica, Greece). **Arabian Journal of Geosciences**, 6(7): 2367-2381. <https://doi.org/10.1007/s12517-012-0533-6>

Gücher, B., Silva, R.C.S., Graeber, D., Monteiro, J.A.F., Boëchat, I.G., 2016. **Urbanization and agriculture increase exports and differentially alter elemental stoichiometry of dissolved organic matter (DOM) from tropical catchments**. *Sci. Total Environ.* 550, 785–792.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Manual técnico de uso da terra. 3ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2013. 171p.

INEMA. **APA da Coroa Vermelha**. Disponível em: <
<http://www.inema.ba.gov.br/gestao2/unidades-de-conservacao/apa/apa-coroa-vermelha/>>

Jüttner I, Sharma S, Dahal BM, Ormerod SJ, Chimonides PJ, Cox EJ (2003) Diatoms as indicators of stream quality in the Kathmandu Valley and Middle Hills of Nepal and India. **Freshwater Biology** 48(11): 2065–2084.

Lancelot, C., & muylaert, K. (2011). Trends in estuarine phytoplankton ecology. In E. Wolanski & D. Mcluskay (Eds.), *Treatise on estuarine and coastal science* (pp. 5–15). **Waltham: Academic Press**. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374711-2.00703-8>.

Landa, G. G.; Barbosa, F. A. R.; Rietzler, A. C. & Maia-Barbosa, P. M. 2007. **Thermocyclops decipiens** (Kiefer, 1929) (Copepoda: Cyclopoida) as indicator of water quality in the state of Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50(4):695-705.

Li, Q. P., Dong, Y., & Wang, Y. (2016). Phytoplankton dynamics driven by vertical nutrient fluxes during the spring intermonsoon period in the northeastern South China Sea. **Biogeosciences**, 13(2), 455–466. <https://doi.org/10.5194/bg-13-455-2016>.

Li, Y., Li, Y., Qureshi, S., Kappas, M., Hubacek, K., 2015. **On the relationship between landscape ecological patterns and water quality across gradient zones of rapid urbanization in coastal China.** *Ecol. Model.* 318, 100–108.

Li, H., Smith, C.D., Wang, L., Li, Z., Xiong, C., Zhang, R. **Combining Spatial Analysis and a Drinking Water Quality Index to Evaluate Monitoring Data.** *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16, 357.

Lobato, T. C.; Hauser-Davis, R. A.; Oliveira, T. F.; Silveira, A. M.; Silva, H. A. N.; Tavares, M. R. M. *et al.* Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: a case study in the Amazon region. **Journal of Hydrology**, v. 522, p. 674–683, 2015.

Lobo EA, Callegaro VLM, Hermany G, Bes D, Wetzel CE, Oliveira MA (2004) Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. **Acta Limnologica Brasiliensia** 16(1): 25-40.

Lopes, H. B. V.; Bonfim, L. F. C. Uso do Solo e Cobertura Vegetal. In H. B.V. Lopes & L. F. C. Bomfim, (eds.). Projeto Porto Seguro – Santa Cruz Cabrália: Hidrogeologia. **Programa Informações Para Gestão Territorial – GATE. Serviço Geológico do Brasil (CPRM)**, Prefeituras Municipais de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália, Salvador, volume 5, 2000. 1-43p.

Loureiro, B. R.; Costa, S. M.; Macedo, C. F.; Huszar, L. M. & Branco, C. W. C. 2011. Comunidades zooplanctônicas em sistemas de criação de peixes. **Boletim Instituto de Pesca de São Paulo** 37(1):47-60.

Luiz Henrique Amorim Moura, Geraldo Resende Boaventura e Marcelo Pedrosa Pinelli. A Qualidade de Água Como Indicador de Uso e Ocupação do Solo: Bacia do Gama – Distrito Federal. **Quim. Nova**, Vol. 33, No. 1, 97-103, 2010

Luiz. S. Vanzela^I; Fernando B. T. Hernandez^{II}; Renato A. M. Franco^{III} Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** vol.14 no.1 Campina Grande Jan. 2010.

Meirinho, P. A. & Pompêo, M. 2015. Histórico de estudos sobre a comunidade zooplanctônica do reservatório Rio Grande ao longo do tempo e sua heterogeneidade espacial. *In*: Pompêo, M.; Moschini-Carlos, V.; Nishimura, P.; Cardoso-Silva, S. & Lopez-Doval, J. C. eds. **Ecologia de reservatórios e interfaces.** São Paulo, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. 460p.

Menezes, J. M.; Prado, R. B.; Silva Junior G. C.; Mansur, K. L.; Oliveira, E. S. Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: bacia hidrográfica do rio São Domingos – RJ. **Engenharia Agrícola Jaboticabal**, v.29, n.4, p.687-698, 2009. Disponível em:<www.scielo.br/pdf/eagri/v29n4/v29n4a19.pdf>.

Moresco C, Rodrigues L (2014) Periphytic diatom as bioindicators in urban and rural streams. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** 36(1): 67–78.

Moura, L. S.; Braga, R. J. O.; Siqueira, E. R.; Kopp, K. A. O papel do sedimento na qualidade da água de abastecimento urbano: uma revisão dos trabalhos publicados entre 2001 e 2011. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v.7, n.1, 2013.

Oliveira, B. S. S., Cunha, A. C. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Revista Ambiental Água**, vol. 9 n. 2 Taubaté, 2014.

Oliveira Batista J. L., Leal Santos R.. A caracterização do uso e ocupação do solo de uma zona semiárida entre 1993 a 2008 através da classificação supervisionada Maxver: o caso do município de Teofilândia, Bahia (BA)-Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, Vol. 54(1) 2013.

Ongley, E.D. Controle da poluição da água pelas atividades agrícolas. Campina Grande: UFPB, 2001. 92p. **FAO**. Irrigação e Drenagem, 55

Paczkowska, J., Rowe, O. F., Schlüter, L., Legrand, C., Karlson, B., & Andersson, A. (2017). Allochthonous matter: an important factor shaping the phytoplankton community in the Baltic Sea. **Journal of Plankton Research**, 39(1), 23–34.

Pagano, T., Bida, M., Kenny, J.E., 2014. Trends in levels of allochthonous dissolved organic carbon in natural water; a review of potential mechanisms under a changing climate. **Water** 6, 2862–2897.

PMMA, Santa Cruz de Cabralia. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Santa Cruz Cabralia, Bahia, 2016**. Disponível em:< http://www.gamba.org.br/wp-content/uploads/2016/06/PMMA_St-cruzCabralia_vers%C3%A3o-digital.pdf>

Parr, T.B., Cronan, C.S., Ohno, T., Findlay, S.E.G., Smith, S.M.C., Simon, K.S., 2015. Urbanization changes the composition and bioavailability of dissolved organic matter in headwater streams. **Limnol. Oceanogr.** 60, 885–900.

Perbiche-Neves, G.; Serafim JR., M.; Ghidini, A. R. & Brito, L. 2007. Spatial and temporal distribution of Copepoda (Cyclopoida and Calanoida) of an eutrophic reservoir in the basin of upper Iguazu River, Paraná, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia** 19(4):393-406.

Pereira, B. W. F.; Maciel, M. N. M.; Oliveira, F. A.; Alves, M. A. M. S.; Ribeiro, A. M.; Ferreira, B. M.; Ribeiro, E. G. P. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 472-485, abr./jun. 2016.

Ponsadailakshmi, S. *et al.* Evaluation of water quality suitability for drinking using drinking water quality index in Nagapattinam district, Tamil Nadu in Southern India. **Groundwater For Sustainable Development**, [s.l.], v. 6, p.43-49, mar. 2018.

Pourriot, R.; Rougier, C.; Miquelis, A. Origin and development of river zooplankton: Example of the Marne. **Hydrobiologia** 1997, 345, 143–148.

Resende, A.V. DE; Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato. **Brasília: EMBRAPA Cerrados**. 2002. 29p. Documentos 57.

Rodrigues, I.S.; Maciel, C.M.R.R.; Maciel Júnior, A.; Diniz, A.A.; Maciel, F.S.S. (2016) Degradações ambientais no Rio Colônia no trecho urbano do município de Itororó, Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, p. 1174-1188.
RPPN Estação Veracel. **Plano de Manejo**. Veracel Celulose, Gerência de Sustentabilidade e Conservação Internacional. Eunápolis, 2016.

Sampaio, J. A. L. Sob o Signo da Cruz: Relatório Circunstanciado de Identificação e Delimitação da Terra Indígena Pataxó de Coroa Vermelha. **Caderno Leme**, Vol. 2, nº 1, p. 95–176, Campina Grande, 2010.

Santos, G. V.; Dias, H. C. T.; Silva, A. P. S.; Macedo M. N. C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa- MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.5, p.931-940, 2007.

Silva, Ana Carolina Rodrigues de Sá *et al.* Hidrodinâmica de um estuário tropical: rio Buranhém, Porto Seguro, Brasil. **RBRH [online]**. 2018, vol.23, e5. Epub Jan 18, 2018. ISSN 1414-381X. <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.0318170141>.

Silva, C. A.; *et al.* **Zoneamento Agroecológico de Microbacias da Costa do Descobrimento: Município de Porto Seguro e Santa Cruz de Cabrália, Bahia**. **EMBRAPA**, p. 121, Rio de Janeiro, 2003.

Silva, J.S.O., Ferreira, L.G., 2011. **Effects of land cover on chemical characteristics of streams in the Cerrado region of Brazil**. *Biogeochemistry* 105, 75–88.

Smith, V. H.; Schindler, D. W. **Eutrophication science: where do we go from here?** *Trends in Ecology and Evolution* 24: 201-207. 2009.

Souza, J.R., Moraes, M.E.B., Sonoda, S.L., Santos, H.C.R.G., 2014. A importância da qualidade da água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodema** 8, 26-45.

Sterza, J.M, Suzuki, M. S. E Taouil, A. Resposta do zooplâncton a adição de nutrientes inorgânicos (N e P) em mesocosmos na lagoa do Açú, Campos dos Goytacases / São João da Barra, RJ, *Acta Limnológica Brasiliensia*, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 87-94, 2002.

Toledo, L. G. de; Niconella, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v.59, n.1, p.181-186, 2002.

USGS, Earth Explorer. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: junho de 2019.

Vanzela, L. S.; Hernandez, F. B. T.; Franco, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010.

Vasco, A. N.; Britto, F. B.; Pereira, A. P. S.; Mélo Júnior, A. V. M.; Garcia, C. A. B.; Nogueira, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na subbacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 118130, 2011.

Von Sperling, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.

Ward, N. D.; Keil, R. G.; Medeiros, P. M.; Brito, D. C.; Cunha, A. C.; Dittmar, T. *et al.* Degradation of terrestrially derived macromolecules in the Amazon River. **Nature Geoscience**, v. 6, n. 6, p. 1-4, 19 maio 2013. <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo1817>

Warne, R.T. (1 de janeiro de 2014). A primer on multivariate analysis of variance (MANOVA) for behavioral scientists». **Practical Assessment, Research and Evaluation**. **19**: 1–10.

MATERIAL COMPLEMENTAR

Apêndice 1 – Localização geográfica dos pontos amostrais dos rios estudados.

CIDADES	PONTOS	COORDENADAS (UTM) LAT/LON
Porto Seguro	J1	488058/8190957
Porto Seguro	J2	488186/8191181
Santa Cruz Cabrália	J3	498214/8192580
Santa Cruz Cabrália	J4	498391/8194071
Santa Cruz Cabrália	J5	498152/8194473
Porto Seguro	M2	488331/8192296
Santa Cruz Cabrália	M3	497383/8195084
Santa Cruz Cabrália	M4	497770/8194960

Legenda: J1 – JARDIM 1; J2 – JARDIM 2; J3 – JARDIM 3; J4 – JARDIM 4; J5 – JARDIM 5; M1 – MUTARI 1; M2 – MUTARI 2; M3 – MUTARI 3; M4 – MUTARI 4.

Apêndice 2 – Resultados das análises físico-químicas realizadas nas amostras de água, coletadas no Rio Jardim e Rio Mutari, localizados nos municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália – BA, durante Abril e Julho de 2019 (período chuvoso) e Maio e Novembro de 2019 (período seco).

Campanha	Período	CT	ET	T°C	OD (mg L ⁻¹)	DBO (mg L ⁻¹)	NO3 (mg L ⁻¹)	NO2 (mg L ⁻¹)	NH4 (mg L ⁻¹)	NT (mg L ⁻¹)	PT (mg L ⁻¹)	TNU	ST	CE (µS/cm-1)	SAL	pH
1	chuvoso	2	2	24,98	4,9	4,9	0,7	0,03	0,01	0,3	0,06	4,3	30,7	48,7	0,01	5,5
1	chuvoso	79	49	24,58	2,4	5,0	0,6	0,02	0,11	0,3	0,05	3,4	35,3	50,4	0,02	5,3
1	chuvoso	4,5	2	25,93	2,8	5,6	0,5	0,01	0,09	0,1	0,10	1,7	24,7	79,0	0,03	4,2
1	chuvoso	130	22	26,1	3,7	5,8	0,5	0,01	0,03	0,4	0,02	3,6	63,3	107,0	0,04	4,0
1	chuvoso	920	350	26,08	3,3	6,4	0,4	0,01	0,05	0,4	0,02	3,2	48,0	74,7	0,03	4,8
1	chuvoso	70	17	24,76	2,7	6,9	1,2	0,07	0,31	0,4	0,01	10,7	44,0	52,8	0,02	5,4
1	chuvoso	46	13	25,15	5,8	6,9	0,6	0,01	0,03	0,7	0,02	6,7	141,3	49,7	0,02	4,6
1	chuvoso	49	11	25,43	5,6	9,9	0,7	0,01	0,11	0,5	0,02	3,7	85,3	56,2	0,02	3,6
3	chuvoso	240	13	23,25	2,5	6,9	0,3	0,02	0,02	0,5	0,02	2,1	41,3	55,0	0,02	5,7
3	chuvoso	280	2	22,42	2,6	9,9	0,4	0,01	0,01	0,3	0,01	1,9	38,7	54,0	0,02	4,7
3	chuvoso	1600	2	24,05	2,2	9,5	0,2	0,01	0,02	0,1	0,01	0,3	152,7	70,	0,03	4,9
3	chuvoso	240	79	23,81	3,6	6,4	0,2	0,01	0,1	0,4	0,01	1,3	129,3	76,0	0,03	5,1
3	chuvoso	920	17	23,85	2,5	9,0	0,2	0,01	0,08	0,5	0,01	1,7	100,7	78,0	0,03	5,4
3	chuvoso	27	27	23,38	3,7	7,0	0,2	0,01	0,13	0,5	0,03	2,2	75,3	55,0	0,02	5,2
3	chuvoso	920	180	23,36	5,8	4,7	0,2	0,01	0,13	0,7	0,04	1,9	45,3	62,0	0,02	5,1
3	chuvoso	34	34	23,65	5,7	9,4	0,5	0,01	0,2	0,6	0,29	0,9	60,0	83,0	0,03	5,2
	Mínima	2	2	22,42	2,2	4,7	0,2	0,01	0,01	0,1	0,01	0,3	24,7	48,7	0,01	3,6
	Média	348	51	24,42	3,7	7,1	0,5	0,02	0,09	0,4	0,01	3,1	69,7	65,7	0,02	4,9
	Máxima	1600	350	26,10	5,8	9,9	1,2	0,07	0,31	0,7	0,30	10,7	152,7	107,0	0,04	5,7

Campanha	Período	CT	ET	T°C	OD	DBO	NO3	NO2	NH4	NT	PT	TNU	ST	CE	SAL	pH
2	seco	2	2	25,08	1,6	5,1	0,5	0,01	0,18	1,4	0,03	5,8	47,3	52,2	0,02	5,1
2	seco	70	40	23,47	5,0	0,8	0,6	0,01	0,03	3,6	0,02	2,1	155,3	49,7	0,02	4,6
2	seco	2	2	25,02	4,2	2,6	0,5	0,01	0,12	1,2	0,01	1,6	56,0	58,9	0,02	4,2
2	seco	84	31	24,63	3,4	2,8	0,5	0,01	0,16	1,1	0,01	0,5	77,3	62,4	0,02	4,4
2	seco	540	94	24,85	4,1	3,8	0,5	0,01	0,16	3,1	0,01	1,8	108,7	64,7	0,02	4,7
2	seco	2	2	25,68	3,9	1,8	0,2	0,01	0,03	0,8	0,01	1,7	25,3	49,3	0,02	4,5
2	seco	21	6,1	24,08	6,4	2,7	1,1	0,01	0,17	2,3	0,01	9,1	171,3	56,2	0,02	4,0
2	seco	41	21	24,22	6,0	2,1	0,8	0,02	0,14	0,7	0,01	8,1	90,7	62,3	0,02	5,1
4	seco	2	2	25,67	1,8	3,5	0,4	0,02	0,25	0,9	0,05	2,7	56,4	55,0	0,02	6,3
4	seco	70	40	24,38	4,3	5,0	0,4	0,01	0,04	3,7	0,03	1,9	187,6	53,0	0,02	5,6
4	seco	140	40	26,19	4,3	3,3	0,5	0,01	0,78	2,5	0,09	1,9	66,0	60,0	0,02	6,1
4	seco	220	39	26,07	2,6	4,2	0,5	0,02	0,27	1,8	0,05	0,9	79,0	62,5	0,02	5,0
4	seco	920	140	26,21	2,8	1,7	0,6	0,02	0,25	4,7	0,11	2,7	133,7	73,8	0,03	5,6
4	seco	2	2	25,87	4,1	1,7	0,2	0,01	0,25	1,5	0,05	2,8	34,5	51,0	0,02	4,8
4	seco	39	6,1	24,85	6,1	1,3	0,8	0,01	0,24	2,6	0,01	6,8	203,5	54,1	0,02	5,0
4	seco	920	220	25,08	6,3	0,8	0,9	0,01	0,27	1	0,15	6,8	97,5	62,8	0,02	6,0
	Mínima	2	2	23,4	1,6	0,8	0,2	0,01	0,03	0,7	0,00	0,5	25,3	49,3	0,02	4,0
	Média	192	43	25,0	4,2	2,7	0,6	0,01	0,21	2,1	0,00	3,6	99,4	58,0	0,02	5,1
	Máxima	920	220	26,2	6,4	5,1	1,1	0,02	0,78	4,7	0,20	9,1	203,5	73,8	0,03	6,3

Anexo 1 – Metodologia dos parâmetros avaliados.

PARÂMETROS ANALISADOS	MÉTODO
pH	Sonda multiparâmetro <i>in situ</i>
Condutividade elétrica $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	Sonda multiparâmetro - <i>in situ</i>
Salinidade ‰	Sonda multiparâmetro - <i>in situ</i>
Sólidos totais dissolvidos	Sonda multiparâmetro - <i>in situ</i>
Turbidez NTU	Nefelométrico
Ntotal mg L^{-1}	Semi -Macro – Kjeldahl
ST mg L^{-1}	Gravimetria
Temperatura °C	Sonda multiparâmetro - <i>in situ</i>
Oxigênio dissolvido	Sonda multiparâmetro - <i>in situ</i>
Coliformes NMP/100 mL^{-1}	Método dos tubos múltiplos
DBO	Diluição e incubação por 5 dias
ST	Gravimétrico
Fósforo Total mg L^{-1}	Espectrofotométrico UV VIS
Nitrato mg L^{-1}	Método da redução com Cd / espectrofotométrico UV/VIS
Nitrito mg L^{-1}	Espectrofotométrico UV VIS
N – Amoniacal mg L^{-1}	Espectrofotométrico UV VIS

Fonte: APHA (1995).

Anexo 2 – Valores máximos permitidos para parâmetros físico-químicos segundo Resolução CONAMA 357/2005.

PARÂMETROS	CONAMA 357/2005 CLASSE 2 - DOCE
Coliformes totais (NMP/100mL)	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	-
pH	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	-
O.D (mg/L)	> 5 mg/L
DBO 5,20 (mg/L)	< = 5 mg/L
Nitrato dissolvido (mg/L)	< = 10mg/L
Nitrito dissolvido (mg/L)	< = 1 mg/L
Amônia (mg L-1)	3,7mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$ 2,0 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ 1,0 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ 0,5 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$
Nitrogênio total (mg/L)	2,18 mg/L
Fósforo Total (mg L-1)	< = 0,1 mg/L
Turbidez (NTU)	< = 100 NTU
SDT (tdsppm)	< = 500mg/L
ST (mg/L)	-
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	-
Salinidade	< = 0,5%

Anexo 3 – Sinopse taxonômica

Domínio: Prokaryota

Reino: Eubacteria

Subreino: Negibacteria

Filo: Cyanobacteria

Classe: Cyanophyceae

Subclass: Oscillatoriophycidae

Order: Oscillatoriales

Família: Oscillatoriaceae

Gênero: *Oscillatoria*

Domínio: Eukaryota

Reino: Chromista

Filo: Bacillariophyta

Subfilo: Bacillariophytina

Classe: Bacillariophyceae

Subclasse: Fragilariophycidae

Ordem: Fragilariales

Família: Fragilariaceae

Gênero: *Fragilaria*

Domínio: Eukaryota

Reino: Plantae

Subreino: Viridiplantae

Infrareino: Streptophyta

Filo: Charophyta

Classe: Klebsormidiophyceae

Ordem: Klebsormidiales

Família: Klebsormidiaceae

Gênero: *Klebsormidium*

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Superclasse: Multicrustáceos

Classe: Hexanauplia

Subclasse: Copepoda

Infraordem: Neocopepoda

Supeerordenação: Podoplea

Ordem: Cyclopoida

Ordem: Harpacticoida

Supeerordenação: Gymnoplea

Ordem: Calanoida

Reino: Animalia

Filo Rotifera

Reino: Animalia

Filo Artropoda

Subfilo Crustacea

Classe Branchiopoda

Subclasse Phyllopoda

Subclasse: Diplostraca

Infraordem: Cladoceromorpha

Superordem: Cladocera

Apêndice 3 – Densidade do zooplâncton (organismos.m⁻³) ao longo dos pontos de amostragem nos rios Jardim e Mutari. Amostragens realizadas em maio, julho e outubro de 2019. cla: Cladocera; cyc: Cyclopoida; cal: Calanoida; har: Harpacticoida; rot: Rotifera; nau: larva náuplio.

LOCAL	CAMPANHA	PONTOS	CLA	CYC	CAL	HAR	ROT	NAU	TOTAL ZOO
RPPN	2	J1	600,00	3066,70	400,00	200,00	533,33	11667,00	16467,00
RPPN	3	J1	466,70	7400,00	1400,00	600,00	800,00	68400,00	79067,00
RPPN	4	J1	1266,70	2133,30	333,33	266,67	2400,00	9933,30	16333,00
RPPN	2	J2	466,67	2133,30	400,00	266,67	533,33	8000,00	11800,00
RPPN	3	J2	333,33	1400,00	200,00	200,00	400,00	5133,30	7667,00
RPPN	4	J2	733,33	1466,70	466,67	200,00	1533,30	5333,30	9733,00
URB	2	J3	733,33	0,00	0,00	0,00	44,44	600,00	1378,00
URB	3	J3	1066,70	133,33	0,00	0,00	111,11	1133,30	2444,00
URB	4	J3	666,67	0,00	0,00	0,00	160,00	666,67	1493,00
RURB	2	J4	800,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333,33	1133,00
RURB	3	J4	733,33	33,33	0,00	0,00	133,33	933,33	1833,00
RURB	4	J4	533,33	0,00	0,00	0,00	144,44	588,89	1267,00
URB	2	J5	866,67	0,00	0,00	0,00	0,00	950,00	1817,00
URB	3	J5	533,33	44,44	0,00	0,00	133,33	666,67	1378,00
URB	4	J5	1066,70	0,00	0,00	0,00	0,00	1200,00	2267,00
RPPN	2	M2	300,00	416,67	50,00	33,33	200,00	800,00	1800,00
RPPN	3	M2	600,00	433,33	133,33	133,33	166,67	2733,30	4200,00
RPPN	4	M2	177,78	155,56	44,44	44,44	444,44	1622,20	2489,00
APA	2	M3	377,78	0,00	0,00	0,00	77,78	600,00	1056,00
APA	3	M3	266,67	166,67	0,00	0,00	177,78	222,22	833,00
APA	4	M3	533,33	200,00	0,00	0,00	100,00	900,00	1733,00
URB	2	M4	480,00	213,33	66,67	40,00	40,00	1280,00	2120,00
URB	3	M4	320,00	133,33	40,00	26,67	40,00	1066,70	1627,00
URB	4	M4	383,33	100,00	33,33	33,33	133,33	1066,70	1750,00

Apêndice 4 – Densidade do fitoplâncton (organismos.m⁻³) ao longo dos pontos de amostragem nos rios Jardim e Mutari. Amostragens realizadas em maio, julho e outubro de 2019. kleb: *Klebsormidium* sp.; osc: *Oscillatoria* sp.; dia: Diatomacea.

LOCAL	CAMPANHA	PONTOS	KLEB	OSC	DIA	TOTAL FITO	TOTAL PLÂNCTON DE REDE
RPPN	2	J1	133,33	1800,00	133,33	2067,00	18533,00
RPPN	3	J1	400,00	666,67	600,00	1667,00	80733,00
RPPN	4	J1	266,67	2200,00	200,00	2667,00	19000,00
RPPN	2	J2	266,67	666,67	133,33	1067,00	12867,00
RPPN	3	J2	666,67	41600,00	2466,70	44733,00	52400,00
RPPN	4	J2	400,00	800,00	200,00	1400,00	11133,00
URB	2	J3	1800,00	42000,00	3466,70	47267,00	48644,00
URB	3	J3	4488,90	80267,00	2400,00	87156,00	89600,00
URB	4	J3	2373,30	39413,00	5760,00	47547,00	49040,00
RURB	2	J4	133,33	822,22	600,00	1556,00	2689,00
RURB	3	J4	250,00	566,67	550,00	1367,00	3200,00
RURB	4	J4	255,56	733,33	733,33	1722,00	2989,00
URB	2	J5	133,33	1033,30	850,00	2017,00	3833,00
URB	3	J5	200,00	366,67	322,22	889,00	2267,00
URB	4	J5	333,33	1622,20	1266,70	3222,00	5489,00
RPPN	2	M2	1800,00	25600,00	1433,30	28833,00	30633,00
RPPN	3	M2	4066,70	41133,00	1433,30	46633,00	50833,00
RPPN	4	M2	2977,80	32356,00	1866,70	37200,00	39689,00
APA	2	M3	100,00	166,67	8666,70	8933,00	9989,00
APA	3	M3	166,67	200,00	6266,70	6633,00	7467,00
APA	4	M3	283,33	316,67	11300,00	11900,00	13633,00
URB	2	M4	480,00	12400,00	960,00	13840,00	15960,00
URB	3	M4	720,00	9040,00	720,00	10480,00	12107,00
URB	4	M4	650,00	14633,00	1100,00	16383,00	18133,00

Apêndice 5 – Abundância relativa para organismos zooplânctônicos ao longo dos pontos de amostragem nos rios Jardim e Mutari. Amostragens realizadas em maio, julho e outubro de 2019. cla: Cladocera; cyc: Cyclopoida; cal: Calanoida; har: Harpacticoida; rot: Rotifera; nau: larva náuplio.

LOCAL	CAMPANHA	PONTOS	CLA	CYC	CAL	HAR	ROT	NAU
RPPN	2	J1	3,60	18,60	2,40	1,20	3,20	70,90
RPPN	3	J1	0,60	9,40	1,80	0,80	1,00	86,50
RPPN	4	J1	7,80	13,10	2,00	1,60	14,70	60,80
RPPN	2	J2	4,00	18,10	3,40	2,30	4,50	67,80
RPPN	3	J2	4,30	18,30	2,60	2,60	5,20	67,00
RPPN	4	J2	7,50	15,10	4,80	2,10	15,80	54,80
URB	2	J3	53,20	0,00	0,00	0,00	3,20	43,50
URB	3	J3	43,60	5,50	0,00	0,00	4,50	46,40
URB	4	J3	44,60	0,00	0,00	0,00	10,70	44,60
RURB	2	J4	70,60	0,00	0,00	0,00	0,00	29,40
RURB	3	J4	40,00	1,80	0,00	0,00	7,30	50,90
RURB	4	J4	42,10	0,00	0,00	0,00	11,40	46,50
URB	2	J5	47,70	0,00	0,00	0,00	0,00	52,30
URB	3	J5	38,70	3,20	0,00	0,00	9,70	48,40
URB	4	J5	47,10	0,00	0,00	0,00	0,00	52,90
RPPN	2	M2	16,70	23,10	2,80	1,90	11,10	44,40
RPPN	3	M2	14,30	10,30	3,20	3,20	4,00	65,10
RPPN	4	M2	7,10	6,30	1,80	1,80	17,90	65,20
APA	2	M3	35,80	0,00	0,00	0,00	7,40	56,80
APA	3	M3	32,00	20,00	0,00	0,00	21,30	26,70
APA	4	M3	30,80	11,50	0,00	0,00	5,80	51,90
URB	2	M4	22,60	10,10	3,10	1,90	1,90	60,40
URB	3	M4	19,70	8,20	2,50	1,60	2,50	65,60
URB	4	M4	21,90	5,70	1,90	1,90	7,60	61,00